

接着試験用試片の製作法がレジンセメントの剪断接着強さに及ぼす影響

¹ 日本大学歯学部保存学教室修復学講座, ² 天野歯科医院, ³ かなまる 歯科クリニック
○高橋奈央¹, 黒川弘康¹, 石井 亮¹, 庄司元音¹, 天野 晋^{1,2}, 金丸壽良^{1,3}, 宮崎真至¹

Effect of Manufacturing Methods of Bonding Specimens on the Shear Bond Strength of Resin Cement

¹Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry,

²Amano Dental Clinic, ³Kanamaru Dental Clinic

○TAKAHASHI Nao¹, KUROKAWA Hiroyasu¹, ISHII Ryo¹, SHOJI Mone¹,
AMANO Susumu^{1,2}, KANAMARU Toshiro^{1,3}, MIYAZAKI Masashi¹

【研究目的】

レジンセメントの接着強さの測定法を確立するための基礎的研究として、剪断接着試験における接着試験用試片の製作法の違いが、CAD/CAM レジンブロックに対するレジンセメントの接着強さに及ぼす影響について検討した。

【材料および方法】

レジンセメントとして SA ルーティング Multi (クラレノリタケデンタル) およびパナビア V5 (クラレノリタケデンタル) を、CAD/CAM レジンブロックとしてカタナアベンシア P ブロック (クラレノリタケデンタル) を用いた。

1. CAD/CAM 試片の製作

CAD/CAM レジンブロックを台座に対して垂直に厚さ 2.0 mm で切出した後、常温重合レジンに包埋した。次いで、CAD/CAM レジンブロックの露出面が平坦となるよう、耐水性シリコンカーバイドペーパーP320 で研削した。この研削面に対して、10 mm の距離からノズルを垂直に保持してアルミナサンドブラスト (アルミナ粒子: 50 μm) を 10 秒間、0.3 MPa の条件で行い、これを CAD/CAM レジンブロックの被着面とした。

2. 接着試験用試片の製作

接着試験用試片の製作は、以下に示す 2 条件で行った。

1) Ultradent Method (UM) 群: CAD/CAM レジンブロックの被着面に内径 2.38 mm, 高さ 2.5 mm の Ultradent Mold Insert を Bonding Clamp を用いて固定した。このモールドに製造者指示条件で練和したセメント泥を填塞, 30 秒間照射した。

2) ステンレスロッド (SR) 群: CAD/CAM レジンブロックの被着面に、直径 2.38 mm の穴の開いた厚さ 0.1 mm のプラスチックテープを貼付した。次いで、アルミナサンドブラストした円柱状ステンレスロッドの底面に製造者指示条件で練和したセメント泥を適量塗布し、CAD/CAM レジンブロック被着面に加重 10N で圧接した。ステンレスロッドを圧接しながらマイクロブラシを用いて余剰セメントを除去した後、2 方向から 30 秒間照射した。

なお、パナビア V5 では、CAD/CAM レジンブロックおよびステンレスロッドの被着面を、セラミックプライマーブラス (クラレノリタケデンタル) を用いて処理した。

3. 接着強さの測定

接着試験用試片を 37°C の精製水中に 24 時間保管した後、Test Base Clamp を万能試験機 (Type 5500R, Instron) に設置して、クロスヘッドスピード毎分 1.0 mm の条件で剪断接着強さを測定した。なお、各条件における試片数は 10 個とした。

4. 走査電子顕微鏡 (SEM) 観察

接着試験後の CAD/CAM レジンブロック側の破断面について、通法に従って SEM を用いて観察した。

【成績および考察】

CAD/CAM レジンブロックへの接着強さは、いずれのレジンセメントにおいても、UM 群と比較して SR 群で高い値を示した。また、接着試験後の破壊形式は、UM 群では、SA ルーティング Multi で CAD/CAM レジンブロックの凝集破壊が大勢を占めたのに対し、パナビア V5 では界面破壊が大勢を占めた。一方、SR 群では、SA ルーティング Multi でレジンセメントとステンレスロッドとの界面破壊が、パナビア V5 では CAD/CAM レジンブロックとレジンセメントとの界面破壊が大勢を占めた。これは、接着試片製作法によってレジンセメントの厚さが異なるとともに、試験片に加わるモーメントあるいは応力分布が異なることに起因するものと考えられた。

【結論】

レジンセメントの CAD/CAM レジンブロックへの接着強さは、接着試片製作法の違いに影響を受けることが明らかとなった。

歯肉幹細胞由来エクソソーム内包 miR-1260b による小胞体ストレス応答制御を介した歯槽骨吸収抑制作用

九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学歯周病学分野

○林千華子、福田隆男、渡邊ゆかり、川上賢太郎、豊田真頭、中尾雄紀、四本かれん、大和寛明、新城尊徳、讚井彰一、西村英紀

Exosomal miR-1260b derived from TNF- α -treated hGMSCs inhibits periodontal bone loss by targeting ATF-6 β -mediated regulation of ER stress

Department of Periodontology, Division of Oral Rehabilitation, Faculty of Dental Science, Kyushu University

○Chikako Hayashi, Takao Fukuda, Yukari Watanabe, Kentaro Kawakami, Masaaki Toyoda, Yuki Nakao, Karen Yotsumoto, Hiroaki Yamato, Takanori Shinjo, Terukazu Sanui, Fusanori Nishimura

【背景および目的】

ヒト歯肉幹細胞 (hGMSCs) は採取が容易であり、他の組織の MSC と比較して、エクソソーム分泌量が多いという特性を有する。我々は先行研究において、GMSC を TNF- α 処理することにより、GMSC 由来エクソソームの抗炎症作用及び歯槽骨吸収抑制作用が増強し、同時にエクソソーム内包 miR-1260b の発現が亢進することを明らかにした (Nakao Y, et al., *Acta Biomater*, 2021.)。そこで、miR-1260b による歯周炎進行抑制機構を解明するため、miRNA 標的 Database (miRDIP) 検索で上位標的遺伝子群の検証を行った。その結果、小胞体 (ER) ストレス制御遺伝子である ATF6 β がヒットした。また、ヒト初代歯根膜細胞 (hPDLCs) において、miR-1260b mimic 導入による ATF6 β の発現抑制効果も確認した。歯周炎組織では歯肉炎組織と比較し、ER ストレス応答遺伝子の発現が高いと報告されている (Yamada H, et al. *J Periodontal Res.*, 2002.)。そこで、エクソソーム由来 miR-1260b が、ATF6 β の制御を介して歯周炎組織の治癒に影響を及ぼすとの仮説を立て、検証を行った。

【材料及び方法】

絹糸結紮マウス歯周炎モデルを用いて以下の検証を行った。

- ① ER ストレス関連遺伝子の発現変動 (qRT-PCR, 免疫組織化学染色)
- ② 結紮周囲歯肉への miR-1260b 注入の有無による骨吸収量の測定、破骨細胞分化への影響 (Micro CT 解析、酒石酸抵抗性ホスファターゼ (TRAP) 染色)

一方、*in vitro* の検討として hPDLCs を用いて以下の実験を行った。

- ① miR-1260b 導入による ER ストレス関連遺伝子の発現変動 : (qRT-PCR, Western blot)
- ② ATF6 β ノックダウンによる骨吸収関連遺伝子の発現変動 (qRT-PCR)

さらに、miR-1260b mimic 及び ATF6 β ノックダウン条件下における、THP-1 ヒト単球系細胞株の M-CSF・RANKL 刺激による破骨細胞分化への影響を検証した (qRT-PCR, TRAP 染色)。

【結果及び考察】

絹糸結紮マウス歯周炎モデルにおいて、結紮群では ATF6 β の発現が強く誘導されることを確認した。結紮周囲歯肉への miR-1260b 注入により、PBS 注入群と比較して、骨吸収量が減少する傾向にあることが確認された。また、hPDLCs において miR-1260b 導入により、ATF6 β の発現が有意に抑制されたため、ATF6 β ノックダウンによる遺伝子変動効果を確認したところ、RANKL の発現が有意に減少した。さらに PMA 分化マクロファージ様 THP-1 においても、M-CSF・RANKL 刺激時における破骨細胞分化抑制効果を検証した結果、TRAP 染色陽性細胞数の減少を確認した。

以上から、TNF- α 誘導性エクソソーム内包 miR-1260b による、小胞体ストレス応答制御を介した破骨細胞分化抑制作用が期待されることが示唆された。

(九州大学医系地区倫理審査委員会承認済 : 承認番号観察研究 : 2019-374、動物実験 : A-21-131-0)

各種ユニバーサルアドヒーズの髄腔内象牙質接着に対する 3%次亜塩素酸ナトリウムの影響

北海道大学歯学院 口腔健康科学分野 歯科保存学教室

○袁 媛, インタジャックパピチャヤ, 丁世俊, 松本真理子, 星加修平, 佐野英彦

Effect of 3% NaOCl on adhesion of universal adhesives to pulp chamber wall dentin

Department of Restorative Dentistry, Division of Oral Health Science,
Hokkaido University Graduate School of Dental Medicine

○Yuan Yuan, Intajak Papichaya, Shihchun Ting, Mariko Matsumoto, Shuhei Hoshika, Hidehiko Sano

【目的】近年、ユニバーサルアドヒーズは多数市販されるようになり、臨床において様々な症例に使用されるようになってきている。本研究では、従来型の2ステップセルフエッチングシステム1種とユニバーサルアドヒーズ4種を用い、髄腔内象牙質への接着能に対する、3%次亜塩素酸ナトリウム処理の影響について、微小引張接着強さ(μ TBS)試験と走査電子顕微鏡(SEM)による形態観察により評価を行った。

【材料および方法】本実験は、北海道大学大学院歯学研究院倫理委員会の承認(2018 第9号)を得て行った。う蝕のないヒト抜去第三大臼歯を、モデルトリマーにて注水下で歯髄が露出するように歯冠部と歯根部を削除した。スプーンエキスカバレーターで歯髄組織を除去後、髄腔内を蒸留水で洗浄し、髄腔内象牙質を露出させ被着面とした(n=100)。試料を髄腔内の洗浄方法により、以下の2群、Cont群: 蒸留水浸漬; NaOCl群: 3%NaOCl 20分浸漬に分類し、さらに使用した接着材の種類により以下の5群に細分類した。GP群: G-Premio Bond(GC); SBU群: Scotchbond Universal Adhesive(3M); UBQ群: Universal Bond Quick(クラレノリタケデンタル); BBX群: Beautibond Xtreme(松風); MB2群: Megabond 2 (クラレノリタケデンタル)。各メーカー指示にしたがって髄腔内全体に接着材を塗布し、照射後、コンポジットレジン(AP-X, クラレノリタケデンタル)を積層充填した。37°C水中に24時間保管後、1mm²のビーム状試料に切り出し、 μ TBS試験を行った。 μ TBSすべてのデータは、二元配置分散分析およびTukey HSD testを用いて統計分析を行った($\alpha = 0.05$)。また、各接着材ごとのCont群とNaOCl群の比較については、t検定(Bonferroniの補正, $\alpha = 0.05$)で解析を行った(IBM SPSS Statistic 25.0)。 μ TBS試験後の試料破断面はSEMにて観察し、破断面形態分類を行った。

【結果】 μ TBS試験: 二元配置分散分析の結果、髄腔内洗浄方法および接着材の種類に有意な差が認められた($P < 0.05$)。髄腔内洗浄方法及び接着材の交互作用は認められなかった($P > 0.05$)。t検定の結果、GP群とMB2群において、Cont群とNaOCl群において有意な差が認められた($P < 0.05$)。

破断面形態分類: すべての群において、破断面の多くは混合破壊形態を呈したが、最も接着強さが低かったGP_NaOCl群では、界面破壊の割合が高くなる傾向を示した。

【結論】3%NaOClで処理した髄腔内象牙質の接着能は、蒸留水洗浄の場合に比較して低下することが認められた。接着能の低下の程度については、ユニバーサルアドヒーズの種類により異なることが示唆された。

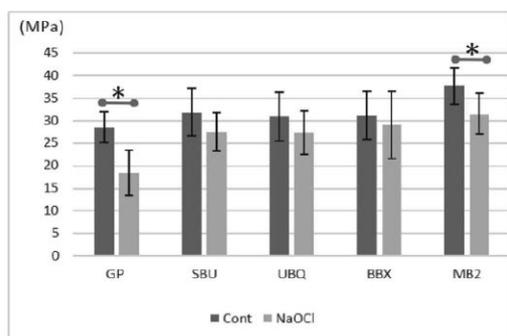


Fig.1 Results of μ TBS (mean/SD)

*: The mark indicates the significant difference. ($P < 0.05$)

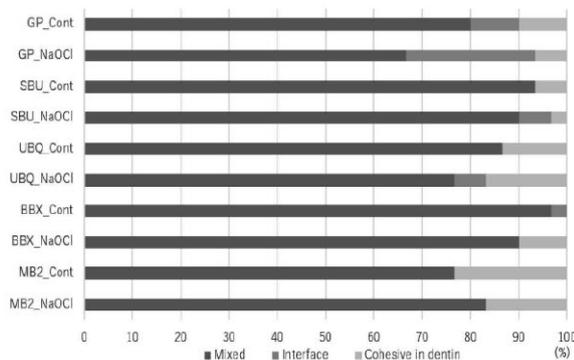


Fig.2 Failure mode analysis

炭酸リチウム根管貼薬による根尖病変治癒促進効果のメカニズム解析

大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座 (歯科保存学教室)

○鍵岡琢実、伊藤祥作、成瀬陽菜、伊藤勇紀、林 美加子

Mechanism of the healing effect of Li_2CO_3 on periapical lesions

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

○KAGIOKA Takumi, ITOH Shousaku, NARUSE Haruna, ITO Yuki, HAYASHI Mikako

【目的】

根尖性歯周炎は、根管から細菌などの外来因子が宿主内へ侵入することにより生じる。外来因子が宿主内へ侵入すると、根尖孔外ではそれを排除するために免疫応答が生じ、同時に骨吸収が生じることで根尖病変が形成される。現在用いられている根管貼薬剤は、根管内の殺菌を主目的としている。それに対し我々は、宿主側をターゲットとした免疫応答や骨代謝を賦活化するバイオアクティブな根管貼薬剤の開発に着手しており、塩化リチウムが有効であることを見出した。塩化リチウムは Wnt シグナル伝達経路の活性化を介して、マウス根尖病変の治癒を促進することを報告した (第 148 回日本歯科保存学会春季学術大会にて報告)。そこで、塩化リチウムからリリースされるリチウムイオンが作用すると考え、新たに炭酸リチウムを用いて実験をおこなったところ、ラット根尖性歯周炎の治癒を促進することを確認した (第 151 回日本歯科保存学会秋季学術大会にて報告)。今回は、ラット根尖性歯周炎に対する炭酸リチウム根管貼薬の用量反応の検討と治癒促進メカニズムについて、より詳細に組織学的解析をおこない、新たな知見が得られたので報告する。

【材料と方法】

実験 1: ラット根尖性歯周炎に対する炭酸リチウム根管貼薬の用量反応の検討

10 週齢雄性 Wistar ラットの顎第一臼歯を露髄させ、4 週間口腔内に開放することで根尖性歯周炎を惹起した。被験歯に感染根管治療をおこない、炭酸リチウムを 1%, 0.1%, 0.01%, 0.001% の割合でそれぞれ配合した根管貼薬剤を貼薬した (n = 5)。コントロール群にはブランク (貼薬剤の基材のみ) を貼薬した。貼薬後のラットは 1 週ごとに屠殺してマイクロ CT 撮影をおこない、得られた画像から病変体積 (mm^3) を計測し、根尖病変体積の変化を評価した。

実験 2: 炭酸リチウム根管貼薬による病変治癒メカニズムの組織学的解析

ブランクもしくは 12% 炭酸リチウムの根管貼薬をおこなったラットを灌流固定後、下顎骨を摘出し、病理組織学的解析に用いた。試料を脱灰処理後、凍結切片を作製し、制御性 T 細胞のマーカー分子である FoxP3、Wnt シグナルの活性化で発現が上昇する Axin2 に対する免疫組織化学染色をおこない、根尖周囲組織を光学顕微鏡にて観察した。

本研究における全ての動物実験は大阪大学大学院歯学研究科動物実験委員会の審査を受け、承認のもとに実施した (受付番号: 動歯-26-011-0)。

【結果および考察】

実験 1: 貼薬後 2 週以降、1%, 0.1%, 0.01%, 0.001% 炭酸リチウム群はブランク群と比較し、有意差をもって病変体積が縮小したが、貼薬後 4 週において、0.01% 以上の用量では 0.001% よりもさらに縮小効果が大きかった。

実験 2: 免疫組織化学染色において、炭酸リチウム群ではブランク群と比較し、根尖付近に制御性 T 細胞の増加が認められた。また、炭酸リチウム群ではブランク群と比較し、病変内部に多数の Axin2 陽性細胞が認められた。したがって、炭酸リチウム群における制御性 T 細胞の誘導には Wnt シグナル伝達経路の活性化が関与していると考えられる。

【結論】

炭酸リチウムの根管貼薬は Wnt シグナルの活性化を介して根尖病変内に制御性 T 細胞を誘導し、過剰な免疫応答を制御することで根尖性歯周炎の治癒を促進することが明らかとなった。

本研究の一部は科学研究費補助金 (20K09952)、中富健康科学振興財団研究助成金の補助の下に行われた。

IκBζによるH3K4のトリメチル化を介した反応性象牙質形成制御機構の解析

¹ 東北大学 大学院歯学研究科 エコロジー歯学講座 歯内歯周治療学分野

² 広島大学大学院 医系科学研究科 歯髄生物学研究室

³ 東北大学 大学院歯学研究科 エコロジー歯学講座 歯科保存学分野

○¹鈴木 茂樹, ¹袁 航, ²平田-土屋 志津, ¹根本 英二, ³齋藤 正寛, ²柴 秀樹, ¹山田 聡

Loss of IκBζ drives tertiary dentin formation via altering H3K4me3 status

¹ Department of Periodontology and Endodontology, Tohoku University Graduate School of Dentistry

² Department of Biological Endodontics, Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University, Hiroshima

³ Department of Restorative Dentistry, Tohoku University Graduate School of Dentistry,

○¹ Shigeki Suzuki, ¹ Hang Yuan, ² Shizu Hirata-Tsuchiya, ¹ Eiji Nemoto, ³ Masahiro Saito, ² Hideki Shiba, ¹ Satoru Yamada

<研究目的> 塩基配列の変化を伴わないエピジェネティクスな遺伝子発現調節機構は多くの疾患発症や進展あるいは個々の疾患感受性の差異に関与することが知られている。このような背景から、ヒストン脱アセチル化酵素阻害薬などによる外的な転写活性化手法は多くの疾患でエピジェネティクス創薬の基盤となっている。歯髄保護により形成される象牙質は疎である点、リバスキュラリゼーションにおいて形成される根管硬組織は象牙質ではなくセメント質である点など、象牙芽細胞分化法および象牙芽細胞がより良質な象牙質を形成する手法の開発は臨床意義深い。しかしながら、象牙芽細胞においてエピジェネティクスな調節機構が反応性象牙質形成を担うかは不明のままである。IκBζはNF-κBシグナルの制御因子として同定された核内転写因子であり、近年、マクロファージなどの細胞において局所クロマチンの構造変化を担うエピジェネティクス制御因子であることが明らかとされている。そこで本研究では、IκBζによるエピジェネティクスな調節機構による反応性象牙質形成機序を明らかとする。

<材料および方法> *IκBζ*欠損マウスを用いた解析 (東北大学動物実験承認番号 2020MdA-022-01) : **1.** 象牙質のμCT解析, **2.** 抗 dentin sialoprotein (DSP), osteopontin (OPN), type I collagen (COL1) 抗体による象牙質の免疫組織学解析, **3.** Calcein および alizarin red S による calcium double labeling による象牙質標識, **4.** 象牙芽細胞濃縮画分におけるECMおよびECM関連因子遺伝子の発現解析. ヒト象牙芽細胞様細胞を用いたIκBζのエピジェネティクス制御因子としての機能解析: **5.** *COL1A2* 遺伝子座におけるIκBζの結合部位の同定, **6.** *IκBζ*発現抑制が象牙芽細胞様細胞の全ゲノム的なトリメチル化 H3K4 (H3K4me3: 活性化クロマチンマーカー) におよぼす影響の解析 (ChIP-seq), **7.** ヒト象牙芽細胞様細胞における特異的 siRNA およびレンチウイルス系による *IκBζ* 発現抑制および過剰発現が ECM および ECM 関連因子の遺伝子発現におよぼす影響の解析。

<結果>**1.** *IκBζ*欠損マウスでは野生型マウスと比較して象牙質幅が大きくなり歯髄腔の強い狭窄を認めた。表現型は年齢依存的に顕著であった。**2.** *IκBζ*欠損マウスの臼歯ではOPN陽性の広範囲の反応性象牙質形成を認めた。**3.** *IκBζ*欠損マウスでは石灰化前線の間隔が野生型マウスと比較して有意に広がった。**4.** *IκBζ*欠損マウスの象牙質画分では野生型マウスと比較して, type I collagen 形成を担う *Coll1a1* と *Coll1a2* の発現が上昇していた。**5.** IκBζはCOL1A2プロモーター領域に存在するNF-κB p-65の結合配列にNF-κB非依存的に結合した。**6.** *IκBζ*発現抑制により検出されたH3K4me3ピーク近傍遺伝子のパスウェイ解析の結果, ECM関連遺伝子が選択的に検出された。**7.** siRNAによる*IκBζ*発現抑制によりCOL1A1やCOL1A2のみならず, collagen fibrillogenesisに関与するタンパク質をコードする *BGN*, *DCN*, *FMOD*, *OMD*, *MMP2* の遺伝子発現が上昇し, IκBζの過剰発現はこれら上昇した遺伝子の発現を抑制した。

<考察および結論> 象牙芽細胞においてIκBζはECMおよびECM関連遺伝子座に選択的に関与し, *IκBζ*抑制はそれらの遺伝子発現をH3K4me3依存的に上昇させることから, ヒストン脱修飾薬剤による非特異的な活性化とは異なり, IκBζ-H3K4me3は象牙質形成促進のためのエピジェネティクス創薬の特異的な標的であると考えられる。

<謝辞>本研究は東北大学大学院医学系研究科皮膚科学分野 相場 節也先生, 山崎 研志先生, 照井 仁先生との共同研究である。

チロシン水酸化酵素は歯髄幹細胞の象牙芽細胞様分化を促進する

¹九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座歯科保存学研究分野、²OBT 研究センター、

³九州大学病院歯内治療科、⁴口腔顎顔面病態学講座口腔病理学分野

○藤野翔香¹, 濱野さゆり^{1,2}, 友清淳³, 杉井英樹³, 吉田晋一郎³, 糸山知宏³,
杉浦梨沙¹, 清島保⁴, 前田英史^{1,3}

Tyrosine hydroxylase promotes odontoblast-like differentiation of dental pulp stem cells

¹Department of Endodontology and Operative Dentistry, Kyushu University, ²OBT Research Center,

³Department of Endodontology, ⁴Laboratory of Oral Pathology, Kyushu University

○Shoko Fujino¹, Sayuri Hamano^{1,2}, Atsushi Tomokiyo³, Hideki Sugii³, Shinichirou Yoshida³, Tomohiro
Itoyama³, Risa Sugiura¹, Tamotsu Kiyoshima⁴, Hidefumi Maeda^{1,3}

【研究目的】直接覆髄処置における修復象牙質形成には、歯髄幹細胞から分化誘導された象牙芽細胞様細胞が関与することが報告されている (Sangwan et al. 2012)。しかしながら、その詳細なメカニズムについては明らかになっていない。これまでに、我々はドーパミン合成酵素であるチロシン水酸化酵素(TH)に着目し、TH が歯の発生過程における象牙芽細胞分化に関与していることを報告した(Fujino et al. 2020)。さらに、ラット直接覆髄モデルにおいて覆髄 14 日後に TH の発現が修復象牙質直下の象牙芽細胞様細胞に認められることを発表したが(第 146 回日本歯科保存学会)、TH と修復象牙質形成の関連性についてはいまだ明らかになっていない。そこで、本研究では歯髄幹細胞の象牙芽細胞様分化における TH の役割について検討することとした。

【材料および方法】(1)Wistar ラット(8 週齢、雄性)上顎第一臼歯を点状露髄させ MTA セメントにて直接覆髄後、3 日および 14 日後の切片を用いて Th、Dopamine(Da)、Nestin の免疫組織化学的染色を行った。(2)本研究に同意を得られた患者(25 歳、女性)の抜去歯より採取したヒト歯髄細胞から、間葉系幹細胞マーカーである CD146 を発現している細胞を磁気細胞分離装置にて単離し、ヒト歯髄幹細胞(DPSC 細胞)として用いた。DPSC 細胞を象牙芽細胞誘導培地(2 mM CaCl₂ 含有 10%FBS/ α -MEM:DM 培地)にて 1 週間培養し、石灰化物の形成能(Alizarin red S 染色および von Kossa 染色)ならびに、定量的 RT-PCR 法にて TH、象牙芽細胞関連マーカー(*DMP-1*、*NESTIN* および *DSPP*) および TH の転写因子(*FOXA2*、*NURR1* および *PITX3*)の発現について解析した。(3)DPSC 細胞に scramble および TH の siRNA を導入し、DM 培地にて培養した後、石灰化物の形成能、および象牙芽細胞関連マーカーの発現について解析を行った。(4)DPSC 細胞に empty ベクター(DPSC-Mock 細胞)および TH の遺伝子を挿入したベクター(DPSC-TH 細胞)を導入し、DPSC-Mock 細胞および DPSC-TH 細胞を DM 培地にて培養した後、(3)と同様の解析を行った。(5)蛍光免疫染色ならびに ELISA 法にて、DPSC-Mock 細胞および DPSC-TH 細胞における DA の発現解析を行った。(6)DPSC 細胞における DA 受容体(DRD1、DRD2、DRD3、DRD4、DRD5)の遺伝子発現を半定量的 RT-PCR 法にて解析を行った。さらに、DPSC 細胞を DA 存在下の DM 培地にて 7 日間培養した後、石灰化物の形成能について解析を行った。なお本研究は九州大学医系地区部局ヒトゲノム・遺伝子解析研究倫理審査委員会の許可を得て、患者様の同意の上で行った(承認番号:27-76)。また、九州大学動物実験委員会の承認の下で行った(承認番号:A20-210-0)。

