

Bioactive ボンドのう蝕象牙質に対する接着性の評価

北海道医療大学 歯学部 口腔機能修復・再建学系 歯周歯内治療学分野¹

北海道医療大学 歯学部 口腔構造機能・発育学系 小児歯科学分野²

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³

北海道医療大学 口腔機能修復・再建学系 高度先進保存学分野⁴

○佐藤幸平¹, 藤田裕介², 油井知雄³, 古市保志¹, 伊藤修一⁴

Evaluation of bond strength using Bioactive Bond on Carious Dentin

¹Division of Periodontology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

²Division of Pediatric Dentistry, Department of Oral Growth and Development, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

³Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Dentistry, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

⁴Division of General Dental Sciences I, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

○Kohei SATO¹, Yuusuke FUJITA³, Tomoo YUI², Shuichi ITO⁴, Yasushi FURUICHI¹

【目的】

歯科疾患実態調査によれば、8020 達成者の割合が増加する一方で、う蝕を有する高齢者の割合も増加している。そのため、高齢者の歯科治療においては、通常の歯科治療では対応出来ない場合や、訪問診療での対応となる場合も増加している。これらの現状に対し、今後の歯科修復材料には、単に歯の形態や機能を回復するだけではなく、歯科治療や口腔内環境の変化に対応しながら様々な機能を発揮できる「バイオアクティブ機能」の付与が必要となってくる。これまで我々は、接着修復材料の耐久性を向上させる目的として、象牙質再石灰化誘導活性を有する新規接着性モノマー4-MET-Ca (calcium 4-Methacryloxyethyl trimellitate, 以下, CMET) を開発した。CMET は象牙質への再石灰化能を有し、レジン系シーリングコート材に添加した場合、象牙質に対する接着強さが向上したことを報告した。また、昨年の秋季学術大会 (第 157 回) において、CMET を 1-step ボンディング材に添加した際にも、健全象牙質に対する初期接着強さが向上したことを報告した。そこで本研究では、前回の報告に続く追加検討として、CMET 配合試作 1-step ボンディング材のう蝕象牙質に対する初期接着性を、微小引張接着強さ (以下, μ TBS) の測定により評価した。

【材料と方法】

本研究には、北海道医療大学病院に来院し、本研究の内容を説明し、同意を得た治療上抜歯が必要と診断された患者で、う蝕のないヒト抜去大白歯および、大白歯咬合面に中等度象牙質う蝕を有する大白歯各 40 本を用いた。なお本研究は、北海道医療大学歯学倫理審査委員会に承認されている (承認番号 第 203 号)。ボンディング材は、試作ボンディング材として Bioactive ボンド (DP-023 ; 以下 BA ボンド)、比較対象としてスコッチボンドユニバーサルプラスアドヒーズ (SB)、オプチボンドユニバーサル (OB)、クリアフィルメガボンド 2 (MB) の計 4 種類を用いた。築盛用コンポジットレジン、試作フロアブルレジン (DP-022 ; 以下 BF レジン) を用いた。抜去歯の咬合面エナメル質を削除後、光学式う蝕検出装置 (ダイアグノデントペン 2190, kavo) を用いて、測定値が 13~24 となる部位を指標に、被着面となるう蝕象牙質平坦面を作成した。各ボンディング材をメーカー指示に従い歯面処理を行った後、高さが 5mm となるように BF レジンを築盛し、接着面積が 1mm² となるようにビーム状の試料に切り出した。これを 37°C の蒸留水中に 24 時間保管し測定試料とした。測定は万能試験機 (EZ test, 島津製作所) を用いて、クロスヘッドスピード 1.0mm/min の条件下で試料が破断するまでの最大荷重を記録し、 μ TBS を算出した。試料数は各ボンディング材につき 10 個とし、得られた測定値は 1-way ANOVA および Tukey's test を用いて、有意水準 5% にて統計処理を行った。

【結果と考察】

う蝕象牙質に対する接着性は、健全象牙質に比較して低下傾向を示した。う蝕象牙質群において、最も高い接着強さを示したのは、MB の 33.2 MPa であり、続いて BA ボンドが 28.7 MPa, SB が 27.1 MPa, OP が 26.3 MPa であった。SB および OB の接着強さは、MB に対して有意に低かったが ($p < 0.05$), BA とは有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。破断面の観察において、MB, BA では、CR の凝集破壊や CR とボンディング材の混合破壊が多く認められた。一方、接着強さが低かった SB, OB では、ボンディング材と象牙質での界面破壊が多かった。これらは、う蝕によって象牙質の正常な構造が破壊され、強固な樹脂含浸層が形成されにくいことを意味するが、BA は CMET が配合されたことによりボンディング層が強化され、良好な樹脂含浸層が形成された可能性が考えられた。

【結論】

試作 1-step ボンディング材 BA ボンドは、う蝕象牙質に対して安定した初期接着性が得られた。

エアブローの強さが新規接着材の象牙質せん断接着強さに与える影響

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

Effect of air blow strength on the dentin shear bond strength of a new adhesive agent

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences

○HOSHIKA Tomohiro, NISHITANI Yoshihiro

【研究目的】

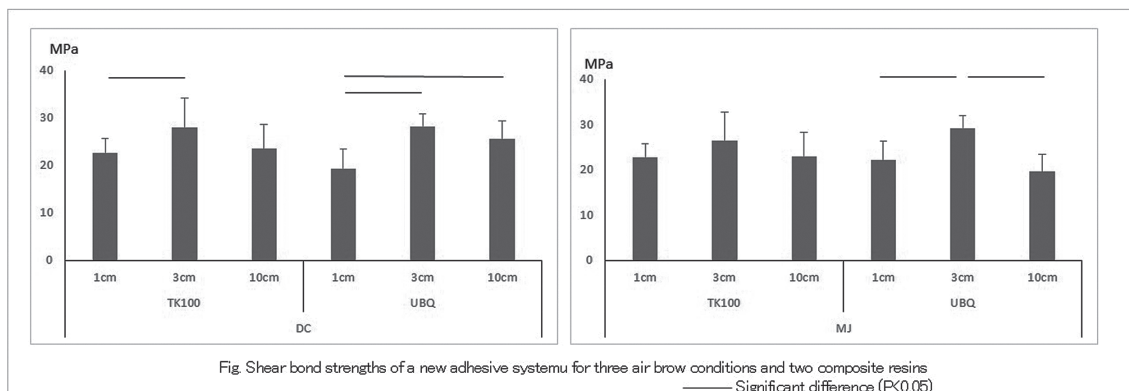
コンポジットレジンによる接着修復において、ボンディング材の塗布方法や用いる器具、処理時間、乾燥・エアブローなどの操作条件が臨床結果に影響がみられることが指摘されている。またその影響の一つとして、ボンディング層が厚いと審美性や物性に影響を与える可能性がある一方で、薄すぎると機械的強度や接着強さへの影響を及ぼすことが知られている。本研究では新規接着材において、ボンディング材塗布後のエアブローの強さの違いが接着性および界面構造へ及ぼす影響について検討を行った。

【材料および方法】

エアブローにはポータブル歯科ユニット長田デジ（オサダ）の3Way シリンジを用いた。接着システムには、クリアフィル®ユニバーサルボンド Quick ER（クラレノリタケデンタル、以下：UBQ）と新規接着材 TK100 - B（クラレノリタケデンタル、以下：TK100）を用いた。ウシ下顎前歯象牙質面に対して通法通りボンディング材を塗布し、歯面から3Way シリンジの距離を1cm, 3cm, 10cmの3段階に分け、エアブローを行った。照射後、充填用コンポジットレジン：クリアフィル® マジェスティ® ES フロー Low A2（クラレノリタケデンタル、以下：MJ）および支台築造用コンポジットレジン：クリアフィル®DC コア オートミックス® ONE（クラレノリタケデンタル、以下：DC）を築盛し、接着試料体とした。37℃水中24時間保管後、一部の接着試料体を用いて、せん断接着試験を行った。試料数を各8個とし、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。残りの試料は電子顕微鏡下にて界面を観察し、ボンディング層の厚みを計測し、同様に統計処理を行った。

【結果】

せん断試験結果を図に示す。各エアブロー条件下で2種のボンディング材によるせん断接着強さに統計的な差は認めなかった。また被膜厚さについては、1cm, 3cmエアブロー条件下ではいずれもTK100が有意に低い値を示した。



【考察および結論】

本研究では2種のボンディング剤を2種類のコンポジットレジンとウシ象牙質に対するせん断接着強さおよびボンディング飛沫厚さについて、異なるエアブロー条件下で検討したが、TK100はUBQと同程度のせん断接着強さを示しながらも、1cm, 3cm条件下ではボンディング被膜厚さは薄かったことから、より審美的にも有利な材料となる可能性を唆するとともに、今後の課題として長期耐久性等への検討が必要と考えられる。

本研究ではクラレノリタケデンタル株式会社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。

エッチングモードの違いが新規ユニバーサルアドヒーシブ の歯質接着性に及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座¹⁾、総合歯学研究所生体工学研究部門²⁾、近藤歯科医院³⁾
○須田駿一¹⁾、横山宗典¹⁾、田村友彦¹⁾、武藤 玲¹⁾、
高見澤俊樹^{1,2)}、宮崎真至^{1,2)}、近藤 貢³⁾

Influence of Etching Modes on Tooth Bond Performance of a New Universal Adhesive
Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,
Nihon University School of Dentistry, Kondo Dental Clinic³⁾
○SUDA Shunichi¹⁾, YOKOYAMA Munenori¹⁾, TAMURA Tomohiko¹⁾, MUTO Rei¹⁾,
TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, KONDO Mitsugu³⁾

【研究目的】

ユニバーサルアドヒーシブが臨床使用されてから概ね10年が経過し、更なる改良および機能を加えた様々な製品が開発、臨床応用されている。最近、試作ユニバーサルアドヒーシブとしてTK-100B (Kuraray Noritake Dental)が開発された。この接着システムは、先行製品である Clearfil Universal Bond Quick ER のユニバーサル性を維持するとともに、薄膜かつ高強度なアドヒーシブ層の形成を特徴としている。しかし、その歯質接着性に関しては不明な点が多い。

そこで演者らは、異なるエッチングモードで使用した際の新規ユニバーサルアドヒーシブの歯質接着性を剪断接着試験および試験終了後の破壊形式の分析から検討するとともに、先行製品のそれと比較した。また、処理面および接合界面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行い、これを考察資料とした。

【材料および方法】

試作ユニバーサルアドヒーシブとしてTK-100B (TK)を使用した。対照として、先行品である Clearfil Universal Bond Quick ER (CU, Kuraray Noritake Dental)を用いた。リン酸エッチング剤としては、Ultra-Etch (Ultradent Products)を、コンポジットレジンとしては Clearfil AP-X (Kuraray Noritake Dental)を用いた。

1. 接着試験

ウシ下顎前歯歯冠部エナメル質および象牙質を SiC ペーパー#320 まで順次研磨したものを被着面とし、それぞれのアドヒーシブを異なるエッチングモードで用いた。すなわち、アドヒーシブの塗布に先立って、被着面に対してリン酸エッチングを15秒間行った条件 (ER モード) およびリン酸エッチングを行わない条件 (SE モード) とした。アドヒーシブは製造者指示条件に従って塗布、照射した。その後、アドヒーシブ塗布面に内径 2.4 mm および高さ 2.5 mm のプラスチック型を用いてコンポジットレジンを填塞、20秒間照射を行い、接着試験用試片とした。これらの試片は、24時間水中に保管した後、通法に従って剪断接着強さを測定した。なお、各条件における試片の数は15個とした。

2. アドヒーシブ処理面および接合界面の SEM 観察

アドヒーシブ塗布後のエナメル質および象牙質処理面および接合界面の SEM 観察に関しては、通法に従って試片を製作し、FE-SEM (ERA-8800FE) を用いて加速電圧 10kV の条件で観察した。

【成績および考察】

エナメル質接着強さは、いずれのアドヒーシブにおいても ER モードは SE モードに比較して有意に高い接着強さを示した。また、いずれのエッチングモードにおいても TK は CU と同等のエナメル質接着強さを示した。一方、SE モードでの象牙質接着強さにおいては、TK は CU に比較して有意に高い接着強さを示した。また、SEM 観察の結果からいずれの歯質およびエッチングモードにおいても、TK のボンド層の厚みは 5 μm 以下であり、CU に比較して薄膜であった。

【結論】

新規ユニバーサルアドヒーシブである TK は、先行製品の CU に比較して同等以上の歯質接着性を示すとともに、ボンド層は薄膜であることが示された。

ユニバーサルアドヒーズシステムの保管条件が エナメル質初期接着強さに及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座¹⁾, 総合歯学研究科生体工学研究部門²⁾, 川本歯科医院³⁾
○林 佳奈¹⁾, 陸田明智^{1,2)}, 若松賢吾¹⁾, 庄司元音¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 宮崎真至^{1,2)}, 川本 諒³⁾

Influence of Storage Condition of Universal Adhesive on Immediate Enamel Bond Strength

Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,
Nihon University School of Dentistry, Kawamoto Dental Clinic³⁾

○HAYASHI Kana¹⁾, RIKUTA Akitomo^{1,2)}, WAKAMATSU Kengo¹⁾, SHOJI Mone¹⁾,
TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, KAWAMOTO Ryo³⁾

【研究目的】

ユニバーサルアドヒーズは、シングルステップセルフエッチング接着システムから発展した接着システムであり、簡便な臨床術式とともにいずれのエッチングモードでも使用が可能である。この接着システムは、歯質の脱灰、レジンモノマーの浸透および歯質との化学的接着を同時に行うとともにボンディング材として重合硬化する必要がある。したがって、ユニバーサルアドヒーズの組成は複雑であるが、保管環境によってはユニバーサルアドヒーズの接着性能に影響を及ぼす可能性があるものの、これに関する情報は少ない。

そこで、演者らは保管温度および保管期間の違いがユニバーサルアドヒーズのエナメル質接着性に及ぼす影響について剪断接着試験および試験終了後の破壊形式の分析から検討した。また、ユニバーサルアドヒーズの pH 測定、エナメル質処理面および接着界面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行い、考察資料とした。

【材料および方法】

供試したユニバーサルアドヒーズは、All Bond Universal (Bisco), Beauti Bond Extreme (松風), Clearfil Universal Bond Quick ER (Kuraray Noritake Dental) および Scotchbond Universal Plus Adhesive (3M Oral Care) とした。アドヒーズの保管に関しては、インキュベーター保管 (37 ± 1°C, 50 ± % RH, Ozone espec temp and chambers-220, ICB 条件), 恒温恒湿室保管 (23 ± 1°C, 50 ± 5% RH, CTR 条件) および冷蔵庫保管 (5 ± 1°C, TRF 条件) の 3 条件とした。保管期間については、ベースライン, 6 および 12 カ月とした。接着試験に際しては、所定の保管期間が終了したユニバーサルアドヒーズを異なるエッチングモードで用いた。すなわち、アドヒーズの塗布に先立って、ウシ下顎前歯エナメル質面に対してリン酸エッチングを行った条件 (ER モード) およびリン酸エッチングを行わない条件 (SE モード) とした。アドヒーズの塗布に際しては、各製造者指示条件に従って塗布、光照射した。その後、アドヒーズ塗布面にウルトラデント治具 (Ultradent Products) を設置し、内径 2.4 mm および高さ 2.5 mm のプラスチック型にコンポジットレジンを填塞、30 秒間光照射を行い、接着試験用試片とした。これらの試片は、24 時間水中に保管した後、通法に従って剪断接着強さを測定した。また、それぞれの保管条件でのユニバーサルアドヒーズの pH 変化を pH meter (LAQUAtwin-pH-33, Horiba) を用いて測定した。また、通法に従ってアドヒーズ処理面および接着界面の SEM 観察を行った。

【成績および考察】

ER モードにおけるエナメル質接着強さは、TRF 条件ではいずれのユニバーサルアドヒーズにおいても各保管期間の間に有意差は認められなかったものの、他の条件では保管期間の延長に伴って接着強さは低下する傾向を示した。一方、SE モードではいずれのユニバーサルアドヒーズおよび保管条件においても、保管期間 1 年は、ベースラインと比較して有意な接着強さの低下が認められた。

【結論】

供試したユニバーサルアドヒーズのエナメル質への接着性能は、エッチングモードの違いにかかわらず保管条件および保管期間によって影響を受けることが判明した。

新規化学重合型ユニバーサルアドヒーズの CAD/CAM 用歯冠修復材料への接着耐久性

日本大学歯学部保存学教室修復学講座¹⁾, 総合歯学研究所生体工学研究部門²⁾, 佐藤歯科³⁾
○大内 元¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 田村友彦¹⁾, 横山宗典¹⁾, 宮崎真至^{1,2)}, 佐藤幹武³⁾

Bonding Durability of Self-curing Universal Adhesives to Various CAD/CAM Materials
Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of a Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,
Nihon University School of Dentistry, Sato Dental Clinic³⁾

○OUCHI Hajime¹⁾, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, TAMURA Tomohiko¹⁾, YOKOYAMA Munenori¹⁾,
MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, SATO Mikitake³⁾

【目的】

ユニバーサルアドヒーズは、様々な被着体に前処理の必要なく接着性を有することを特徴のひとつとしており、間接法の接着システムとしてのみならず補修修復の接着システムとしても使用される。一方、ユニバーサルアドヒーズが臨床応用されてから 10 年経過し、第二世代のユニバーサルアドヒーズとしてさらなる改良や機能が追加された接着システムが臨床使用されている。最近、常温保存を可能にするとともに二液混和性でありながら混和前後で視覚的な変化が生じる化学重合型ユニバーサルアドヒーズが臨床使用された。そこで、演者らは補修修復を想定した際に、この新規接着システムの接着性能を把握する目的で様々な被着体に対する接着耐久性を検討するとともに、アドヒーズ塗布後の表面自由エネルギー (SFE) の測定を行った。また、考察資料として試験終了後の破断面およびアドヒーズ処理後の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った。

【材料および方法】

供試接着システムは、新規化学重合型ユニバーサルアドヒーズとしてボンドマーライトレス II (BL2, トクヤマデンタル) を、対照としてボンドマーライトレス (BLS, トクヤマデンタル), Futurabond U (FTB, Voco GmbH) および Scotchbond Universal Plus Adhesive (SBP, 3M Oral Care) を用いた。光重合型コンポジットレジンとしては、Clearfil AP-X (クラレノリタケデンタル) を使用した。接着試験用試片の製作には、被着体としてジルコニア (ZRA, 日本ファインセラミックス), ニケイ酸リチウムガラスセラミックスの IPS e.max プレス (LID, Ivoclar Vivadent), CAD/CAM 用レジンプロックとしてエステライトブロック (EST, トクヤマデンタル) およびカタナアベンシアブロック (KTN, クラレノリタケデンタル) を用いた。各 CAD/CAM 用ブロックを厚さ 2 mm の板状に成形、加工した後、常温重合型レジんに包埋し、表面を耐水性研磨紙の #320 まで研磨した。次いで、ジルコニアおよびレジンプロックには、被着面に対してハイアルミナ (松風, アルミナ粒子, 50 μm) を用いてアルミナプラスト処理を行った。各被着体に対してアドヒーズを製造者指示条件に従って塗布した後、ウルトラデントジグを固定しレジンプペーストを填塞、20 秒間光線照射を行ったものを剪断接着試験用試片とした。これら試片を 37°C 精製水中に 24 時間保管 (24 h 群) あるいは 5~55°C のサーマルサイクルを 10,000 回負荷 (TC 群) した後、その剪断接着強さを測定した。試験終了後の試片については、破断面の観察を行い、その破壊形式を分類した。SFE の測定には、得られた接触角を基に各条件における表面自由エネルギーを求めた。すなわち、全自動接触角計を用い、セシルドロップ法で表面自由エネルギーが既知の 3 種類の液滴を 1 μL 滴下し、θ/2 法で測定を行った。なお、それぞれの平均値および標準偏差を求め、各条件の接着強さを有意水準 0.05 の条件で統計学的検定を行った。また、通法に従って SEM 観察を行った。

【結果および考察】

接着試験の結果から、ジルコニアへの接着強さはいずれの接着システムにおいても TC 群は 24 h 群と同等の接着強さを示した。ニケイ酸リチウムガラスにおいては、いずれの接着システムにおいても TC 群は、24 h 群と比較し有意に低い値を示した。また、いずれのレジンプロックにおいても、接着システムの違いにかかわらず TC 群は 24 h 群と同等の接着強さを示した。被着体の種類によって用いた接着システム間で異なる傾向を示した理由としては、それぞれの接着システムに含有される成分および塗布法の違いが関係したものと考えられた。

【結論】

本実験の結果から、新規化学重合型ユニバーサル接着システムはいずれの被着体に対しても安定した接着耐久性を示したところから、補修修復の際に使用する接着システムとしての有用性が示された。

メタルプライマーとユニバーサルアドヒーズの併用が
金合金に対する初期接着強さに及ぼす影響

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

○大鹿水由季¹, 友田篤臣¹, 前迫真由美¹, 小田切ゆかり¹, 富士谷盛興¹, 辻本暁正^{1,2,3}

Effect of combined use of metal primer for universal adhesives on initial bond strengths to gold metal

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

○OSHIKA Miyuki¹, TOMODA Shigetaka¹, MAESAKO Mayumi¹,

ODAGIRI Yukari¹, FUJITANI Morioki¹, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【緒言】

近年、歯質のみならず各種修復材料に対して接着が可能なユニバーサルアドヒーズの臨床使用頻度が増加している。これらのアドヒーズは、通常の修復処置のみならず様々な被着体との接着が必要となる補修修復の際に有効とされるものの、金合金との接着性に関しては不明な点が多いのも現状である。そこで、金合金を用いた修復歯に対する補修修復を想定し、メタルプライマーとユニバーサルアドヒーズの併用が金合金に対する初期剪断接着強さに及ぼす影響について検討した。

【方法】

供試したユニバーサルアドヒーズは、1-step タイプのスコッチボンドユニバーサル (SU, 3M Oral Care), オールボンドユニバーサル (AU, Bisco) および 2-step タイプの G2 ボンドユニバーサル (GU, GC) の合計 3 製品である。また、被着体は金合金 (キャストゴールドタイプ II, GC), メタルプライマーはメタルプライマー-Z (GC) を使用した。供試した金合金を直径 6 mm, 高さ 8 mm の円柱状に鋳造し、常温重合レジンを用いて包埋後、その表面を耐水研磨紙#800 まで仕上げて被着面とした。供試したユニバーサルアドヒーズを各製造者指示に従って被着面に塗布後、エステライトユニバーサルフローメディアム (トクヤマデンタル) を円形モールド (直径 5 mm, 高さ 1 mm) 内に充填して接着試験用試片とした。また、ユニバーサルアドヒーズ塗布前にメタルプライマーを併用した試片も作製した。これらの試片は 37°C 蒸留水中に 24 時間保管後、万能試験機 (EZ Test, 島津製作所) を用いて、クロスヘッドスピード 1mm/min で剪断接着強さ試験を行った。得られた値については、二元配置分散分析を用いて統計学的検定を行った。

【結果と考察】

ユニバーサルアドヒーズの金合金に対する初期接着強さは、メタルプライマーを併用しない際に 3.8-5.0 MPa, メタルプライマーを併用した際に 7.4-13.6 MPa を示した。また、その接着強さはいずれのアドヒーズにおいてもメタルプライマーを併用した際に有意に高い値を示した。一方、メタルプライマーを併用しない際のユニバーサルアドヒーズの初期接着強さはアドヒーズの種類によって影響を受けなかったものの、メタルプライマーを併用した際における AU および GU の初期接着強さは SU と比較して有意に高い値を示した。以上のことから、チオリン酸エステル系モノマーが含有されたメタルプライマーとユニバーサルアドヒーズの併用は、アドヒーズに含有されるリン酸エステル系モノマーの効果を阻害することなく有効に働いたものと考えられた。

Universal Adhesive	Metal Primer	
	without	with
SU	4.2 (0.2) ^{a,A}	7.4 (0.8) ^{a,B}
AU	3.8 (0.7) ^{a,A}	12.8 (1.2) ^{b,B}
GU	5.0 (0.3) ^{a,A}	13.6 (3.3) ^{b,B}

Unit: MPa. Values in parenthesis are standard deviations. Same superscript small letter in columns indicates no significant difference (p>0.05). Same superscript capital letter in rows indicate no significant difference (p>0.05).

【結論】

本実験の結果から、ユニバーサルアドヒーズの金合金に対する初期接着強さはメタルプライマーの併用によって向上するものの、その効果はアドヒーズの種類によって影響を受けることが明らかとなった。このことから、金合金を用いた修復歯に対する補修修復の際には、チオリン酸エステル系モノマーが含有されたメタルプライマーとユニバーサルアドヒーズの併用が有効であるものの、アドヒーズによってその効果は異なることが判明した。

**Time-dependent microtensile bond strength of a silane coupling agent
incorporated one-bottle adhesive on feldspathic porcelain**

Division of Conservative Dentistry, Kaohsiung Medical University Hospital
and Kaohsiung Medical University, Taiwan

○Ker-Kong Chen

Objective: This study was to measure the time-dependent microtensile bond strength to realize whether a developed silane incorporated one-bottle adhesive possesses a stable bonding capacity as the traditional step by step application of silane coupling agent and adhesive on the feldspathic porcelain in order to simplify the manipulation method.

Materials & Methods: Feldspathic porcelain blocks (8 mm x 8 mm x 4 mm, VINTAGE MP, A₂B Body, Shofu) were fired and ground by #600 sandpaper to a flat surface and then etched with hydrofluoric acid for 3 minutes for bonding purpose. A developed silane incorporated one-bottle adhesive was prepared for this study. The developed silane incorporated one-bottle adhesive was applied on the etched porcelain block for 30 seconds, air dried, and light-cured for 10 seconds. Composite resin (Z250, A2, 3M ESPE) was added on the porcelain block 2mm with 40 seconds light-curing till 4 mm thickness. The resin-porcelain block was then immersed in 37 °C water for 24 hours and trimmed into 1 mm×1 mm non-trimming specimens for microtensile bond strength test under the crosshead speed of 1.0 mm/sec. The application time of the developed adhesive was scheduled as the following: the day of preparation, 1 week, 2 weeks, 1 month, 2 months, separately. The traditional step by step application method was provided as control and a marketed silane containing adhesive (Single Bond Universal (SUB), 3M ESPE) was also provided for comparison with the developed adhesive.

Results: The microtensile bond strength of the developed silane incorporated one-bottle adhesive revealed no significant difference among those time-dependent groups. There was also no significant difference among those time-dependent, control and SUB groups. The SEM photographs showed a tight interaction between composite resin and porcelain in developed adhesive groups as observed in the traditional step by step application group.

Conclusion: Based on the above results, it is indicated that the developed silane incorporated one-bottle adhesive possesses a high possibility to simplify the application procedure by incorporating silane coupling agent with the adhesive.

