

過硝酸溶液の濃度が根面う蝕モデル歯の殺菌効果に及ぼす影響

¹ 鶴見大学保存修復学講座, ² 鶴見大学口腔微生物学講座,
³ 大阪産業技術研究所 応用材料科学研究部, ⁴ 大阪大学大学院工学研究科アトミックデザイン研究センター
○ 岩木達哉¹, 田崎達也¹, 大島朋子^{2,4}, 井川聡³, 北野勝久^{4,2}, 前田伸子², 桃井保子¹

Concentration of synthetic nitrous acid solution affected the sterilization effect of the root caries-model teeth

¹ Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine,

² Department of Oral Microbiology, Tsurumi University School of Dental Medicine,

³ Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology,

⁴ Graduate School of Engineering, Osaka University

○ ¹ IWAKI Tatsuya, ¹ TASAKI Tatsuya, ^{2,4} OHSHIMA Tomoko, ³ IKAWA Satoshi,

^{4,2} KITANO Katsuhisa, ² MAEDA Nobuko, ⁴ MOMOI Yasuko

【緒言】 根面う蝕は、直視直達が困難な隣接面部に好発するため歯冠部に比べ修復が格段に難しく、歯冠部う蝕と同様に感染歯質を切削すると歯質が菲薄化し歯自体の喪失を招く場合があるなどが課題である。多くの臨床医が、上述の状況下では非切削でう蝕の進行を抑制または停止させることが患者の利益に添うと考えている。そこで我々は、歯冠部う蝕モデル実験において、感染象牙質に対し顕著な殺菌性を発揮した大気圧プラズマ、またその発展系のプラズマ処理水¹が根面う蝕の殺菌にも有効であると考えた。近年、プラズマ処理水の殺菌因子は過硝酸 (PNA: HOONO_2) であることが明らかにされた²⁾。活性窒素種である過硝酸による殺菌は今まで報告がなく、現在我々は化学合成法で生成した過硝酸を用いた研究を進めている。本研究では、過硝酸の濃度が根面う蝕モデル歯の殺菌効果に及ぼす影響について検討した。

【材料および方法】 ヒト抜去前歯 (鶴見大学倫理審査委員会承認番号 856) の歯根の唇面を、耐水研磨紙で研磨して平坦面を形成し、それ以外を接着性コンポジットレジンで被覆した。乳酸 (40 %, pH 2.3) に 2 日間浸漬し被験平坦面を脱灰させ、蒸留水中でオートクレーブ滅菌 (121 °C, 15 分間) し、*Streptococcus mutans* (ATCC25175) の培養液 (10^{7-8} CFU/mL) に浸漬した。培養液は毎日交換し 7 日間 37°C の好気下で振盪培養し根面う蝕感染モデル歯を作製した。過硝酸溶液は過酸化水素と亜硝酸を混和することで化学合成し、熱分解を防ぐため冷凍保存したものを、使用時に解凍して pH 3.5 のクエン酸バッファーを添加した。過硝酸溶液の濃度は 11, 16, 22 mM の 3 条件 (n = 7) とし、さらに対照としてバッファーのみに浸漬した条件と、過硝酸 (22 mM) を 37 °C で 1 時間静置し熱失活させた条件で実験を行った。いずれも処置時間は 10 秒とした。根面う蝕モデル歯を対照溶液に浸漬する前後に、根平坦面の 3 か所からスチールラウンドバー (直径 0.8 mm) で採取した象牙質の切削片を BHI 培地に懸濁し、寒天培地で 2 日間培養して、ラウンドバー 1 本当たりの生菌数 (CFU/round bur) を算出した。

【結果および考察】 根面う蝕モデル歯の処置前の生菌数は 10^{5-6} CFU/round bur であった。過硝酸に 10 秒浸漬後の生菌数は、溶液濃度が 11, 16 mM の場合はそれぞれ 2.2×10^4 , 3.9×10^3 CFU/round bur であり、22 mM の場合は検出限界以下 (< 2.5 CFU/round bur) であった。よって、今回のヒト根面う蝕感染モデル歯の感染象牙質に対しては、22 mM 以上の濃度であれば無菌化できる可能性が示された。また、バッファーのみや熱失活させた過硝酸の条件では、生菌数に変化は無く殺菌効果は認められなかった。過硝酸の半減時間は温度依存性があり、37°C (体温) では数秒で失活するため人体への為害性は低いと考えられ、口腔内にも安全に応用できると期待できた。

【結論】 新しい殺菌剤として期待できる過硝酸溶液を用い、根面う蝕モデル歯に対する殺菌効果を検討したところ、22 mM 程度の濃度であれば無菌化できる可能性が示された。

【参考文献】

- 1) Tasaki T, Ohshima T, Usui E, Ikawa S, Kitano K, Maeda N, Momoi Y, Dent Mater J, 36 (4), 2017.
- 2) Ikawa S, Tani A, Nakashima Y, Kitano K, Journal of Physics D: Applied Physics, 29 (42), 2016.

アルミナブラスト処理が金銀パラジウム合金に及ぼす機械的・化学的作用と 接着への効果

¹九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野

²九州歯科大学口腔機能学講座生体材料学分野

○ 宮原宏武¹, 池田 弘², 吉居慎二¹, 清水博史², 北村知昭¹

Mechanical and chemical alterations of Ag-Pd-Cu-Au alloy by alumina air-abrasion and their effects to adhesive bonding

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

² Division of Biomaterials, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University

○ MIYAHARA Hirotake¹, IKEDA Hiroshi², YOSHII Shinji¹,
SHIMIZU Hiroshi², KITAMURA Chiaki¹

【研究目的】

歯科用合金に対するアルミナブラスト処理は、表面の汚染物を機械的に除去し、接着面積を増大させる効果があるため重要である。我々はこれまでの研究において、本来作用しないとされていた非貴金属用接着性モノマーの MDP がアルミナブラスト処理した金銀パラジウム合金と MMA/TBB レジンセメントの接着に特異的に作用することを見出した。しかしながら、アルミナブラスト処理によって生じる金銀パラジウム合金の化学的変化と接着への作用機序は明らかになっていない。そこで本研究では、アルミナブラスト処理の金銀パラジウム合金に及ぼす機械的・化学的作用を解明し、その接着への効果を明らかにすることを目的とした。

【材料および方法】

金銀パラジウム合金（キャストウェル M.C.12, ジーシー）をディスク状に鋳造し、表面を#600 の耐水研磨紙にて研磨し、技工用サンドブラスター（JET BLAST II, モリタ）で噴射圧 0.6 MPa, 処理時間 20 秒, 距離 10 mm にてアルミナブラスト処理を行った。ブラスト処理後、表面の酸化膜を除去することを目的として 37% 塩酸溶液中に約 1 時間浸漬した後、超音波洗浄した。一方、比較として、研磨した合金を 400°C の電気炉中にて約 4 時間の加熱酸化処理した試料を作製した。各試料の表面粗さをレーザー顕微鏡にて測定し、表面の形状と化学組成を SEM-EDX にて、表面の化学状態を XPS にて分析した。接着試験の試料は、上記の合金に対し MDP を含むスーパーボンド PZ プライマーの A 液（サンメディカル）を塗布し、MMA/TBB レジンセメントを接着した後、37 °C の蒸留水中に 24 時間浸漬した。その後、万能試験機を用いてせん断接着強さを測定した。得られた結果は、Mann-Whitney *U*-test ($p < 0.05$) を用いて統計処理した。

【結果および考察】

レーザー顕微鏡の測定結果より、ブラスト処理した試料の表面粗さは、ブラスト処理をしていない試料と比較して有意に増加した。一方、塩酸処理と加熱酸化処理した試料の表面粗さの値に差はなく、酸化膜の有無による表面粗さの変化はみられなかった。SEM-EDX 分析より、ブラスト処理した試料表面にアルミナが残存していることがわかった。また、塩酸処理した試料表面にもアルミナが残存していたことから、アルミナは合金表面に強く結合していることがわかった。XPS 分析より、ブラスト処理した試料表面に、加熱酸化処理した試料と同様の酸化した銅が確認できた。以上の結果をまとめると、金銀パラジウム合金に対するアルミナブラスト処理は、①表面を機械的に粗造化させる、②表面にアルミナを残存させる、③表面の銅を酸化させる効果があることが明らかとなった。

表面分析結果を踏まえ、アルミナブラスト処理による 3 つの効果が接着に及ぼす影響を接着試験にて検証した。ブラスト処理の有無による接着強さを比較したところ有意差がみられたことから、①表面を機械的に粗造化させる効果は接着に影響することがわかった。一方、ブラスト処理後に塩酸処理した試料における MDP の有無による接着強さを比較したところ有意差はなかったことから、②表面にアルミナを残存させる効果は接着に影響しないことがわかった。また、ブラスト処理をせずに MDP を塗布した試料における酸化膜の有無による接着強さを比較したところ有意差がみられたことから、③表面の銅を酸化させる効果は接着に影響を及ぼすことがわかった。さらに、接着に対して影響が確認された①と③の効果のうち、特に③の効果が接着に対して大きな影響を与えていることが示唆された。

【結論】

アルミナブラスト処理には、金銀パラジウム合金表面を粗造化する効果、アルミナを残存させる効果、および銅を酸化させる効果があり、これらのうち銅を酸化させる効果が最も接着に寄与していることがわかった。

固体 NMR による S-PRG 抽出イオンのリン酸カルシウムアパタイトへの影響分析

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 歯制御学分野¹

理化学研究所 放射光科学研究センター NMR 研究開発部門 NMR 応用利用グループ²

○平石 典子¹, 林 文晶², 二階堂 徹¹, 田上 順次¹

Solid-state NMR Study on S-PRG Filler Eluate for Calcium Phosphate Apatite

¹Department of Cariology and Operative Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

²Advanced NMR Application and Platform Team, NMR Research and Collaboration Group, NMR Science and Development Division, RIKEN SPring-8 Center

○Noriko Hiraishi¹, Fumiaki Hayashi², Toru Nikaido¹, Junji Tagami¹

【緒言】

S-PRG (surface reaction-type pre-reacted glass-ionomer) フィラーは、6 種類の長期的イオン徐放（フッ化物イオン、ナトリウム、ホウ酸、アルミニウム、ケイ酸、ストロンチウム）により、バイオアクティブ効果が発現する機能性ガラス素材として注目されている。この S-PRG フィラーを含有する製品の総称である GIOMER は、様々な歯科治療領域で応用が期待される。本研究では S-PRG フィラーが徐放するイオンで、ミネラル生成に関与するイオン（フッ化物イオン、ストロンチウムイオン）に注目し、アパタイトへの取り込みを、固体 NMR にて分析した。

【材料及び方法】

i). 沈殿法による Nanocrystals 合成: トリス緩衝液 (50mM Trizma base and 150mM NaCl) pH 7.4 に、CaCl₂·2H₂O (5.88mM)、K₂HPO₄ (4.12mM) を加え、ハイドロキシアパタイト(HAp)に対し過飽状態で 37 度、24 時間反応後、生成沈殿物 (Nanocrystals-HAp) を得た(コントロール)。さらに、F イオン(NaF 0.526mM=10ppm [F⁻]), Sr イオン(SrCl₂ 5.26mM および 0.526mM)、及び S-PRG フィラー抽出イオンを添加し、24 時間後に生成沈殿物を得た。S-PRG フィラー抽出イオンは、抽出液 (Lot:051711) を 12.8 倍希釈し、各イオン濃度([mM], [Al³⁺, 0.05], [BO₃³⁻, 9.9], [Na⁺, 1.6], [SiO₂³⁻, 0.02], [Sr²⁺, 0.15], [F⁻, 0.526])に調整した。また沈殿後の上澄み液の各イオン濃度を ICP 発光分光分析法と F 電極にて測定した。

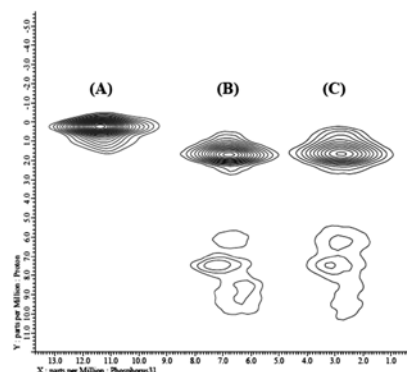
ii) 固体 NMR 測定: 各生成沈殿物を水洗後、乾燥させ、NMR 試料とした。固体 NMR 装置は、ECA II spectrometer (JEOL RESONANCE 700MHz), 16.5 T を使用した。交差分極 (CP = Cross Polarization)マジック角回転(MAS = Magic Angle Spinning)は、回転速度は 15 kHz、¹H 核の磁化に高周波磁場 (90°パルス) を 3.1 μs 照射し、交差緩和の接触時間(contact time)は 0.2m s から 8m s にて測定した。各試料の結晶相の比較は、接触時間 5m s での ³¹P 共鳴ピークの高さの半分の幅 (半値幅) にて行った。さらに 2 次元固体 NMR 分析である、¹H-³¹P 交差分極異種各相関分析法 HETCOR (Heteronuclear correlation) 法により、Nanocrystals-HAp と添加イオン存在下で生成された沈殿物のアパタイト結晶中の水酸基 (OH⁻)の状態を比較した。

【結果及び考察】

添加イオンの影響は半値幅に見られ、Nanocrystals-HAp、Sr イオン(0.526mM)、F イオン、S-PRG 抽出複合イオン、Sr イオン (5.26mM) の順に増加した。高濃度 Sr イオン(SrCl₂ 5.26mM)を添加した場合、³¹P ピークのシフトと、線幅が大きいスペクトルが観測されたものの、2 次元 HETCOR では、アパタイト結晶中の水酸基 (OH⁻)が確認された。これにより、Sr イオンは Ca イオン共存下でも HAp の結晶に取り込まれると考えられた。F イオンの効果は、図に示すように、(A) Nanocrystals-HAp と比較し、(B) NaF 0.526mM added と (C) S-PRG ions added には、Cross-peak の違いから、F イオンによる水酸基の低磁場シフトが見られた。S-PRG フィラー抽出イオンを添加した場合、F イオン添加物と同様、ミネラルのフルオロ化が起これと考えられた。また、Nanocrystals 生成前後の F イオン、Sr イオンの濃度減少から、イオンの取り込まれ率はそれぞれ、98%以上、61~77%であった。

【結論】

Sr イオン、F イオンはアパタイト結晶に取り入れられるため、S-PRG フィラーから抽出されるイオンは、Ca イオン、リン酸イオンと反応し、特にフッ素の効果から耐酸性のミネラル形成に作用することが示唆された。



ラット根管治療モデルを用いた高周波根尖療法の評価

¹⁾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)
²⁾徳島大学大学院 歯歯薬学研究部 歯周歯内治療学分野 ³⁾株式会社モリタ製作所
⁴⁾大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻 ⁵⁾新潟大学歯学総合研究科 口腔健康科学講座 う蝕学分野
 ○松井沙織¹, 前田葉月¹, 呉本勝隆¹, 米田直道¹, 恵比須繁之¹, 湯本浩通²,
 的場一成³, 石本卓也⁴, 中野貴由⁴, 野村由一郎⁵, 林 美加子¹

Evaluation of “High-frequency wave treatment” using rat root canal treatment model

¹⁾ Restorative Dentistry & Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry, Osaka, Japan
²⁾ Periodontology and Endodontology, Tokushima University Graduate School of Dentistry, Tokushima, Japan.
³⁾ J MORITA MFJ. Corporation ⁴⁾ Division of Materials and Manufacturing Science, Osaka University Graduate School of Engineering, Osaka, Japan
⁵⁾ Division of Cariology, Operative Dentistry and Endodontics, Niigata University Graduate School of Medical and Dental sciences, Niigata, Japan.
 ○MATSUI Saori¹, MAEZONO Hazuki¹, KUREMOTO Katsutaka¹, YONEDA Naomichi¹, EBISU Shigeyuki¹, YUMOTO Hiromichi²,
 MATOBA Kazunari³, ISHIMOTO Takuya⁴, NAKANO Takayoshi⁴, NOIRI Yuichiro⁵, HAYASHI Mikako¹

【研究目的】臨床において、通常の根管治療では治癒しない難治性根尖性歯周炎に遭遇することがあり、その治療法の一つとして、高周波を用いた「高周波根尖療法」がある。高周波は浮遊細菌に対し殺菌効果を持つ (Yumoto, *et al.* 2012) ことや、ヒト臨床研究において根尖病変の治癒促進すること (Tominaga, *et al.* 2011) が報告されている。一方で、我々は、ラット感染根管治療モデルの開発に成功し (Yoneda, *et al.* 2017), このモデルを用いて高周波根尖療法は根管内の残存細菌に対し有意な殺菌効果を認めないことを報告した (96th IADR, London)。これらを背景に、本研究ではラット根管治療モデル上で高周波根尖療法が根尖病変に及ぼす効果を評価し、*in vitro* 系でラット宿主細胞に対して高周波が及ぼす影響を検索し、根尖性歯周炎に対する高周波根尖療法の作用機序を解明することを目的とした。

【方法】高周波照射は Electro-Surgical Unit system (J. MORITA MFG Corp.) を用い、能動電極としてステンレススチール製 K ファイル #10 を、対極としてステンレススチール製のフック又はプローブ形状の電極を使用した。

1. ラット感染根管治療モデルを用いた高周波照射が及ぼす影響の検索

本研究は、大阪大学大学院歯学研究科および工学研究科動物実験委員会の承認を得て実施した (承認番号: 22-003-2, 23-2-1)。10 週齢雄性 Wistar 系ラットを用い、ラット下顎両側第一臼歯を露髄させ、4 週間放置することで根尖性歯周炎を誘発した。右側第一臼歯は露髄後 4 週に感染根管治療を行い、高周波照射群と通常根管治療群に分類した。高周波照射群には、根管充填直前に根尖孔外および根管内に各 3 回高周波照射を行った後、根管充填を行った。通常根管治療群は通法通り根管充填を行った。左側第一臼歯は未処置の対照群とした。各群において近心根の根尖病変を対象に、根尖病変体積の経時的変化の評価と根尖病変部の免疫組織化学的検索を行った (各 n=5)。根尖病変体積の経時的変化は、根管治療後 0, 1, 2, 3, 4, 6, 8 週にマイクロ CT の撮影を行い、近心根の根尖病変体積をそれぞれ算出し評価した。免疫組織化学的検索は、根管治療後 2, 3 週に下顎骨を採取し、脱灰、パラフィン包埋後、薄切切片を作製した。切片には IL-1β, FGF2, TGF-β1 に対する特異抗体を用いた酵素抗体法染色を施し、免疫組織化学的検索に供した。

2. *In vitro* における高周波照射が宿主細胞に及ぼす影響の検索

3 日間培養したラット線維芽細胞に高周波を 0, 5, 10 回照射し、その 1, 3, 5 日後に細胞から mRNA を回収し、cDNA を合成後、real-time PCR により、*VEGF*, *FGF2*, *TGF-β1* の mRNA 発現量を定量評価した (各 n=6)。

【結果】近心根の根尖病変の体積は、高周波照射により、根管治療後 6 週以降有意に縮小した (Tamhane test, $p < 0.05$)。さらに、根尖病変体積の縮小率も、根管治療後 2 週から 3 週に有意に増加した (Student's *t*-test, $p < 0.05$)。また、免疫組織化学染色では FGF2 および TGF-β1 は、根管治療後 3 週の高周波照射群では通常根管治療群と比較して根尖病変内に陽性細胞の発現増強を認めた。ラット線維芽細胞は、高周波照射により、*FGF2* は 10 回照射後 5 日、*VEGF* は 5, 10 回照射後 5 日で遺伝子の発現量が有意に増加した (Two-way ANOVA with Tukey's test, $p < 0.05$)。

【考察と結論】ラット線維芽細胞に高周波を照射した場合は、*FGF2* および *VEGF* の発現が上昇し、根尖病変部の免疫組織化学的検索の結果においても創傷治癒時に発現が上昇すると報告されている TGF-β1 および FGF2 の発現が上昇したため、これらの細胞増殖因子が根尖病変の治癒促進に寄与したと考えられる。

以上より、高周波根尖療法は宿主側である根尖部周囲組織に対し作用し、根尖病変の治癒促進に寄与することが明らかとなり、難治性根尖性歯周炎の治療法に対する非外科的の一つとして有用であることが示唆された。

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP40734306, JP80781640, JP00613390 の助成を受けたものである。

Lipopolysaccharide 刺激されたヒト歯髄細胞における microRNA21 発現を介した炎症性メディエーター産生抑制メカニズム

国立大学法人 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
○奈良圭介、川島伸之、野田園子、藤井真由子、橋本健太郎、興地隆史

MicroRNA21-mediated negative regulatory mechanisms of inflammatory mediator synthesis in lipopolysaccharide-stimulated human dental pulp cells

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

○Keisuke Nara, Nobuyuki Kawashima, Sonoko Noda, Mayuko Fujii, Kentaro Hashimoto,
Takashi Okiji

【緒言】microRNA は、1 種類あるいは複数の標的 mRNA の相補的な配列を有する 18~25 塩基長の一本鎖 RNA で、標的 mRNA の遺伝子発現を調節する。現在 1000 以上の microRNA が報告されているが、そのほとんどの機能は未だ不明である。ところで、microRNA21 (miR-21) は、炎症時に発現が増加し炎症を制御すると報告されている。これまでに、我々は lipopolysaccharide (LPS) にて刺激した株化マウスマクロファージおよびラット実験的歯髄炎において miR-21 が発現していることを報告した (日本歯科保存学会 2015 年度秋季学術大会)。本研究は、LPS 刺激されたヒト歯髄細胞における miR-21 の発現動態と、それによる炎症性メディエーター産生抑制メカニズムを解析することを目的とした。

【材料と方法】智歯から単離したヒト歯髄細胞 (n=4, 倫理審査番号: D2014-039) を、10%ウシ胎児血清添加 α MEM にて 35mm ディッシュ上で培養した。LPS (100 ng/ml, *E. Coli* 0111B4, Sigma Aldrich) で刺激したヒト歯髄細胞より mirVana™ miRNA Isolation Kit (Thermo Fisher Scientific) にて microRNA を抽出後、miR-21 および microRNA6 (miR-U6: ユニバーサルコントロール) に対する専用のプローブを用いて逆転写を行ったのち、miR-21 および U6 に特異的な Taqman Probe を用いた real-time PCR を行った (TaqMan Universal PCR Master Mix, Thermo Fisher Scientific, CFX96, BioRad)。また、*IL-6*、*TNFA* mRNA 発現を real-time PCR (CFX96, BioRad) にて検討した。

また、NF κ B p65、p-NF κ B p65 に対する特異的抗体を用いた Western blotting、および NF κ B の結合領域を認識する pGL4. 32[luc2P/NF κ B-RE/Hygro] vector (Promega)を用いた luciferase assay により、NF κ B シグナルを解析した。

さらに、miR-21 の機能を明らかにする目的で、強制発現ベクター (pcDNA3-miR21, Addgene)あるいは発現阻害剤 (mirVana® miRNA inhibitor miR-21) を、それぞれ TransIT-LT1 Transfection Reagent (Mirus)あるいは Lipofectamine™ RNAiMAX Transfection Reagent (Thermo Fisher Scientific) を用いて歯髄細胞にトランスフェクションし、炎症性サイトカイン発現、NF κ B シグナルの解析、および TNF receptor-associated factor 6 (TRAF6)、programmed cell death 4 (PDCD4)に対する特異的抗体を用いた Western blotting を行った。

【結果および考察】炎症性サイトカインおよび miR-21 発現動態: LPS 刺激されたヒト歯髄細胞では、2 時間をピークとする *IL-6*、*TNFA* mRNA の発現誘導が生じた。miR-21 もほぼ同様の発現動態を示した。NF κ B シグナルカスケード: LPS 刺激された歯髄細胞では p-NF κ B p65 の発現が増加し、pGL4. 32[luc2P/NF κ B-RE/Hygro] vector を用いた luciferase 活性が顕著に増加することから、LPS 刺激により歯髄細胞で NF κ B シグナルが活性化することが明らかになった。さらに、NF κ B 阻害薬 (BAY11-7085, Cayman)を添加すると、炎症性サイトカインのみならず miR-21 発現も抑制された。すなわち、miR-21 の産生に NF κ B シグナルが深く関与していることが明らかになった。miR-21 強制発現・発現抑制: ヒト歯髄細胞に miR-21 を強制発現させると、*IL-6*、*TNFA* の mRNA 発現が抑制された。また、Toll-like receptor 4 シグナルに属する TRAF6、NF κ B シグナルに影響を及ぼすといわれる PDCD4 のタンパク発現が抑制され、さらに p-NF κ B p65 の発現および pGL4. 32[luc2P/NF κ B-RE/Hygro] vector を用いた luciferase 活性も抑制された。ヒト歯髄細胞において miR-21 の発現を抑制させると、逆の結果が得られた。以上の結果から、miR-21 は TRAF6、PDCD4 発現を抑制することにより NF κ B シグナルを制御し、その結果として炎症性メディエーター産生が抑制されたと推察される。

【結論】ヒト歯髄細胞において LPS 刺激により産生が誘導される miR-21 は、NF κ B シグナルを制御することで炎症性メディエーター産生を抑制する。

コレステロール結晶は RAW-D 細胞において NLRP3 インフラマソーム活性化と IL-1 β 産生を介して破骨細胞形成を促進する

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

○樋口 賀奈子, 山下 恭徳, 尾崎 幸生, 吉村 篤利

Cholesterol crystals promote osteoclast formation via NLRP3 inflammasome and IL-1 β in RAW-D cells

Department of Periodontology and Endodontology, Nagasaki University

Graduate School of Biomedical Sciences

○Kanako Higuchi, Yasunori Yamashita, Yukio Ozaki, Atsutoshi Yoshimura

【目的】

歯根肉芽腫や歯根嚢胞などの難治性根尖性歯周炎に罹患した歯から外科的に採取した根尖病巣部には、組織学的にしばしばコレステロール結晶が観察される。コレステロール結晶の周囲にはマクロファージや異物巨細胞が集積し、IL-1 β などの炎症性サイトカインが発現している。我々は、昨年の本学会において LPS で前処理したマウスマクロファージをコレステロール結晶で刺激すると NLRP3 インフラマソームを介して IL-1 β が誘導され、この IL-1 β を含むマウスマクロファージ培養上清には RANKL で前処理した RAW-D 細胞の破骨細胞形成を促進する作用があることを報告した。しかしながら、コレステロール結晶の破骨細胞形成における直接的効果については不明であった。

本研究では、RANKL で前処理した RAW-D 細胞を直接コレステロール結晶で刺激し、破骨細胞形成が促進されるかどうか検討した。

【方法】

1. コレステロール結晶の調整

高純度コレステロールを加熱したアセトンに溶解した後、冷却して結晶化させた。溶解と再結晶化を6回繰り返し、最後に10%精製水を加えて水和結晶を調整した。

2. コレステロール結晶による RAW-D 細胞の刺激

RAW-D 細胞 (1.5×10^4 /well) を96穴プレートに播種し、RANKL (10 ng/ml) で2日間刺激した後、コレステロール結晶 (0, 31.3, 62.5, 125, 250, 500 μ g/ml) を添加して4日間培養した。その後、TRAP 染色を行い、3核以上の TRAP 陽性細胞を破骨細胞として測定した。

3. IL-1 レセプターアンタゴニスト (IL-1ra) およびカスパーゼ1阻害剤 z-YVAD-fmk による抑制試験

RANKL (10 ng/ml) で前処理した RAW-D 細胞を、IL-1ra または z-YVAD-fmk 存在下または非存在下でコレステロール結晶で刺激した。TRAP 染色後に3核以上の TRAP 陽性細胞を破骨細胞として測定した。

【結果】

1. コレステロール結晶の破骨細胞形成への影響

RANKL で前処理した RAW-D 細胞の培養液中にコレステロール結晶を添加すると、形成される破骨細胞数は有意に増加した。

2. IL-1ra およびカスパーゼ1阻害剤の抑制効果

RANKL で前処理した RAW-D 細胞を、IL-1ra または z-YVAD-fmk 存在下でコレステロール結晶で刺激すると、形成される破骨細胞数は減少した。