【結果】(1)ラット直接覆髄モデルの上顎第一臼歯において、覆髄 3 日後では露髄部直下に Th、Da、Nestin の陽性細胞は確認できなかったが、一方で 14 日後には修復象牙質直下にこれらの陽性細胞が認められた。(2)DM 培地にて培養した DPSC 細胞では、control 群と比較して、石灰物の形成能ならびに TH、TH の転写因子および象牙芽細胞関連マーカーの遺伝子が有意に上昇した。(3)DPSC 細胞において TH のノックダウンを行った結果、DM 培地により亢進した石灰物の形成能および象牙芽細胞関連マーカーの遺伝子発現は低下した。(4)DPSC 細胞において TH を過剰発現させた結果、DPSC-Mock 細胞と比較して、石灰物の形成能および象牙芽細胞関連マーカーの遺伝子発現は上昇した。(5)DPSC-TH 細胞は、DPSC-Mock 細胞と比較して、DA の発現量は上昇した。(6)DPSC 細胞において、DRD1、DRD2、DRD3、DRD4、DRD5 の遺伝子発現が認められた。また、DA を添加した DM 培地にて培養した DPSC 細胞は、無添加群と比較して、石灰化物の形成能が亢進した。

【考察】TH の発現増加に伴い、ドーパミンの発現が上昇し、ドーパミンがオートクラインまたはパラクライン的に歯髄幹細胞に働くことによって、修復象牙質形成を促進する可能性が示唆された。このことから、修復象牙質形成において、歯髄幹細胞における TH の発現上昇が重要であることが考えられる。

謝辞:本研究にご協力頂いた藤井慎介先生(九州大学口腔顎顔面病態学講座口腔病理学分野)に感謝致します。

超音波スケーラーから発生するエアロゾルに対する吸引装置の飛散防止効果 — 流体力学のおよび模擬臨床的検討 —

¹新潟大学大学院医歯学総合研究科 歯周診断・再建学分野

²新潟大学工学部工学科 機械システム工学プログラム

○高橋 直紀¹, 山縣 貴幸², 峯尾 修平¹, 加藤 光太², 多部田 康一¹

Prevention of aerosol diffusion generated from ultrasonic scaler by suction devices

¹Division of Periodontology, Faculty of Dentistry & Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

²Niigata University Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Program

○Naoki Takahashi¹, Takayuki Yamagata², Shuhei Mineo¹, Kota Kato², and Koichi Tabeta¹

【目的】

新型コロナウイルスの感染経路のひとつに空気感染が知られ、超音波スケーラーから発生するエアロゾルがそのリスクとして懸念されるが、その特性や効果的な飛散予防策については十分に知られてはいない。そこで本研究の目的は、微粒子可視化システムを用いた流体力学的検討およびパーティクルカウンターを用いた模擬臨床検討によって、超音波スケーラーから発生するエアロゾルの特性および口腔内外吸引装置によるエアロゾル飛散防止効果を検討することである。

【材料と方法】

流体力学的検討として、微粒子可視化システムである Particle Image Velocimetry (PIV) 法を用いた。高速度カメラ (MotionProY4, Integrated Design Tools, Inc., USA) と Nd:YAG パルスレーザー (EverGreen, LUMIBIRD, France) を用いて、超音波スケーラー (Suprasson P-MAX, Satelec, France) から発生したエアロゾルの流速や飛散起点、飛散方向を測定した。

模擬臨床検討として、パーティクルカウンター (Model 8306, Particles Plus, Inc., USA) を用いてエアロゾルの累計飛散数の測定を行った。歯科用ユニットを水平位にした状態でマネキンおよび顎模型を装着し、顎模型上の下顎前歯類側歯頸部を超音波スケーラーで 30 秒間注水下にて使用しエアロゾルを発生させた。測定高さは超音波スケーラーと同じ高さで (地面から 70cm)、測定距離はスケーラーチップの位置から 30, 60, 120cm とし、測定方向は 9 時方向とした。飛散防止効果の有効性を明らかにするために、口腔内外吸引装置を用いた条件下での比較検討も実施した。

【結果】

PIV 法による流体力学的検討から、エアロゾルの飛散起点はスケーラーチップの屈曲部の先端側に位置し、飛散方向はスケーラーチップの右方向であることが観察された。発生した大部分のエアロゾルの飛散速度はいずれの出力でも約 2 m/s であることが確認された。

パーティクルカウンターを用いた模擬臨床検討においては、距離 30cm の位置では 1-10 μ m の全粒子径の累計粒子数の有意な増加を認め、口腔内外吸引装置の使用にて測定された全粒子径で有意な減少を認めた。距離 60cm においても、超音波スケーラー使用によって増加した粒子径 1 および 2.5 μ m の累計粒子数は、口腔内外吸引装置の使用によってベースラインと同程度まで減少した。

【考察および結論】

今回の結果から、超音波スケーラーから発生するエアロゾルの特性 (飛散速度、飛散方向、飛散距離、粒子径) および口腔内外吸引装置によるエアロゾル飛散防止の有効性が確認された。これらはチェアサイドにおける効果的なエアロゾル感染予防対策を講じるための一助となり、歯科診療における新型コロナウイルス感染リスクの最小化につながると考えられる。本研究においては特定の機種における解析に留まっており、今後はスケーラーチップの種類の違いや口腔内外吸引装置の機種による比較検討が必要と考えられる。

歯の治療学における体験先導型学習に関する学生へのアンケート調査

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

○諸富孝彦, 鷺尾絢子, 藤元政考, 折本 愛, 相原良亮, 村田一将, 森 涼, 北村知昭

Questionnaire Surveys to Students about the Experience-Led Learning in Tooth Therapeutics

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

○MOROTOMI Takahiko, WASHIO Ayako, FUJIMOTO Masataka, ORIMOTO Ai, AIHARA Ryosuke,
MURATA Kazumasa, MORI Ryo, KITAMURA Chiaki

【目的】

九州歯科大学歯学科では3年生になってはじめて履修する臨床基礎科目として保存修復学と歯内療法学がある。本学では「歯の治療学」という科目名で保存修復学と歯内療法学を統合しシームレスに教育している。「歯の治療学」は課題学習テーマ毎に、「①予習課題の自己学習レポート提出」→「②シナリオベース臨床基礎体験実習」→「③実習内容に即した講義」→「④技術習熟のための定着実習」の順で実習と講義を構成している。すなわち、予習（自己学習）と基礎体験実習を先行し、学生が自己学習や実習の中で抱いた疑問を講義で解決するという「体験先導型学習法」を採用している。本学では「歯の治療学」のみで本教育法を採用している。

これまでに我々は、体験先導型学習法を検証するため「歯の治療学」受講学生を対象としたアンケート調査を複数年に渡って実施し、本教育法が臨床基礎教育において有効であることを示してきた（諸富ら、日歯教誌 35, 49-57, 2019）。また、アンケート結果の信頼性検証を目的に記名/無記名が回答に与える影響について分析し、本教育法に関するアンケート結果が記名/無記名に関わらず有用であることを明らかにしてきた。

今回、体験先導型学習法の教育効果をさらに解析するため、本科目履修期間の中間時期および終了時期に学生を対象としたアンケート調査を行い、体験先導型学習法を受講している学生が示す回答の変化について検証した。

【対象と方法】

本研究は九州歯科大学研究倫理審査委員会の承認のもと実施した（承認番号：18-77）。アンケート調査の対象は、2016年度から2019年度の4年間に於いて各年度で歯の治療学を履修する本学歯学部歯学科3年次の学生とした。履修期間（4月～7月）のうち中間期（5月）およびポスト期（7月）に自己記入式記名アンケート調査を実施した。質問項目は本教科の特徴である予習（自己学習）、講義前の体験実習、自宅学習時間、シナリオベース実習および本教育法の他教科への導入希望とした。

【結果】

体験先導型学習を支持した学生は中間期/ポスト期で67.5% / 67.0%、体験実習へのシナリオ導入の支持については86.9% / 85.3%、本教育法の他教科への導入希望は57.1% / 55.8%であり、調査時期による有意差はなかった。予習（自己学習）については、「予習の正解が実習終了時まで不明だった」および「臨床の場で遭遇するような、患者の訴えや症状から疾患を推測するトレーニングになった」という項目でポスト期に肯定的な意見が有意に増加した。また、予習（自己学習）にかかる時間は、ポスト期で歯の治療学にかかる時間が有意に減少した一方、他科目を含めた自宅学習時間は増加していた。予習（自己学習）に用いる教材は、ポスト期では成書（教科書）の使用が有意に減少しWebサイトで調べる割合が増加した。また、他者のレポートを参考にした学生がポスト期に増加する傾向も見られた。

【考察】

体験先導型学習法は多くの学生から支持を得たが、実習・講義が進むに従い支持が増加することはなく、中間期とポスト期で差はなかった。以上の結果は、本学習法が臨床基礎教育において有効であることを示している。一方、予習（自己学習）は、ポスト期でWebサイトや他者レポートを参考にするなど安易な方法をとる学生が増加し予習時間も減少していた。今後、適切な予習（自己学習）習慣が学生に定着する方策について検討する予定である。

【結論】

体験先導型学習法は履修中の時期に関わらず受講学生の評価が高く臨床基礎教育において有効である。

歯周治療と歯内治療が奏功した 根面溝と槌状根/槌状根管を有する下顎右側第一小白歯の4壁性骨欠損症例

1) 日本鋼管福山病院・歯科

2) 広島大学大学院医系科学研究科歯髄生物学研究室

○永原 隆吉^{1), 2)}, 武田 克浩²⁾, 柴 秀樹²⁾

A case report of the periodontal regenerative and endodontic therapies at mandibular right first premolar with the circumferential bone defect and the C-shape root/root canals

1) Nippon Kokan Fukuyama Hospital, Dental.

2) Department of Biological Endodontics, Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University.

○Takayoshi Nagahara^{1), 2)}, Katsuhiko Takeda²⁾, Hideki Shiba²⁾

【緒言】根面溝を伴う槌状根/槌状根管を有する下顎第一小白歯は、その複雑な形態から歯周治療や歯内治療が困難となることが多い¹⁾。本発表は、根尖に及ぶ4壁性骨欠損を生じた根面溝と槌状根を有する44の重度慢性歯周炎と慢性根尖性歯周炎に対して、コーンビームCT (CBCT) 画像によって骨欠損形態と槌状根/槌状根管形態を把握後、歯周組織再生療法を実施し、引き続き顕微鏡による拡大視野下で感染根管治療を行い、良好な経過を得られた症例を報告する。

【患者】43歳男性。【主訴】右下の歯が動く。

【初診時の口腔内所見】患歯である44は歯髄生活反応(歯髄電気診, 温度診)を示した。歯周ポケット(PD)は頬側中央部が5mm, 他5点の深さは11mmであり, 出血と排膿を伴った。動揺度は2で, 頬小帯高位付着の異常を認めた。全顎的には1-3mmのPDは60.4%, 4-5mmのPDは34.9%, 6mm以上のPDは4.7%, BOP陽性率は45.8%, PCRは44.5%, およびPISAは1202.3mm²であった。44のデンタルX線写真では, 垂直性骨欠損が根尖にまで及び, また複根管性が疑われた。CBCT画像は, 根尖付近までに及ぶ4壁性の骨欠損, 近心側に根面溝を伴う槌状根および槌状根管のFanの分類²⁾C3bに相当する2根管を示した。側方運動時に44に干渉が認められた。【全身疾患】花粉症。

【診断】広汎型慢性歯周炎(Stage III Grade C: 44のX線画像上の骨吸収像は歯根長の1/3を超え, 6mm以上のPDを有しており, 骨吸収(%)/年齢は>1.0であった)。二次性咬合性外傷。

【治療方針】歯周基本治療, 歯周組織再生療法(44), および歯髄失活時に根管治療(44)。

【治療経過】歯周基本治療: 44咬合調整, 口腔衛生指導とスケーリング, ルートプレーニングを実施した。その後も44に動揺を認めたため, エナメルボンドシステムを用いて45・44・43を連結固定した。歯周外科治療: 基本治療後の再評価で, 17近心に最深6mm, 歯髄生活反応を示す44近遠心部に最深8mmの出血を伴う深い歯周ポケットが残存したため, 17・16間に歯肉剥離掻爬術および44にリグロスとオスフェリオンDental(β -TCP)を用いた歯周組織再生療法³⁾と頬小帯切除術を実施した。なお, リグロスとオスフェリオンDentalの併用による歯周組織再生療法を患者に提供するにあたっては, 「日本鋼管福山病院倫理委員会」において承認(202002)を得た。さらに, 併用療法の優位性, 予測される有害事象などを患者に十分に説明し, 書面同意を得た後実施した。SPT移行時: 44に歯肉退縮が生じたが, 根尖部を除き歯根周囲のレントゲン透過性が亢進した。44の根尖部に透過像を認めたものの歯髄生活反応を示したため経過観察した。その後も歯髄生活反応が陽性であった。SPTに移行してから7ヶ月後に根尖透過像拡大を認めたため, 44に歯髄電気診でなく切削診を実施し歯髄失活を確認した。慢性根尖性歯周炎と診断し, 感染根管治療を行った。最新時SPT(SPT移行15ヶ月): 44根尖部透過像の消失と歯槽骨の再生を認め, 全顎的に歯周組織は安定した。

【考察】下顎第一小白歯の歯根と根管の形態多様性から根管治療と歯周治療が困難な歯とされ, 歯根・根管の形態と数を把握することが根管・歯周治療を成功に導くために求められる。注意すべき歯根形態は, プラークリテンションファクターとなって歯周炎を悪化させる槌状根の根面溝である。また, 根管数が2根管の場合, 根中央部から急な湾曲を示す舌側根管の存在を見落とさないことである。本症例のような大規模4壁性骨欠損の再生治療については, リグロス単独では限界があると考え, 諸外国で有効性が検証されている β -TCPとの併用療法³⁾を選択した。根管治療は, 治療前にCBCTで2根管性とその湾曲状態を理解し, さらにマイクロスコープを用いた拡大視野下でアプローチできたことで良好な結果が得られた。

【まとめ】CBCTによる解剖学的形態の把握後, 根面溝, 槌状根/槌状根管および4壁性骨欠損を有する44に対して実施した骨補填材併用の歯周組織再生療法とマイクロスコープによる根管治療が44の保存につながった。1) Martins JHR et al.: Int Endod J, 2019. 2) Fan B et al: J Endod, 2004. 3) Cochran DL et al: J Dent Res, 2016.

歯髄微小膿瘍が観察された上顎左側第二大臼歯に部分断髄を行った 1 症例

大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座 (歯科保存学教室)

○岡本基岐, 林 美加子

Partial pulpotomy to treat maxillary second molar with micro-abscess in pulp: a case report.

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

○Okamoto Motoki, Hayashi Mikako

【緒言】近年、深在性う蝕を保存的に管理するための治療法である Vital pulp therapy (VPT) は、ケイ酸カルシウムセメント、コーンビーム CT (CBCT)、マイクロスコープなど歯科材料・機器の発展に伴い、国際的にも注目されている。特に術前に不可逆性歯髄炎と診断された場合においても、VPT の適応となりうるものが 2021 年の米国歯内療法学会のポジションステートメントにも明記されている。本症例では、不可逆性歯髄炎と診断された上顎左側第二大臼歯において、感染歯質を除去したところ歯髄腔に到達し排膿を認めた。洗浄・止血後、拡大視野下で血管構造を有する歯髄組織が確認されたため、歯髄保存が可能と判断し VPT を行ったところ、良好な経過が得られたので報告する。

【症例】患者：46 歳女性。主訴：上顎左側第二大臼歯周囲の自発痛。

既往歴：約 1 年前にう蝕治療として、他院にてコンポジットレジンによる裏層に続いて、金属インレー修復を受けた。術直後は問題なく経過したが、数か月前から自発痛を自覚したため、複数の歯科医院を受診し、咬合調整やインレー除去などの処置を受けたものの、痛みの原因の特定には至らず、当院を受診された。

現症：顔貌の非対称性や腫脹は認めなかった。患歯は自発痛 (+)、打診痛 (-)、根尖部圧痛 (-)、動揺度 (0 度)、プロービング深さは全周 3mm 以下であった。隣在歯を対象とした歯髄感受性検査において、冷温刺激痛および電気歯髄検査ともに正常範囲内であった。デンタルエックス線検査では、修復材料と歯髄までには象牙質が存在しているように見えたが、CBCT の歯列平行断面では修復材料と歯髄腔は近接していた。

【診断】不可逆性歯髄炎

【治療方針】マイクロスコープ下で抜髄をおこない、その過程で歯髄の保存が可能と判断されれば VPT を行う方針を説明し、同意を得た。

【治療方針・予後】ラバーダム防湿およびマイクロスコープによる拡大視野下で、修復材料および感染歯質を慎重に除去したところ歯髄腔に到達し、露髄した領域より排膿を認めた。炎症歯髄を可及的に除去し、次亜塩素酸ナトリウム水溶液と EDTA 溶液により洗浄したところ、血管構造を有する歯髄組織が観察されたため、残存している歯髄の保存は可能と判断した。止血を確認した後、ケイ酸カルシウムセメントを直径 3.5 mm の露髄面に貼付し、仮封をおこなった。コロナ禍のため 6 か月後に来院され、初回治療直後および来院 2 週間前に、鎮痛剤服用が必要な自発痛の既往を認めたことから、リエントリーをおこなった。拡大視野下で、仮封およびケイ酸カルシウムセメントを除去したところ、一部欠損を伴う不完全な修復象牙質が確認された。不可逆的な炎症歯髄組織の残存が疑われたため、欠損を認めた修復象牙質を除去し正常な歯髄組織に到達するまで断髄をおこなった。洗浄・止血後、ケイ酸カルシウムセメントを歯髄組織に覆うよう貼付し、仮封をおこなった。1 ヶ月後の来院時には自発痛は消失しており、歯髄感受性検査および歯周組織検査も正常範囲を示し、デンタルエックス線写真においても異常所見は確認されなかったため、コンポジットレジン修復を行った。現在、約 18 ヶ月経過しているが、臨床症状は出現しておらず良好に経過している。

【考察および結論】本症例では、自発痛の既往から術前に不可逆性歯髄炎と診断された上顎第二大臼歯において、感染歯質を除去したところ歯髄腔から排膿を認めたが、洗浄・止血後の歯髄組織は保存可能であると判断し、部分断髄によって歯髄の生活活性を維持し、抜髄を回避することができた。今回の症例は、深在性う蝕治療にあたり、客観的かつ確実な歯髄診断技術がない現状において、拡大視野下での精確な術中診断の有用性を示すものであり、歯髄保存の可能性を広げるものと期待される。

酸蝕モデルを用いたユニバーサル接着システムのエナメル質接着性

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⁾,
若松歯科医院³⁾, 福本歯科医院⁴⁾
○若松賢吾¹⁾, 陸田明智^{1,2)}, 矢吹千晶¹⁾, 杉村留奈¹⁾, 庄司元音¹⁾, 宮崎真至^{1,2)},
若松英輝³⁾, 福本敬一⁴⁾

Bond Strengths of Universal Adhesive Systems to Acid-eroded Enamel

Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,
Nihon University School of Dentistry, Wakamatsu Dental Clinic³⁾, Fukumoto Dental Clinic⁴⁾
○WAKAMATSU Kengo¹⁾, RIKUTA Akitomo^{1,2)}, YABUKI Chiaki¹⁾, SUGIMURA Runa¹⁾, SHOJI Mone¹⁾,
MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, WAKAMATSU Hideki³⁾, FUKUMOTO Keiichi⁴⁾

【研究目的】

光重合型レジンの歯質接着システムは、ステップ数の簡略化とともにエッチアンドリンスあるいはセルフエッチモードのいずれにおいても使用可能なユニバーサル接着システムが臨床応用されている。一方、修復の対象となる歯質は、酸蝕歯の影響が問題となっている。そこで、口腔内において繰り返し低 pH 環境に曝された被着歯面を想定し、クエン酸を用いて表層脱灰されたエナメル質に対するユニバーサル接着システムの接着耐久性について、剪断接着強さ試験とともに SEM 観察を行うことによって検討した。

【材料および方法】

供試したユニバーサル接着システムは、All-Bond Universal (Bisco), Adhese Universal (Ivoclar Vivadent) および Scotchbond Universal Adhesive (3M ESPE) の 3 製品とした。また、コンポジットレジン Clearfil AP-X (Kuraray Noritake Dental) を使用した。

接着試験には、ウシ下顎前歯エナメル質を耐水性 SiC ペーパーの #600 まで研磨し、超音波洗浄したものを被着歯面とした。被着歯面に対する脱灰条件としては、1.23% クエン酸水溶液を用いて、1 分間作用させ水洗と乾燥させる操作を 5 回繰り返しした後、人工唾液に 1 分間保管したもの（直後群）、脱灰処理を 1 日 2 回、7 日間繰り返したもの（7 日群）の 2 条件とし、処理を行わなかったものをコントロールとした。次いで、エッチアンドリンス条件では、リン酸エッチングを行った後、被着面積を一定にするために、直径 4 mm の穴の開いた両面テープを貼付し、各製造者指示条件に従ってアドヒーズを塗布、照射した。次いで、内径 4 mm、高さ 2 mm の円筒形デュラコン型を置き、レジンをペーストを充填、ポリエチレンストリップを介して照射を行い、これを接着試験用試片とした。これらの接着試験用試片は、24 時間保管した後、あるいはサーマルサイクル試験機を用いて 5 °C および 60 °C に設定された水中に 10,000 回および 30,000 回回温熱負荷した後、万能試験機 (Type 5500R, Instron) を用いてクロスヘッドスピード毎分 1.0 mm の条件で剪断接着強さを測定した。接着強さ測定後の破断試片については、実体顕微鏡を用いて歯質側破断面を観察し、併せて SEM 観察を行った。

【成績および考察】

供試したユニバーサル接着システムの接着強さは、コントロールと比較して直後群で、いずれの製品においても接着強さは向上する傾向が認められた。また、7 日群で、さらに接着強さが向上する傾向を示す製品も認められた。また、リン酸エッチングを行うエッチアンドリンス条件と比較して、これを行わないセルフエッチ条件では、いずれの製品および脱灰条件においても接着強さは低下する傾向が認められた。サーマルサイクル試験を用いた温熱負荷においては、10,000 回および 30,000 回ともに、製品および脱灰条件によって異なり、接着強さは向上あるいはほとんど変化が認められないものに分かれた。

【結論】

供試したユニバーサル接着システムにおいて、クエン酸によって脱灰されたエナメル質への接着性は製品によって異なることが示された。

前処理ステップが異なる3種接着性レジンセメントシステムを用いた 各種被着体に対する接着実態評価

日本歯科大学生命歯学部 接着歯科学講座
○杉山怜央, 越田清祐, 前野雅彦, 奈良陽一郎

Bonding state examination to various substrates using three adhesive resin cement systems with different pretreatment steps

Department of Adhesive Dentistry, School of Life Dentistry at Tokyo, The Nippon Dental University
○SUGIYAMA Reo, KOSHIDA Seisuke, MAENO Masahiko, NARA Yoichiro

【目的】セメントを用いた間接修復物の装着に際しては、被着体を問わない堅固な接着獲得が望まれる。そこで、近年頻用されている前処理ステップが異なる3種接着性レジンセメントシステムを用いて、各種被着体に対する引張接着強さ (TBS) を測定し、それらの接着実態について評価検討した。

【材料および方法】メタルフリーCAD/CAM 修復材料として、長石系セラミックス (VITABLOCS Mark II, VITA, **F**)、二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス (IPS e.max CAD, Ivoclar vivadent, **L**)、コンポジットレジン (CERASMART 300, GC, **R**)、およびジルコニア (Lava Esthetic, 3M, **Z**) の4種を選択した。また、臨床応用頻度の高い金属材料として、12%金銀パラジウム合金 (Castwell M.C., GC, **M**) を用いた。さらに本学部倫理審査委員会の承認 (NDU-T2019-32) を経て、ヒト健全大臼歯の歯冠部水平研削象牙質 (**D**) を対照とし、以上の計6種を被着体とした。接着性レジンセメントシステムには、被着体に応じて前処理材を使い分けるシステム (PANAVIA V5, Kuraray Noritake Dental)、被着体への前処理を不要とするセルフアドヒーシブシステム (SA Luting Multi, Kuraray Noritake Dental)、および全ての被着体を同一アドヒーシブで処理するシステム (RelyX Universal Resin Cement, 3M) の計3種を選択した。接着試験試料の作製には、直径2.4 mmの円形開孔部を有する厚さ70 μmのアルミ箔テープによって被着面規定し、製造者指示に則り規格化レジン硬化体を接着した。37°C水中に24時間保管を経て、C.H.S. 1.0 mm/minでTBSを測定 (n=5) した。統計学的分析には、二元配置分散分析、TukeyのHSD検定、およびメジアンランク法によるWeibull分析を用いた。

【成績と考察】3種セメントシステムを用いた6種被着体間の平均TBSの違いをFig. 1に、Weibullパラメータの違いをFig. 2に示す。量的評価としての平均TBSにおいて、**Z**値は他の被着体値よりも有意に大きく、他の被着体間には有意差を認めなかった。したがって、近年の接着性レジンセメントを用いた場合、特に**Z**は接着強さ獲得に長けた被着体であり、他の修復材料は象牙質と同等の接着強さ獲得性を有することが判明した。また、質的評価の指標となるWeibull係数 (Wm) および10%推定破壊応力値 (PF10) において、**F**、**Z** および **M** の両値は **D** 値より有意に大きく、特に **Z** の両値は6種被着体中で最大であった。したがって、これら3種修復材料はWm / PF10に基づく質的な接着信頼性 / 耐久性に優れることが判明した。加えて、平均TBSの結果と併せ、**Z**は量的・質的共に高品位な接着を獲得できる修復材料であることが示唆された。一方、対照とした**D**のWm値は他の被着体値より有意に小さく、PF10値は他の被着体と同等または有意に低い値を示した。**D**は修復材料に拘わらず、間接修復症例における共通かつ主たる被着対象であることから、今後、多様な修復材料とのより堅固な接着一体化を果たすセメントシステムの開発が望まれる。

【結論】近年の3種接着性レジンセメントシステムを用いた場合、被験対象とした5種修復材料は、象牙質と同等または優れた接着強さ獲得性、接着信頼性・耐久性を有していた。また、これら修復材料は窩洞・支台歯側の主たる被着体となる象牙質と良好な一体化を成す接着実態を示すことが、量的質的観点から推察できた。