新規ユニバーサル処理材のモダンセラミックスへの接着強さの検討

¹⁾ 岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体材料学分野²⁾ 岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 総合歯科学分野○入江正郎¹⁾, 岡田正弘¹⁾, 矢部 淳²⁾, 武田宏明²⁾, 山本直史²⁾, 松本卓也¹⁾

Study on Bond Strength of New Universal Pretreating Agent to Modern Ceramics

¹⁾ Department of Biomaterials, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences.²⁾ Department of General Dentistry,○Masao IRIE¹⁾, Masahiro OKADA¹⁾, Atsushi YABE²⁾, Hiroaki TAKETA²⁾, Tadashi YAMAMOTO²⁾, Takuya MATSUMOTO¹⁾

【 緒言 】

CAD/CAMの導入に伴い種々のセラミックス修復材料が登場, それに適応すべく種々のレジンセメントも登場してきた。そこで, CAD/CAM用材料とレジンセメントの基礎的な情報を得るため, 各種レジンセメントのセラミックスに対する接着強さを, 新規市販のユニバーサル処理材 (BONDMER Lightless II, Tokuyama Dental) と各社レジンセメント推奨の処理材と比較検討した。

【 材料と方法 】

下記の Table に使用したセメントと処理材を示す。方法は, ISO の接着強さの測定指針 (ISO/TR 11405) を参考にに行った。ニケイ酸リチウムガラス (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) をトリミングして被着面 (直径約 5 mm, 厚さ約 2 mm) を確保した。被着面を, # 320 耐水研磨紙で最終研磨後, フロンモールドを固定し, このモールド内に各セメントを用いてステンレスロッド (Alloy Primer, Kuraray Noritake Dental で被着面を処理) を接着させた。9 種のレジンセメントは光照射 (20×2 秒間) して硬化させ, Super-Bond Universal は 37°C 恒温室に 8 分間保存して硬化させ, 1 日間 37°C 蒸留水中浸漬後せん断接着強さを測定した。

【 結果と考察 】

Table にせん断接着強さの結果を示す。各セメントそれぞれ今回の BONDMER Lightless II で処理することにより, 各推奨の処理材と比較して接着強さは有意に向上した。また, BONDMER Lightless II で処理することで 40 MPa 前後の安定した値を示し, BONDMER Lightless II 処理の有意性が確認された。BONDMER Lightless II にて処理した群では破断後の IPS e.max CAD の表面は, セメントが付着した凝集破壊像がほとんどの試料で観察され, せん断接着強さの差はセメントの機械的強さの影響が考えられる¹⁾。

本研究に関連し開示すべき COI 関係にある企業などはありません。

Table Shear bond strength after one-day storage (MPa)

Luting cement (recommended primer, Manufacturer)	Mean (S.D.)		t-Test ^a
	by recommended primer	by BONDMER Lightless II	
ESTECER II (BONDMER Lightless II, Tokuyama Dental)	38.3 (8.2)	—	
Calibra Ceram (Prime&Bond universal, Dentsply Sirona)	42.8 (5.1)	49.3 (5.8)	S
RelyX Universal Resin Cement (Scotchbond Universal Plus Adhesive, 3M)	30.1 (8.2)	40.1 (5.5)	S
Nexus Universal Chroma (OptiBond eXTRa Universal, Kerr)	18.0 (4.8)	34.9 (4.3)	S
Variolink Esthetic DC (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent)	38.1 (5.8)	43.1 (4.0)	S
G-Cem ONE EM (G-Multi Primer, GC)	30.4 (7.1)	40.5 (6.5)	S
ResiCem EX (BeautiBond Xtreme, Shofu)	19.4 (3.9)	42.6 (6.9)	S
Panavia V5 (Clearfil Ceramic Primer Plus, Kuraray Noritake Dental)	22.1 (6.2)	37.2 (4.4)	S
SA Luting Multi (No pretreating, Kuraray Noritake Dental)	14.3 (2.6)	34.8(4.9)	S
Super-Bond Universal (M&C Primer, Sun Medical)	31.7 (4.1)	40.7 (4.3)	S

^a: Significantly different by t-Test between the two results. S: Significant difference (p<0.05), N=10

【 文献 】

¹⁾ Irie M *et al.*, *Polymers* 2023, 15, 1128.

新規ユニバーサルタイプセルフアドヒーシブレジンセメントを用いた レジンブロックおよびガラスセラミックスに対する接着性能評価

株式会社松風 研究開発部

○原大輔、山本健蔵、信野和也、吉本龍一

Evaluation of bond testing to resin blocks or glass ceramics using novel universal self-adhesive resin cement

Research and Development Dept., Shofu Inc

○DAISUKE Hara, KENZO Yamamoto, KAZUYA Shinno, RYUICHI Yoshimoto

【研究目的】

近年、補綴装置への前処理が不要であり、簡便な操作が特長であるセルフアドヒーシブレジンセメントが臨床使用されている。セルフアドヒーシブレジンセメントは金属やジルコニアに対する前処理が不要である一方、歯科切削加工用 CAD/CAM レジン材料やガラスセラミックスに対しては前処理が必要あるいは推奨されている。そこで、当社は歯科切削加工用 CAD/CAM レジン材料やガラスセラミックスに対して前処理不要で補綴修復が可能である新規ユニバーサルタイプセルフアドヒーシブレジンセメント (SI-300576) を開発した。本品は各種補綴装置への前処理を行わない場合においても接着性を発現させることができる。本研究では新規ユニバーサルタイプセルフアドヒーシブレジンセメントを用いた CAD/CAM レジン材料、二ケイ酸リチウムガラスセラミックスへの接着強さを評価した。

【材料および方法】

評価したレジンセメントには SI-300576 (松風) と比較対象としてプライマー併用型レジンセメントのブロック HC セム (松風) を用いた。厚み 3mm の板状に切断した松風ブロック HC スーパーハード (松風) 及び e.max CAD (Ivoclar vivadent) をそれぞれレジンブロック試験体、ガラスセラミックス試験体として使用した。レジンブロック試験体はアルミナサンドブラスト (松風ハイアルミナ, 0.2MPa 圧) を行い、ガラスセラミックス試験体は 4.5% フッ酸水溶液にて 20 秒間の粗造化処理を行なった。ブロック HC セムを用いて接着する場合はレジンブロック試験体に対しては HC プライマー (松風)、ガラスセラミックス試験体に対しては松風ポーセレンプライマー (松風) による表面処理を添付文書に従って行なった。AZ プライマー (松風) を添付文書に従って処理したジルコニア棒 (Φ4.0mm) に練和した各レジンセメントの練和物を塗布し、各試験体の被着面に設置した。ジルコニア棒に対して垂直に 200N の荷重をかけて余剰セメントを除去した後に、両側よりペンブライト (High モード) を用いて光照射 (5 秒間) を行なった。作製した試験体を 37°C 水中に 24 時間浸漬した後、サーマルサイクル負荷を 5000 回 (4°C と 60°C 水槽に各 30 秒間浸漬で 1 回) 繰り返した。負荷後の試験体は万能試験機 (INSTORN) を用いて、剪断接着強さを測定し、統計処理 (ANOVA, Turkey's, $\alpha=0.05$) した。

【結果】

SI-300576 はプライマーを併用しない条件においても、プライマー併用型のレジンセメントと同等の接着強さを発現することが確認された。

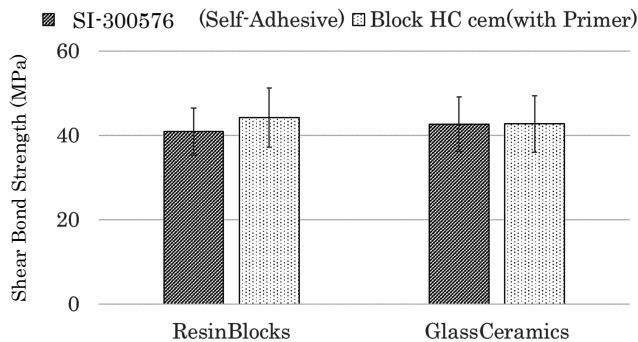


Fig1. Shear bond testing results for Resin Blocks or Glass Ceramics

レジンセメント接着におけるレジンコーティングが辺縁漏洩に及ぼす影響について

¹岡山大学大学院医歯薬学域 歯科保存修復学分野,²大塚歯科医院

○井内有人¹, 大原直子¹, 松崎久美子¹, 吉山昌宏^{1,2}

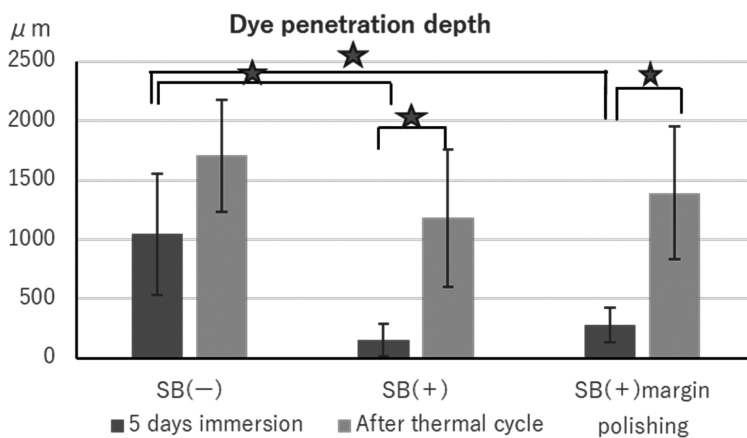
Influence of resin coating on marginal leakage of resin cements

¹Department of Operative Dentistry, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, ²Otsuka Dental Clinic

○IUCHI Yujin¹, OHARA Naoko¹, MATSUZAKI Kumiko¹, YOSHIYAMA Masahiro^{1,2}

【研究目的】レジンコーティング法は形成面の汚染防止や歯髄保護、レジンセメントの象牙質に対する接着性向上を目的に行われる。本研究ではレジンコーティングの有無及び、コーティング後の窩縁研磨とサーマルサイクル負荷が辺縁漏洩に及ぼす影響について検討した。

【材料と方法】岡山大学大学院医歯薬学総合研究科の倫理審査委員会の許可(承認番号 189 号)を得て、本研究を実施した。ヒト抜去歯牙 30 本の近心と遠心面の歯頸部に縦 3mm×横 5mm×深さ 2mm の窩洞を、全ての窩縁がエナメル質上にくるよう形成した。レジンコーティング無、レジンコーティング(スコッチボンドユニバーサルプラスアドヒーズ・3M)有り、レジンコーティング+歯肉側窩縁を 0.5mm 研磨の 3 群(各 10 本)に分けた。レジンコーティングは添付文書通りアドヒーズを 20 秒塗布後 5 秒間弱圧エアブロー乾燥させ、光照射 10 秒にて硬化させた。その後、唾液汚染(5 秒程度)・水洗乾燥を行い、窩洞内へ SA ルーティング Multi(クラレノリタケデンタル)を流し込み、硬化させた。硬化後 24 時間 37°C 水中保管し、歯肉側窩縁以外をマニキュアにてコーティングを施し、各群 5 本をメチレンブルー溶液に 5 日間浸漬した。残りの各群 5 本はサーマルサイクル 1 万回(5°C, 55°C)の負荷をかけた後、メチレンブルー溶液に 5 日間浸漬した。両群の歯牙を硬組織精密切断機(IsoMet low speed saw, Buehler)を用いて歯肉側窩縁に対して垂直方向になるように切断し、歯肉側窩縁から窩洞内への色素侵入深度を計測・比較した。得られたデータは二元配置分散分析と Tukey 検定にて統計処理を行った。(p<0.05)



★ indicate statistically significant differences

【結果と考察】レジンコーティング無し群では平均 1000 µm 程度の色素侵入深度を示したのに対し、レジンコーティング有群が約 150 µm となりレジンコーティングによる辺縁漏洩防御効果が見られた。レジンコーティング有群と有+研磨群では有意差は認められなかった。サーマルサイクル後の群では侵入深度が上がりレジンコーティング無し群と近似した値を示し、各群に有意差は認められなくなった。今回は n=10 で行った為、サンプル数を増やすことで差が出てくるかもしれない。今後の接着強度との関連についても検討を行う予定である。

本研究に関し開示すべき COI 関係にある企業などはありません。

【まとめ】レジンコーティングは辺縁漏洩防御効果を示した。サーマルサイクルによりその効果は減弱した。

新規レジンコーティング材の象牙質接着および血液汚染への影響

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

○岡本千昭, 清水翔二郎, 高垣智博, 二階堂 徹

Evaluation of bonding performance about new resin coating bonding agents

Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation,
School of Dentistry, Asahi University

○Chiaki Okamoto, Shojiro Shimizu, Tomohiro Takagaki, Toru Nikaido

【目的】

有髄歯に対する間接修復法において、歯髄保護および象牙質接着性の向上を目的にレジンコーティング法が臨床応用されている。CAD/CAM 冠の支台歯に対するレジンコーティング法についてはすでに保険収載されている。間接修復法においては、臨床的な接着阻害因子が各種存在し、唾液・血液・仮封材等による被着面の汚染は修復物の成功を左右する重要な因子である。そこで本研究では、新規に開発された薄膜レジンコーティング材の象牙質接着性能と血液汚染への影響について明らかにすることである。

【材料と方法】

本実験は、朝日大学倫理審査委員会の承認を得て実施した (35014 号)。牛前歯唇側歯冠部の象牙質を露出後、耐水研磨紙#600 にて研削して象牙質被着面とした。試料に対してレジンコーティングを行わない群 (Den 群) とレジンコーティングを行う群 (RC 群) に分けた。RC 群は、象牙質面に対して新規レジンコーティング材 (TK-100B, TKB, クラレノリタケデンタル) を 5 秒間塗布して乾燥後、10 秒間光照射 (ペンキュア 2000, 標準モード 1200 mW/cm², モリタ) した後、コーティング面の未重合層をアルコール綿球 (70%) で清拭した。さらに試料は、未汚染群 (Non) と汚染群 (Con) とに分けた。Con 群の被着面に対して 50 μ l のヒト血漿を滴下し、60 秒間放置後、30 秒間水洗した。各被着面を乾燥後、両面テープ (ϕ 4mm, 厚み 50 μ m) を貼付して接着面積を規定した。次にセルフアドヒーシブレジンセメント (クリアフィル SA ルーティング Multi オートミックス, クラレノリタケデンタル) を被着面に塗布し、直ちにプラスチックマトリックスをスライドガラスを用いて圧接し、10 秒間光照射した。その後、ステンレスロッドをサンドブラスト処理後、業者指示通りにレジンセメント (パナビア V5, クラレノリタケデンタル) を介して植立して固定した。その際、光照射は行わず、試料を 30 分間室温保管後、24 時間 37°C で水中浸漬した。その後、精密万能試験機 (オートグラフ AGS-X, SHIMADZU) を使用して引張接着試験 (クロスヘッドスピード 1.0mm/min) を行った。引張接着強さの結果は、Kruskal-Wallis test を用いて統計解析を行った ($p < 0.05$)。

【結果および考察】

引張接着強さの値 (MPa, n=11) は、Den/Non 群; 0.3 \pm 0.1, Den/Con 群; 0.2 \pm 0.1, RC/Non 群; 11.3 \pm 2.1, RC/Con 群; 6.1 \pm 1.4 であった。Den/Non 群と RC/Non 群, Den/Con 群と RC/Con 群との間で接着強さに有意差が認められた ($p < 0.05$)。このことから TKB によるレジンコーティングは、クリアフィル SA ルーティング Multi オートミックスの象牙質接着性能を向上させることが明らかとなった。Den/Non 群と Den/Con 群との間に有意な差は認められなかった。一方、RC/Non 群と RC/Con 群との間に接着強さに有意な差が認められた ($p < 0.05$)。すなわちレジンコーティング表面に対する血液汚染は接着強さを低下する要因であることがわかった。一方、レジンコーティングを行わなかった群においては、セルフアドヒーシブレジンセメントの接着強さが低いために汚染の接着への影響が評価できなかった可能性がある。血液汚染による清掃は、MDP 含有歯清掃クリーナーであるカタナクリーナーの使用を推奨しているため、今後検討を行う必要がある。

【結論】

新規レジンコーティング材 (TK-100B) は、セルフアドヒーシブレジンセメントの象牙質接着性の向上に有効であることがわかった。レジンコーティング面の血液汚染は接着強さに悪影響を及ぼすことが示唆された。

Inside Out: Unraveling the Stain Resistance of New Universal Resin Cement

R&D Department, Sun Medical Co., Ltd.

○Yusuke Yamada, PhD and Yoshihisa Kamimoto, PhD

【Objectives】

The long-term clinical success of dental prosthetic restorations is contingent on the color stability and other important characteristics of the materials employed, including resin cement. Building on our recent findings that underscore the exceptional stain resistance of our new universal resin cement (Development code: DP-003), this study further examines the anti-staining properties of the new universal resin cement.

【Methods】

To replicate a common inlay restoration, a CAD/CAM inlay was machine-milled from dima Hybrid Resin Blank Plus (Kulzer Japan) for a class II cavity abutment tooth made of i-TFC Core Resin (Sun Medical). The inlay and abutment tooth were then cemented using the new universal resin cement and five commercially available resin cements (A-D). Subsequently, the specimens underwent a 48-hour immersion in red wine at 37 °C, after which they were sectioned to evaluate the degree of internal staining. Recognizing that water sorption is a potential influencing factor, the water sorption levels of each cement were measured in accordance with ISO Standard 4049:2019 and compared with their respective staining tendencies.

【Results】

The cement line of the commercial resin cements (A-D) exhibited varying degrees of staining after immersion in red wine, with the staining progressing from the exposed surface inward. In contrast, the sample cemented with the new universal resin cement exhibited no discernible color staining. In terms of water sorption, no clear correlation between staining and water sorption was observed, implying the involvement of additional contributing factor(s) in the staining process.

【Conclusions】

The remarkable color stability of the new universal resin cement suggests exciting prospects for achieving lasting aesthetic excellence in future dental restorations. Given that staining involves a complex interplay between stain molecules and the solidified cement, a thorough understanding of staining factor(s) hinges on further research.

【Disclosure】

This study was fully funded by Sun Medical Co., Ltd.

CAD/CAM インレーの表面滑沢材を用いたコーティングによるレジンセメントの保護

¹YAMAKIN 株式会社

²明海大学歯学部病態診断治療学講座総合臨床歯科学分野

○中野貴文¹, 加藤喬大¹, 菱川暁弘²

Protection of Resin Cement in CAD/CAM Inlays with Surface Coating Materials

¹YAMAKIN CO., LTD, ²Meikai University School of Dentistry

○Nakano Takafumi¹, Kato Takahiro¹, Hishikawa Akihiro²

【目的】

2022年4月より保険適用となったCAD/CAM インレーは、従来の金属製のインレーと比べて審美性に優れており、金属アレルギー患者にも適用できる。CAD/CAM インレーはセット時に接着性レジンセメントを用いるが、CAD/CAM インレーは金属と比べると強度が低く、マージン部を薄くすると破折のリスクが高くなるため、金属インレーのように辺縁封鎖性向上のための窩縁斜面(ベベル)の付与が出来ず、バットジョイント(ノンベベル)にする必要がある。その結果マージン部の周囲にレジンセメントが露出することになる。表層に露出したレジンセメントは、摩耗や着色してしまうことが想定される。また、レジンセメントが摩耗するとCAD/CAM インレー冠の脱離や破折が懸念される。そこで本研究では、CAD/CAM インレーのマージン部周囲に露出するレジンセメントを表面滑沢材でコーティングすることによる耐磨耗性への影響について評価を行ったので報告する。

【材料および方法】

CAD/CAM インレーを模した試験片として、KZR-CAD HR ブロック 2 BGy (YAMAKIN 株式会社; 以下、ブロック)を用いて縦14×横14×厚さ2mmの板状に切り出し、さらに半分の面積の14×7mmを厚さ1mm削り落とし、牛歯エナメル質を表面がエナメル質になるよう14×7×1mmの板状に切り出し、ブロックの削り落とし部分に接着した。接着には歯質およびブロックの前処理としてスコッチボンド™ ユニバーサル プラス アドヒーズブおよび、接着性レジンセメントとしてリライエックス™ ユニバーサルレジンセメント(スリーエム ジャパン株式会社)を用いた。また、表層に露出するセメントラインは幅が250±50μmとなるように設計した。接着後、試験片表面を耐水研磨紙P1000で研磨し、表面滑沢硬化材(Nu:le コート, YAMAKIN 株式会社, 以下、表面滑沢材)塗布・光重合、もしくはダイヤモンドペーストを用いて布バフにより鏡面研磨を行い、試料を各3枚作製した。各試料を37℃の水中で24時間保管後、ISO 14569-1:2007の試験条件に準拠し、蒸留水:歯磨剤=2:1で混合したスラリー内で歯ブラシを用いて荷重2.0N、滑走速度850mm/sで試料上を5万回まで滑走させた。1万回ごとに試料の光沢度およびセメント部分の摩耗深さを測定し、表面滑沢材コーティングと鏡面研磨仕上げの耐磨耗性を比較した。

【結果および考察】

表面滑沢材コーティングおよび鏡面研磨仕上げのそれぞれの試料の光沢度は、歯ブラシ摩耗回数が増えるに従いどちらも減少したが、その減少は表面滑沢材コーティングの方が小さかった。また、鏡面研磨仕上げの試料のレジンセメント部分の摩耗深さは、歯ブラシ摩耗回数に応じて増加し、5万回後で約30μmの深さまで摩耗したが、表面滑沢材コーティングの試料では5万回後においてもレジンセメント部分の摩耗が起らなかった(Fig.1)。

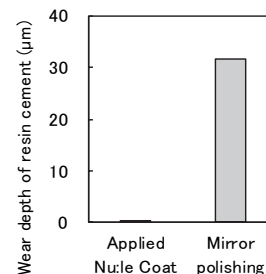


Fig.1 Wear depth of resin cement at 50,000 toothbrush wear cycles.

【結論】

表面滑沢材を用いてCAD/CAM インレーをコーティングすることで、マージン部周囲に露出するレジンセメントを保護できる可能性が示唆された。

Evaluation of physical properties of self-adhesive resin composites

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

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

○Ye YAO¹, Di WU¹, Chiharu KAWAMOTO², Takatsumi IKEDA², Shuhei HOSHIKA², Hidehiko SANO², Monica YAMAUTI², Atsushi TOMOKIYO^{1,2}

Introduction: Self-adhesive resin composites (SARC) were developed to simplify restorative procedures by eliminating the technique sensitivity of the bonding procedure. Many companies had developed and marketed new products. However, their high viscosity and low ability to bond to dental substrates can negatively interfere with their adhesive performance. Water sorption and solubility play a crucial role in the clinical success of dental materials. Ideally, SARC should be highly stable and impervious to water. Water sorption increases the solubility of the dental material, which reduces its biocompatibility and weakens its mechanical properties. Therefore, the ideal adhesion of SARC to dentin remains challenging.

Objectives: This study evaluated three self-adhesive resin composites' microtensile bonding strength (MTBS), water sorption (WS), and solubility (SL).

Methods: Twenty-seven sound, extracted human molars were sectioned to expose mid-coronal dentin surfaces (Ethics Committee Protocol #2018/9). Smear layers were standardized using #600-grit SiC paper for 60s under copious water. Three self-adhesive resin composites (FIT SA, Shofu, Japan; HFS, Shofu, Japan; Vertise Flow, Kerr, Italy) were used in this study. Each material was applied incrementally (2 layers) on dentin surfaces to build resin blocks (4 mm). Each layer was light-cured according to the manufacturer's instructions with a blue LED unit (light irradiance >1000 mW/cm²). The samples were stored in distilled water at 37°C for 24h and prepared for the MTBS test (n=9). Fracture mode was observed using a stereoscope and scanning electron microscope. WS and SL tests were performed according to ISO 4049:2009. Fifteen discs (n=5, 15 ± 0.1 mm diameter, 1.0 ± 0.1 mm height) were prepared using a Teflon mold. Each specimen was cured for 40s on each surface and trimmed to remove irregularities. Specimens were placed in a desiccator and dried at 37 ± 2°C until reached a constant mass (m1). Then, specimens were immersed in 20 ml distilled water, stored at 37°C for 7 days and weighed again (m2). After that, the specimens were kept dry in a desiccator at 37 ± 2°C until they reached a constant mass (m3). WS and SL were calculated using the following equations: $WS = [(m2-m3)] / V$, $SL = [(m1-m3)] / V$. MTBS data were analyzed using Kruskal-Wallis and pairwise comparisons. WS data was analyzed using Welch's ANOVA and Tamhane post hoc test. SL data was analyzed using One Way ANOVA and Bonferroni post hoc test (SPSS v.27, IBM, USA).

Results: After 24h of storage, the MTBS of FIT SA and HFS resins were not statistically different (p=1.000), which was higher than the Vertise Flow bond strength. Adhesive failure was the most common fracture mode observed in FIT SA and HFS. WS of three resin composites was higher than the ISO standards (≤40 µg/mm³). HFS showed the highest WS (69.44 µg/mm³), followed by FIT and Vertise Flow. SL of FIT SA (4.47 µg/mm³) and HFS (4.50 µg/mm³) conformed to ISO standards (≤7.5 µg/mm³), which were statistically significantly different from Vertise Flow (8.03 µg/mm³).

Conclusion: HFS resin presented a better bonding performance to dentin than FIT SA and Vertise Flow.