【結論】

コレステロール結晶は、NLRP3 インフラマソームの活性化と IL-1 β の産生を介して、RAW-D 細胞の破骨細胞形成を促進した。コレステロール結晶による NLRP3 インフラマソームの活性化は、根尖性歯周炎における骨吸収にも促進的に作用していることが示唆された。

会員外研究協力者：筑波 隆幸 教授 (長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 歯科薬理学分野)

Jorge Luis Montenegro Raudales (長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 硬組織疾患センター)

骨芽細胞分化における BMP-9 の特異的シグナル伝達経路の解明

鹿児島大学大学院 医歯学総合研究科 歯周病学分野¹⁾ 生化学分野²⁾

○榮樂 菜保子^{1,2)}、中村 利明¹⁾、野口 和行¹⁾、松口 徹也²⁾

BMP-9-induced specific signaling pathway in osteoblastic differentiation

Department of Periodontology¹⁾, Department of Oral Biochemistry²⁾ Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences

○Nahoko Eiraku^{1,2)}, Toshiaki Nakamura¹⁾, Kazuyuki Noguchi¹⁾, Tetsuya Matsuguchi²⁾

【目的】 Bone morphogenetic Protein (BMP)ファミリーは骨形成に重要な役割を果たすサイトカインであり、BMP-2を含め強い骨分化作用を持つことで知られている。近年、BMP-9はBMPsの中で最も強い骨誘導能があることが報告され、歯周治療やインプラント埋入などにおける骨再生療法に有用な成長因子となる可能性がある。しかし、BMP-9の強力な骨分化誘導能がどのようなシグナル経路で伝達されるのか、詳細な分子メカニズムは不明である。そこで本研究では、シグナル分子の活性化を強度と時間軸の両面から詳細に解析することで、BMP-9の特異的シグナル経路を同定することを目的としている。

【材料と方法】 マウス骨芽細胞株 MC3T3-E1 細胞、マウス間葉系幹細胞株 C310T (1/2) 細胞、マウス頭蓋骨由来骨芽細胞をリコンビナント BMP-9 および BMP-2 で刺激後、細胞内タンパク質を回収し、Western blotting にて ERK1/2, p38, JNK1/2, Smad1/5, β -catenin, GSK3 β の活性化シグナルを強度、発現時間の点から解析した。また BMP-9 活性化シグナルの上流経路の関与を明らかにするために、骨芽細胞に U0126 (ERK 阻害剤), SB203580 (p38 阻害剤), SP600125 (JNK 阻害剤), LY294002 (PI3K の阻害剤) を添加した上で、BMP-9 で刺激し、Smad1/5, GSK3 β の活性化を評価した。

【結果】 マウス骨芽細胞株 MC3T3-E1 細胞において、BMP-9 と BMP-2 による刺激は両者とも非常に速い経過で ERK, JNK のリン酸化を誘導した。p38 については、顕著なリン酸化の誘導は確認できなかった。また、少し遅れた時間経過で、Smad1/5 のリン酸化が誘導された。ERK, JNK, Smad のリン酸化については、BMP-2 と BMP-9 の間で、著明な差異は認められなかった。一方両者間で、GSK3 β のリン酸化に顕著な差が認められた。BMP-9 刺激は、BMP-2 に比べ 5 分程度の速い経過で GSK3 β のリン酸化 (不活化) を強く誘導した。また、骨芽細胞の BMP 刺激によって骨芽細胞分化に関与する Wnt の分泌誘導が知られている。BMP9 による GSK3 β のリン酸化の誘導が Wnt 発現を介したものではないことを示すために、MC3T3-E1 細胞をタンパク合成阻害剤であるシクロヘキシミド、アクチノマイシン D、プレフェルジン A の前処理を行ったが、Gsk3 β におけるリン酸化に著名な変化は見られなかった。また、Canonical Wnt として知られる数種について解析した結果、特に強く誘導されたものはすべて 60 分以降をピークとする遅い時間経過で作用を示した。このことより BMP-9 は速い経路で直接的に Gsk3 β をリン酸化することが分かった。さらに、BMP-9 による Gsk3 β のリン酸化は ERK, p38, JNK の阻害薬では抑制されず、Akt の特異的阻害剤である MK2206、PI3K の阻害剤である LY294002、クラス 1 PI3K の阻害剤である A66 の前処置によって顕著に抑制された。同様に、MAP キナーゼを活性化すると知られている Raf の特異的阻害剤を 3 種類使用し、前処置を行ったところ、A-Raf に強い阻害作用を示す inhibitor IV によって、BMP-9 による GSK3 β のリン酸化は顕著に抑制された。また、Akt のリン酸化も抑制された。

【考察および結論】 今回得られた結果から、BMP-9 は、Wnt を介さずに速い経過で GSK3 β のリン酸化を誘導し、この GSK3 β のリン酸化は PI3K-Akt の活性と密接に関係することが示された。この新規経路が、BMP-9 の強力な骨芽細胞分化誘導に関与している可能性が考えられる。今後、さらなる BMP-9 活性化シグナルの上流経路を明らかにすることは、BMP-9 の臨床応用に有用な情報を提供できると考える。

The role of proteoglycan in the pathogenesis of drug induced gingival overgrowth (DIGO)

九州大学大学院 歯学研究院 口腔機能修復学講座 歯周病学分野

○Rehab Alshargabi、佐野朋美、山下明子、眞田大樹、福田隆男、岩下未咲、讃井彰一、西村英紀

The role of proteoglycan in the pathogenesis of drug induced gingival overgrowth (DIGO)

Section of Periodontology, Division of Oral Rehabilitation, Kyushu University

○Rehab Alshargabi, Tomomi Sano, Akiko Yamashita, Taiki Sanada, Takao Fukuda, Misaki Iwashita, Terukazu Sanui, Nishimura Fusanori

【Background】

Gingival overgrowth is a side effect associated with immuno-suppressants as Cyclosporin A (CsA), Ca²⁺ channel blockers as Nifedipine (NFD) & Amlodipine (AMD), and anticonvulsants as Phenytoin (PHT). DIGO is characterized by massive accumulation of extracellular matrix components including the amorphous ground substances in gingival tissues. However, the mechanism by which those drugs cause DIGO is not fully understood. SPOCK-1, amorphous ground substances belonging to SPARC family, is a multi-domain secreted proteoglycan including 3 domains that have homology to inhibitors of three different classes of proteases namely cysteine, serine and metalloendopeptidases. Especially, it is reported to specifically inhibit cathepsin-L, but not cathepsin-B activity. Since we previously reported loss of cathepsin-L, a major cysteine proteinase, caused DIGO in mice model, we wished to confirm this phenomenon by alternative approach using SPOCK-1 overexpressing model.

【Aim】

The aim of the current study is to investigate the role of SPOCK-1 in DIGO.

【Methods】

Spock-1 transgenic mice were generated, and maintained in the animal facilities at Kyushu University. Spock-1 protein overexpression was confirmed by western blotting and Immune-histochemical (IHC) staining. Spock-1 Tg mice and wild-type littermates were grown and sacrificed at 8 weeks after birth. Gingival appearance was observed by microscopy. Gingival tissues with mandibles were then fixed, de-calcified, and embedded in paraffin. For the histological observation, the tissue sections were stained with hematoxylin & eosin, and Masson Trichrome staining.

NFD/AMD induced gingival overgrowth and non-overgrowth samples were collected from patients undergoing periodontal surgery in the Department of Periodontology at Kyushu University Hospital. SPOCK-1 protein expression level was checked by western blotting and IHC staining.

【Results】

Spock-1 Tg mice was generated and no obvious distinct phenotype was detected from wild type. Clinical observation revealed more thickened gingival tissues at the molar region in Spock-1 Tg mice compared with wild-type controls. Histological examination revealed more elongated rete pegs and collagen accumulation in the gingival tissue of Spock-1 Tg mice. In addition, SPOCK-1 protein level was up-regulated in the human DIGO sample compared with non-DIGO sample.

【Conclusion】

Spock-1 Tg mice showed higher degree of gingival fibrosis which is similar to that seen in human DIGO. Also, SPOCK-1 was up-regulated in the overgrowth patient sample which strongly indicate the importance of SPOCK-1 in the pathophysiology of DIGO.

新規ユニバーサルコンポジットレジン「ECM-001」の機械的性質

株式会社トクヤマデンタル
○松尾 拓馬、吉良龍太、森崎宏、秋積宏伸、平田広一郎

Mechanical properties of new Universal Resin Composite “ECM-001”
Tokuyama Dental Corporation
○Takuma Matsuo, Ryuta Kira, Hiroshi Morisaki, Hironobu Akizumi, Koichiro Hirata

【緒言】

近年、コンポジットレジン修復は、材料の機械的強度や接着技術の向上から、前歯部だけではなく臼歯部のように咬合圧の高い部位の修復にも用いられている。一方で、天然歯の色調は部位差や個人差により様々であるため、複数の色調のコンポジットレジンが必要となり、歯牙の色調にあったコンポジットレジンを選択する手間がかかっていた。そこで、トクヤマデンタルでは構造発色性の技術を活かした色調適合性の極めて高い新規ユニバーサルコンポジットレジン「ECM-001」を開発した。本研究では、開発品である「ECM-001」の機械的性質について検討した。

【材料および方法】

材料：「ECM-001」（株式会社トクヤマデンタル）、対照として ESTELITE ΣQUICK（以下「ESQ」と略す。株式会社トクヤマデンタル、シェード：A3）および3種の市販ユニバーサルコンポジットレジン A（シェード：A3）、B（シェード：A3）、C（シェード：U）を用いた。

1. 曲げ強さの測定

JIS T6514:2015 に従い、オートグラフ（島津製作所製：AG-1）を用いて3点曲げ試験を行い、曲げ強さと弾性率の測定を行った。試験は5個の試験片について行い、得られた結果は、SPSS Statistics 21（IBM 社）による一元配置分散分析および Tukey の HSD 検定（危険率 5%）を用いて統計解析を行った。

2. 圧縮強さの測定

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

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

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

【結果】

結果を Table 1 に示した。「ECM-001」の機械的性質を評価した結果、曲げ強さに関しては ESQ、市販品 A、C と比較し有意に高い値 ($p < 0.05$) であった。弾性率に関しては ESQ 以外の市販品 A、B、C と比較して有意差はなかった ($p > 0.05$)。圧縮強さに関しては市販品 A、C と比較し有意に高い値 ($p < 0.05$) であることが確認された。

Table 1. Mechanical Properties of Resin Composites

	ECM-001	ESQ	A	B	C
Shade	-	A3	A3	A3	U
Flexural Strength [MPa]	128.4(3) ^a	109.0(6) ^{bc}	91.9(2) ^c	111.9(18) ^{ab}	100.7(11) ^{bc}
Flexural Modulus [GPa]	8.0(0.5) ^{bc}	9.1(0.4) ^a	7.4(0.6) ^c	8.6(0.1) ^{ab}	8.6(0.1) ^{ab}
Compressive Strength [MPa]	430.8(11) ^a	403.4(16) ^a	359.8(27) ^b	420.4(13) ^a	351.2(6) ^b

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

【結論】

開発品である「ECM-001」の機械的性質を評価し、市販品と同等以上の機械強さを有することを確認した。

新規コンポジットレジン (ECM-001) 色調適合性の評価

岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体機能再生・再建学講座 歯科保存修復学分野
○小野 瀬里奈, 大原 直子, 吉山 知宏, 吉山 昌宏

Evaluation of Color Adaptation of New Resin Composite (ECM-001)

Department of Operative Dentistry, Field of Study of Biofunctional Recovery and Reconstruction,
Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences
○Serina ONO, Naoko OHARA, Tomohiro YOSHIYAMA, Masahiro YOSHIYAMA

【目的】

天然歯の色調は個人差があり、歯種や部位により異なる。コンポジットレジン充填において、歯の色調を的確に判断し、適切なコンポジットレジンの色調を選択することは容易ではない。今回新たに開発されたコンポジットレジン (以下 ECM-001) は、フィラーの構造色による発色を応用することで歯の色調を再現するように設計されており、単一のペーストであらゆる色調の歯に適合するとされている。そこで本研究では、異なるシェードの人工歯に形成された窩洞に ECM-001 を充填し、色調適合性の検討を行なった。

【材料および方法】

使用した新規コンポジットレジン ECM-001 (トクヤマデンタル) である。人工歯として上顎右側中切歯の硬質レジン歯 Veracia SA (松風) の A1、A2、A3、A3.5 シェードを使用した。それぞれ歯冠中央に直径 4mm、深さ 2mm の円柱状窩洞を形成した。ボンドマーライトレス (トクヤマデンタル) にて、製品添付文書に従いボンディング操作を行ない、ECM-001 を窩洞に充填後、20 秒光照射を行なった。これらの試料を 37℃ 精製水中に 24 時間保管した後、コンボマスター (松風) およびスーパースナップ (松風) を用いて研磨し、水中保管とした。窩洞形成前の人工歯をコントロールとし、充填直後、研磨後、水中保管 1 週間後、1 ヶ月後、3 ヶ月後の色調を比較しカラー写真撮影を行なった。さらに、分光色彩計 SE6000 (日本電色工業) を用いて測色を行ない、L* 値、a* 値、b* 値、ΔE 値、C 値、TP 値を算出した。測定には背景色として標準白色板および標準黒色板を用いた。それぞれの値は一元配置分散分析と Tukey HSD test を用いて有意水準 5% で統計学的分析を行なった。

【結果および考察】

ECM-001 は A1、A2、A3、A3.5 のどのシェードの人工歯に関しても視覚的に調和し、優れた色調適合性を示した。測色の結果では、A1→A2→A3→A3.5 と変化するにつれて a* 値が上昇する傾向を示した。また、充填後の時間経過とともに L* 値が低下し、b* 値が上昇する傾向を示した。彩度 (C 値) はどのシェードの人工歯に充填した場合も同様の値を示した。充填前後の色差 (ΔE 値) は A1 シェードで最も大きい値を示した。人工歯のシェードによる変化が認められなかった測色値については、ECM-001 自体の色調を反映したと考えられる。

【結論】

ECM-001 は単一のシェードにおいても広い範囲の窩洞の色調と適合することが明らかとなった。また、構造色発色システムによるコンポジットレジン、色調選択やレイヤリングテクニック等を必要とせず、審美的な修復を実現する可能性を示唆した。

各種研磨システムによって研磨された 大臼歯 CAD/CAM 冠用コンポジットレジンブロックの表面光沢度

日本歯科大学 生命歯学部 接着歯科学講座

○岡田美里 河本 芽 鵜田智重 前野雅彦 森 のり子 小川信太郎 奈良陽一郎

Surface gloss of resin composite block for molar CAD/CAM crown polished with various polishing systems

Department of Adhesive Dentistry, School of Life Dentistry at Tokyo, The Nippon Dental University

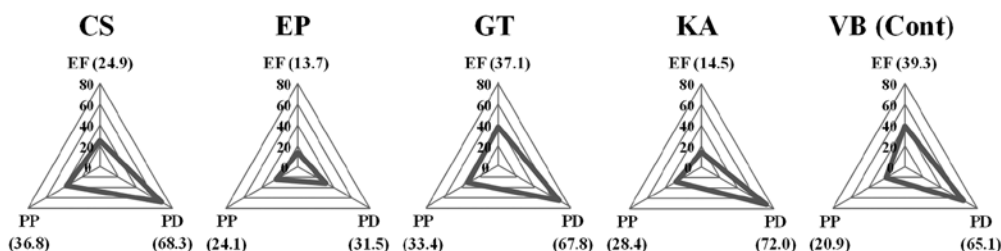
○OKADA Misato, KOMOTO Mei, TOKITA Chie, MAENO Masahiko,
MORI Noriko, OGAWA Shintaro, NARA Yoichiro

【研究目的】臨床における CAD/CAM 冠修復は、2017 年 12 月の一定条件下における下顎第一大臼歯への保険適用に、審美性・利便性を兼備した次世代歯科医療の一翼を担うメタルフリー修復としての期待が更に高まっている。一方、冠装着を経た研磨の良否は、術後の着色・変色のみならず亀裂・破折等の不良予後を抑制する因子であることが知られている。また、小窩裂溝を含めた複雑な形状を有する修復物を対象に、多様な形状・基材による研磨システムが考案・開発されている。そこで本研究では、各種研磨システムによって研磨した大臼歯 CAD/CAM 冠用コンポジットレジンブロックの表面光沢度について、評価検討を行った。

【材料および方法】研磨システムには、1 種ポイントと 2 種ペーストで構成される Enhance Finishing System (EF, Dentsply Sirona)、2 種ポイントと 1 種ペーストによる Pre Shine+Dia Shine+DIAPOLISHER PASTE (PD, GC) ならびに 3 種ポイントによる Porcelain/Ceramic Polisher (PP, Kerr) を用いた。一方、大臼歯 CAD/CAM 冠用コンポジットレジンブロックには、フィラー配合率が約 75% の CERASMART 300 (CS, GC)、同じく約 80% の ESTELITE P (EP, Tokuyama Dental)、約 75% の KZR-CAD HR Block3 GAMMA THETA (GT, YAMAKIN)、約 80% の KATANA AVENCIA P Block (KA, Kuraray Noritake Dental) の 4 種を選択した。また、対照として長石系セラミックブロックである VITABLOCS Mark II (VB; Cont, VITA) を用いた。まず、縦 14.0 mm×横 12.0 mm×厚さ 3.0 mm に調整・作製した各ブロックの試料面に対し、ミリング直後の表面粗さに近似させるため、耐水研磨紙 600 番による研削によって表面性状の規格化を図った。その後、3 種研磨システムを用いて、製造者指示に従い、EF では 10,000 rpm、PD では 15,000 rpm、PP では 5,000 rpm にて、各ステップの研磨荷重を 50 gf に設定し、円運動を描くようにそれぞれ 15 秒間の研磨を行った。ついで、光沢計 Gloss Checker IG-331 (HORIBA) を用いて、測定角 60°による表面光沢度を測定 (n=5) した。得られたデータは、二元配置分散分析および Tukey の q 検定によって統計学的分析を行った。

【成績および考察】下図に、4 種大臼歯 CAD/CAM 冠用ブロックおよび対照とした VB の表面光沢度を示す。分析の結果、研磨システムおよびブロックの違いは、表面光沢度に有意 ($p<0.01$) な影響を及ぼしていた。また、交互作用効果 ($p<0.01$) を認めたことから、研磨後の表面光沢度に対する研磨システムの効果は、ブロックによって異なることが明らかになった。研磨システムに注目した場合、表面光沢度は $PD>PP\geq EF$ 順に大きな値となった。これは、研磨材にダイヤモンド砥粒を採用した PD が、酸化アルミニウムや炭化ケイ素など非ダイヤモンド砥粒系の PP、EF に比べ、光反射率の高い滑沢な研磨面を獲得できることが示唆された。一方、ブロックの違いに注目した場合、表面光沢度は $GT\geq CS\geq VB\geq KA>EP$ の順に大きな値となった。これは、無機フィラー配合率が約 70%~75% のブロックである GT、CS が、約 80% のブロックである KA、EP より大きな表面光沢度を得られることが確認できた。しかし、ブロックの成分が全て無機質で構成される VB よりも低い表面光沢度を示すレジンブロックを認めたことから、ブロック含有のフィラー形状や配合率、レジン成分の物性、ブロック内の有機・無機質構造による影響が考えられた。

【結論】大臼歯 CAD/CAM 冠用コンポジットレジンブロックの表面光沢度は、研磨システムおよびブロック両者の組織的・構造的性質などによって変化する。



Gloss values of four resin composite and one feldspathic ceramic CAD/CAM blocks
polished with three polishing systems

最近のフロアブルコンポジットの重合挙動と窩洞適合性

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

³⁾ 岡山大学病院 新医療開発センター

○入江正郎¹⁾, 岡田正弘¹⁾, 武田宏明²⁾, 鳥井康弘²⁾, 吉原久美子³⁾, 松本卓也¹⁾

Characteristics of polymerization shrinkage and marginal adaption in tooth cavity of advanced flowable composites.

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

²⁾Department of General Dentistry, ³⁾Center for Innovative Clinical Medicine, Okayama University Hospital

○Masao IRIE¹⁾, Masahiro OKADA¹⁾, Hiroaki TAKETA²⁾, Yasuhiro TORII²⁾, Kumiko YOSHIHARA³⁾, Takuya MATSUMOTO¹⁾

【 緒言 】

最近の歯質修復システムの進歩に伴い、新規のフロアブルコンポジット (FC) や新たな処理材が登場している。そこで、これら FC の光照射時の重合挙動やそのときの窩洞適合性を把握する観点から検討し、本抄録では光照射による重合時の特性に関して記載する。

【 材料と方法 】

下記の Table に使用した材料を示す。

重合収縮率(%): Watts らの提唱する測定法 (Watts DC & Cash AJ, Dent. Mater. 1991, 7, 281-287.) を用いて、ガラスプレートに内径 16.0 mm 高さ 1.0 mm のリングを固定、材料約 0.1 g を注入した後スライドガラスで挟み込み、下部から光照射し上下方向の重合収縮量を LVDT にて測定し、光照射前後の寸法変化を%で表示した。

相対的な重合収縮応力(μm): アルミニウムブロックに深さ 4 mm の MOD 窩洞を形成、表面をサンドブラスト処理し、接着処理 (Scotchbond Universal Adhesive, 3M) 後、FC を注入して光照射で硬化させてアルミニウムブロックが変位した量を LVDT で測定し、この変位量を重合収縮応力の相対的な推定値とし μm で表示した。

【 結果 】

下記の Table に各材料の重合収縮率および相対的な重合収縮応力を示す。重合収縮率は、Filtek Fill and Core Flow Restorative が最も小さく、最も大きかったのは BEAUTIFIL Flow Plus X F03 だった。また重合収縮応力は、Filtek Fill and Core Flow Restorative が最も小さく、最も大きかったのは Estelite Universal Flow Super Low だった。

両者の相関関係は $r=0.62$ ($N=6$, $p>0.05$) で、有意な関係になかった。一連の重合時の収縮挙動を異なった観点から検討したが、両者には有意な関係が判明しなかった。今後本測定法と窩洞適合性とを検討したい。また、修復材の重合収縮や窩洞適合性に関しては、弾性率との関係の有意性が報告 (Davidson CL & Feilzer AJ, J Dent. 1997, 25, 435-440., Peutzfeldt A & Asmussen E, J Dent. 2004, 32, 109-115., Irie M *et al.*, Dent Mater, 2010, 26, 608-615.) されており、今後の検討課題である。

Table Characteristics of polymerization shrinkage of flowable composites

Flowable composite, Manufacturer	Mean (S.D., N=6)	
	Linear polymerization shrinkage (%)	Deflection after polymerization shrinkage (μm)
Filtek Fill and Core Flow Restorative, 3M	2.8 (0.1)	7.5 (0.4)
UniFil LoFlo Plus, GC	3.5 (0.1)	10.1 (0.7)
GRACEFIL LoFlo, GC	3.5 (0.1)	12.1 (0.3)
Estelite Universal Flow Super Low, Tokuyama Dental	3.2 (0.1)	15.8 (0.7)
BEAUTIFIL Flow Plus X F03, Shofu	4.0 (0.2)	15.4 (0.7)
Clearfil Majesty ES Flow Low, Kuraray Noritake Dental	3.5 (0.1)	13.8 (0.6)

ベースレジンの違いがフロアブルコンポジットレジンの吸水量に及ぼす影響

¹昭和大学 歯科保存学講座 美容歯科学部門, ²昭和大学 歯科保存学講座 歯科理工学部門

○水上 裕敬¹, 山田三良¹, 小林 幹宏¹, 新妻由衣子¹, 菅井琳太郎¹, 堀田康弘², 真鍋厚史¹

Influence of difference in base resins on the water absorption of flowable composite resins

¹Division of Aesthetic Dentistry and Clinical Cariology, Department of Conservative Dentistry, Showa University School of Dentistry, ² Division of Dental materials and devices, Department of Conservative Dentistry,

Showa University School of Dentistry

○HIROYUKI MIZUKAMI¹, MITSUYOSHI YAMADA¹, MIKIHIRO KOBAYASHI¹, YUIKO NIIDUMA¹,

RINTARO SUGAI¹, YASUHIRO HOTTA², ATSUFUMI MANABE¹

【目的】

近年フロアブルコンポジットレジンは、物性や操作性の向上および特性の多様化に伴い広く臨床で使用され、そのため多くの製品が市販されている。一方、レジンの修復材料は長期に観察をすると変色が問題となることがあり、その原因の一つとしてコンポジットレジンの吸水が考えられる。第 147 回日本歯科保存学会学術大会においてフロアブルコンポジットレジンのレジン成分と着色性との関係を比較、検討し Bis-MEPP をベースレジンとしたものが着色しにくいことを報告した。そこで今回は、Bis-MEPP をベースレジンとし、モノマー配合の最適化を行ったフロアブルコンポジットレジンの吸水量を比較、検討したので報告する。

【材料および方法】

実験材料には、Bis-MEPP をベースレジンとしたグレースフィルゼロフロー (GF0) とグレースフィルローフロー (GFL) (ジーシー), UDMA をベースとした MI ローフロー (MILF, ジーシー) と MI フィル (MIF, ジーシー), および Bis-GMA をベースとしたビューティフィルフロープラス F00 (BFP, 松風) とフィルテックシュープリームウルトラフロー (FSUF, 3M ESPE) を用いた。吸水試験の方法は JIS6514:2013 に準じて行った。直径 15mm, 厚さ 1mm のテーパーなし円形プレート状の金型に、フロアブルレジンを充填し OHP シートとガラス板にて圧接した後、表面に 9 箇所、各々 10 秒間光照射し、裏面からも同様に光照射して硬化体を得た (N=5)。得られた硬化体を耐水研磨紙 #1000 で研磨・バリ取りをした後、ダイヤモンド (ジーシー) で研磨し、各レジン試料とした。これら試料をマイクロメーターとノギスで測定し、試験片の体積 V を求め、また初期質量を測定した。各試験片を乾燥剤が入ったデシケーター内に保存し、37 度のオープンに入れた後、一日毎にオープンから取り出し、23 度下に 2 時間置いた後質量を測定した。1 日以内の質量減少が 0.1mg よりも少なくなるまで測定を繰り返し、恒量となった質量を m1、恒量となった各試験片を 37 度の蒸留水 20ml に 7 日間保管後に水洗し、白色濾紙を用いて表面の水滴を除去し、取り出した時から 1 分後の質量を m2 とした。そして再び、乾燥した試験片の最終質量を m3 とした。各試験片の吸水量は、吸水量 = (m2-m3) / V ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) で算出した。算出した値の有意差検定には Tukey 法 (p > 0.05) を用いた。

【結果および考察】

吸水試験の結果より Bis-MEPP をベースレジンとしたコンポジットレジンである GF0、GFL は今回使用した各種レジンの中で最も少ない吸水量を示し、Bis-GMA をベースとした BEP の吸水量は最も多かった。これらの原因の一つとして、各フロアブルコンポジットレジンのレジン成分によることが考えられ、Bis-MEPP は、構造に OH 基を含む Bis-GMA と比較して吸水が少ないと言われており、疎水性の高い成分である Bis-MEPP が使用されることで吸水量が減少し、耐着色性の向上に寄与すると考えられる。

【まとめ】

今回ベースレジンの組成が異なるフロアブルコンポジットレジンの吸水量を評価したが、Bis-MEPP を主成分とする GF0、GFL は最も少ない吸水量を示した。

簡易な色調適合性を有する試作コンポジットレジン (ECM-001) の表面性状の評価 —表面粗さ, 光沢度, ならびに変色の程度について—

愛知学院大学歯学部保存修復学講座

○前迫真由美、岸本崇史、バトゾリグ バヤルマー、富士谷盛興、千田 彰

Evaluation of Surface Characteristics of an Experimental Resin Composite (ECM-001) with Simplified Color-matching Ability —Surface Roughness, Glossiness, and Color Change—

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

○MAESAKO Mayumi, KISHIMOTO Takafumi, BATZORIG Bayarmaa, FUJITANI Morioki, SENDA Akira