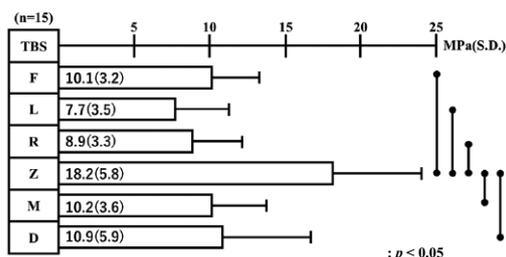


Fig. 1 Differences in mean values of TBS with three adhesive resin cement systems among six substrates

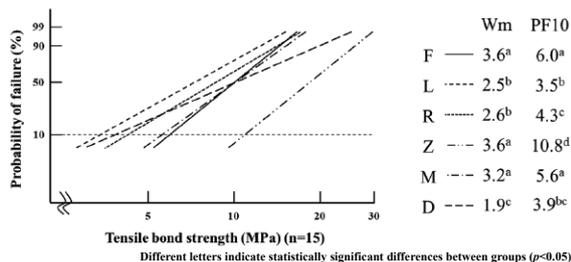


Fig. 2 Differences in Weibull parameters with three adhesive resin cement systems among six substrates

4種類のコンプジットレジンブロックに対するメタクリル酸メチル系および コンポジットレジン系装着材料の接着強さ

長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科 歯科補綴学分野 保存修復学部門

○介田 圭, 江越貴文, 平 曜輔

Bond strength of methyl methacrylate-based and resin-composite based luting agents to four different resin-composite blocks

Div. of Cariology and Restorative Dentistry, Dept. of Prosthetic Dentistry, Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University

○Kaida K, Egoshi T, Taira Y

【目的】

近年、コンピュータ支援設計製造 (CAD/CAM) システムを用いて加工されたコンポジットレジン製のインレー、アンレー、クラウン等を用いて歯冠を修復する機会が増加している。CAD/CAM用コンポジットレジンブロックは従来の光重合型硬質レジンよりも機械的性質が改善されており、臼歯部にも適応可能であるが、支台歯の歯冠高径が短いなど十分な保持形態が得られない場合には、装着した修復物が脱離してしまうことが懸念される。したがって修復物が口腔内で長く機能するためには、コンポジットレジンブロックと装着材料の強力な接着が必要である。コンポジットレジンブロックは、シランカップリング材とリン酸エステル系モノマー (MDP) を共に含有する表面処理材を塗布することによって、メタクリル酸メチル (MMA) 系レジンの接着強さが向上することが知られている。また臨床では、MMA系レジンだけではなく、ボンディング材とコンポジットレジン系セメントを組み合わせた装着材料も利用されているが、どちらの接着力が強いのか十分には明らかにされていなかった。そこで本研究では、4種類のコンポジットレジンブロックに対する接着強さを、トリプルボラン (TBB) を重合開始材とするMMA系レジンの場合と市販のコンポジットレジン系装着材料の場合で比較することを目的とした。

【材料および方法】

コンポジットレジンブロックはGradia Block (GR, ジーシー), Shofu Block HC (SH, 松風), Estelite Block (ES, トクヤマデンタル) およびKZR-CAD HR2 (KZ, ヤマキン) を被着体として用いた。各ブロックから厚さ3 mmの板状試料を切り出し、表面を#600の耐水研磨紙で研削し、蒸留水中で超音波洗浄を行い、乾燥した。被着体の表面処理材としてSuper-Bond PZ Primer (PZP, サンメディカル) とUniversal Plus Adhesive (UPA, 3M) を準備し、前者を試作MMA系レジン (MMA-TBB), 後者をRelyX Universal Resin Cement (RelyX, 3M) と組み合わせて使用した。被着面をテープで直径2 mmに規定し、各表面処理材とレジン系装着材料を塗布し、サンドブラストとプライマー処理を施したステンレス棒と接着した。UPAとRelyXに関してはメーカー指示に従って光照射を行なった。接着した試料を37°C水中に24時間浸漬し、万能試験機を用いてクロスヘッドスピード1.0 mm/minで引張り試験を行い、接着強さを求めた。試料数は各条件8個とし、有意水準5%で分散分析と平均値の多重比較 (Tukey-Kramer HSD) 検定を行った。

【結果と考察】

PZP/MMA-TBB/GRとPZP/MMA-TBB/KZが最も高い接着強さを示し、次いでPZP/MMA-TBB/ES, PZP/RelyX/GR, PZP/MMA-TBB/SHの順であり、UPA/RelyX/SH, UPA/RelyX/ES, UPA/RelyX/KZは比較的低い値であった。また、いずれのコンポジットレジンブロックにおいてもPZP/MMA-TBBの方がUPA/RelyXの場合よりも有意に高い接着強さであった。本研究では市販のMMA系レジン (Super-Bond C&B, サンメディカル) に採用されている機能性モノマー (4-META) の影響を除外するために、4-METAを含まないMMA-TBBレジンを使用した。表面処理に用いたPZPとUPAはどちらもMDPとシランカップリング材を含有しており、これらの成分と無機フィラーとの化学的結合が生じていると考えられる。MMAは分子量が比較的小さくぬれや浸透性がよいこと、TBBによるレジンの重合反応は接着界面の微量の水分によって促進されること、MMAの重合体 (PMMA) には適度な弾性があることなどが接着に寄与したのではないかと推察される。以上の結論として、シランカップリング材とMDPを含有するプライマーおよびTBB重合型MMA系レジンを用いた接着はコンポジットレジン系装着材料に比べて強いこと、さらにその程度は適用するコンポジットレジンブロックの種類によって異なることが示唆された。

新規 2 ステップシステムにおける ボンド塗布後のエアブロー圧が象牙質接着性に及ぼす影響

岡山大学大学院歯薬学総合研究科 歯科保存修復学分野

○大原直子, 小野瀬里奈, 澁谷和彦, 横山章人, 松崎久美子, 山路公造, 吉山昌宏

Influence of air blowing pressure after bond application of a novel two-step system on dentin adhesion performance

Department of Operative Dentistry, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Science

○OHARA Naoko, ONO Serina, SHIBUYA Kazuhiko, YOKOYAMA Akihito, MATSUZAKI Kumiko, YAMAJI Kozo,
YOSHIYAMA Masahiro

【目的】

近年, HEMA フリーのプライマーに疎水性の高いボンドを組み合わせた新規 2 ステップボンディング材が開発された。本研究では, この接着システムにおけるボンド塗布後のエアブロー圧が象牙質接着強さに及ぼす影響について評価することを目的とした。

【材料と方法】

岡山大学大学院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。ヒト健全抜去大白歯の歯冠部象牙質平坦面を耐水研磨紙 #600 にて研削し被着面とした。新規 2 ステップボンディングシステムとして, G2-ボンドユニバーサル (ジーシー) を使用し, 露出象牙質面にプライマー塗布 10 秒間放置後, 強圧エアージェットで 5 秒間乾燥した。次に, ボンド塗布後のエアブローステップにおけるエアブロー圧を強圧, 弱圧, 無圧の 3 条件に設定した。強圧あるいは弱圧群は, 強圧あるいは弱圧にて 8 秒間エアブローすることとし, 無圧群についてはエアブローせず塗布のみとした。ボンドを光照射後, クリアフィル AP-X (クラレノリタケデンタル) を築盛し, 37°C 水中に 24 時間保管した。その後, 被着面が 1mm² になるように短冊状に切り出し, クロスヘッドスピード 1mm/min で微小引張接着試験を行った。試料数は, 各群 n=100 (5 歯) とした。その後, 実体顕微鏡により破断面観察を行った。微小引張接着強さの比較は, 一元配置分散分析および Tukey HSD 法を用い有意水準 5% で行った。

【結果と考察】

微小引張接着強さの平均±SD 値は, 強圧群 57.2±18.8MPa, 弱圧群 53.3±16.1MPa, 無圧群 45.4±14.3MPa であった。無圧群, 弱圧群, 強圧群の順に高い値を示したが, 弱圧群と強圧群間に有意差は認められず, 弱圧群と無圧群間には有意差を認めた。破断面様式の解析では, 弱圧群はコンポジットレジン内部での破壊が多く認められたのに対し, 強圧群では界面破壊が増加した。無圧群ではコンポジットレジンの凝集破壊と接着界面の混合破壊が多く認められた。無圧群の接着強さが最も低い値を示したのは, ボンド層が厚くなったために接着の弱点となった可能性が考えられる。一方, 強圧群ではボンド層を薄くしたことにより高い接着強さの値を示したが, 応力ひずみが界面に集中する傾向が生じたために界面破壊が増加したと考えられる。

【結論】

新規 2 ステップボンディングシステムは, ボンド塗布後に弱圧のエアブローでボンドを均一な層にすることが推奨されているが, 強圧ブローでも高い接着力を有しており, エア圧の影響を受けないユーザーフレンドリーなシステムといえる。

本研究において, 開示すべき利益相反関係にある企業などはありません。

新規プライマーで処理した各種補綴物に対する 4-META/MMA-TBB レジンの接着耐久性

サンメディカル株式会社 研究開発部
○宮森沙耶香, 横山武志, 山本裕也, 小里達也

Bond durability of 4-META/MMA-TBB resin to various prostheses treated with new primer
Sun Medical Co., Ltd. Research & Development Department
○Sayaka Miyamori, Takeshi Yokoyama, Yuya Yamamoto, Tatsuya Ori

【目的】近年、歯科修復のメタルフリー化や審美的要求などの増加に伴い、歯科修復材料が多様化している。修復材料に対しては、それぞれの材質に適した前処理を行う必要があり、前処理の1つとしてプライマーによる被着面の改質が挙げられる。これまで修復材料の材質毎に特化したプライマーが複数種類販売されてきたが、現在では操作性を向上させた前処理材のユニバーサル化が主流となってきた。このような前処理材は修復物の材質毎に専用の前処理材を塗布する必要がないという簡便性と、異なる材質が混在した修復物への前処理において材質毎に塗り分けが不要かつ煩雑な操作が省略できることからヒューマンエラーの低減が期待できる。

この度、金属、ジルコニア、セラミックス等の歯科修復物全般に適用できる前処理材としてM&C PRIMERを開発した。M&C PRIMERはA液にリン酸エステル系モノマーおよびジチオール化合物、B液にシランカップリング剤を配合した2液型のプライマーである。2液型にすることで、室温保管下(1~30℃)においても高い品質安定性が確保できる。また、我々はPMMAの分子量や粒子径等を最適化することで筆積性および混和性に優れた新規ポリマー Super-Bond Universal Polymerを開発し、種々の特性について第154回日本歯科保存学会にて報告した。

そこで本研究では、M&C PRIMERおよびSuper-Bond Universal Polymerを用いた新規開発製品の組み合わせと、スーパーボンド PZ プライマーもしくはV-プライマーおよびポリマー粉末を用いた既存製品の組み合わせにおいて、各種補綴物に対する接着耐久性の比較を行った。

【材料および方法】被着体として、ジルコニア(Lava/3M ESPE)、金銀パラジウム合金(キャストウエル M.C.<金12%>/ジーシー)、ポーセレン(ノリタケ スーパーポーセレン AAA/クラレノリタケデンタル) CAD/CAM レジンブロック(セラスマート300/ジーシー)および二ケイ酸リチウム(IPS e-max CAD/Ivoclar Vivadent)の5種を用いた。ジルコニアおよびCAD/CAM レジンブロックの被着面は、耐水研磨紙にて#600まで研磨後サンドブラスト処理を0.2 MPaの圧力で行った。金銀パラジウム合金の被着面はジルコニアと同様で、サンドブラスト処理の圧力を0.5 MPaに変更して行った。ポーセレンおよび二ケイ酸リチウムの被着面は耐水研磨紙にて#600まで研磨した。各被着面をφ4.8 mmに規定し、規定面に各プライマーを塗布し、乾燥させた。その後、スーパーボンド(以下、SB/サンメディカル)を用いて被着面とサンドブラスト処理したSUS棒を接着させた。各試料はSBの硬化を確認後、5℃と55℃の温度条件下で各々20秒浸漬を1サイクルとしたサーマルサイクルを20,000回行った。サーマルサイクル試験後の各試料は、万能試験機(オートグラフAG-1S, 島津製作所)を用いて、クロスヘッドスピード2 mm/minで引張試験を行った。得られた結果の統計処理は、t-testを用いて有意水準5%で行った。

【結果および考察】サーマルサイクル試験20,000回後の接着強さは、何れの条件においても20 MPa以上の良好な値を示した。破壊面はCAD/CAM レジンブロックの場合では半数以上がブロックの破壊であり、その他の被着体はSBの凝集破壊または混合破壊が多く観察された。また、M&C PRIMERおよびSuper-Bond Universal Polymerを用いた群は既存製品を用いた群と比較して、何れの被着体においても同等以上の接着強さを示し、両者間の有意差は認められなかった。よって、M&C PRIMERは金属、ジルコニア、セラミックス等の歯科修復物全般に適用でき、それらの接着強さは既存プライマーと同程度であったことから、各種補綴物に対してプライマー中の有効成分が作用した結果と推察できた。

【結論】新たに開発されたM&C PRIMERとスーパーボンドの組み合わせは5種の補綴物に対して良好な接着耐久性を示し、そのプライミング効果はスーパーボンド PZ プライマーおよびV-プライマーと同程度であることが示唆された。

新規光重合型レジンセメントの歯質接着性の検討

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⁾, 武田宏明²⁾, 鳥井康弘²⁾, 松本卓也¹⁾

Shear bond strength to tooth structure of a new light-cured resin cement

¹⁾Department of Biomaterials, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences.

²⁾Department of General Dentistry,

○Masao IRIE¹⁾, Masahiro OKADA¹⁾, Hiroaki TAKETA²⁾, Yasuhiro TORII²⁾, Takuya MATSUMOTO¹⁾

【 緒言 】

修復材料の多様化や審美性ニーズの高まりで、用途に応じた使用感や特性を有するレジンセメントが求められている。たとえば、ラミネートベニアの接着には良好な流動性を有し、十分な操作時間を有する光重合型レジンセメントが所望されている。そこで今回は、前述の要望に即し開発された新規光重合型レジンセメントの歯質接着性に関し、同種のセメントと比較検討した。

【 材料と方法 】

光重合型レジンセメントは新規開発の HL-100C (Kuraray Noritake Dental Inc.) を使用、下記の Table に比較検討として使用した材料 (Light-cured cement 3 種、Dual-cured cement 1 種) の一覧を示した。方法は、ヒトエナメル質と象牙質を対象として使用 (岡山大学研究倫理審査専門委員会: 承認番号 研 1901-036), ISO の接着強さの測定指針 (ISO 11405) に準じて測定した。すなわち、被着面を # 320 の耐水研磨紙で最終研磨後、各製造業者の指示にしたがい前処理材にて歯質を処理 (エナメル質はリン酸処理: K-ETCHANT Syringe, 10 sec., Kuraray Noritake Dental Inc. を併用)、テフロンモールド (内径 3.6 mm, 深さ 2.0 mm) を被着面に固定し、テフロンモールド内にセメントを塗布後、KATANA Avencia Block A2LT から作成したロッド (直径 3.4 mm, 高さ 2.0 mm, 被着面はサンドブラスト処理後、CLEARFIL Ceramic Primer Plus: Kuraray Noritake Dental Inc. で処理) を圧接し接着させた。光照射 (20 sec. × 3) 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、レジンセメントと比較検討した。

【 結果と考察 】

下記の Table に 1 日後のエナメル質および象牙質に対するせん断接着強さを示した。いずれのセメントもエナメル質と象牙質に対するせん断接着強さを比較すると有意な差がみられ、エナメル質はリン酸処理の効果と思われた。象牙質に対するせん断接着強さも、直接法¹⁾と比較しても類似の値を示した。HL-100C は、PANAVIA V5 Tooth Primer を歯質処理材として併用することにより、他のセメントと比較して良好な歯質接着性を示し、ラミネートベニアの接着など光重合型レジンセメントとしての有用性が示された。また HL-100C の歯質接着性は、同じ前処理材を使用した Dual-cured resin cement である PANAVIA V5 と同等であった。

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. Shear bond strength to enamel and to dentin substrates after one-day storage (MPa)

Resin cement / Pretreating agent (Manufacturer)	Mean (S.D., n=10)		t-Test ^a
	To Enamel	To Dentin	
HL-100C / PANAVIA V5 Tooth Primer (Kuraray Noritake Dental Inc.)	34.0 (4.3)	22.5 (4.5)	S
RelyX Veneer / Scotchbond Universal Plus Adhesive (3M)	30.6 (5.0)	17.3 (3.4)	S
BeautiCem Veneer / BeautiBond Xtreme (Shofu)	30.9 (5.7)	18.4 (4.8)	S
Variolink Esthetic LC / Adhese Universal (Ivoclar Vivadent)	21.7 (4.2)	16.7 (3.9)	S
PANAVIA V5 / PANAVIA V5 Tooth Primer (Kuraray Noritake Dental Inc.)	33.8 (4.1)	22.0 (3.8)	S

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

【 文献 】

1) Irie M *et al.*, Performance of Class I composite restorations when polished immediately or after one-day water storage. *PLOS ONE* 12: e0183381, 2017.

ユニバーサルタイプのプライマーを併用した新規接着性レジンセメントの象牙質に対する接着性について

大阪歯科大学 歯科保存学講座

○諸頭秀俊, 保尾謙三, 三木晃治, 緒方彩乃, 森川裕仁, 横田啓太, 小正玲子, 竹内 撰, 山本一世

Study on bond strength of new resin cement combined with universal primer to dentin

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

○MOROTO Hidetoshi, YASUO Kenzo, MIKI Koji, OGATA Ayano, MORIKAWA Yuto, YOKOTA Keita, KOMASA Reiko, TAKEUCHI Osamu, YAMAMOTO Kazuyo

【目的】

コンポジットレジンやセラミックスなど脆弱性材料による間接修復処置の装着には接着性レジンセメントが用いられるが、その接着処理はそれぞれのレジンセメントにより異なった方法で行われている。今回、歯質や様々な補綴物材料に対して接着処理が可能なユニバーサルタイプの1-ステップセルフエッチングアドヒーズブを併用した新規接着性レジンセメントについて、象牙質の接着性について検討したので報告する。

【材料と方法】

セルフアドヒーズブレジンセメントとして、ジーセム ONE EM (GOE, GC), リライエックスユニバーサルレジンセメント (RUR, 3M), レジセム EX (REX, SHOFU) を使用した。プライマーとして、G-マルチプライマー・ジーセム ONE 接着強化プライマー (GC) を、1-ステップセルフエッチングアドヒーズブタイプのユニバーサルプライマーとして、スコッチボンドユニバーサルプラスアドヒーズブ (3M) とビューティボンド Xtreme (SHOFU) を製造者指示に従い各レジンセメントと併用した。

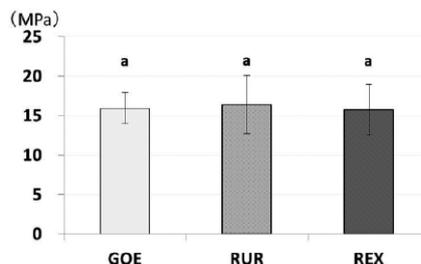
ウシ歯象牙質に平坦面を作製し、耐水研磨紙#600 まで研磨を行い被着面とした。各被着面に内径 3 mm の穴を開けたマスキングテープを張り付け被着面積を規定した。治具はクリアフィル AP-X (クラレノリタケデンタル, A3) をテフロンモールドに填塞・硬化させ作製し、被着面にサンドブラスト処理を行った。それぞれのセメントについて、製造者指示に従い接着操作を行い、24 時間 37°C 水中保管した後、万能試験機 (IM-20, Intesco) を用いて CHS= 0.3 mm/min にて引張接着強さを測定した (n= 10)。統計処理は、一元配置分散分析および Tukey の検定を行った (p < 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 20-04009)。

【結果と考察】

各セメントの接着強さを Fig. 1 に示す。RUR, GOE ならびに REX の接着強さには有意差は認められなかった。RUR と GOE はプライマーとレジンセメントの接触面から重合が開始されるタッチキュアであること、REX はプライマー塗布後に行う光照射により樹脂含浸層が形成され、レジンセメントとの強固な接着が得られたためと考えられる。

【結論】

ユニバーサルタイプのプライマーを併用した新規接着性レジンセメントは、象牙質に対してプライマー併用セルフアドヒーズブセメントと同程度の接着性を示すことが示唆された。



The same letters were not significantly different (p > 0.05)

Fig. 1 Tensile bond strengths of each resin cements to dentin

Influence of ZnO and CuO nanoparticles on dentin bonding ability

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

²Department of Restorative Dentistry, Graduate School of Dental Medicine Hokkaido University

○ALTANKHISHIG Bayarchimeg¹, MATSUDA Yasuhiro¹, IZUMIKAWA Masanobu¹,
SANO Hidehiko², SAITO Takashi

Introduction

With continuously improving bonding technology, the adhesive resin restoration strategy is being used increasingly in clinical practice because it is less invasive. However, failure of composite restoration and secondary caries still occurs due to degradation of adhesive resin, bacterial infection, and dentin deterioration. Therefore, the development of materials with antibacterial and enzymatic inhibitor properties is important, without decreasing the mechanical properties and durability of the adhesive. Zinc oxide (ZnO) and copper oxide (CuO) nanoparticles are known for their antibacterial effects. The purpose of this study was to evaluate the effect of ZnO and CuO nanoparticles on the dentin bond strength using a μ SBS test. Antibacterial and MMP inhibitor effects were also examined.

Materials and Methods

Four different nanocomposites ZC (zinc and copper ratio 2:1), ZC-1C (zinc and copper ratio 20:1), ZCF (zinc and copper ratio 2:1), and ZCF-1C (zinc and copper ratio 20:1) were prepared according previous study^[1]. To evaluate the μ SBS test 20 bovine teeth were used. A self-etch adhesive (Clearfil SE bond, Kurary) was prepared and applied with and without (control) nanoparticles using two different sizes of micro-brush (head size: 1 mm and 2 mm), respectively, according to the manufacturer's instructions. Thereafter, several Tygon tubes were fixed on the dentin surface, and the tube was filled with Clearfil AP-X (Shade A3, Kurary) resin composite and light cured. All specimens were stored in distilled water at 37° C for 24 hours, 1 month and 3 months. The samples were then tested at a crosshead speed of 1.0 mm/min using an EZ-Test Machine (Shimazu).

Adhesive bonds with and without nanoparticles were applied by two different micro-brushes on a acrylic disk and light-cured. The element composition of samples were analyzed by XRF (JSX-3220ZS, JEOL). MMP activity assays were conducted using recombinant MMP-2, MMP-8 and MMP-9 with MMP fluorometric assay kits (SensoLyte assay kits; AnaSpec, Fremont, CA, USA) following manufacturer's recommendations. All data were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's test ($p < 0.05$). The fractured surfaces were observed by scanning electron microscopy (SEM, S-3500N, Hitachi).

Results and Discussion

There were no significant differences among the bond strengths of the four different materials groups by the 1 mm micro-brush after 24 h. However, that of the materials group tended to increase than the control group. Meanwhile, the bond strength of the 2 mm micro-brush groups tended to increase than the control group after 24 h and one month, but there is no significant difference. The element composition of adhesive bonding, ZC, and ZCF had significantly higher Zn and Cu in the 2 mm micro brush group than in the 1 mm group. ZC-1C had a significant inhibitory effect on MMP-2, MMP-8, and MMP-9, while others significantly affected MMP-9. Thus, the present study demonstrated that the addition of ZnO and CuO nanoparticles to the adhesive system could provide an anti-MMP effect without a negative influence on the mechanical properties.

Conclusion

The addition of nanoparticles tended to increase the adhesive strength. It was found that the nanoparticles inhibited the activity of MMPs. The nanoparticles could protect the dentin and stabilize the adhesive strength in the long term without reducing the adhesive strength.

[1] Matsuda et. al. Antibacterial effect of a fluoride-containing ZnO/CuO nanocomposite. NUCL INSTRUM METHODS PHYS RES B 456(1), 184-188, 2019.