新規バルクフィル型コンポジットレジン「OCFB-001」の機械的性質

株式会社トクヤマデンタル
 ○松尾 拓馬、町田 有希、大矢 直之、森崎 宏、秋積 宏伸

Mechanical properties of a new Bulkfill type Resin Composite “OCFB-001”

Tokuyama Dental Corporation

○Takuma Matsuo, Yuki Machida, Naoyuki Oya, Hiroshi Morisaki, Hironobu Akizumi

【緒言】

近年、コンポジットレジン（以下「CR」と略す）は、前歯部だけではなく臼歯部のように咬合圧の高い部位の修復にも用いられるような材料となっている。一方で、天然歯の色調は部位差や個人差により様々であるため、従来では複数の色調のCRが必要となり、歯牙の色調にあったCRを選択する手間がかかっていた。トクヤマデンタルでは構造発色性の技術を活かした色調適合幅の極めて高いCR「OMNICHROMA」を開発した。本研究では、「OMNICHROMA」のバルクフィルタイプである新規CR「OCFB-001」を開発し、その機械的性質についての検討を行った。

【材料および方法】

材料：「OCFB-001」（株式会社トクヤマデンタル）、対照としてOMNICHROMA（以下「OC」と略す。株式会社トクヤマデンタル）および2種の市販バルクフィル型CRとしてA（シェード：Universal）、B（シェード：Universal）を用いた。

1. 曲げ強さの測定

JIS T6514:2015に従い、万能試験機（島津製作所製：AG-I）を用いて3点曲げ試験を行い、曲げ強さと弾性率の測定を行った。試験は5個の試験片について行い、得られた結果は、SPSS Statistics 21 (IBM社)による一元配置分散分析およびTukeyのHSD検定（危険率5%）を用いて統計解析を行った。

2. 圧縮強さの測定

各コンポジットレジンを直径4mm、高さ3mmの孔を有するSUS製割型に充填し、ポリプロピレンフィルムで覆った後、上下各面に対して光照射器（Kerr社製、照射強度：800mW/cm²）で推奨時間の光照射を行い、硬化体を作製した。得られた硬化体は37℃水中に24時間保存し、万能試験機（島津製作所製：AG-1）を用いて圧縮強さの測定を行った。クロスヘッドスピードは10mm/minとし、次式を用いて圧縮強さを算出した。

$$\text{圧縮強さ (MPa)} = 4P / \pi D^2 \quad (P: \text{圧縮破壊したときの最大荷重 (N)}, D: \text{直径 (mm)})$$

試験は5個の試験片について行い、得られた結果は、SPSS Statistics 21 (IBM社)による一元配置分散分析およびTukeyのHSD検定（危険率5%）を用いて統計解析を行った。

【結果】

結果をTable 1に示した。「OCFB-001」の機械的性質を評価した結果、曲げ強さに関してはOCと同等であり、市販品A、Bと有意差はなかった。弾性率に関してはOCおよび市販品Bと比較し有意に低い値であったが、市販品Aと比較して有意に高い値であった（ $p > 0.05$ ）。圧縮強さに関しては、OCおよび市販品Aと同等であり、市販品Bと比較し有意に高い（ $p < 0.05$ ）ことが確認された。

Table 1. Mechanical Properties of Resin Composites

	OCFB-001	OC	A	B
Shade	-	-	Universal	Universal
Curing time [sec]	20	20	20	20
Flexural Strength [MPa]	120(7) ^{ab}	128(3) ^a	113(4) ^b	112(6) ^b
Flexural Modulus [GPa]	7.0(0.4) ^c	8.0(0.5) ^b	6.0(0.1) ^d	12.5(0.2) ^a
Compressive Strength [MPa]	414(17) ^{ab}	430(11) ^a	403(4) ^b	372(6) ^c

Means with the same symbol letter are not significantly different ($p > 0.05$)

【結論】

開発品である「OCFB-001」の機械的性質を評価し、ユニバーサルタイプのOC及び市販のバルクフィル型CRと同等の機械強さを有することが示された。

「バルクベースハード II」の硬化深さに対するビッカース硬さの評価

サンメディカル株式会社
○清水 考朗、八尾 勉、上木 秀幸

Vickers hardness evaluation of "Bulk Base Hard II" for depth of cure

Sun Medical Co., Ltd.
○Shimizu Takaaki, Yao Tsutomu, Ueki Hideyuki

[緒言]

深い窩洞に積層充填なしで一括充填可能な裏層材が各社から上市されており、弊社においても 2023 年 8 月に低重合収縮性、高い硬化性および歯質への色調適合性を特長に持つ光重合型レジン系裏層材「バルクベースハード II」を新たに上市した。

バルクベースハード II および各社裏層材は照射により 4 mm の硬化深さを謳っている。しかし、照射による露光程度は硬化体表面と深部で異なるため、硬化状態が同等であるかは不明である。本発表では、バルクベースハード II とこれまでに市販されているバルクフィル製品について、照射における硬化体表面から深部の硬化性をビッカース硬さにより評価した。

[材料および方法]

本実験では、バルクベースハード II ミディアムフロー マルチ (BBH II)、ユニバーサルシェードのバルクフィル製品 A (Bulk Fill A) および B (Bulk Fill B) を材料とした。縦 4 mm、横 4 mm、高さ 5 mm の型枠に各材料を充填し、歯科用 LED 照射器 (Pencure2000, モリタ) 1000 mmW/cm² で 20 秒間照射した。重合後、照射面が分かるように印を付け硬化体を取り出し室温遮光下で 24 時間静置した。その後、高さ方向に垂直に硬化体中心部を自動精密切断機 (アイソメット, BUEHLER) で切断した。ビッカース硬さは、微小硬さ試験機 (Hardness Testing Machine HM, Mitsutoyo) にて、荷重: 200 gf、荷重時間 12 秒の条件で測定した。測定は硬化体表面を 0 mm として、1 mm 間隔で硬化深さ 4 mm まで連続的に行った。さらに、各測定箇所につき横軸方向に平行に 3 ヶ所測定し平均値を算出した。統計解析は各硬化深さで BBH II をコントロールとして、One-way ANOVA および Dunnett's test を用い有意水準 5% で検定した。

[結果と考察]

BBH II のビッカース硬さは、硬化体表面から硬化深さ 0, 1, 2, 3 および 4 mm で 42, 42, 43, 42 および 42 HV を示し、4 mm までの硬化深さにおいて変化は見られなかった。比較対象である Bulk Fill A のビッカース硬さは、硬化深さ 0 mm で 44 HV であったが、1 mm から 4 mm においては 40, 38, 34, 31 HV となり深くなるにつれて低下した。また、Bulk Fill B のビッカース硬さは、硬化深さ 0, 1, 2, 3 および 4 mm で 26, 25, 26, 23 HV を示し、4 mm までの硬化深さにおいて変化は見られなかったが、他の 2 製品の中で最も低い値であった。

BBH II は硬化深さ 3 mm および 4 mm において、Bulk Fill A に対し有意に大きい値であった。また、Bulk Fill B に対しては硬化深さ 0, 1, 2, 3 および 4 mm で有意に大きい値であった。

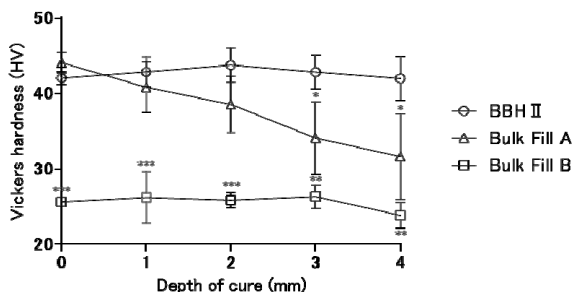


Fig. Relationship between Vickers hardness and depth of cure
Vickers hardness were plotted (mean±SD). * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ vs. BBH II (n=3).

[結論]

バルクベースハード II ミディアムフロー マルチのビッカース硬さは、硬化深さ 0 mm から深部である硬化深さ 4 mm まで値は低下せず、硬化状態が同等であることが分かった。

「バルクベースハード II」の照射条件による硬化性評価

サンメディカル株式会社

○八尾 勉、清水 考朗、上木 秀幸

Evaluation of curability by light irradiation conditions of "Bulk Base Hard II"

Sun Medical Co., Ltd.

○Yao Tsutomu, Shimizu Takaaki, Hideyuki Ueki

[緒言]

近年の光重合型の充填材料は、照射時間が短くても硬化することを特長とした製品も見られる。また、照射器においては、高出力のLED照射により充填材料を短時間で硬化させることができることを特長とした製品がある。このように充填材料を短い時間でしっかり硬化させることは臨床にとって必要な要素であることが伺える。

2023年8月 サンメディカル(株)は低重合収縮性、高い硬化性および歯質への色調適合性を特長に持つ光重合型レジン系裏層材「バルクベースハード II」を上市した。また、バルクベースハード II は短時間の照射でも使用可能であることも特長の一つとしている。本報告ではバルクベースハード II の硬化特性を評価するために照射の照射時間および光量による硬化挙動の影響を比較評価した。

[材料及び方法]

本実験ではバルクベースハード II のローフロー(BBH II L)、ミディウムフロー(BBH II M)、ハイフロー(BBH II H)を使用し、各照射条件の曲げ強さ、弾性率および硬化深さを評価した。照射器は Pencure2000(モリタ)を照射条件は Table1 の条件で行った。レジン毎に One-way ANOVA および Bonferroni 法を用い統計処理を行い、有意水準 5% で検定した。

Table1. Irradiation condition

	Light intensity(mmW/cm ²)	Irradiation time(second)
N10	1000	10
N20	1000	20
H6	2000	6
H12	2000	12

1. 曲げ強さの測定

金型に各レジンを充填し、照射器にて Fig1 の条件で両面照射し、作製した 2×2×25mm の試験片を 37℃水中に 24 時間浸漬後、オートグラフ (AGS-X 5kN, 島津製作所) にて支点間距離 20mm、試験速度 1mm/min で測定した。(n =5)

2. 硬化深さの測定

直径 4mm、深さ 15mm の穴を持つ金型に各レジンを充填し、Fig1 の条件で照射した。重合後、硬化体を取り出し、未硬化部分を除去し、マイクロメーターで硬化物の長さを測定した。測定した長さの半分を硬化深さとした。(n=3)

[結果]

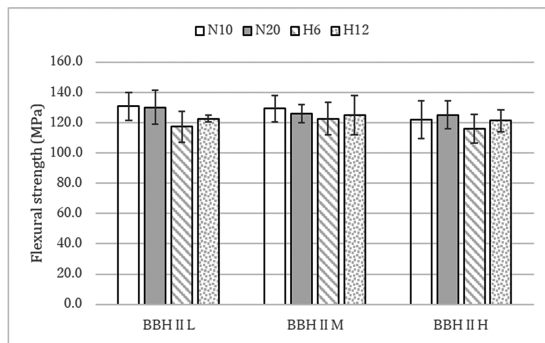


Fig1. Flexural strength

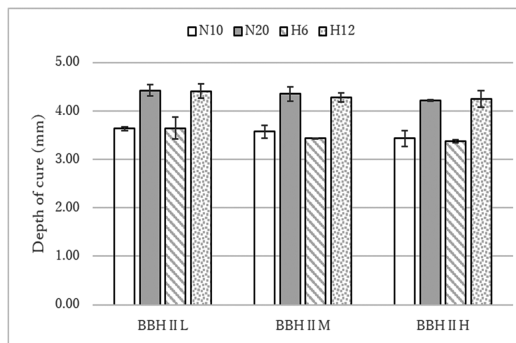


Fig2. Depth of cure

バルクベースハード II は 3 種類のフロー間において照射条件が異なっても曲げ強さに有意差は見られなかった (ps>0.05)。硬化深さは同一光量の照射では照射時間を延ばすと有意に高くなる傾向を示し (ps<0.05)、光量を上げ照射時間を短縮した N10・H6 間および N20・H12 間には有意差は見られなかった (ps>0.05)。

[結論]

バルクベースハード II の 3 種類のフロー性は、照射時間および光量による強度に対しては影響が少なく、硬化深さは性能の範囲内であれば短時間照射での使用が可能であることが示唆された。また、光量を上げる、照射時間を延ばすことは硬化深さを高めることから深い窩洞に対するレジンの硬化に有効であることが示唆された。

動揺歯固定材料の耐摩耗性評価

株式会社ジーシー

○山下美樹, 平野恭佑, 篠崎裕

Wear resistance property of the temporary splint material

GC CORPORATION, TOKYO, JAPAN

○Miki Yamashita, Kyouzuke Hirano, Yutaka Shinozaki

【目的】

従来より、プラークコントロールが困難な高齢者の重度歯周病をはじめとした歯周治療において、動揺歯固定材として、PMMA系レジンが臨床で広く用いられている。しかし、動揺歯固定材を口腔内で使用する上で、ブラッシングにより動揺歯固定材が摩耗し粗造となった表面にプラークが付着することが懸念される。そこで弊社では、充填用フロアブルコンポジットレジンにて採用実績のあるナノフィラーを配合した光重合型動揺歯固定材「G-フィックス」をラインナップしている。

本研究では、近年動揺歯固定に使用されている各動揺歯固定材の耐摩耗性（摩耗量および表面粗さ）について評価した。

【材料及び方法】

・歯ブラシ摩耗量

評価には、G-フィックス (GFX, ジーシー) と PMMA 系レジン Product A と充填用フロアブルコンポジットレジン Product B を用いた。直径 15 mm 厚さ 1 mm の金属製リングに各製品を充填し添付文書に従い硬化させた。37℃水中に 1 日浸漬後、試験片の 5 点 (3.5mm 間隔) の厚さを計測し、初期値とした。試験片を歯ブラシ摩耗試験機に取り付け、歯磨剤 (ホワイト&ホワイト;ライオン): 水=1:2 のスラリーに浸し、荷重 200g で歯ブラシを滑走させた (n=3)。10000 回, 50000 回滑走後の試験片の 5 点の厚さを同様に計測した。滑走後の摩耗量の算出方法としては、初期値と、滑走後の厚さの変位から計算した。50000 回摩耗後の摩耗量を、one way ANOVA および Tukey 検定にて統計解析した ($\alpha=0.05$)。

・表面粗さ

上記の歯ブラシ摩耗試験にて 10000 回, 50000 回滑走後の硬化体の表面を、表面粗さ計 (サーフコーダ SE シリーズ, 小坂研究所) を用いて、算術平均高さ Ra の計測を行った (n=3)。50000 回摩耗後の摩耗量を、one way ANOVA および Tukey 検定にて統計解析した ($\alpha=0.05$)。

【結果及び考察】

歯ブラシ摩耗試験における摩耗量を Figure 1 に、表面粗さを Figure 2 に示した。

Figure 1 から、GFX は 50000 回滑走後の摩耗量はコンポジットレジンである Product B 同様であり、高い耐摩耗性を示した。一方で、Product A は摩耗試験により大きく摩耗することが明らかとなった。

Figure 2 から、GFX は歯ブラシ摩耗後においても、Product A に比べて滑らかな表面であることが確認され、10000 回以降の滑走負荷後においても表面粗さに変化は見られなかった。GFX は、ナノフィラーを配合し、かつ均一に分散しているため、歯ブラシ滑走負荷によるフィラーの脱落も少なく、表面性状への影響が少なかったと考えられる。

【結論】

光重合型動揺歯固定材「G-フィックス」は、PMMA系レジンと比較して歯ブラシでの摩耗が少ないことより、口腔内の表面性状に経時的変化が少なく、臨床におけるプラーク付着の原因となりにくい効果が期待される。

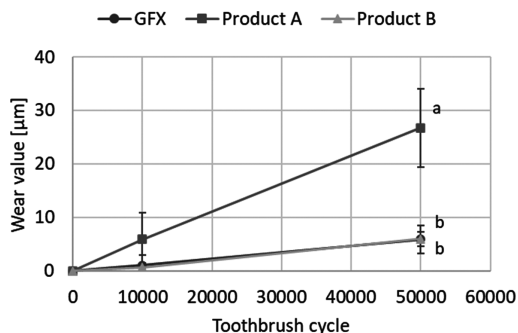


Figure 1 Wear value after toothbrush abrasion test
The same letters indicate non-significant differences.

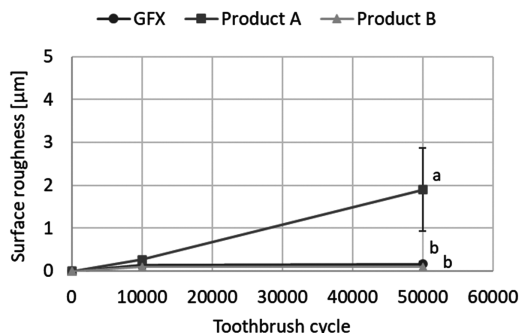


Figure 2 Surface roughness after toothbrush abrasion test
The same letters indicate non-significant differences.

ケアダイレストアのフッ化物・亜鉛イオン徐放に伴う圧縮強さの変化

株式会社ジーシー
○志田円造、町田大樹、篠崎裕

Change in Compressive Strength of CAREDYNE RESTORE with Fluoride and Zinc Ion Release

GC Corporation, Tokyo, Japan
○Enzo Shida, Daiki Machida, Yutaka Shinozaki

【緒言】

根面う蝕は予防の難しさ、進行の速さなどから臨床現場で課題となっており、抗菌、脱灰抑制、再石灰化促進等の効果を有する材料が求められている。弊社では機能性フィラー(BioUnion フィラー)を配合し亜鉛、フッ素、カルシウムを徐放する材料「ケアダイレストア」を販売している。亜鉛イオンは細菌の増殖抑制効果、細胞膜破裂による抗菌効果、歯質の脱灰抑制効果を有することが報告されている。本研究ではケアダイレストアの人工唾液及び脱灰液中でのフッ化物イオン・亜鉛イオン徐放量及び、圧縮強さの変化について調査した。

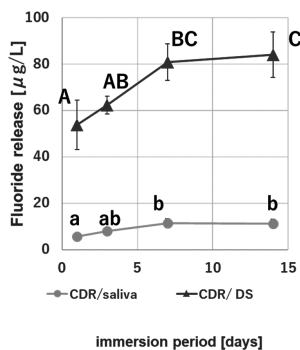
【材料及び試験方法】

ケアダイレストア(GC、CDR)を用いた。内径 4 mm、高さ 6 mm の金属型に練和物を充填し、恒温槽内(37°C、R.H. 90%)で 1 時間硬化させた。その後硬化体を型から外し、2 つずつ人工唾液(pH7.0、saliva)または脱灰液(pH4.5、DS)5mL に浸漬した。37°Cにて 1~14 日間浸漬した後、硬化体を取り出し、取り出したのちの液を抽出液とした。取り出した硬化体の圧縮強さを測定した。また抽出液のフッ化物イオン、亜鉛イオン濃度を測定し、徐放量とした。統計処理には R 4.2.1 を使用し、手法は One-way ANOVA 法および Tukey-HSD 法を用いた。(p < 0.05)

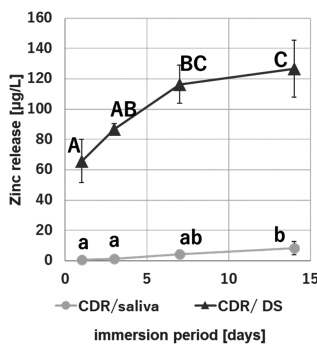
【結果と考察】

各材料の溶液浸漬期間とイオン徐放量の関係を Fig.1 に示す。(a)から CDR は人工唾液または脱灰液中でフッ化物イオンを徐放するがわかった。同様に (b)から CDR が人工唾液または脱灰液中で亜鉛イオンを徐放することが示された。

なお、人工唾液中ではイオンの徐放は見られるものの、脱灰液中に比べ少量である。これは、BioUnion フィラーの pH 応答性によるもので、酸性度の高い過酷な条件の際に顕著にイオンが徐放されることを示している。Fig.2 は人工唾液または脱灰液に 1~14 日浸漬したサンプルの圧縮強さである。人工唾液または脱灰液に 1~14 日浸漬した CDR は有意な経時的な圧縮強さの低下はみられなかった。



(a)



(b)

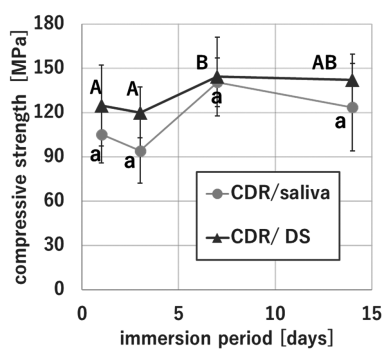


Fig.2 Compressive strength of CFR in DS or saliva

Fig.1 Amount of ion release from CDR in DS or saliva

(a) fluoride ion

(b) zinc ion

The same symbol in the figure indicates no statistically significant difference

【結論】

ケアダイレストアは抗菌効果が期待できる亜鉛イオンを徐放しながらも、機械的強度が低下しないガラスイオンマーセメントである。

乾式および湿式の密度測定法を用いた ユニバーサルフロアブルレジンの重合収縮率の検討

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

○前迫真由美¹, 長谷川彩¹, 松井 渚¹, 辻本暁正^{1,2,3}

Assessment for polymerization shrinkage rate of universal resin-based composites using dry and wet densitometry

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

○MAESAKO Mayumi¹, HASEGAWA Aya¹, MATSUI Nagisa¹, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【研究目的】

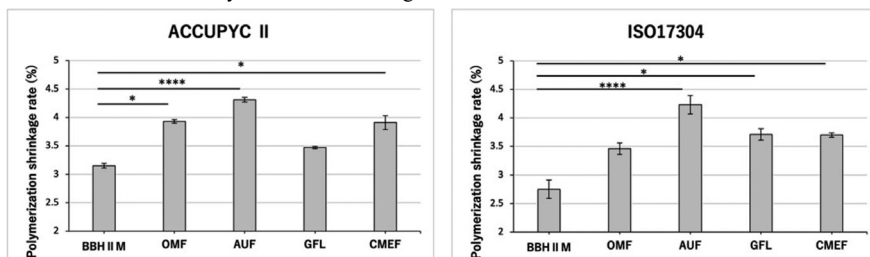
近年、ユニバーサルコンポジットレジンの臨床使用頻度が増加しており、ペーストタイプのみならずフロアブルタイプも市販されている。また、ユニバーサルフロアブルレジンでありながら、窩洞深さ4mmまで一括充填が可能なバルクフィルタイプも開発されている。しかし、その重合収縮率に関する検討は少ないのが現状である。そこで、乾式および湿式の密度測定法を用いたユニバーサルフロアブルレジンの重合収縮率について検討した。

【材料および方法】

供試したユニバーサルフロアブルレジンは、バルクペースハード II ミディアムフロー (BBH II M, サンメディカル), オムニクロマフロー (OMF, トクヤマデンタル), ア・ウーノ フロー ベーシック (AUF, ヤマキン), グレースフィル ローフロー (GFL, ジーシー) およびクリアフィル マジェスティ ES フロー (CMEF, クラレノリタケデンタル) である。乾式密度計 (ACCUPYC II 1340, 島津製作所) を用いた重合収縮率の測定に際しては、直径15mm, 高さ3mm のテフロン型にフロアブルレジンを充填し、光照射器 (α ライト V, モリタ) を用いて両面180秒間光照射した。重合前のペーストおよび重合させた試験片の密度を乾式密度計で測定し、その密度の差から重合収縮率を算出した。湿式密度計を用いた重合収縮率の測定 (ISO17304) では、フロアブルレジんに光照射器 (PenCure2000, モリタ) を用いて両面40秒間光照射し、37°C恒温器にて24時間保管した。その後、比重測定キット (SMK-401, 島津製作所) を組み込んだ電子天秤 (AUY120, 島津製作所) を使用し、重合前のペーストおよび重合させた試験片の密度を測定し、その密度差から重合収縮率を算出した。乾式密度計および湿式密度計を用いた重合収縮率データは、Kruskal-Wallis検定後、BBH II Mの重合収縮率をコントロールとし、Dunnの多重比較検定を行った。

【結果および考察】

乾式密度計を用いた重合収縮率は、BBH II Mで3.15% (0.04), OMFは3.93% (0.03), AUFは4.31% (0.04), GFLは3.47% (0.02), CMEFは3.91% (0.12)であり、BBH II Mは最も低値であり、OMF, AUF, CMEFに対しては有意差が認められた。湿式の密度測定における重合収縮率は、BBH II Mは2.75% (0.16), OMFは3.46% (0.10), AUFは4.23% (0.16), GFLは3.71% (0.10), CMEFは3.70% (0.04)であり、BBH II Mは最も低値であり、AUF, GFL, CMEFに対しては有意差が認められた。BBH II Mの重合収縮率は乾式あるいは湿式の測定法に関わらず最も低い値を示し、これはBBH II Mに含有されるLPS (Low Polymerization Shrinkage) モノマーが影響しているものと考えられた。



Using Kruskal-Wallis followed by Dunn's post hoc test, * $p < 0.05$, **** $p < 0.0001$ vs. BBH II M (n=5).

【結論】

本実験の結果から、バルクフィルフロアブルレジンの重合収縮率は乾式の密度測定法を用いた際に3.15-4.31%、湿式の密度測定法を用いた際に2.75-4.23%を示した。また、BBH II Mの重合収縮率はいずれの密度測定法を用いた際にも最も低い値を示し、その使用はC-Factorの高い窩洞に対する修復処置において有効となる可能性が考えられた。

新規接着性フロアブルコンポジットレジン材料の辺縁封鎖性評価

¹⁾岡山大学病院 歯科・総合歯科部門, ²⁾岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 生体材料学分野
○矢部 淳^{1,2)}, 入江正郎²⁾, 岡田正弘²⁾, 武田宏明¹⁾, 山本直史¹⁾, 松本卓也²⁾

An evaluation of microleakage of newly Self-Adhesive Flowable Composites

¹⁾Comprehensive Dental Clinic, Okayama University Hospital,

²⁾Department of Biomaterials, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences.

○Atsushi Yabe^{1,2)}, Masao Irie²⁾, Masahiro Okada²⁾, Hiroaki Taketa¹⁾, Tadashi Yamamoto¹⁾, Takuya Matsumoto²⁾

【 緒言 】

歯科臨床においてコンポジットレジン材料を使用する際、常に辺縁漏洩の抑制、ひいては辺縁封鎖性が課題となる。その一方で近年接着性コンポジットレジン材料 (Self-Adhesive Flowable Composites : SAFCs) の開発が進められてきた。接着材料を必要としない SAFCs は特に防湿操作が困難な高齢者や小児への応用において接着材料のテクニカルエラーの低減に期待できる。今回我々は新規のものを含めた 4 種類の SAFCs のヒト歯質に対する辺縁封鎖性を評価検討したため報告する。

【 材料と方法 】

SAFCs として新規材料である SA-100R (Kuraray Noritake Dental), 既存材料である Vertise Flow (Kerr), Fusio (Pentron) および Constic (DMG) を使用した。ヒト抜去小臼歯のセメントエナメル境の切縁方向 1 mm に V 級窩洞(長径 3.5 mm, 深さ 1.5 mm) を形成した。この窩洞に各 SAFCs をメーカー指定の手順にて充填した。硬化直後の群と、24 時間 37 °C 蒸留水中浸漬した群について、それぞれストレートおよびホワイトポイントにて表面を研磨した後、窩洞中心部で歯軸方向に低速切断機で切断、0.5 mm 間隔で 14 カ所について発生した間隙を顕微鏡(×1,000, MM-11, ニコン社)で測定し、間隙の数を比較した。各群の比較はフィッシャーの正確確率検定(p=0.05)にて統計処理した。

【 結果と考察 】

下記の Table に結果を示す。10 分後の間隙発生率は各 SAFCs でほとんど変化がなかった。一方、1 日後の間隙発生確率は SA-100R および Fusio が Constic および Vertise Flow と比較し有意差を示した。また、SA-100R と Constic は 10 分後と 1 日後の同材料間比較において有意差は見られなかったことから、接着初期から所与の接着力を発揮できているものと考えられる。また、今回切断前に研磨を行ったことから充填直後の研磨は接着力低下の原因となりうるものが再確認できた。以上から、臨床においても研磨は充填直後を避けることが重要であることが明らかになった。それとともに、新規材料である SA-100R は 10 分後および 1 日後において既存材料と同等の辺縁封鎖性が期待できると考えられる。

本演題内容は、本学倫理審査委員会 (研 1901-036) で承認を受けています。

演題発表に関しまして、開示すべき COI 関係にある企業はありません。

Table Effect of measured time in Class V gap-formation [N=10].

	gap incidence (%)	
	10 min	1-day
SA-100R (Kuraray Noritake)	37.9(a, b, c)	17.1(a)
Constic (DMG)	45.0(c, d)	39.3(b, c, d)
Vertise Flow (Kerr)	75.7(e)	52.1(d)
Fusio (Pentron)	47.1(c, d)	25.0(a, b)

Values with the same letters were not significantly different by Fisher's exact test (p=0.05)

【参考文献】

入江 正郎, チャンドラウィナタ ロサリナ, 鈴木 一臣. 高粉液比型ガラスアイオノマーセメントの 5 級窩洞適合性と機械的強さ: 硬化直後と 24 時間後の比較, 接着歯学, 2002, 20 巻, 3 号, p.158-164

ユニバーサルシェードコンポジットレジンの透明度と ウシ歯の人工的変色根への色彩の適合性

日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第2講座
○宮野 侑子、鈴木 雅也、新海 航一

Transparency of universal shade composite resins and their color-matching ability to artificially discolored roots of bovine teeth

Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata
○MIYANO Yuko, SUZUKI Masaya, SHINKAI Koichi

I. 目的

以前我々は、人工材料 (CAD/CAM 用セラミックブロック、義歯用硬質レジジン歯) に形成した規格窩洞に対し、ユニバーサルシェードコンポジットレジジン (USCR) を用いて充填した際の色差 (ΔE^*ab) を測定した。その結果、フィラーによる構造発色機構を採用した USCR では ΔE^*ab が大きくなる傾向を認めた。人工材料と歯質は光の拡散透過率が異なるため、USCR の発色機構によっては色彩の同化効果が弱いと考えられた。そこで、本研究ではウシ歯根を用いて USCR 修復物の色彩の適合性を評価した。さらに、USCR の透明度が修復物の色彩の適合性に影響すると考えられるため、USCR 重合体の Translucency Parameter (TP 値) を測定した。

II. 材料と方法

USCR は、Omnichroma Flow (OF、トクヤマデンタル)、Clearfil Majesty ES Flow Universal (MU、クラレノリタケデンタル) および Beautifil Unishade Flow (BU、松風) を用いた。ウシ下顎切歯の歯冠をセメント-エナメル境で切断し、歯根部をコーヒー (Georgia Emblem 無糖、日本コカ・コーラ) に浸漬して人工的に変色させた群 (C 群、A3~A3.5 程度) と、変色させない群 (U 群、B1 程度) の 2 群に分けた。ウシ歯根面に形成した規格円柱窩洞 (直径 6 mm、深さ 2 mm) に各 USCR を充填し、平坦な面に研磨して試料とした (各 n=8)。測色は VITA Easyshade[®] V (VITA Zahnfabrik) を用いて窩洞形成前のウシ歯根と研磨後の修復物を測色した。USCR 重合体はシリコンモールドを用いて直方体 (25×10×2 mm) の試料を作製し、耐水研磨紙 #1500 まで研磨したものを白色標準板と黒色標準板上でそれぞれ測色した。色彩の表示は国際照明委員会 CIE (JIS Z8729) による CIE $L^*a^*b^*$ 表色系を用いた。得られた L^* 、 a^* 、 b^* 値から充填前後の色差 (ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 、 ΔE^*ab) を算出した。TP 値は、USCR 重合体における各標準板上での色差から、次の公式で算出した。TP 値 = $\{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$ 各群における色差の群間差は、one-way ANOVA と Tukey 法で検定した ($\alpha = 0.05$)。また、各 USCR の研磨面を走査電子顕微鏡 (SEM) で観察した。