【研究目的】

最近のコンポジットレジン、ベースレジンモノマーの改良、フィラーのナノサイズ化と均一分散化、あるいは確実なシランカップリング処理などの先進的技術革新が導入され、様々な特長的性質を有する。それらの中で、構造発色技術を応用したフィラーを配合し、単一ペーストのコンポジットレジンであらゆる色調の歯に対し高い色調適合性を有するとされる試作コンポジットレジン (ECM-001) が最近開発された。ECM-001 は、種々の色調を有するヒト抜去歯あるいは硬質レジン歯に対し、単一ペーストでありながら優れた色調適合性を示すことが既に報告されている。したがって、このような最新のフィラー技術が導入されたコンポジットレジンの表面性状について検討することの臨床的意義は大きいと考えるが、色調適合性以外の諸性質に関する検討はいまだ見受けられない。そこで本研究は、本試作レジン ECM-001 の表面性状について総合的に評価することを目的とし、表面粗さ、光沢度ならびに変色の程度について検討した。

【材料および方法】

本研究で用いたレジン、試作コンポジットレジン ECM-001 (トクヤマデンタル、以下 ECM)、ならびに対照としてエステライトΣクイック (A3, トクヤマデンタル、以下 EQ) であった。各レジンを用いてブロック (10 mm×20 mm×4 mm) を調製し、その一面 (10 mm×20 mm) を自動回転研磨機 (Ecomet3000, BUEHLER) で、#800, #1200, #1500, #2000 の耐水研磨紙を用いて注水下で順次研磨 (100 rpm) した。その後、通法に従って酸化アルミナ粉末 (0.3 μm) と研磨パフを用いて表面に鏡面研磨を施し、それらの面について以下の評価を行った。すなわち、各レジンの表面粗さ、光沢度および変色の程度について検討し、得られた測定値の平均値について統計処理 (*t* 検定, $\alpha=0.05$) を施した。
表面粗さ: 表面粗さ計 (Surfcom130A, 東京精密) を用いて、送り速度 0.15 mm/s で算術平均粗さ (Ra) を求めた。 (n=10)
光沢度: ハンディ型光沢計 (PG-1M, 日本電色工業) を用いて、JIS 規格に準じ 60 度鏡面反射角の測定を行った。 (n=10)
変色の程度: 各レジン試料を 37°C に調製した紅茶液に 7 日間浸漬し、浸漬前後のレジン表面の色調を歯科用分光光度 (SpectroShade, DENTZPLY) を用いて測色し、その測定値から色差 (ΔE^*ab) を算出した。 (n=8)

【結果および考察】

表面粗さにおいては、ECM は 0.0569 (0.0048) μm、対照の EQ は 0.0575 (0.0019) μm であり、また、光沢度においては、ECM は 51.86 (6.36) %, EQ は 51.45 (2.90) % で、いずれも両レジン間に有意な差は認められなかった ($p>0.05$)。一方、変色の程度は、ECM は 13.20 (1.32), EQ は 5.97 (1.56) であり、ECM の方が有意に高い色差を示した ($p<0.05$)。コンポジットレジンの変色においては、マトリックスレジン自体の変色、あるいはフィラーとマトリックスレジンとの接合などが大きく影響する (岸本: 日歯保存誌 58(6): 482~495, 2015)。すなわち、ECM において変色の程度が EQ に比べ高かったのは、有機複合フィラーや無機フィラーとマトリックスレジンとの接合部、あるいは有機複合フィラー内の無機フィラーとマトリックスレジンとの接合部において、剥離や微小亀裂などの劣化が EQ より ECM の方が多く生じ、その界面に色素が沈着したのではないかと考えられた。今後は、レジンの劣化試験を行い、フィラーとマトリックスレジンとの界面をより詳細に検討する予定である。

【結 論】

単一ペーストでありながら優れた色調適合性を有する試作コンポジットレジン ECM-001 の表面粗さ、光沢度ならびに変色の程度について従来のレジンと比較検討した。その結果、表面粗さおよび光沢度については明らかな差異は認められなかったが、変色の程度に関しては ECM-001 の方が有意に高いことが判明した。

新規コンポジットレジン「TMR-ゼットフィル10」の *Streptococcus mutans* に対する影響

1 YAMAKIN 株式会社, 2 高知大学医学部歯科口腔外科学講座
○林未季^{1,2}, 松浦理太郎¹, 水田悠介¹, 坂本猛¹, 加藤喬大¹, 山本哲也²

Effect of new composite resin “TMR-ZFill 10.” on *Streptococcus mutans*

1 YAMAKIN CO., LTD.

2 Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Kochi Medical School, Kochi University

○Miki Hayashi^{1,2}, Ritaro Matsuura¹, Yusuke Mizuta¹, Takeshi Sakamoto¹, Takahiro Kato¹, Tetsuya Yamamoto².

【目的】

主要なう蝕原性菌の一つである *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) は歯質に付着し、乳酸などの有機酸を生成することにより歯質を脱灰し、う蝕を発生させる。したがって、*S. mutans* の付着および乳酸の生成を抑制することは、う蝕の発生を抑制することにつながると考えられる。フッ化物はう蝕原性菌に対する抗菌性や歯の再石灰化促進などの機能性を有するため、様々な歯科材料にう蝕予防を期待してフッ化物が配合されている。本研究では、新しく開発したフッ化物徐放性フィラー含有コンポジットレジン「TMR-ゼットフィル10」の *S. mutans* に対する影響を検証するため、*S. mutans* の付着抑制と培養液中の乳酸量の測定を行った。

【材料および方法】

材料：試料として YAMAKIN 株式会社製、フッ化物徐放性コンポジットレジン：TMR-ゼットフィル10. ユニバーサル (ZF10.) およびアイゴス ユニバーサル (IG) を、対照試料としてフッ化物徐放性を持たない市販の歯冠用硬質レジン：ルナウィング (LU)を用いた。

***S. mutans* 付着試験：**各試料を直径12×厚さ1mmに成形後、P2000の耐水研磨紙で研磨し試験に供した。24穴培養プレート（ウェル）に試料を設置し、*S. mutans* 菌液 (JCM 5175 株, 1.0×10^6 CFU/mL, 1%スクロース含有 BHI 液体培地) を1mL添加後、37°Cの恒温器で24時間好気培養した。PBS (-) で洗浄後、試験片をクリーンなウェルに移し、PBS (-) 0.95 mL, Microbial Viability Assay Kit-WST (同仁化学) の試験薬0.05 mLを順次添加し2時間呈色させ、450 nmにおける吸光度を測定した。

S. mutans* 乳酸生成試験：S. mutans* 付着試験と同条件で培養後、96穴培養プレート（ウェル）中で培養液0.02 mLとLactate Assay Kit-WST (同仁化学) の試験薬0.08 mLを混合し30分呈色させ、450 nmにおける吸光度を測定した。

【結果および考察】

S. mutans 付着試験では、LUに対し、ZF10およびIGのいずれにおいても大きく吸光度が低下し、フッ化物徐放性コンポジットレジンにおける細菌付着の抑制が示唆された (Fig. 1)。また乳酸生成試験においても、ZF10とIGはLUと比べて、吸光度の有意な低下が認められ、フッ化物徐放性コンポジットレジン上の *S. mutans* 培養液における乳酸生成量の低下が示唆された (Fig. 2)。これまでに、IGの *S. mutans* の付着抑制について、徐放されたフッ化物イオンが大きく関与していることを報告¹⁾しているが、今後、*S. mutans* 付着試験および乳酸生成試験で認められたZF10の結果について、その関与成分を検討する予定である。

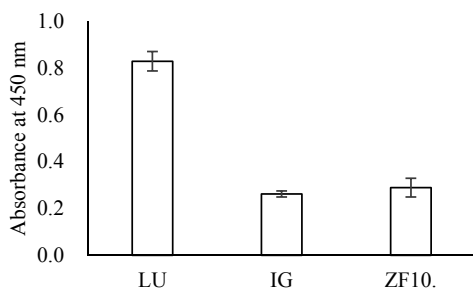


Fig. 1 Adhesion of *S. mutans* to resins

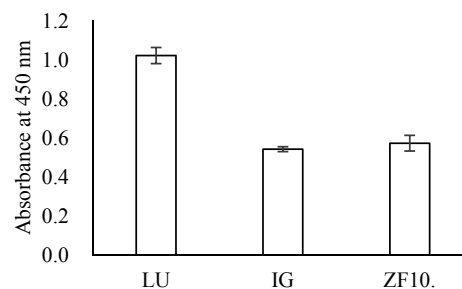


Fig. 2 Lactic acid production by *S. mutans* on resins

【参考文献】

- 1) 日本歯科保存学会 秋季学術大会 2015 P.43

新規コンポジットレジン「グレースフィルシリーズ」のサーマルサイクル後の機械的強度

株式会社ジーシー

○木村拓雅、上野貴之、熊谷知弘

Mechanical property after thermal cycle of new composite resin products “Gracefil series”

GC Corporation, Tokyo, Japan

○TAKUMASA KIMURA, TAKAYUKI UENO, TOMOHIRO KUMAGAI

【研究目的】 近年、コンポジットレジン製品は物性の向上が著しく、流動性・操作性の多様化もなされた結果、歯冠修復材料として広く用いられている。弊社では、ナノフィラーに対するシランカップリング処理を高度に均一化した技術「FSC(Full Coverage Silane Coating)テクノロジー」を開発、それを応用した新製品としてグレースフィルシリーズを発売した。ところで、コンポジットレジンには口腔内において、吸水に起因するフィラー_シランカップリング剤間結合の加水分解、熱的ストレスに起因するフィラー_マトリクスレジン間接着の剥離による経時的な劣化が懸念されている。本研究では、グレースフィルシリーズについて、5℃/55℃、10000 回のサーマルサイクル前後における三体摩耗試験を実施し、摩耗量を評価したので報告する。

【材料と方法】 本研究では、グレースフィル ローフロー(GFL)、グレースフィル ゼロフロー(GFZ)、グレースフィル パテ (GFP)、フロアブルタイプの既存製品である Product A、B、ペーストタイプの既存製品である Product α、βを使用した。試験片は、専用の金型にペーストを充填し上下面からそれぞれ 10 秒ずつ照射して作製した。試験片は 37℃に 24 時間浸漬後、試験片突起部分に#1000 の耐水研磨紙を用いて左右往復 300 回の面出しを行い、試験片の高さを測定した(コントロール)。この試験片を 2 グループに分け、一方は上下左右 10 万回の三体摩耗試験を実施した(N=4)。もう一方は水中 5℃⇄55℃のサーマルサイクル(10000 回)を行った後、同様に三体摩耗試験を実施した。疑似食物はグリセリンと PMMA 粒子を 1:1 で混合したスラリーとし、対合は PMMA 板を使用した。摩耗後の試験片の高さを測定し、面出し後(コントロール)と摩耗後の高さの差から試験片の摩耗量を算出した。

【結果と考察】 Fig.1 に三体摩耗試験の結果を示した。GFL、GFL、GFP は既存製品と比べてサーマルサイクル前後ともに摩耗量が低く、更にサーマルサイクルの前後で摩耗量が変わらなかった。GFL、GFZ、GFZ に配合されている微細なナノフィラーにシランカップリング処理が均一に施されており、フィラーとマトリクスレジンとの濡れ性が向上しているため、熱的ストレスを受けてもマトリクスレジンとの接着性が維持され、結果としてフィラーの剥離・脱落による摩耗が起こりにくかったと考えられる。

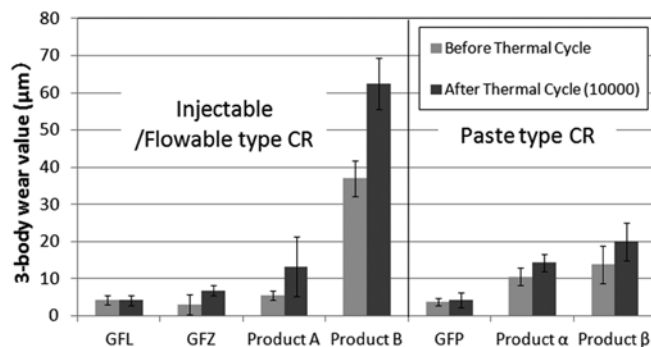


Fig.1 Results of 3-body wear test (before/after thermal cycle)

【結論】 新規コンポジットレジン「グレースフィルシリーズ」は、サーマルサイクル後の三体摩耗試験において優れた耐摩耗性を示した。よって、口腔内における長期的な予後においても耐摩耗性が期待される。

化学重合型接着材ボンドマーライトレスを用いた コンポジットレジン修復の窩洞適合性の SS-OCT 評価

¹岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 歯科保存修復学分野, ²Department of Restorative Dentistry, University of Washington School of Dentistry, ³国立長寿医療研究センター, ⁴東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 う蝕制御学分野
○横山章人¹, 山路公造¹, 島田康史¹, 松崎久美子¹, 大原直子¹, 神農泰生¹, 高橋圭¹,
SADR Alireza², 角保徳³, 田上順次⁴, 吉山昌宏¹

Assessment of Sealing Performance of Resin Composite Restoration by Self-cured Dental Adhesive System Bondmer Lightless Using SS-OCT

¹Department of Operative Dentistry, Okayama University, ²Department of Restorative Dentistry, University of Washington School of Dentistry, ³National Center for Geriatrics and Gerontology, ⁴Cariology and Operative Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

○YOKOYAMA Akihito¹, YAMAJI Kozo¹, SHIMADA Yasushi¹, MATSUZAKI Kumiko¹, OHARA Naoko¹, SHINNO Yasuo¹, TAKAHASHI Kei¹,
SADR Alireza², SUMI Yasunori³, TAGAMI Junji⁴, YOSHIYAMA Masahiro¹

【目的】

コンポジットレジン修復において、レジンの重合収縮に起因するギャップは術後の歯髄刺激の原因や二次齲蝕の原因となることが示唆されている。その対処法として重合収縮応力の緩和や歯質接着性の向上が必要と考えられる。最近、光照射不要で化学重合により歯質を含め様々な素材の前処理に使用できる接着材ボンドマーライトレス（トクヤマデンタル）が開発された。これは、コンタクトキュアの作用により接触界面のコンポジットレジンが光照射前に重合を開始し重合収縮によるギャップを生じにくいことが期待される。

波長走査型光干渉断層計（SS-OCT）は、近赤外線を照射し光の干渉性を利用することで非破壊的に断層画像を得られる装置であり、光の屈折率に差のある界面の検出に優れている。

そこで本研究は SS-OCT を用いて、化学重合型接着材ボンドマーライトレスの象牙質接着界面の窩洞適合性を評価することとした。

【材料および方法】

本研究では、ヒト抜去歯臼歯咬合面に象牙質平滑面を研削、#600 耐水研磨紙にて研磨したものを用いた。ダイヤモンドポイント（FG 202, 松風）を用いて、注水下で深さ 2mm のテーパーを有する円筒形窩洞を形成した。窩洞形成を終えた被着体は口腔内の温度環境に近づけるため、接着操作前に 37℃温水中に 1 時間浸漬し、温水で水洗した。歯面処理にボンドマーライトレスを用いたものを BL 群、光重合型のボンディング材としてボンドフォース II（トクヤマデンタル）を用いたものを BF 群とした。

各群ともに窩洞にコンポジットレジン エステライトユニバーサルフロー Medium A3（トクヤマデンタル）を充填し、トランスペアレントストリップス（カボデンタルシステムズジャパン）を介在し、ペンキュア 2000（モリタ）を用いて光照射を行った。

各試料を SS-OCT（IVS-2000, Santec）にて観察し、充填したコンポジットレジンを含む二次元断層画像を 0.1mm 毎に 5 枚撮影した。得られた画像は画像解析ソフト（ImageJ）を用いて、窩壁および窩底に生じたギャップを観察し、ギャップ形成率を求め、t 検定を用い評価した（ $\alpha=0.05$ ）。

【結果と考察】

本研究の結果、SS-OCT を用いた観察により BL 群、BF 群ともに修復物辺縁のギャップが高輝度の領域として認められた。ギャップの形成率は BL 群が BF 群に対し有意に低かった（ $p<0.05$ ）。BL 群においてギャップ形成率が低かった要因として、ボンドマーライトレスのボレート系触媒とリン酸モノマーとの反応により、コンポジットレジンの接触界面でラジカル重合が生じるコンタクトキュアの作用が考えられる。また、象牙質接着性が向上している場合もギャップ減少の要因となると考えられる。ボンドマーライトレスは接着性モノマーとして多官能性のリン酸モノマーとともに、貴金属と接着性を示す MTU-6、無機材料と反応するシランカップリング材を有するマルチユースな材料である。特に象牙質適合性が良好であることは、臨床において修復物の予後の向上につながることを期待される。

【結論】

ボンドマーライトレスはコンポジットレジン修復において象牙質に対する良好な窩洞適合性を示すことが示唆された。

ガラスセラミックスへの表面処理法の違いがレジンセメントの接着強さに及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○黒川弘康, 瀧本正行, 下山侑里子, 矢吹千晶, 氏家真穂, 河津真実, 斉藤慶子, 宮崎真至

Influence of surface conditioning to glass ceramics on bond strength of resin cements

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○KUROKAWA Hiroyasu, TAKIMOTO Masayuki, SHIMOYAMA Yuriko,

YABUKI Chiaki, UJIE Maho, KAWADU Mami, SAITO Keiko, MIYAZAKI Masashi

【研究目的】

レジンセメントを用いたガラスセラミックスの装着では、フッ酸によるセラミックス表面のエッチングが有効とされており、これによって表面の粗糙化を図る。また、修復物を口腔内へ試適した際に付着した唾液などの接着阻害因子を除去するためにも、修復物の装着直前にこれを行うことが望まれる。一方、フッ酸は皮膚や肺に対する刺激が強いことから、取り扱いについては注意が必要であり、チェアサイドでの応用は避けるべきとされている。Monobond Etch & Prime (以後、MBEP, Ivoclar Vivadent) は、フッ酸を使用せずにセラミックス表面のエッチング効果を獲得するとともに、修復物表面の清掃およびシランカップリング処理を同時に行うことを可能とする製品であるが、その効果については不明な点が多い。そこで、ガラスセラミックスに対する MBEP 処理がレジンセメントの接着挙動に及ぼす影響について、剪断接着強さを経時的に測定することで検討した。

【材料および方法】

ガラスセラミックスブロックとして IPS Empress CAD および IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) を、レジンセメントとして Multilink Automix (Ivoclar Vivadent), G-CEM LinkForce (ジーシー) および PanaviaV5 (クラレノリタケデンタル) を用いた。また、フッ酸として Ceramic Etching gel (Ivoclar Vivadent) を、シランカップリング剤として Monobond Plus (Ivoclar Vivadent) を用いた。

1. 被着面の調整

ガラスセラミックスブロックをジグに対して垂直にスライスした後、スライス面が平坦となるよう、耐水性 SiC ペーパー#2000 を用いて厚さ 3.0 mm に調整、製造者指示条件で焼成し、常温重合レジンに包埋したものをセラミックス試片とした。このセラミックス試片の露出面を SiC ペーパー#320 を用いて研削した後、以下の条件で処理を行った。

- 1) アルミナ粒子 (50 μm) を用いて、被着面に対して 10 mm の距離から垂直に、サンドブラスト処理 (0.2 MPa) を 5 秒間行い、3 分間超音波洗浄。その後、製造者指示条件でシランカップリング処理 (SB 群)
- 2) 製造者指示条件でフッ酸処理 (HA 群)
- 3) HA 群に対して、製造者指示条件でシランカップリング処理 (HA+Si 群)
- 4) MBEP を用いて製造者指示条件で処理 (MBEP 群)
- 5) MBEP 群に対して、製造者指示条件でシランカップリング処理 (MBEP+Si 群)

2. 接着強さの測定

処理面に対して内径 2.38 mm の Ultradent 接着試験用治具を固定した後、練和したレジンセメントを填塞、30 秒間照射したものを接着試験用試片とした。接着試験用試片を $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $90 \pm 5\%$ の条件で保管し、15 分および 24 時間経過した試片について、万能試験機を用いて剪断接着強さを測定した。さらに、サーマルサイクルを 30,000 回負荷した試片についても測定を行った。

3. 走査電子顕微鏡 (FE-SEM) 観察

各処理面およびセラミックス試片とレジンセメントとの接合界面について、通法に従って FE-SEM 観察した。

【成績および考察】

供試したレジンセメントの接着強さは、レジンセメントの種類およびガラスセラミックスの種類によって異なるものの、いずれの経過時間においても、Control 群と比較して HA+Si 群、MBEP 群および MBEP+Si 群で有意に高い接着強さを示した。この要因としては、処理法の違いによるセラミックスの表面性状の変化およびこれに伴うレジンセメントのヌレ性の変化などが影響したものと考えられた。

【結論】

レジンセメントのガラスセラミックスへの接着強さは、表面処理法の違いに影響を受けることが判明した。また、MBEP による処理は、長期耐久性に関しても安定した接着強さを示したことから、その臨床有用性が示された。

MDP がユニバーサルアドヒーズの象牙質接着耐久性に及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座¹⁾, 総合歯学研究所生体工学研究部門²⁾,
川本歯科医院³⁾, 日野浦歯科医院⁴⁾

○高見澤俊樹^{1,2)}, 今井亜理紗¹⁾, 細矢由美子¹⁾, 廣兼栄造¹⁾,
辻本暁正^{1,2)}, 宮崎真至^{1,2)}, 川本 諒^{1,3)}, 日野浦 光^{1,4)}

Effect of a functional monomer (MDP) on dentin bond durability of universal adhesives

Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,

Nihon University School of Dentistry, Kawamoto Dental Clinic³⁾, Hinoura Dental Clinic⁴⁾

○TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, IMAI Arisa¹⁾, HOSOYA Yumiko¹⁾, HIROKANE Eizo¹⁾,
TSUJIMOTO Akimasa^{1,2)}, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, KAWAMOTO Ryo^{1,3)}, HINOURA Ko^{1,4)}

【緒言】

セルフエッチングアドヒーズに用いられている機能性モノマーの中で、10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) は優れた接着性能を有しているところから、ユニバーサルアドヒーズ製品の多くにも採用されている。ユニバーサルアドヒーズは、異なるエッチングモードあるいは様々な被着体にも使用が可能であるため、直接修復のみならず間接修復時のセメント接着にも使用されている。しかし、ユニバーサルアドヒーズに含まれる MDP が象牙質接着耐久性に及ぼす影響については不明な点が多く、とくに異なるエッチングモードで使用した際についての報告は皆無である。

そこで、機能性モノマーである MDP の有無が異なるエッチングモードで使用した際のユニバーサルアドヒーズの象牙質接着耐久性に及ぼす影響について、長期水中浸漬後の剪断接着強さから検討した。また、接着界面、アドヒーズ処理面および接着試験終了後の破断面の走査電子顕微鏡 (SEM) 観察を考察資料とした。

【材料および方法】

ユニバーサルアドヒーズとして、クリアフィルユニバーサルボンド Quick (CU, Kuraray Noritake Dental) および CU と同じ成分に調整しつつ MDP 未含有とした試作ユニバーサルアドヒーズ (EX, Kuraray Noritake Dental) を用いた。

接着試験用試片 (接着試片) の製作および剪断接着強さ試験は、ISO 29022:2013 Dentistry—Adhesion—Notched-edge shear bond strength test に準じて行った。すなわち、ウシ歯冠部象牙質を耐水性シリコンカーパイドペーパーの #320 まで研削を行い、被着象牙質面とした。歯面処理条件としては、アドヒーズ塗布に先立ってリン酸エッチングを行った群 (etch & rinse mode) およびこれを行わなかった群 (self-etch mode) の 2 群に分け、アドヒーズ塗布後に 5 秒間エアブロー、照射を行った。次いで、内径 2.38 mm の Ultradent 接着試験用治具を照射したアドヒーズ面に固定し、レジンペーストを填塞、照射を行ったものを接着試験用試片とした。試片は 37℃精製水中に 24 時間保管後、3, 6 ヶ月および 1 年間保管した。所定の保管期間が終了した試片については、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。接着試片製作後、精製水中に 24 時間保管した後接着強さ試験を行った群をベースラインとした。また、剪断接着試験後の破断試片については、その破壊形式の判定のために、実態顕微鏡を用いて 10 倍の倍率で歯質側およびレジン側破断面を観察し、界面破壊、レジンあるいは象牙質の凝集破壊および混合破壊として分類した。なお、試片の数は 10 個として、有意水準 0.05 の条件で統計学検定を行った。また、それぞれの条件における処理面および象牙質接合界面について、通法に従って走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察用試料を製作し、加速電圧 10 kV の条件で SEM 観察した。

【成績および考察】

ベースラインとした水中浸漬 24 時間後の接着強さは、CU では 32.5~33.0 MPa の値を、EX では 9.9~11.6 MPa の値を示し、アドヒーズ間においては CU が EX に比較して有意に高い値を示したものの、それぞれのアドヒーズにおけるエッチングモード間に有意差は認められなかった。また、長期水中浸漬の影響については、いずれのアドヒーズにおいても水中浸漬期間の増加に伴って接着強さが低下する傾向を示したものの、その傾向は EX で顕著であった。

【結論】

本実験の結果から、ユニバーサルアドヒーズに含有される MDP は、初期接着および接着耐久性の獲得に重要な役割を果たしていることが判明した。

新規抗菌材添加セメントのバイオフィーム形成抑制特性

¹岡山大学病院新医療研究開発センター, ²岡山大学歯学部先端領域研究センター, ³産業技術総合研究所

⁴北海道大学歯学研究科生体材料工学教室

○¹吉原久美子, ²長岡紀幸, ³槇田洋二, ⁴山本裕也, ⁴吉田靖弘

Biofilm Inhibition Properties of novel antibacterial agents contains dental cement

¹Center for Innovative Clinical Medicine, Okayama University Hospital, ²Advanced Research Center for Oral and Craniofacial Sciences, Okayama University, ³Health Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ⁴Dental School Cooperative Research Facilities of Multimedia, ⁴Department of Biomaterials and Bioengineering, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University

○Kumiko YOSHIHARA¹, Noriyuki NAGAOKA², Yoji MAKITA³, Yuya YAMAMOTO⁴, Yasuhiro YOSHIDA⁴

【研究目的】

歯質接着材料の進歩により歯科医療は大きな発展を遂げた。歯の修復、補綴装置の固定など今日の歯科医療にとって不可欠な存在となっている。しかし、歯質接着材料は口腔内に使用するため飲食による高温低温の変化、さまざまな pH などの溶液、断続的な咬合力など劣悪な環境に晒されるため劣化することが問題となっている。現在の製品は既に十分な初期歯質接着強さを備えているが、歯質と材料との界面剥離は避けられない。その剥離部に菌が増殖し、気付かぬうちにう蝕を引き起こす 2 次う蝕が問題となっている。その問題に対応するため歯質接着材への抗菌材添加が多く検討されているが、抗菌材単独を歯科材料に添加した場合、重合後に抗菌剤の溶出が起こりにくいことや接着剤自体の機械的特性や接着性を落としてしまうことが問題となっている。そこで、本研究では、塩化セチルピリジニウム (CPC) を粘土鉱物モンモリロナイトに担持させた複合体 (CPC-Mont) を用いることで、歯科用 PMMA 系レジンセメントの機械的特性を落とすことなく、また、持続した抗菌性を発揮できないか検討した。

【材料および方法】

1. 接着用レジンセメント添加用抗菌剤の作製: 接着用レジンセメント添加用抗菌剤となる CPC-Mont は、ナトリウム型モンモリロナイトの懸濁液に CPC 溶液を添加し、24 時間攪拌した後、ろ過・水洗、乾燥、粉碎の工程を経て作製した。合成した抗菌材は、X 線回折、熱分析を用いて CPC の担持量を測定した。

2. 抗菌材添加 PMMA 系レジンセメントの機械的性質の測定: 上記で作製した抗菌材を 2, 4, 10, 15w% CPC-Mont を PMMA 系レジンセメントスーパーボンド (サンメディカル) 粉に添加し、通常の粉液比 (粉小カップ 1 : 液 4 滴) で練り、2x2x25 mm 角の試験片を作製し 3 点曲げを測定した。また、牛歯を包埋し、象牙質を露出する。接着面積 ϕ 4.8 となるように、モールドを用いレジンセメントを築盛し硬化後 37°C の水中に 12 時間浸漬後せん断試験を行った。