近年の歯科用ジルコニアに対するレジンセメントの接着強さの長期耐久性

¹⁾岡山大学病院 総合歯科, 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⁾, 鳥井康弘¹⁾, 松本卓也²⁾

Long term durability of shear bond strength to modern zirconia for restoration

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⁾, Nozaki Takayoshi¹⁾, Hiroaki Taketa¹⁾, Yasuhiro Torii¹⁾, Takuya Matsumoto²⁾

【 緒言 】

審美修復材料の進歩に伴い、近年ではジルコニア材料でも審美性の高い材料の開発が進んでいる。そのようなジルコニア材料の臨床応用への基礎的な知見を得るために今回、審美性の高いジルコニア材料に対する各種レジンセメントの長期耐久性を、接着1日後とサーマルサイクル20,000回負荷 (TC 20k) 後で比較・検討した。

【 材料と方法 】

Tableに示した4種のSelf-adhesive resin cement (SAC)と5種のAdhesive resin cement (AC)及び、被着体としてLava Esthetic Zirconia (3M)を使用してせん断接着試験を行った。方法は、ISOの接着強さの測定指針 (ISO/TR 11405)を参考にして行った。焼成したジルコニアは直径約5mm、厚さ約2mmにトリミングして被着面を確保した。被着面を、320番の耐水研磨紙で最終研磨後、サンドブラスト処理 (Jet Blast II, J. Morita) (粒子径50µmのアルミナを0.3MPa, 10秒間)し、蒸留水で水洗の後、エアーにて十分に乾燥させた。その後、テフロンモールド (内径3.6mm、深さ2.0mm)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。光照射 (20×2秒間)して硬化させた場合 (Dual-cure)と、37℃恒温室に8分間保存して硬化させた場合 (Self-cure)の条件で、1日間37℃蒸留水中浸漬後およびTC 20k後のせん断接着強さを比較した。

【 結果と考察 】

下記のTableに結果を示す。ほとんどのセメントでdual-cureとself-cureを比較すると有意差が見られなかった (p>0.05)。破断面を観察すると、多くで凝集破壊や混合破壊を示し、セメント自体の機械的強さの影響が大いに考えられた¹⁾。また、今回は統計的に比較しなかったが、一部のセメントにおいて1日後とTC 20kでは、TC 20kの方が低い値を示し、吸水、加水分解によるセメント自体の機械的強さの低下が大きく考えられる¹⁾。

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 Shear bond strength to modern ceramic (Lava Esthetic Zirconia) of luting materials (MPa)

	Cement / Pretreating agent (Manufacturer)	After one-day storage			After TC 20k		
		Dual-cured vs. Self-cured	<i>t</i> -Test ^a		Dual-cured vs. Self-cured	<i>t</i> -Test ^a	
Self-adhesive resin cement	RelyX Unicem 2 Automix / None (3M)	30.9 (4.7)	31.7 (4.5)	NS	31.8 (7.1)	32.7 (4.0)	NS
	SpeedCEM Plus / None (Ivoclar Vivadent)	24.9 (2.9)	24.1 (5.4)	NS	23.6 (4.8)	15.0 (2.5)	S
	SA Luting Multi / None (Kuraray Noritake)	40.1 (4.9)	40.9 (2.9)	NS	40.2 (6.4)	41.5 (4.6)	NS
	G-Cem ONE EM / None (GC)	41.3 (5.6)	42.8 (4.3)	NS	28.3 (4.9)	26.2 (3.7)	NS
Adhesive resin cement	RelyX Universal Resin Cement / Scotchbond Universal Plus Adhesive (3M)	50.2 (5.4)	46.0 (4.1)	NS	43.1 (8.7)	40.9 (5.2)	NS
	G-Cem ONE EM / G-Multi Primer (GC)	46.6 (7.1)	45.0 (4.9)	NS	44.4 (3.3)	41.6 (5.2)	NS
	Panavia V5 / Clearfil Ceramic Primer Plus (Kuraray Noritake)	42.6 (6.8)	38.1 (5.1)	NS	40.3 (4.9)	38.0 (4.8)	NS
	ESTECER II / BONDMER Lightless (Tokuyama Dental)	38.3 (7.4)	34.9 (7.8)	NS	37.1 (4.2)	34.3 (6.6)	NS
	Variolink Esthetic DC / Monobond Plus (Ivoclar Vivadent)	46.5 (5.8)	45.1 (6.3)	NS	43.2 (4.7)	42.9 (5.3)	NS

^{a)} Significantly different by *t*-Test between the two results. NS: Not significant difference (p > 0.05), S: Significant difference (p < 0.05)

【 文献 】

1) Irie M *et al.*, *Polymers* **2020**, 12, 2947; doi:10.3390/polym12122947

高透光性ジルコニアとレジンセメントの接着性に対する 10-MDP の濃度の影響 ～サーマルサイクル後の剪断接着強さ～

昭和大学歯学部歯科保存学講座 美容歯科学部門

○染次優子, 小林幹宏, 新妻由衣子, 菅井琳太郎, 長谷川正剛, 池田遼太, 寺島実華子, 真鍋厚史, 北原信也

Effect of 10-MDP concentration on bond strength of resin cements to high translucent zirconia ～shear bond strength after thermal cycling～

Department of Conservative Dentistry, Division of Aesthetic Dentistry and Clinical Cariology
Showa University School of Dentistry

○SOMEJI Yuko, KOBAYASHI Mikihiro, NIIZUMA Yuiko, SUGAI Rintaro, HASEGAWA Masataka, IKEDA Ryota,
TERASHIMA Mikako, MANABE Atsufumi, KITAHARA Nobuya

【目的】

高透光性 PSZ (5 mol% yttria partially stabilized zirconia (5Y-PSZ)) が開発されたことで、ジルコニアを用いた適応症例が多くなり、ますます歯科用ジルコニアの需要が高まっている。我々は、5Y-PSZ とレジンセメントの接着に関する研究を行っており、10-MDP は 5Y-PSZ に対する前処理として接着性に有効であり、初期接着時における 10-MDP の最適濃度について報告してきた。¹⁾

そこで本研究では、サーマルサイクル負荷の条件下で、10-MDP の異なる濃度による 5Y-PSZ とレジンセメントにおける接着性を剪断接着試験および破断面の走査型電子顕微鏡 (SEM) での観察により評価した。

【材料および方法】

本研究での 5Y-PSZ は Zpex Smile (東ソー株式会社) であり、YAMAKIN 株式会社が加工し東ソー株式会社が研磨を行い作製したものを使用した。

試作 5Y-PSZ を耐水研磨紙 #1000 にて研磨し、アセトンおよび蒸留水にて超音波洗浄を行った。5Y-PSZ の被着面積はマスキングテープを用いて直径 4.0 mm, 厚さ 70 μ m に規定した。被着面に試作 10-MDP 含有プライマー [5wt%, 10wt%, 15wt%, 20wt%, 25wt%, 30wt%] を塗布した後、接着体の 5Y-PSZ (5 Φ × 1.5 mm) を RelyX Ultimate (RXU, 3M ESPE) と PANAVIA V5 (PV5, クラレノリタケデンタル) の 2 種類のレジンセメントを用いて、20N の加圧条件下でそれぞれ接着させ試験片とした。また、10-MDP 含有プライマーを塗布しなかったものをコントロール群 (Ctr) とした。すべての試験片は、37°C 水中に 24 時間保管した後、サーマルサイクル (5°C-55°C, 各 30 秒) を 10,000 回実施し、万能試験機 (Type5500, INSTRON) を用いてクロスヘッドスピード 1 mm/min で剪断接着試験を行った (n=10)。得られた結果は、One-way ANOVA および Tukey test にて有意差 5% にて分析した。

また、剪断後の破壊形態を SEM にて観察し、凝集破壊、界面破壊および混合破壊の 3 つに分類して評価した。

【結果および考察】

剪断接着試験の結果、RXU および PV5 の両者ともに、10-MDP を塗布したものは Ctr 群と比べて接着強さが大幅に向上したが、その接着強さは 10-MDP の濃度によって異なることが認められた。また、高濃度の 10-MDP を塗布した場合は、他条件に比べて低い接着強さが得られた。

破断面の破壊形態において、レジンセメントの種類に関わらず Ctr 群ではすべて界面破壊であり、その他の濃度においては界面破壊と混合破壊が観察された。

これらのことから、サーマルサイクルによる加速劣化後であっても、初期接着時と同様に 10-MDP は 5Y-PSZ とレジンセメントの接着性に有効であり、10-MDP の濃度によって 5Y-PSZ とレジンセメントの接着強さは異なることが認められた。また、デュアルキュア型レジンセメントの組成によっても 10-MDP の最適な濃度は異なることが考えられる。

【結論】

サーマルサイクル負荷後の 5Y-PSZ とレジンセメントの接着において 10-MDP は有効であり、10-MDP の濃度によって異なる接着強さが得られることが示された。また、レジンセメントの種類もその接着強さに影響があることが示唆された。

1) 新妻ら, 第 30 回日本審美学会 2019 年度 抄録集 p. 4

Effect of strontium chloride-containing HOCl-smear layer deproteinization on dentin bond strength of 1-SEAs

¹Department of Cariology and Operative Dentistry, Graduate School of Medical and Dental Science, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan

²Department of Regenerative Dental Medicine, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences, Tokushima, Japan

○ Kittisak Sanon¹, Takashi Hatayama¹, Keiichi Hosaka², Yasushi Shimada¹, Masatoshi Nakajima¹

Objective: Smear layer deproteinization with oxidizing agent, NaOCl and HOCl, improves the quality of resin-dentin interface by elimination of hybridized smear layer. However, its oxidizing effect hampers the polymerization of adhesive. An addition of metal chloride, who can initiate the polymerization, in deproteinizing agent might reverse this issue. Therefore, this study aimed to evaluate microtensile bond strength (μ TBS) of 1-step self-etch adhesives (1-SEAs) to smear layer-deproteinized dentin by HOCl solution with or without SrCl₂, and their deproteinizing effects on smear layer-covered dentin surface.

Materials and Methods: Following ethical approval by the Ethics Committee of Tokyo Medical and Dental University under protocol number 2013-022, human dentin surfaces were deproteinized with 105 ppm HOCl solution (pH 6.8; provided by Tokuyama Dental) with or without 0.8, 1.6, 3.2, or 6.3 wt% SrCl₂, for 5 s, 15 s, or 30 s and rinsed with water for 5 s, 15 s, or 30 s, whereas no pretreatment was used as control (n=5 teeth, 20 beams). Microtensile bond strength (μ TBS) was tested 24 h after bonding with either Bond Force II or Clearfil Universal Bond Quick. The deproteinizing effects on smear layer-covered dentin were compared by measuring changes in the amide:phosphate ratio using the attenuated total reflection Fourier transform infrared (ATR-FTIR). The data were analyzed by multifactor ANOVA with Tukey's post hoc test at the significance level of 0.05.

Results: The results of μ TBS are summarized in Fig. 1. HOCl-smear layer deproteinization for 15 s and 30 s significantly reduced the amide:phosphate ratio of smear layer (p<0.05), regardless of the concentration of SrCl₂ and rinse-off time.

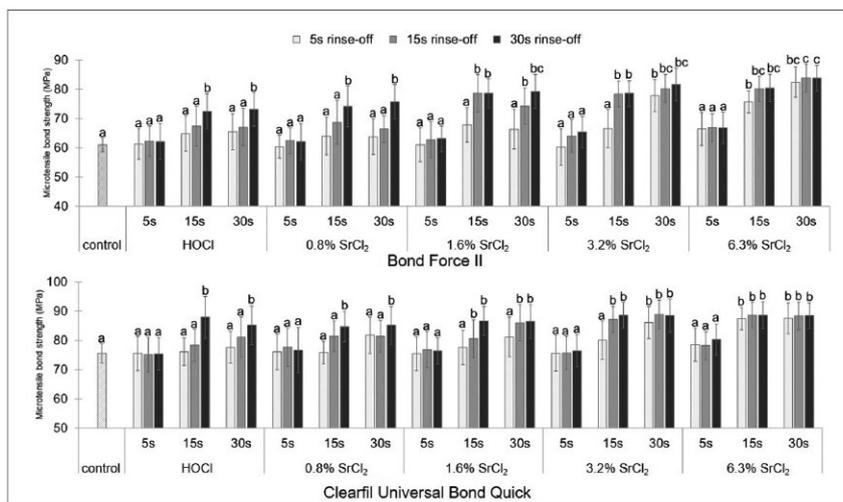


Fig. 1 Means and standard deviations of μ TBS. The different script letter indicates the statistically significant differences (p<0.05)

Conclusion: HOCl-smear layer deproteinization for 15 s and 30 s could improve the dentin bond strengths of 1-SEAs when rinsed off with water for 30 s. The addition of higher concentration of SrCl₂ of 6.3 wt% in HOCl solution could improve their dentin bond strengths with shorter rinse-off time of 5 s. Additionally, it did not affect the deproteinizing effect of HOCl solution.

Clinical significance: Smear layer deproteinization with 6.3 wt% strontium chloride-containing HOCl could increase dentin bond strength of 1-SEAs.

象牙質レジンコーティング面におけるレジンセメントの接着性能評価

株式会社ジーシー

○山下 美樹, 平野 恭佑, 伏島 歩登志

Evaluation of immediate dentin sealing applications on bonding of cement

GC CORPORATION, TOKYO, JAPAN

○Miki Yamashita, Kyouzuke Hirano, Futoshi Fusejima

【目的】

2019年12月に象牙質レジンコーティング法が保険収載された。象牙質レジンコーティング法とは、間接修復法において、形成後・印象採得前に、接着材料によって露出象牙質・歯髄を保護する方法のことである^[1]。また象牙質をコーティングすることにより、露出象牙質の保護だけでなくレジンセメントの象牙質に対する接着性向上が期待されている^[1]が、市場では1ステップの簡便さを示した製品が用いられており、具体的な接着性能についての報告は少ない。

弊社では、2ステップボンディング材の接着性能に加えて、1液のみでも象牙質レジンコーティング材として使用可能な簡便さを兼ね備えた、新規2ステップボンディング材「G2-ボンド ユニバーサル」を開発した(以下G2)。そこで本研究では、市販製品の象牙質レジンコーティング面に対するレジンセメントの接着性について評価を行った。

【材料及び方法】

市販製品として、G2 1-プライマー(ジーシー、G2P)、G-プレミオ ボンド(ジーシー、GPB)を用いた。JIS T6611を参考にして試験体作製およびせん断接着試験を実施した。ウシ下顎前歯歯冠部を常温重合レジンに包埋し、SiC 耐水研磨紙(#600)により注水研磨し、象牙質を露出させ被着面とした。試験条件として、レジンコーティング処置あり/なしについて評価した。レジンコーティングありの条件では、各製品を製造業者指示に従って処置し被着面とした。レジンコーティングなしの条件では、#600 研磨した象牙質を被着面とした。被着面にφ3.0mm、厚さ100μmのテフロンシールを貼付することで、セメント層の面積と厚さを規定した。アルミナサンドブラストしたステンレスロッドにジーセム ONE EM(ジーシー)を塗布し、被着面に10Nで10秒間圧接し試験体とした。試験体を37℃の水中で24時間保管したのち、オートグラフ(AG-IS、島津製作所)を用いてクロスヘッドスピード1mm/minでせん断接着試験を実施した(n=5)。得られた結果を、Tukey検定により統計処理した(p<0.05)。

【結果及び考察】

せん断接着試験の結果をFig.1に示した。G2P及びGPBをコーティングした場合、コーティングなしの条件に対して有意に高い接着強さを示した。このことから、G2P及びGPBの高い歯質接着性能、およびレジンコーティング面とレジンセメントの濡れ性の良さが考えられる。

【結論】

2ステップボンディング材であるG2-ボンド ユニバーサルを1液のみでレジンコーティングした場合において、高い接着強さを有したことより、レジンセメントの象牙質に対する接着性の向上が期待できる。

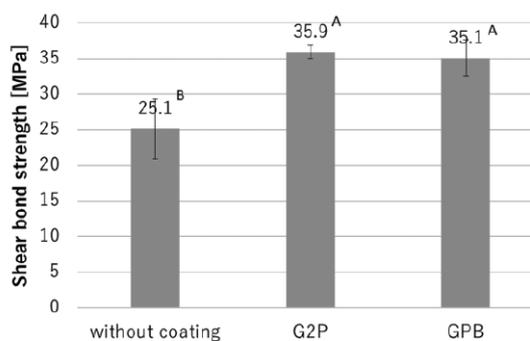


Fig. 1 Shear bond strength of resin cement

参考文献

[1] 「保険収載された象牙質レジンコーティング法 の診療指針」 一般社団法人 日本接着歯学会 学術委員会

抗菌的光線力学療法 (aPDT) 後の感染象牙質プレートに対するセルフエッチシステムの 剪断接着強さ

日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座
○吉井大貴、新海航一

Shear bond strength of antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) applied to infected dentin plates

²Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata
○YOSHII Daiki, SHINKAI Koichi

【研究目的】

抗菌的光線力学療法 (antimicrobial Photodynamic Therapy、以下 aPDT) は、近年では感染象牙質に対する殺菌効果が報告されている。aPDT 応用直後は、感染象牙質表層に活性酸素が残留する可能性があるため、各種接着システムの接着強さが低下する危惧がある。しかし、aPDT を応用した感染象牙質に対する接着強さを検討した研究報告は数少ない。本研究の目的は、aPDT を応用した感染象牙質プレートに対するセルフエッチシステムの剪断接着強さを評価することである。

【材料および方法】

感染象牙質プレートの作製: ウシ抜去下顎前歯を用いて約 6×6×2mm の象牙質プレートを作製した。象牙質プレートの表面を K エッチャント GEL (クラレノリタケデンタル) で脱灰して象牙細管を開口させ、超音波洗浄後、オートクレーブ (2atm, 121°C、15min) を用いて滅菌した。マイクロチューブ (Falcon) に象牙質プレートを浸漬し、吸光度 0.3 に調節した *S. mutans* (ATCC27175) の菌液を、500μL ずつ分注した。遠沈 (2,000rpm、10 分間) を行った後、37°C、5% CO₂ 環境下で 12 時間培養した。その後 10mM リン酸緩衝液 (以下 sPBS) 中で 1 分間の攪拌、洗浄を行って感染象牙質プレートとした。

感染象牙質プレートの前処理: (1) 象牙質プレートに対して Brilliant Blue (東京化成工業) の 1% sPBS 溶液を 100μL 滴下し波長 650nm の Pad Light を用いてレーザーを照射した (aPDT 群)、(2) aPDT 応用後に歯面処理材 アクセル (サンメディカル) を塗布し 10 秒放置後水洗した (Acc 群)、(3) 無処理 (control) とした (n = 10)。

接着処理と剪断接着試験: 即時重合レジンを用い、リング状固定台の底面と感染象牙質プレートが平行になるように調整し、固定を行った。プレートに直径 2 mm の円形開窓部を有する両面テープを貼付した後、その上にアクリルチューブ (内径 3 mm、高さ 3 mm) を固定して模擬窩洞を作製した。各群に対して、クリアフィルムメガボンド 2 (クラレノリタケデンタル) を用いて接着処理を行った (プライマー 20 秒塗布→エアブロー→ボンディング塗布→光照射 10 秒)。その後、クリアフィルマジスティ ES フロー Low A2 (クラレノリタケデンタル) で充填を行い、各々 20 秒間光重合を行った。試料を恒温恒湿装置中に 24 時間保管した後、小型卓上試験機 EZ Test 500N (島津製作所) を用いてクロスヘッドスピード 1.0mm/min で剪断接着強さ試験を行った。得られたデータは一元配置分散分析を用いて統計学的有意差を検定した。接着破壊様式は実体顕微鏡を用いて判定した。また、接着破壊様式の判定結果から各破壊様式の代表的な試料を選択し、それらの接着破壊面の微細形態について走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて観察した。

【結果と考察】

実験結果を表に示す。得られたデータは等分散していなかったため、Kruskal-Wallis 検定を行った。その結果、実験群間に有意差は認められなかった (p > 0.05)。しかしながら、Acc 群は、control 群と aPDT 群と比較して低い数値を示した。アクセルには芳香族スルフィン酸塩が含まれており、還元剤として働くため、残留活性酸素の除去を期待して使用した。しかし、スルフィン酸塩は水溶液中で酸化されやすく、aPDT によって発生した活性酸素と反応してスルホン酸に変化したと推察される。したがって、セルフエッチングプライマーとアクセルの併用によって象牙質は過脱灰されたため、接着強さが低下したと推測される。

Figure.

	aPDT	Acc	control
Shear bond strength in each group	28.1 (6.7)	25.6 (2.6)	31.2 (6.5)
			Mean (SD), Unit: MPa

色調適合性を有する各種コンポジットレジン¹の曲げ特性

¹ 日本大学松戸歯学部歯科生体材料学講座

² 日本大学松戸歯学部保存修復学講座

○岩崎太郎¹, 永田俊介¹, 塚原 弾², 平山聡司², 谷本安浩¹

Flexural properties of various resin composites having the color matching ability

¹Department of Dental Biomaterials, Nihon University School of Dentistry at Matsudo

²Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry at Matsudo

○Taro Iwasaki¹, Shunsuke Nagata¹, Dan Tsukahara², Satoshi Hirayama², Yasuhiro Tanimoto¹

【緒言】

コンポジットレジン (以下, CR) 修復では, 窩洞に充填する前準備としてシェードテイキングを行い, 症例に応じた色調を選択するのが一般的である。現在, このシェードテイキングが不要もしくはその時間の短縮を可能とする, 優れた色調適合性を示す CR が数種類上市されている。患者に対する恩恵ばかりでなく経済的な面からも今後の需要拡大が見込まれる。一方, これらの機械的性質については不明な点が多い。そこで本研究では, 色調適合性を有する各種 CR に対して 3 点曲げ試験を行い, それらの曲げ特性についての評価・検討を行った。

【材料および方法】

本研究では色調適合性を有する CR とそのブロッカー (色調遮蔽材料) として, (1) トクヤマデンタル社製 Omnichroma (OMC), Omnichroma blocker (OMB), Omnichroma flow (OMF), Omnichroma flow blocker (OFB), (2) 松風社製 Beautifil unishade (BUN), Beautifil unishade blocker (UNB), (3) クラレノリタケデンタル社製 Clearfil majesty ES flow universal U (CLM), Clearfil majesty ES flow universal UOP (UOP) を用いた。また, 対照群として従来の CR であるトクヤマデンタル社製 Estelite Σ quick (EST), Estelite universal flow (ESF), 松風社製 Beautifil II (BFII), Beautifil flow plus X (BFF), クラレノリタケデンタル社製 Clearfil majesty ES-2 (CMP), Clearfil majesty ES flow (CMF) を用いた。

1. 無機質フィラー含有率の測定: 各 CR の質量を秤量後, 電気炉にて 550 °C まで昇温速度 5 °C/分の条件で加熱し有機質成分を焼却した。焼却後, 残留した無機質フィラーの質量を秤量し, それらの値から無機質フィラー含有率を算出した (n=4)。

2. 曲げ弾性係数および曲げ強度の測定: 各 CR を 25×2×2 mm のステンレス鋼製割型に充填し, ストリップを介してガラス板で圧接した後, 光照射器 (アルファライト V, モリタ) にて上面および下面それぞれ 90 秒間ずつ光照射した。照射後, 試料は 37°C の水中に 24 時間保管し, 万能試験機 (TG-5kN, ミネベアミツミ) を用いて支点間距離 20 mm, クロスヘッドスピード 1 mm/min の条件で 3 点曲げ試験を行った。得られた応力-ひずみ曲線の初期の傾きから曲げ弾性係数を, また最大荷重値から曲げ強さを算出した (n=10)。

【結果および考察】

各試料の 3 点曲げ試験を行った結果を図に示す。曲げ弾性係数は, 最も高いフィラー含有率 (77 wt%) である UNB と BFII が有意に高い値を示した。曲げ強さは, フィラー含有率 62 wt% の ESF と CMF が有意に高い値を示した。このことから, 無機質フィラー含有率と曲げ弾性係数との相関性は高く, 一方, 曲げ強さとの相関性は低いことが示唆された。また, フロアブルタイプは曲げ強さが大きく, 曲げ弾性係数は低くなる傾向がみられた。

【結論】

本研究から, 今回対象とした CR では無機質フィラー含有率やペーストの粘性の違いが曲げ特性に影響を及ぼすことが示された。今後は, 色調適合性を有する CR の更なる材料学的なキャラクター化を行う予定である。

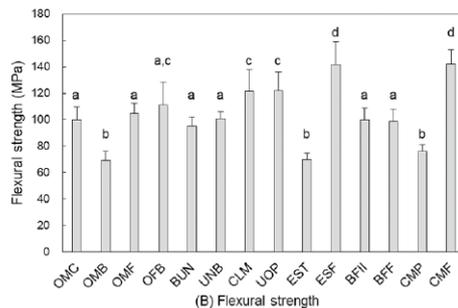
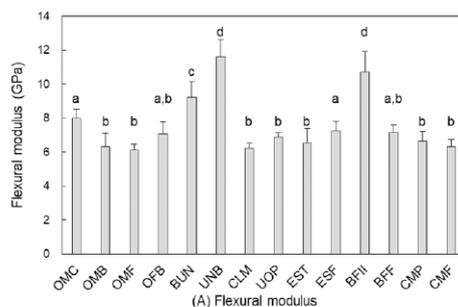


Fig. Flexural properties of CRs. Same lower-case letters indicate that values are not significantly different ($p > 0.05$).