III. 結果と考察

C 群の ΔE^*ab は OF : 10.32^A、MU : 5.53^A、BU : 7.41、U 群の ΔE^*ab は OF : 4.9^a、MU : 13.73^{ab}、BU : 6.04^b であった (同一の肩文字に統計学的有意差あり、 $p < 0.05$)。視感測色では BU が C 群と U 群の両群に色彩の適合性を示した。TP 値は OF : 4.58^{*}、MU : 3.58^{*}、BU : 4.03^{*} であった (同一の肩文字は統計学的有意差あり、 $p < 0.05$)。SEM 画像では、OF は粒径の均一な球状フィラー、MU は不定形のフィラーと一部にナノクラスター様フィラー、BU は OF の次にフィラー粒径が小さく様々な形状のフィラーがそれぞれ観察された。各 USCR に配合されるフィラーと顔料は、種類や含有量に違いがあり、それぞれ色の同化効果を発揮しやすい色彩領域が異なることが示唆された。各 USCR は半透明性であり、窩壁の色や背景色が修復物自体の色彩に影響を与える。窩洞 (背景) の色と USCR の色とが大きく異なる場合、TP 値が高い USCR では色彩の適合性が得られにくいと考えられる。一方、窩洞 (背景) の色と USCR の色が近い場合は、TP 値の違いが色彩へ与える影響は少ないと考えられる。

IV. 結論

ウシ歯根を用いて USCR の色彩の適合性を評価した結果、C 群では MU が、U 群では OF が最も小さい ΔE^*ab を示した。USCR の透明度を評価した結果、OF > BU > MU の順に高い TP 値を示した。

新規ユニバーサルシェードレジンの色調適合性の評価

北海道大学大学院歯学院歯科保存学教室

○兼子裕史、川本千春、戸井田侑、呉 迪、矢後亮太朗、袁 媛、遠山晏梨、國井理恵子
松尾友太、弥勒院択良、ヤマウチ モニカ、佐野英彦、友清 淳

Evaluation of Shade Matching of a Novel Universal Shade Flowable Bulk-Filling Resin Composite

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

○Hirofumi Kaneko, Chiharu Kawamoto, Yu Toida, Di Wu, Ryotaro Yago, Yuan Yuan, Anri Toyama,
Rieko Kunii, Yudai Matsuo, Takuma Mirokuin, Monica Yamauti, Hidehiko Sano, and Atsushi Tomokiyo

【研究目的】

近年、単一シェードでもあらゆる色調に適合するユニバーサルシェード CR が登場し、誰でも審美的な修復を行うことが可能となった。またバルクフィルタイプの CR は、窩底部から咬合面まで一括に充填することが可能であることから、治療の簡略化に貢献している。現在、これらの特性を併せ持ったバルクフィルタイプのユニバーサルシェード CR が登場している。フィラーの形状、粒径、含有量を各社独自に採用し、これにベースレジンや顔料を加えて独自の配合をすることで、CR の光透過性や光拡散性を調節し、CR の色と周囲歯質の色を適合させている。本研究では、市販されている 3 種類のバルクフィルタイプユニバーサルシェード CR と、新規バルクフィルタイプユニバーサルシェード CR の色調適合性を評価することとした。

【材料および方法】

I 級窩洞を想定して直径 4 mm、深さ 4 mm の円柱窩洞を付与した、直径 10 mm、高さ 5 mm の CR モールド (Estelite Sigma Quick、トクヤマデンタル) を A1、A2、A3、A4 各 40 個、計 160 個作製した。この模擬窩洞内面にボンドマーライトレス (トクヤマデンタル) を塗布、エアブローした後に、以下の試料を充填した。①新規 CR (OCFB-001; OCFB、トクヤマデンタル)、②～④既存 CR: ②Filtek Bulk Fill Flowable (FiBF, 3M)、③SDR flow+ (SDR、デンツプライ)、④Estelite Bulk Fill Flow (EsBF、トクヤマデンタル)。①～④の CR を各シェード 10 個ずつ充填し、耐水研磨紙 (三共理化学) # 400 と # 1500 を用いて研磨を行った。37°C 蒸留水に 24 時間浸漬後の色調 (Lab 値) を、画像補正用カラーチャート (CASMATCH、ベアーメディック) と画像処理ソフト (Adobe Photoshop、Adobe) で計測した。撮影時の背景は白色 (カラータイル CM-A101W、ユニカミノルタ) および黒色 (カラータイル CM-A101B、ユニカミノルタ) を用い、光源は D65 光源 (T-TESSOLA、トラスコ) を使用した。測定値から明度 (L)、彩度 (C)、色相 (H) を算出し、CIEDE2000 (ΔE_{00}) にて色差を算出することで、各々の色調適合性を比較した。比較は材料とシェードによる二元配置分散分析 (SPSS22.0, IBM) を実施した。

【結果】

ΔE_{00} は 2.00 を下回っていれば、ほとんどの人間は色差を区別できないとされており、OCFB の ΔE_{00} は白背景では 2.65 ± 0.3 (A1)、 1.69 ± 0.4 (A2)、 0.81 ± 0.3 (A3)、 1.73 ± 0.3 (A4) であり、黒背景では 2.43 ± 0.5 (A1)、 1.36 ± 0.4 (A2)、 0.78 ± 0.5 (A3)、 2.72 ± 0.7 (A4) であった。また、A1 では OCFB、FiBF、SDR、ならびに EsBF とも同様の色差となったが、シェードが濃くなるにつれて、FiBF、SDR、ならびに EsBF では ΔE_{00} が大きくなっていった。一方 OCFB の ΔE_{00} では、シェードが濃くなっても A1 とほぼ変わらないか、それを下回っていた。統計処理を行った結果、材料とシェードに相互作用が認められたため、各シェードごとに Bonferroni 法で下位検定を実施したところ、白背景および黒背景の A2、A3 および A4 において、OCFB が FiBF、SDR ならびに EsBF よりも有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

【考察】

OCFB はオムニクロマ系の CR で、顔料が添加されておらず構造色の原理によって優れた色調適合性を獲得している。これは加法混色、すなわち色が混ざれば混ざるほど白色となり、さらに白に他の色を混ぜても白のままとなる原理である。つまり、A1 のような薄いシェードでは透過光と構造色の赤から黄色を合わせても透過光の白さは保たれ、A4 のような濃いシェードでは、赤から黄色の構造色によって、周囲の色と調和しているものと考えられる。一方既存 CR は、いずれも微量の顔料によって A1 のような色の薄いシェードに合うように調整されているが、シェードが濃くなるにつれ顔料不足となることで、彩度が低くなり白さが際立ち、色差がよりはっきりしてくるものと考えられる。

ユニバーサルシェード型コンポジットレジンの重合前後における光学特性

YAMAKIN 株式会社
○水田悠介, 加藤番大

Optical Properties of Universal-Shade Type Composite Resins before and after Polymerization

YAMAKIN Co., Ltd
○Yusuke Mizuta, Takahiro Kato

【目的】

近年、コンポジットレジンの中でも 1 色のみで幅広い色調の歯質に対応するユニバーサルシェード型コンポジットレジンが注目を集めている。当社においても 2022 年 6 月に「ア・ウーノ」を発売している。本製品には「ノーマル」と「St」という重合前の透明性に違いのある 2 つの色調タイプをラインアップしている。本研究では、この 2 種類の色調タイプに加えて他のユニバーサルシェード型コンポジットレジンの光学特性について評価をおこなう。

【材料および方法】

透明性評価：ア・ウーノ（ノーマルタイプ、ST タイプ）を含む 5 種類のユニバーサルシェード型コンポジットレジン直径 15 mm、厚さ 1 mm の金型に充填することで試験体とした。試験体は濁度計（NDH4000、日本電色社製）を用い透過率および濁度を測定した。また、この試験体を光照射により重合し、再度同様の測定を実施した。

屈折率評価：ア・ウーノの「ノーマルタイプ」および「St タイプ」に使用しているモノマーおよびその重合後のポリマーについては、デジタル屈折計（RX-7000i、アタゴ）を使用して屈折率の測定を行った。

【結果および考察】

Fig.1 に示す通り「ノーマルタイプ」は重合前から重合後に透過率が 10.6%増加し、外観からも透明感の違いを容易に視認することができた。一方で、「St タイプ」の透過率の変化は 1.9%と小さいため、目視においても重合前後でほとんど透明感に違いがなかった。また、「ノーマルタイプ」と「St タイプ」のそれぞれに使用しているモノマー、ポリマーおよび無機フィラーの屈折率差と、上記の重合前後の光学特性変化との間には良い相関が見られた。また、オムニクロマは 16.3%であり、「ノーマルタイプ」と同様に重合前後で透過率が変化する設計であった。一方で、ビューティフィルユニシェードは 1.5%、クリアフィルマジスティ ES フローの U シェードは 2.3%であり、「St タイプ」と同様に重合前後の透過率変化が小さい設計であることが分かった。

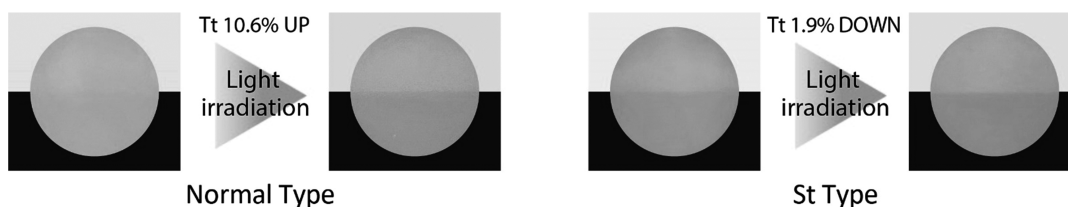


Fig.1 Visual appearances of two types of universal-shade composite resin test pieces ($\phi 15 \text{ mm} \times t 1 \text{ mm}$, A・UNO) before and after polymerization

【結論】

重合前後の透過率変化は製品ごとに異なり、ア・ウーノの「ノーマルタイプ」とオムニクロマは重合前の透明性が低く白濁しており、重合後に透明性が高くなって歯質の色調になじむ設計であり、ア・ウーノの「St タイプ」とビューティフィルユニシェードおよびクリアフィルマジスティ ES フローは、重合前後でほとんど透明性が変化しない設計であった。前者は重合前の視認性が高いためレジンを通り過ぎて不足なく充填でき、形態付与も行いやすいというメリットがある。後者は重合後の色調をイメージしながら充填できることから、前歯のように特に審美性が重要な場面で使用しやすいと想定される。

パテタイプシンプルシェードコンポジットレジン(以下 CR)の耐着色性評価

株式会社 ジーシー

○向 映紀, 荻谷 周司, 篠崎 裕

Staining Resistance Property of Simplified Shade Putty-type Resin Composite

GC corporation

○Eiki Mukai, Shuji Kariya, Yutaka Shinozaki

研究目的

充填用コンポジットレジン(以下 CR)は、前歯から臼歯まで幅広い症例の修復に用いられており、十分な機械的強度だけでなく、審美性およびその持続性が求められる。この審美面に関して、CRの充填箇所が見えづらく、天然歯と調和させるにはシェードテイキングが特に重要であり、近年では色調選択が簡便または不要であるシンプルシェードコンセプトのCR製品が各社から発売されている。一方でCRは飲料や食品により着色しやすいことが知られており、修復部位の変色は患者の満足度低下の一因となると考えられる。そこで本研究では、各種シンプルシェードのCRをコーヒーまたは緑茶に浸漬し、その色調の変化を評価したので報告する。

材料及び方法

Table1 に使用した CR 製品を示す。各 CR を金型(直径 15 mm, 厚さ 1 mm)に充填し、G-ライトプライマII Plus(ジーシー)により照射した(各製品 n=5)。照射後、硬化体を蒸留水に浸漬させ、37°Cの恒温槽にて 24 時間静置させた。その後、硬化体表面の未重合層を耐水研磨紙(#1000)により取り除き試験片とした。試験片の L*, a*, b*を分光測色計 SD7000(日本電色株式会社)により測定し、浸漬前データとした。試験片をコーヒーと緑茶の抽出液にそれぞれ浸漬し、37°Cの恒温槽に 1 週間静置した。浸漬後の試験片の測色データを計測し、浸漬前後の色差($\Delta E_{a^*b^*}$)を算出した。得られた結果については、Turkey-Kramer の検定(有意水準 5%)を行い、統計解析した(異なるアルファベット間に有意差あり)。

Table 1 Products

Product	Mainly contained monomers
ジーニアル アコード	Bis-MEPP
Product A	UDMA, TEGDMA
Product B	Bis-GMA, UDMA, Bis-MEPP, TEGDMA
Product C	UDMA, DEGDMA
Product D	UDMA, DEGDMA

結果と考察

ジーニアル アコードの浸漬前後の色差はコーヒーで 2.4、緑茶で 1.5 であった(Figure1)。一方、製品 A~D の色差はコーヒーで 7.1~18.2、緑茶で 3.3~12.9 を示し、製品により異なる結果となった。ジーニアル アコードは両結果とも値が最小であり、本製品は優れた耐着色性を示した。以上の結果は各製品のモノマー主成分の構造が起因として考えられる。Table1 で示すように、ジーニアル アコードは水素結合性の部位を持たない Bis-MEPP をモノマー主成分としているのに対して、製品 A~D は分子内にウレタン結合を含む UDMA や水酸基を有する Bis-GMA をモノマー主成分として使用している。ウレタンや水酸基は親水性であり、ジーニアル アコードはこれら親水性のモノマーを主成分に含有していないため製品 A~D と比べて高い耐着色性を保有していることが考えられる。

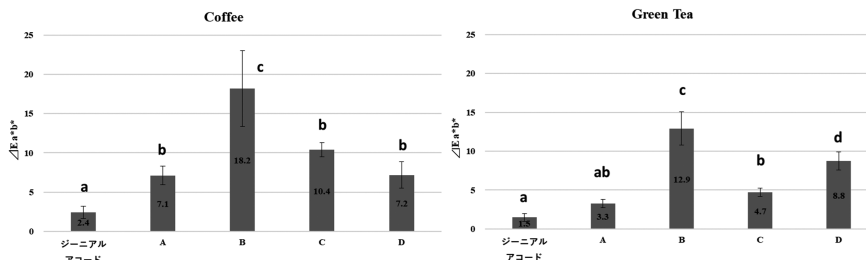


Figure1 Results of Staining Resistance test

結論

ジーニアル アコードは優れた耐着色性を有することが示された。これにより、修復部位の着色が抑制され、長期的な審美性の維持が期待できる。

アローマインジェクションにおける引き抜き抵抗および摩擦特性の評価

株式会社ジーシー

○平野 歩, 立野 敦史, 篠崎 裕

Evaluation of the pull-out resistance and friction characteristics of Aroma Injection

GC Corporation

○Ayumu Hirano, Atsushi Tachino, Yutaka Shinozaki

【研究目的】

アンダーカットのある症例の印象採得において印象体を口腔内から撤去する際、歯牙を引き抜くような力が発生する。一般的に、印象材の中でシリコーン印象材は印象の精度が高いが、口腔内から撤去する際の引き抜き抵抗が大きい。それに対して、寒天-アルジネート連合印象は比較的撤去しやすく精度も高いため、引き抜き抵抗の小さい印象採得方法として使用することができる。ただし、寒天印象材は操作時間の短さや患者への熱刺激があることに加えて、ボイリング操作が必要で使用準備が煩雑といったデメリットがある。そこで寒天印象材の代替としてペーストタイプの連合印象用アルジネート印象材「アローマインジェクション」(ARI, GC)が2020年11月に発売された。ARIはアルジネート印象材であるため引き抜き抵抗が比較的低いと考えられる。本発表では、各印象材の印象撤去時の歯牙への影響を評価する為、引き抜き抵抗を測定した結果を報告する。また、引き抜き抵抗の発生要因の一つである印象材と歯質との摩擦力を評価する為、各印象材の静止摩擦係数を測定し考察を行った。

【材料および方法】

材料にはARIとアローマファイン プラス ノーマルセット (AFP, GC)の連合印象 (ARI連合)、寒天印象材であるアローマロイド (ARL, GC)とAFPの連合印象、アルジネート印象材の単一印象 (製品A)およびシリコーン印象材の連合印象 (製品B, Cの連合。それぞれウォッシュ, ベースマテリアル。)を使用した。

添付文書に従って各材料を歯牙模型に圧接し、35℃の水浴中に口腔内保持時間静置した。硬化後、オートグラフ (EZ-L, SHIMADZU)を用い、クロスヘッドスピード50 mm/Nで印象体を歯牙模型から撤去した際の引き抜き抵抗を測定した。静止摩擦係数の測定はJIS K7125:1999を参考に行った。ARI, ARL, 製品AおよびBをそれぞれ単体で用い、ハイドロキシアパタイトディスクに対する静止摩擦係数を測定した。

【結果および考察】

ARIとAFPの連合印象、ARLとAFPの連合印象、製品Aの引き抜き抵抗は製品BとCの連合印象より有意に低かった。また、ARI, ARL, 製品Aの静止摩擦係数は製品Bより有意に低かった。シリコーン印象材はゴム質であるためその高い摩擦力により印象撤去時の引き抜き抵抗が高いと考えられる。ARI, ARL, 製品Aはハイドロゲルであるため摩擦力が高すぎず、印象撤去時の引き抜き抵抗が低いと考えられる。

【結論】

ARIは、寒天印象材と同様に静止摩擦係数が低く、印象撤去時の引き抜き抵抗が低いため、歯牙への負荷が少ないことが示唆された。今回の結果から、アンダーカットのある症例において印象撤去時の歯牙への負荷や寒天印象材による熱刺激を懸念する場合でも、ARIを用いた連合印象は有効であることが示唆された。

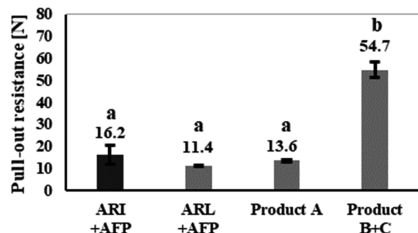


Fig. 1 Pull-out test results

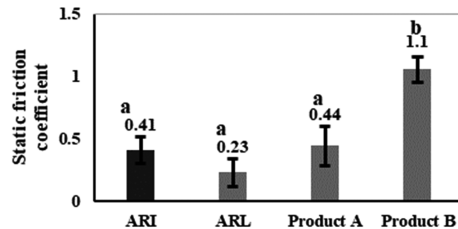


Fig. 2 Static friction coefficient

*Different superscripts indicate statistically significant differences. Tukey-Kramer test ($p < 0.01$)

新規パルス幅を用いた Er:YAG レーザーにおける研究：照射条件と歯質の切削性の関係

大阪歯科大学 歯科保存学講座

○保尾謙三, 森川裕仁, 岩田有弘, 岩佐一弘, 廣田陽平, 初岡昌憲, 吉川一志, 山本一世

Study on Er:YAG laser with the new pulse width: Relationship between Laser irradiation condition and Ablation ability of the tooth substance

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

○YASUO Kenzo, MORIKAWA Yuto, IWATA Naohiro, IWASA Kazuhiro, HIROTA Youhei, HATSUOKA Yoshinori, YOSHIKAWA Kazushi, YAMAMOTO Kazuyo

【目的】

歯の硬組織の除去が可能な Er:YAG レーザー (以下レーザー) は広く臨床応用されている。ピークパワーやパルス幅、繰返し速度を変更することにより従来に比べてより歯質それぞれの性質に合わせた除去が可能と考えられる。今回、従来の設定よりピークパワーが高くパルス幅が短い H mode, ピークパワーが低くパルス幅が長い S mode で照射可能かつ、繰返し速度も増加した新規パルス幅レーザーの試作機を用いて健全エナメル質・象牙質の除去性について検討を行ったので報告する。

【材料と方法】

従来のレーザー照射装置として Erwin AdvErL EVO (以下 EVO, モリタ製作所) と、新規パルス幅レーザー試作機 (以下 NPW, モリタ製作所) を使用した。照射チップには CS600F を使用し、注水下で照射を行った。被験歯として牛歯を用いレジン包埋後、モデルトリマーと耐水研磨紙にて #2000 まで研磨し、エナメル質平坦面試料と象牙質平坦面試料を作製した。

レーザー照射条件を Table 1 に示す。ムービングステージを用いて歯冠側から歯頸側にむけて、1.0mm/s で 10mm 照射を行い、共焦点レーザー顕微鏡 (VK-100 series, KEYENCE) にてそれぞれの削除量を測定した (n=5)。一元配置分散分析および Tukey の分析により統計処理を行った (p<0.05)。本実験は、大阪歯科大学動物実験委員会の承認を得て行われた (承認番号 23-06005)。

【結果と考察】

結果を Fig. 1 に示す。エナメル質において、ENH4 群の削除量は、EE3 群と ENH3 群と比べて有意に高い値を示し、EE3 群と ENH3 群の削除量に有意差は認められなかった。これは、パルスエネルギーの増加に伴い、削除量が上昇したと考えられる。象牙質において、DE3 群の削除量は、DE2 群に比べて有意に高い値を示した。これは、パルスエネルギーの増加に伴い、削除量が上昇したと考えられる。また、DNH3 群と DNS3 群の削除量は、DE2 群に比べて有意に高い値を示した。これは、繰返し速度の増加に伴い、削除量が上昇したと考えられる。DNH2 群と DNS2 群の削除量は、DE2 群より有意に低い値を示した。これは、パルスエネルギーが低いこと、照射面における炭化層の形成の影響が考えられる。以上から、H mode でのエナメル質への照射は、便宜的なアクセスプレパレーションの形成に有効であると考えられる。

【結論】

新規パルス幅を用いた Er:YAG レーザーによる歯質の除去性において、ピークパワーやパルス幅、繰返し速度の変更により、従来よりも有効に歯質それぞれの性質に合わせた除去が可能であることが示唆された。

SIMROID を用いた病院実習生への学習効果

明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野

○土屋隆子, 西田伊織, 市村葉, 横瀬敏志

Learning effect on dental students using SIMROID

Division of Endodontics and Operative Dentistry,

Department of Restorative and Biomaterials Sciences, Meikai University School of Dentistry

○Takako Tsuchiya, Iori Nishida, Yoh Ichimura, Satoshi Yokose

【目的】

歯科医師になるためには筆記試験と実技の2つの要素において十分な知識と技量、態度が必要とされている。従来行われてきた模型を用いた研修では、技術・技能の習得に力点が於かれており、「患者の負担や気持ちに配慮する」という研修は主流ではなかった。しかし、最近では、治療を受ける側の負担も考慮する事ができる研修が望まれている。しかし、実際の臨床において未熟な学生や研修医が患者に対し治療を行うには、負担が大きい。そこで、近年では歯科教育用患者ロボットシミュレーションシステムを用いた SIMROID を利用し、実際の患者に見立て、学生や研修医に治療を実践し知識や技量の定着化を図っている。そこで、我々明海大学歯学部 機能保存回復学講座保存治療学分野では2023年度に登院した病院実習生に対し SIMROID を用いて実習を行い、それに伴う学習効果を検討することとした。

【実験方法】

2023年度に登院した第5学年の学生30人に対し、授業の前後にアンケートを実施した。授業の内容は、歯科用レーザーである Er:YAG レーザー (Erwin AdvErL EVO, MORITA) を用いた授業と齶蝕除去の実技実習であり、授業では歯科用レーザーの特徴・使用注意・操作方法など一連の学習を行い、実技では SIMROID (MORITA) を用いて、下顎右側第一大臼歯の齶蝕除去を行った。アンケートはアンケート実施時に学会等の学術活動に使用することにおいて説明・同意を得て行った。

【結果および考察】

結果として、授業開始前と開始後に実施したアンケートを比較したところ、模擬治療による歯科用レーザーの使用方法・用途や注意事項の理解度の向上が認められた。学生のアンケートの内容から多く上がったのは、教科書の紙面上ではあまり歯科用レーザーに対しての実感がなかった分、実際に歯科用レーザーを用いて実習を行ったことでレーザーの特性を理解しやすかったということと、実際の患者で治療をするという行為は恐怖心が強くなってしまったため、SIMROID のようなロボットで行うことでリアル感が増し、緊張感と安心感があったという意見であった。

【結論】

未熟な歯科学生が治療を行うという行為は、実際の患者では敷居が高く、また大きなアクシデントに繋がる可能性が高い。しかし、自分自身で実習を行うことで得られる知識や技量は、紙面上で得られる情報よりも有意義なものとなり、歯科医師になった後にも非常に役立っていく。歯科教育用患者ロボットシミュレーションシステムを用いた SIMROID はその可能性を広げてくれる器材であり、患者の負担や気持ちに配慮しながら治療を行うことに関してより実際の治療に近い実習を通し学べることから、病院実習での授業に用いることでより高い学習効果が得られることが認められた。

バーチャルリアリティデンタルトレーナー (Simodont®) を用いた 外国人歯学生に対するアンケート調査

¹⁾朝日大学 PDI 岐阜歯科診療所, 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冠修復学
○石樽大嗣^{1,2)}, 伊藤里帆²⁾, 岡村晨吾²⁾, 小川雅之¹⁾, 日下部修介²⁾, 堀田正人¹⁾, 二階堂 徹²⁾

Questionnaire survey of foreign dental students using a Virtual Reality Dental Trainer (Simodont®)

¹⁾Asahi University, PDI Gifu Dental Clinic

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

○ISHIGURE Hiroshi^{1,2)}, ITO Riho²⁾, OKAMURA Shingo²⁾, OGAWA Masayuki¹⁾, KUSAKABE Shusuke²⁾,
HOTTA Masato¹⁾, NIKAIIDO Toru²⁾

【緒言】

近年, Virtual Reality(VR)技術がテレビゲームやスポーツ観戦, 職業教育訓練などで一般化されてきており, 教育においても VR 技術を用いて実施される試みが増えてきている. 歯学教育においても, VR 技術を積極的に導入することが, 歯学臨床教育の質の向上に有用ではないかと考えられる. 歯学教育用シミュレータである Simodont® (株式会社ニッシン) は, 最先端の VR 技術を用い, 画面内の物体を立体的に視認することができ, 画面内での歯の切削を疑似体験できる装置である. 今回, 朝日大学歯学部で 2022 年 7 月に導入した Simodont® について, 外国人歯学生に使用感についてアンケート調査を実施したので報告する.

【方法】

被験者は本学を訪問した外国人歯学生 27 名 (メキシコ州立大学 10 名・南昌大学 5 名・シエナ大学 2 名・ウェスタンケープ大学 10 名, 2022 年 9,10,11 月に朝日大学国際交流プログラムの一環として実施) である. Simodont® の使用目的や方法についてスライド説明(10 分)を行った後, 実際に Simodont® の歯の切削のプログラムを体験し(10 分), その後無記名方式でアンケート調査を行った. 質問内容は, Q1 「Simodont® での切削感は歯に比べて近いと思うか?」, Q2 「Simodont® で切削練習をすることは病院実習を行う上で有効だと思うか?」, Q3 「Simodont® と通常の (人工歯を使用した) マネキンで練習の質は変わると思うか?」, Q4 「Simodont® を使用して練習してみたいか?」, Q5 「Simodont® を 5 点満点で総合評価」について英語表記で行った. Q1 は「近い・少し近い・どちらともいえない・近くない」, Q2~4 は「はい・いいえ・どちらともいえない」の英語表記で評価を行い, Q3 で Yes と答えた場合には「歯科用マネキンと比較した Simodont® の良い点について」, No と答えた場合には「歯科用マネキンと比較した場合の Simodont® の悪い点について」の記載を求めた. また最後に自由記載欄を設けた. アンケートは回収後に集計および分析を行った.