3. 抗菌材添加 PMMA 系レジンセメントからの CPC 溶出量の測定: 直径 10mm 厚み 2mm の 10% CPC-Mont 添加レジンプレートを作製した。レジンプレートを 5mL の蒸留水に浸漬し、1 日ごとに溶液を取り換え 2 日間 CPC 溶出量を測定した。また、レジンプレートの表面を #1000 の耐水研磨紙を用いて磨き、再度、蒸留水中に浸漬し、CPC 溶出量を調べた。

4. 抗菌材添加 PMMA 系レジンセメントのバイオフィーム形成試験: スクロース添加 *S. mutans* 菌液を用い、バイオフィームの形成能を検討した。菌液を毎日交換し、2 週間、2 か月後の表面のバイオフィーム形成状態を走査電子顕微鏡 (SEM) 観察にて行った。

【結果】

X 線回折と熱分析の結果から、セチルピリジニウムイオンが Na-Mont の Na イオンとの交換により層間に挿入されたことに加えて、CPC が物理吸着によって層間に挿入されたことが示唆された。機械的強度、接着試験いずれも 10% まで添加では、CPC-Mont を添加していないものと同等の強度を示し、15w% では低下が認められた。CPC の溶出量は、2 日目より 1 日目のほうが多いが、研磨することにより CPC の溶出量が回復した。

バイオフィーム形成試験では CPC の担持量が多い、CPC-Mont の場合には、担持量の少ない CPC-Mont よりもバイオフィームの抑制効果が大きかった。2 か月後であっても、10w% PC-Mont 添加 PMMA (Super Bond) では PMMA 表面のみ抗菌性を示していた。

【考察および結論】

CPC-Mont 添加レジンセメントは、溶出量が少なく、一方で、長期間のバイオフィームの形成抑制効果を示すことが示唆された。

フッ化ジアンミン銀塗布がう蝕象牙質の接着に及ぼす影響

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科 生体機能再生・再建学講座 歯科保存修復学分野

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

Influence of Silver Diamine Fluoride Application on bonding to caries-affected dentin

Department of Operative Dentistry, Field of Study of Biofunctional Recovery and Reconstruction,

Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Science

○OHARA Naoko, MATSUZAKI Kumiko, SHIBUYA Kazuhiko, ONO Serina, YOKOYAMA Akihito,

YAMAJI Kozo, YOSHIYAMA Masahiro

【目的】

超高齢社会となり、通院・セルフケア困難な患者が増加している。最近、う蝕のマネジメントとして、フッ化ジアンミン銀 (Silver Diamine Fluoride, SDF) 塗布が再注目されている。本研究は、取り残したう蝕象牙質に塗布した SDF がコンポジットレジン接着剤の接着強さに及ぼす影響について検討することを目的とした。

【方法】

歯冠部う蝕を有するヒト抜去歯を使用した。う蝕の程度は、象牙質層の 1/3 を越え歯髄に達していないものとした。スプーンエキスカベータを用いて感染歯質の除去を行い、う蝕検知液 (ニシカカリエスチェック、日本歯科薬品) による染色が薄いピンク色になった時点で、除去を中断した。その後、無作為に 4 群に分け、①コントロール群: SDF 塗布なし、②SDF 群: SDF 塗布、③SDF+光群: SDF 塗布後、10 秒間光照射、④SDF+光+削除群: SDF 塗布、10 秒間光照射、人工唾液 (pH7.2, 37°C) に 24 時間保管後、表層の濃黒染部をエキスカで除去、の 4 群とした。SDF はサホライド®液歯科用 38% (ビーブランド・メディコーデンタル) を使用した。①~④群はその後、接着システムとしてクリアフィルメガボンド (クラレノリタケデンタル) を使用し、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) を築盛した。人工唾液中に 24 時間保管後、接着面が 1mm² の短冊状になるように切り出し、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件下で微小引張試験を実施した。また、破断面を実体顕微鏡にて観察し破壊形式の分析を行った。

統計分析は一元配置分散分析および Tukey HSD 法を用い、有意水準 5% で解析を行った。

【結果および考察】

コントロール群 (①群) と比較して SDF を塗布した群 (②③④群) の接着強さは有意に低下した。SDF 塗布後、光照射の有無や濃黒染部の削合を追加した群間 (②③④群間) での有意差は認められなかった。また②③④群の破壊形式はほとんどが界面破壊であった。よって、SDF の塗布によりう蝕歯面に銀化合物の層が形成されプライマーおよびボンディングレジンの浸透を阻害したために、樹脂含浸層が形成されず接着強さが低下したと考えられる。

SDF のう蝕進行抑制効果を生かしつつう蝕の長期のマネジメントを実践するためには、SDF 塗布後の対応にさらなる検討が必要である。

【結論】

残存う蝕象牙質に対する SDF の塗布は、接着システム本来の効果を阻害し、接着強さの低下を招くことが明らかとなった。SDF 塗布後にコンポジットレジン修復を行う場合には細心の注意が必要である。

「プッシュオープンキャップ型 G-プレミオ ボンド」 の口腔内を想定した湿潤下における歯質接着性評価

株式会社ジーシー

○柿沼祐亮, 本多弘輔, 有田明史, 熊谷知弘

Bond Strength of “G-Premio BOND” to Tooth under Moist Condition such as Intraoral

GC Corporation, Tokyo, Japan

○Hiroaki Kakinuma, Kosuke Honda, Akishi Arita, Tomohiro Kumagai

【研究目的】

ワンステップ1液性ボンディング材は、接着操作の簡略化により処置時間を大幅に短縮することが可能である。しかし、口腔内における接着阻害因子の影響は避けられず、高湿下において防湿が不十分であると接着力の著しい低下を引き起こす。また、各社から更なる簡便な操作性を狙ったワンタッチキャップ型1液性ボンディング材が発売されている。本研究では、各社ワンタッチキャップ型1液性ボンディング材の湿潤下における剪断接着性評価を行なった。

【材料および方法】

1. 材料

本評価に使用した製品は、G-プレミオボンド (ジーシー)、他社ワンタッチキャップ型1液性ボンディング材として Product A, Product B, Product C を比較対象として試験を行なった。また、G-プレミオボンドは、塗布処理時間を0秒間および10秒間とした。

2. 試験体の作製および測定

ウシ下顎前歯の唇面が露出するように常温重合レジン材料で包埋し、SiC ペーパー#320 を用いて象牙質面が露出するまで研磨を行なった。次いで、各社ボンディング材をメーカーの指示に従って歯面に塗布・乾燥させた。さらに、ボンディング材処理面に対して直径2.38 mmの型 (ULTRADENT 社製) を設置し、G-Light Prima II (ジーシー) を用いて光照射を行なった。そして、光重合型レジンペーストを型内に充填し、光照射により硬化させた。試験体作製に際する一連の操作は、①室内環境下 (温度 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 湿度 $50 \pm 5\%$)、②口腔内を想定した湿潤下¹⁾ (温度 $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 湿度 $70 \pm 5\%$) でそれぞれ行なった。試験体を 37°C 水中に一晩保管した後、小型卓上試験機 EZ-S (島津製作所) に設置し、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件で剪断接着強さを測定した。統計処理は One way ANOVA および Tukey-Kramer 法 を用いて有意差検定を行った。

【結果及び考察】

各社ボンディング材の象牙質に対する剪断接着強さを Fig.1 に示す。G-プレミオボンドは、高湿度条件下において0秒間、10秒間処理ともに高い初期接着強さを示した。この値は、室温条件下の結果と同等であった。一方、Product B および C は、湿潤による影響を受け、接着強さが有意に低下する傾向にあった。口腔内では、不十分な防湿がボンディング層の硬化阻害を引き起こす。G-プレミオボンドは、塗布後の処理時間を要さない上、強圧エアードライにより溶媒とともに水分を揮発させることができる。したがって、湿潤下における水分の影響を受けにくい製品であることが示唆される。

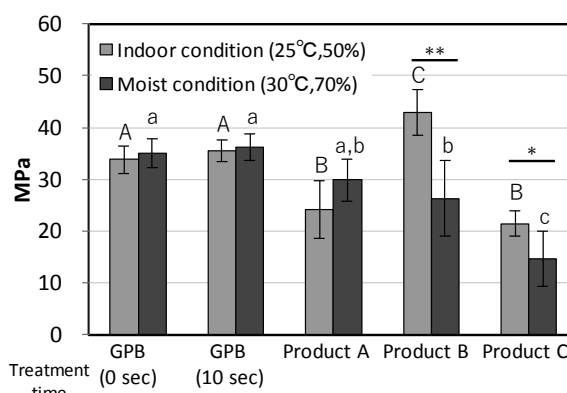


Fig 1. Shear bond strength to Dentin after 24 hours

【結論】

G-プレミオボンドは、口腔内環境を想定した高湿度条件下においても高い象牙質接着性能を発揮する。

【文献】 1) 波部 剛.口腔内の温・湿度分布とエア・ブロー,サクシオン,ラバーダム防湿の影響. 日本歯科保存学会誌 2008;51:256-265.

石灰化誘導性モノマー配合コーティング材の象牙質封鎖特性

¹⁾サンメディカル株式会社 第一研究開発部, ²⁾北海道医療大学歯学部総合教育学系歯学教育開発学分野, ³⁾北海道医療大学歯学部口腔機能修復再建学系う蝕制御治療学分野

○多田明世¹⁾, 大槻環¹⁾, 伊藤修一²⁾, 斎藤隆史³⁾

Dentin-sealing properties of new coating materials containing mineral-inductive monomers

¹⁾Sun Medical Co., Ltd., Research & Development Department, Region1 ²⁾Division of Dental Education Development, Department of Integrated Dental Education, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido, ³⁾Division of Clinical Cariology and Endodontology, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

○Akiyo Tada¹⁾, Tamaki Otsuki¹⁾, Shuichi Ito²⁾, Takashi Saito³⁾

【緒言】歯科用コーティング材は、間接修復における窩洞・支台形成や知覚過敏などの露出した象牙質を物理化学的な外来刺激や二次う蝕から保護する目的で広く使用されている。コーティング被膜は薄さが要求され、口腔内における機械的応力の他に冷熱や摩擦など様々な刺激に晒される条件下でも接着封鎖性、耐汚染性、耐摩耗性が求められる。これまで接着性モノマーのカルシウム塩である CMET, CMEP の石灰化誘導促進作用の可能性 (大熊ら, 2009) や, CMET を配合したシーリングコーティング材の石灰化誘導能 (甕ら, 2015) が報告されてきた。

コーティング材が石灰化誘導能を有すれば、象牙質が材料で保護されている期間に象牙細管や管周象牙質内の微少な亀裂や脱灰部分を石灰化物によって緊密に封鎖することが可能となり、象牙質の補強も期待できる。

本研究では CMET に加え、新規な接着性モノマーのカルシウム塩である MDCP を複合配合したコーティング材 (以下 BCA) を試作し象牙質表面の封鎖性を評価した。さらに、市販材料と比較しながら CMET/MDCP 複合接着性モノマーの石灰化誘導促進能を評価した。

【材料と方法】コーティング材: 市販コーティング材であるハイブリッドコート、ハイブリッドコート II (サンメディカル) に複合接着性モノマーを加えたものを調製し、試作品 (BCA) と比較した。また、複合接着性モノマーを配合しないそれぞれのコーティング材をコントロール群とした。試験体作製: ウシ抜去下顎前歯の唇側象牙質を耐水エメリー紙 #2000 まで注水下にて研磨し (エコメット, BUEHLER), これを小切片に切り出した (アイソメット, BUEHLER)。研磨面のスミヤー層を除去し、コーティング材を適用した後、予め調製した疑似体液 (SBF: Cho et al., 1995) 5ml に浸漬し、37°C 条件で 7 日間静置した。観察・元素分析: 上記切片を超純水 (Direct-Q3 UV, MILLIPORE) で十分に洗浄した後デシケーターにて 1 週間乾燥させた。SEM ステージに試料を固定し、白金蒸着 (ESC-101 スーパーファインコーター, エリオニクス) を行い、電界放出型走査電子顕微鏡 FE-SEM (JSM-6701F, 日本電子) を用いて表面を形態学的に観察した。また析出物が観察された場合は EDS (MP-0503 EDK, 日本電子) にて元素分析を行った。

【結果】全ての試料において象牙質表面は数ミクロン厚さの被膜で覆われており、剥離や欠落など認められなかった。複合接着性モノマーを含まないコントロール群においてはサンプル上に不定形の塊が稀に観察されるのみであった。一方、複合接着性モノマーを添加したコーティング材群においては、表面に球状結晶が多数観察され、FE-SEM にて微細構造を観察したところ、無数の微細な板状結晶が放射状に連なった球状結晶が認められ、結晶同士は一部分で融合しているようであった (Fig. 1)。観察できた球状結晶を EDS 分析したところ、Ca と P が主成分で、その組成比は原子数 % にて Ca 10.3%, P 7.8% を示した。コーティング材で封鎖された象牙細管内においては、試験群およびコントロール群ともに表面に観察できていた結晶構造物は明確には確認できなかった。

【考察】Fig. 1 の結晶構造物の成分比率および形態学的比較から極めてハイドロキシアパタイトに近いと予測できた。一方 BCA のコントロール群で観察された不定形の塊は、複合接着性モノマーを配合した群で観察された結晶構造物に類似していたものの、析出頻度は著しく低かった。

【結論】コーティング材は象牙質表面を薄い被膜で覆うことができ、CMET/MDCP 複合接着性モノマーを添加するとハイドロキシアパタイト様結晶の誘導を促進した。

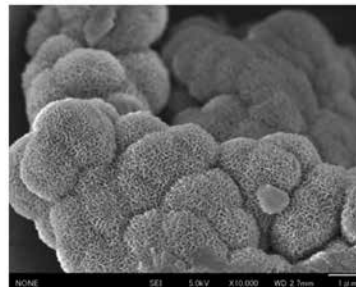


Fig. 1 FE-SEM image of mineral formed on BCA

ユニバーサルアドヒーズの処理時間が象牙質接着強さ および表面自由エネルギーに及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座¹⁾, 総合歯学研究所生体工学研究部門²⁾, あなだ歯科医院³⁾
○石井 亮¹⁾, 今井亜理紗¹⁾, 辻本暁正^{1,2)}, 名倉侑子¹⁾, 崔 慶一¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 宮崎真至^{1,2)},
穴田直仁³⁾

Influence of application time of universal adhesives on dentin bond strength and surface free energy

Department of Operative Dentistry¹⁾ Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾,

Nihon University School of Dentistry, Anada Dental Clinic³⁾

○ISHII Ryo¹⁾, IMAI Arisa¹⁾, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2)}, NAGURA Yuko¹⁾,

SAI Keiichi¹⁾, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, ANADA Naohito³⁾

【研究目的】

近年、光重合型レジン接着システムは、ステップ数の簡略化とともにエッチ&リンスモードあるいはセルフエッチングモードのいずれのモードでも使用可能なユニバーサルアドヒーズの臨床応用が拡大している。そこで、ユニバーサルアドヒーズの適切な臨床手技を確立することを目的として、異なるエッチングモードを選択した際の塗布時間の違いが象牙質接着性に及ぼす影響について接着試験、表面自由エネルギーの測定および接着界面の走査電子顕微鏡 (SEM) 観察から検討した。

【材料および方法】

供試したユニバーサルアドヒーズは、G-Premio Bond (GP, ジーシー), Scotchbond Univesal (SU, 3M ESPE), クリアフィルユニバーサルボンド Quick (CU, クラレノリタケデンタル), Adhese Universal (AU, Ivoclar Vivadent) およびボンドマーライトレス (BM, トクヤマデンタル) を用いた。

1. 接着強さの測定

接着試片の製作に際して、ウシ下顎前歯歯冠部を常温重合レジンに包埋し、象牙質平坦面を耐水性 SiC ペーパー# 320 を用いて研削し、被着歯面とした。これらの被着面に対し、アドヒーズ塗布に先立ってリン酸エッチングを行った群 (エッチ&リンスモード) およびこれを行わない群 (セルフエッチングモード) の 2 群に分けるとともに、アドヒーズ塗布後、直ちにエアブローを行った条件 (IA 群) および塗布時間延長を行った群 (PA 群) の合計 4 群とした。

これらの試片を内径 2.38 mm、高さ 2.5 mm の Ultradent 接着試験用ジグを被着歯面に固定し、レジンペーストを填塞、光照射を行い、これを接着試験用試片とした。これらの試片を 37 °C 精製水中に 24 時間保管後に万能試験機 (Type 5500R, Instron) を用いてクロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件で剪断接着強さを測定した。

2. 表面自由エネルギーの測定

表面自由エネルギーの測定は、接着試験と同様の条件で処理した照射前のアドヒーズ塗布面を、アセトンおよび蒸留水で 15 秒間交互に洗浄することを 3 回繰り返し、これを表面自由エネルギー測定用試片とした。表面自由エネルギーが既知の液体として 1-ブロムナフタレン、ジヨードメタンおよび蒸留水を使用した。接触角の測定は、全自動接触角計 (Drop Master DM 500) を用い、セシルドロップ法でそれぞれの液滴を 1 μ L 滴下し、装置に付属するソフトウェアを用いて $\theta/2$ 法で測定を行った。なお、各条件における試片数は 10 個とし、未処理面およびリン酸エッチング処理面についても同様に測定を行った。

3. SEM 観察

通法に従って試片を製作し、表面処理後の歯質表面および接着界面について SEM 観察した。

【成績および考察】

塗布時間およびエッチングモードの違いがユニバーサルアドヒーズの象牙質接着強さに及ぼす影響は、用いた製品によって異なるものであった。GP および CU は、エッチングモードおよび塗布時間にかかわらず、その接着強さに有意差は認められなかった。一方、他のアドヒーズにおいては塗布時間の延長に伴って、接着強さは向上する傾向を示し、エッチ&リンスモードでの PA 群は、IA 条件と比較して有意に高い接着強さを示した。表面自由エネルギーの測定から、接着試験同様用いた製品およびエッチングモードによってその表面自由エネルギーは異なるものであったが、塗布時間の延長に伴ってその表面自由エネルギーは低下する傾向を示した。

【結論】

エッチングモードおよび塗布時間がユニバーサルアドヒーズの象牙質接着性に及ぼす影響は製品によって異なることが判明した。

大臼歯対応 CAD/CAM レジンブロックへのサンドブラスト処理時間が、 レジンセメントの接着性に及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○白土康司, 黒川弘康, 柴崎 翔, 斎藤達郎, 武田光弘, 左 敏愛, 寺井里沙, 宮崎真至

Influence of sandblasting time to molar tooth corresponding CAD/CAM resin block on shear bond strength of resin cement

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○SHIRATSUCHI Koji, KUROKAWA Hiroyasu, SHIBASAKI Sho,

SAITO Tatsuro, TAKEDA Mitsuhiro, HIDARI Toshie, TERAJI Risa, MIYAZAKI Masashi

【研究目的】

大臼歯対応 CAD/CAM レジンブロックへのサンドブラスト処理時間の違いが、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】

セルフアドヒーシブレジンセメントとしてユニセム 2 オートミックス (以後, UC2, 3M ESPE) を, ユニバーサルアドヒーシブ応用型レジンセメントとしてリライエックスアルティメイトアドヒーシブレジンセメント (以後, RXU, 3M ESPE) を用いた。大臼歯対応 CAD/CAM レジンブロックとしてセラスマート 300 (ジーシー), 松風ブロック HC ハード (松風), エステライト P ブロック (トクヤマデンタル) およびカタナアベンシア 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 レジンブロックをジグに対して垂直にスライスした後, スライス面が平坦となるよう, 耐水性 SiC ペーパー#2000 を用いて厚さ 2.0 mm まで調整, 常温重合レジンに包埋したものを CAD/CAM 試片とした。

2. 被着面の調整

CAD/CAM 試片の露出面を SiC ペーパー#320 で研削した後, アルミナ粒子 (50 μ m) を用いて 10 mm の距離から垂直に, サンドブラスト処理 (0.2 MPa) を 0, 5, 10 および 15 秒間行い, 3 分間超音波洗浄した。

3. 接着強さの測定

CAD/CAM 試片のサンドブラスト面に対して, UC2 では製造者指示条件でシランカップリング処理した後, RXU では, 製造者指示条件でアドヒーシブを塗布した後, 内径 2.38 mm の Ultradent 接着試験用治具を固定し, 練和したレジンセメントを填塞, 30 秒間照射を行ったものを接着試験用試片とした。接着試験用試片を $37 \pm 1^\circ\text{C}$, 相対湿度 $90 \pm 5\%$ の条件で 24 時間保管した後, 剪断接着強さを測定した。さらに, サーマルサイクルを 30,000 回負荷した試片についても測定を行った。

4. 表面粗さおよび深さの測定

形状測定レーザ顕微鏡 (VK-9710, キーエンス) を用いて, サンドブラスト処理面の表面粗さおよび摩耗深さを測定した。

5. 走査電子顕微鏡 (FE-SEM) 観察

サンドブラスト処理面および CAD/CAM 試片とレジンセメントとの接合界面について, 通法に従って FE-SEM 観察した。

【成績および考察】

供試したレジンセメントの 24 時間後の接着強さは, サンドブラストなし条件と比較してサンドブラストあり条件で高い値を示すものの, その傾向はレジンセメントの種類, サンドブラスト処理時間およびブロックの種類によって異なるものであった。CAD/CAM 試片の SEM 像からは, SiC ペーパー研削面で削状痕が認められ, 比較的滑らかな像を呈したのに対し, サンドブラスト処理面ではフィラーの脱落および突出とともにマトリックスレジンの陥没が認められ, その程度はサンドブラスト処理時間およびブロックの種類によって異なるものであった。サンドブラスト処理時間が接着強さに影響を及ぼした要因としては, 処理時間によるレジンブロックの表面性状の変化および各レジンセメントのヌレ性の違いなどが考えられた。

【結論】

大臼歯対応 CAD/CAM レジンブロックへのレジンセメントの接着強さは, サンドブラスト処理時間に影響を受けることが判明した。

化学重合ボンディング材の歯質接着性

岩手医科大学歯学部 歯科保存学講座 う蝕治療学分野
○八木亮輔, 岡田伸男, 志賀華絵, 清水峻介, 野田 守

Tensile Bond Strength of Chemical-Cure Resin Bonding Agent to Bovine Teeth

Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Iwate Medical University

○Yagi Ryouzuke, Okada Nobuo, Shiga Hanae, Shimizu Syunsuke, Noda Mamoru

【目的】

近年、レジンコアによる支台築造が増加している。築造窩洞におけるポスト孔の長さは歯根長の2/3とされており、歯種によっては4mm以上に達する場合もあることから、ポスト孔根尖部での重合率低下や周囲象牙質への接着不良が懸念される。

光が到達しにくい根管内ではデュアルキュア型が有効であることが知られているが、近年、化学重合型接着システムが開発商品化されている。光照射が不要であり、ポスト孔深部でも均質な重合反応得られることから接着力に優れていると報告があるが、詳細は不明な点が多い。

本研究では、化学重合型ユニバーサルアドヒージブをレジンコア支台築造に使用した際に、ポスト孔深度の接着力への影響を検討した。

【材料および方法】

接着システムとしてボンドマーライトレス(以下BL, 化学重合型, Tokuyama Dental), 支台築造用レジンとしてエステコアユニバーサル(以下EC, デュアルキュア型, Tokuyama Dental)を使用した。被着体はウシ下顎中切歯唇側象牙質を使用し、耐水研磨紙#600まで研磨したものを被着面とした。

被着面にBLを業者指示で使用し、高さの異なるステンレスモールド(内径2mm, 高径1, 2, 3, 4mmの4種)を静置しポスト孔形成後の模擬根管とした。ECをモールド内に一括充填し、10秒間光照射を行った。37℃相対湿度100%湿潤下で7日間静置し、万能試験機(EZ test 島津製作所)にてせん断接着強さを測定した(クロスヘッドスピード0.5mm/min)。

得られたデータはOne-way ANOVA, Tukey-HSD testにて統計学的分析を行った。(p<0.05, n=12)

【結果】

被着面に対する各モールド高径のせん断接着強さを図に示す。(1mm:19.02±10.42MPa, 2mm: 7.74±4.11 MPa, 3mm: 9.43±7.62MPa, 4mm:6.56±4.19MPa) モールド高径1mmで19.0±10.4MPaとなり、他群と比較して有意に高い値を示した。

【考察】

以上のことから、ポスト孔が2mm以上の場合、先端部では十分な接着強さが得られていない事が示唆された。ポスト孔の深度増加により、1) 充填するレジン量が増え、重合収縮応力の増大 2) 照射距離、重合深度が関与していると思われる。

【結論】

化学重合型によるユニバーサル接着システムは、2mm以上の窩洞深さでは接着強さが低下した。

本発表に関して開示すべき利益相反関係にある企業はありません。

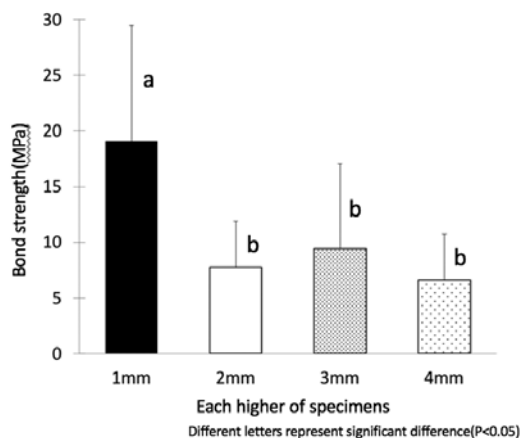


fig. Shear bond strength of Chemical-Cure Resin Bonding at each mold

同一製造者によるユニバーサルアドヒーズの歯質接着疲労耐久性

日本大学歯学部保存学教室修復学講座¹⁾, 総合歯学研究所生体工学研究部門²⁾, 日野浦歯科医院³⁾

○嶋谷祐輔¹⁾, 辻本暁正^{1,2)}, 名倉侑子¹⁾, 廣兼栄造¹⁾,
野尻貴絵¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 宮崎真至^{1,2)}, 日野浦 光³⁾

Bond fatigue durability of universal adhesives from the same manufacturer

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

○SHIMATANI Yusuke¹⁾, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2)}, NAGURA Yuko¹⁾, HIROKANE Eizo¹⁾,
NOJIRI Kie¹⁾, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, HINOURA Ko³⁾

【研究目的】

ユニバーサルアドヒーズは、歯面処理に汎用性を有するとともに様々な被着体に対する接着を可能としている。近年、従来のユニバーサルアドヒーズが有するユニバーサル性を有するとともに、被着歯面の乾燥あるいは湿潤条件にかかわらず良好な接着性能が得られることを特徴とした Prime & Bond Universal (Dentply Sirona) が開発された。

そこで、同一製造者から市販されている Prime & Bond Universal (Dentply Sirona) および Prime & Bond Elect (Dentply Sirona) の歯質接着性について、とくに乾燥および湿潤環境の影響に着目し、接着疲労耐久性試験、破断面の観察および接着界面の SEM 観察を行うことによって検討した。

【材料および方法】

供試したシングルステップシステムは Prime & Bond Universal (PU, Dentply Sirona) および Prime & Bond Elect (PE, Dentply Sirona) の 2 製品である。

1. 剪断接着試験

接着試片の製作に際しては、ヒト抜去歯 (#760765-1) を常温重合レジンに包埋し、エナメル質あるいは象牙質平坦面を耐水性 SiC ペーパー # 4,000 を用いて研削した。次いで、リン酸エッチング材 (Ultra-Etch J, Ultradent Product Inc.) を用いて 15 秒間エッチングした試片 (トータルエッチ条件) およびこれを行わない試片 (セルフエッチ条件) を製作した。また、これらの試片の湿潤状態を Dry, Wet あるいは Over Wet 条件の 3 群に分けて被着歯面を製作した。これらの被着歯面に対して供試したユニバーサルアドヒーズを製造者指示に従って塗布、光照射した。その後、ステンレス製金型をアドヒーズ塗布面に静置し、コンポジットレジン (Supreme Ultra Restorative, 3M ESPE) を填塞、光照射を行い、接着試片とした。また、エナメル質および象牙質の被着歯面においては、35 % リン酸水溶液 (Ultra-Etch J, Ultradent Products) を用いて 15 秒間エッチング処理を行った条件についても同様に接着試片を製作した。これらの試片は、37°C 精製水中に 24 時間保管後、電気式疲労試験機 (ElectroPuls E1000 Machine, Instron) を用いて、剪断接着強さを測定した。

2. 接着疲労試験

接着疲労試験に際しては、電気式疲労試験機を用いて Staircase method に従って行った。すなわち、得られた各接着システムの剪断接着強さの約 50 % 荷重を、接着試片に対して 20 Hz の条件で繰り返し 50,000 回負荷した。この規定回数に達する前に試片が脱落した際は、初期荷重の 10 % を減じ、試片が生存した際は、荷重を 10% 増加させ、段階的に荷重を負荷した。試片の脱落個数および段階的に負荷した荷重から、剪断疲労接着強さを算出した。

3. 走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察

ユニバーサルアドヒーズと歯質との接合状態を検討するため、FE-SEM (ERA-8800 FE, Elionix) を用いて、その接合界面を加速電圧 10 kV の条件で観察した。また、接着疲労試験終了後の破断面についての観察も併せて行った。

【成績および考察】

ユニバーサルアドヒーズのエナメル質および象牙質に対する接着疲労耐久性は、いずれのエッチング条件においても Over Wet 群で Dry および Wet 条件と比較して有意に低下した。また、Dry および Wet 群における PU のエナメル質および象牙質の接着疲労耐久性は、エッチング条件の違いにかかわらず、被着面の湿潤状態によって影響を受けなかった。

【結論】

本実験の結果から、同一製造者から市販されているユニバーサルアドヒーズとしてもその歯質接着疲労耐久性は異なり、製品によっては被着歯面の乾燥および湿潤条件に影響を受けにくいというユニバーサル性を有することが明らかとなった。

新規コンポジットレジンを用いた試作ボンディング材の接着性評価

YAMAKIN 株式会社

○水田悠介，林未季，木村洋明，坂本猛，加藤喬大

Evaluation of bond strength of a trial adhesive with new composite resin

YAMAKIN CO., LTD.