新規微小引張試験法開発への予備的検討

北海道大学大学院歯学研究院 口腔健康科学講座 歯科保存学教室
○山下航司、戸井田侑、川村碧、川野晋平、松本真理子、星加修平、
川本千春、池田考績、田中享、モニカヤマウチ、佐野英彦

Preliminary study for development of new micro tensile bond strength testing

Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Medicine and Graduate School of Dental
Medicine, Hokkaido University, Sapporo, Japan

○Koji YAMASHITA, Yu TOIDA, Midori Kawamura, Shimpei KAWANO, Mariko MATSUMOTO, Shuhei HOSHIKA,
Chiharu KAWAMOTO, Takatsumi IKEDA, Toru TANAKA, Monica YAMAUTI, Hidehiko SANŌ

【目的】 大白歯用 CAD/CAM レジンブロックは、近年健康保険適応となり、使用頻度が増加しているが、時に脱離、破折等の問題が発生していることもまた報告されている。CAD/CAM 冠の接着には接着性レジンセメントが多く使用されており、その性能が臨床成績に少なからず影響すると考えられる。その接着性の評価法として代表的なものに微小引張強さ (μ TBS) 試験があり、私たちの研究グループは、大白歯用 CAD/CAM レジンブロックとレジンコアとの μ TBS の評価、検討を行ってきた。しかし、従来の μ TBS 試験には、試料作成時の切断手順の影響、接着面への水、酸素による影響が考えられる。そこで、本研究では、新しい試験方法を考案し、従来の方法との比較、検討を行った。

【方法】 (1) CAD/CAM レジンブロック (ESTELITE P BLOCK、トクヤマデンタル)、レジンコアブロック (ESTECORE、トクヤマデンタル、日本) を使用した。CAD/CAM レジンブロックには補綴物用プライマー (セラミックプライマー、クラレノリタケデンタル) を、レジンコアブロックにはセルフエッチングプライマー (トゥースプライマー、クラレノリタケデンタル) を処理し、レジンセメント (パナビア V5、クラレノリタケデンタル) を用いて、各ブロック同士を接着した。(2) 続いて、ダイヤモンドソー (Isomet、Buehler) を使用し、ビーム (断面積: $1\text{mm} \times 1\text{mm}$) 作成し、中央部分を 1-1 群、外周部分を 1-2 群とした。同様に CAD/CAM レジンブロックにセラミックプライマーと 2 ステップセルフエッチングプライマー (クリアフィルメガボンド 2、クラレノリタケデンタル) を処理し、コンポジットレジン (クリアフィル AP-X、クラレノリタケデンタル) を直接築盛したのちにビームを作成し、中央部分を 2-1 群、外周部分を 2-2 群とした。(3) 新しい方法では、各ブロックを接着界面に垂直になるようにビーム状 (断面積: $2\text{mm} \times 2\text{mm}$) に切断し、直径 1.13mm の正円形の穴を開けた厚さ 0.08mm のテフロンテープ (AS FLON Tapes、AS ONE) を CAD/CAM レジンビームの接着面に貼り付けた。それぞれのビームの接着面の処理後、CAD/CAM レジンビームを、レジンセメントにより、引張試験装置 (EZ-S、島津) を用いてレジンコアビームに接着し、これを 3 群とした。(4) 同様に (3) にてテフロンテープを張り付けた CAD/CAM レジンビームの接着面に、補綴物用プライマーと 2 ステップセルフエッチングプライマーを処理し、コンポジットレジンを築盛、試料作製を行った群を 4 群とした。 37°C の蒸留水に 24 時間保管した後、すべてのビームの μ TBS を引張試験装置で測定し、MPa で表した。得られたデータは、one-way ANOVA、Tukey HSD test で統計処理を行った。接着界面と破断面は走査電子顕微鏡 (SEM) により観察を行った。

【結果】 平均結合強度と標準偏差 (MPa) は、1-1 群: 47.04 ± 6.56 、1-2 群: 25.20 ± 4.95 、2-1 群: 62.55 ± 6.29 、2-2 群: 60.23 ± 6.53 、3 群: 23.58 ± 7.74 、4 群: 57.41 ± 7.21 とそれぞれ示された。統計分析より 1-2、3 群がその他の群より有意に低い値を示し、1-1、1-2、3 群が 2-1、2-2、4 群より有意に低い値を示した。また、SEM 観察から、1-2、3 群においてレジンセメントの破断面が 1-1 群と異なった像が観察された。

【考察】 結果より、水中保管 24 時間後のレジンセメント外周部分の接着力は低下するが、ボンディングレジンの接着力は維持される。各群間の比較により、3 群における新しい方法ではレジンセメントの水中保管による重合阻害が課題であると考えられる。

低粘性バルクフィルコンポジットレジンの操作性および耐摩耗性

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⁾
オオタビル歯科クリニック³⁾

○廣兼栄造¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 鈴木美穂¹⁾, 水谷聖人¹⁾,
横山宗典¹⁾, 須田駿一¹⁾, 大内 元¹⁾, 宮崎真至^{1,2)}, 岩内伸雄³⁾

Handling and mechanical properties of bulk-fill resin composites

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

○HIROKANE Eizo¹⁾, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, SUZUKI Miho¹⁾, MIZUTANI Kiyoto¹⁾,
YOKOYAMA Munenori¹⁾, SUDA Shunichi¹⁾, OUCHI Hajime¹⁾, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, IWAUCHI Nobuo³⁾

【緒言】

バルクフィルコンポジットレジン (バルクフィルレジン) は, 4 mm 程度の深い窩洞においても一括で充填できることから, 窩洞のライナー材あるいはベース材として頻用されている。また, 最近では臼歯部咬合面での使用を可能とするバルクフィルレジンを臨床応用されている。しかし, このコンポジットレジンは臨床応用されてから日も浅いところから, その操作性および耐摩耗性については情報が少ないのが現状である。特に, バルクフィルレジンの臨床操作性についての客観的な指標はなく, 術者の主観的な感覚で判断されている。そこで, 低粘性バルクフィルレジンの操作性に客観的な指標を与えることを目的として, ペーストの押し出し強さおよび糸挽きについて評価した。また, バルクフィルレジンの耐摩耗性について衝突摩耗試験から検討するとともに, 温熱負荷前後の曲げ特性についても検討した。

【材料および方法】

低粘性バルクフィルレジンとして, Beautiful Bulk (BBF), Bulk Base Hard (BBH), Bulk Base Medium (BBM), Filtek Bulk Fill Flowable Restorative (FBF), G-aenial Bulk Injectable (GBI) および SDR flow+ (SDR) の 6 製品を用いた。

押し出し強さ: シリンジチップ先端からレジンペーストを押し出す際の強さを測定した。すなわち, 供試コンポジットレジンをシリンジを万能試験機の治具に固定し, クロスヘッドスピード 10 mm/sec の条件でプランジャーに荷重を負荷, これを押し出し強さ (MPa) とした。

レジンペーストの糸挽き: Rheoner II Creep Meter (model RE 2-3305C, 山電) の測定台に内径 10 mm, 高さ 2 mm のアクリル製リングを置き, レジンペーストを填塞した。次いで, 直径 5 mm の円柱棒をレジンが填塞されたリング内に上面から 1 mm まで埋入し, 3 分後に円柱棒を 10 mm/sec の速さで上昇させ, 糸曳きが途切れた瞬間の距離を計測してこれを糸引き距離 (mm) とした。

衝突摩耗試験: 直径 6 mm, 高さ 2 mm のテフロン型にレジンペーストを填塞, 重合硬化させた。摩耗試験には, 衝突摩耗試験機を用い, 衝突摩耗試験を 50,000 回行った後, 最大摩耗深さ (μm) および摩耗量 (mm^3) についてレーザー顕微鏡を用いて測定した。

曲げ特性: ISO4049 に準じて $2 \times 2 \times 25$ mm の棒状試片を製作した後, 24 時間水中に保管したものと $5 \sim 55^\circ\text{C}$ の温熱負荷を 30,000 回行ったものについて, 曲げ強さ, 弾性係数およびレジリエンスを求めた。

【成績および考察】

レジンペーストの操作性は, 製品によって異なり, レジンペーストの押し出し固さは $0.06 \sim 0.37$ N であり, 他の製品に比較して BBH および BBM は有意に高い値を, SDR は有意に低い値を示した。また, レジンペーストの糸挽きは, $11.9 \sim 68.6$ mm であり, SDR は他の製品に比較して有意に高い値を示し, GBI で有意に低い値を示した。衝突摩耗試験の結果から, その耐摩耗性は大別すると 2 つのグループに分けられ, BBH, FBF および GBI は, BBF, BBM および SDR に比較して有意に高い耐摩耗性を示した。曲げ特性の測定から, いずれの製品においても温熱負荷後にその曲げ強さおよびレジリエンスが有意に低下したものの, BBH 以外の製品は弾性係数が温熱負荷後に有意に上昇した。

【結論】

本実験の結果から, 低粘性バルクフィルコンポジットレジンの操作性, 耐摩耗性および機械的性質は, 製品によって異なることから, これらのレジンを咬合面に応用する際には慎重な材料選択が必要であることが示唆された。

円柱窩洞におけるユニバーサルボンディング材の X 線不透過性 —マイクロ CT による評価—

東京歯科大学 保存修復学講座

○半場秀典, 中野岳志, 宮吉美仁, 石塚久子, 明橋 訝, 中村圭喜, 村松 敬

Radiopacity of universal adhesives in a cylindrical cavity: A micro-CT study
Department of Operative Dentistry, Cariology and Pulp Biology, Tokyo Dental College
○HAMBA Hidenori, NAKANO Takashi, MIYAYOSHI Yoshihito, ISHIZUKA Hisako,
AKEHASHI Sae, NAKAMURA Keiki, MURAMATSU Takashi

【研究目的】

コンポジットレジン修復物は、二次齲蝕や、ギャップを診断するために X 線不透過性を有することが望ましい。しかしながら、ボンディング材の X 線不透過性は一般にコンポジットレジンや歯質と比較して低く、レジン周囲の透過像として観察されることから診断に苦慮することがしばしばある。我々は 2 ステップセルフエッチングシステムを用いた円柱窩洞のマイクロ CT 評価のための各種修復材料が有すべき X 線不透過性について報告してきた (Sumitani et al., 2018)。近年、多用途かつ簡便な操作性などから 1 ステップユニバーサルタイプのボンディング材の利用が広がっている。その一方で、ユニバーサルボンディング材の窩洞内の X 線不透過性や厚みに関する報告は少ない。そこで本研究では、非破壊観察が可能なマイクロ CT を用いて、円柱窩洞における各種ユニバーサルボンディング材の X 線不透過性および窩洞内分布について検討することとした。

【材料および方法】

牛歯前歯歯冠部を精密低速切断機 (Isomet, Buehler) にて 4 mm×4 mm×3 mm のエナメル象牙質ブロックを作製し、卓上ドリルおよびダイヤモンドポイント (FG#202CR, 松風) を用いて、唇側面に直径 1.5 mm、深さ 2 mm の円柱状の規格窩洞を形成した。ユニバーサルボンディング材として、スコッチボンドユニバーサルアドヒーズ (3M、以下 SBU)、SBU に X 線不透過性の向上などの特徴を加えたスコッチボンドユニバーサルプラスアドヒーズ (3M、以下 SBP)、クリアフィルユニバーサルボンドクイック ER (クラレノリタケデンタル、以下 UBQ)、G-プレミアムボンド (GC、以下 GPB) を用いて業者指示通りに歯面処理を行った。充填レジンとして、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) を使用した。マイクロ CT (SMX-100CT、島津) による撮影は、(1)窩洞形成後、(2)ボンディング材塗布後、(3)レジン充填後に行った。光照射には、LED 照射器 (Pencure 2000、モリタ) を用いた。各 3 次元構築データについて位置および重ね合わせを行い、ボンディング領域を抽出した。得られた画像から円柱窩洞におけるボンディング材、レジン、エナメル質、象牙質、空気のグレースケール値 (16bit) を求めた。また、窩洞内のボンディング材の分布を 3 次元的に観察した。統計学的解析には一元配置分散分析および多重比較 (有意水準 5%) を用いた。

【結果および考察】

X 線不透過性を示す平均グレースケール値は、SBU 35,662、SBP 37,715、UBQ 35,471、GPB 35,850、レジン 46,103、エナメル質 40,875、象牙質 38,278、空気 33,440 であった (Fig.1)。SBU、UBQ、GPB は空気より高い値を示したものの有意差を認めず、象牙質より有意に低い値を示した。一方、SBP は空気より有意に高く、象牙質と有意差を示さなかった。また、すべてのボンディング材の厚みの平均は側壁 48 μm、窩底で 224 μm であった。以上より、SBP の X 線不透過性は象牙質と同程度であることが示された。円柱窩洞ではエアブローの条件によって、窩底のボンディング材が厚くなる傾向がある。修復物周囲の X 線画像検査を考慮すると、ボンディング材の X 線不透過性は象牙質に近似することが望ましいと考えられた。

【結論】

ユニバーサルボンディング材 SBP は X 線不透過性を有し、その X 線不透過性は象牙質と同等であった。円柱窩洞におけるユニバーサルボンディング材の厚みは側壁では薄いが、窩底部に向かって増加傾向を示した。

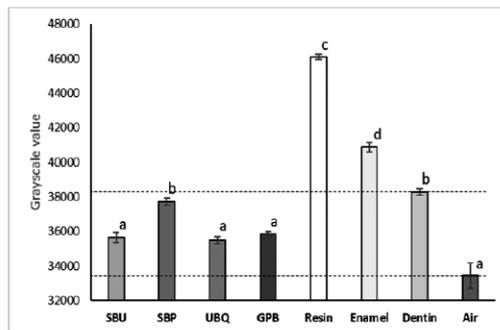


Fig.1 Grayscale value of the materials in a cylindrical cavity.

The same letters were not significantly different ($p>0.05$).

光重合型コンポジットレジンの操作性および表面性状

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⁾,
川本歯科医院³⁾, 日野浦歯科医院⁴⁾

○田村友彦¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 柴崎 翔¹⁾, 石井 亮^{1,2)},
廣兼栄造¹⁾, 宮崎真至^{1,2)}, 川本 諒^{1,3)}, 日野浦 光^{1,4)}

Handling properties and surface characteristics of resin composites

Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,
Nihon University School of Dentistry, Kawamoto Dental Clinic³⁾, Hinoura Dental Clinic⁴⁾
○TAMURA Tomohiko¹⁾, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, SHIBASAKI Sho¹⁾, ISHII Ryo¹⁾,
HIROKANE Eizo¹⁾, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, KAWAMOTO Ryo^{1,3)}, HINOURA Ko^{1,4)}

【緒言】

光重合型コンポジットレジンペーストの硬さ、粘度および流動性などは、充填時の器具操作のみならず窩壁適合性および解剖学的形態の付与などに影響を及ぼす因子となる。しかし、この操作性については客観的な指標が少なく、術者の主観的なものでレジンペーストの操作性を判断しているのが現状である。一方、充填されたコンポジットレジンの経時的な表面性状の変化は、審美性への影響とともに齶蝕リスクを増加させる因子ともなる。そこで演者らは、レジンペーストの操作性に客観的な指標を与えることを目的として、ペーストの硬さおよびべたつきについて検討を加えた。また、硬化したコンポジットレジンの表面性状について温熱負荷前後のヌーブ硬さ、表面粗さ、光沢度および表面自由エネルギーを測定することで、劣化に伴う表面性状の変化について評価した。

【材料および方法】

光重合型コンポジットレジンとして、Filtek Universal Restorative (FU, 3M Oral Care), Filtek Supreme XTE Restorative (FX, 3M Oral Care), G-aenial A'CHORD (GA, GC), Tetric EvoCeram (TE, Ivoclar Vivadent) および Venus Diamond (VD, Kulzer) の5製品を用いた。レジンペーストの操作性については、クリープメーターを使用して求めた。すなわち、直径7 mm、高さ4 mmのプラスチック金型にレジンペーストを充填した後、この面に直径3 mmの円柱状プラスチックロッドをクロスヘッドスピード5 mm/sで挿入、挿入深度が3 mmに達するまでの最大負荷荷重を充填時のペースト硬さとした(加重:N, 応力:MPa)。また、レジンペーストのべたつきについては、ペーストの硬さ試験直後に、同一試料で行った。すなわち、ペースト硬さ試験時のロッド挿入深度が3 mmに達した時点で、ロッドをクロスヘッドスピード5 mm/sで引き抜いた際の最大負荷応力をレジンペーストのべたつきとして求めた。なお、測定に際しては各レジンペーストについて12回行った。

硬化コンポジットレジンの表面性状変化を把握するために、直径6 mm、高さ2 mmの円柱状プラスチック金型にレジンペーストを充填、製造者指示条件に従って照射を行い重合、硬化させた。次いで、硬化レジン表面を耐水性研磨紙の#2,000まで順次研磨した後、5~55°Cの温熱負荷を30,000回施した。温熱負荷前後の試片ヌーブ硬さ、光沢度、表面粗さ(Sa)および表面自由エネルギーを測定した。なお、試験片の数は各条件につき12個とした。

【成績および考察】

ペーストの硬さおよびべたつきは、製品によって異なるものであった。すなわち、レジンペーストの硬さは6.53~18.0 Nであり、他の製品に比較してVDで有意に高い値を、FSで有意に低い値を示した。一方、レジンペーストのべたつきは、0.021~0.060 MJ/mm³であり、VDは他の製品に比較して有意に高い値を示した。硬化コンポジットレジン表面性状は、製品によって異なるとともに温熱負荷の影響によって用いた製品のほとんどで表面性状に有意な変化があった。すなわち、温熱負荷前後のヌーブ硬さは、TE<GA<VD<FU<FXの順で高い値を示し、いずれの製品においても温熱負荷後に、その硬さが有意に低下した。温熱負荷後のSaおよび光沢度は、GA、TEおよびVDでSaが有意に上昇するとともに光沢度は有意に低下した。表面自由エネルギーの測定では、GA以外の製品では温熱負荷後にその表面自由エネルギーが有意に向上した。これらの変化は、温熱負荷の影響によってコンポジット表面の形態変化および吸水によるものと考えられた。

【結論】

本実験の結果から、コンポジットレジンの操作性および表面性状は製品によって異なることから、臨床使用においては事前にこれらの特徴を把握することが必要であることが示された。

松本歯科大学病院で使用されている歯科用光照射器の性能 —第2報 照射出力がコンポジットレジンの硬化深さに及ぼす影響—

¹松本歯科大学歯科保存学講座 ²松本歯科大学大学院歯学独立研究科健康増進口腔科学講座

○奥瀬稔之¹ 内川竜太郎¹ 吳佳瑩² 小林 彩² 中村圭吾¹ 亀山敦史^{1,2}

Performance of dental light-curing units used at Matsumoto Dental University Hospital -Part 2. Influence of the difference of output intensity on curing depth of resin-based composite-

¹Department of Operative Dentistry, Endodontology, and Periodontology, School of Dentistry, Matsumoto Dental University

²Department of Oral Health Promotion, Graduate School of Oral Medicine, Matsumoto Dental University

○OKUSE Toshiyuki¹, UCHIKAWA Ryutaro¹, WU Chia-Ying¹, KOBAYASHI Aya¹,
NAKAMURA Keigo¹, KAMEYAMA Atsushi¹

【研究目的】

現在の歯科臨床では前歯、白歯を問わず直接法コンポジットレジン修復が広く応用されているようになった。この背景にはコンポジットレジンや接着材料の進歩のみならず、重合光源の性能向上も大きく寄与している。コンポジットレジンの重合には、長くハロゲンランプを用いた光源が用いられてきたが、近年では高輝度青色発光ダイオード（青色 LED）を主光源に用いたものが主流となっている。また、初期の歯科用 LED 光照射器はその出力が非常に弱いものであったが、現在では高出力の製品が数多く開発されている。

松本歯科大学病院（以下 松歯大病院）でも多くの診療科で歯科用光照射器が設置されており、コンポジットレジン修復や支台築造、予防填塞など多岐にわたって臨床応用されている。しかし、その導入時期は様々であり、長期にわたって使用されているものも多く、またメンテナンス状態も診療科によって様々である。

われわれは、松歯大病院で日常の歯科臨床に使用されているすべての光照射器を対象に、その照射出力の調査を実施し、第90回松本歯科大学学会にて発表した¹⁾。今回は、前報における調査において同一機種で複数台設置された光照射器のうち、最も照射出力が高かったものと最も低かったものを抽出し、これらの光照射器を修復用コンポジットレジンに照射した際の硬化深さについて検討を行った。

【方法】

2020年8月現在、松歯大病院で使用されている光照射器9機種38台のうち、複数台設置されていたLED型光照射器2機種（ペンキア-2000, モリタ; DCブルーレックスプラス, ヨシダ）およびハロゲン型光照射器1機種（キャンデラックス, モリタ）で、前報¹⁾において歯科用ラジオメーター（Bluephase Meter II, Ivoclar Vivadent）で計測した照射出力が最も高かったもの、および最も低かったものを抽出し、使用した。直径4mm、深さ8mmの円筒形金属製割型内に金型用離型剤を噴霧後、コンポジットレジン（プレミス, Kerr）のボディーA3またはオペークA3を填入、ポリエステル製ストリップ（エピテックス, ジーシー）を介在させてガラス板で圧接後、ガラス板を除去して30秒間の光照射を行った。割型から撤去したコンポジットレジン試料の未重合部分をプラスチックスパチュラで除去後、硬化した部分の長軸をデジタルノギスで計測した（n=10）。ISO 4049に示す実験方法に準じ、計測値を2で除したものを硬化深さの値とした。なお、光照射にあたっては割型に接触させて照射したもの（0mm）と、割型から8mm離して照射したもの（8mm）の両方を検討した。得られたデータは三元配置分散分析を行い、Tukey HSD testによる各群間の比較を行った（p<0.05）。

【結果および考察】

ペンキア-2000は、最も照射出力が高いもので1513mW/cm²、最も低いもので1030mW/cm²であった。DCブルーレックスプラスは、最も照射出力が高いもので740mW/cm²、最も低いもので320mW/cm²であった。キャンデラックスは、最も照射出力が高いもので460mW/cm²、最も低いもので323mW/cm²であった。分散分析の結果、3つの因子（光照射器の種類、照射器の距離、コンポジットレジンのシェード）のいずれも有意差を認めた（p<0.05）。光照射器間では、ペンキア-2000で最も高い照射出力を示したもの（1513mW/cm²）で最も大きい硬化深さを示し、8mmより0mmで、オペークA3よりボディーA3でその深さは有意に大きかった（p<0.05）。DCブルーレックスプラスにおいても照射出力が小さいものに比べて大きいもので硬化深さが有意に大きく（p<0.05）、また8mmより0mmで、オペークA3よりボディーA3でその深さは有意に大きいものとなったが、キャンデラックスでオペークA3を硬化させた場合、460mW/cm²を示した機種と323mW/cm²を示した機種の硬化深さには有意差を認めなかった（p>0.05）。

【結論】

同一機種でも院内の光照射器の照射出力には差があり、この差は硬化深さにも影響を及ぼすことが明らかとなった。

【文献】

- 1) 奥瀬稔之ほか. 松本歯科大学病院で使用されている重合用光照射器の性能 —第1報 市販ラジオメーターによる出力計測値の比較—. 松本歯学 46: 157-158, 2020. (第90回松本歯科大学学会 (総会))

本研究において、開示すべき利益相反関係にある企業などはありません。

充填用コンポジットレジンの蛍光特性の評価

株式会社ジーシー

○神 聖史, 町田 大樹, 伏島 歩登志

Evaluation of fluorescence property of direct-filling resin composite

GC Corporation, Tokyo, Japan

○Satoshi Jin, Daiki Machida, Futoshi Fusejima

【研究目的】

直接充填コンポジットレジンによる修復においては、咬合に耐えうる高い強度だけでなく、審美性が求められる。コンポジットレジンに高い審美性を付与するには、天然歯に類似した色調や光学特性だけでなく、蛍光特性を調整することが重要である。天然歯は自然光で常に蛍光を発しているため、蛍光の不一致は審美的な不満足をもたらす。特に、近年の LED 系ブラックライトの発展により紫色ライト（近紫外領域、405 nm）に晒される機会が増えてきており、このような環境下でのコンポジットレジンの蛍光を制御することが重要である。最近弊社は、紫外及び近紫外環境下での蛍光が天然歯と類似した新規のペーストタイプコンポジットレジンであるジーニアル アコードを開発した。本発表では、ジーニアル アコード及び既存他社製品 A、B、C の蛍光特性を評価したので報告する。

【材料と方法】

コンポジットレジンの蛍光特性の評価については蛍光スペクトルの測定により行った。各種コンポジットレジンを金型（直径 15 mm、厚さ 1 mm）に充填し、G-ライトプリマIIPlus（株式会社ジーシー）により照射し硬化させ、試験片とした。試験片の蛍光スペクトルを SpectraMax M2（Molecular Devices）により測定し、蛍光スペクトルの波形及び強度を牛歯のものと比較した。

【結果と考察】

いずれのコンポジットレジンのスペクトルにおいても、極大蛍光波長は牛歯と同じ 460 nm に示された。これはいずれも蛍光色が同一であることを示している。蛍光強度に注目すると、ジーニアル アコードは紫外光及び近紫外環境下のいずれにおいても、可視領域の広い範囲で牛歯と同等の蛍光強度を示した。一方、製品 A、B、C は紫外光（波長 365 nm）及び近紫外光（波長 405 nm）環境下のいずれにおいても、天然歯と同等の強度を示さなかった。

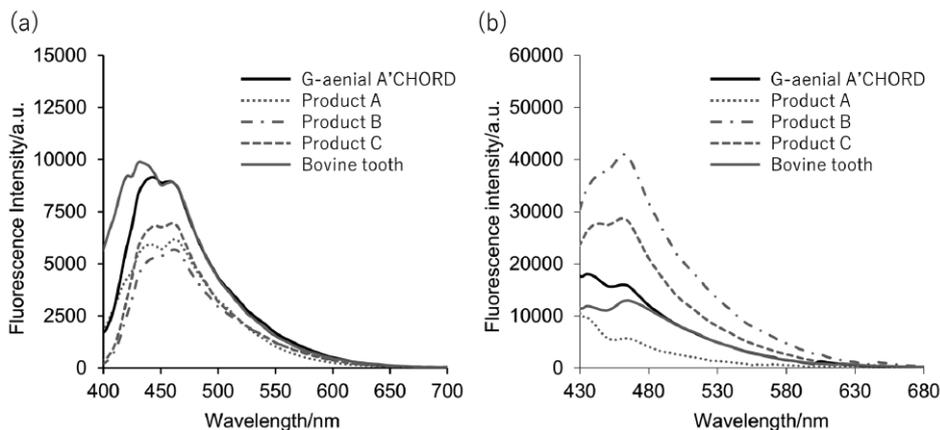


Figure 1. Fluorescence spectra of resin composite materials. Excitation wavelength are (a) 365 and (b) 405 nm

【結論】

新規充填用コンポジットレジンであるジーニアル アコードは、紫外及び近紫外環境下で天然歯と同等の蛍光特性を示し、より優れた審美修復治療が期待できる。

表面粗さの違いが構造色を有するコンポジットレジンの色調適合性に及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○三枝 眞, 黒川弘康, 高橋奈央, 柴崎 翔, 高見澤俊樹, 佐藤幹武, 岩崎圭祐, 宮崎真至

Influence of Surface Roughness on Color Matching Ability of Resin Composite Applying Structural Color

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○SAEGUSA Makoto, KUROKAWA Hiroyasu, TAKAHASHI Nao, SHIBASAKI Sho,
TAKAMIZAWA Toshiki, SATO Mikitake, IWASAKI Keisuke, MIYAZAKI Masashi

【研究目的】

構造色とは、特定の色素ではなく、光の波長あるいはそれ以下の微細な構造に基づく光の分光あるいは干渉による発色現象である。したがって、構造発色には入射光が関与し、構造色によるコンポジットレジンの表面粗さは、その発色現象および色調適合性に影響を及ぼす可能性が考えられる。そこで、人工歯に形成した規格窩洞に構造色を有するコンポジットレジン充填部を形成し、表面粗さを数段階に変化させた際の、レジン充填部と窩洞周囲の人工歯との色調適合性について評価した。

【材料および方法】

構造色を有するコンポジットレジンとしてオムニクロマ (OC, トクヤマデンタル) を、対照としてビューティフィルクニシェード (BU, 松風) を用いた。人工歯として硬質レジン歯 (ゼンオパール AU19, ジーシー) の上顎左右側中切歯を用いた。

1. 表面粗さの違いが分光反射率に及ぼす影響

レジンペーストを内径 8.0 mm で、厚さ 1.5 mm あるいは 3.0 mm のテフロン型に充填し、透明マトリックスを介して加圧成形した後、30 秒間照射して硬化させた。これらの試片を 37°C 精製水中に 24 時間保管した後、SiC ペーパーの #800 あるいは #2000 を用いて研削したものを、それぞれ分光反射率測定用試片とした。なお、SiC ペーパーによる研削面の表面粗さは、形態修正用ダイヤモンドポイント (ダイヤモンドポイント FG スーパーファイン, 松風) および研磨用ポイント (コンボマスター, 松風) によるコンポジットレジン研削面の表面粗さと近似するよう設定した。測色には D₆₅ 光源を用いた高速分光光度計 (CMS-35FS/C, 村上色彩) と、これに接続したフレキシブルセンサー (FS-3, 村上色彩) を使用した。また、背景色として黒色基準板および白色基準板を用いた。測色は、各基準板上に精製水を介して測色用試片を静置し、試片の中央付近を 3 回ずつ行い、その平均値を求め、波長 400~700 nm の範囲内の反射光を 10 nm 間隔で捉えた分光反射率をグラフ化した。