【結果】

アンケートの回収率は 100% であった. Q1 では「近い」と「少し近い」を回答したものが 21 名 (77.8%) であった. Q2 では「はい」と回答したものが 25 名 (92.6%) であり, Q3 では「はい」と回答したものが 17 名 (63.0%) であった. Q4 では「はい」と回答したものが 24 名 (88.9%) であった. Q5 では平均点は 4.1 ± 0.92 点 (5 点 12 名, 4 点 7 名, 3 点 7 名, 2 点 1 名, 1 点 0 名) であった. 自由記載欄においては「材料の節約になる」, 「エナメル質や象牙質の触覚が似ている」, 「何度も練習ができる, 効率が良い」, 「歯磨を拡大できる」などのポジティブな意見が多くみられた. 一方, 「実際の患者と差がある」, 「ポジショニングの人間工学的考慮ができない」, 「切削時のレストが適正な位置におけない」などのネガティブな意見もみられた.

【考察】

Simodont® では実際に患者を治療することでしか感じられない手指感覚を得ることができると考えられた. また, 人工歯, 回転切削器具, 水を使用しないことで実習を行う際の経済的負担および医療廃棄物を減らすことができるだけでなく, 世界的潮流となっている SDGs の概念にも一致し, サステナブルな歯科実習環境の構築への役割を果たすことができると考えられた. しかし, ポジショニング, 臨場感など, 実際の臨床と異なる点もあることからより適切なシミュレーション教育を行うには検討すべき課題があることが分かった.

【結論】

Simodont® は実際の臨床と異なる点もあり, 検討すべき課題はあるものの, 診療における手指感覚を体感することができ, 実習にかかる費用や廃棄物も省略できることから, 新たな歯科研修環境の構築に貢献することが示唆された.

矯正歯科治療後、デジタルワークフローを活用したコンポジットレジンインジェクションテクニックにより犬歯誘導を獲得した1症例

- 1) 徳島大学大学院医歯薬学研部口腔科学研究科再生歯科治療学分野
- 2) 徳島大学大学院医歯薬学研部口腔科学研究科口腔顎顔面矯正学分野
- 3) 徳島大学ポストLEDフォトンクス研究所

○内海雄太¹⁾、松木優承¹⁾、渡邊佳一郎²⁾、川野沙織¹⁾、井内智貴¹⁾、大毛健一郎¹⁾、伊田百美香¹⁾、米倉和秀^{1,3)}、保坂啓一^{1,3)}

Composite resin injection technique with a digital workflow to reconstruct canine tooth guidance : A clinical case study

- 1) Department of Regenerative Dental Medicine, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences
 - 2) Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences
 - 3) Institute of Post-LED Photonics, Tokushima University
- Yuta Utsumi¹⁾, Yusuke Matsuki¹⁾, Keiichiro Watanabe^{2,3)}, Saori Kawano¹⁾, Tomoki Iuchi¹⁾, Kenichiro Ohge¹⁾, Yumika Ida¹⁾, Kazuhide Yonekura^{1,3)}, Keiichi Hosaka^{1,3)}

【緒言】 矯正歯科治療後の処置として、審美的・機能的観点から歯の解剖学的形態の再建が必要となる事が少なくない。そのような場合、健全歯質を最大限に保存しながらも、低侵襲かつ高い接着強さを示す直接コンポジットレジン(CR)修復が用いられる事が増えており、CR修復による形態修正を前提に歯科矯正治療が行われる事もある。本発表では、矯正歯科治療術前の不正咬合により異常咬耗を生じて犬歯部における解剖学的形態を失った患者に対し、動的矯正歯科治療後、ト3へデジタルワークフローを活用したCRインジェクション(注入)テクニックにより、シミュレーション通りの歯牙形態を適切に口腔内にトランスファーし、機能回復を行う事ができた症例を報告する。

【症例】 患者:24歳男性。主訴:前歯がすり減っていて見た目が悪く、よく噛めないでほしい。現病歴:2021年上顎前突、叢生などの歯列不正により生じたト3の異常咬耗をCR修復にて形態回復する保存修復処置前提で、マルチブラケット装置を用いた歯科矯正治療を当院矯正治療科で開始。2023年3月に動的治療が終了し、21-12、321-123の固定式保定装置を装着した状態で当院むし歯科へ紹介。現症:ト3には高度の咬耗がみられ犬歯誘導が消失している。

【治療計画】

<デジタルワークフローを活用した光透過性クリアシリコーンインデックス(インデックス)製作>

口腔内スキャナー(プライムスキャン:デンツプライシロナ)を用いて光学印象し、咬頭嵌合位で咬合採得を行った。CADシステム上のバーチャルアーティキュレーター(Dental System:3shape)にて、スキャンしたデータを3次元的に解剖学的な歯冠の構造解析・咬合圧負担に関する応力解析後、デジタルワックスアップを行い、アドオンソフトウェア(Model Builder:3shape)にて3D模型用に最適化した。高精度光造形方式3Dプリンター(digital wax028D:DWS)にて上下顎の3Dプリント模型を出力した。透明なポリビニルシロキサン(エグザクリア:GC)を模型に加圧・吸引成型器(エルコプレス:Smart Practice)で重合し、歯の切縁にCR注入用開口部を設置してインデックスを製作した。

<CRインジェクションテクニック>

歯面清掃後、エナメル質に対して37%リン酸エッチング(Kエッチャントシリンジ:Kuraray Noritake)を行い、1ステップ接着システム(スコッチボンドTMユニバーサルプラスアドヒーズイブ:3M)を用いて歯面処理を行った。インデックスを設置し、フロアブルCR(フィルテックTMシュープリームウルトラフローコンポジットレジンプラスA2:3M)を切縁開口部から注入し、10秒の光照射(Pencure2000:MORITA)後、インデックスを取り外し、追加で10秒の光照射を行った。歯科用実体顕微鏡下で、11番メスを使って微小な余剰CRの除去、咬合調整・仕上げ研磨を行った。

【考察および結論】 バーチャルアーティキュレーター上で側方滑走運動のシミュレーションを行い、その咬合接触に従った形態をインデックスに再現している。術後のイメージを歯科技工士と術者間で共有が可能となり、シミュレーション通りの形態と犬歯誘導を精確にトランスファーできた。また、形態修正・咬合調整はほとんど不要で最小限の研磨のみで調整が行う事ができ、チェアタイムも短縮できた。一方で、インデックス製作の為に治療回数の増加や設備・機器が必要な点が課題となるが、従来のフリーハンドによるマニュアルな歯冠修復はテクニックセンシティブな修復であり確実性や効率性が担保されにくい点と比較考慮しても、デジタルワークフローを活用する事で術者の技量に依存する事なく、低侵襲かつ機能的・審美的な一定の再現性での修復を提供できるといった優位性が示唆される。

【謝辞】 本発表は徳島大学研究クラスターの支援にて行われた(クラスター番号:2202006)。また、本症例の技工・設計のご助言・ご協力等を当院医療技術部歯科医療技術部門技工室歯科技工士の鴨居浩平先生より賜っている。

上顎両側中切歯歯冠修復物の審美的不満に対し 保存的なブラックトライアングル閉鎖により改善を認めた1症例

¹新潟大学医学総合病院 歯の診療科, ²新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔健康科学講座う蝕学分野
○佐藤 莉沙子¹、竹中 彰治²、野杵 由一郎²

A Case of Patient Satisfaction with Conservative Black Triangle Closure for esthetic dissatisfaction with maxillary central incisor crown restoration

¹Department of Preventive and Conservative Dentistry, Niigata University Medical & Dental Hospital,

²Division of Cariology, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

○SATO Risako, TAKENAKA Shoji, NOIRI Yuichiro

【諸言】

歯間乳頭は特に前歯部において重要な審美的要素とされ、歯間乳頭を失い下部鼓形空隙に隙間が生じた状態がジンジバルブラックトライアングル(gingival black triangle 以下、GBT)である。GBTの病因は多因子であるとされ、歯根間距離、コンタクト最下点-歯槽骨頂の距離、歯肉のバイオタイプ、年齢、歯周病、矯正、歯の形態が挙げられる。一方で治療方法もCR修復、補綴、矯正、外科的な再建術と多岐に渡り、難易度にも差がある。本症例では、歯科医師と歯科技工士の綿密なコミュニケーションによる保存的なGBT閉鎖により、患者の満足が得られたため報告する。

【症例の概要】

74歳女性、当院予防歯科にて左側上顎第一中切歯の根尖部のエックス線透過像を指摘され当科紹介となった。患者は、上顎両側中切歯の審美的不満を訴えていた。患歯に臨床症状はないが、右側上顎第一中切歯は根管充填が不完全であった。歯周ポケットは全周3mm以下で、プロービング時の出血は認められなかった。X線写真にて軽度の水平性骨吸収を認めた。歯冠修復物は40年前に装着され、歯肉退縮とGBTを認めた。全身既往歴：特記事項なし。

【診断】と【治療方針】

- ・左側上顎第一中切歯：慢性根尖性歯周炎、メタルボンドクラウン不適
- ・右側上顎第一中切歯：既根管治療歯/無髄歯(根管充填不良)、メタルボンドクラウン不適

両側上顎中切歯の感染根管治療後に歯冠修復を行うこととした。GBTの病因は補綴物の形態、広い歯根間距離、水平性骨吸収、Thin scalloped biotype、高齢等が挙げられた。GBT閉鎖のための選択肢として(1)MTMを用いた挺出と歯冠延長術を行い、歯根間距離を縮小し同時に十分なフェルールを獲得する方法、(2)補綴物のコンタクトの位置を綿密に設計する方法を提案した。患者は長時間の開口が苦手であり、治療時間および治療期間を可及的に短縮したいとの要望が強く(2)の治療法を選択した。補綴物は壊れにくい金属不使用の材料を希望された為、ジルコニアを選択した。

【治療経過】

両側上顎中切歯の感染根管治療を行った(MAF#40)。ファイバーポストレジンコアを作製後、支台歯形成と印象採得を行った。Choらの報告¹⁾を参考に、歯槽骨頂の距離から4mmの位置をコンタクト最下点とし、シリコンゴム印象材パテタイプを用いて作製した舌面コアに、実測点を記録した。技工士に補綴物の作製を依頼した。プロビジョナルレストレーションの歯冠幅径は左右対称で問題なく、切縁の位置を患者とともに決定し参考用の模型を技工士と共有した。シェードテイキングは技工士とチェアサイドで行い、A3のブロックにステインによりグラデーションを付与する方針とした。最終補綴物装着後、歯間乳頭は回復しGBTは生じなかった。術後X線ではコンタクト-歯槽骨頂間の距離は4.3mmであった。合着1年後の現在、臨床症状はなく、歯肉の炎症も認められない。

【考察】

Choらは歯根間距離2.5mm、コンタクトポイント最下点-歯槽骨頂間距離4mmの場合、下部鼓形空隙は85.7%の確率で歯間乳頭により満たされたと報告している¹⁾。本症例ではコンタクト最下点-歯槽骨頂間の距離が予定より0.3mm大きくなったにも関わらずGBTの完全な消滅が実現した。この結果は歯肉の厚みに個体差があることを示唆するとともに本方法を用いた正確な歯槽骨頂部の位置の模型への反映は困難であることが分かった。

【結論】

本症例ではGBTの病因を術前に明らかにし、治療方針を決定したことにより短期間(実質治療期間:3か月)で、低侵襲の治療により審美性が回復し患者の高い満足度を得ることができた。

【参考文献】

- 1) Hae-Sung Cho *et al.*: J Periodontol 77: 1651-1657, 2006.

初期活動性根面う蝕患者におけるケアダイン ZIF-C のバイオフィーム抑制効果に関する臨床評価

¹大阪大学大学院歯学研究科歯科保存学講座、²新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔健康科学講座う蝕学分野、³徳島大学大学院医歯薬学研究部再生歯科治療学分野、⁴徳島大学大学院医歯薬学研究部歯周歯内治療学分野
○朝日陽子¹、内藤克昭¹、神田ひかる¹、庭野和明²、武川大輔³、湯本浩通⁴、野杵由一郎²、林美加子¹

Clinical study to assess the dental biofilm inhibitory effect of Caredyne ZIF-C on initial active root caries

¹Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry, ²Division of Cariology, Operative Dentistry and Endodontics, Department of Oral Health Science, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences, ³Department of Regenerative Dental Medicine, Institute of Biomedical Sciences, Tokushima University Graduate School, ⁴Department of Periodontology and Endodontology, Institute of Biomedical Sciences, Tokushima University Graduate School

○Yoko Asahi¹, Katsuaki Naito¹, Hikaru Kanda¹, Kazuaki Niwano², Daisuke Takegawa³, Hiromichi Yumoto⁴, Yuichiro Noiri², Mikako Hayashi¹

[背景]

高齢者の残存歯数増加に伴って根面う蝕が増加しており、その予防の重要性が増している。初期根面う蝕に関しては、病変の辺縁が不明瞭であり、また部位的にも修復処置が容易でないことも多い。従って、初期脱灰病変については感染歯質の切削をせず、再石灰化を図るという非侵襲的な治療は MI の理念に則った意義深いものである。近年、フッ素イオン、カルシウムイオンおよび亜鉛イオンを徐放するカプセル練和型ガラスアイオノマーセメントであるケアダイン ZIF-C (GC, 東京) が開発された。亜鉛イオンは、象牙質の脱灰抑制、細菌の増殖抑制およびバイオフィーム形成抑制を有することが報告されており、根面う蝕進行予防効果も期待される。本研究では、ケアダイン ZIF-C を初期活動性根面う蝕病変に対する歯面コーティング材として塗布した場合のバイオフィーム抑制効果と材料の脱落率を検討した。

[方法]

本研究は大阪大学大学院歯学研究科倫理委員会 (承認番号 H30-E40-3)、徳島大学病院生命科学・医学系研究倫理審査委員会 (承認番号 3573-3) および新潟大学倫理審査委員会 (承認番号 2019-0007) の承認を受け、遂行された。大阪大学歯学部附属病院保存科、徳島大学病院むし歯・歯周病科および新潟大学医歯学総合病院歯の診療科を受診した初期活動性根面う蝕を有する患者のうち、本研究に同意が得られた者を被験者とした。ケアダイン ZIF-C 群、Fuji VII 群、フッ化ナトリウム群の 3 群にランダムに割り付け、いずれの群においても歯面清掃後に感染歯質を除去せず割り付けられた材料を塗布した。3 ヶ月ごとのリコールを行い、フッ化ナトリウム群はリコールごとの再塗布を、ケアダイン ZIF-C 群および Fuji VII 群では脱離を認めた際に再塗布を行った。塗布後 3、6 および 12 ヶ月後にプラーク付着率およびコーティング材の脱落率を評価した。

[結果]

47 人 (58 歯) の被験者が本研究に組み込まれ、被験者の平均年齢は 73.1 歳 (65-87 歳)、性別は男性 20 人、女性 27 人であった。被験歯の歯種内訳は、前歯 18 歯、犬歯 12 歯、小臼歯 21 歯および大臼歯 7 歯であった。術前の残存歯数、DMFT および Plaque Control Record に関して、3 群間における統計学的な有意差は認めなかった。コーティング材の脱落率に統計学的な有意差を認めなかったものの、Fuji VII 群においてケアダイン ZIF-C 群と比較し脱落率が高い傾向を認めた。また、材料の脱落様式に両者間で違いを認め、ケアダイン ZIF-C 群においては完全脱落のみであったが、Fuji VII 群においては脱落した症例の半数ほどは部分脱落であった。両群において、脱落率は塗布後 12 ヶ月で上昇した。プラーク付着率は、対照群 (根露出を認める健全歯) と比較して塗布群で減少傾向を認めたが、統計学的な有意差はなかった。

[考察および結論]

Fuji VII はケアダイ ZIF-C と比較し、圧縮強さが低く凝集破壊が起こりやすいこと、さらに脱灰環境下においてケアダイン ZIF-C は、界面破壊を生じる割合が高くなること¹から、本研究において Fuji VII とケアダイン ZIF-C の脱落様式に違いが生じたと考えられる。一方、セメントを歯面コーティング材として使用することでプラーク付着率が減少することを期待していたが、有意な差は認められなかった。対照群でのプラーク付着率のばらつきが 3 群間で大きかったことが原因の 1 つと考えられるため、今後は同一歯における塗布前後での比較を行うことも検討している。

本研究により、ケアダイン ZIF-C は初期活動性根面う蝕の制御に有効である可能性が示唆された。

¹長沢ら, 日歯保存誌 64 (2) : 141-155, 2021

本研究は JSPS 科研費(20K09953)の補助の下に行われた。

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

日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻¹,
日本大学松戸歯学部 保存修復学講座², 組織学講座³,
○小嶋康世¹, 藤田(中島)光², 河野哲朗³, 石川 豊¹, 成田興治², 庫川幸利²,
神谷直孝², 内山敏一², 平山聡司²

Development of adhesive root canal sealer with Biphasic Calcium Phosphate Cement
Nihon University Graduate School of Dentistry at Matsudo¹, Department of Operative Dentistry²
Department of Histology³, Nihon University School of Dentistry at Matsudo
○Yasutoshi Ojima, Kou Fujita-Nakajima, Tetsuro Kono, Isikawa Yutaka, Kouji Narita,
Yukitoshi Kurakawa, Naotaka Kamiya, Toshikazu Uchiyama, Satoshi Hirayama

【研究目的】

バイオセラミック系根管充填材料に接着性を付与する研究として、ケイ酸カルシウムを主成分とした MTA を接着性レジン系シーラーに配合し、接着性と石灰化誘導能を有する材料の開発が報告されている。

本研究では、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) に着目した。BCP 粉体部は、粒子中に α 型リン酸三カルシウム (α -TCP : α -Ca₃(PO₄)₂) とリン酸四カルシウム (TTCP : Ca₄(PO₄)₂O) が分子レベルで均一に分散し、単峰性粒子分布を示す均一二相性の特徴を有する。また、生体内において生理的 pH の範囲で溶解し、最終生成物としてハイドロキシアパタイト (HA : Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) に転化する。そこで、接着性レジン系シーラーに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た。

【材料および方法】

リン酸二カルシウム (DCPA : CaHPO₄) と炭酸カルシウム (CaCO₃) を Ca/P = 1.8 となるよう混合したものを 1500℃ で 6 時間焼成後、室温になるまで急冷した。得られた焼結体を粉碎し、BCP 粉体部を作製した。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、シーラーに対して、BCP 粉体部を 0 wt% (コントロール), 3 wt%, 5 wt%, 10 wt%, 20 wt%, 30 wt%, 40 wt%, 50 wt% 配合し実験試料とした。

材料学的特性の評価は JIS T 6522:2015 に準じて、稠度 (n = 3), 溶解率および崩壊性 (n = 2) の測定を実施した。溶解率および崩壊性の測定について、スプリットリング型に充填した試料は、恒温恒湿器内に 48 時間静置した上で測定を実施した。また、ISO 23317:2014 に準じてヒト疑似体液 (SBF) へ浸漬し、3 日, 7 日, 28 日後に SBF から取り出し分析を行った。試料は走査型電子顕微鏡 (JSM-IT200, JEOL) を用いて硬化体表面の観察を行い、微小部 X 線回折装置 (RINT2500, リガク) を用いて結晶体の分析を行った。

稠度, 溶解率および崩壊率の比較には、One-way ANOVA および Scheffè の多重比較検定 (有意水準 5%) を用いた。

【結果および考察】

BCP 粉体部の配合量が増加するに伴い稠度は低下する傾向を示した。溶解率および崩壊性について、全ての条件で試験片の崩壊は認められず、溶解率は、3~30 wt% までは配合量が増加するに伴い上昇し、30 wt% 以上では低下する傾向を示したが、10~50 wt% 間では有意差を認めなかった。JIS 基準 (稠度 17mm 以上, 溶解率 3.0% 以下) を満たした試料は 3~5 wt% の条件であった。材料学的特性の変化は、MSSP に含有されている酸性モノマーの 4-META が、塩基性を示す α -TCP や TTCP と新たに酸-塩基反応が生じたことが要因と考えられた。配合量の増加によりラジカル重合の反応率が低下し、酸-塩基反応の反応率が増加することで材料学的特性の影響が増加することが示唆された。

SBF 浸漬後の SEM 像から、BCP 粉体部を配合した試料の表層にはプレート状、針状の結晶物が認められた。X 線回折の結果から、配合量が増加するに伴いピークのプロード化が認められた。3 日, 7 日, 28 日で解析結果に変化は認められなかった。得られた結果から、析出した結晶体はリン酸カルシウムの結晶体であることが示唆された。以上のことから、BCP 粉体部を配合した接着性レジン系シーラーを根管充填に使用することで、根尖周囲組織にリン酸カルシウム層を形成され、臨床应用到に有用な材料であることが推察された。

取り下げ

試作根管充填用コンデンサーによるレジン系根管充填用シーラー・メタシール Soft ペーストを用いた新規根管充填法の開発

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
○正覚泰佑¹, 清水康平^{1,2}, 鈴木裕介^{1,2}, 勝呂 尚^{1,2}, 武市 収^{1,2}

Development of novel root canal obturation techniques with prototype endodontic obturators using a resin-based sealer Meta SEAL Soft Paste

Department of Endodontics, Nihon University School of Dentistry¹

Division of Advanced Dental Treatment, Dental Research Center, Nihon University School of Dentistry²

○Taisuke Shokaku¹, Kohei Shimizu^{1,2}, Yusuke Suzuki^{1,2}, Hisashi Suguro^{1,2}, Osamu Takeichi^{1,2}

【目的および背景】

根管充填法には、側方加圧充填法、垂直加圧充填法、continuous wave 法あるいは単一ポイント法など様々な方法があり、それぞれ優れた封鎖性を有する一方で、様々な欠点も指摘されている。そのため、これらの欠点を補い、より正確かつ経済的で簡便な根管充填法の開発が望まれている。これまで我々は、メタシール Soft ペーストを用いて根管充填するための試作根管充填用コンデンサーの形状条件を比較検討したところ、ピッチ角度 11 度、ピッチ数 22 および先端径 0.25 mm の形状のコンデンサーが最も最も填塞率が高く、有用であることを、第 147 回、第 150 回および第 154 回本学会学術大会で報告した。そこで本研究では、ストレート型模擬根管模型に対し、試作コンデンサーを最も填塞性の高い填入条件でレジン系シーラー (Meta SEAL Soft Paste) を填塞した際の辺縁封鎖性を検討することとした。対照群として、既製コンデンサーである NT コンデンサー (正回転) および Ni-Ti File である Jizai (逆回転) を用いて同様にシーラーの填塞を行い、それぞれの填塞状態について比較検討を行った。

【材料および方法】

1. 規格透明根管模型

使用模型：規格単根透明根管模型 (ニッシン, 根尖孔 25 号, 07 テーパー, 作業長 18.5 mm)

2. 試作コンデンサー：先端号数 25 号, ピッチ数 22, ピッチ角度 11 度, 02 テーパー

対照群：NT コンデンサー (#25, SybronEndo)

Jizai (#25, MANI, 逆回転使用)

3. シーラーの填塞

規格単根透明根管模型に対し、練和したシーラーを 4 等分後、1/4 ずつ各種コンデンサーに付与した後に、4 回に分け填塞を行った。まず、回転数 200 rpm で、スパチュラを用いて各種コンデンサーへのシーラーの塗布を行った。次に作業長-1.5 mm の位置まで挿入した後、500 rpm にて挿入 2 秒、静止 2 秒、引き上げ 4 秒の速さで上下運動 (17 mm) を 4 回繰り返す、シーラー填塞完了とした。

4. 根尖側, 根管中央部, および根管上部による填塞面積の解析

根管充填後、透明根管模型を根尖側 (根尖より 5mm), 根管中央部 (根尖より 8mm), および根管上部 (根尖より 11mm) の位置で ISOMET (Buehler 社製, Illinois, USA) を用いて切断し、横断面における切断面を実体顕微鏡で観察し画像撮影を行った (Nikon, ×20)。その後、画像解析ソフト (SigmaScanPro5.0, HULINKS Inc., 東京, 日本) を用いて、切断面全体の面積および気泡の面積を計測した。

5. 根尖部封鎖性の検索

根管充填後、各模型の根尖部を 37°C, 湿性条件下にて 1%メチレンブルー溶液に浸漬し、色素浸透試験を行った。48 時間経過後、各試料を溶液中より取り出した後に根尖から歯軸方向において同様に切断し、切断面を実体顕微鏡で観察し画像撮影を行った。その後、同様に画像解析ソフトを用いて、根尖孔からの色素浸透距離の計測を行った。

6. 統計解析

群間比較には Kruskal-Wallis test, 事後比較の多重比較には Steel-Dwass test を用いて比較検討を行った。

【結果】

填塞面積の比較では、NT コンデンサー群と比較し、根尖側, 中央部, および歯冠側部において Jizai 群, 試作コンデンサー群ともに気泡埋入面積の有意な減少を認めた。また根尖側, 中央部において、Jizai 群と比較し、試作コンデンサー群において気泡埋入面積の有意な減少を認めた。さらに根尖部漏洩試験の比較では、本試作コンデンサー填塞群は NT コンデンサー群, Jizai 填塞群と比較し、有意な根尖部漏洩距離の減少を認めた。

【結論】

本研究結果より、ストレート型模擬根管模型において、本規格によるステンレス製試作コンデンサーは良好な填塞性、ならびに根尖部封鎖性を発揮することが確認された。以上より、本試作に用いた規格はストレート型根管へのシーラー填塞に対し有用であることが確認されたため、今後は、ステンレス製試作コンデンサーの号数や模型の径を変化させ、比較検討を行う予定である。

新規歯科用充填器「エンドノズル#30 (オレンジ)」を用いた メタシール Soft ペーストの移送性について

サンメディカル株式会社 研究開発部¹, 日本大学松戸歯学部 保存修復学講座²

○住田流香¹, 大槻晴夏¹, 小里達也¹, 小嶋康世², 平山聡司²

Transferability of MetaSEAL Soft paste Using Newly Developed Dental Filling Instrument [EndoNozzle#30 (orange)]

Sun Medical Co., Ltd. Research & Development Department¹

Department of Operative dentistry, Nihon University School of Dentistry at Matsudo²

○Ruka Sumita¹, Haruka Otsuki¹, Tatsuya Ori¹, Yasutoshi Ojima², Satoshi Hirayama²

【研究目的】細菌が歯髄まで到達して歯髄の温存が困難であると判断された場合、根管治療として根管内の感染源を可能な限り排除し無菌化が図られた後に根管充填が行われる。根管充填の目的は無菌化した根管を緊密に封鎖して細菌の侵入を遮断し二次感染を防止することであるが、根管形態は多種多様であるため緊密な封鎖は容易ではない。以前我々は根管充填用シーラーを緊密に充填することを目指し、歯科用充填器「エンドノズル」(以下 EN)を開発した。EN は先端に付与されたスリット加工により充填時に根尖からの溢出を抑制することを特徴としているがその先端径は #60 相当であるため、ノズル先端を作業長まで到達させることが困難な症例が多々存在することが課題であった。そこで、この問題を解決するべく先端径を #30 相当まで小型化し、かつノズル部の長さを延長した新しい歯科用充填器「エンドノズル # 30 (オレンジ)」(以下 EN30)の開発に至った。本研究では EN30 の有用性を明らかにするべく、接着性根管充填用シーラー「メタシール Soft ペースト」(以下 MSSP)を併用し透明根管模型に充填した場合と、ヒト根管に充填した場合の移送性評価について報告する。

【材料及び方法】本研究には透明根管模型(歯内療法実習用ブロック S1-U1/ニッシン)と、抜去後に生理食塩水中に保管したヒト抜去単根管歯を使用した(倫理申請承認番号: EC22-20-004-1)。根管拡大は過剰な切削を避けるべく、#25 0.08 テーパーの Ni-Ti ファイル(ウェーブワン プライマリー/デンツプライ)を用いて行った。抜去歯は EDTA(17% EDTA クリーナー, ビーエスエーサクライ)と 2.5% NaOCl 水溶液を用いて根管洗浄を行った後、ペーパーポイントを用いて根管内の水分を除去した。ノズルの移送性評価として、まず EN および EN30 の根管模型への適合を目視にて確認した。次に EN30 のノズル先端を作業長付近まで挿入して MSSP を充填した。この手法は伊藤ら¹⁾や森山ら²⁾の研究において MSSP を用いた単独充填の封鎖性が GP を併用した充填法と同等以上の封鎖性が獲得されたとの報告を参考に実施した。抜去歯は EN30 を用いて MSSP を填入し、試料を 37°C 湿潤下にて 24 時間保管した後、アイソメット (BUEHLER)にて切片を作製し、6 mol/L HCl と 1% NaOCl 水溶液を用いて表面処理を施した後に白金蒸着を行い、走査型電子顕微鏡 (JSM-IT200/JEOL)にて歯質界面の SEM 観察を行った。なお、本研究は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認を得て行った(承認番号: EC22-20-004-1)。

【結果及び考察】模型を用いた移送性評価において、EN はノズル先端が作業長付近まで到達しなかったのに対し、EN30 は問題なく到達した。また、EN30 にて移送した MSSP は模型根尖部まで充填されていることを目視で確認した。このことから EN30 を用いることでガッターチャポイント(以下 GP)やレンツロを併用しなくても根管内に MSSP を緊密に充填することが可能であることが明らかとなった。抜去歯においても根尖付近まで MSSP が緊密に充填され、根管象牙質と MSSP が良好に接着している様子が SEM 観察により明らかとなった。以上より、EN30 を用いた場合ノズル先端を作業長付近に到達させることができ、根管充填用シーラーのみの充填でも根管内を緊密封鎖することが可能であることが示唆された。これらは MSSP の親水性と流動特性、並びに EN30 の形状が各試験において効果的に作用したためと推察された。

【結論】新規に開発した EN30 は根尖部の拡大が #25 の根管でも作業長付近までノズルを到達させることができるため、根尖付近まで緊密に充填することが可能であることが示唆された。これにより、接着性根管充填用シーラーとノズルを併用した根管充填の適用範囲が広がることが期待できる。

【参考文献】1)伊藤ら, 日歯内誌 2023, 44(1), 27-35. 2)森山ら, 2023 年春季保存学会, P69.