○Yusuke Mizuta, Miki Hayashi, Hiroaki Kimura, Takeshi Sakamoto, Takahiro Kato

【目的】

歯科臨床におけるコンポジットレジン修復で使用するボンディング材は，エッチング，プライミングおよびボンディングの工程を 1 液で同時に行う 1 ステップ 1 液タイプが主流となってきた。2 液以上を要する作業に比べて作業が簡便になったことに加え，近年ではボンディング材を塗布後の放置時間や重合時間を短縮した製品も開発されている。このような製品は，チェアタイムの短縮を可能とすることで最終的に患者への負担を軽減することにつながる。以上のことから，平成 30 年度春季歯科保存学会においてチェアタイム短縮を目的とした試作ボンディング材の報告を行った。

本研究では，新開発のフッ素徐放性コンポジットレジン「TMR-ゼットフィル 10.」（YAMAKIN 株式会社）と 11-メタクリロイルオキシテトラエチレングリコールジハイドロジェンホスフェート（M-TEG-P[®]）を含む試作ボンディング材を使用したときの接着性の評価を行った。

【材料および方法】

A) 試作ボンディング材の調製

リン酸モノマー（M-TEG-P[®]）を含む試作ボンディング材を調製した。

B) 接着試験方法とその測定方法

試験片は JIS T 6611 を参照してウシ下顎前歯を使用し，耐水研磨紙（P600）で研磨された直径 3 mm のエナメル質もしくは象牙質の接着面を作製した。接着試験は試作ボンディング材塗布後，十分にエアードライを行い，光照射器（ペンギンアルファ：YAMAKIN 株式会社）を用いて光重合した。接着面上には直径 5 mm のゴム製 O リングを設置し，内部に「TMR-ゼットフィル 10.」を充填後，十分に光硬化した。試験体は 37℃ の水中で一日保存し，万能試験機（EZ-GRAPH：島津製作所）を用いてクロスヘッドスピード 1 mm/min で引張試験を行った。また，比較試料としてアイゴスボンド（YAMAKIN 株式会社）を用いた試験も行った。

なお，アイゴスボンドおよび試作ボンディング材の操作時間は Table 1 に示す条件にて行った。

Table 1 Application procedure of adhesives

Adhesive	Application time	Light irradiation time
iGOS BOND	20 s	10 s
Trial adhesive	5 s	3 s

【結果および考察】

試作ボンディング材は，歯質に対して操作時間を短縮した条件において，エナメル質および象牙質の両歯質に対してアイゴスボンドと同等の接着強さを示した。本報告では接着試験条件を変更したときの接着性についても議論する。

Xe エキシマランプ照射処理後の象牙質のコンポジットレジンとのせん断接着強さ

東京医科歯科大学¹ 歯学部附属病院 歯科総合診療部,
² 大学院医歯学総合研究科 口腔機材開発工学, ³ 大学院医歯学総合研究科 歯学教育システム評価学
○礪波健一¹, 岩崎直彦², 佐野和信³, 高橋英和², 荒木孝二³

Share bond strength of composite resin to dentin after Xe excimer lamp irradiation

¹ Oral Diagnosis and General Dentistry, Dental Hospital, Tokyo Medical and Dental University,

² Oral Biomaterials Development Engineering, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University,

³ Educational System in Dentistry, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University

○Tonami K¹, Iwasaki N², Sano K³, Takahashi H², Araki K³

【目的】

Xe エキシマランプは、紫外光 ($\lambda=172\text{nm}$) を照射するが、その光エネルギーは有機化合物の分子結合エネルギーよりも高いため、分子結合を直接切断し、発生するオゾンが被照射面の有機質化合物と結合することで CO や CO(OH) などの官能基を形成することが知られている。この性質により、近年 Xe エキシマランプは集積回路の光洗浄や、接着性向上のための材料表面の改質に用いられている。同ランプが歯科応用されれば、歯科臨床や歯科技工における接着処理に大いに資するものと考えられる。演者らはこれまで、Xe エキシマランプ照射により象牙質表面の接触角が減少すること、照射象牙質表面にボンディング材中のモノマーが浸透可能な変性層が形成されることを明らかにした。そこで、本研究ではプライミング処理の代替として Xe エキシマランプ照射処理した象牙質のコンポジットレジンとのせん断接着試験を行い、同ランプの象牙質接着修復への応用可能性を検討した。

【材料および方法】

抜去後冷蔵保存した牛中切歯 30 本を用いた。各歯より、低速切断機 (Isomet 1000, Buehler) を用いて、歯冠唇側面 1.5-2.5 mm の深さから厚さ 1 mm の歯質を切り出した。同歯質から $8 \times 8 \times 1 \text{ mm}$ の象牙質切片を作成しアクリルモールドに包埋した。その後、唇側表面を耐水研磨紙 #600 まで研磨し処理面とした。研磨後の切片は 10 個ずつ、3 グループに分けそれぞれ以下の条件で表面処理を行った。

条件 1 : Xe エキシマランプ (Min-Excimer SUS713, ウシオ電機) を 180 秒照射後、同面にクリアフィルメガボンド・

ボンド (クラレノリタケ) を塗布し歯科重合用光照射器 (ペンキュア 2000, モリタ) を 20 秒間照射

条件 2 : 陰圧下で Xe エキシマランプ 180 秒照射後、同上ボンディング処理

条件 3 : クリアフィルメガボンド・プライマー (クラレノリタケ) で 20 秒間処理後、同上ボンディング処理

次に、各切片に対し処理面の接着面積を直径 4 mm に規定した後、直径 6 mm、高さ 2 mm の円柱状にコンポジットレジン を築盛し、上記光照射器を用いて 20 秒重合処理した。そして 24 時間 37°C 水中保管後、万能試験機 (AG-X, Shimadzu) を用いてクロスヘッドスピード 1.0 mm/min にて圧縮せん断試験を行った。得られた最大荷重を接着面積で割ったものをせん断接着強さとした。

【成績】

条件 1、条件 2、条件 3 のせん断接着強さ (SD) はそれぞれ 3.2 (1.9)、4.6 (1.7)、9.0 (4.8) MPa となり、Xe エキシマランプをもちいた表面処理では、従来法の 1/3 ~ 1/2 程度のせん断接着強さとなった。Welch の ANOVA および Games-Howell の検定では、条件 1 と 2、および条件 1 と 3 の間に統計的有意差を認めた ($P < 0.05$)。また、条件 1 では 40% の試験片において荷重-変異曲線上で最大荷重を示した後に低強度で塑性変形する粘弾性挙動を示したが、条件 2 では粘弾性挙動は認めなかった。

【考察】

Xe エキシマランプ 180 秒照射にて表面処理を行った象牙質のコンポジットレジンとのせん断接着強さは従来法のプライマー処理したものの 1/2 程度となった。荷重-変異曲線上の粘弾性挙動から、オゾンによるボンディング材の重合阻害が生じていることが示唆された。また、陰圧下の同ランプ照射によりせん断接着強さが改善傾向を示し、粘弾性挙動が消失することから、照射雰囲気さをさらに改良することにより重合阻害を抑制できる可能性が考えられた。

【結論】

Xe エキシマランプ 180 秒照射の表面により従来法の 1/2 程度のせん断接着強さを得られることが明らかとなった。

接触重合型接着システムを採用したコア用レジンの根管象牙質各部における 接着性に及ぼす光照射の影響

愛知学院大学歯学部保存修復学講座

村田公成, ○林 建佑, Batzorig Bayarmaa, 中野健二郎, 鈴木未来, 富士谷盛興, 千田 彰

Effects of light irradiation on regional bonding performances of a touch-cure adhesive system incorporated in a core build-up resin to root canal dentin

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

MURATA Kosei, ○HAYASHI Kensuke, BATZORIG Bayarmaa, NAKANO Kenjiro, SUZUKI Miki, FUJITANI
Morioki, SENDA Akira

【研究目的】

支台築造用レジン（コア用レジン）の根管象牙質における接着性は、根管根尖側部分には光が届きにくいいため、良好な接着性獲得は難しい。当講座の長谷川ら（日歯保存誌, Vol 55, P165-174, 2012.）も、化学重合型接着システムを併用したコア用レジンに比べ、光重合型の場合は根尖側の象牙質においては十分ではないと報告している。

最近、接触重合型接着システムを採用したコア用レジンが開発され、根尖側象牙質においても良好な接着性が得られると期待されるが、これらについての詳細な検討はほとんど見当たらない。そこで本研究では、新たに開発された接触重合型接着システムを採用したコア用レジンを用い、それに対する光照射が根管象牙質各部における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】

1. 使用材料, 試料調製法および設置実験群

愛知学院大学歯学部倫理委員会の承認 (No. 169) を得て収集したヒト抜去小白歯を用い、接着システムとしてクリアフィル ユニバーサルボンド Quick, およびコア用レジンとしてクリアフィル DC コア オートミックス ONE (いずれもクラレノリタケデンタル) を用いた。また、試料調製法ならびに実験群を図および表に示す。

2. 接着強さの測定および破断面の観察

調製した試片を用い微小引張接着試験により接着強さを測定し (EZ Test, 島津製作所), 得られた測定値は一元配置分散分析と Tukey's test を用いて統計学的処理をした ($\alpha=0.05$)。接着試験後の接着破断面を走査電子顕微鏡 (VE-9800, KEYENCE) により観察した。

【結果および考察】

L-では、根管象牙質各部 (a~d) の接着強さに差異はなく ($p>0.05$)、ボンディング材内凝集破壊が特徴的に観察された。L+では、a は d に比べ有意に高い接着強さを示したが ($p<0.05$)、L++では、いずれの部位にお

いても他 2 群の同部位の接着強さより有意に高く ($p<0.05$)、象牙質内凝集破壊が多くの試片に認められた。また、L++の a と d の間には差異は認められず ($p>0.05$)、根尖側根管象牙質において光重合および接触による化学重合の両者の効果が出現したと推察される。今後は、接着システムの重合様式 (光, デュアル, 化学), 窩壁適合性, あるいは接着耐久性なども含めたさらなる検討を行う。

【結 論】

本実験条件下においては、接触重合型の接着材とコア用レジン の両者に光照射することにより、レジン は根管象牙質各部に対し良好な接着強さを示すことが判明した。

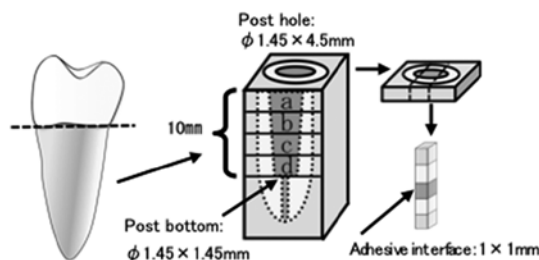


Figure Experiment procedure and Experimental group

Table Experimental group

Code	Experiment procedure			
L-	Bonding	→	Core resin	
L+	Bonding	→	Core resin	→ Light irradiation
L++	Bonding	→ Light irradiation	→	Core resin → Light irradiation

新規ラミネートベニア用レジンセメントがガラスセラミックの色調に及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○高橋奈央, 黒川弘康, 瀧本正行, 飯野正義, 倉奈田ゆきえ, 坪田圭司, 宮崎真至, 天野 晋

The effect of newly resin cement for laminated veneers on the color differences of glass ceramic

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○TAKAHASHI Nao, KUROKAWA Hiroyasu, TAKIMOTO Masayuki, IINO Masayoshi,
SYANADA Yukie, TSUBOTA Keishi, MIYAZAKI Masashi, AMANO Susumu

【研究目的】

ラミネートベニアの装着に用いられるレジンセメントの選択においては、歯質やセラミックスへの強固な接着だけでなく、装着する修復物との色調が適合することが望まれる。今回、歯の色調にかかわらず、セメントの透明性と明度変化によって、修復物の明度調整を可能とするラミネートベニア用レジンセメントが開発された。そこで、背景色の違いがレジンセメントを用いて接着したガラスセラミックの色調に及ぼす影響について検討した。

【材料および方法】

試作ラミネートベニア用レジンセメントとして SI-R21302（以後、SI-R、松風）の L-Value, M-Value および H-Value シェードを、対照として Variolink Esthetic LC（以後、VLE, Ivoclar Vivadent）の Neutral, Light および Light+シェードを用いた。

1. 黒色および白色基準板上でのレジンセメントの色調変化測定

レジンセメントを、内径 8.0 mm, 厚さ 1.0 mm のテフロン型に填塞, ポリstriップスを介して 30 秒間照射して硬化させた。これを 37°C 精製水中に 24 時間保管した後, D₆₅ 光源を用いた高速分光光度計 (CMS-35FS/C, 村上色彩) とフレキシブルセンサー (FS-3, 村上色彩) を用い, 黒色基準板および白色基準板上で測色した。測色は, 試片と各基準板との間に精製水を介するあるいは介さない状態で, 試片の中央付近を 3 回ずつ行い, その平均値を求め, L*, a*, b* 値および ΔE 値を算出した。

2. レジンセメントがセラミックスの色調に及ぼす影響

CAD/CAM レジンブロック (松風ブロック HC, LT-A1, LT-A2, LT-A3.5, 松風) をジグに対して垂直にスライスした後, スライス面が平坦となるよう, 耐水性 SiC ペーパー #2000 を用いて厚さ 2.0 mm まで調整した。この SiC ペーパー研削面を, アルミナ粒子 (50 μm) を用いて 10 mm の距離から垂直に, サンドブラスト処理 (0.2 MPa) を 5 秒間行い, 3 分間超音波洗浄したものをブロック試片とした。また, IPS e.max Press (HT インゴット, シェード A2, Ivoclar Vivadent) を, ロストワックス法により 10×10×1mm の大きさにプレスし, 通法に従って研磨したものをセラミックス試片とした。

ブロック試片のシェードと装着に用いるレジンセメントのシェードの組合せは以下の通りとした。

Block specimen	SI-R	VLE
LT-A1	L-Value, M-Value, H-Value	Neutral, Light, Light+
LT-A2	L-Value, M-Value, H-Value	Neutral, Light, Light+
LT-A3.5	L-Value, M-Value, H-Value	Neutral, Light, Light+

セラミックス試片を Monobond Etch&Prime (Ivoclar Vivadent) を用いて処理した後, 各レジンセメントの製造者指示条件でブロック試片に接着した。これを 37°C 精製水中に 24 時間保管した後, 高速分光光度計を用いて測色した。

【成績および考察】

いずれのレジンセメントにおいても, セメントの明度を変化させることで, 異なる色調のブロック試片に接着したセラミックス試片の明度を調整することが可能であったが, 明度変化の傾向はセメントによって異なるものであった。

【結論】

SI-R は背景色にかかわらず修復物の明度コントロールを簡便に行うことが可能であり, ラミネートベニアの装着時の審美性獲得に有効であることが示された。

着色した CAD/CAM 冠用レジンブロックのブラッシングによる色調変化

¹ 日本歯科大学新潟短期大学、² 日本歯科大学新潟生命歯学部保存学第 2 講座、

³ 日本歯科大学新潟病院総合診療科

○菊地ひとみ¹、佐藤治美¹、鈴木雅也²、加藤千景³、

宮崎晶子¹、筒井紀子¹、煤賀美緒¹、新海航一²

Effect of tooth brushing on color change of stained CAD / CAM resin blocks

¹The Nippon Dental University College at Niigata, ²Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata, ³Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University Niigata Hospital.

○Hitomi Kikuchi¹, Harumi Sato¹, Masaya Suzuki², Chikage Kato³,

Akiko Miyazaki¹, Noriko Tsutsui¹, Mio Susuga¹, Koichi Shinkai²

【目的】平成 26 年度より保険適用となった CAD/CAM 冠は、審美的要求の高い患者や金属アレルギーを持つ患者への治療など、臨床における有用性が期待されている。各メーカーからレジンブロックが開発されており、その特徴は様々であるが、一般的にレジン系材料は紅茶などの飲料によって着色することが知られている。今後のレジンブロックの普及拡大を考えると、飲食物による着色が審美的な問題を引き起こす可能性がある。このような外来性の着色に対し、患者自身のブラッシングによるセルフケアで修復物本来の色調を保つことができれば、患者の満足度の向上に寄与するものと考えられる。今回、紅茶によって着色した CAD/CAM 冠用レジンブロックを熱可塑性エラストマー樹脂 (TPE) とポリブチレンテレフタレート (PBT) 含有の刷毛を有する歯ブラシを用いてブラッシングし、ブラッシング前後の色調変化について検討した。

【材料と方法】1. 材料および歯ブラシ：CAD/CAM 冠用レジンブロックは、Cerasmart 270 A3【以下 CS と略す、GC】と Shofu Block HC A3【以下 SB と略す、松風】の 2 種類を使用した。歯ブラシは、PBT+TPE7mil (PT7)、PBT+TPE8mil (PT8)、PBT6mil (P6)、PBT7mil (P7) およびナイロンの刷毛を有する 5 種類 (デンタルプロ) を使用した。各材料のレジンブロックを厚さ 3 mm に切断した後、表面を #500、#1200 のシリコーンカーバイトペーパーで研磨し、各歯ブラシに対して 6 個ずつの試料を作製した (n=6)。2. 着色：紅茶液 (ピュア&シンプルティー、リプトン) 200ml 中に各試料を浸漬し、37℃恒温槽に保存した。3. ブラッシング：歯列模型 (500H-1、ニッシン) の上顎中切歯部に試料を装着し、刷掃試験機を用いてブラッシングを行った。試料面に対し歯ブラシ刷毛面が 90° に接するように調整し、定期的な注水下で刷掃した。刷掃条件は、刷掃速度 210/rpm、ブラシ圧 150gf、刷掃時間 3 分 05 秒とした。また、1 週間着色液中に浸漬した後にブラッシングを実施し、これを 3 回繰り返した。4. 測色：白色シートを背景とし、歯科用測色計 (シェードアイ NCC[®]、松風) を用いて、1 試料につき 3 か所 (上部中央、中央部、下部中央) を各 3 回測色して平均値を算出した。測色は、着色液浸漬前と各ブラッシング後に L*a*b* を測色し、着色液浸漬前と各ブラッシング後の色差値 (ΔE) を算出した。5. 統計分析：各 ΔE について、材料と歯ブラシを因子として二元配置分散分析を行い、Tukey の多重比較を用いて各因子の水準間の有意差を検定した (有意水準 0.05)。

【結果および考察】各ブラッシング後の ΔE を図に示す (Fig1-3)。二元配置分散分析の結果、3 回目のブラッシング後における色差値 (ΔE) は両因子に有意差を認めた (材料：p=0.0198、歯ブラシ：p=0.0278) が、両因子の相互作用は認めなかった (p=0.9920)。Tukey 検定の結果、歯ブラシ因子では PT7 と P6 の ΔE に有意差を認めた (p=0.0304)。PT7 は歯ブラシの刷毛面が平切りにカットされており、材料面にしっかりと当たっていたが、P6 は刷毛の先端が細くなっているため、材料面への接触面積が少なく、着色除去効果を十分に得られなかったものと推察された。また、刷毛の材質が異なったことも要因の一つとして考えられる。今後、歯ブラシで着色を除去するには、刷毛の形状及び材質の他に、刷毛のしなりの程度や接触面積を検討する必要があると思われる。

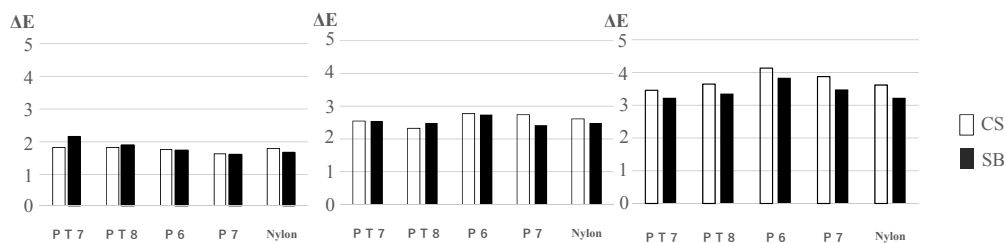


Fig. 1 ΔE after first brushing

Fig. 2 ΔE after second brushing

Fig. 3 ΔE after third brushing

紅茶への浸漬による CAD/CAM 用ハイブリッドレジンブロックの経時的な色調変化

¹ 日本歯科大学新潟短期大学、

² 日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第 2 講座、

³ 日本歯科大学新潟病院総合診療科

○佐藤治美¹ 菊地ひとみ¹ 鈴木雅也² 加藤千景³

土田智子¹ 元井志保¹ 新海航一²

Color change of hybrid resin blocks for CAD/CAM by dipping to tea

¹The Nippon Dental University College at Niigata

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

³Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University Niigata Hospital

○Harumi Sato¹, Hitomi Kikuchi¹, Masaya Suzuki², Chikage Kato³,

Satoko Tsuchida¹, Shiho Motoi¹, Koichi Shinkai²

【目 的】歯冠修復に用いる材料の色調安定性は、予後を大きく左右する要因の一つである。これまで我々は、光重合型コンポジットレジンにコーヒークリームに浸漬した場合、1 週後で統計学的有意な色調変化を認めたことを報告した (第 138 回日本歯科保存学会)。また、二ケイ酸リチウムガラスセラミックスを紅茶液に 3 週間浸漬した場合、表面が荒いほど経時的に色差値が有意に増加したことを報告した (第 22 回日本歯科色彩学会)。2014 年 4 月より、CAD/CAM システムを用いたハイブリッドレジンによる歯冠修復物への保険適応が認められ、臨床における有用性が期待されている。ハイブリッド型硬質レジン、セラミックスと比較して、技工操作だけでなく咬合調整などチェアサイドでの取り扱いも容易であり、エナメル質に近似した硬さのため対合歯を過度に摩耗させる危険性が少ないとされる。また、CAD/CAM 用ハイブリッドレジンにはフィラー粒径が小さく、コンポジットレジンよりも耐摩耗性や耐着色性に優れる。しかし、CAD/CAM 用ハイブリッドレジンブロックにより製作したジャケットクラウンを装着し予後観察を行った結果、一部に光沢の消失と着色を認めたという報告もある。そこで今回は、CAD/CAM 用ハイブリッドレジンブロックについて、紅茶への浸漬が色調に及ぼす影響について検討した。

【材料および方法】1. 試料：試料には、2 種類の CAD/CAM 用ハイブリッドレジンブロック (Cerasmart 270 A3、以下 CS と略す、GC、Shofu Block HC A3、以下 SB と略す、松風) を使用し、各ブロックを厚さ 3 mm に切断して 30 個の試験片を作製した。試料は、両面を耐水研磨紙 #1200 で研磨した。2. 紅茶液への浸漬：紅茶ティーバッグ (ピュア & シンプルティー, リプトン) 1 袋を 200 mL の熱湯に 1 分間入れて抽出した紅茶液を作製した。作製した紅茶液をビーカーに移し、試料表面がビーカー内面や他の試料と接触しないようポリエチレン・ポリエチレンの複合繊維製の袋に入れ、37℃ 恒温恒湿槽で 3 週間浸漬した。3. 測色：測色は白色シートを背景とし、歯科用測色計 (Shade eye NCC, 松風) を用いて行った。1 試料につき 3 カ所 (上部中央、中央部、下部中央) の測色値 (L*a*b*) を各 3 回ずつ計測して平均値を出し、浸漬前と比較した 1 週、2 週および 3 週後の色差値 (ΔE) を算出した。結果は、二元配置分散分析 (対応あり) を用い、有意水準 0.05 で統計学的解析を行った (エクセル統計 2010 for Windows, 社会情報サービス)。

【結果および考察】結果を図 1 に示す。浸漬前 - 3 週後の色差値 (ΔE) は、CS で 3.95、SB で 3.77 であり、どちらも浸漬前と比べて肉眼で確認できる程度の色調変化を認めた。浸漬期間と材料を因子とする二元配置分散分析の結果、色差値 (ΔE) は浸漬期間で有意差を認めた ($p < 0.001$) が、材料では有意差を認めなかった ($p = 0.074$)。また、両因子の交互作用は認めなかった ($p = 0.063$)。歯冠修復材料は、仕上げ研磨や表面処理による表面性状が長期的な色調に影響を及ぼすといわれている。今後、試料表面の性状を観察して、紅茶液による着色状態について検討を加える予定である。

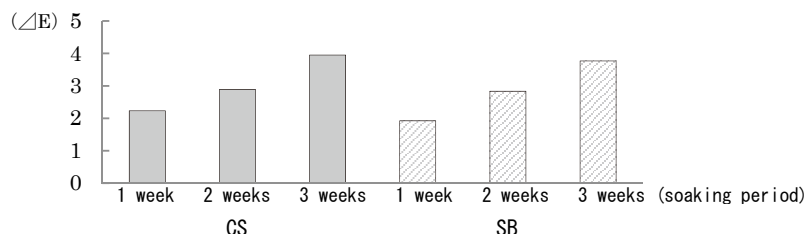


Fig 1 Color difference values

新規ホームホワイトニング剤の歯の漂白効果

¹ 日本歯科大学新潟病院総合診療科、² 日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第2講座、

³ 日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科 硬組織機能治療学

○海老原 隆¹、川嶋 里貴²、関 秀明¹、若木 卓¹、加藤 千景¹、

吉井 大貴³、佐藤 史明³、鈴木 雅也²、新海 航一^{1,3}

Effect of the new home whitening agent on tooth whitening

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

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

³Advanced Operative Dentistry- Endodontics, The Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry at Niigata

○EBIHARA Takashi¹, KAWASHIMA Satoki², SEKI Hideaki¹, WAKAKI Suguru¹, KATO Chikage¹, YOSHII Daiki³, SATO Fumiaki³, SUZUKI Masaya², SHINKAI Koichi^{1,3}

【緒 言】

この度、ジーシー社から新規ホームホワイトニング剤の「ティオン ホーム プラチナ」が発売された。この漂白剤はジェルの親水性を高めることにより、漂白に有効な成分が歯表面に浸透しやすく、マウストレーからも流出しにくいとされる。また、ジーシー社から発売されている「ルシエロ 歯磨きペースト ホワイト」は、硬度が低い炭酸カルシウムを清掃材として配合し、かつ弱アルカリ性に調整されている。弱アルカリ性にすることでステイン中のタンパクを加水分解し、ステインを除去しやすくするという。したがって、この歯磨剤を用いたホワイトニング中のブラッシングは、漂白されたエナメル質表面を侵襲せずに着色性微粒子の付着を妨げ、ホワイトニング効果を補助することが期待される。本研究の目的は、ホームホワイトニング中に「ルシエロ 歯磨きペースト ホワイト」を用いたブラッシングを行い、新規ホームホワイトニング剤の歯の漂白効果を臨床的に評価検討することである。