2. 表面粗さの違いが色調適合性に及ぼす影響

シェード A2 および A4 の人工歯の唇側面中央付近に、直径 4.0 mm、深さ 1.5 mm あるいは 3.0 mm で、窩縁形態がバットジョイントの規格円形窩洞を形成した。この窩洞内面を、50 μm のアルミナ粒子を用いて 5 mm の距離から垂直に、サンドブラスト処理 (0.2 MPa) を 5 秒間行った。次いで、ボンドマーライトレス (トクヤマデンタル) を用いて製造者指示条件で窩洞を処理し、各レジン充填部を形成し、透明マトリックスを用いて圧接しながら 30 秒間照射した。これらの試片を 37°C 精製水中に 24 時間保管した後、窩洞から溢出したレジンを、デザインナイフを用いて除去した。次いで、分光反射率の測定に用いた試片と同様に、SiC ペーパーの #600 あるいは #2000 を用いて研削したものを、それぞれ色調測定用試片とした。色調適合性の評価にはクリスタルアイ (CE100-DC/JP, オリンパス) を用い、レジン充填部と窩洞周囲の切縁側および歯頸側の人工歯の色調を確認することで ΔE 値を算出した。

【成績および考察】

OC の分光反射率は、背景色が白の場合、いずれの試片厚さにおいても表面粗さの影響を受けなかったのに対し、背景色が黒の場合、いずれの試片厚さにおいても、SiC ペーパーの #2000 で研削した条件と比較して #800 で研削した条件で高い値を示した。背景色が黒の場合、入射した光が吸収されることで構造発色するが、表面粗さの変化にともなってコンポジットレジンへの入射光が変化することで、さらに顕著となったものと考えられた。

【結論】

表面粗さの違いは、コンポジットレジンの構造発色現象ならびに色調適合性に影響を及ぼす可能性が示された。

コンポジットレジンユニバーサルシェードにおける色調適合性の評価

株式会社 ジーシー

○廣原 周, 町田 大樹, 伏島 歩登志

Evaluation of color compatibility for the universal shade of composite resin

GC corporation

○Makoto Hirohara, Daiki Machida, Futoshi Fusejima

【緒言】

近年、コンポジットレジン(CR)の物性は著しく向上しており前歯、臼歯、咬合面問わず広範囲に適用可能となっている。弊社はグレースフィルシリーズを販売しており、このシリーズは多様な症例に使用可能だけでなく、優れた研磨性、高い耐摩耗性を有している。色調ラインナップとしてはVITAシェードに対応したシェードに加え、歯質の色を反映し幅広く色調がマッチするユニバーサルシェードを開発した。本研究では、人工歯にV級窩洞を形成し、開発したユニバーサルシェードを充填した際の色調適合性について評価をした。

【材料と方法】

人工歯にはサーパス 前歯 G シリーズ(GC)の A1, A2, A3, A3.5, A4 色を使用し、CR にはグレースフィルローフロー(GFL, GC)とグレースフィルバルクフロー(GFB, GC)のユニバーサルシェードを使用した。初めに高速分光光度計(CMS-35FS, 村上色彩)を用いて、窩洞形成前の人工歯を黒色基準板上で測色した(n=3)。測色後、歯頸部に長軸方向に3mm、近遠心方向に4mm、深さ0.5mmのV級窩洞を形成した。GFL、GFBをそれぞれ窩洞に充填し、G-ライトプリマII Plus(GC)を用いて照射を行い、黒色基準板上でCR充填部を測色した(n=3)。窩洞形成前の人工歯に対するCR充填後の色差 ΔE_{ab} を算出した。

【結果】

窩洞形成前の人工歯に対する充填部の ΔE_{ab} をTable 1に示す。見た目と色差に関して、 ΔE_{ab} の値が2.7以下であれば目視での区別が難しくほぼ同等の色調と判断できることが報告されている¹⁾。今回の実験ではいずれの人工歯の色調に充填しても ΔE_{ab} の値は2.7以下であることから、GFL、GFB共に幅広い色調に対して良好な色調適合性を有していることが明らかとなった。

Table 1 ΔE_{ab} values of GFL and GFB to artificial teeth (n=3)

Shade of artificial tooth	$\Delta E_{ab}(-)$	
	GFL	GFB
A1	2.6 (0.2)	2.2 (0.8)
A2	1.8 (0.4)	1.1 (0.8)
A3	0.3 (0.4)	2.6 (0.2)
A3.5	1.7 (0.1)	2.3 (0.4)
A4	1.7 (0.2)	2.4 (0.5)

() standard deviation

【結論】

本研究で用いた窩洞サイズにおいては、グレースフィルローフロー及びグレースフィルバルクフローのユニバーサルシェードはA1からA4までの色調に対する ΔE_{ab} の値が小さく、ユニバーサルシェードには高い色調適合性があることが分かった。

【参考文献】

- 1) Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. J Esthet Restor Dent. 2019 Mar;31(2):103-112.

新規フロアブルコンポジットレジン of 重合時色調変化

日本歯科大学附属病院 総合診療科
 ○森田 翔平, 関口 詠子, 多村 美希, 渡邊 慧子, 河合 貴俊,
 北 大樹, 光安 廣記, 新田 俊彦

Color change of new flowable resin composite on polymerization.
 General Dentistry, The Nippon Dental University Hospital
 ○Shohei MORITA, Eiko SEKIGUCHI, Miki TAMURA, Keiko WATANABE, Takatoshi KAWAI,
 Dajiu KITA, Hiroki MITSUYASU, Toshihiko NITTA

【緒言】

光重合型コンポジットレジン は審美修復材料として臨床に広く普及しており、様々なシェードを組み合わせることによってより自然観溢れる修復治療を行うことが可能となってきた。しかし、天然歯は部位や個体による差が大きいため、歯の色調に適合する材料を選択することは経験や技術を要する。近年、単色シェードで歯の複雑な色調に調和するとされる新しいコンセプトのフロアブルコンポジットレジンが開発され、臨床に応用されている。そこで本実験では、この新規フロアブルコンポジットレジン 2 種を用いて、光照射前後と 24 時間経過後の色調を計測し、従来型フロアブルコンポジットレジンとの比較検討を行った。

【材料及び方法】

新規フロアブルコンポジットレジンとして、クリアフィル マジェスティ ES フロー<Low>Universal (クラレノリタ ケデンタル, ES)、オムニクロマ フロー (トクヤマデンタル, OC)、対照としてグレースフィル ローフロー (A2) (GC, GF) を選択した。まず、上顎左側中切歯メラミン人工歯 (ニッシン) 15 本の唇側面に対し、耐水研磨紙 (トラスコ中山) を用いて #600 までの順次研磨を行って平滑面を得た。次いで、エグザファイン<パテタイプ> (GC) を用いて、すべての試料平滑面とパテ面が水平となるよう人工歯を埋入するシリコンコアを作製した。その後すべての試料平滑面に、直径 5.0mm、深さ 2.0mm の円形窩洞を形成した。G-プレミオボンド (GC) を用いて製造者指示通りに歯面処理を行った後、3 種フロアブルコンポジットレジン を充填し (n=5)、厚さ 100 μm の透明クリアフィルムで圧接しながら色彩色差計 (CR-400, コニカミノルタ) を用いて測色を行った (BL)。測定後、G-Light Prima-II Plus (GC) を用いて多方向から計 30 秒間の光照射を行い、再び測色を行った (AL)。その後 37°C 蒸留水中に 24 時間保管後、測色を行なった (24h)。測色で得られた L*、a*、b* 値から色差 (ΔE*ab) を算出し、一元配置分散分析ならびに Tukey の q 検定を用いて統計学的分析を行った。

【結果及び考察】

ES/OC/GF における光照射前後 (AL-BL) の ΔE*ab は 2.56/3.06/2.36、24 時間経過後 (24h-AL) の ΔE*ab は 1.49/1.26/1.76 となった。分析の結果、各測色時期において 3 種フロアブルコンポジットレジン間に差を認めなかった。ES および OC においては、AL-BL の値は 24h-AL の値と比較して有意に大きい値となった (p<0.05)。しかし GF においては、AL-BL の値と 24h-AL の値とに有意差を認めなかった。従来から、光重合型コンポジットレジン of 重合前後における色調変化は広く知られているが、今回用いた 3 種レジンに関してもその性質が認められた。新規 2 種レジンに関しては、重合前後の色調変化は肉眼的に識別されるとされる ΔE*ab = 3.3 (Ardu et al, Quint Int 2010) 以下ではあったが、これらは単なる光重合前後の色調変化の低減化を狙ったわけではなく、「光透過性」「光拡散性」「構造色による混色」などの改善という新たなコンセプトを重視した設計であることが確認された。また、24 時間の蒸留水浸漬による影響は軽微であったが、長期的影響や飲料水など嗜好品による影響についても今後の検討が必要である。

【結論】

本実験において、新規開発された 2 種フロアブルコンポジットレジン は、光照射によって従来の製品と同等の色調変化を生じることが明らかとなった。

Table.1 ΔE*ab of three flowable resin composites

	AL-BL	24h-AL
ES	2.56 ^{Aa}	1.49 ^{Ab}
OC	3.06 ^{Aa}	1.26 ^{Ab}
GF	2.36 ^{Aa}	1.76 ^{Aa}

Values of groups having different letters were significantly different at p<0.05 (uppercase letters=column; lowercase letters=rows).

「クリアフィル マジェスティ ES フロー」 <Low> Universal の光学特性及び色調適合性

クラレノリタケデンタル株式会社
○清水 誠生、亀谷 剛大、中屋敷 崇

The optical characteristics and color matching of CLEARFIL MAJESTY ES Flow <Low> Universal

Kuraray Noritake Dental Inc.
○SATOKI Shimizu, TAKEHIRO Kameya, TAKASHI Nakayashiki

【研究目的】

近年、フロアブルコンポジットレジン(以下 FCR)は、簡便な操作性に加え、流動性のバリエーションによって、前歯から臼歯まで幅広く用いられている。一方で、天然歯の色調は様々であり、限られた診療時間の中で天然歯と正確に色調適合させるシェードの選択は容易ではない。そこで、当社では、少数シェードで幅広い天然歯の色調への適合が可能な「クリアフィル マジェスティ ES フロー」<Low> Universal を開発した。本製品では、従来の「クリアフィル マジェスティ ES フロー」で実現した「天然歯に近似した光透過性」、「光拡散性」に加え、600nm 以上の波長領域での分光反射スペクトルの変化を最小限にする色調設定「ユニバーサルクロマ」(Fig.1)を新たに採用した。本研究では、本製品の色調適合性について報告する。

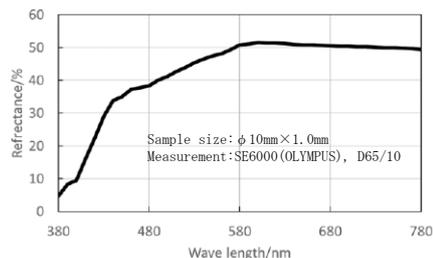


Fig.1 The reflectance spectrum of CLEARFIL MAJESTY ES Flow <Low> Universal

【材料及び方法】

1. 材料: 「クリアフィル マジェスティ ES フロー」 <Low> Universal (U シェード) (クラレノリタケデンタル株式会社(以下 KND))、対照として、市販 FCR である製品 A を用いた。

2. 色調適合性評価

市販の人工歯ゼンオパール(PL16、下顎右 6 番、計 16 シェード、株式会社ジーシー)に II 級窩洞(Fig. 2)を形成、その窩洞へ「クリアフィル ユニバーサルボンド Quick ER」(KND)を塗布した。エアブロー後、ペンキユア 2000(株式会社モリタ)にて 10 秒照射行った後、窩洞内に各 FCR を充填し、10 秒照射して硬化させた。その表面をコンポマスター(CA13S、株式会社松風)で、10,000rpm にて最終研磨した。その後、クリスタルアイ CE100-DC(オリンパス株式会社)で、CIE Lab 表色系にて測色を行い、充填部位の色調とあらかじめ測色しておいた充填前の同位置の色調の色差 ΔE^* を算出し評価した。

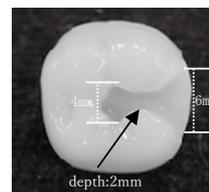


Fig.2 Class II cavity for evaluation

【結果及び考察】

本製品は製品 A と比較して、人工歯のいずれのシェードにおいても、良好な色調適合性を示した(Fig.3)。これは、窩洞充填部位の色調が周辺歯質に調和する色調設計として本製品に採用された「ユニバーサルクロマ」の効果と考えられる。

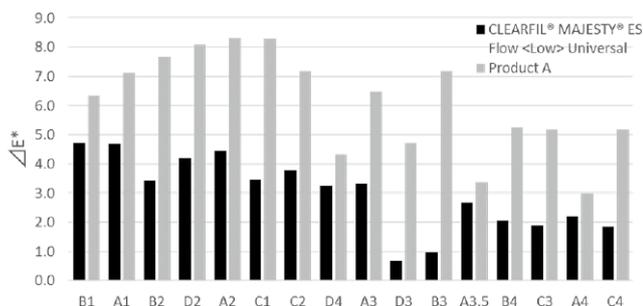


Fig.3 The color matching of CLEARFIL MAJESTY ES Flow <Low> Universal and product A

【結論】

本製品(U シェード)は、人工歯を用いた II 級窩洞修復評価において、製品 A よりも、1 シェードにて高い色調適合性を示し、臨床的に有用である可能性が示された。

エナメル質特異的結合性ペプチドによる初期エナメル質齲蝕の再石灰化効果

東京歯科大学 保存修復学講座
○宮吉美仁, 半場秀典, 石塚久子, 中村圭喜, 村松 敬

Remineralization effect of enamel-specific binding peptides on early enamel lesions
Department of Operative Dentistry, Cariology and Pulp Biology, Tokyo Dental College
○MIYAYOSHI Yoshihito, HAMBATA Hidenori, ISHIZUKA Hisako,
NAKAMURA Keiki, MURAMATSU Takashi

【目的】

初期エナメル質齲蝕は、エナメル質表面が連続性を有し、齲窩を形成していない状態であり、表層下のカルシウムイオンやリン酸イオンが酸により溶出した表層下脱灰を特徴とする病変である。現在、治療法の1つとしてエナメルタンパクやペプチドを用いた再石灰化療法が注目されており、近年エナメル質を標的とした7アミノ酸長(7-mer)リニアペプチドライブラリーから数種類のエナメル質結合性ペプチド(EBP)が特定された(Mao *et al.* Materials 2016)。EBPは再石灰化溶液中のヒドロキシアパタイト(HAp)表面にAmorphous calcium phosphate(ACP)粒子を析出することからHApの結晶成長に関与するとされているが、エナメル質表層下脱灰の再石灰化効果については明らかになっていない。そこで、本研究ではエナメル質特異的結合性ペプチドの初期エナメル質齲蝕の再石灰化効果について検討することとした。

【材料および方法】

エナメル質特異的結合性蛍光標識ペプチド(FITC標識EBP, WGNAYK)を合成して使用した。抜去後凍結保存したウシ下顎切歯歯冠を精密低速切断機(Isomet, Buehler)にて3×3×2mmに切出し、エナメル質平滑面が露出するようにエポキシ樹脂にて包埋した。次にエナメル質表面を耐水研磨紙#2000まで研削後、5分間超音波洗浄を行った。ネイルバーニッシュを用いて処理面を2×2mmに規定し試料とした。まず、EBPのエナメル質への結合を確認するために、蒸留水(DW)および0.4 mM EBPをエナメル質試料表面に応用し、共焦点レーザー顕微鏡(LSM880 Airy NLO, Zeiss)で表面の観察を行った。また、再石灰化効果を確認するために、試料を人工脱灰液に浸漬し、初期エナメル質齲蝕作製した。作製試料は(1)DW群、(2)0.4 mM EBP群、(3)4.0 mM EBP群、(4)7.0 mM EBP群に無作為に分けられた。各群の濃度調整した溶液10 μLを処理面に滴下し、30分間反応させた後、水洗、乾燥し、再石灰化液に7日間浸漬した。脱灰後および再石灰化後にマイクロCT装置(SMX-100CT, Shimadzu)で撮影した。3D評価ソフト(TRI/3D-BON, Ratoc)を用いて、ミネラル密度を測定し、ミネラル喪失量(ML)を算出し、再石灰化率を求めた。統計処理は一元配置分散分析および多重比較検定により有意水準5%で統計処理を行った。また、一部の試料は走査型電子顕微鏡(SEM, SU-6600, Hitachi)で試料表面及び縦断面の微細構造を観察した。

【結果および考察】

蛍光標識検出のための共焦点レーザー顕微鏡観察の結果、EBPはコントロールであるDWと比べて蛍光強度の増加が確認された。再石灰化後のマイクロCT像の結果、初期齲蝕脱灰内部の不透過性の上昇が観察された。再石灰化率はDW群と0.4 mM群、4.0 mM群間、および0.4 mM群、4.0 mM群、7.0 mM群間に有意差は認められなかったが、DWと7.0 mM間に有意差が認められた(p<0.05)。SEM観察では7.0 mM群で処理面に堆積物様の構造物が認められた。これらの結果から、エナメル質特異的結合性ペプチドEBPはエナメル質表面に結合し、初期エナメル質齲蝕内のHAp結晶化を誘導させることが推察された。また、本実験条件下において、7.0 mM濃度のEBPは初期エナメル質齲蝕の再石灰化効果を有することが示唆された。今後、再石灰化効果の詳細な検討を行うため、硬さ試験および結晶解析を行う予定である。

新規口腔内フッ化物滞留徐放制御技術の検討

ライオン株式会社 研究開発本部 1 先進解析科学研究所 2 オーラルケア研究所 3 口腔健康科学研究所
橋本遼太¹、○小野真一¹、今崎麻里²、橋本匡太²、赤羽千佳³、藤木政志³、柿澤恭史¹

Study of fluoride retention and release technology in the oral cavity

1 Advanced Analytical Science Research Laboratories, 2 Oral Care Research Laboratories,

3 Advanced Oral Health Science Research Laboratories

Research & Development Headquarters, Lion Corporation

HASHIMOTO Ryota¹, ○ONO Masakazu¹, IMAZAKI Mari², HASHIMOTO Kyota²,

AKABANE Chika³, FUJIKI Masashi³, KAKIZAWA Yasushi¹

【研究目的】

う蝕は幅広い世代における歯の喪失原因の一つであり、近年ではう蝕に対する治療と共に自宅で行えるセルフケアの重要性が高まっている。う蝕予防として、フッ化物の口腔内での滞留・徐放により再石灰化を促進、耐酸性を向上させることが有用であるが、フッ化物は唾液分泌や吐き出し・すすぎ等の歯磨き行動により容易に口腔外へ排出される。そこで、より効果の高いう蝕予防を目指し、フッ化物の滞留性・徐放性向上を目指した技術開発に着手した。

本研究では、一般的な F 供給源であるフッ化ナトリウムと、フッ化物の滞留に効果的なコーティング剤であるカチオン化セルロースから成る従来技術をベースに、Ca, P を加えた新規複合化技術の検討を実施した。本技術により調製した複合体の結晶構造やフッ化物の滞留性・徐放性に与える影響、歯面への吸着状態について検討を行った。

【材料および方法】

フッ化ナトリウムとカチオン化セルロースの組合せをベースに、P, Ca 供給源としてピロリン酸四カリウム、グリセロリン酸カルシウムを加えて水溶液とし、複合体を調製した。フッ化物の滞留性や徐放性を評価するため、エナメル質のモデル基板であるハイドロキシアパタイト (HAp) 板を調製した溶液に浸漬させ、超純水で洗浄した後、大気乾燥させた試料を下記の測定に供した。走査型電子顕微鏡 (SEM) による複合体吸着状態の観察と、X 線光電子分光法 (XPS) による元素分布から滞留性を評価した。また、徐放性は唾液を模倣した溶液でフッ化物イオンを抽出し、フッ素イオン電極法により評価した。複合体の結晶構造を評価するために、複合体を大気乾燥させて X 線回折 (XRD) により評価した。

【結果および考察】

フッ化ナトリウムとカチオン化セルロースを用いたフッ化物滞留技術に対して、これらに P 及び Ca を添加して複合化することで、HAp 表面での吸着物の増加を確認した。次に、吸着物中の元素分布を比較すると、複合体では一様にフッ素が分布し、高濃度で滞留していることが明らかとなった (Fig)。また、複合体の結晶構造を明らかにするため、XRD 測定を実施し、検出された回折ピークはブロードであることから、複合体は結晶性の低いアモルファス構造であることがわかった。さらに、唾液を模倣した溶液でもフッ化物イオンは検出され、実口腔内で徐放の可能性が示唆された。

以上の結果から、P, Ca, F 及びカチオン化セルロースから成る複合化技術により、アモルファス構造の物質を形成し、歯の表面へ滞留しやすくなると考えられる。また、形成された複合体は安定な結晶であるフッ化カルシウムなどに比べて不安定であるため、実口腔内でフッ化物イオンを徐放できると考察した。さらに、複合体は水洗後であっても HAp 表面に一様に滞留していることから、唾液分泌やすすぎ等の歯磨き行動でも排出されにくいと考えられる。従って、今回新たに見出した複合化技術は、従来技術より高濃度かつ広い範囲にフッ化物を届け、歯の表面近傍でフッ化物イオンを徐放することにより、効率的な再石灰化促進や耐酸性向上の可能性が示唆された。

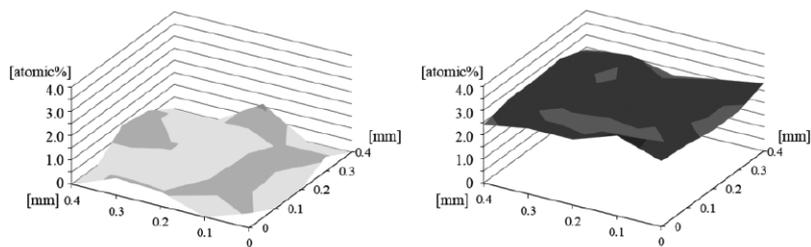


Fig. XPS mapping of fluorine element of adsorbent on HAp surface

新規亜鉛含有知覚過敏抑制剤ケアデザインシールドの 知覚過敏抑制効果に関する 2 群間並行ランダム化比較試験

¹長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 歯周歯内治療学分野

²長崎大学病院 口腔管理センター

○松裏貴史¹, 前めぐみ¹, 大平真之¹, 三原有美子¹, 山下恭徳¹, 杉本浩司², 山田志津香¹, 吉村篤利¹

The efficacy of a novel zinc-containing desensitizer CAREDYNE Shield on dentin hypersensitivity: a randomized controlled trial

¹ Department of Periodontology and Endodontology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki, Japan

² Oral Management Center, Nagasaki University Hospital, Nagasaki, Japan

○Takashi Matsuura¹, Megumi Mae¹, Masayuki Ohira¹, Yumiko Mihara¹, Yasunori Yamashita¹, Kouji Sugimoto², Shizuka Yamada¹ and Atsutoshi Yoshimura¹

【背景】

株式会社ジーシーより 2018 年に販売された亜鉛含有知覚過敏抑制剤ケアデザインシールドは、象牙細管を化学的に封鎖することによって機能するタイプの象牙質知覚過敏抑制剤であり、カルシウムイオン、フッ化物イオンおよび亜鉛イオンを徐放する BioUnion フィラーを含有している。亜鉛はエナメル質および象牙質の脱灰を減少させ、バイオフィルムの形成、プラークの増殖や象牙質のコラーゲン分解を抑制することが報告されていることから、知覚過敏抑制効果のほかに根面齲蝕予防効果も期待されている。しかし、本剤は知覚過敏抑制効果自体いまだはっきりとはわかっていないため、今回我々は本剤の象牙質知覚過敏症における有効性を評価することを目的として研究を行った。

【方法】

本研究プロトコルは SPIRIT2013 声明と CONSORT ガイドラインに準じて作成された単施設 2 群間並行ランダム化比較試験であり (Matsuura T. et al, *Trials* 2020), 長崎大学病院臨床研究倫理委員会の承認を得て UMIN 臨床試験登録システム (UMIN-CTR) へ登録した後に研究を開始した (許可番号: 19102101; 登録番号: UMIN000038072)。本研究は全て長崎大学病院歯科保存治療室で実施された。エアールによる誘発痛がありその他の適格基準を満たす患者に対し、同意説明文書を用いてインフォームド・コンセントを行い、研究参加の同意が得られた者を本研究に組み込んだ。評価者がエアールによる誘発痛の程度を 5 段階の Verbal Rating Scale (VRS) を用いて評価し、患歯の Plaque Index (PI) および辺縁歯肉の Gingival Index (GI) の評価を行った後、術者が計 40 歯を封筒法にてランダムに実験群と対照群の 2 群に割り付け、実験群ではケアデザインシールドを塗布し、対照群ではナノシールを塗布した。評価者および被検者に対して、試験終了まで割り付けを秘匿した。塗布 4 週間後に、評価者が再度患歯に対してエアールによる誘発痛、GI および PI の評価を行った。ベースラインから塗布 4 週間後のエアールによる誘発痛の変化量を主要評価項目とし、患歯の PI および辺縁歯肉の GI の変化量を副次評価項目とした。主要評価項目の統計解析にはウィルコクソンの符号順位検定およびフィッシャーの正確検定を用いた。

【結果】

同意の得られた 26 歳から 80 歳の 24 名の被検者の 40 歯が本研究に組み込まれ、被検者の年齢 (平均値±標準偏差) は 65.5±11.6 歳であり、21 名 (87.5%) が女性で 3 名 (12.5%) が男性であった。40 歯中、前歯および犬歯が 16 歯 (40%)、小臼歯が 11 歯 (27.5%)、大臼歯が 13 歯 (32.5%) であり、上顎が 23 歯 (57.5%)、下顎が 17 歯 (42.5%) であった。40 歯中 33 歯が塗布 4 週間後に再評価された (追跡率 82.5%)。エアールによる誘発痛の変化量 (平均値±標準偏差) はケアデザイン群で 0.75±1.15、ナノシール群で 0.53±0.78 であり、両群ともに有意な誘発痛の減少を認め、2 群間に有意差は認められなかった。また、両群ともに塗布前後での PI および GI のスコアに明らかな変化は認められなかった。

【考察・結論】

本研究の結果、ケアデザインシールドに象牙質知覚過敏症に対する有効性が認められ、抑制効果はナノシールと同程度であった。また、本剤を塗布することによって PI および GI の値が減少することを期待していたが、明らかな変化は認められなかった。これは、本研究に取り込んだ歯の多くが塗布前から PI および GI が 0 であったことが原因の 1 つとして考えられるため、今後 GI のスコアが高い歯に限定して研究を実施することによって、本剤の根面齲蝕予防効果を評価することを検討している。