Bioactive glass 配合レジンを用いた光造形 3D プリンター造形物の 造形精度と化学的特性

¹九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

²九州歯科大学口腔機能学講座生体材料学分野

○森 涼^{1,2}, 鷲尾絢子¹, 池田 弘², 永松有紀², 北村知昭¹

Accuracy and Chemical Properties of 3D Printer Fabrication Using Bioactive Glass-Composited Resin

¹Division of Endodontics and Restorative Dentistry, ²Division of biomaterials,
Department of Oral Functions, Kyushu Dental University

○MORI Ryo^{1,2}, WASHIO Ayako¹, IKEDA Hiroshi², NAGAMATSU Yuki², KITAMURA Chiaki¹

【目的】歯内治療において、根管治療で改善しない根尖性歯周炎、あるいは歯根嚢胞を有する症例では歯根端切除術を適応することがある。歯科用実体顕微鏡下での歯根端切除術によりその成功率は高いと言われているが、歯根端切除後の歯冠歯根比が 1 以上の症例や 10 mm 以上の広範囲の骨欠損を伴う症例では歯根端切除術が適応できない、あるいは適応しても予後不良となり結果的に抜歯に至る症例が多い。そこで、我々は、複雑な 3D 構造を有する器官・組織の損傷部位の状態に応じてカスタマイズすることに非常に適している 3D プリンティングに着目した。CT データをもとに歯根尖の形態と骨欠損範囲を三次元化し、3D プリンターで歯根尖の再建および根尖周囲骨の再生を促すことで歯の保存に寄与できると考える。本研究では、優れた生体活性と生体親和性を有し、歯内治療用材料として実績がある Bioactive glass (BG) を用いてステレオリソグラフィ (SLA) 方式 3D プリンターで造形に適した BG 配合レジンを作製し、その造形物の造形精度と化学的特性を評価した。

【材料と方法】BG 粉末、1,6-Bis(acryloyloxy)hexane (HDDA)、Trimethylolpropane Triacrylate (TMPTA) を混合し、自転公転ミキサーにて MIX モード 2,000rpm で 4 分間攪拌した。さらに Phenylbis(2,4,6-trimethylbenzoyl)phosphine Oxide (BAPO) を加え、同様に 2 分間攪拌した。最後に DEFOAM モード 2,200rpm で 1 分間脱泡を行い、BG 配合レジンを得た。調製した BG 配合レジン SLA 方式の ELEGOO MARS PRO3 を用いてプリントした。造形した形状は、1 mm×1 mm の細孔を有する格子状構造体 5 mm×5 mm×2 mm とした。造形物はイソプロパノールにて 10 分間超音波洗浄し、その後技工用光照射器にて表裏各 5 分光重合を行った。造形物は、レジン成分の燃焼と BG 粒子の焼結を目的として、電気炉にて 900°C で 1 時間焼成した。得られた焼結体の形状と表面形態は、マイクロスコープと走査型電子顕微鏡 (SEM) によって造形精度を評価し、擬似体液 (SBF) に 1 週間浸漬・乾燥後の表面形態を SEM で観察した。

【結果】BG に HDDA、TMPTA、および BAPO をある一定の割合で混合することにより、造形物に欠落なく 3D プリンティングが可能となった。また、焼成後の焼結体は収縮やわずかな亀裂は認められたものの、崩壊や破壊は認められず形態を維持していた。焼成前後のマイクロスコープ観察により、格子状構造体の骨格の幅が、焼成前 687 μm から焼成後 598 μm に収縮したことから、焼成によって約 13% の線収縮が起こることがわかった。SEM 観察から、造形物の焼成前は BG 粒子の形態が明瞭に観察された。焼成後、粒状の粒子は消失し、平滑な面が認められた。また、表面には数 μm から数十 μm の多数大小さまざまな孔が認められた。擬似体液浸漬後の SEM 像から、焼結体表面にハイドロキシアパタイト (HAp) 様析出物が認められた。

【考察】重合反応が速いアクリレート系レジン HDDA と TMPTA を使用することで、3D プリントに適した BG 配合レジンが得られたと考えられる。3D プリントされた BG 配合レジン硬化体は、900°C の焼成によってレジン成分が燃焼し、BG 粒子同士が焼結することで BG 骨格をもつ 3 次元構造体を得られることが明らかとなった。この構造体は焼成中に等方的に収縮するため、収縮率を考慮したデザイン設計を行えば、構造体の形状を自在に制御可能であると考えられる。また、SBF に浸漬することで HAp 様析出物が認められたことから、BG 本来の生体適合性を維持していることが示唆される。

【結論】Bioactive glass 配合レジン を 3D プリントした後、焼成することで Bioactive glass 骨格をもつ 3 次元構造体を作製することができた。

Elemental analysis and *in vivo* pulpal response of a newly developed direct pulp capping materials

○Md Refat Readul Islam¹, Rafiqul Islam¹, Yunqing Liu¹, Qibuer¹, Jiayuan Zhang¹, Yasuhiro Yoshida²,
Yu Toida¹, Hany Mohamed Aly Ahmed³, Hidehiko Sano¹, Atsushi Tomokiyo¹

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

² Department of Biomaterials and Bioengineering, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University,
Hokkaido, Japan

³ Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia

Objectives:

This study aimed to evaluate the elemental analysis and pulpal response of a phosphorylated pullulan (PPL)-based calcium hydroxide (CH) materials on the dental pulp.

Materials and method:

This study consisted of five groups, experimental group-1: CH prepared by adding 1% PPL (CHPPL-1); experimental group-2: CH prepared by adding 3% PPL (CHPPL-3); experimental group-3: CH prepared by adding 5% PPL (CHPPL-5); group-4: Dycal as a positive control; and group-5: No capping materials (NC). A scanning electron microscope (SEM) combined with energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) was used to identify the elemental composition of the materials (n=3). Thirty male Wister rats with sixty maxillary first molar cavities after direct pulp capping (DPC) were evaluated for pulpal responses at 1, 7, and 28 days. All the cavities were restored with 4-META/MMA-TBB resin. Kruskal-Wallis followed by Mann-Whitney U-test was performed to evaluate the inflammatory response and mineralized tissue formation ability. The significance level was set at 0.05. This study was approved by the Institutional Ethical Committee of Hokkaido University (# 21-0055) as well as by the committee for laboratory animals and breeding faculty.

Results:

The elemental analysis revealed the presence of oxygen, calcium, silica, and phosphate for all the experimental groups. Ca/P deposits differing in amount and density were detected on the surfaces of all materials. After *in vivo* evaluation, on day 1, no to mild inflammatory cell infiltration was observed in CHPPL-1, whereas CHPPL-3, CHPPL-5, and NC showed mild to moderate, and Dycal group showed moderate inflammatory cell infiltration. Significant differences were observed between Dycal with CHPPL-1, CHPPL-3, and between CHPPL-1 with NC (P<0.05). On day 7, CHPPL-1, CHPPL-3, and CHPPL-5 showed mild to moderate inflammatory cell infiltrations, whereas Dycal and NC showed moderate and no to mild inflammatory cell infiltrations, respectively. Significant differences were observed between the NC group with CHPPL-3, CHPPL-5 and Dycal, and between the Dycal group with CHPPL-1 (P<0.05). Partial mineralized tissue formation was observed in all the groups (P>0.05). On day 28, CHPPL-1, CHPPL-3 and CHPPL-5 groups showed no to mild inflammatory cell infiltration, whereas Dycal and NC groups showed mild to moderate inflammatory cell infiltration. Complete mineralized tissue formation was observed in CHPPL-1, CHPPL-5 and NC groups, whereas CHPPL-3 and Dycal showed incomplete mineralized tissue formation. However, excessive tissue formation was observed in CHPPL-3 group. Significant differences were observed between Dycal with CHPPL-1, CHPPL-3, and CHPPL-5 (P<0.05).

Conclusion:

Within the limitations of this study, the elemental analysis confirmed the presence of essential elements in all experimental groups, and Ca/P deposits were detected on the material surfaces. The CHPPL-1 group demonstrated favorable mineralized tissue formation with reduced inflammation. However, further studies on CHPPL-1 are necessary for the clinical implications as an ideal direct pulp capping material.

生体活性・生体吸収性セラミックスの特徴を持つ バイオセラミックス複合粒子の作製と評価

¹九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

²九州歯科大学口腔機能学講座生体材料学分野

○村田一将¹, 鷲尾絢子¹, 池田 弘², 北村知昭¹

Fabrication and Assessment of Bioceramics Composite Particles Showing Properties of both Bioactive and Bioabsorbable Ceramics

¹Division of Endodontics and Restorative Dentistry, ²Division of Biomaterials,
Department of Oral Functions, Kyushu Dental University

○MURATA Kazumasa¹, WASHIO Ayako¹, IKEDA Hiroshi², KITAMURA Chiaki¹

【目的】我々は、象牙質・歯髄複合体および根尖周囲組織の創傷治癒・再生を誘導する生体材料の開発を目的として、生体適合性に優れた生体活性セラミックスである Bioactive Glass (BG) を配合した生体材料に関する研究を進めている。しかしながら BG は、生体内で BG 表層へハイドロキシアパタイト (HAp) が早く安定して形成されるが完全に HAp へと置換されない。一方、生体内で最終的に HAp に置換されるバイセラミックスとして生体吸収性セラミックスがある。本研究では、生体活性および生体吸収性セラミックスそれぞれの特性を併せ持つバイオセラミックス複合粒子を作製するため、生体活性セラミックスとして BG を、生体吸収性セラミックスとして β TCP を用い、BG と β TCP の混合割合や、焼成時の温度条件を変化させることで得られた各サンプルの物理化学的特性および細胞への影響を評価した。

【材料と方法】**＜複合粒子の作製＞** BG 粉末と β TCP 粉末を所定の比率で混合後、700, 800, 900°C で 1 時間焼成し得られた焼結体を乳鉢・乳棒を用いて粉碎した。その後、粉碎物を篩にかけることで粒径が 70 μ m 以下の複合粒子 (BG-TCP) を作製した。**＜複合粒子の物理化学的評価＞** BG-TCP の微細構造は、SEM 観察、エネルギー分散型分光分析 (SEM-EDX)、およびエックス線回折 (XRD) 法によって評価した。また、7 日間浸漬した時の pH の変化を測定した。**＜複合粒子抽出溶媒の作製＞** BG-TCP 1 g に対して培地 10 mL を加えて 37°C・5% CO₂ にて静置し、24 時間後に filtration することで BG-TCP 抽出溶媒 (100%試験液) を作製した。その後、100%試験液が 1/16, 1/12, 1/8, 1/6, 1/4, 1/3, および 1/2 の割合になるよう培地を加え、各希釈溶液を作製した。**＜細胞毒性評価＞** 象牙芽細胞様細胞 (KN-3 細胞) を播種から 4 時間後に BG-TCP 希釈溶液および 100%試験液で刺激し、培養 2 日目に CCK-8 assay で細胞毒性を評価した。**＜ALP 染色＞** KN-3 細胞を播種から 24 時間後に BG-TCP 希釈溶液および 100%試験液で刺激し、培養 7 日目に ALP 染色を行った。

【結果】**＜複合粒子の物理化学的評価＞** BG は非晶質であるのに対し、900°C で焼成した BG-TCP および β TCP は結晶構造を示した。SEM-EDX 解析では、900°C で焼成した BG-TCP において BG および β TCP 固有の元素が見られる粒子が観察された。XRD 法で試料表面の結晶分析を行ったところ、900°C での焼成により BG-TCP 中の BG 表層が結晶化しケイ酸カルシウム系化合物を生成することが示された。精製水浸漬 7 日目の pH は、BG が 10.5, BG-TCP が 9.7-9.9, β TCP が 8.0 であった。**＜細胞毒性評価＞** β TCP 群は、BG 群よりも低い細胞毒性を示し、BG-TCP 群においても、 β TCP の混合割合が大きい程、細胞毒性が低下した。**＜ALP 染色＞** ALP 染色の染色強度は、BG-TCP 各群と Control 群との間に明らかな違いは認められなかった。 β TCP 群は、BG 群よりも高い染色強度を示す傾向にあり、BG-TCP 群においても、 β TCP の混合割合が大きい程、染色強度が高くなる傾向を示した。

【考察】 BG と β TCP を混合し焼成・粉碎することでマイクロサイズの BG- β TCP 複合粒子 (BG-TCP) 作製が可能であること、BG-TCP の pH は 9.7-9.9 で安定すること、900°C の焼成で BG-TCP は結晶構造を示し複合粒子表層にはケイ酸カルシウム系の化合物が生成することが示された。800°C の焼成では複合粒子は確認できなかったが、BG 表層は熔融しており、焼成時間を延長することで BG の結晶化を生じない複合粒子が作製できる可能性が示唆された。また、BG-TCP は、 β TCP の割合が大きいほど細胞毒性は低く、細胞の分化初期段階に明らかな影響を及ぼさないことが示唆された。

【結論】 生体活性および生体吸収性セラミックスそれぞれの特性を併せ持つバイオセラミックス複合粒子 (BG-TCP 複合粒子) は、象牙質・歯髄複合体の局所的再生誘導に用いる生体材料の構成要素として有用である。

歯根形成時における Tissue nonspecific alkaline phosphatase の機能解析

¹⁾新潟大学大学院医歯学総合研究科 歯学分野, ²⁾新潟大学大学院医歯学総合研究科 口腔保健学分野,

³⁾ ミシガン大学歯学部 小児矯正学分野

○大倉直人^{1,3)}, 吉羽永子¹⁾, 高原信太郎¹⁾, Rosa Edith Baldeon Gutierrez¹⁾, Susan Gomez-Kasimoto¹⁾, 井田貴子¹⁾, 枝並直樹¹⁾, 竹中彰治¹⁾, 吉羽邦彦²⁾, 野村由一郎¹⁾

Impact of the tissue nonspecific alkaline phosphatase during the root formation

¹⁾Department of Oral Health Sciences, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

²⁾Department of Oral Health and Welfare, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

³⁾Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, School of Dentistry, University of Michigan

○Naoto Ohkura^{1,3)}, Nagako Yoshida¹⁾, Shintaro Takahara¹⁾, Rosa Edith Baldeon Gutierrez¹⁾, Susan Gomez-Kasimoto¹⁾, Takako Ida¹⁾, Naoki Edanami¹⁾, Shoji Takenaka¹⁾, Kunihiko Yoshida²⁾, and Yuichiro Noiri¹⁾

【緒言】無機ピロリン酸(PPi)を加水分解して無機リン酸(Pi)に変換する tissue nonspecific alkaline phosphatase (TNAP) は、頭蓋骨の成長時に沿軸中胚葉よりも頭蓋神経堤細胞由来の頭蓋骨に大きな影響を与える。我々は以前に、global *Alpl*^{-/-}マウス(*Alpl*: cording TNAP)が、歯根部における象牙質やセメント質の石灰化に影響を及ぼし歯根長を変化させることを明らかにした。しかしこの global *Alpl*^{-/-}マウスのほとんどが離乳直後に死亡してしまうため、TNAP欠損が歯根成長時にどのように影響しているのかを追跡することができなかった。歯根成長時の詳細なメカニズムの解明は、歯髄が失活してしまった根未完成歯に対して歯根のさらなる成長を促す再生歯内療法成功率向上に繋がると考えられる。そこで、頭蓋神経堤細胞由来細胞のみで選択的に TNAP を欠損させる conditional knockout マウス (*Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウス)を用いて、歯根形成の初期から後期における TNAP 欠損の影響を解析した。

【方法】我々は、頭蓋神経堤細胞由来細胞のみで選択的に TNAP を欠損させた 5 日齢および 35 日齢の conditional knockout マウス (*Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺; 35 週齢では各 n=20, 5 日齢では各 n=4) を作製した。35 日齢の *Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウスは μ CT 解析を行い、歯根長、歯冠の幅、歯冠の象牙質/エナメル質の幅、および歯根の象牙質/歯髄の幅を計測後、Image J によって比較解析した。5 日齢の *Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウスでは様々な特異的抗体を使用して、免疫蛍光抗体法による局在解析を行った。Osteopontin (象牙質形成のトリガーかつ TNAP の推定基質)、Fibroblast growth factor (FGF) 23 (低リン酸部位の検出)、Ki-67 (細胞増殖マーカー)、Parathyroid hormone-related protein (PTHrP) とその受容体(PPR)、Gli1 および Osterix (Hertwig 上皮鞘付近で検出される間葉系幹細胞のマーカー)の抗体を用いて局在解析を行い、歯小囊では mesenchymal stem cell マーカーである α -smooth muscle actin (α SMA)、CD90 および CD146 の抗体を使用して局在解析を行った。*Alpl*^{fl/fl}マウスを Control (CTR)として使用した。統計解析は、F 検定で等分散であることを確認した後に Student's t-test を行い、 $p < 0.01$ あるいは 0.05 で有意差があると判定した。この研究は、ミシガン大学の University Committee on Use and Care of Animals による承認を得て研究を行った (PRO00010590)。

【結果・考察】①歯根が完成する 35 日齢 *Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウスは *Alpl*^{fl/fl} マウスと比較したところ、歯根の長さや象牙質の厚みが減少したが、歯冠部では変化を認めなかった。歯根形成が開始する 5 日齢 *Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウスに対して様々な抗体を用いて免疫蛍光染色を行った結果では、②Osteopontin の局在は *Alpl*^{fl/fl} マウスと比較したところ、著明な差は認められなかった。③ *Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウスでの FGF23 の発現は、歯小囊を含む歯牙全体で著明に増加する一方で、④ヘルトビッチ上皮鞘では、その周囲組織で Ki-67 陽性細胞が増加するとともに、PTHrP は減少、その受容体である PPR、Gli1 および Osterix の陽性細胞は増加した。⑤歯小囊では各 MSC マーカーである α SMA、CD90 および CD146 の陽性細胞が著明に増加した。以上のことから、*Alpl*^{fl/fl}; *P0-Cre*⁺マウスの歯髄および周囲組織は低リン酸状態であることが示唆され、この低リン酸状態が歯根形成で重要なヘルトビッチ上皮鞘や歯小囊での各マーカーの過剰発現によって正常なシグナル伝達の異常、あるいは間葉系幹細胞の分化異常が誘起され、最終的に歯根形成の異常が出現したものと考えられる。さらに、conditional knockout による TNAP 欠損の影響が細胞自律性であり、Pi/PPi 比を減少させ、出生後の歯根成長を抑制していることも示唆された。

【謝辞】本研究の実施にあたりご指導賜りましたミシガン大学小児矯正歯科の Nan E Hatch 教授および Hwa Kyung Nam 氏に深く感謝申し上げます。本研究は NIH/NIDCR grants R01DE02766, R01DE025827 および JSPS 科研費 19K10147, 21H03117B の助成を受けて行われた。

カーボンナノチューブのセメント芽細胞に対する石灰化誘導能に関する研究

神奈川歯科大学 歯科保存学講座 歯内療法学分野¹、総合歯学教育学講座 教養教育学分野²、
分子生物学講座 口腔細菌学分野³

○王珽萱¹、渡邊清子²、室町幸一郎¹、浜田信城³、石井信之¹

The study of mineralization on human cementoblast cells by carbon nanotubes

Department of Endodontics¹, Department of Liberal Arts Education², Department of Oral Microbiology³,
Kanagawa Dental University

○Ting-Hsuan Wang¹, Kiyoko Watanabe², Koichiro Muromachi¹, Nobushiro Hamada³, Nobuyuki Tani-Ishii¹

【目的】

カーボンナノチューブ(carbon nanotubes: CNTs)は炭素原子をシート状に結合したナノ材料として、医学領域以外の広い分野で製品開発がなされている。CNTsを再生医療に応用する研究では、骨組織再生や神経再生の足場材料として優れていることが報告されている。さらに、CNTsを既存の生体材料と複合することにより、機械的強度や耐久性を高めたインプラントの開発研究が進んでいる。

CNTsは破骨細胞の分化能を阻害し、骨芽細胞の増殖能および石灰化誘導能を促進する事が報告されているが、ヒトセメント芽細胞に対する報告はない。本研究では、ヒトセメント芽細胞様細胞(HCEM)の細胞毒性と石灰化誘導能について解析することを目的とした。

【材料と方法】

本研究に供試したCNTsはカルボキシル基が付与した多層カーボンカーボンナノチューブ(multi-walled CNTs: MWCNTs)である。MWCNTsの細胞毒性と石灰化誘導能は、ヒトセメント芽細胞様細胞(HCEM)を用いて行った。HCEM細胞は10%の非働化したウシ胎児血清(FBS)を添加した α -MEM培地の環境下で培養を行った。HCEM細胞は、50 μ g/ml ascorbic acid、10 mM glycerophosphate および 10 nM dexamethasone を含む 5% FBS α -MEM の石灰化誘導培地(MM)として石灰化を誘導した。供試したMWCNTsは α -MEMにて希釈し、超音波にて20分間処理をすることにより、均一な分散試料を得た。最終濃度 0、0.1、1 μ g/ml を被験試料とした。

1. MWCNTsのHCEMに対する細胞毒性

HCEM細胞は10% FBS含有 α -MEM培地を用いて 2.5×10^4 cells/wellとなるように調整し、96 well-plateに播種後、37°C、5% CO₂条件下で2時間培養した。培養終了後0、0.1、1 μ g/mlのCNTsを添加し、さらに24-48時間培養した。HCEM細胞の増殖活性は、MTS assayを用いて解析した。

2. 石灰化誘導能の判定

HCEM細胞は、24 well-plateを用いて石灰化誘導培地を添加した5% FBS含有 α -MEM培地で7と14日間培養した。すなわち、 1.0×10^5 cells/wellで播種しHCEM細胞を24時間培養後、コントロール群、MM群、MM+MWCNTs(0、0.1、1 μ g/ml)を用いて7と14日間刺激した。カルシウム沈着は、アリザリンレッド染色を行い観察した。

3. 石灰化遺伝子発現

HCEM細胞は、MWCNTs(0、0.1、1 μ g/ml)+MMを添加した5% FBS含有 α -MEM培地を用いて、6 well-plate中で3日間および7日間培養した。培養終了後、ISOGENを用いてtotal RNAを抽出し、I型コラーゲン(COL I)、アルカリフォスファターゼ(ALP)、骨シアロタンパク質(BSP)のmRNAの発現をRT-PCR法およびリアルタイムPCR法にて石灰化関連遺伝子の発現量の変化を検討した。

【結果】

MWCNTsはHCEM細胞に対して10 μ g/ml濃度においても細胞毒性が認められなかった。石灰化誘導培地添加群では培養7日後にカルシウム沈着は認められなかったが、0.1、1 μ g/mlのMWCNTs添加群ではカルシウム沈着が認められ、アリザリンレッド染色にも明らかな染色領域の増加が認められた。さらに、培養14日後の結果により、石灰化誘導培地添加群と比較して、MWCNTs添加群では、カルシウム沈着の増強が認められた。リアルタイムPCR解析の結果、MWCNTs刺激3日目にBSPのmRNAの発現および7日目にALPのmRNAの発現が顕著に増強された。

【結論】

MWCNTsはヒトセメント芽細胞様細胞の石灰化を誘導することが示され、歯科領域における再生治療に応用できる可能性が示された。

ラット臼歯歯髄へのMO貼付に伴う視床における *Sostdc1* mRNA 発現の低下

東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科

¹口腔機能再構築学講座歯髄生物学分野, ³全人的医療開発学講座総合診療歯科学分野

²神奈川歯科大学歯科保存学講座歯内療法学分野

○岡田大和¹, 川島伸之¹, 野田園子¹, Nyein Chan Ko¹, 村野浩気², 砂川光宏³, 興地隆史¹

Down-regulation of *Sostdc1* mRNA expression in the thalamus by MO-application to rat molar pulp

¹Department of Pulp Biology and Endodontics and ³ Department of General Dentistry, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)

²Department of Endodontics, Kanagawa Dental University

○Yamato OKADA¹, Nobuyuki KAWASHIMA¹, Sonoko NODA¹, Nyein Chan Ko¹, Hiroki MURANO², Mitsuhiro SUNAKAWA³, Takashi OKIJI¹

【目的】

急性歯髄炎に伴う痛みは激烈であり、視床ニューロンの活性化を介し中枢性感作を惹起する可能性が指摘されている。我々はこれまでにアリルイソチオシアネート (マスタードオイル; MO) をラット歯髄に貼付することで、実験的歯髄炎を誘発し、視床における遺伝子発現の変動を解析した¹⁾。その結果、MO 貼付 1 時間後の視床において、potassium voltage-gated channel subfamily A member 1 (Kcna1) mRNA 発現の低下および Kcna1 陽性アクソン数の減少を認めた。しかし、視床で変動する因子は Kcna1 以外にも存在している可能性が高い。今回、同じ実験系を用い、視床における sclerostin domain containing 1 (*Sostdc1*) mRNA 発現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 (n=3) の上顎左側第一臼歯咬合面に 1/2 ラウンドバーを用いて露髄を伴う窩洞形成を行い、ファイバーポイントを用いて露髄面に MO あるいはミネラルオイル (MI) を適用した後、窩洞をガラスアイオノマーセメントで封鎖した(動物実験番号#A2021-251C)。術後 2 時間でラットを安楽死させ、右側視床を摘出した。摘出した視床より RNA を抽出し (TRIzol, Thermo)、さらに逆転写酵素 (PrimeScript RT Master Mix, Takara) を用いて作成した cDNA と *Sostdc1* 特異的プライマーおよび Taq ポリメラーゼ (GoTaq® qPCR Master Mix, Promega) を用い、*Sostdc1* mRNA 発現量を検討した (CSX96 Real-Time System, Bio-Rad)。内部標準として、 β -actin を用いた。

【結果】

ラット視床において、*Sostdc1* mRNA 発現が認められた。MO 貼付群の視床においては、MI 貼付群の視床と比較して、有意に *Sostdc1* mRNA 発現の低下が認められた。

【考察】

今回、MO 貼付により歯髄に疼痛刺激を誘導したラット視床において *Sostdc1* の mRNA 発現が有意に低下した。*Sostdc1* は Gremlin, Noggin と並んで代表的な Bone morphogenetic protein (BMP) シグナルのアンタゴニストの一つである。近年、侵害受容ニューロンにおいて bone morphogenetic protein (BMP) シグナル経路の亢進が侵害受容過敏を引き起こすことが報告されており²⁾、*Sostdc1* 発現の低下に伴う BMP シグナルの亢進が、歯髄炎により誘発される中枢性感作の一つの要因となりうる可能性が推察される。なお、*Sostdc1* は Wnt シグナルの抑制にも関与すると報告されているが、Wnt シグナルの亢進は痛みの増悪に関与する可能性があり³⁾、*Sostdc1* 発現の低下が、Wnt シグナルの亢進を介して歯髄炎誘発中枢性感作を誘導する可能性も推察される。MO 貼付ラットの視床における BMP および Wnt シグナルの動態について、さらなる検討が必要と思われる。

【結論】

MO を臼歯歯髄に貼付したラット視床において *Sostdc1* mRNA 発現の低下が観察された。

【文献】

1. Murano H, et al. Pulp inflammation induces Kv1.1 K⁺ channel down-regulation in rat thalamus. *Oral Dis* 2022;28:1674-1681.
2. Honjo K, et al. BMP signaling downstream of the Highwire E3 ligase sensitizes nociceptors. *PLoS Genet* 2018;14:e1007464.
3. Zhao Y, et al. Effect of Wnt signaling pathway on pathogenesis and intervention of neuropathic pain. *Exp Ther Med* 2018;16:3082-3088.