【材料と方法】

漂白剤としてティオンホームプラチナ（ジーシー）、歯磨きペーストとしてルシエロ ホワイト（ジーシー）、ルシエロ マスデント F（ジーシー）、歯ブラシとしてルシエロ 歯ブラシ W-10（ジーシー）を用いた。被験者は、本研究についてインフォームド・コンセントを行い、承諾が得られた日本歯科大学新潟生命歯学部の学部学生と新潟生命歯学研究科の大学院生を研究対象者とした（合計 40 名）。なお、本研究は日本歯科大学新潟生命歯学部倫理審査委員会の承認を得て行った（許可番号：ECNG-R-310）。実験群は 4 群（規制—ルシエロ ホワイト使用群：RW、規制—ルシエロ マスデント F 使用群：RM、自由—ルシエロ ホワイト使用群：FW、自由—ルシエロ マスデント F 使用群：FM）を設定し、各実験群に 10 名ずつ割り当てた。ホワイトニング中、RW は着色性食品摂取と喫煙を禁止し、「ルシエロ ホワイト」を使用してブラッシングを行った。RM は着色性食品摂取と喫煙を禁止し、「ルシエロ マスデント F」を使用してブラッシングを行った。FW は着色性食品摂取と喫煙を禁止せず、「ルシエロ ホワイト」を使用してブラッシングを行った。FM は着色性食品摂取と喫煙を禁止せず、「ルシエロ マスデント F」を使用してブラッシングを行った。ホームホワイトニングはティオンホームプラチナを用い、メーカー指示に従って 2 週間実施した。歯の測色は、上顎前歯に対しホワイトニング前とホワイトニング終了時にクリスタルアイ（オリンパス）を用いて行った。 $L^*a^*b^*$ の測色値からホワイトニング前とホワイトニング終了時の色差値 ΔE を算出した。漂白前診査で最も明度の低かった #13 の ΔE のデータについて、二元配置分散分析（主因子 a：着色性食品摂取と喫煙に対する制限、主因子 b：歯磨きペーストの種類）を用いて各因子がホームホワイトニングの漂白効果に及ぼす影響を統計学的に検討した（有意水準 5%）。

【結果と考察】

各実験群における #13 の ΔE の平均値は、RW：8.045、RM：7.299、FW：7.113 および FM：9.338 であった。すべての実験群において ΔE は 7 以上を示し、 L^* 値も増加したことから、新規ホームホワイトニングによる顕著な歯の色調改善が明らかとなった。これまで、10%過酸化尿素を用いたホームホワイトニングの漂白効果は、 ΔE が 4 程度と報告されているので、「ティオン ホーム プラチナ」は従来製品よりもかなり漂白効果が大きいといえる。二元配置分散分析の結果、主因子 a は $p=0.612$ 、主因子 b は $p=0.498$ 、因子間の作用効果は $p=0.178$ であり、いずれも有意ではなかったことから、着色性食品摂取と喫煙に対する制限と歯磨きペーストの種類はホームホワイトニング効果に有意な影響を及ぼさなかったことが明らかとなった。したがって、ティオン ホーム プラチナを用いたホームホワイトニングと、ルシエロ歯磨きペーストを用いた漂白期間中のブラッシングは、顕著な歯の漂白効果を示すことが臨床的に明らかとなった。

ヒト唾液中での揮発性硫黄化合物吸着セラミックス材料の Zn 溶出量

¹⁾ 朝日大学歯学部歯科保存学分野歯冠修復学 ²⁾ さくデンタルクリニック
³⁾ 朝日大学歯学部口腔生化学分野 ⁴⁾ 大阪市立大学大学院工学部材料物性工学分野
 ○ ¹⁾ 尾池和樹, ¹⁾ 井殿泰鳳, ¹⁾ 越智葉子, ²⁾ 作 誠太郎, ³⁾ 川木晴美, ⁴⁾ 横川善之, ¹⁾ 堀田正人

Released Amount of Zinc from Volatile Sulfur Compound Adsorbents (ZnHDT) in Sterilized Human Saliva

¹⁾ Department of Operative Dentistry, Asahi University School of Dentistry, ²⁾ Saku Dental Clinic

³⁾ Department of Oral Biochemistry, Asahi University School of Dentistry

⁴⁾ Department of Mechanical & Physical Engineering, Graduate School of Engineering Osaka City University

○ ¹⁾ OIKE Kazuki, ¹⁾ IDONO Taiho, ¹⁾ OTI Yoko, ²⁾ SAKU Seitarou, ³⁾ KAWAKI Harumi,

⁴⁾ YOKOGAWA Yoshiyuki, ¹⁾ HOTTA Masato

[緒 言]

Mg を Zn に置換した ZnHDT ($[\text{Zn}^{2+}_{1-x}\text{Al}^{3+}_x(\text{OH})_2]\text{CO}_3^{2-x/2} \cdot n\text{H}_2\text{O}$) は口腔内に近い条件下において吸着能に優れたセラミックス多孔体である。以前、我々は偏性嫌気性菌の歯周病関連菌を用いて、供試菌培養下における H_2S 濃度をガスクロマトグラフで測定し、 H_2S 産生量を抑制する効果と供試菌に対する増殖度から ZnHDT に抗菌作用を有することを明らかにした。また、臨床应用到有用であるかどうか、マウスピース材料の EVA シートに ZnHDT を 40wt% 含有させたマウスガードを作製し、口腔内に 2 時間装着し、ヒトの口臭抑制効果を示すかどうか臨床試験を行った結果、被験者 13 名中 12 名がマウスガード装着 2 時間後に H_2S 濃度が低下しており、マウスガード装着前後で有意差を認めた。そこで、今回 ZnHDT と EVA 樹脂シートに ZnHDT を 40wt% 含有させたものからヒト唾液中に溶出する Zn の溶出量を測定した。

[材料および方法]

使用した ZnHDT は $\text{Zn}_4\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (141105, 堺化学工業) と、この ZnHDT を EVA 樹脂 (エチレン・ビニール・アセテート, 融点 90°) に 40wt% 添加して練りこんだシート (10 mm × 10 mm × 1.75 mm, 堺化学工業) を用いた。ヒト唾液はパラフィン刺激混合唾液を 12,000 g で 20 分間、遠心し、上清を 60°C で 20 分間、加熱処理した。さらに、 $0.45 \mu\text{m}$ のフィルターで濾過したものを使用した (朝日大学歯学部倫理委員会承認番号 28004 号)。コントロールとして Milli-Q 水を用いた。ヒト唾液中に溶出する Zn の測定には ZnHDT 粉末 1g と 40wt% ZnHDT 含有 EVA シート 20 枚の試料をヒト唾液または Milli-Q 水 150mL に浸漬し、 37°C で攪拌し、1, 3, 6 時間後の Zn 溶出量を測定した。測定には高周波プラズマ発光分析装置 (ICPS-8100CL, 島津製作所) を用いた。

[結 果]

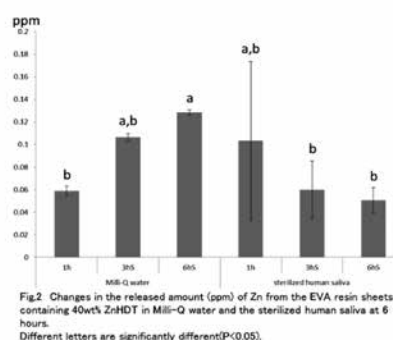
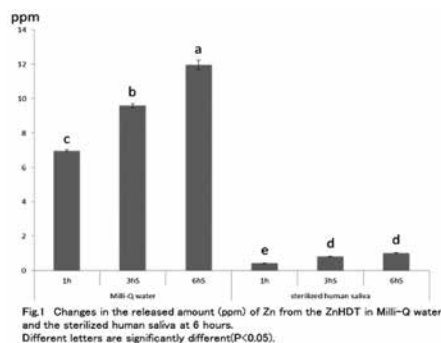


Fig. 1 に ZnHDT 粉末を Milli-Q 水とヒト唾液に浸漬した場合の Zn 溶出量を示す。Milli-Q 水とヒト唾液に浸漬すると経時的に Zn 溶出量は増加したが、Milli-Q 水に比べてヒト唾液では著しく少なかった。Fig. 2 に ZnHDT 粉末を 40wt% 添加した EVA 樹脂シートを Milli-Q 水とヒト唾液に浸漬した場合の Zn 溶出量を示す。Zn 溶出量は Milli-Q 水とヒト唾液に浸漬しても ZnHDT 粉末に比べると非常に少なく、Milli-Q 水では経時的に増加したが、ヒト唾液では浸漬 1, 3, 6 時間後で変化はなかった。

[考察およびまとめ]

ZnHDT 粉末をヒト唾液に浸漬した場合、Milli-Q 水に比べて Zn 溶出量は少なくなり、ZnHDT 粉末を EVA 樹脂シートに混入するとさらに、溶出量は少なくなった。今後、歯周病関連菌に対する Zn の抗菌性について Zn の量との関係について詳細に検討したいと考えている。

自己接着型多種イオン徐放性直接覆髄材のイオン徐放量と pH に関する研究

¹ 日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科 硬組織機能治療学² 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座○佐藤史明¹、川嶋里貴²、新海航一^{1,2}

Study on sustained release ion amount and pH of prototype self-adhesive pulp capping material contained multi-ion releasing fillers

¹Advanced Operative Dentistry-Endodontics, The Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry at Niigata²Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata○SATO Fumiaki¹, KAWASHIMA Satoki², SHINKAI Koichi^{1,2}

【研究目的】当講座では、多種イオン徐放性フィラー（S-PRG フィラー）含有アドヒーズプレジンをを用いた直接覆髄法について検討を重ねている。今回、操作ステップの簡略化を図るべく S-PRG フィラー含有量の異なる自己接着型直接覆髄材（Self-adhesive resin for direct-pulp-capping：以下 SRD）を7種類試作した。各試作 SRD の直接覆髄材としての材料学的性能を評価する目的で、各浸漬期間における各種徐放イオンのピーク値と pH を測定した。

【材料および方法】**材料**：S-PRG フィラー含有率の異なる各試作 SRD（松風）をカバーガラス上に静置したリング（内径 15mm、厚さ 1mm）の中に注入し、その上を他のカバーガラスで被覆した。技工用光重合器（Solidilite V、松風）を用いて3分間ずつ光照射して各試作 SRD を重合し、円板状の測定用試料を作製した（n=40）。実験群は S-PRG フィラー含有率（0、10、20、30、40、50 および 60wt%）に応じ、各々 SRD-0（コントロール）、SRD-10、SRD-20、SRD-30、SRD-40、SRD-50 および SRD-60 の7つを設定した。**イオン濃度測定**：円板状試料は1個ずつ蒸留水中に浸漬し、14日間または28日間保管した。各期間浸漬後、Na、B、Al、Si および Sr イオン徐放量は ICP 発光分光分析装置（SHIMADZU）を用いて浸漬液中の各イオンのピーク値を一括して計測した（n=10）。また、F イオン徐放量は Orion Dual Star pH/イオンメーター（Thermo SCIENTIFIC）を用いて浸漬液中の F イオンのピーク値を単独で計測した（n=10）。**pH 測定**：pH メーター（LAQUAtwin、typeB、HORIBA）を用いて、各試作 SRD 重合前のペーストの pH を測定した。**統計分析**：各イオン徐放量の測定結果については、二元配置分散分析を用いて S-PRG フィラー含有率と浸漬期間が試作 SRD のイオン徐放量に与える影響を統計学的に検定後、実験群間の統計学的有意差は、Dunnett 検定を用いて検定した（p<0.05）。

【結果と考察】測定データを下表に示す。二元配置分散分析の結果、B、Sr および F イオンに関しては、S-PRG フィラー含有率と浸漬期間は試作 SRD のイオン徐放量に有意な影響を与え、S-PRG フィラー含有率が高いほど、浸漬期間が長いほどイオン徐放量が多いことが明らかとなった。一方、Na、と Si イオンに関しては、S-PRG フィラー含有率と浸漬期間は試作 SRD のイオン徐放量に有意な影響を与えたものの、S-PRG フィラー含有率増加によるイオン徐放量の増加傾向はみられず、Si イオンはむしろ減少傾向を示した。SRD-0 の B、Sr、F および Al イオンは両方の浸漬期間において近似したイオン徐放量を示した。pH の測定結果は、SRD-0 が最も低い pH を示した。

Soaking period	Ion	The amount of sustained release of ions in each experimental group (ppm)						
		SRD-0	SRD-10	SRD-20	SRD-30	SRD-40	SRD-50	SRD-60
2 weeks	Na	45.66±1.61	16.63±0.34	13.09±0.61	11.51±0.52	11.17±0.38	11.88±0.28	13.45±0.33
	B	0	40.86±1.27	67.59±4.15	97.34±6.2	123.55±6.33	148.83±5.12	179.4±4.48
	Al	0.74±0.31	0.02±0.03	0.02±0.02	0.04±0.02	0.07±0.01	0.1±0.02	0.18±0.03
	Si	13.64±0.36	18.93±0.8	18.35±0.78	16.71±0.58	13.58±0.8	12.15±0.29	11.52±0.42
	Sr	0	0.58±0.16	4.6±0.5	8.53±0.6	11.62±0.31	14.11±0.71	16.39±0.69
	F	0.04	4.63±0.09	4.81±0.12	5.46±0.23	6.2±0.23	7.23±0.16	8.89±0.36
4 weeks	Na	57.4±2.79	20.25±0.39	15.96±0.94	14.33±0.31	14.03±0.36	15.01±0.5	16.54±0.62
	B	0.04±0.02	48.76±1.88	76.89±5.35	108.85±4.95	141.29±4.43	176.44±6.38	202.63±11.64
	Al	1.71±0.91	0.12±0.02	0.13±0.02	0.16±0.03	0.19±0.03	0.26±0.03	0.32±0.03
	Si	21.48±1.08	31.09±0.74	28.91±1.25	25.21±0.77	20.26±0.84	18.45±0.54	16.93±0.63
	Sr	0.14±0.08	1.32±0.36	6.26±0.78	11.04±0.46	14.7±0.99	17.12±0.7	18.88±0.77
	F	0.05±0.01	6.34±0.15	6.4±0.17	7.18±0.22	8.2±0.17	9.3±0.31	11.33±0.33

亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントに対する *Streptococcus mutans* 初期付着性

鹿児島大学学術研究院 医歯学域歯学系 歯科保存学分野

○勝俣 環, 根本 章, 高 裕子, 西谷登美子, 丁 群展, 永山祥子, 勝俣愛一郎, 星加知宏, 西谷佳浩

The initial adhesion of *Streptococcus mutans* to glass ionomer cement containing zinc glass

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Research Field in Dentistry,
Medical and Dental Sciences Area, Research and Education Assembly, Kagoshima University

○KATSUMATA Tamaki, NEMOTO Akira, TAKASHI Yuko, NISHITANI Tomiko, TING Chun-Chan,
NAGAYAMA Shoko, KATSUMATA Aiichiro, HOSHIKA Tomohiro, NISHITANI Yoshihiro

【研究目的】

近年, 高齢者の残存歯数の増加に伴い, 高齢者のう蝕有病者率は過去最高となり, 歯肉退縮による根面象牙質の露出に伴う根面う蝕への対応が課題となっている。う蝕の成立は, う蝕原生細菌の歯面への付着に始まり, バイオフィルム形成と密接な関連性がある。亜鉛, フッ素, カルシウム, ケイ素を含有している亜鉛ガラスは, 抗菌性と歯質脱灰抑制効果についての報告がなされており, う蝕リスクが高いとされる露出象牙質に対する充填材料への応用が期待されている。

本研究では, 代表的う蝕原生細菌である *Streptococcus mutans* の初期付着に及ぼす亜鉛ガラスの影響について, 亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメント (ZIF-C10, GC) と FujiVII (GC) を用いて, 各材料に付着した *S. mutans* のコロニー数 (CFU 値) を測定することで比較検討した。

【材料及び方法】

各材料を用いて作製したディスク試料 (直径 7.0mm, 厚さ 2.0mm) を, 湿度 90% 以上の恒湿器内に 24 時間保管し, #1200 耐水研磨紙にて研磨後, 蒸留水中に 24 時間保管した。鹿児島大学倫理委員会の承認 (第 180036 疫) のもと, 被験者 1 名から採取した安静時唾液を PBS 溶液 (8.1mM Na₂HPO₄, 1.5mM KH₂PO₄, 137mM NaCl, 2.7mM KCl) にて 2 倍に希釈, フィルターにて無菌化後, 各ディスク試料を唾液に温度 4℃ の条件下にて 24 時間浸漬し, ペリクル付着モデルを作製した。ディスク試料を PBS 溶液にて洗浄後 *S. mutans* (UA159) の細菌懸濁液 (1×10⁷ 個/500μl) に浸漬し, 温度 37℃ 嫌気的条件下にて 1 時間静置した。その後, ディスク試料を PBS 溶液にて洗浄後, 付着した菌を Trypsin 溶液 (100μg/ml) にて剥離して, 懸濁液を PBS 溶液にて希釈後, TSA 培地に播種し, 温度 37℃ 嫌気的条件下にて 2 日間培養した。その後 CFU 値を測定し, t 検定により有意水準 5% にて統計学的分析を行い, 比較検討をした (n=5)。また, 作製した研磨後のセメントディスク試料の表面性状を走査電子顕微鏡 (SEM) にて観察した。

【結果】

ディスク試料に付着した *S. mutans* の CFU 値は, FujiVII では 4550±1038, ZIF-C10 では 2050±1313 であり, ZIF-C10 の CFU 値は FujiVII よりも有意に低かった。ディスク試料の SEM 像では, FujiVII と ZIF-C10 の間で形態的に明確な差はなかった。

【考察および結論】

今回 FujiVII と ZIF-C10 にて作製したディスク試料は, 形態的に明確な差は見られなかったにも関わらず, ZIF-C10 では *S. mutans* の付着菌量が有意に減少した。このことから, 亜鉛ガラスから溶出した亜鉛イオンが *S. mutans* の歯面付着抑制へ寄与したと考えられ, 亜鉛ガラス含有グラスアイオノマーセメントでは *S. mutans* の初期付着は阻害されることが示唆された。

紫外線を用いない酸化チタン光触媒作用における口腔内細菌の殺菌効果

日本大学松戸歯学部 口腔健康科学講座¹⁾ 保存修復学²⁾ 歯内療法学³⁾

○大森寛子¹⁾, 小峯千明¹⁾, 小倉由希¹⁾, 鈴木麻友¹⁾, 小西賀美¹⁾, 淵上真奈¹⁾, 続橋治¹⁾, 深津晶¹⁾
岩井啓寿²⁾, 平山聡司²⁾, 高橋知多香³⁾, 辻本恭久³⁾

Bactericidal effect of oral bacteria on titanium oxide photocatalysis without ultraviolet light

Nihon University School of Dentistry at Matsudo, Department of Oral Health Science¹⁾, Operative Dentistry²⁾, Endodontics³⁾

○Hiroko Omori¹⁾, Chiaki Komine¹⁾, Yuki Ogura¹⁾, Mayu Suzuki¹⁾, Mana Fuchigami¹⁾, Osamu Tsudukibashi¹⁾, Akira Fukatsu¹⁾
Hirotoshi Iwai²⁾, Satoshi Hirayama²⁾, Chitaka Takahashi³⁾, Yasuhisa Tsujimoto³⁾

【目的】 酸化チタン (TiO₂) の光触媒抗菌作用に着目した製品開発が盛んになっている。TiO₂による殺 (抗)菌作用は、光励起したときに発生する活性酸素種 (ROS)によるものとして周知されている。しかしそのほとんどの TiO₂は紫外線領域を励起波長とするアナターゼ型であり、口腔内で歯科臨床に応用する事は困難である。一方、我々はルチル型 TiO₂に対して、可視光線領域である 405 nm LED 照射することで安全かつ効率的に一重項酸素 (¹O₂)を発生させる事を報告しており、TiO₂を用いた光線力学殺菌は安全な手段として期待している。しかしながら、様々な分野で TiO₂を用いた殺 (抗)菌作用に関する報告は多数あるが、発生する ROS の観点から根拠に基づく考察は得られていない現状である。そこで本研究は、ルチル型 TiO₂に 405 nm LED を照射し発生する ¹O₂を定量化し、口腔内細菌に対する殺菌効果との相関関係について検討を行った。

【材料および方法】 光触媒として用いた TiO₂ (ルチル型、粒子径 5 μm, Wako) を生理食塩水に 4.0 mg/mL とするよう調整し用いた。励起光として 405 nm LED 照射器 (480 mW/cm², モリタ製作所)を用いた。また *Exp.1)*, *Exp.2)*ともに実験群は、control, LED および光触媒群の 3 群を実験に用いた。

Exp.1) 光触媒作用により発生した ¹O₂ 量の測定

発生した ¹O₂は、電子スピン共鳴 (ESR)を用いた Spin trapping 法を用いて行った。Spin trapping 剤は ¹O₂を特異的に捕捉する 2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidone-N-oxyl (4-oxo-TEMP, Wako)を用いた。照射時間は、1-5 分とした。

Exp.2) 各種口腔内細菌の殺菌効果

G⁺菌として *Streptococcus mutans* (JCM5705)および *Enterococcus faecalis* (JCM5803)を使用し、G⁻菌として *Porphyromonas gingivalis* (ATCC33277), *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (ATCC33384)および *Tannerella forsythia* (JCM10827)を使用した。各菌種は通法に従い培養し、*Exp.1)*と同条件で ¹O₂に暴露させた後、colony formation unit (CFU)を測定し、殺菌率を求めた。

【結果および考察】

Exp.1) 光触媒作用により発生した ¹O₂ 量の測定 : ¹O₂に特異的な spin trapping 剤である 4-oxo-TEMP を用い反応した 4-oxo-TEMPO の spin adduct を ESR により測定する事で定量した。control および LED 群では、4-oxo-TEMPO を示す spin adduct は認めなかった。一方、光触媒群では、4-oxo-TEMPO signal を示す 1:1:1 の triplet signal (超微細結合定数 a_N=1.608 mT, g 値=2.0055)の spin adduct が得られ、照射時間依存的に増加した。つまり、1 分間照射で約 15.6 μM, 2分間照射で約 33.1 μM, 3分間照射で約 42 μM の ¹O₂の発生を確認し、照射時間と ¹O₂発生量には強い正の相関関係を認めた (R²=0.98, y=14.278x-12.94)。

Exp.2) 各種口腔内細菌の殺菌効果 : G⁺菌は 3 分以降の光照射で菌数の減少を認めたが、殺菌あるいは抗菌効果は認めなかった。一方、G⁻菌では 3 分照射において LED 群および光触媒群で 3 菌種ともに菌数の減少を認め、特に *P. gingivalis* や *T. forsythia* の LED 群や 3 菌種ともに光触媒作用では 99.999%以上の高い殺菌効果を認めた。

以上のことから、照射 3 分すなわち ¹O₂が約 42 μM 発生する事で G⁺菌では殺菌効果を認めなかったが、G⁻菌では殺菌効果を認めた。両者の殺菌効果の相違は、細菌細胞表層構造の違いに大きな原因があると考えられる。また LED 群においても殺菌効果を認めている原因を、*P. gingivalis* に関して自身が産生するポルフィリンが光感受性物質として反応すること、また、その他の菌に関しては、青色光により惹起される酸化ストレスに焦点を絞って検討をしている。

BioUnion フィラー含有グラスアイオノマーセメントの溶出イオンによる抗菌性

株式会社ジーシー
○吉満亮介, 熊谷知弘

Antibacterial properties of released ions from glass ionomer cement containing BioUnion filler

GC Corporation, Tokyo, Japan
○Ryosuke Yoshimitsu, Tomohiro Kumagai

【研究目的】

根面う蝕は予防の難しさ、進行の速さなどから臨床現場で大きな問題となっており、抗菌、脱灰抑制、再石灰化等の効果を有する材料が求められている。そこで当社では新規機能性フィラーとして亜鉛、フッ素、カルシウムを含有する BioUnion フィラー、さらに BioUnion フィラーを用いたグラスアイオノマーセメント (ZIF-C10)を開発した。ZIF-C10 は亜鉛、フッ化物、カルシウムイオンを溶出する。本研究では ZIF-C10 から溶出したイオンによる抗菌性について検証した。

【材料および方法】

材料

ZIF-C10 に加え、比較対象としてフッ素イオンを溶出するフジ IXGP エクストラ (FEX ; ジーシー)を使用した。

試験方法

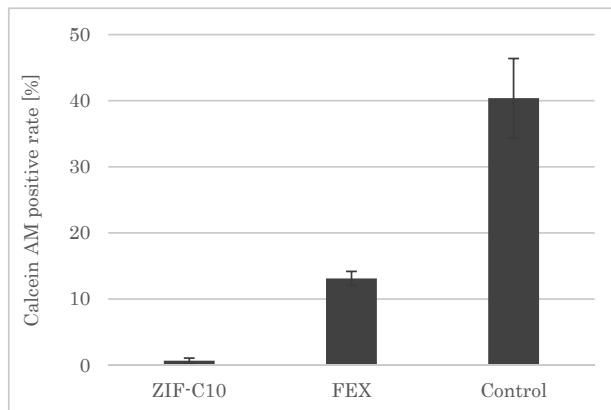
直径 10mm, 厚さ 2mm のアクリル型に練和物を充填し, 37℃, 相対湿度 90%以上に維持された恒温恒湿器内に 1 時間静置し, 硬化体を作製した。1/10 濃度の Brain Heart Infusion(BHI)培地中に硬化体を 24 時間浸漬後, 硬化体を除去し, 抽出液を作製した。この抽出液に *S.mutans* 菌(7×10^6 cfu/mL)およびスクロース添加し, 2mL ずつガラスベースディッシュへ播種した (コントロール: 1/10 濃度 BHI 培地)。37℃, 24 時間嫌気培養後に Calcein AM および EthD-III によって染色し, 蛍光顕微鏡にて観察した。得られた画像から Calcein AM 陽性比率を Image J を用いて解析した。

【結果および考察】

ZIF-C10, FEX 抽出液によって培養した結果, 生菌を示す Calcein AM 陽性率が少ないことを示した。さらに ZIF-C10 は FEX より少ないことを示した。フッ化物イオンおよび亜鉛イオンは *S.mutans* 菌に対して抗菌性を有していること、*S.mutans* 菌によるグルコシルトランスフェラーゼの産生を阻害することが報告されている。したがって、フッ化物イオン、亜鉛イオンを溶出する ZIF-C10 は Calcein AM 陽性率が低かったと考える。

【結論】

BioUnion フィラー含有グラスアイオノマーセメント ZIF-C10 はフッ化物、亜鉛イオンを溶出し、高い菌付着抑制効果を有していることが示唆された。



外傷による歯冠部の亀裂に対する歯面処理法の検討 (第2報)

¹奥羽大学歯学部歯科保存学講座保存修復学分野

²奥羽大学歯学部歯科保存学講座歯内療法学分野

○山田嘉重¹, 木村裕一², 菊井徹哉¹

Investigation of tooth surface treatments for crown infraction by traumatic injury (2nd report)

¹Division of Operative Dentistry, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry

²Division of Endodontics, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry

OYAMADA Yoshishige¹, KIMURA Yuichi², KIKUI Tetsuya¹

【緒言】

外傷受傷後に歯冠部歯質に亀裂が生じる場合がある。通常自覚症状がなければ経過観察と言われているが、亀裂を放置しておくと亀裂の間隙からの細菌感染による歯髄疾患が生じる可能性があり、外傷由来の歯冠部の亀裂に対しては亀裂部の封鎖処置が必要と考えられる。第146回歯科保存学会において人工的に亀裂を形成したヒト抜去歯に対していくつかの歯面処理法を検討した結果スーパーボンドを代表とするMMA系レジンセメントによる亀裂部の封鎖が効果的であることを報告した。本研究結果では、亀裂部をスーパーボンドにて封鎖する場合、どのような方法が最も効果的に亀裂部に浸透するかを検討した。