テオブロミンおよびS-PRG フィラー含有歯面コーティング材の 細菌付着性とイオン徐放性

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¹⁾、朝日大学²⁾、東京医科歯科大学大学院
医歯学総合研究科口腔機能再建工学分野³⁾、明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野⁴⁾
○清水翔二郎¹⁾、日下部修介¹⁾、高垣智博¹⁾、堀田正人²⁾、池田正臣³⁾、市村 葉⁴⁾、二階堂 徹¹⁾

Bacterial Adhesion and Multi Ions Release of Tooth Surface Coating Materials Containing Theobromine and S-PRG Filler

Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University, School of Dentistry¹⁾, Asahi University²⁾, Oral Prosthetic Engineering, Graduate School of Medical and Dental Sciences and Technology, Tokyo Medical and Dental University³⁾, Department of Endodontics and Operative Dentistry, Division of Rehabilitation&Biomaterials Sciences, Meikai University, School of Dentistry⁴⁾

○Shojiro Simizu¹⁾, Shusuke Kusakabe¹⁾, Takagaki Tomohiro¹⁾, Hotta Masato²⁾, Ikeda Masaomi³⁾, Yoh Ichimura⁴⁾, Toru Nikaido¹⁾

【目 的】

歯面コーティング材は、歯の表面に塗布することによって歯面への細菌付着と脱灰を防ぐことが期待できる。テオブロミンはチョコレート等の食品に含まれるカカオの成分として知られ、歯質の再石灰化促進効果などが報告されている。一方、S-PRG フィラーはマルチイオンの徐放によって歯質の耐酸性強化や脱灰抑制効果が報告されている。

本研究の目的は、S-PRG 含有歯面コーティング材にテオブロミンを添加し、細菌付着性、テオブロミン溶出量とイオン徐放性への影響について検討することである。

【材料および方法】

1. 試作コーティング材料

試作コーティング材は、ベース（4種類）とPRGバリアコートアクティブ（松風）とを等量混和して調整した。ベースには、各々添加材料としてシリカ（SC）、シリカ+5.0 wt%テオブロミン（SC/TB）、S-PRG（PR）、またはS-PRG+5.0 wt%テオブロミン（PR/TB）を用い、その他の組成は同じである。

2. 実験方法

各試作コーティング材をステンレス製型枠に填入し、光硬化した。試料表面を#2000 耐水研磨紙で研削し、生理食塩水にて1分間超音波洗浄した。各試料片は、純水または人工唾液に2時間浸漬した後、試料表面をSEM観察した。細菌付着性試験では、ラベルした細菌（*S. mutans*）を集菌して菌液として調製し、各試料を菌液中に浸漬後、全自動試料燃焼装置（ASC-113B, 日立）を用いて試料片に付着した菌体を完全燃焼させて³H₂Oとして回収し、液体シンチレーションカウンター（AccuFLEX LSC-8000, 日立）で放射能を測定した。イオン徐放量およびテオブロミン溶出量の測定は、試料を純水に2時間浸漬後、希釈溶出液を用い、Fを除く各種イオン（Na, B, Al, Si, Sr）はICP発光分析法（ICPS-8000, SHIMADZU）を用いて各イオン徐放量を換算した。Fはフッ素電極法（Fluoride ion electrode: Model 9609BN, pH/ion meter: Model Orion 2115010 Dual Star, Orion Research）を用いて測定した。テオブロミンの溶出量は、高速液体クロマトグラフィー（Alliance, Waters）で測定した。実験データは正規性、等分散性の検定後、細菌付着は2-way ANOVA and *t*-test, イオン徐放量はwilcoxon rank sum testにて検定した。危険率はBonferroniの方法にて5%に調整した。テオブロミン溶出量はStudent's *t*-testにて検定し、危険率5%にて統計処理を行った。

【結 果】

SEM観察の結果、純水群の試料表面にフィラーの脱落が認められた。一方、人工唾液群では試料表面がすべて被覆されて滑らかな面が観察された。細菌付着性試験においては、純水群・人工唾液群ともにテオブロミン添加の有無による細菌付着量に差は認められなかった。一方、S-PRG配合試料においては、シリカ配合と比べて細菌付着量の有意な減少が認められた。イオン徐放量では、SCおよびSC/TBのB, Sr, Fについては検出限界以下であり、PRおよびPR/TBではS-PRG由来のイオンが確認されたが、両者に有意差は認められなかった。テオブロミン溶出量はSC/TBおよびPR/TBにおいて、配合フィラーの有無によって有意な差は認められなかった。

【考 察】

試作コーティング材からのS-PRG由来の各種イオン徐放とテオブロミン溶出が確認された。一方、テオブロミンの添加は、コーティング材からの各種イオン徐放性に影響を与えず、コーティング材に対する細菌付着性に変化は認められなかった。以上よりテオブロミンはS-PRGフィラーとの併用に影響しない機能性素材であり、う蝕抑制機能を備えた新規歯科材料の開発に応用可能であることが示唆された。

う蝕罹患歯質における赤色励起蛍光発現条件の開発
～*Streptococcus mutans* を付着させた滅菌歯牙試片を用いた検討～

昭和大学歯学部 歯科保存学講座総合診療歯科学部門¹⁾、口腔微生物学講座²⁾

○山田理¹⁾、桑田啓貴²⁾、伊佐津克彦¹⁾、長谷川篤司¹⁾

Development of red light-induced fluorescence expression conditions in caries-infected dentin

～ Investigation using *Streptococcus mutans* on the sterilized teeth specimens ～

²⁾ Department of Oral Microbiology and Immunology, Showa University School of Dentistry

○Michi YAMADA¹⁾, Hirotaka KUWATA²⁾, Katsuhiko ISATSU¹⁾, Tokuji HASEGAWA¹⁾

【緒言】う蝕治療において、う蝕罹患歯質を完全に除去することが必須だが、過剰な健全象牙質の切削は象牙細管内液の漏出を促進し、接着効果にネガティブな影響を及ぼすことが報告されている。このことから臨床では、精度の高いう蝕罹患歯質の認識と過剰な歯質の除去を避けることが必須であり、かつ、それらが簡便に行われることが要求される。我々は、これまでに青色励起光を照射することによって生じる赤色励起蛍光を指標として、う蝕象牙質と健全象牙質とを肉眼的に明確に識別でき、この赤色励起蛍光は特異的な分光スペクトル(620nm と 680nm にピーク)を有することや、臨床応用を視野に入れ、発現した励起蛍光を指標としてう蝕象牙質を切削する新規治療システムを開発し、その有用性を報告してきた。さらに、赤色励起蛍光を発する微小区間に *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) が必ず存在することを免疫染色やリアルタイム PCR 法によって確認し、報告してきた(Yamada M., et al)。

【目的】前述の研究において、う蝕罹患歯質に青色励起光を照射した際に赤色励起蛍光を発現する条件やメカニズムは十分に解明できていない。そのため、本研究ではう蝕関連細菌が蛍光物質を産生する条件を明らかにする一助として、う蝕を伴わない歯質に *S. mutans* を付着させることによって人工的に歯質の構造破壊を起こさせ、疑似的にう蝕様歯質を形成するとともに、赤色励起蛍光の発現とう蝕関連細菌の関連について検討した。

【材料と方法】う蝕を伴わないヒト抜去大白歯を diamond band saws (EXAKT)で歯軸方向に歯牙中央で切断し、高圧蒸気滅菌(オートクレーブ)にて 121℃で 20 分間滅菌処理を行い試片とした。また、0.5%スクロース含有ブレインハートインフュージョン(BHI)液体培地に、う蝕関連細菌である *S. mutans* 2 種(GS5 株および ATCC25175 株)をそれぞれ単独で接種させ、液体培地を 2 種類用意した。コントロールとして、細菌を接種させない 0.5%スクロース含有 BHI 液体培地を用意した。試片をそれぞれの液体培地に浸漬し、37℃恒温培養機に静置させ、3 日に 1 度培地交換を行いながら 14 日間培養を行った。疑似的にう蝕様歯質が形成できたか確認するため、走査型電子顕微鏡(SEM)にて歯質の構造変化を観察した。その際、培養した試片をグルタルアルデヒドにて 4℃の環境下で 24 時間固定を行い、アルコールにて脱水処理後、臨界点乾燥装置による乾燥を行った。その後オスミウムコーティングを行い SEM にて細菌の付着と歯質の構造変化を観察した。また、各培地内で培養された *S. mutans* とオスミウムコーティングする前の試片に青色励起光を照射し赤色励起蛍光の発現の有無を確認し、さらに分光分析器において分光スペクトルを測定した。

【結果】液体培地内で増殖した 2 種類の *S. mutans* 株をそれぞれ培地からプレパラート上に一部採取し、白いバックグラウンドにて青色励起光を照射したところ、菌体及び溶液から赤色励起蛍光は確認できなかった。しかし、培養した試片に同条件下で青色励起光を照射したところ、GS5 株および ATCC25175 株で培養した試片どちらからも赤色励起蛍光の発現が認められ、励起蛍光測定においても特異的な分光スペクトルが確認できた。さらに、培養した試片を SEM にて観察したところ、歯質の構造破壊が確認され、破壊された歯質の周囲には *S. mutans* の付着が確認された。

【考察】SEM にて観察した際に、歯質の構造破壊を認めたことから、う蝕様歯質の一部を人工的に形成できた可能性が示唆された。また、液体培地で培養した *S. mutans* 単独では青色励起光を照射しても赤色励起蛍光の発現が認められなかったにも関わらず、同環境下で培養した試片においては赤色励起蛍光の発現が認められた。このことから、う蝕関連細菌が歯質に付着し、成長を進める過程において発生する産生物等が赤色励起蛍光の発現に関与している可能性が示唆された。さらに、本研究において培地内に唾液成分や血液由来成分を人工的に含有させていないことから、赤色励起蛍光の発現は唾液成分や血液成分に左右されない可能性も示唆された。今後、他のう蝕関連細菌による検討や、歯質の構成成分と赤色励起蛍光発現条件について検討を行っていく。

この研究は、文部科学省科研費の助成を受けているものであり、昭和大学歯科病院の臨床試験審査委員会(IRB)の承認を得ている(承認番号 SUDH0037)。

カキタンニンの濃度がポリマイクロバイアルバイオフィームへの抗菌効果に与える影響

神奈川県立歯科大学 歯科保存学講座 保存修復学分野¹,
分子生物学講座 口腔細菌学分野², ACTA³

○富山 潔¹, 石澤将人¹, 浜田信城², Exterkate R.A.M³, 向井義晴¹

Antibacterial effects of condensed tannin extracted from astringent persimmon with different concentrations on polymicrobial biofilms

¹Dep. of Restorative dentistry, ²Dep. of Oral Microbiology,
Kanagawa Dental University,

³Dep. of Preventive Dentistry, Academic Centre for Dentistry Amsterdam (ACTA)

○ TOMIYAMA Kiyoshi¹, ISHIZAWA Masato¹, HAMADA Nobushiro², EXTERKATE R.A.M³, MUKAI Yoshiharu¹

【研究目的】

抗菌性を有する洗口剤は、それぞれ特有の成分が病原細菌に抗菌性を発揮することにより、疾病の治療や予防に効果的であるとの多くの研究報告がある。一方、浮遊菌と異なる性質を有するバイオフィームは、抗菌作用を受けにくいことがわかっており、より効果的な抗菌成分を発見することは重要である。ポリフェノールに属するタンニンは、レンサ球菌、特に *S. mutans* の増殖を抑制することが報告されている。今回我々は、ポリマイクロバイアルバイオフィームに対する渋柿由来のタンニンを含むさせた抗菌剤 (Pancil PS-M: リリース科学工業) の抗菌効果を分析することを目的として、Exterkate らによるバイオフィームモデル (Caries Res, 2010) を応用し、ポリマイクロバイアルバイオフィームの生菌数に与える影響について検討した。

【材料および方法】

バイオフィーム形成用材料には直径 12 mm の円盤状ガラス試片を用いた。処理剤には、PS-M および Corsodyl (0.2 vol% グルコン酸クロルヘキシジン: SmithKline) を滅菌脱イオン水により希釈した溶液を用いた。実験群は、① 非処理群 (陰性対照, cont), ② 1 wt% PS-M 群 (1P), ③ 2 wt% PS-M 群 (2P), ④ 4 wt% PS-M 群 (4P), ⑤ 6 wt% PS-M 群 (6P), ⑥ 8 wt% PS-M 群 (8P), ⑦ 10 wt% PS-M 群 (10P), ⑧ 12 wt% PS-M 群 (12P), ⑨ 14 wt% PS-M 群 (14P), ⑩ 16 wt% PS-M 群 (16P), ⑪ 20 wt% PS-M 群 (20P), ⑫ 0.2 %グルコン酸クロルヘキシジン (陽性対照, CHX) の 12 群とした (n=10)。バイオフィームの培養には、1 被験者から採取した刺激唾液を用いたポリマイクロバイアルバイオフィームモデルを使用した。培養液には buffered McBain 2005 (0.2%スクロース, 50 mM PIPES) を用い、培養液の交換を 10 時間の時点で 1 回行なう嫌気培養 (CO₂: 10.0%, H₂: 10.0%, N₂: 80.0%, 37°C) を 24 時間行なった。培養 24 時間の時点で各処理剤あるいは滅菌脱イオン水 (cont) に 5 分間浸漬後、バイオフィームを 48 時間の培養を継続して超音波で剥離、血液寒天培地に 4 日間培養した後、生菌数の算定を行なった。生菌数は One-way ANOVA および Tukey の検定により有意水準 5% で統計学的分析を行ない、各群の抗菌効果を比較検討した。

【結果】

24 時間培養したバイオフィームに PS-M および Corsodyl を用いて薬液処理を行った結果、すべての薬液処理群におけるバイオフィームの生菌数はすべての濃度で cont と比較して減少し、4 wt%以上で CHX に比較して有意に低下した (cont: 6.96×10^8 , 1P: 4.86×10^8 , 2P: 2.64×10^8 , 4P: 8.36×10^7 , 6P: 7.02×10^7 , 8P: 6.84×10^7 , 10P: 5.53×10^7 , 12P: 5.46×10^7 , 14P: 4.58×10^7 , 16P: 3.22×10^7 , 20P: 1.49×10^7 , CHX: 8.47×10^7 , $p < 0.05$)。また PS-M 処理の抗菌効果は濃度依存的に高くなる傾向が認められた。

【考察】

タンニンは、口腔レンサ球菌に吸着しやすく、*S. mutans* の発育阻止、歯質への付着抑制能を有することが指摘されている。今回、Pancil PS-M 処理は、浮遊菌に比較して抗菌剤の浸透が生じにくいとされるバイオフィームに対して 4 wt%以上で 0.2%グルコン酸クロルヘキシジンと同程度の持続的な抗菌効果が示されたことから、口腔内環境を健全に維持するために有用であるということが考えられる。

【結論】

24 時間培養したバイオフィームに Pancil[®] PS-M 処理を行なうことにより、バイオフィーム内の細菌の増殖を抑制することが確認されたため、本抗菌剤がバイオフィームに対して持続的な抗菌効果を有する可能性が示唆された。本研究は、神奈川県立歯科大学 倫理委員会の承認を得て遂行された【研究倫理 審査番号 445】。本研究内容及び発表に際しての開示すべき利益相反関係にある企業などはない。

睡眠が口腔バイオフィーム細菌叢におよぼす影響

1: 新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻口腔健康科学講座う蝕学分野

2: 大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座

○外園真規¹, 朝日陽子², 栗木菜々子², 林美加子², 竹中彰治¹, 野杵由一郎¹, 恵比須繁之²

Effects of sleep on the microbiome of oral biofilm

1: Division of Cariology, Operative Dentistry and Endodontics,
Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

2: Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry

○Maki Sotozono¹, Yoko Asahi², Nanako Kuriki², Mikako Hayashi², Shoji Takenaka¹, Yuichiro Noiri¹, Shigeyuki Ebisu²

【背景・目的】

ヒト口腔には 700 種を超える微生物が生息しており、歯面、口蓋、頬粘膜、歯肉および舌など様々な部位でバイオフィームを形成している。我々は過去に、睡眠によって歯面に形成されるデンタルバイオフィーム構成細菌数の増加率は変化しないが、16S rRNA 解析より細菌叢が変化することを報告した。しかし、口蓋粘膜、頬粘膜、歯肉粘膜、舌粘膜上など、歯面以外に形成される口腔バイオフィームと睡眠の関係ははまだ明らかとなっていない。そこで、本研究では睡眠が種々の口腔バイオフィームの細菌叢に与える影響を検討した。

【材料・方法】

本研究は、大阪大学大学院歯学研究科倫理委員会の承認を受け遂行された（承認番号 H30-E42）。

試料採取を起床直後に行う群（post-sleeping 群）と就寝前に行う群（pre-sleeping 群）の両群を、10 名すべての被験者に対して適用した。各群とも、試料採取の 7 日前および 24 時間前に術者による口腔内清掃を実施した（下図）。

頬粘膜、硬口蓋粘膜、舌、歯肉粘膜の表面および歯面からバイオフィームを採取し、DNeasy PowerSoil DNA Isolation Kit (QIAGEN, Hilden, Germany) を用いて DNA を抽出し、V1-V2 領域を標的とした 16S rRNA シーケンス解析を行った。

細菌叢構造の評価は、Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) と Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) を行った。相対的割合に関する統計学的有意差の検定は、Wilcoxon rank sum test を危険率 5% にて行った。



Experimental schedule

【結果】

多様性の指標の一つである Bray-Curtis distance に基づく PERMANOVA より細菌叢の評価を行った結果、採取部位によって細菌叢構造が有意に異なることが示された。

また、属レベルでは、歯肉粘膜において、*Actinomyces* 属の相対的割合は他部位と比較し低かったが、歯肉縁下および歯肉縁上デンタルバイオフィームでは、*Corynebacterium* 属および *Capnocytophaga* 属の相対的割合が他部位よりも高い結果となった。*Prevotella* 属の相対的割合は、頬粘膜、口蓋粘膜、舌表面、および唾液において、就寝前と比較し起床直後に有意に高かった。*Corynebacterium* 属は、頬粘膜、口蓋粘膜、歯肉粘膜および歯肉縁上デンタルバイオフィームで、就寝前に比べ起床直後に有意に割合が高かった。上記の属とは対照的に *Streptococcus* 属の相対的割合は、頬粘膜において起床直後よりも就寝前に有意に高かった。*Rothia* 属の相対的割合は歯肉粘膜では就寝前よりも起床直後に有意に高く、一方、唾液および舌においては就寝前に有意に高い結果となり、同じ細菌種であっても部位によって睡眠が及ぼす影響が異なっていた。

【考察・結論】

口腔バイオフィームは唾液、宿主免疫および pH など様々な環境因子の中で形成されるが、睡眠中には唾液の分泌量が低下すること、また唾液成分に変化が生じることなどが報告されており、これらの様々な未解明の環境因子が口腔バイオフィーム細菌叢に影響を及ぼしたと考えられる。また、部位によって睡眠の影響が異なる属が存在したことに關しては、バイオフィーム形成部位の表面性状、部位によるバイオフィームの性状の相違、あるいは睡眠による環境変化へのバイオフィームの反応の相違によると推察される。しかし、口腔内の環境変化が各部位に及ぼす影響の詳細は明らかにされておらず、細菌叢との関連も含め、今後の検討課題である。

マウス歯髄・歯根膜における Type H 毛細血管の経時的变化

東京歯科大学保存修復学講座

○三友 啓介、駒田 朋昭 五十嵐 章智 村松 敬

Age-related localization of type H capillary in mouse pulp and periodontal ligament

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

○MITOMO Keisuke, KOMADA Tomoaki, IKARASHI Takatoshi, MURAMATSU Tkashi

【緒言】

骨は、骨髄において動脈・静脈・毛細血管を含む血管ネットワークを構成している。その役割は酸素や栄養素などの運搬のみならず、骨の成長や恒常性に寄与している。近年、マウスにおいて血管マーカーである CD31 と Endomucin に強く共陽性を示す毛細血管 (Type H 毛細血管) が骨形成に寄与することが報告された。すなわち、Type H 毛細血管は、前骨芽細胞の近傍に局在し、成熟骨芽細胞への分化に重要な役割を果たしていることが明らかとなった (Kusumbe *et al. Nature* 507(7492):323-328, 2014)。

一方、歯髄や歯根膜も骨髄と同様に血管に富んだ組織であり、硬組織形成に寄与する細胞が血管周囲に存在していることが報告されている (Vidovic *et al. J Dent Res* 96(3):323-330, 2017)。以上の形態学的な所見から、歯髄・歯根膜においても、血管網が硬組織形成に働くことが予想されるが、歯髄・歯根膜血管網にはどのような血管サブタイプが存在し、どのような分布を示しているのかは明らかとなっていない。そこで我々は 6 週のマウス歯髄・歯根膜に TypeH 血管の存在と分布を第 152 回の本学会で発表した。今回は歯髄・歯根膜血管網における TypeH 毛細血管の経時的变化と硬組織形成との関連を検討した。

【材料および方法】

本研究は東京歯科大学動物実験委員会の承認を得て行った (承認番号: 212302)。生後 1・4・12・56 週齢の C57BL/6 マウスを 4%パラホルムアルデヒドリン酸緩衝液で灌流固定し、上顎骨採取後浸漬固定を行った。モールス液で脱灰後、凍結ブロックを作製した。クリオスタット (CM3050 ライカ社) にて凍結切片標本を作製し、抗 CD31 抗体・抗 Endomucin (Emcn) 抗体を用いた二重蛍光免疫染色を行った。標本の観察には共焦点レーザー顕微鏡 (LSM880 Airy NLO カールツァイス社) を使用した。また 4・8・12 週齢の C57BL/6 マウスにカルセイン (300 μ L/mouse) を投与後、同様に灌流固定し非脱灰凍結ブロックを作製した。その後凍結切片標本を作製し、抗 Emcn 抗体を用いて蛍光免疫染色を行い、共焦点レーザー顕微鏡を使用し標本を観察した。イメージング解析には ImageJ ソフトウェアを用いて歯髄・歯根膜内の TypeH 血管の面積の割合を算出し、一元配置分散分析を用いて統計学的解析を行った ($p < 0.05$)。

【結果および考察】

歯冠形成期である 1 週齢では、歯髄・歯根膜ともに TypeH 血管が多く歯髄・歯根膜全体に観察された。歯根形成期である 4 週齢では、歯髄では TypeH 血管は歯冠部に少なく歯根部に多い傾向であった。またいずれの部位にも TypeH 血管は象牙芽細胞の直下に存在した。歯根膜では TypeH 血管が広範に認められたが、TypeH 血管は歯根膜の歯槽骨寄りに位置していた。歯根完成期である 12 週齢、老齢期である 56 週齢では、歯髄では TypeH 血管はほとんどみられず、とくに象牙芽細胞の直下に TypeH 血管の減少が顕著であった。一方、歯根膜では全体に TypeH 血管が多く認められた。イメージング解析の結果、歯髄内に占める TypeH 血管の割合は週齢を重ねるにつれ有意に減少傾向を示した ($p < 0.05$)。しかし歯根膜では、歯根膜に占める TypeH 血管の割合は週齢を重ねても有意な減少傾向は認めなかった。またカルセイン標識したマウスでは、新生象牙質がカルセインラベリングとして観察されたが、カルセイン標識された象牙質直下に Emcn 陽性血管が認められ、カルセインラベリングされた象牙質と Emcn 陽性血管の局在に相関が認められた。以上の結果から、歯髄では経時的に TypeH 血管が減少することが明らかとなり、また TypeH 血管は象牙質形成に寄与する可能性が示唆された。

新規水硬性仮封材における辺縁封鎖性評価

株式会社ジーシー

○星野 智大, 森 大三郎, 伏島 歩登志

Evaluation of sealing property by novel hydraulic temporary sealing material

GC Corporation

○Tomohiro Hoshino, Daizaburo Mori, Futoshi Fusejima

【緒言】

近年の超高齢社会において残存歯数は増加傾向であり、高齢者におけるう蝕の発症は増加し、根管治療を含む補綴治療も増加することが予想される。根管治療時には、仮封材により一時的に窩洞の封鎖が行われ、仮封材に求められる要件として、根管貼薬剤を髄室内に密封しながら、外部からの細菌侵入による根管の再感染を防ぐことが求めている¹⁾。水硬性仮封材は口腔内の唾液中の水分と反応して硬化する仮封材であり、練和が不要で操作性に優れた仮封材として広く利用されている。しかしながら、充填後 1 時間以上強い咬合を避ける必要があり、特に隔壁のない場合には患者が舌で触るなどの負荷により材料が変形し、辺縁漏洩の恐れが考えられる。そこで、従来の水硬性仮封材よりも硬化を早くすることで辺縁封鎖性を向上させた新規水硬性仮封材を開発した。本研究では、充填後の外部負荷による辺縁封鎖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】

材料は、新規水硬性仮封材 (CF03W, GC), キャビトン EX (CEX, GC), キャビトン (CV, GC), 水硬性仮封材 (製品 A, 製品 B) の 5 種を用いた。

牛歯歯根の歯髄腔に綿球を詰め、材料充填部の深さを約 4mm とし、材料は上部に 4mm 程盛り上がるように充填した (Fig. 1)。37°C 水中に 30 分間浸漬し、盛り上げて充填した材料にせん断負荷を加え、上部を破壊した。せん断負荷後の歯根を μ CT 撮影 (inspeXio, SHIMADZU) し、材料と歯質界面の隙間の有無について観察を行った。

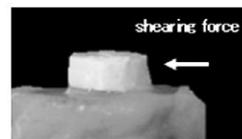


Fig. 1 Root after filling

【結果および考察】

Fig. 2 に μ CT 撮影結果を示す。CF03W においては、せん断負荷後に材料と歯質界面に隙間は観察されなかった。一方、他の水硬性仮封材ではせん断負荷側の歯質との界面に隙間が観察された。この結果より、CF03W は硬化性改良により、歯質との密着性が向上していると考ええる。また、せん断負荷が内部に伝わらず、歯髄腔内に充填された材料の変形を抑制したため、隙間の発生が抑えられたと考える。他の水硬性仮封材は CF03W と比較し、水中浸漬 30 分後では硬化が不十分であり、せん断による負荷が充填内部に伝わることで材料が変形し、材料と歯質との界面に隙間が生じたと考える。

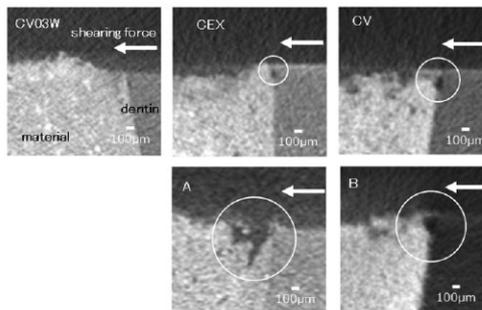


Fig. 2 Gap at the interface with the material

【結論】

新規水硬性仮封材は、早期に硬化することにより、せん断負荷による充填内部の材料に変形がなく、歯質との界面への隙間の発生を抑制しており、材料と歯質界面の辺縁封鎖性に優れていることが示唆された。

【参考文献】

1) 韓 臨麟ら, 日歯保存誌 51(3):274~280, 2008

「アローマインジェクション」を用いた印象撤去時における引き抜き力の評価

株式会社ジーシー

○新関 尚史, 立野 敦史, 伏島 歩登志

Evaluation of Pull-out Force during Impression Removal Using “Aroma Injection”

GC Corporation

○Naofumi Niizeki, Atsushi Tachino, Futoshi Fusejima

【研究目的】

補綴装置を製作する際に精密印象が必要となる場合がある。精密印象には寒天印象材及びシリコーン印象材が使用されているが、動揺歯が残存する患者や歯周病が進行している患者に対して寒天印象材では熱刺激があり、シリコーン印象材では硬化後の印象体が固すぎて撤去時に抜歯してしまうリスクがある。2020年11月に発売された「アローマインジェクション(ARI)」(連合印象用アルジネート印象材)は日本歯科保存学会2021年度春季学術大会(第154回)にてシリコーンゴム印象材と同等の精密性を有していることを報告した。本研究では、ARIによる連合印象後の印象体の引き抜き力について評価を行い、歯周病が進行した患者に対するARIの有用性を検証することを目的とした。

【材料および方法】

材料には、アルジネート連合印象にアローマファインプラス (AFP) と ARI またはアローマロイド (ARL) を用い、シリコーンゴム連合印象には、ベースマテリアルに他社製品 A または B, ウォッシュマテリアルに他社製品 C または D を用いた。大白歯歯牙模型をユニファスト II (GC) に包埋した。割がた I に包埋した歯牙模型をセットした。通常の連合印象と同様に歯牙模型に対しウォッシュマテリアルを注入した。割がた II にはベースマテリアルを充填し、割がた I・II を圧接し連合印象を行った。各製品の添付文書に記載の口腔内保持時間、35℃の恒温水槽に圧接した試験体を静置した。恒温水槽から取り出し試験体をオートグラフ(島津製作所, EZ-20)にセットしクロスヘッドスピードを 50 mm/min として引き抜き力を測定した。

【結果および考察】

AFP+ARI および AFP+ARL によるアルジネート連合印象と AFP 単一印象による引き抜き力に有意差はなく、シリコーンゴム連合印象よりも有意に低い値を示した。また、他社製品 A+B および他社製品 C+D によるシリコーン連合印象の引き抜き力は、33.9 N および 64.4 N であった。アルジネート印象材である ARI は高分子多糖類が主成分であり弾性があるのに対し、シリコーン印象材はゴム質であるため弾性が非常に小さく硬い材料であることから、引き抜く際により力が必要になったと考えられる。

Table Results of pull-out force

Materials	Pull-out force[N]
AFP+ARI	11.8
AFP+ARL	10.7
AFP	10.0
Product A + Product B	33.9
Product C + Product D	64.4

【結論】

歯周病が進行した多数歯欠損の患者に対して、ARI を用いたアルジネート連合印象はシリコーンゴム印象材による連合印象に比べ撤去が容易であり、寒天-アルジネートやアルジネート単一印象と同等の力で撤去可能であることから抜歯のリスクを低減できることが示唆された。

炭を配合したシート状の歯磨剤による 色素沈着物の除去効果に関する比較検討

1) ホワイトエッセンス株式会社 ヘルスケア事業部
○中畑亜加音¹⁾、岸本玲奈¹⁾、織田真帆¹⁾、浅木隆夫¹⁾

Comparison of the effect of removing pigmentation by sheet-like toothpaste containing charcoal

1) WHITE ESSENCE CO., LTD.