ビタミンD受容体は歯髄 subodontoblastic layer の細胞に局在する

北海道医療大学 歯学部 口腔機能修復・再建学系 歯周歯内治療学分野¹

北海道医療大学口腔機能修復・再建学系 高度先進保存学分野²

北海道医療大学 歯学部 口腔構造・機能発育学系 組織学分野³

○佐藤幸平¹, 伊藤修一², 細矢明宏³, 古市保志¹

Vitamin D receptor-positive cells localize in subodontoblastic layer of dental pulp

¹Division of Periodontology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

²Division of General Dental Sciences I, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

³Division of Histology, Department of Oral Growth and Development, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

○Kohei SATO¹, Shuichi ITO², Akihiro HOSOYA³, Yasushi FURUICHI¹

【目的】

活性型ビタミンD₃は、ビタミンD受容体(VDR)を介して生理作用を発揮する。このVDRの変異はビタミンD依存性2型くる病/骨軟化症を発症させ、骨の石灰化を抑制させる。また、活性型ビタミンD₃の欠乏や代謝異常により歯の石灰化不全が生じることが知られている。しかし、象牙質形成に対する活性型ビタミンD₃の役割は不明な点が多い。そこで本研究では、歯髄における活性型ビタミンD₃の標的細胞を検討する目的で、歯の発生および象牙質再生過程におけるVDRの局在を免疫組織化学的に観察した。また、VDRと硬組織形成細胞のマーカーであるOsterix局在の関連も併せて検討した。

【材料と方法】

胎生(E)15日～生後(P)4週齢Wistar系ラットの下顎第一臼歯および切歯を4%パラホルムアルデヒドで固定し、通常に従いパラフィン切片を作製後、VDR、Osterix、および象牙質シアロタンパク(DSP)の免疫局在を観察した。また、4週齢ラット第一臼歯近心面に深さ約400マイクロメートルの象牙質窩洞を形成し、形成1日～10週後の歯髄組織における各因子の局在を検討した。

なお、本研究は、北海道医療大学動物実験委員会の承認を得て行われた(承認番号:第23-045号)。

【結果】

蕾状期(E15)ならびに帽状期(E17)歯胚でVDRの特異的な反応は認めなかったが、歯胚周囲に存在する歯槽骨の骨芽細胞は陽性であった。象牙質形成が開始された鐘状期(P2)では、将来の咬頭に相当する部位にDSP陽性の象牙質基質を認め、それに接する象牙芽細胞がOsterix陽性を示した。VDRは象牙芽細胞では陰性であったが、その下層に存在するsubodontoblastic layerの細胞で強い陽性反応を示した。歯根形成期(P28)になると象牙芽細胞におけるOsterix局在はみられなくなり、象牙質形成は緩やかになったと考えられた。また、このOsterix陰性の象牙芽細胞下のsubodontoblastic layerでVDRの陽性反応も消失した。切歯(P2)でも同様に、subodontoblastic layerの細胞でVDRの陽性反応が認められたが、象牙芽細胞、サービカルループ周辺の前象牙芽細胞、およびその他の歯髄細胞は陰性だった。

次に、窩洞形成後の象牙質再生過程におけるVDRとOsterixの局在を検討した。形成1日後、窩洞直下の象牙芽細胞層とその近傍の歯髄組織に壊死がみられ、各因子の陽性細胞は認められなかった。7日後、円柱状の象牙芽細胞が再生し修復象牙質が形成されるようになると、再生象牙芽細胞でOsterixの陽性反応が認められた。また、Osterix陽性の再生象牙芽細胞直下のsubodontoblastic layerにVDR陽性細胞が集積していた。これらの陽性反応は4週後まで観察されたが、10週以降、再生象牙芽細胞の数が低くなると消失した。

【考察】

歯の発生および象牙質再生過程において、VDRは活発な象牙質形成が認められる歯髄のsubodontoblastic layerの細胞に発現することが明らかとなった。また、このVDR発現は象牙質形成の減弱とともに消失したことから、活性型ビタミンD₃はsubodontoblastic layerの細胞に直接的に作用し、象牙質形成に関与している可能性が示唆された。

歯髄血管再生療法 (pulp revascularization) の治癒過程における Axin2 発現細胞の局在と硬組織形成への関与

東京歯科大学保存修復学講座

○田代 憲太朗, 五十嵐 章智, 三友 啓介, 村松 敬

Changes in the localization of Axin2-expressing cells during the healing process of pulp revascularization

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

○TASHIRO Kentaro, IKARASHI Takatoshi, MITOMO Keisuke, 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、欠点として根管壁の菲薄化、歯根成長の停止が挙げられる。これらを克服した新しい治療法として近年、歯髄血管再生療法 (pulp revascularization) が行われている。我々はこれまでにマウスモデルを作製し、治癒過程の詳細を検討してきた。その結果、根尖より根管内へ歯根膜由来の間葉系幹細胞が侵入・増殖し、セメント質様硬組織が形成されることを明らかにした (Komada *et al.*, Front Dent Med, 2022)。一方、セメント質の添加や修復象牙質の形成に関与する間葉系幹細胞が Axin2 を発現することが知られている (Xie *et al.*, J Dent Res, 2019)。しかし、Axin2 を発現する間葉系幹細胞の歯髄血管再生療法後の治癒過程における局在は不明である。そこで本研究では、歯髄血管再生療法後の Axin2 発現細胞を細胞系譜解析にて追跡し、その局在や硬組織形成への関与を明らかにすることを目的とした。

【材料および方法】

本研究は本学実験計画に関する承認 (承認番号: 202302) および各種の遺伝子組み替えマウスの使用に関する承認 (承認番号: DNA1804) を得て行った。Axin2-CreERT2/+ マウスおよび R26R-tdTomato/+ マウスを使用し、Axin2-CreERT2/flox-stop-flox-Tomato マウスを作出した。生後 4 週でタモキシフェンを腹腔内投与 (0.75mg/kg) した。生後 5 週において三種混合麻酔薬 (MMB) を腹腔内注射後、上顎右側第一臼歯 (M1) に対してカーバイドバー (ZIPPERER 社) を用いて咬合面から露髄させた。近心根管に対して実態顕微鏡下にて 8 号の K ファイルによる歯髄除去および機械的清掃、次亜塩素酸ナトリウム溶液と EDTA を用いた化学的清掃を行った。その後、8 号の K ファイルを用いて近心根管内経路で根尖孔外より出血させ、根管口部まで血餅を形成させた。血餅上部を MTA セメント (Bio MTA セメント, モリタ社) で被覆し、窩洞をフロアブルコンポジットレジン (クリアフィルマジスティ ES フロー, クラレノリタケデンタル社) で封鎖した。術後 7 日, 14 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。モルルス液で 24 時間脱灰後、厚さ 12 μ m の凍結切片標本を作製し、骨前駆細胞マーカーである抗 osterix 抗体を用いた免疫蛍光染色を行った。観察には共焦点レーザー走査顕微鏡 (LSM880 NLO, Zeiss) を使用した。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】

術後 7 日の対照群では、歯根膜や象牙細管内、根管壁に Axin2 の発現を示す Tomato 陽性細胞が観察された。Osterix 陽性細胞は根尖周囲の歯根膜および根管内に認められた。実験群では根尖周囲組織へ Tomato 陽性細胞および osterix 陽性細胞の集積が認められ、一部は Tomato 陽性細胞と共陽性であった。術後 14 日の対照群では、術後 7 日同様歯根膜や象牙細管内、根管壁に沿って Tomato 陽性細胞が認められた。Osterix 陽性細胞は根管壁に沿って根管全体に認められた。一方実験群では、術後 7 日と比較して Tomato 陽性細胞が根管上部へと侵入していた。Osterix 陽性細胞は根管壁に沿って根管全体に認められ、一部は Tomato 陽性細胞と共陽性であった。

以上の結果から、歯髄血管再生療法後の治癒過程においては、Axin2 を発現する間葉系幹細胞が根尖周囲組織から根管内へ経時的に侵入した後にセメント芽細胞に分化し、根管内や根尖部に硬組織を形成していくと考えられた。

(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 教授)

ラット骨髓細胞培養における石灰化結節形成に対するビタミン添加の効果

大阪歯科大学・口腔治療学講座
○仲間ひとみ・好川正孝・松尾 望・前田博史

Effects of vitamins added to culture medium for calcified nodule formation by rat bone marrow cells

Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Osaka Dental University

○Hitomi Nakama, Masataka Yoshikawa, Nozomi Matsuo, Hiroshi Maeda

【目的】 歯や骨の再生には多数の間葉系幹細胞 (MSCs)が必要である。歯髓組織は様々な再生医療において適切なセルソースとなり得るが、歯髓組織中に存在する MSCs の数は限られ、硬組織の再生には長い期間が必要である。歯髓組織の中に含まれる少数の MSCs を速やかに増殖・分化させて硬組織を再生するためには、MSCs から硬組織の再生を効果的に誘導する生理活性物質を特定することが重要と考える。

MSCs を用いた骨の再生を誘導する因子として従来から用いられている Dexamethasone (Dex)に加え、我々は少数の MSCs から多くの硬組織形成を誘導する因子として Vitamin の活用に着目した。本研究は、培養液に添加した 3 種の Vitamin が MSCs による石灰化結節、すなわち、石灰化凝集物の形成を促進する可能性の証明を目的としている。

【方法】 生後 6 週齢の雄性 Fischer 344/N Slc ラット 3 匹の大腿骨から骨髓細胞 (rBMCs) を採取した。本研究は大阪歯科大学・動物実験委員会で承認され (承認番号 2107001)、本学が定める動物実験規定に従って行われた。T-75 Flask で rBMCs の初代培養を 1 週間、6-well cell culture plate で継代培養を 11 日間、それぞれ、5% CO₂、相対湿度 95%、37°C のインキュベーター内で行った。rBMCs の培養には、15% ウシ胎児血清、Penicillin 100 units/mL、Streptomycin 100 µg/mL、および、Amphotericin B 0.25 µg/mL を加えた Dulbecco's Modified Eagle Medium (MEM) を用いた。各 well に 1×10^5 個の rBMCs を懸濁した 2 mL の MEM を分注し、10 nM Dex、1 mmol β-Glycerophosphate (β-GP) および 82 µg/mL sodium ascorbate をそれぞれ 20 µL 添加した。Vitamin B1 (Vb1)、B3 (Vb3)、あるいは、B5 (Vb5) を well に 10 µM、100 µM、1 mM、10 mM、そして、100 mM の濃度で 20 µL 添加し、継代培養を行った。11 日後に、well 内に形成された凝集物が石灰化物であることを確認するために Von Kossa 染色を施した。別の well で培養した rBMCs について、Alkaline phosphatase (ALP) 活性を測定し、また、凝集物を脱灰して、それに含まれる Ca⁺⁺ を生化学的に定量した。結果は Tukey-Kramer 法を用いて統計的に分析した。

【結果】 rBMCs の継代培養で形成された小凝集塊における Ca⁺⁺ の存在が Von Kossa 染色によって確認された。Vb1 および Vb3 添加群では非添加群に比べて多くの石灰化凝集物が形成される傾向を認めた。Dex を含む MEM に 10、100 µM あるいは 1 mM の Vb1 を添加した培養で rBMCs は Dex のみでの培養より有意に多い Ca⁺⁺ 量を産生した。Vb3 は 10 µM を添加した場合に、Dex のみの添加と比べて有意に多い Ca⁺⁺ 量を産生した。また、Dex の添加のみで形成された石灰化凝集物の Ca⁺⁺ 値と比較して、Vb5 を添加した場合の Ca⁺⁺ 値は有意に低い結果が得られた。

【考察】 Vb は一般に体内で糖をエネルギーに変える働きをするが、Vitamin B6 (Vb6) や B12 (Vb12) には骨質を強化する作用があることも知られている。Vb1 と Vb3 が MSCs に対して示す骨形成促進作用は Vb6 や Vb12 より低いレベルにあるかもしれないが、Vb1 と Vb3 にも骨形成を促進する作用のあることが今回の *in vitro* の実験で示された。

一方、Vb5 は生体内で骨質を強化するとされているが、今回の実験では Dex による石灰化凝集物の生成を抑制した。今回は *in vitro* においてのみの評価を行ったが、生体内の複雑な生理機構内で働く MSCs の Vb の作用を検証するため、今後は *in vivo* での試験・比較が必要であると考えられる。

【結論】 Vb1 および Vb3 は rMSCs に対して骨形成を促進する生理活性物質として作用する可能性が認められた。

ヒト歯髄培養細胞における FXa の炎症作用の検索

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, 古谷夏子¹,
松島潔¹

Search for inflammatory effects of FXa in human dental pulp cells

¹Department of Endodontics, Nihon University School of Dentistry at Matsudo

²Nihon University Research Institute of Oral Science

○Kento Nakanishi¹, Tatsu Okabe^{1,2}, Naoto Kamio^{1,2}, Tomomi Hayama^{1,2}, Joji Fukai^{1,2},
Takahiro Watanabe^{1,2}, Kosei Kuramochi¹, Natsuko Furuya¹ and Kiyoshi Matsushima¹

【研究目的】

歯髄は硬組織に囲まれた閉鎖的空間に位置しているため齶蝕の進行に伴いひとたび歯髄炎が惹起されると治癒機転が働きにくく、不可逆性の経過を辿ることが多い。そのため、可逆性歯髄炎から不可逆性歯髄炎への過程を解明することは新たな歯髄保存療法を開発するうえで重要な糸口になると考えられる。

近年の研究により血液凝固因子の一つである活性化血液凝固第 X 因子 (FXa) は血液凝固のみならず protease-activated receptors (PARs) を介して、炎症反応にも関与することが明らかになってきた。PARs は様々な細胞に発現しており、PAR-1 から PAR-4 の 4 種類のサブタイプが存在する。歯髄組織においても PAR-1 および PAR-2 が発現しているという報告があり、主に PAR-2 を活性化させる FXa は歯髄炎を助長させる一端を担っている可能性があると考えられるが、このような研究報告はなされていない。そこで本研究では FXa がヒト歯髄に及ぼす影響を解明する一助として、ヒト歯髄培養細胞に FXa を作用させた際の炎症性サイトカインおよび cyclooxygenase (COX)-2 の mRNA 発現量の変化について検討を行った。

【材料および方法】

ヒト歯髄培養細胞は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認(承認番号: EC21-20-19-003-3 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°C, 5%CO₂, 95%気相下で培養を行ったものを用いた。

上記の条件下で培養したヒト歯髄培養細胞に対し、FXa を作用させ interleukin (IL)-6, COX-2 の mRNA 発現量を Real-time PCR 法にて解析を行った。

また、PAR-2 阻害剤である AZ3451 を用いた実験では、ヒト歯髄培養細胞に FXa を作用させる前に AZ3451 にて前処理を行い、阻害剤存在下と非存在下の IL-6 および COX-2 の mRNA 発現量を比較し検討を行った。

【成績】

Real-time PCR 法において、ヒト歯髄培養細胞に 50nM FXa を作用させると IL-6 の mRNA 発現量は時間依存的に促進し、3 時間で最大に達した。また COX-2 の mRNA 発現量においても時間依存的に促進し、1 時間で最大に達した。

AZ3451 存在下では FXa による、IL-6 および COX-2 の mRNA 発現量の増加は AZ3451 の用量依存的に抑制された。

【考察および結論】

本研究により、FXa を作用させたヒト歯髄培養細胞において IL-6, COX-2 の発現増強が認められたことから、FXa は歯髄細胞においても炎症反応の促進に関与していることが示唆された。また PAR-2 阻害剤存在時にはそれらの発現が抑制されたため、PAR-2 を阻害することで歯髄組織の炎症反応を制御できる可能性があると考えられた。

ヒト歯髄幹細胞に対するプレミックスカルシウムシリケート系材料の生体親和性および石灰化促進効果

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

○Nyein Chan Ko、野田園子、岡田大和、田澤健人、川島伸之、興地隆史

Biocompatibility and pro-mineralization effects of premixed calcium silicate-based materials on human dental pulp stem cells

Department of Pulp Biology and Endodontics, Division of Oral Health Sciences, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU), Tokyo, Japan

○Nyein Chan Ko, NODA Sonoko, OKADA Yamato, TAZAWA Kento, KAWASHIMA Nobuyuki, OKIJI Takishi

Introduction: Outcomes of regenerative endodontic procedures rely on combination of stem cells and the use of bioactive materials. Since the development of various endodontic materials has been advanced, it is important to clarify their possible biological interactions with the surrounding tissues. Hence, this study aims to investigate the proliferation and pro-mineralization effects of four different premixed calcium silicate-based materials on human dental pulp stem cells (hDPSCs).

Materials and methods: ProRoot MTA (Dentsply, Sirona), EndoSequence Root Repair Material Paste (ERRM; Brasseler), EndoSequence BC RRM Putty (BCRRM; Brasseler), Bio-C Repair (Angelus) and Well-Pulp PT (Vericom) were used in this study. ProRoot MTA was mixed according to the manufacturer's instructions and used as a control material. Each material was placed in polypropylene discs having 7.5 mm in diameter and 3 mm in height. To prepare fresh sample extracts, each disc was immediately inserted into a 15 mL tube containing 3 mL of distilled water and allowed to be shaken for 24 h at room temperature. After 24 h, each sample extract was obtained by filtering through a 0.45 μ m pore size sterile filter. As for the set sample extracts, all the sample discs were put into an incubator at 37°C and 100% humidity for 48 h to achieve complete setting. The same protocol was then applied as described above. The extracts were diluted with α -MEM at 1:4, 1:8, 1:16 or 1:32. Distilled water was used as a negative control. The setting time of each material was measured according to International Standard (ISO 6876:2012). hDPSCs (LONZA) were cultured in α -MEM containing 10% FBS and 1% antibiotics at 37°C in 5% CO₂ with 100% humidity. Cell viability was measured at 24, 48 and 72 h respectively by using WST-8 assay. Alizarin Red S Staining was performed to detect mineralized nodule formation and mRNA expression levels of alkaline phosphatase (ALP), Runx2 and osteocalcin (OCN) were determined by RT-qPCR. One way ANOVA and Tukey's test were used for statistical analysis ($\alpha = 0.05$).

Results: Setting measurement results revealed that Well-Pulp PT had the shortest setting time of 25 min followed by Bio-C Repair (120 min), BCRRM (151 min), ProRoot MTA (155 min) and ERRM (188 min). According to WST-8 Assay, 1:4 and 1:8 dilution of fresh sample extracts showed decrease in cell viability compared to the negative control while that of the set sample extracts did not affect the viability. However, 1:32 dilution of fresh sample extracts showed viability comparable to the negative control. There was no statistical significance between the materials. At 1:32 dilution, all the fresh sample extracts except Bio-C promoted ALP gene expression whereas that of the set sample extracts showed no statistical significance compared to the negative control. Runx2 was significantly upregulated by both fresh and set sample extracts of ERRM compared to the negative control. ERRM showed the highest expression of ALP, Runx2 and OCN against three other premixed materials although there was no statistical significance compared to the material control (ProRoot MTA). Furthermore, mineralized nodule formation using fresh extracts of all the tested materials was higher compared with the negative control.

Discussion: Our data suggest that the freshly mixed materials initially have impact on the proliferation of hDPSCs, which is supposed to be rescued as the materials set. On the other hand, materials in their freshly mixed state induced mineralized nodule formation. The type and concentration of eluted ions from each material in their fresh state may vary and different setting time may influence the levels of ion concentration, gene expression and mineralization.

Conclusion: All the tested premixed materials exhibited considerable biocompatibility with hDPSCs. Among them, ERRM was the most promising candidate to induce mineralization of hDPSCs.

ラット歯根未完成歯の抜髄群とリバスクラリゼーション群の組織学的観察-第3報-

- 1) 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第1講座
2) 日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科 硬組織機能治療学
○湊 華絵¹⁾、鎗田将史²⁾、新井恭子¹⁾、佐藤友則¹⁾、両角俊哉^{1, 2)}、北島佳代子^{1, 2)}

Histological observations after pulpectomy and revascularization of immature molars in rats -3rd Report-

- 1) Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata
2) Advanced Operative Dentistry-Endodontics, The Nippon Dental University
Graduate School of Life Dentistry at Niigata

○MINATO Hanae¹⁾, YARITA Masashi²⁾, ARAI Kyoko¹⁾, SATOH Tomonori¹⁾, MOROZUMI Toshiya^{1, 2)},
KITAJIMA Kayoko^{1, 2)}

【緒言】リバスクラリゼーションは歯髄が失活した歯根未完成歯に対し、抗菌剤の投与と根尖部の意図的出血により硬組織を形成させ、歯根の長さや厚みを増して歯根を完成させる新しい根管治療法である。しかし、根管内に形成される硬組織は、セメント質や骨様硬組織であることが報告されている。われわれは、抜髄後に根管拡大形成を行い、根管壁面の象牙芽細胞を除去したラットの根未完成歯に対してリバスクラリゼーションを行い、術後8週までの組織変化を観察し、同様の所見を第151回本学会にて報告している。今回、術後12週の中期的組織変化を観察したので報告する。

【材料および方法】実験動物として6週齢のWistar系雄性ラットを使用し、上顎右側第一臼歯の近心根を用いた。全身麻酔後、ラバーダム防湿下で髓室開拓、歯冠部歯髄の除去を行った。6%次亜塩素酸ナトリウムと3%過酸化水素水で髓室内を交互洗浄し、近心根管の歯髄を作業長3.5mmで#10、15、20のHファイル及び抜髄針を用いてマイクロスコープ下で除去後、Ni-Tiファイル(Protaper F1, DENTPLY Maillefer)で根管拡大を行った。根管を生理食塩液で洗浄、ペーパーポイントで乾燥後、根管内に内容物がなく、止血していることを確認した。対照群では、根管の止血確認後、根管内の操作を行わずに根管口に小綿球を置き、コンポジットレジン充填を行った。リバスクラリゼーション群では#10のHファイルをオーバーインストルメントさせて出血を起こし、根管口までの血餅形成を確認後、血餅上にMTA(Proroot[®] MTA, DENTSPLY Maillefer)を貼付し、上部をレジン系裏層材で裏層して、コンポジットレジン充填を行った。近心根以外の根管は生活断髄を行った。術後12週に4%パラホルムアルデヒド溶液にて全身灌流固定を行い、根尖歯周組織を含め被験歯を摘出し、さらに浸漬固定を行った。10%EDTAで脱灰し、通法に従いパラフィン包埋後、厚さ5 μ mの連続切片を作製し、HE染色を施し光学顕微鏡にて観察した。なお本研究は、日本歯科大学新潟生命歯学部動物実験倫理審査委員会の承認(承認番号197)を得て実施された。

【結果】対照群では根管の一部に線維性結合組織がみられ、根尖部にはセメント質と連続した骨様硬組織による根尖孔の狭窄もみられた。リバスクラリゼーション群では歯頸部までの根管の広範囲にセメント質様もしくは骨様硬組織が観察され、その中に新生血管を含む線維性結合組織がみられた。根尖部では歯根の伸長と根尖孔の狭窄がみられ、根尖部から歯根中央部付近の根管で硬組織に沿ってHE染色に好染色の細胞の規則的な配列も観察された。

【考察ならびに結論】対照群と比較してリバスクラリゼーション群では歯根の伸長と広範囲での硬組織形成がみられたことから、オーバーインストルメントして出血させることによる根尖部の刺激により、セメント質様組織や骨様硬組織の形成が促進されることが考えられる。また根管口部の硬組織形成がリバスクラリゼーション群のみにみられたことから、MTAを貼付することにより根管口部の石灰化が促進され、硬組織の形成に関与した可能性が示唆された。根中央部には象牙質様硬組織がみられ、根尖部には一部規則的な配列の結合組織がみられており、これらの組織解析のために免疫染色を用いた組織学的分析が必要と考える。また第2報で報告した術後8週と今回の術後12週では根管内の硬組織、結合組織ともに類似した形態を示した。今後、術後週数での変化の解析も行う予定である。

本研究の一部はJSPS科研費18K170078の助成を受けて行ったものである。

Lipopolysaccharide 存在下で高 pH 環境誘導歯科材料がブタ Malassez 上皮遺残細胞に与える効果

¹⁾東京歯科大学 歯内療法学講座, ²⁾丸紅健康保険組合東京診療所歯科

○関矢 日向子¹⁾, 和田 優希¹⁾, 倉持 仁¹⁾, 岩澤 弘樹¹⁾, 石束 (鈴木) 穂¹⁾, 原田(中里) 晴香¹⁾, 佐古 亮¹⁾, 浅井知宏²⁾, 古澤 成博¹⁾

The effect of high pH environment-inducing agents for porcine epithelial cells rests of Malassez cultured with lipopolysaccharide

¹⁾Department of Endodontics, Tokyo Dental College,

²⁾Marubeni Tokyo Clinic, Health Insurance Association of Marubeni

○SEKIYA Hinako¹⁾, WADA Yuki¹⁾, KURAMOCHI Jin¹⁾, IWASAWA Hiroki¹⁾, ISHIZUKA(SUZUKI) Megumi¹⁾, HARADA(NAKAZATO) Haruka¹⁾, SAKO Ryo¹⁾, ASAI Tomohiro²⁾, FURUSAWA Masahiro¹⁾

【目的】

歯根嚢胞は慢性化膿性根尖性歯周炎に継発する疾患であり、その発生頻度は顎骨に発生する嚢胞性疾患のうちで極めて高い。根尖性歯周炎の原因菌の一種として知られるグラム陰性菌の細胞壁成分である Lipopolysaccharide (以下 LPS) が Malassez 上皮遺残細胞 (以下 ERM) に刺激を与えることで歯根嚢胞を誘発することが明らかになっている。これまで根尖性歯周炎の治療法である感染根管治療には根管貼薬剤として種々の薬剤が用いられてきた。近年、広く用いられている水酸化カルシウム製剤は、pH 12.4 の高 pH 環境を誘導することで殺菌効果や硬組織形成誘導効果を示すとともに LPS を減弱させるという報告もある。しかし LPS で刺激された ERM が水酸化カルシウム製剤を始めとする高 pH 環境誘導歯科材料の存在する状況で、歯根嚢胞形成にどのような影響を及ぼすかは明らかになっていない。そこで本研究では複数の歯科材料による高 pH への環境変化が LPS 存在下でブタ ERM に与える効果について評価した。