【材料および実験方法】

歯周病等の理由にて抜去された15本のヒト抜去中切歯を用いて(奥羽大学倫理審査委員会承認番号:第148号)、事前に歯面を清掃した後歯冠部にマイセルとマレットを用いて歯冠切縁側と平行方向に人工的に亀裂を起こさせた。亀裂作成後、亀裂表面にスーパーボンドを以下にあげる幾つかの方法を用いて各グループ5本ずつ試料を作製した。

(1) ティースプライマーを亀裂部に塗布後、乾燥を行い従来の筆積法にて亀裂部を封鎖、(2) ティースプライマーを亀裂部に塗布後、乾燥を行い活性化液(モノマー液とキャタリストの混合液)で浸透させた後、筆積法にて亀裂部を封鎖、(3) ティースプライマーを亀裂部に塗布乾燥後、混和法にて亀裂部を封鎖。すべての試料の亀裂部の封鎖が終了後、それぞれの試料において亀裂部へのスーパーボンドの浸透性を確認するため、試料を横断にて切断し切断面を走査型電子顕微鏡にて観察した。

【結果】

走査型電子顕微鏡観察の結果、最初に活性化液を浸透させてから筆積法を行ったグループが最も高い亀裂部の浸透性を示し、次いで混和法による封鎖のグループが良好な浸透性を示した。従来の筆積法のみで封鎖を行ったグループでは他の封鎖法に比べてスーパーボンドの浸透性が劣る傾向を示したが、その差は顕著ではなく、明確に差を生じてはいなかった。

【考察】

MMA系であるスーパーボンドはコンポジットレジンやボンディング材より分子量が小さく亀裂部の深部まで浸透することが以前の研究で確認されている。今回はそのスーパーボンドについて歯面への処理法や塗布法の違いでスーパーボンドの浸透性に差異が生じるかを検討した。結果としては顕著な違いは認められなかったもののスーパーボンドの活性化液を先に亀裂部に浸透させる方法が他の方法と比較して亀裂の封鎖性が最も高い結果となった。その理由としてMMAとTBBを主体とする活性化液の状態に比べ、混和法や筆積法で亀裂部を封鎖する状態のセメントではPMMAポリマーを配合している。そのような状態ではセメントの粘度が高くなり、結果として活性化液だけの状態より亀裂部への浸透性がよくなかったものと推察される。そのため亀裂が細かい場合においては活性化液を先に亀裂部に塗布してからスーパーボンドで封鎖するほうが浸透性においては有利であると思われる。しかしそのような封鎖法では、亀裂部の深部はMMAモノマーとTBBが主体となった硬化体であるので、MMAポリマーと混合されたレジンセメントの状態に比べ、レジンセメントの劣化などが早まることが危惧される。また亀裂表面においても粉と液の混和が十分になされていない点も考慮しなければならない。そのためこれらの方法で亀裂部を封鎖した状態の長期予後についても今後検討していく必要があると考えられる。

S-PRG フィラー含有コンポジットレジン研磨ペーストの 歯質脱灰抑制および再石灰化効果

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○須田駿一, 黒川弘康, 杉村留奈, 高橋奈央, 飯野正義, 松吉佐季, 宮崎真至, 佐藤幹武

Effect of S-PRG filler containing resin composite polishing paste on demineralization and remineralization of enamel and dentin

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○SUDA Shunichi, KUROKAWA Hiroyasu, SUGIMURA Runa, TAKAHASHI Nao, IINO Masayoshi,
MATSUYOSHI Saki, MIYAZAKI Masashi, SATO Mikitake

【研究目的】

コンポジットレジンに対する形態修正や研磨は、審美性獲得のためにも重要な操作である。一方、狭小かつ複雑な窩洞では、これらの操作で窩洞周囲の歯質を損傷し、ひいては二次齲蝕のリスクが増加することが懸念される。このような臨床的背景のもと、バイオアクティブな性質を有するコンポジットレジン研磨ペーストが開発された。そこで、S-PRG フィラー含有コンポジットレジン研磨ペーストが、研削された歯質の脱灰抑制ならびに再石灰化に及ぼす影響について、超音波透過法を用いて検討した。

【材料および方法】

S-PRG フィラー含有コンポジットレジン研磨ペーストとして PRG コンボグロス (以後、PRG, 松風) を、対照として S-PRG フィラー未含有研磨ペーストであるダイレクトダイヤモンドペースト (以後、DDP, 松風) を用いた。

1. 試片の調整

ウシ抜去下顎前歯の唇側面中央付近のエナメル質および象牙質をブロックとして切り出した。次いで、形態修正用ダイヤモンドポイントおよび研磨用ポイントによる歯質の研削を想定して、耐水性 SiC#ペーパー# 600 および# 2,000 を用いて露出面が平坦となるよう、4×4×2 mm に調整したものを、エナメル質および象牙質試片とした。

2. 試片の保管条件

エナメル質および象牙質試片の側面および底面をワックスで被覆した後、以下に示す各条件に保管した。

1) コントロール群: 試片を実験期間中 1 日 2 回、0.1 M 乳酸緩衝液 (pH 4.75) に 10 分間浸漬した後、37°C の人工唾液中に保管

2) ペースト研磨群: 露出させた SiC ペーパー研削面に対して、荷重 0.5 N, マイクロモーターの回転数を無荷重の状態 で 10,000 rpm とし、スーパースナップパフディスクと各研磨用ペーストを用いて 30 秒間研磨を行なった。これらの試片を実験期間中 1 日 2 回、0.1 M 乳酸緩衝液に 10 分間浸漬した後、37°C の人工唾液中に保管

3. 超音波測定

超音波測定装置を用いて、各条件で保管した試片を透過する超音波の伝搬時間を計測し、試片の厚さとの関係から超音波縦波音速を求めるとともに、理論式から弾性率を算出した。なお、測定時期としては、実験開始前および開始 7, 14, 21 および 28 日後とした。

4. レーザー顕微鏡 (LSM) 観察

試片表面の観察は、形状解析 LSM (VK-9710, キーエンス) を用いて行った。また、付属のソフトウェアを用いて表面粗さ (Ra, μm) を求めた。

【成績および考察】

コントロール群および DDP 研磨群の縦波音速は、実験期間の経過に伴って低下した。一方、PRG 研磨群では、エナメル質試片では実験期間の経過に伴って音速が上昇したのに対し、象牙質試片では音速の変化は認められなかった。硬組織中を伝搬する音速の変化は、歯質の石灰化の程度と相関があり、無機成分の増加に伴って上昇する。したがって、PRG による研磨は、研削されたエナメル質の再石灰化を促進するとともに、象牙質の脱灰抑制効果を発揮した可能性が示された。

【結論】

S-PRG フィラー含有コンポジットレジン研磨ペーストは、コンポジットレジンの形態修正あるいは研磨時に研削された歯質の再石灰化ならびに脱灰抑制効果を有することが示された。

半導体レーザーと光感受性色素の組合せが一重項酸素の発生量に及ぼす影響

¹ 日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科 硬組織機能治療学

² 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座

³ 日本歯科大学新潟生命歯学部 微生物学講座

○吉井大貴¹、新海航一^{1,2}、葛城啓彰³

Effect of various combinations of semi-diode lasers and photosensitizers on the abundance of singlet oxygen

¹Advanced Operative Dentistry・Endodontics, The Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry at Niigata

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

³Department of Microbiology, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

○YOSHII Daiki¹, SHINKAI Koichi^{1,2}, KATSURAGI Hiroaki³

【研究目的】 現在、感染象牙質の識別法として齶蝕検知液による染色を主として応用しているが、この識別法を用いても感染象牙質の完全除去は困難であり、象牙細管内に細菌が残存することが多いといわれている。また、露髄が懸念される深在性齶蝕では暫間の間接覆髄法が適応されるが、術式が煩雑で待機期間も長い。抗菌的光線力学療法 (antimicrobial Photo Dynamic Therapy、以下 aPDT) は現在、歯周病や根管治療、インプラント周囲炎などに応用されており、その研究報告も多いが、感染象牙質に対する aPDT の殺菌効果を検討した報告は数少ない。そこで当講座では、aPDT の齶蝕治療への応用を検討している。aPDT の殺菌効果は一重項酸素によるものとされているが、aPDT における一重項酸素の発生量を検討した研究はこれまでにほとんど報告されていない。本研究の目的は、波長の異なる 2 種類の半導体レーザーと 2 種類の光感受性色素 (photosensitizer、以下 PS) を組合せた aPDT を行なって発生直後の一重項酸素量を測定し、各々の組合せが一重項酸素の発生量に及ぼす影響を比較検討することである。

【材料および方法】 使用した半導体レーザーは波長 940nm の eZlase940 (以下 940laser、Biolase) と波長 650nm の Pad Light (以下 650laser、Biolase) を用いた。また PS として、齶蝕検知液の成分である Brilliant Blue (以下 BB) と Acid Red (以下 AR) の粉末をリン酸緩衝生理食塩水 (以下 PBS) に溶解し、各々 0.01% の PS 溶液 (以下 BB-PS、AR-PS) を調整した。マイクロピペットで 100μl 採取した各 PS 溶液にルミノール液を各々 100μl 加え、各溶液に対して各半導体レーザーを用いて各々 1 分間のレーザー照射を行った。なお、各レーザー照射では、940laser は先端径 0.3mm のチップを用いて 0.6W (実測値)、CW で行い、650laser は先端径 0.6mm のチップを用いて 0.009W (実測値)、CW で行った。実験群として、Control: PBS のみ、BB-940laser: BB-PS に対して 940laser でレーザー照射したもの、AR-940laser: AR-PS に対して 940laser でレーザー照射したもの、BB-650laser: BB-PS に対して 650laser でレーザー照射したもの、AR-650laser: AR-PS に対して 650laser でレーザー照射したもの、以上 5 群を設定した (n=10)。本実験では、レーザー照射によって各 PS 溶液から発生した一重項酸素量は、ルミフォトメーター (TD-4000、フタバメディカル) を使用して発光量として測定した。各実験群における発光量の測定はレーザー照射後 20 秒経過してから開始し、90 秒間の合計発光量 (RLU) を測定値とした。実験データは、Two-way ANOVA を用いて laser と PS の各因子が一重項酸素の発生量に及ぼす影響について統計学的有意差を検定した ($p<0.05$)。また、各実験群間の統計学的有意差の検定には、One-way ANOVA と Bonferroni post hoc test を用いた ($p<0.05$)。

【結果と考察】 実験群の平均値±SD を表に示す。two-way ANOVA の結果、PS と laser の各因子は、RLU に対して有意ではなかった ($p>0.05$) が、因子間に有意な相互作用効果を認めた ($p=0.008$)。そこで、単純主効果の検定を行ったところ、laser の因子では、650laser において BB と AR の間に有意差が認められた ($p=0.005$)。また、PS の因子では、BB において 940laser と 650laser の間に有意差が認められた ($p=0.04$)。One-way ANOVA の結果、すべての PS-laser 群は Control と比較して有意に高い RLU を示した ($p<0.02$)。また、PS-laser 群間の比較では、BB-650laser が AR-650laser に比較して有意に高い RLU を示した ($p=0.03$) が、その他の相互比較では有意差は認められなかった ($p>0.05$)。したがって、aPDT におけるレーザーと光感受性色素の組合せは一重項酸素の発生に有意な影響を及ぼすことが明らかとなった。また、今回の実験では、BB と 650laser を組合せた aPDT が最も多く一重項酸素を発生した。

Group	RLU (Mean±SD)
Control	87.7±20.1 ^c
BB-940laser	130.0±22.4 ^{ab}
AR-940laser	139.6±15.7 ^{ab}
BB-650laser	152.4±32.5 ^a
AR-650laser	121.1±18.0 ^b

The same alphabetical superscripts show no significant differences ($p>0.05$)

ヒト臼歯の咬合面う蝕における ICDAS と 3 種う蝕診断装置の診断精度に関する研究

昭和大学歯学部 歯科保存学講座 総合診療歯科学部門

○勝又桂子、山田理、伊佐津克彦、長谷川篤司

Study on diagnostic accuracy of ICDAS and three caries diagnosis devices in occlusal surface caries on human molars

Department of Conservative Dentistry, Division of Comprehensive Dentistry, Showa University School of Dentistry

○Keiko Katsumata, Michi Yamada, Katsuhiko Isatsu, Tokuji Hasegawa

【緒言】

クリニカルカリオロジーの発展により、「初期う蝕病変を早期に診断して、切削介入を要する実質欠損に進行しないようリスク管理する」ことが推奨されている。近年、初期エナメル質う蝕の診断に重点をおいたう蝕進行分類である ICDAS(International Caries Detection and Assessment System)が国際基準になろうとしている。一方、これまでう蝕診断には視診と探針による触診が用いられてきた。しかし、探針による触診では再石灰化可能な裂溝が医原的に破壊されることが危惧されるため、平成 15 年以降、学校歯科健康診断などでも非接触でのう蝕診査が求められている。日本歯科保存学会編のう蝕治療ガイドラインでは視診に加えてエックス線検査の併用を推奨しているが、口腔内診察の一環として実施できる非接触のう蝕診断法が求められており、いくつかが開発、市販に至っている。これらのうち、DIAGNOdent はレーザー光線によって発現する励起蛍光によって、VISTACAM-P は可視光線によって発現する励起蛍光によってう蝕の進行を診断する。

本研究では、現在汎用されている病理学的う蝕進行分類(C0～C4)と ICDAS によるう蝕進行分類との関連性を確認するとともに、DIAGNOdent 計測値、VISTACAM-P 計測値、電気抵抗値を比較することで、う蝕診断の精度および特性について検討した。

【材料と方法】

咬合面に初期う蝕病変を有するヒト抜去臼歯のうち、ICDAS 基準で Code0～4 と判定された 50 歯を実験に供した。まず、VISTACAM-P システム(Dürr Dental 社)を使用し、咬合面の画像とともに裂溝ごとの計測値(P 値)を得た。次に最大の P 値を示した裂溝部で DIAGNOdent (KaVo 社)を用いて計測値(D 値)を得た。さらに、同裂溝部に生理食塩水を満たし、CARIES METER(三栄通信機工業株式会社)を使用して電気抵抗値を計測した。計測はいずれも 3 度実施し、平均値を計測値とした。計測後、同裂溝部を肉眼で観察し、ICDAS 基準で Code0～4 のいずれであるか判定した。最後に、同裂溝を通り、歯軸に平行な切断面を作製し、実体顕微鏡下で観察して病理学的う蝕進行分類(C0～C3)を決定し、確定診断とした。

【結果と考察】

本研究において、50 歯の(病理学的)確定診断は C0 が 16 歯、C1 が 16 歯、C2 が 18 歯であった。ICDAS による診断分類で Code4 と診断した試片のうち 89%は C2、Code3 と診断した試片のうち 85%は C1 であった。また、Code2 と診断した試片のうち 81%は C0、Code1 と診断した試片は 100% C0 であり、ICDAS によるう蝕診断分類は、病理学的う蝕診断分類と高い相関があることが示唆された。電気抵抗値は既知のカットオフ値 600k Ω で精度高く(感度:97.1%、特異度:93.8%)エナメル質実質欠損(C1)を診断し、カットオフ値 250k Ω で精度高く(感度:94.4%、特異度:90.6%)象牙質う蝕(C2)を診断していた。DIAGNOdent では、カットオフ値 15 で精度高く(感度:91.2%、特異度:87.5%)エナメル質実質欠損(C1)を診断していた。一方、カットオフ値 30 では特異度は 93.8%であるものの、感度は 61.1%にとどまった。VISTACAM-P では、カットオフ値 1.3 で精度高く(感度:94.1%、特異度 87.5%)エナメル質実質欠損(C1)を診断していた。一方、カットオフ値 2.0 では特異度は 87.5%であるものの、感度は 61.1%にとどまった。今後、平滑面う蝕についても同様の検討が必要と考えられるが、電気抵抗値を正確に測定することは困難と考えられた。

三次元形状測定を用いた窩洞形成の技能評価

- 1 神奈川歯科大学大学院歯学研究科 口腔総合医療学講座 保存修復学分野
2 神奈川歯科大学附属病院 麻酔科, 3 神奈川歯科大学大学院歯学研究科 口腔科学講座 環境病理学分野
4 神奈川歯科大学附属病院 5 神奈川歯科大学大学院歯学研究科 歯学教育学講座

○武村 幸彦¹, 片桐 法香^{2,3}, 佐藤 イテヒョン⁴, 尹 榮浩¹, 向井 義晴¹, 花岡 孝治⁵

Skill evaluation of cavity preparation using 3D shape measurement

1 Division of Restorative Dentistry, Department of Interdisciplinary Medicine, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

2 Department of Anesthesiology, Kanagawa Dental University Hospital

3 Division of Environmental Pathology, Department of Oral Science, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

4 Kanagawa Dental University Hospital

5 Department of Dental Education, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

○TAKEMURA Yukihiko¹, KATAGIRI Norika^{2,3}, SATO Leetaehyung⁴, YOON Youngho¹, MUKAI Yoshiharu¹, HANAOKA Koji⁵

【目的】

窩洞形成は歯科治療における基本的手技のひとつである。学部実習期間から繰り返し行われ、臨床研修を経てその習熟度を増していく。これまで窩洞形成の客観的な評価は課題に対し評価を行うルーブリック等を用いられているが、表現の曖昧さと個人差による評価のばらつき等の欠点を有している。

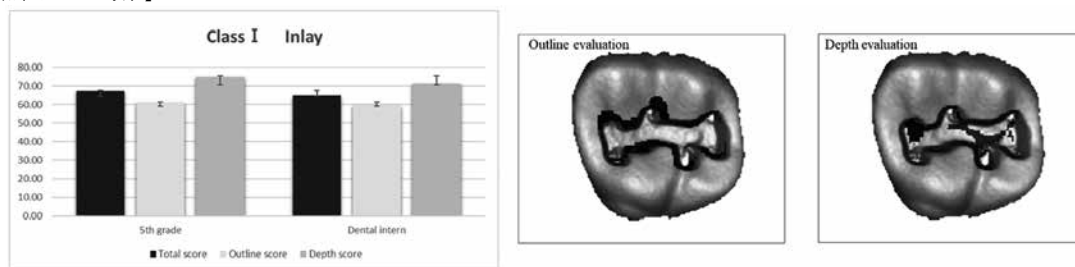
今回の研究の目的は窩洞形成技能評価システムを用い、卒前卒後の経時的なスキル変化を非接触・高速三次元形状計測装置を用いて定量評価しルーブリック評価とともに検討することである。

【方法】

実験の対象者は2016年度に神奈川歯科大学附属病院で5年生として臨床実習を行い、2018年度に歯科医師臨床研修プログラムを受ける臨床研修歯科医10名とした。

評価方法は5年生時と研修医時の経時的な技能変化を窩洞形成技能評価システム(VMS-10XR型:株式会社ユニソン)によって、専用人工歯に窩洞形成(BlackⅠ級:26,Ⅱ級:16)を行い、非接触・高速三次元形状計測装置を用いて形状測定を実施した。事前に登録してあるインレー窩洞の手本形状と比較して、コンピュータで客観的な評価、採点を行い、削り過ぎと削り不足から外形点数と深さ点数を求め、そこから総合点数を算出した。なお、総合得点は平均値と標準偏差を算出し、t検定を用い統計学的検定を行った(有意水準5%)。

【結果および考察】



5年生時と比較し研修医開始時の形成点数は外形、深さ、総合評価すべての項目で低い傾向にあるものの、Ⅰ、Ⅱ級ともに有意差は認められなかった。これは国家試験準備の為に、一定期間臨床から離れることによる技術の低下によるものと推測された。5年生時、研修時ともにⅠ級では外形、深さで削り過ぎ減点は少なく、削り不足傾向であった。これは慎重な窩洞形成と形成の不慣れさが原因と考えられ、練習と経験の必要性が示唆された。一方、5年生時、研修時ともにⅡ級では削り不足の減少がみられ、外形の削り過ぎ傾向がみられた。複雑窩洞のスライス形態は難易度が高く、形成量が多くなることが一因であると考えられた。

Ⅰ級窩洞のルーブリック評価は両者で有意差がなかった。これはルーブリック表の作成にあたり、厳格な評価基準を抽出し、両者の認識が統一されていることが推察される。

【結論】

窩洞形成技能評価システムを用いての窩洞形成評価は定量的評価を行う上で有用であることが示唆された。

保存修復学基礎実習における新しい鑄造修復実習の評価について

大阪歯科大学 歯科保存学講座¹⁾,
大学院歯学研究科 歯科保存学専攻²⁾,
(株)ニッシン³⁾,

○谷本啓彰¹⁾, 宮地秀彦¹⁾, 奥村瑛恵子²⁾, 堀江弘恵³⁾, 吉川一志¹⁾, 山本一世¹⁾

Evaluation of newly-developed practical training method of casting restoration for basic education of operative dentistry

1) Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

2) Graduate School of Dentistry Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

3) Nissin Dental Products INC.

○Tanimoto Hiroaki¹⁾, Miyazi Hidehiko¹⁾, Okumura Saeko²⁾, Horie Hiroe³⁾,
Yoshikawa Kazushi¹⁾, Yamamoto Kazuyo¹⁾

【緒言】

保存修復学は齲蝕をはじめとする歯の硬組織疾患の治療を主軸とする学問であり、基礎実習も臨床系科目の中で早期に行われることが多い。近年直接法による審美性修復が多く用いられている中、保存修復学の技能教育においても審美性修復法に重きを置く履修内容にかわりつつある。しかし、歯科医学教育として保存修復学における鑄造修復法も重要な役割を担うのは言うまでもないことである。ただ鑄造修復実習は技工操作が煩雑であるため学生の実習スピードにバラつきが生じやすく、多くの実習時間を費やす実習となるため、苦慮して行っているのが現状である。本学会第146回学術大会にて新たに導入した実習内容についての発表を行った。

そこで今回、導入後2年たったのでその評価を報告する。

【対象と方法】

保存修復学講義後の切削実習で、下顎右側第一大臼歯近心2級メタルインレー修復の課題を2学年に渡って同じ手順で行った。実習手順を表1に示す。使用した人工歯は、齲蝕付き人工歯(A26A-46N, ニッシン社製, Fig1)とインレー体付き窩洞形成歯(A50AN-464, ニッシン社製, Fig2)である。

新たに導入した実習の特徴は、チェアーサイドでの診療を想定したインレー体付き窩洞形成歯を用いた合着実習である。

この2年間は、実習内容や手順に変更なく行い教員にヒヤリングを行い評価した。

【結果および考察】

インレー体付き窩洞形成歯について、「インレー体にはバラつきがなくなった」・「調整が必要な適度な接触点の設定でよかった」・「接触点の調整に失敗した学生は想定していた数よりも少なかった」・「口腔内でインレー体の取り扱い方の難しさを経験することはよかった」と評価した。

実習内容について、「煩雑な技工操作がなくなり実習スピードにバラつきがなくなった」・「空き時間でもっと窩洞形成練習に時間を費やせる」・「やはり模型上で咬合調整ができればよかった」・「レジンインレー体実習もできればよい」と評価した。

本実習では、保存修復学で唯一鑄造修復であるメタルインレー修復を通して、齲蝕除去から合着までチェアーサイドでの診療の流れを教育することができると考えられる。これは、診療参加型臨床実習にもつながる内容であり、基礎実習の段階から教育することで、より効果的な臨床実習になるのではないかと考える。今後は実習時間をより有効に活用できる実習内容を検討し、また診療参加型臨床実習の場でより多く見られるようになった審美性修復の間接法の実習についても基礎実習に導入できないか検討していきたい。

Table1. Training Procedure

1. Removal of caries of molar by rotary instruments
2. Setting of matrix band
3. Indirect pulp capping by calcium hydroxide
4. Placement of base of glassionomer cement
5. Cavity preparation of Class II metal inlay
6. Impression taking and bite registration of Class II metal inlay
7. Temporary restoration for Class II metal inlay
8. Self-assessment of Class II cavity for metal inlay
9. Making of working model and laboratory instruction sheet
10. Trail fitting and adjustment of metal inlay at chairside
11. Luting of Class II metal inlay



Fig1

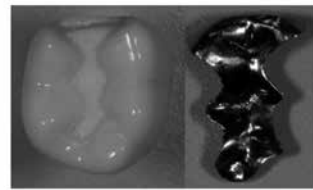


Fig2

高齢者型ロボット SIMROID による根面齲蝕治療シミュレーション実習システムの教育効果

¹⁾北海道医療大学歯学部口腔機能修復・再建学系 齲蝕制御治療学分野, ²⁾北海道医療大学歯学部総合教育学系 歯学教育開発学分野

○泉川昌宣¹⁾, 猪熊孝憲¹⁾, 諏訪涼子¹⁾, 油井知雄¹⁾, 松田康裕¹⁾, 伊藤修一²⁾, 斎藤隆史¹⁾

Educational effect of clinical simulation training system for laser treatment of root surface caries by SIMROID

1) Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation, 2) Division of Dental Education Development, Department of Integrated Dental Education, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido, Japan

○Masanobu Izumikawa¹⁾, Takanori Inokuma¹⁾, Ryoko Suwa¹⁾, Tomoo Yui¹⁾, Yasuhiro Matsuda¹⁾, Shuichi Ito²⁾, Takashi Saito¹⁾

【緒言】

歯科用レーザーによる齲蝕除去は回転切削器具と比べて疼痛刺激が少ない為様々な機能低下を来した高齢者に対する術中の安全性の確保に有効である。高齢社会の到来とともに、高齢者の歯科受診患者は増加し、根面齲蝕に対する処置を行う機会も増加している。

これまで我々は歯科用レーザーに関する知識および操作法を習得させることを目的として「歯科用レーザーによる齲蝕治療実習」を第5学年臨床実習において導入し、歯科用レーザーの有効性の理解を促す教育を推進してきた。

本研究では、高齢者型ロボット SIMROID に本講座で開発した根面齲蝕付き人工歯を有する顎模型を装着し、根面齲蝕を歯科用レーザーで除去を行うシミュレーション実習教育システムを構築して、その効果について検証を行うことを目的とした。

【材料と方法】

平成30年度第5学年学生に根面齲蝕除去のシミュレーション実習を行った。本学歯学部多職種連携シミュレーション実習室に整備した高齢者型 SIMROID (モリタ製作所) に上顎前歯部に根面齲蝕付き人工歯を有する顎模型 (HN-C-50, ニッシン、上顎右側中切歯: ホーニング歯、他歯: メラミン歯) を装着し Er:YAG レーザー (Erwin AdvErL Evo, モリタ製作所、チップ C600F) による根面齲蝕治療実習を実施した。実習予定回数と時間の制約により、一部の学生はファントム (DR-11) で実習を行った。齲蝕除去後のホーニング歯を用いて客観的窩洞評価システム (SURFLACER, ユニスン) を使用し評価を行った。実習終了後にアンケート調査を行い、本システムのシミュレーション実習における適性を評価した。

【結果】

学生 65 名から回答を得た。今回の実習を通じて根面齲蝕の病態、治療法について 80%以上が理解できたと回答し、レーザーによる齲蝕除去はシムロイドでの実習では 94%、DR-11 では 82%が有効であると回答した。またバキュームテクニック等の訓練に役立つと回答した学生はシムロイドでの実習では 91%、DR-11 では 79%であった。レーザーを将来臨床で使用したいと回答した学生はシムロイド、DR-11 共に 45~50%であった。齲蝕除去以外でのシムロイドを用いた実習を体験したい学生は 74%で最も多かったのが局所麻酔、次いで根管治療、間接修復であった。自由記載項目ではシムロイドを使用した齲蝕除去実習に対して DR-11 と比べて実際の患者に近い状況での体験ができたと回答する学生が多かったが、回転切削器具よりも時間がかかってしまいかえって患者にストレスを与えてしまうのではないかと意見も複数見られた。

客観的窩洞評価システムでの評価はシムロイドでの実習で 80.2 点、DR-11 では 81.4 点で明確な点数差は認めなかったが、切端側窩縁部で 50%以上齲蝕を取り残している学生の割合はシムロイドでの実習で 58%、DR-11 では 17%であった。

【考察】

アンケート結果よりシムロイドでの齲蝕除去実習で高い教育効果が得られることが示唆された。また客観的窩洞評価システムでの結果からシムロイドを使用した実習は DR-11 と比較してより生体に近い状況での実習が可能であることが明らかとなった。しかし、シムロイドを使用することで実習の難易度が上がってしまい、レーザーによる齲蝕除去の利点を実感できない学生も散見され、教育法の改善の必要性があることが明らかとなった。今後本システムのさらなる改善を行う予定である。

歯ブラシヘッドの大きさの違いが顎模型人工歯の人工プラーク除去に及ぼす影響

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯冠修復学¹⁾

デンタルプロ株式会社²⁾

○清水翔二郎¹⁾, 鶴田はねみ¹⁾, 石樽大嗣¹⁾, 村瀬由起¹⁾, 片山幹大¹⁾, 日下部修介¹⁾,
佐野 晃²⁾, 堀田正人¹⁾

Artificial Plaque Removal Efficacy of Different Size of Tooth Brush Head

¹⁾ Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science
and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry

²⁾ DENTALPRO Co., Ltd.