○Akane Nakahata¹⁾、Rena Kishimoto¹⁾、Maho Orita¹⁾、Takao Asaki¹⁾

【背景・目的】

う蝕や歯周病予防を目的とした歯磨剤は多く販売されているが、中でも近年、歯面の着色除去を目的とした、審美性を訴求する歯磨剤が多く販売されている。歯面の色素沈着を除去するためには、歯磨剤の併用は不可欠といわれており、そのタイプにはペースト、ジェル、液体などが一般的である。著者らは、歯面への密着性向上を目的として、歯面に貼付するシート状の歯磨剤を開発した(ホワイトエッセンス ココホワイト、ホワイトエッセンス株式会社)。また着色除去効果を向上させるため、着色の吸着を目的として炭を配合した。炭は、有機物を選択的に吸着しやすい性質から、歯磨剤に配合することにより、着色した歯面の色調変化をもたらす効果が確認されている。また、ステインやプラーク除去を目的とした歯磨剤の配合成分には、炭以外にもポリリン酸やフィチン酸などの有機酸が知られている。今回、炭を配合した本シート状歯磨剤による色素沈着除去効果について、配合成分が異なる2つのシート状歯磨剤との比較を、ヘマトポルフィリン染色紙モデルを用いて検討することを目的とした。

【材料・方法】

0.12%(w/v)に調整したヘマトポルフィリン・エタノール溶液に、光沢紙を浸して染色したものを乾燥させて使用した(以下、ヘマト紙)。ヘマト紙を精製水で湿らせ、配合成分が異なる3種類のシート状歯磨剤を貼付し、一定時間放置後、ふき取った。歯磨剤貼付前後のヘマト紙について、ハンディ型色彩計(NR-11A、日本電色)を用いて測定し、貼付前後での色差 ΔE (以下、 ΔE)を算出した。シート状歯磨剤には、炭が配合されたシート状歯磨剤(ホワイトエッセンス ココホワイト)(以下、A群, n=5)、フィチン酸が配合されたシート状歯磨剤(以下、B群, n=5)、ポリリン酸ナトリウムが配合されたシート状歯磨剤(以下、C群, n=5)を使用した。放置時間は、各歯磨剤の使用 방법에記載の時間(A群:30分、B群:10分、C群:3分, 各 n=5)でそれぞれ貼付した結果の比較に加え、貼付時間を3分間で統一させた際の ΔE の比較も行った(各 n=5)。統計解析にはTukey's testを用いた。

【結果】

3種の歯磨剤について、使用方法に準じた時間でそれぞれ貼付した結果、30分貼付したA群は、3分貼付したC群に比較し有意に ΔE が大きいことが示された($p < 0.05$)。また10分貼付したB群においても、30分貼付したA群の方が、有意に ΔE が大きいことが示された($p < 0.01$)。B群とC群間では ΔE に有意差は見られなかった。時間を3分に統一させ貼付した結果、A群はB群に比較し有意に ΔE が大きいことが示された($p < 0.001$)。またA群はC群との比較においても有意に ΔE が大きい結果となった($p < 0.05$)。C群はB群より有意に ΔE が大きいことが示された($p < 0.01$)。

【考察】

使用方法に準じた時間での貼付前後及び、時間を統一させた貼付前後のいずれにおいても、A群がB群及びC群に比較し有意に ΔE が大きかった。この結果より、貼付時間に関わらず、炭を配合したシート状歯磨剤の着色除去効果は、B群・C群に比較し高い可能性が考えられる。しかし、本試験ではシートの厚みや研磨剤等の影響を考慮していない為、今後、配合成分特有の効果を解明する為に、これらの影響を排除した実験系での検証が必要であると考えられる。

【結論】

ヘマトポルフィリン染色紙モデルを用いた試験系において、炭を配合したシート状歯磨剤は、ポリリン酸ナトリウムを配合したシート状歯磨剤及び、フィチン酸を配合したシート状歯磨剤に比較し、貼付前後での色差(ΔE)が大きい。

炭を配合したシート状の歯磨剤と LED ライト照射の併用における 色素沈着物の除去に関する効果検証

1) ホワイトエッセンス株式会社 ヘルスケア事業部
○中畑亜加音¹⁾、織田真帆¹⁾、岸本玲奈¹⁾、浅木隆夫¹⁾

Verification of the effect of removing pigmentation when using sheet-type toothpaste containing charcoal and LED light irradiation together

1) WHITE ESSENCE CO., LTD.
○Akane Nakahata¹⁾、Maho Orita¹⁾、Rena Kishimoto¹⁾、Takao Asaki¹⁾

【背景・目的】

う蝕や歯周病予防を目的とした歯磨剤は多く販売されているが、中でも近年、歯面の着色除去を目的とした、審美性を訴求する歯磨剤が多く販売されている。一般的に洗浄分野においては、温度により洗浄効果が向上するのは明確な事実であり、多くの製品に活用されている。同様に歯科領域においても、レーザーや LED ライト等が治療に用いられることが増えている。著者らは、歯面の着色除去を目的として、炭を配合した歯面に貼付するシート状の歯磨剤を開発した(ホワイトエッセンス ココホワイト、ホワイトエッセンス株式会社)。今回、本歯磨剤(以下、ココホワイト)と LED ライトによる照射を併用させた際の着色除去効果を、ヘマトポルフィリン染色紙モデルを用いて検討することを目的とした。

【材料・方法】

0.12%(w/v)に調整したヘマトポルフィリン・エタノール溶液に、光沢紙を浸して染色したものを乾燥させて使用した(以下、ヘマト紙)。ヘマト紙を精製水で湿らせ、ココホワイトを貼付した。この試料に、出力の異なる Low モード又は High モードで LED ライトを一定時間照射した群(以下、Low 照射群、High 照射群、各 n=3)と、照射せずに一定時間放置した群(以下、照射なし群、n=3)について、明度(L*)をハンディ型色彩計(NR-11A、日本電色)で測定し、貼付前後の明度差 ΔL^* (以下、 ΔL^*)を算出した。貼付及び LED ライトによる照射時間は、ココホワイトの使用 방법에記載の時間である 30 分に加え、20 分、15 分、10 分においても比較検討を行った(各 n=3)。照射に使用した LED ライトは、出力ピーク波長が 450nm~470nm の青色光を生成する機器を使用した。統計解析には Tukey's test を用いた。

【結果】

貼付時間 30 分における試験では、Low 照射群が照射なし群に比較し、有意に ΔL^* が大きいことが示された($p < 0.01$)。また同様に High 照射群との比較において、照射なし群に比べ有意に ΔL^* が大きい結果となった($p < 0.01$)。貼付時間 20 分、15 分、10 分の試験においても 30 分と同様に、Low 及び High 照射群の方が、照射なし群に比較し、有意に ΔL^* が大きいことが示された。また、貼付時間 30 分及び 20 分では、Low 照射群と High 照射群間で有意差は確認されなかった。貼付時間 15 分では High 照射群が Low 照射群より有意に ΔL^* が大きいことが確認され($p < 0.05$)、貼付時間 10 分でも同様の有意差が示された($p < 0.001$)。

【考察】

30 分、20 分、15 分、10 分の貼付時間において、LED ライトで照射することにより、 ΔL^* が有意に大きいことが示された。この結果より、貼付時間に関わらず、LED ライトの照射が着色除去効果を向上させる可能性が考えられる。また、15 分と 10 分の貼付では、照射モードの強弱によりそれぞれ ΔL^* に有意差が見られたことから、出力モードが着色除去効率に影響をもたらすことが示唆された。しかし、本試験では明度による比較のみであるため、今後より詳細な比較を行う為に、色差(ΔE)を算出した検証が必要であると考えられる。

【結論】

ヘマトポルフィリン染色紙モデルを用いた試験系において、炭を配合したシート状歯磨剤の貼付前後の明度差(ΔL^*)は、LED ライトを照射することにより大きくなる。

LPSで刺激されたヒト歯髄細胞におけるMicroRNA146bの抗炎症作用

東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科 口腔機能再構築学講座 歯髄生物学分野
○韓沛豊、砂田(奈良)圭介、川島伸之、WANG SHIHAN、KIEU QUOC THOAI、興地隆史

Anti-inflammatory Effects of MicroRNA146b on Lipopolysaccharide-stimulated
Human Dental Pulp Cells

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

○HAN Peifeng, SUNADA-NARA Keisuke, KAWASHIMA Nobuyuki, WANG Shihan, KIEU Quoc Thoai,
OKIJI Takashi

Introduction: MicroRNAs (miRNAs) are small and noncoding RNAs that are involved in the regulation of the inflammatory processes by binding to their target mRNAs and controlling the expression of various inflammatory mediators. We have reported that, in lipopolysaccharide (LPS)-stimulated human dental pulp cells (hDPCs), miR-21 is upregulated and shows downregulation of proinflammatory cytokines interleukin-1 α (IL-1 α), IL-6, and tumor necrosis factor α (TNF α). Furthermore, we have revealed that several miRNAs other than miR-21, including miR-1224, miR-132, and miR-146b, are upregulated in LPS-stimulated hDPCs¹. The aim of this study was to evaluate the anti-inflammatory effects of miR-146b on LPS-stimulated hDPCs.

Materials and Methods: hDPCs isolated from dental pulp tissues of wisdom teeth (n = 4, approved by the Ethical Committee of TMDU, # D2014-039) were cultured in the presence or absence of LPS (E. coli 0111: B4, Sigma-Aldrich, 100 ng/ml). Real-time PCR was used to analyze expression of miR-146b and U6 (universal control), together with mRNAs for proinflammatory cytokines [IL-1 α , IL-1 β , IL-6, IL-8, TNF α and monocyte chemotactic protein 1 (MCP-1)], and candidates of miR-146b target genes [interleukin-1 receptor-associated kinase 1 (IRAK1), TNF receptor associated factor 6 (TRAF6), and REL-associated protein involved in NF- κ B (RELA)]. Protein expression of IL-6, IL-8 and MCP1 was analyzed by the Cytometric Bead Array System (BD Biosciences). BAY-11708 (1 μ M, Cayman) was used to block NF- κ B signaling pathway. Enforced expression of miR-146b was induced by transfection of miR-146b mimic (Thermo Fisher Scientific).

Results: miR-146b was significantly upregulated in LPS-stimulated hDPCs, which was abolished by BAY-11708. LPS stimulation also promoted the expression of proinflammatory cytokines IL-1 α , IL-1 β , IL-6, IL-8, TNF α and MCP-1. Application of miR-146b mimic downregulated the mRNA expression of IL-1 β , IL-8, TNF α and MCP-1 as well as the protein level of IL-6, IL-8, and MCP-1, meanwhile downregulated the mRNA expression of IRAK1, TRAF6, and RELA in LPS-stimulated hDPCs.

Discussion: We revealed that miR-146b expression was elevated in LPS-stimulated hDPCs, and blocked by BAY-11708, indicating that NF- κ B signaling pathway activated by LPS was involved in miR-146b expression. miR-146b downregulated proinflammatory cytokine expression, suggesting that miR-146b works as a negative regulator of pulpal inflammations like miR-21. mRNA expression of IRAK1, TRAF6, and RELA, which are typical members of NF- κ B signaling pathway, was downregulated by miR-146b, suggesting that miR-146b disturbs the NF- κ B signaling pathway via downregulation of IRAK1, TRAF6, and RELA expression. Downregulation of RELA expression by miR-146b has not been reported previously.

Conclusion: In LPS-stimulated hDPCs, miR-146b was induced via NF- κ B signaling pathway, and miR-146b downregulated mRNA and protein expression of proinflammatory cytokines and mRNA expression of IRAK1, TRAF6, and RELA.

Reference: 1. Nara K, Kawashima N, Noda S, Fujii M, Hashimoto K, Tazawa K, et al. Anti-inflammatory roles of microRNA 21 in lipopolysaccharide-stimulated human dental pulp cells. *J Cell Physiol.* 2019;234(11):21331-41.

Caffeic acid phenethyl ester (CAPE)が歯髄細胞の VEGF 産生に与える影響

徳島大学大学院医歯薬学研究部 再生歯科治療学分野
○蔵本 瞳、中西 正、武川大輔、細川由樹、三枝克啓、保坂啓一

The effects of Caffeic acid phenethyl ester (CAPE) on VEGF production in dental pulp cells
Department of Regenerative Dental Medicine, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences

○Hitomi KURAMOTO, Tadashi NAKANISHI, Daisuke TAKEGAWA,
Yuki HOSOKAWA, Katsuhiko MIEDA and Keiichi HOSAKA

【緒言】

歯髄炎は、主にう蝕細菌やその構成成分が象牙細管を通じて象牙芽細胞や歯髄細胞を刺激することで惹起され、その発症には自然免疫の関与が示唆されている。歯髄炎が進行すると歯髄組織に不可逆性的な変化が生じ、最終的に歯髄除去療法の適応となるが、無髄歯は歯根破折を生じるリスクが高くなるとされ、その予後は必ずしも良好ではない。したがって、歯髄の積極的な保存を可能にする新規歯髄保護療法の開発が望まれている。

演者らは、ラット象牙芽細胞様細胞 (KN-3)において、プロポリスの生理活性物質である Caffeic acid phenethyl ester (CAPE)が象牙芽細胞の活性化や修復象牙質の形成に関与する Vascular endothelial growth factor (VEGF)を誘導することを報告している (Kuramoto *et al. Biomed Res Int.*, 2019) が、歯髄細胞におけるその役割やメカニズムについては不明である。本研究では、CAPE を応用した生理的な新規歯髄保護療法の開発を目指し、ヒト歯髄細胞を用いて、VEGF の産生に及ぼす CAPE の影響について解析を行った。さらに、歯髄炎の発症や増悪に関与するケモカインの産生についても検討を行った。

【方法】

徳島大学病院歯科を受診し、う蝕及び歯周炎を有さず矯正目的のため抜去された健全智歯より歯髄を採取し、細切後 outgrowth した細胞を歯髄細胞とし、5~9 代継代したものを実験に使用した。なお、試料の収集は徳島大学病院医学系研究倫理審査委員会の承認のもとで実施し、被験者には本研究の内容を説明し、同意を得た後に試料を実験に使用した (承認番号 329)。

歯髄細胞を 10% FBS 添加 DMEM 培地にてサブコンフルエントまで培養後、細菌関連因子である Pam3CSK4 等の自然免疫関連受容体 (PRRs: Pattern recognition receptors) に特異的なリガンドや、TNF- α 等の炎症性サイトカイン存在下で CAPE を作用させたときの培養上清中の VEGF と CXCL10 濃度を ELISA 法にて測定した。さらに、タンパクを回収し、細胞内シグナル伝達経路について Western blot 法を用いて解析した。

【結果】

歯髄細胞において、CAPE は VEGF の産生を誘導すること、さらに Pam3CSK4 および TNF- α によって誘導された CXCL10 産生を CAPE が抑制することが示された。また、CAPE を作用させることにより、p38MAPK、ERK1/2 および SAP/JNK のリン酸化が認められた。

【考察】

今回の結果より、CAPE が歯髄細胞に対して VEGF 産生作用を有すること、さらには抗炎症作用を示すことが明らかとなり、新規歯髄保護療法開発につながっていく可能性が示唆された。

本研究は JSPS 科研費 20K23084 の助成を受けたものです。

スフィンゴシン-1-リン酸のヒト歯髄培養細胞における硬組織形成能への影響

日本大学松戸歯学部 歯内療法学講座¹⁾ 日本大学口腔科学研究所²⁾
○倉持光成¹⁾、岡部達^{1,2)}、神尾直人¹⁾、葉山朋美¹⁾、深井謙滋¹⁾、渡邊昂洋¹⁾、松島潔^{1,2)}

Effect of sphingosine-1-phosphate on hard tissue formation ability in human dental pulp cells.

Department of Endodontics¹⁾, Research Institute of Oral Science²⁾

Nihon University School of Dentistry at Matsudo.

KURAMOCHI Kosei¹⁾, OKABE Tatsu^{1,2)}, KAMIO Naoto¹⁾, HAYAMA Tomomi¹⁾,

FUKAI Joji¹⁾, WATANABE Takahiro¹⁾ and MATSUSHIMA Kiyoshi^{1,2)}

【目的】

スフィンゴシン-1-リン酸 (S1P) は生体内に存在し、細胞の細胞膜で産生される複合脂質の一つであり、5つの特異的な受容体を介して多彩なシグナル経路に共役すると考えられている。これまでに S1P 受容体作動薬を用いた研究報告では、根尖歯周組織において骨芽細胞分化作用、骨形成促進作用を示すことが明らかにされている。S1P は血液中にも数 μM と豊富に存在していることから、血液供給のある歯髄組織においても S1P は生理活性に深く関与していると思われるが、十分な研究報告はなされていない。特に歯髄における硬組織形成の機序は未だ不明な部分も多く、本研究では歯髄細胞における S1P の働きを解明することを目的として、S1P のヒト歯髄培養細胞における硬組織形成能への影響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:EC20-19-19-003-2 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、矯正学的理由によって抜去された健康な第三大臼歯より歯髄組織を無菌的に取り出し、10%牛胎児血清を含む α -MEM を用いて5~9代継代し、37℃、5%CO₂条件下で培養を行ったものを用いた。

ヒト歯髄培養細胞における石灰化能の検討には通常培地に β -glycerophosphate (2 mmol/L) とアスコルビン酸 (50 $\mu\text{g}/\text{mL}$) を含む培地を石灰化誘導培地とし、Sphingosine-1-phosphate (S1P, Cayman Chemical, USA) を0 (control 群)、0.1 μM 、1 μM 、10 μM の濃度で添加、最大21日間培養しアルカリフォスファターゼ活性 (ALP 活性) の測定、石灰化結節の形成をアリザリンレッド染色にて観察した。また、細胞内カルシウムイオン濃度 ($[\text{Ca}^{2+}]_i$) は、蛍光色素 Fura-2 を用い、2波長蛍光測定法により測定した。

【結果】

1. ヒト歯髄培養細胞において、S1P は $[\text{Ca}^{2+}]_i$ を上昇させ、またその効果は濃度依存的であった。
2. 細胞外液の Ca^{2+} の除去により S1P による $[\text{Ca}^{2+}]_i$ の上昇は抑制されなかった。
3. S1P 添加から7日目の ALP 活性において、0.1 μM 群と1 μM 群において ALP 活性の上昇が認められた。
4. S1P 添加から19日目および21日目のアリザリンレッド染色において、0.1 μM 群と1 μM 群において石灰化結節の形成・増大を認めた。

【考察】

ヒト歯髄培養細胞において、S1P 作用後における $[\text{Ca}^{2+}]_i$ の上昇は、細胞内 Ca プールからの遊離によることが示唆された。また、ヒト歯髄培養細胞への S1P 添加により ALP 活性の上昇および、アリザリンレッド染色における石灰化結節の形成・増大を認めたことから、S1P はヒト歯髄培養細胞において硬組織形成能促進効果を与えている可能性が示唆された。

BONDMER Lightless のヒトセメント芽細胞に対する細胞障害性について

神奈川県立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
 ○王珽萱¹、渡邊清子²、武藤徳子¹、石井信之¹

Cytotoxicity effect of *BONDMER Lightless* on human cementoblast cells

Department of Endodontics, Department of Liberal Arts Education, Kanagawa Dental University

○WANG Ting Hsuan, WATANABE Kiyoko, MUTOH Noriko, TANI-ISHII Nobuyuki

【緒言】*BONDMER Lightless* (トクヤマデンタル、以後 *BONDMER L*) は、歯科用象牙質接着剤として臨床応用され、操作の簡便性、硬化時間短縮、および種々の歯科用素材との接着性に優れることが報告されている。*BONDMER L* は象牙質表面を脱灰後に接着性成分が歯質に進入し、化学重合触媒による重合が開始され接着層が形成される。一方、Bis-GMA、TEGDMA、および HEMA が成分として含有されるため、硬化後の未重合メタクリレート系モノマーによる抗原性や細胞障害性についての配慮が必要とされている。本研究は、*BONDMER L* 硬化体のヒトセメント芽 (HCEM) 細胞に対する細胞障害性に及ぼす影響について解析することを目的とした。

【材料および方法】*BONDMER LA*、*B* 液を混和し 24 時間硬化後の硬化体を試料とした。硬化体の作製はホットプレート (アズワン : HP-4530N) 上に PP シートを用い、37 度に加温した。抽出には *BONDMER L A*、*B* 混和溶液を 1 ml あたり 6 cm² に拡大し厚さ約 50 μm の硬化シートを作製後 4×7.5 cm に裁断した。裁断後の試料をジメチルスルホキシド (DMSO、石津製薬) に溶解後、*BONDMER L* 硬化体 10 mg/ml 濃度を 10 ml 得た。被験試料は、α-MEM で希釈し 10 段階希釈し 1、0.1、0.01、0.001、0.0001 mg/ml とした。細胞障害性試験は HCEM (広島大学高田教授供与 (現徳山大学学長)) の不死化細胞系を用いて行った。HCEM の培養は 10%FBS 添加 α-MEM を用いて培養し、*BONDMER L* の細胞障害性は、Cell Titer 96 Aqueous Non-Radioactive Cell Proliferation Assay (Promega, USA) を用いて判定した。統計処理は、Tukey 法により解析した。

【結果】*BONDMER L* 硬化体を DMSO および培養液で希釈し 1、0.1、0.01、0.001、0.0001 mg/ml 濃度の HCEM に対する細胞障害性を解析した結果、0.1 mg/ml 濃度以下では細胞障害性は認められなかった。

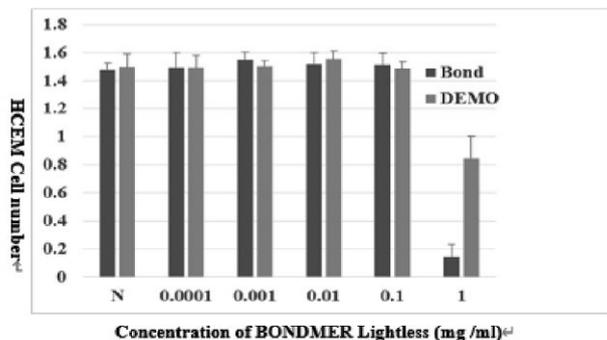


FIGURE1-Cell viability of HCEM by *BONDMER Lightless*

【考察】*BONDMER L* は成分中に抗原性や細胞障害性を引き起こす成分が含有されているが、硬化後 24 時間以降における残留モノマーの影響は少なく、HCEM に対する細胞障害性に影響がないと考えられた。

(会員外共同研究者 : 浜田信城、神奈川県立歯科大学分子生物学講座口腔細菌学分野)