【材料と方法】

高 pH 環境誘導歯科材料として、カルビタール (以下 CV : NEO dental chemical products, Japan)、カルシペックスブレーション ii (以下 Cal 群 : Nippon Shika Yakuhin, Japan)、ビタペックス (以下 Vit 群 : NEO dental chemical products, Japan) ProRoot MTA (以下 MTA 群 : Dentsply Sirona, USA) を用いた。なお、CV はレンツロを用いて貼薬する稠度の群 (以下 CV-L 群) と、プラグーなどで填塞して貼薬する稠度の群 (以下 CV-P 群) の 2 種類で実験を行った。

実験対象の細胞にはブタ由来の ERM (北海道医療大学・安彦善裕教授より供与) を用いた。ERM を 12-well プレートに播種した後、37°C、5% CO₂ インキュベーターでコンフルエントになるまで、10%ウシ胎児血清 (Biowest, France)、1% Penicillin-Streptomycin (Gibco, USA) を加えた DMEM にて 3 日間培養した。その後、同成分の培地に *E.coli* 由来 LPS (Sigma, USA) を 1,000 ng/mL の濃度で添加した。加えて、各材料を一層填入したトランスウェルインサート (ポアサイズ 1.0 μm, Greiner, Australia) をそれぞれのウェルへ静置した (n=3)。

高 pH 環境誘導歯科材料の ERM への作用を評価するために WST-8 assay と qRT-PCR を行った。細胞活性を評価する WST-8 assay では、LPS 刺激開始 6 時間後、12 時間後、24 時間後、72 時間後に測定を行った。qRT-PCR では LPS 刺激開始 72 時間後の細胞から RNA を抽出、cDNA 合成後に *TLR4*、*IL-6*、*IL-8*、*NF-κB* の mRNA 発現を評価対象として解析した。また内在性コントロール因子として *GAPDH* を使用した。

【成績および考察】

(1) WST-8 assay : 刺激開始後 6 時間後、12 時間後はコントロール群と比較していずれの実験群も同程度の増殖を示した。72 時間後では CV-L 群、Cal 群で細胞増殖がみられた。CV-P 群は、24 時間後よりも 72 時間後に細胞活性を認められたが、他群と比較すると低い結果を示した。

(2) qRT-PCR : *IL-6*、*IL-8* の mRNA 発現はコントロール群および LPS 群と比較していずれの実験群も数値の上昇がみられた。とりわけ、*IL-6* mRNA では CV-P 群、*IL-8* mRNA では MTA 群で著明な発現がみられた。一方、*TLR4* mRNA はコントロール群と比較して CV-P 群、Vit 群の発現は増加傾向、LPS 群、CV-L 群、Cal 群、MTA 群では減少傾向がみられ、*NF-κB* mRNA ではほとんど変化はなかった。

(1)、(2) の結果より、ERM は LPS が *TLR4* に結合することで *NF-κB* が活性化し、サイトカイン経路の駆動が生じることが示唆された。また、高 pH 環境誘導歯科材料の応用により免疫応答が促進する傾向が考えられた。

ヒト歯根膜線維芽細胞のセメント芽細胞様細胞分化に対する Bone Morphogenetic Protein 7 の影響

¹東京歯科大学 歯内療法学講座, ²東京歯科大学 病理学講座

○岩澤 弘樹¹, 中島 啓², 佐古 亮¹, 田宮 資己¹, 原田 (中里) 晴香¹, 石束 (鈴木) 穂¹,
古澤 成博¹, 松坂 賢一²

Effect of Bone Morphogenetic Protein 7 on Cementoblast-like Cells Differentiation of Periodontal Ligament Fibroblasts

¹Department of Endodontics, Tokyo Dental College, ²Department of Pathology, Tokyo Dental College

○IWASAWA Hiroki¹, NAKAJIMA Kei², SAKO Ryo¹, TAMIYA Yoshiki¹, HARADA (NAKAZATO) Haruka¹,
ISHIZUKA (SUZUKI) Megumi¹, FURUSAWA Masahiro¹, MATSUZAKA Kenichi²

【目的】根管治療後の根尖部における理想的な治癒形態は、新生セメント質が根尖孔に添加し封鎖されることとされている。しかしながら、根尖部に新生セメント質を誘導する方法は未だ確立されていない現状にある。近年、骨形成タンパク質の一種である Bone Morphogenetic Protein 7 (以下 BMP-7) が、セメント芽細胞の分化に関与しており、オートクライン的にセメント芽細胞に作用していること、ならびに BMP-7 によりセメント芽細胞の石灰化が促進することが報告された。しかしながら、歯根膜線維芽細胞の BMP-7 による細胞動態や、根管治療に応用したという報告は少ない。そこで本研究では、BMP-7 による歯根膜線維芽細胞の細胞動態、特にセメント芽細胞への分化の可能性について探索することを目的とした。

【材料および方法】実験には、ScienCell 社のヒト歯根膜線維芽細胞 (以下 HPLF) を用いて、専用の基本培地 (以下 FM) で培養した。FM に β -グリセロリン酸とアスコルビン酸を添加したものを硬組織分化培地 (以下 MM) とした。さらに、FM の FBS を 0% としたものを無血清培地 (以下 SFM) とした。BMP-7 (Arigo Biolaboratories) は 100 ng/mL と 200 ng/mL となるように各種培地に添加し、添加しない群をコントロール群とした。まず、HPLF を BMP-7 が 0, 100, 200 ng/mL となるように添加した FM と MM でそれぞれ培養し、WST-8 にて 1 日、3 日、5 日での細胞増殖率を評価した。次に、HPLF を BMP-7 が 0, 100, 200 ng/mL となるように添加した MM で培養し、qRT-PCR 解析 (*SPON1*, *CEMP1*, *RUNX2*, *BGLAP*)、Western Blot 解析 (*SPON1*, *CEMP1*)、ALP 活性、Alizarin Red S 染色にて分化や石灰化能を評価した。また、HPLF に対する BMP-7 のシグナル経路を探索するために、100 ng/mL の SFM に BMP 阻害剤である LDN-193189 を 0, 1, 10, 100, 1000 nM となるように添加し、Western Blot 解析にて SMAD-1/5/9 のリン酸化を評価した。統計処理は one-way ANOVA、多重比較には Tukey 検定を用い、 $p < 0.05$ あるいは $p < 0.01$ で有意とした。

【結果および考察】細胞増殖率の結果は、5 日目において MM 群よりも FM 群で有意に高い細胞増殖を認めた。一方、各培地に添加した BMP-7 の有無や濃度による有意な差は認めなかった。qRT-PCR 解析の結果は、7 日目においてはどの mRNA 発現も有意な差は認めなかったが、14 日目においてはコントロール群と比較して 100 ng/mL の BMP-7 群において *SPON1*, *CEMP1*, *RUNX2*, *BGLAP* mRNA 発現が有意に上昇していた。一方、200 ng/mL の BMP-7 群は *SPON1* mRNA 発現のみコントロール群よりも有意に上昇していたが、その他の mRNA 発現に有意差は認めなかった。Western Blot 解析の結果は、14 日目において *SPON1* タンパク質の発現をすべての群で認め、*CEMP1* タンパク質は 100 ng/mL の BMP-7 群で最も強く発現し、200 ng/mL の BMP-7 群でもわずかに発現を認めた。ALP 活性の結果は 7 日目において、すべての群の有意な差は認めなかった。Alizarin Red S 染色の結果は、28 日目においてコントロール群と比較して 100 ng/mL の BMP-7 群で有意な染色を認めた。200 ng/mL の BMP-7 群でも染色は認めたものの、コントロール群との有意な差は認めなかった。SMAD-1/5/9 のリン酸化の結果は、100 ng/mL の BMP-7 によってリン酸化を認めたが、LDN-193189 を添加すると濃度が上昇するにつれてリン酸化した SMAD-1/5/9 の発現が減少した。これらの結果から、100 ng/mL の BMP-7 刺激により、HPLF はセメント芽細胞関連マーカーの発現を認めた。一方、200 ng/mL の BMP-7 刺激ではセメント芽細胞関連マーカーの発現が低下したため、負のフィードバックが生じている可能性が示唆された。以上より、BMP-7 はヒト歯根膜線維芽細胞をセメント芽細胞様細胞へ分化させる可能性が示唆された。

CGRP は MafB および Bcl6 の発現上昇を介して破骨細胞分化を抑制する

愛知学院大学歯学部解剖学講座

○石塚恭子, 池田やよい

Calcitonin gene-related peptide inhibits osteoclast differentiation by inducing the negative regulators MafB and Bcl6

Department of Anatomy, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

○Kyoko Ishizuka, Yayoi Ikeda

【研究目的】

根尖性歯周炎は高頻度に発現する慢性歯性感染症の一つである。根尖性歯周炎における根管治療の成功率は約 90 % である。ところが、臨床症状や根尖周囲の骨吸収(根尖病変)の改善を認めない難治性根尖性歯周炎も多い。難治性根尖性歯周炎における根管治療の成功率は約 50~70 %にまで低下する。しかし、根尖病変の成立機構は解明されていないことが多く、骨吸収および骨形成の機序を解明することは大変重要なことである。以前、我々は感覚神経由来のニューロペプチドであるカルシトニン遺伝子関連ペプチド(CGRP)が、破骨細胞分化を抑制することを示した。また、歯髄組織および歯周組織には CGRP を分泌する感覚神経が豊富に存在する。近年、破骨細胞分化のマスター転写因子である NFATc1 が制御する転写抑制因子(Blimp1)が、破骨細胞前駆細胞に発現する破骨細胞分化抑制因子(MafB、Bcl6 および IRF8)の発現を抑制し、破骨細胞分化を促進することが示された。一方、MafB、Bcl6 および IRF8 は NFATc1 の転写活性を抑制し、破骨細胞分化を抑制することも示された。この正と負の制御バランスが骨の恒常性維持において重要であり、注目されている。さらに、歯学領域において交感神経系、感覚神経系および神経ペプチドによる骨代謝制御の研究が大きな注目を集めている。そこで、本研究では CGRP による破骨細胞分化抑制機構の解明をするために、s-RANKL 処理したマクロファージ様細胞 RAW264.7 細胞において CGRP が破骨細胞分化促進因子および抑制因子に及ぼす影響について検討した。

【材料および方法】

RAW264.7 細胞を 1.0×10^5 cells/ml に調整して 60 mm dish に播種した。s-RANKL (25 ng/ml) を添加し破骨細胞を形成させた。同時に CGRP (1 μ M) を添加し、24~72 時間培養した。培養後、定量的 PCR (qPCR) 法により破骨細胞分化促進因子(NFATc1 および Blimp1)と、破骨細胞分化抑制因子(MafB、Bcl6 および IRF8)の mRNA 発現変動を解析した。さらに、RAW264.7 細胞における MafB、Bcl6 および IRF8 の mRNA 発現変動に及ぼす CGRP の直接的影響について検討するために、RAW264.7 細胞に CGRP (1 μ M) を単独で添加し、0~24 時間培養した後、qPCR を実施した。

【成績】

RAW264.7 細胞において、培養 48 時間後、CGRP は s-RANKL により誘導された NFATc1 および Blimp1 の mRNA 発現を有意に抑制した。一方、s-RANKL により減少した MafB、Bcl6 および IRF8 の mRNA 発現は CGRP により有意に増加した。さらに、CGRP を単独で RAW264.7 細胞に添加したところ、CGRP は、培養 4~8 時間後に MafB の mRNA 発現を有意に増加させ、培養 4~24 時間後に Bcl6 の mRNA 発現を有意に増加させた。しかし、CGRP は IRF8 の mRNA 発現には影響を与えなかった。

【考察】

CGRP による破骨細胞分化の抑制は、破骨細胞分化促進因子の発現抑制と破骨細胞分化抑制因子の発現増強の両方が関与していることを示した。

【結論】

CGRP は MafB および Bcl6 の mRNA 発現を増強させることにより NFATc1 の発現を抑制し、破骨細胞分化を抑制することが示唆された。

フィブリンゲルによって変化する骨欠損部位の組織再生

¹九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

²京都大学医生物学研究所再生組織構築研究部門生体材料学分野

○相原良亮¹, 鷲尾絢子¹, 田畑泰彦², 北村知昭¹

Fibrin Hydrogels Change Wound Healing of Bone Defect

¹ Division of Endodontics and Restorative Dentistry,
Department of Oral Functions, Kyushu Dental University

² Laboratory of Biomaterials, Department of Regeneration Science and Engineering,
Institute for Life and medical Sciences, Kyoto University

○AIHARA Ryosuke¹, WASHIO Ayako¹, TABATA Yasuhiko², KITAMURA Chiaki¹

【目的】

適切な歯内療法により根尖部の骨吸収は治癒するが、炎症応答・免疫応答が亢進し骨吸収がクリティカルサイズ（直径 10 mm）を超えると癒痕化し、骨組織が元に戻らないことが臨床上的大きな課題となっている。これまで、根尖歯周組織骨欠損部の再生誘導を目的として、各種細胞の足場となる再生医用材料の応用が注目されてきた。一方、組織再生を誘導する上で局所に生じている炎症の制御が不可欠であることが知られている。骨欠損が生じている局所の状態を炎症応答が亢進しているステージから組織再生可能なステージへと移行させなければ、再生医用材料を欠損部局所に埋入しても組織は再生されない。近年、フィブリンゲルを再生医用材料として用いた研究が行われているが、そのフィブリンゲルによって、炎症応答において急性炎症を惹起させる M1 マクロファージ優位の状態から組織再生に重要な役割を果たしていると考えられる M2 マクロファージ優位の状態に誘導されることが報告されている。本研究の最終目標は、再生医用材料を適確に機能させるため、M2 マクロファージを誘導するフィブリンゲルを用いて、根尖歯周組織骨欠損部における炎症優位な状態から組織再生可能な状態に局所環境を転換する方法の確立である。今回、フィブリンゲルがラット頭蓋冠における骨再生に及ぼす影響と未分化マクロファージの分化能への影響を検証した。

【材料と方法】

10 週齢の F344 雄ラットの頭蓋冠矢状縫合を中心とした両側に直径 5 mm の円状骨欠損をトレフィンバーにて作製した（ラット頭蓋冠骨欠損モデル）。骨欠損部位にフィブリンゲルを埋入した部位を埋入側、何も埋入しない部位を未処置側とした。施術から 11 週間後にラットを安楽死させ、頭蓋冠を回収後、軟エックス線撮影にて骨欠損の再生程度を撮影し、Image J を用いて測定・比較を行なった。また当該部位の HE 染色にて骨再生の程度を計測・比較を行った。（九州歯科大学動物実験委員会許可 No. 21-21）

8 週齢マウス骨髄細胞から分化させた未分化マクロファージをフィブリンゲルと様々なパターンで共培養し、2 日間培養液を決まった時間で回収し、ELISA にて IL-10 と TNF- α を計測した（九州歯科大学動物実験委員会許可 No. 22-007）。

【結果】

ラット頭蓋冠骨欠損モデルにおいて、フィブリンゲル埋入側が未処置側より骨再生が促進されているのが認められた。軟エックス線写真撮影での計測では、フィブリンゲル埋入側で骨再生（面積）が有意に促進（約 1.3 倍）されており、同様に HE 染色でも再生した骨の長さがフィブリンゲル埋入側で有意に増加（約 2 倍）していた。

未分化マクロファージとフィブリンゲルの共培養では M2 マクロファージのマーカーである IL-10 を産生した。M1 マクロファージへ誘導する LPS と IFN- γ を加えた上で共培養した場合、フィブリンゲル上で培養した方が M1 マクロファージのマーカーである TNF- α が産生されにくいことがわかった。

【考察】

今回、フィブリンゲルは未分化マクロファージを M2 型に分化させ、ラット頭蓋冠骨欠損モデルにおける骨欠損部の創傷治癒を促進することが明らかとなった。以上の結果は、根尖歯周組織骨欠損部において、フィブリンゲルが炎症応答亢進ステージから組織再生ステージへと移行させ骨再生を誘導する可能性を示唆している。

【結論】

フィブリンゲルは未分化マクロファージを M2 型に分化させ、ラット頭蓋冠骨欠損部の創傷治癒を促進する。

Antibacterial activity of chitosan nanoparticles and trimethyl chitosan on *Enterococcus faecalis* biofilm

Department of Periodontology and Endodontology, Tokushima University Graduate School of Oral Sciences, Tokushima, Japan

○ Raras Ajeng Enggardipta, Minato Akizuki, Hiromichi Yumoto

【Background and Objective】

Chitosan nanoparticles (CNPs) and trimethyl chitosan (TMC) derivatives are biopolymers that have promising exploitable materials in endodontic treatment due to their antibacterial activity against Gram-positive bacteria such as *Enterococcus faecalis*. The aim of this study was to evaluate the antibacterial activity of CNPs and TMC on *E. faecalis* biofilm.

【Materials and Methods】

CNPs were prepared from two types of chitosan, high molecular weights (HMW) and low molecular weights (LMW), using modified ionic gelation methods. Two types of CNPs were characterized by measuring the particle size using a dynamic light scattering (DLS) unit and observing the morphology under the scanning electron microscope (SEM). The 2-week-old *E. faecalis* biofilm formed on the hydroxyapatite plate (HA) surface was immersed in 0.5% HMW CNPs, 0.5% LMW CNPs, 0.5% TMC, 0.5% NaOCl, 2.5% NaOCl, and PBS for 30 seconds. The biofilm biomass was evaluated using crystal violet staining. The colony formation unit (CFU) counting as viable numbers and adenosine triphosphate (ATP) assay as metabolic activity were performed to determine bacterial viability in biofilm.

【Results】

The size of CNPs made from LMW and HMW chitosan were 157.2 ± 10.37 nm and 200 ± 14.5 nm, respectively. Both chitosan nanoparticles prepared in this experiment showed spherical morphology confirmed by SEM. The crystal violet staining showed biofilm biomass eradication in 0.5% HMW CNPs, 0.5% TMC, and NaOCl groups compared with the PBS group as a negative control. The viable numbers (CFU/mL) and metabolic activity (relative fluorescence units; RFU) of *E. faecalis* were reduced in all groups compared with the PBS as a negative control ($p < 0.05$). 2.5% NaOCl had the lowest viable bacteria number, followed by a higher viable number in 0.5% NaOCl group, 0.5% TMC group, 0.5% LMW CNPs group, and 0.5% HMW CNPs group. The CNPs and 0.5% TMC groups decreased more than 90% viable bacteria in the biofilm.

【Conclusion】

These results suggest that the CNPs and TMC have an antibacterial effect reducing viable bacteria in the *E. faecalis* biofilm and have the potential to be developed as antibiofilm materials for endodontic treatment.

研究協力者： 徳島大学医歯薬学研究部口腔微生物学分野 住友倫子
徳島大学医歯薬学研究部生体材料工学分野 関根一光, 浜田賢一

各種歯科材料に対して30%過酸化水素水を作用させた際に生じる活性酸素の挙動変化

¹⁾日本大学松戸歯学部有病者歯科検査医学講座 ²⁾日本大学松戸歯学部歯内療法学講座
○小峯千明¹⁾, 小倉由希¹⁾, 小西賀美¹⁾, 中澤弘貴²⁾, 高橋知多香²⁾, 辻本恭久²⁾

Changes in the Behavior of Reactive Oxygen Species Induced by 30% Hydrogen Peroxide to Dental Materials

¹⁾ Department of Laboratory Medicine And Dentistry For Compromised Patient,

²⁾ Department of Endodontics, Nihon University School of dentistry at Matsudo, Japan

○¹⁾ Chiaki Komine, Yuki Ogura, Yoshimi Konishi,

²⁾ Hirotaka Nakazawa, Chitaka Takahashi, Yasuhisa Tsujimoto

【目的】

MIの観点から審美治療、とくに失活歯における前歯部に対してウォーキングブリーチ法を選択する症例も多くなっている。従来のウォーキングブリーチ法は30%過酸化水素(H₂O₂)および過ホウ酸ナトリウムを pasta 状に混和し、髄腔内に封入するため、緊密な根管充填が必須とされ、さらに安全性を向上させるために裏層材を用いることが多い。近年、Mineral Trioxide Aggregate セメント (MTA) はその種類によって構成する成分はそれぞれ異なるものの、根管内穿孔の修復および根管充填に広く用いられるようになった。ゆえに今後 MTA を使用した上でウォーキングブリーチを行うケースも増加傾向にあると考えられる。しかしながら、30% H₂O₂ と MTA との化学的反応についてほとんど報告はない。

本研究では強力な酸化剤である H₂O₂ と MTA および裏層材として用いられる歯科材料間で生じる化学反応を活性酸素種 (ROS) の挙動に焦点を絞り研究を行った。

【材料および方法】

(1) MTA および裏層材の試料作成

- ①従来型ガラスアイオノマー (ハイボンドガラスアイオノマーCX, 松風)
- ②光重合型ガラスアイオノマー (フジライニング LC, ジーシー)
- ③コンポジットレジン (エステライトユニバーサルフロー, Tokuyama)
- ④プロルート MTA (デンツプライシロナ)
- ⑤Bio MTA (モリタ)

以上、5種類をメーカー指示通りに練和し、円柱チューブ (φ3mm × 4mm) に充填し、硬化後72時間、室温で湿度100%下に放置したものを用いた。

(2) 発生した ROS の測定

H₂O₂ 溶液 (1140 μL, Fujifilm) に ROS 捕捉剤である 5-dimethyl-1-pyrroline-N-oxide (DMPO, 60 μL, Labotec) を混和し、各試料を浸漬した。浸漬0, 5, 10 および 15 分後に発生した ROS は電子スピン共鳴 (ESR, JFA-200, JEOL) を用いて測定し、得られた spin adduct から RI 値を算出した。

【結果および考察】

各試料を H₂O₂ 溶液に浸漬直後から大量の気泡が発生した。ESR から得られたシグナルは DMPO-OH の spin adduct を示す 1:2:2:1 (超微細結合定数 aN=1.49 mT) を示したことから発生した ROS はヒドロキシラジカル (・OH) であった。また浸漬時間依存的に発生した・OH量は、プロルート MTA > コンポジットレジン > 光重合型ガラスアイオノマー > Bio MTA > 従来型ガラスアイオノマーの順で増加した。以上のことから、H₂O₂ 溶液に浸漬した場合、すべての歯科材料から・OHが発生している事が示唆された。また発生した原因としては各材料の構成成分中の金属や材料表面の非重合層が関与しているものと考えられる。とくにプロルート MTA は酸化タンタル、酸化ビスマスなどの重金属を有しておりそれが Fenton 様反応を惹起させることで・OHが大量に発生したことが考えられる。

・OHはROSの中でも最も強い酸化力を有していることが知られており、その酸化力で非特異的に周囲の物質に対して物理的ダメージを与える。これは歯科材料に対しても例外ではなく生じることである。すなわち、ガラスアイオノマーセメントやレジンのような強固な結合による構造であれば物性的に疎になることは考えづらいが、精製水と混和する MTA では・OHの影響によってウォーキングブリーチ法の副作用ともいえる根尖部への薬剤流出や歯根の外部吸収などが起こりえる可能性があると考えられているため、今後・OH暴露後の MTA 表面に対して SEM を用いて観察する必要がある。

ナノバブルオゾン水の根管清掃薬としての殺菌効果

¹愛知学院大学歯学部歯内治療学講座

²株式会社 安齋管鉄

○藤田 将典¹, 安齋 聡², 樋口 直也¹, 井上 麻衣¹, 奥田 沙映¹, 堀場 直樹¹, 諸富 孝彦¹

Bactericidal Effect of Nano-bubble Ozone Water as a Root Canal Cleaning Agent

¹Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

²Anzaikantetsu Co.,Ltd

○FUJITA Masanori¹, ANZAI Satoshi², HIGUCHI Naoya¹,

INOUE Mai¹, OKUDA Sae¹, HORIBA Naoki¹, MOROTOMI Takahiko¹

【目的】

次亜塩素酸ナトリウム溶液は優れた抗微生物作用と有機質溶解作用を有していることから、効果的な根管清掃薬として頻用されるが、組織刺激性を併せ持ち溢出などによる歯周組織への傷害が危惧される。また、海外ではグルコン酸クロルヘキシジンが根管清掃薬として使用されているが、細胞傷害性やアレルギーが報告されている。そのため、安全かつ効果的な根管清掃薬の開発が望まれる。オゾン水は強い抗微生物作用を有しているが副作用が少ない。しかし、オゾンはすぐに分解するためオゾン水は保存期間が短く、オゾン濃度を高濃度に維持できない。安齋らはナノバブルを用いてオゾン水を生成することにより、オゾン濃度を高濃度で長時間維持できるナノバブルオゾン水の作製に成功した。本研究ではナノバブルオゾン水の、*Enterococcus faecalis* のバイオフィームモデルへの殺菌効果およびブタ抜去歯を用いた感染根管モデル^[1]に対する殺菌効果を細菌学的手法で検討した。

【材料と方法】

・実験に用いたナノバブルオゾン水

生成機: AZ-FB-O3SW-10g/h2000A 気体: オゾン オゾン濃度: 5.0±0.1mg/l (計測機器: DDZ-1000PE) 溶媒: 生理食塩水

1. ナノバブルオゾン水のバイオフィームモデルへの殺菌効果の検討

Biofilm Viability Assay Kit (同仁化学)を用いて、*E. faecalis* (ATCC19433 株)と BHI 液体培地より作製した 1.0×10⁷/ml の濃度の菌液を 2 日後および 4 日後に交換を行い、6 日間培養することでバイオフィームモデルを作製した。作製したバイオフィームモデルに 1 分間試験液を作用させ、付属の WST 試薬を用いて代謝活性を測定した。

2. 感染根管モデルにおけるナノバブルオゾン水による洗浄効果の細菌学的評価

ブタ抜去歯に *E. faecalis* を感染させ感染根管モデルを作製した^[1]。感染根管モデルにおいて根管洗浄を行い、その前後に鈎菌を行った。その後根管内に生理食塩水を満たし、37°C で 2 日間好気条件湿潤下に保管した。同様の実験を連続的に 3 回繰り返して行った。さらに 2 日間保管し鈎菌を行った。鈎菌したサンプルは段階希釈法で細菌数を測定した。根管洗浄はシリンジを用いて生理食塩水(大塚製薬)、3~6%次亜塩素酸ナトリウム溶液(日本歯科薬品)、2%グルコン酸クロルヘキシジン(富士フィルム)、ナノバブルオゾン水にて行った。いずれも使用量は 5ml、洗浄時間は 1 分間とした。

【結果】

1. バイオフィームモデルへの殺菌効果: ナノバブルオゾン水を作用させた群は、バイオフィームの代謝活性が次亜塩素酸ナトリウム溶液群およびグルコン酸クロルヘキシジン群と同等の低下を認めた。

2. 感染根管モデルへの殺菌効果: ナノバブルオゾン水にて洗浄を行った根管からは、洗浄 1 回目直後は 10⁴CFU/ml レベル、2 日後には 10³CFU/ml レベルの細菌が検出された。洗浄 2 回目直後およびその 2 日後には 10²CFU/ml レベルの細菌が検出された。洗浄 3 回目直後は 10²CFU/ml レベル、その 2 日後には 10CFU/ml レベルに細菌が減少し、検出限界以下になった感染根管モデルもあった。

【考察】

ナノバブルオゾン水は、感染根管において次亜塩素酸ナトリウム溶液とグルコン酸クロルヘキシジンと同等以上の殺菌効果を有していると考えられる。

[参考文献]: [1]藤田将典ら. 日歯保存誌 2021; 64(2): 133-140.