○SHIMIZU Shojiro¹⁾, TSURUTA Hanemi¹⁾, ISHIGURE Hiroshi¹⁾, MURASE Yuki¹⁾, KATAYAMA Masahiro¹⁾,
KUSAKABE Shusuke¹⁾, SANO Akira²⁾, HOTTA Masato¹⁾

【目 的】

毛先を高度テーパー加工されたものが市販され、隣接面や歯肉縁下のプラークを十分に除去することは不可能であるが、齲蝕や歯周病の予防と治療に重要な役割を果たしている。また、ブラッシング時間が短縮でき、効率的にプラーク除去ができるのではないかと考えから、ワイドヘッドの歯ブラシも市販されるようになった。そこで、本研究ではブラッシングマシンに人工プラークをコートした顎模型人工歯を装着して高度テーパー加工したフィラメントを植毛されたワイドヘッドの歯ブラシを用いて、その清掃性について検討した。

【材料および方法】

使用した歯ブラシはデンタルプロ・ブラック超コンパクト (A), デンタルプロ・ブラックダイヤコンパクト (B), デンタルプロ・ブラックダイヤワイド (C) の3種類である。人工歯は上顎左右側中切歯, 上顎右側第二小臼歯, 上顎右側第一大臼歯を用いた。各人工歯は咬合印記用エアゾル (オクルード, パスカル) を用いてコートし, 人工プラークとした。コートした人工歯は顎模型に装着し, ブラッシングマシン (太平工業) のジグに固定した。歯ブラシは上顎左右側中切歯部については唇側面に対して90度と45度の2方向で, 上顎右側第二小臼歯と第一大臼歯は45度の方向で植毛部先端を当て, 荷重200g, ストローク幅20mm, 毎分190ストローク (往復) で1分間ブラッシングを行った (n=5)。人工プラーク除去面積は人工歯の規格写真データから測定し, 人工歯の唇 (La)・頬 (Bu) 側面と隣接面 (Pr) を歯肉縁上 (Supra) と歯肉縁下 (Sub) に分類して, 一元配置分散分析と多重比較検定 (Scheffé, $P<0.05$) を行った。また, 使用した歯ブラシの座屈強度と硬さについても測定し, 同様の統計処理を行った。

【結 果】

歯ブラシの座屈強度の平均値は9.28~9.71 (N) で, 各歯ブラシに有意差はなく, 硬さの平均値は3.42~9.55 (N/cm²) で, A, B, C間にそれぞれ有意差があり, C (平均値: 3.42N/cm²) が最も軟らかかった。プラーク除去面積は上顎左右側中切歯の90度方向はSupra・LaとSupra・Prの平均値が174.1~176.3と41.7~44.2 (mm²) で有意差はなかった。Sub・LaとSub・Prの平均値は22.4~35.2と7.7~12.2 (mm²) で, Sub・Laは有意にB (平均値: 35.2mm²) が大きかった。45度方向ではSupra・LaとSupra・Prの平均値は151.2~175.8と23.7~36.6 (mm²) で, Supra・Laは有意にB (平均値: 175.8mm²) が大きく, Supra・Prでは有意にC (平均値: 36.6mm²) が最も大きかった。Sub・LaとSub・Prの平均値は13.8~16.8と4.7~5.2 (mm²) で有意差はなかった。45度方向の上顎右側第二小臼歯と第一大臼歯はSupra・BuとSupra・Prの平均値が109.0~116.4と40.6~50.3 (mm²) で, Supra・Prで有意にA (平均値: 40.6mm²) の除去面積は小さかった。Sub・BuとSub・Prの平均値は32.8~39.3と13.2~15.8 (mm²) で有意差はなかった。

【考察およびまとめ】

今回使用した3種類の歯ブラシにおいて, 前歯部では歯面に平行に歯ブラシを動かした方が清掃性は高くなると思われた。また, 軟らかめのブラックダイヤワイドは歯肉縁上の唇面, 隣接面の清掃に有用で, ブラックダイヤコンパクトは歯肉縁下に毛先が侵入しやすいと思われた。

ホウ素が象牙芽細胞様細胞の分化に与える影響

¹北海道医療大学歯学部 口腔機能修復・再建学系 う蝕制御治療学分野

²北海道医療大学歯学部 総合教育学系歯学教育開発学分野

○油井知雄¹, 泉川昌宣¹, 伊藤修一², 斎藤隆史¹

Effect of boron on the differentiation and mineralization of the MDPC-23 cells

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

²Division of Dental Education Development, Department of Integrated Dental Education

○YUI Tomoo¹, IZUMIKAWA Masanobu¹, ITO Shuichi², SAITO Takashi¹

【研究目的】

低濃度のホウ素(以下B)は抗菌性や哺乳動物の骨芽細胞における細胞増殖, 分化亢進の報告があり, 石灰化促進の可能性をもつ。また近年, マルチイオンリリース能を有するS-PRG フィラー(松風)もBを含用し, 再石灰化に関与していると考えられる。よって本研究ではBが象牙芽細胞様細胞(以下MDPC-23)の増殖, 分化, 石灰化形成に与える影響について検討した。

【材料および方法】

BはBoron Standard Solution(WAKO)を希釈して実験に用いた。MDPC-23(ミシガン大学歯学部J.E.Nor教授より供与)は α -MEM培養液中に10%FBS, penicillin(10,000U/mL)-streptomycin (10,000 μ g/mL)を添加し, 温度37°C, 5%CO₂下で培養した。播種4日後に石灰化促進群は α -MEM培養液中に ascorbic acid-2-phosphate (50 μ g/mL), β -glycerolphosphate (50mmol/mL), Bの最終濃度を各々0.1, 1.0, 10.0 ppmと調整し, 培養液中に添加した。なおB非添加群をコントロール (CNTL) とした。2日間培養を継続した後に①共焦点顕微鏡(CLSM)によるActin Areaの算出, ②細胞増殖試験(WST法), ③Alkaline Phosphatase (ALP)活性の測定, ④石灰化関連遺伝子(ALP, OCN, OPN)の遺伝子発現量, ⑤石灰化形成量の濃度測定(Alizarin Red-S)をBの各濃度において比較, 検討した。

【結果および考察】

①Bの濃度依存的にActin Areaの抑制が認められた。②細胞増殖試験ではBの濃度依存的に細胞増殖抑制が認められた。③ALP活性は濃度依存的に増強した。④各石灰化関連の遺伝子マーカーはBの添加により発現の上昇を認めた。⑤Bの濃度が1.0 ppmにおいて有意に石灰化量を示した。

これらの結果からBは濃度依存的に象牙芽細胞様細胞の細胞増殖能を抑制するが, 石灰化促進作用を示唆した。

【結論】

本研究の結果からBは石灰化促進作用を有することが明らかになった。今後はBの象牙質再生における効果を検証するためにも, 細胞増殖能と石灰化能を兼ね備えた至適濃度の検討が必要である。

ファイバーポスの光透過性が支台築造用コンポジットレジンの重合に及ぼす影響

九州歯科大学口腔保存治療学分野

○三浦弘喜、吉居慎二、藤元政考、北村知昭

Effects of Light Transmission of Fiber Posts

on Polymerization of Composite Resins for Constructing Tooth Foundation

Division of Endodontics and Restorative Dentistry, Kyushu Dental University

○ MIURA Hiroki, YOSHII Shinji, FUJIMOTO Masataka, KITAMURA Chiaki

【背景】現在、ファイバーポストと築造用コンポジットレジンによる支台築造システムが数種類市販されているが、ファイバーポスの材質や構造、築造用コンポジットレジンの重合様式の組み合わせは各社のシステム構成によって異なる。支台築造体が具備すべき要件として、機械的強度とともに封鎖性を維持する上で重要な根管内でのコンポジットレジンの重合状態が挙げられる。今回、ファイバーポスの光透過性と築造用コンポジットレジンの重合様式が根管内におけるコンポジットレジンの重合状態に与える影響を明らかにすることを目的として、規格化した根管ポスト窩洞モデルを作製し、窩洞内における築造用コンポジットレジンの重合状態とファイバーポスの光透過性について分析した。

【研究方法】規格根管ポスト窩洞モデルとしてテフロン製の半円柱状モールド（直径 3 mm・深さ 15mm）を作製した。ファイバーポスは、i-TFC ルミナスファイバー（Sun Medical）、GC ファイバーポスト（GC）、およびビューティーコアファイバーポスト（松風）の 3 種類を、築造用コンポジットレジンは光重合型の i-TFC ルミナスコア LC フロー（Sun Medical）、デュアルキュア型の GC ユニフィルコア EM（GC）、同じくデュアルキュア型のビューティーコアフローペースト（松風）の 3 種類を用いた。各ファイバーポスは直径 1.0 mm テーパー型のものを選択し、長さが 17 mm になるよう調整した。メーカーごとにモールド内に築造用コンポジットレジンを填入後、ファイバーポスを 15 mm 挿入し、照射器（G ライトプリマ、GC）にて 20 秒照射した。37℃ 湿度 100% の状態で 5 分間保留しモールドから取り出した各試料は重量を測定した後にアセトンに 30 秒浸漬し未重合層を除去した。その後、再度重量を測定することで重量変化の割合を測定した（n=5）。得られた結果は一元配置分散分析により統計処理を行った（P<0.05）。また、ファイバーポスの光透過性を検討するため、各ファイバーポスト歯冠側直上から照射器（G-ライトプリマⅡ、GC）にて照射を行い、ファイバーポスの根尖側先端とファイバーポスト根尖から 5 mm の側面に設置した光ファイバ（P200-2-UV, Ocean Optics）とマルチチャンネル分光器（FLAME-S-XR1-ES, Ocean Optics）を用いて光透過量（単位：counts）を検出・測定した。

【結果】未重合層除去による各試料の重量変化率を測定した結果、i-TFC は 98.4%（1.6%減少）、GC は 93.5%（6.5%減少）、ビューティーコアは 95.7%（4.3%減少）であった。また、各ファイバーポスの光透過量を測定した結果、i-TFC ルミナスファイバーはポスト先端：62164 counts、根尖側 5 mm 側面：15505 counts、GC ファイバーポストは先端：36000 counts、根尖側 5 mm 側面：5933 counts、ビューティーコアファイバーポストは先端：47140 counts、根尖側 5 mm 側面：16830 counts であった。

【考察及び結論】規格根管ポスト窩洞モデルを用いて築造用コンポジットレジンの重合度について分析した結果、光重合型コンポジットレジンと光透過性の高いファイバーポスを組み合わせた支台築造システムのコンポジットレジンがポスト窩洞内において最も重合していることが示された。また、ファイバーポスの光透過量分析では、光ファイバを内包したファイバーポスの根尖側における光透過性が最も高いことが示された。以上の結果は、ファイバーポスの光透過性と築造用コンポジットレジンの重合様式が根管窩洞内におけるコンポジットレジン重合状態に影響を与えることを示唆している。

【結論】ファイバーポストと築造用コンポジットレジンによる支台築造システムにおける根管窩洞内のコンポジットレジン重合にはファイバーポスの光透過性とコンポジットレジンの重合様式が影響を与える。

未重合4-META/MMA-TBBレジンと未重合フロアブルコンポジットレジンの接着強さ

¹サンメディカル株式会社 ²九州大学病院歯内治療科
³九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座歯科保存学研究分野
○三浦善広¹ 横山武志¹ 杉井英樹² 前田英史³

Bond strength between unpolymerized 4-META/MMA-TBB resin and unpolymerised composite resin.

¹SUN MEDICAL CO.,LTD. ²Department of Endodontology, Kyushu University Hospital
³Department of Endodontology and Operative Dentistry, Faculty of Dental Science, Kyushu university
○Yoshihiro Miura¹ Takeshi Yokoyama¹ Hideki Sugii² Hidefumi Maeda³

【目的】近年のメタルフリー化の流れに沿って、ファイバーポスト併用レジン支台築造が増加しつつある。

4-META/MMA-TBBレジン(サンメディカル株式会社 以下、SB)を併用したファイバーポスト併用直接法支台築造を行う症例も増加傾向にあり、その場合、接着材兼ポストレジンにはSB、コア部分にはフロアブルコンポジットレジンが使用される。

そこで本研究ではSBを併用した直接法支台築造を想定して、SBとフロアブルコンポジットレジンとの接着強さを、コンポジット系レジンセメントとフロアブルコンポジットレジンを用いた場合の接着強さと比較検討するために、それぞれのせん断強さについて評価することとした。

【材料および方法】使用するレジンセメントはSB、ケミエースII(サンメディカル株式会社 以下、CAII)の2種類。フロアブルコンポジットレジンバルクベースハード(サンメディカル株式会社 以下、BBH)を使用した。

混和した各レジンセメントをモールド(2.38mmφ 高さ2.2mm)内に充填後、10秒後にBBHに接触させ、モールド(20mmφ 高さ10mm)内に充填したBBHに光照射(20秒)を行った。さらにSBは60秒後および600秒後にもBBHに接触させ、同様に光照射を行った。

試験体はモールドに入れたまま37℃恒温槽に保管した。15分後に試験体を取り出し、37℃にて24時間水中浸漬後せん断試験を行った。

【結果と考察】10秒後の条件での比較は、SB群がCAII群に対し有意に高い値を示した。SB間での比較は10秒後群が60秒後群および600秒後群に対し有意に高い値を示した。

以上の結果から、未重合フロアブルコンポジットレジンとのせん断強さにおいてSBは、コンポジット系レジンセメントと同等以上の強度があり、また未重合のSB上にフロアブルコンポジットレジン築盛する際は、可及的速やかに接触させることで高いせん断強さを発揮することが示唆された。

糖尿病モデルラットを用いた歯髄創傷治癒過程における CD68 および Ki-67 の発現解析

新潟大学大学院医歯学総合研究科 口腔健康科学講座 う蝕学分野

○遠間愛子、大倉直人、白柏麻里、竹内亮祐、枝並直樹、吉羽永子、吉羽邦彦、野杵由一郎

Immunohistochemical Analysis of ED1 and Ki-67

Following Direct Pulp Capping with Mineral Trioxide Aggregate in Diabetic Rat Molars

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

○TOHMA Aiko, OHKURA Naoto, SHIRAKASHI Mari, TAKEUCHI Ryosuke, EDANAMI Naoki,
YOSHIBA Nagako, YOSHIBA Kunihiko, NOIRI Yuichiro

【目的】

糖尿病患者では、マクロファージにおける食食能の低下によって免疫機能が低下してしまい、創傷治癒の遅延が起ることが報告されている。また、ストレプトゾトシンを用いた糖尿病モデルラットに MTA(mineral trioxide aggregate) 断髄を行った実験では、断髄面直下で観察される被蓋硬組織の形成が阻害され、歯髄創傷治癒の遅延が認められることが報告されているが、ここにマクロファージによる免疫機能がどのように関与しているか不明である。そこで本研究では、糖尿病時における歯髄創傷治癒過程でのマクロファージの動態に着目して、マクロファージのマーカーである CD68 と細胞増殖のマーカーである Ki-67 の免疫組織化学的解析を行い、糖尿病時にみられる創傷治癒遅延の一端を解明することを目的とした。

【材料と方法】

本研究は新潟大学動物実験倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: SA 0006)。8 週齢 Wistar 系雄性ラットにクエン酸緩衝液に溶解したストレプトゾトシン(65mg/kg)を尾静脈注射した。3 日後に尾静脈より採血し、血糖値 300mg/dL 以上の個体を実験群(n=5)とした。実験群のラットに MTA (White ProRoot MTA; Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) による断髄処置を行った。すなわち上顎左側第一臼歯をラウンドカーバイドバーで露髄させ、洗浄、止血後、MTA 断髄を施し、フロアブルコンポジットレジンで充填を行った。健常な 8 週齢 Wistar 系ラットに同様の断髄処置を行ったものを対照群とした。断髄 7 日後に 4%PFA 溶液で灌流固定を行い、上顎骨ごと摘出し、10%EDTA 溶液に 4 週間浸漬して脱灰させ、パラフィン切片を作製した。ヘマトキシリン・エオジン (HE) 染色による観察や、マクロファージのマーカーである CD68 による酵素抗体法と、CD68 と細胞増殖のマーカーである Ki-67 を合わせた蛍光二重抗体法による免疫染色解析を行った。

【結果】

HE 染色では、対象群において断髄面に被蓋硬組織が形成され、その直下に円柱形の象牙芽細胞様細胞が認められた。一方、実験群では明らかな被蓋硬組織の形成が観察されず、炎症性細胞の浸潤は認めたものの、対照群で観察された象牙芽細胞様細胞は認められなかった。CD68 の局在解析では、実験群では断髄面直下に多くの CD68 陽性細胞が集積していたが、対照群では歯髄内にまばらに発現していた。また、CD68 と Ki-67 による蛍光免疫二重染色法では、実験群の断髄面直下において Ki-67 の陽性細胞が対照群と比較し多く認められ、その一部に Ki-67 と CD68 の二重陽性反応が認められた。

【考察】

実験群における断髄面直下で検出された CD68 と Ki-67 陽性細胞の局在に関しては、糖尿病モデルラットの断髄部で繰り返される創傷治癒が遅延していることを示した所見と考えられ、マクロファージの免疫能が低下している可能性を示唆している。

【結論】

糖尿病モデルラットでは被蓋硬組織形成が阻害され、断髄後の歯髄内に CD68 陽性細胞が多く認められ、さらにその一部は Ki-67 陽性反応を示した。

MTA はヒト歯髄細胞からの炎症性メディエーター産生を抑制する

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
○倉本将司、川島伸之、奈良圭介、藤井真由子、野田園子、橋本健太郎、田澤建人、興地隆史

MTA negatively regulates inflammatory mediator-synthesis from human dental pulp cells

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

○Masashi Kuramoto, Nobuyuki Kawashima, Keisuke Nara, Mayuko Fuji, Sonoko Noda, Kentaro Hashimoto,
Kento Tazawa, Takashi Okiji

【緒言】

Mineral trioxide aggregate (MTA) はポルトランドセメント由来のケイ酸三カルシウム、ケイ酸二カルシウムを主成分とする覆髄材で、直接覆髄で水酸化カルシウムと同等以上の良好な成績が報告されている。しかしながら、炎症歯髄の MTA に対する応答については知見に乏しい。我々は第 145 回本学会において、マウスマクロファージ様細胞 RAW264.7 における lipopolysaccharide (LPS) 刺激による炎症性メディエーター産生を MTA が抑制することを報告した。今回 LPS 刺激ヒト歯髄細胞 (hDPCs) における炎症性メディエーター産生に対する MTA の作用について検討した。

【材料および方法】

ProRoot MTA (MTA、デンツプライシロナ) を練和後、直径 0.8 mm、高さ 0.3 mm のプラスチックチューブに充填し、37℃、湿度 100% の環境下で 24 時間硬化させた。硬化した MTA を 10 mL の α MEM に浸漬、24 時間振盪後ろ過滅菌を行い、MTA 抽出液とした。ヒト抜去歯より分離した歯髄細胞 (hDPC: 倫理審査番号#D2014-039-01) は 10%FBS 添加 α MEM にて培養した。細胞増殖活性は、細胞を 96 穴プレートに 1.0×10^4 cell/cm² の密度で播種し、細胞がプレートに接着したことを確認し 24 時間の血清不含培地での培養 (starvation) 後、LPS (100 ng/ml, *Escherichia coli* 0111:B4) および MTA 抽出液添加培地に交換し、48 時間後に Cell counting kit 8 にて細胞数を測定した。次いで、炎症性メディエーター発現を検討するため、細胞を 12 穴プレートに 2.5×10^4 cell/cm² の密度で播種し、細胞がプレートに接着したことを確認し 24 時間の血清不含培地での培養 (starvation) 後、LPS および MTA 抽出液添加培地に交換し、2 時間後に細胞から RNA を抽出した (QuickGene)。抽出した RNA より cDNA を作製した (RevertAid H Minus Reverse Transcriptase) 後、*IL-1 α* 、*IL-6*、*TNF α* の mRNA 発現を特異的プライマーを用いたリアルタイム PCR (Gotaq qPCR Master Mix, CFX96) にて解析した。さらに、NF- κ B のリン酸化を検討する目的で、細胞を 24 穴プレートに 2.5×10^4 cell/cm² の密度で播種し、細胞がプレートに接着したことを確認し 24 時間の血清不含培地での培養 (starvation) 後、LPS および MTA 抽出液添加培地に交換し、1 時間後に細胞を RIPA バッファーにて溶解した。SDS-PAGE 後 PVDF 膜に転写し、NF- κ B p65 および p-NF- κ B p65 に対する抗体 (1:1000) を用いて Western blotting を行った。

【結果および考察】

hDPCs の細胞増殖は、LPS のみを添加した場合にはほとんど認められなかったが、LPS 存在の有無にかかわらず MTA 抽出液中にて培養した場合には有意に亢進した。RAW264.7 においても同様の結果が観察されており、MTA はマクロファージおよび歯髄細胞の細胞増殖を誘導する作用を有していると推察される。また、LPS 刺激により誘導された *IL-1 α* 、*IL-6*、*TNF α* の mRNA 発現およびリン酸化 NF- κ B p65 の発現は、MTA 抽出液添加により抑制された。RAW264.7 においても同様の結果が観察されており、MTA はマクロファージおよび歯髄細胞における NF- κ B シグナルカスケードを抑制し、炎症性メディエーター産生を制御する機能を有していると推察される。

【結論】

MTA 抽出液は、hDPCs の細胞増殖を亢進するとともに、LPS により誘導される *IL-1 α* 、*IL-6*、*TNF α* の mRNA 発現およびリン酸化 NF- κ B p65 の発現を抑制した。

創傷治癒モデルラットを用いた Smad ubiquitination regulatory factor 1(SMURF1)

および mammalian target of rapamycin (mTOR)の免疫局在と遺伝子発現解析

新潟大学大学院医歯学総合研究科 口腔健康科学講座 う蝕学分野

○竹内亮祐、大倉直人、遠間愛子、白柏麻里、枝並直樹、吉羽永子、吉羽邦彦、野杻由一郎

Immunolocalization and Gene Expression Analysis of Smad Ubiquitination Regulatory Factor 1 and Mammalian Target of Rapamycin in Rat Model for Wound Healing of Dental Pulp

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

○TAKEUCHI Ryosuke, OHKURA Naoto, TOHMA Aiko, SHIRAKASHI Mari, EDANAMI Naoki, YOSHIBA Nagako, YOSHIBA Kunihiko, NOIRI Yuichiro

【目的】

骨芽細胞の分化に必須の転写因子である runt-related transcription factor 2 (Runx2) は、グルコース輸送を司る glucose transporter (Glut) 1 によるフィードフォワード制御によって骨芽細胞の分化と骨形成に関与している。さらに我々は、歯髄創傷治癒時においても Glut1-Runx2 相互連関が作用し、象牙芽細胞様細胞への分化や修復象牙質形成にも関与していることを第 147 回日本歯科保存学会で報告している¹⁾。しかし、歯髄創傷治癒時に繰り広げられる Glut1-Runx2 連関での詳細な細胞内シグナルは未だ不明であるため本研究では、骨芽細胞と同様のシグナル過程をとると仮説を立て、象牙芽細胞様細胞への分化に関与すると考えられる Smad ubiquitination regulatory factor 1 (SMURF1)と修復象牙質形成に関与すると考えられる mammalian target of rapamycin (mTOR)の2つに焦点を当て、シグナル伝達機構の解明を目的とした。

【材料および方法】

本研究は新潟大学動物実験倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号 SA00212)。第 144 回日本歯科保存学会で報告した MTA (White ProRoot MTA; Dentsply)による歯髄創傷治癒モデルラットを使用して実験を行った。その詳細は、Ohkura らの方法に準じて²⁾、8 週齢雄性 Wistar 系ラットの上顎左側第一臼歯をラウンドカーバイドバーで露髄させ、MTA で覆髄し、その後フロアブルコンポジットレジジン (Beautifil Flow; Shohu) で充填を行った。上顎右側第一臼歯は未処置の対照群として用いた。覆髄後 3 日後に 4%PFA 溶液で灌流固定を行い、第一臼歯は周囲の組織と共に摘出し、10%EDTA 溶液に 4 週間浸漬して脱灰させた後、パラフィン切片を作製した。切片は近心根管を観察し、mTOR の局在について酵素抗体法を用いて解析を行った。断髄後 1,3,5,7,14 日後に上顎第一臼歯から、RNA 抽出キット (TRIzol; Thermo Fisher Scientific)で mRNA を抽出後、real-time PCR 法によって処置群の SMURF1 および mTOR の mRNA の発現量について未処置歯を対照群とし、β アクチン発現量を内部標準とした Dunnett 検定による経時的な有意差検定を行った。

【結果】

正常歯髄での酵素抗体法による免疫染色では、象牙芽細胞において mTOR 陽性反応を認めた。創傷治癒過程では、MTA 断髄 3 日後において断髄部直下で多くの mTOR 陽性の歯髄細胞が局在していた。Real-time PCR の結果では、断髄後において mTOR の mRNA 発現量は未処置歯群と比較して 5 日後に有意に増加し ($P < .01$)、SMURF1 の mRNA の発現量は未処置歯群と比較して 1,3,5,7 日後に有意に減少した ($P < .01$)。

【考察】

MTA 覆髄 3 日後に認められた覆髄部直下での mTOR 陽性の歯髄細胞が確認されるとともに、遺伝子発現解析において mTOR は 5 日後をピークに増加したことから、mTOR が歯髄創傷治癒に繰り広げられる修復象牙質形成に関与している可能性が示唆された。また、歯髄創傷治癒時において Runx2 の発現が増加することを我々は第 147 回日本保存学会で報告しているが、Runx2 のユビキチン化による分解を促進させる機能を持つ SMURF1 の発現が抑制された今回の結果を踏まえると、SMURF1 の発現抑制が Runx2 のユビキチン化を抑制し、その結果、Runx2 の分解が引き起こされずに発現が増加したものと考えられる。

【結論】

歯髄修復過程において、mTOR は処置後 3~5 日後に局在と遺伝子発現量の時空間的変化が認められ、SMURF1 は断髄後に遺伝子発現量が減少することが観察された。

【参考文献】

- 1) プログラムおよび講演抄録集 147 回: 86 頁, 2017.
- 2) Ohkura N *et al.*, Effects of pulpotomy using mineral trioxide aggregate on prostaglandin transporter and receptors in rat molars. Sci Rep 7(1): 6870, 2017.

酸化亜鉛ユーギノール練和物から遊離したユーギノールの ラット歯髄内への流入が PGE₂ 生成に及ぼす影響

¹ 日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座,

² 日本歯科大学生命歯学部共同利用研究センター アイソトープ研究施設, ³ 日本歯科大学

○前田宗宏¹, 深田哲也², 西田太郎¹, 戸円智幸², 橋本修一³, 五十嵐 勝¹

Effect of eugenol released into rat dental pulps

from zinc oxide eugenol mixture on the synthesis of prostaglandin E₂

¹Department of Endodontics, ²Section of Radioisotope Research, Research Center for Odontology, The Nippon Dental University, School of Life Dentistry at Tokyo, ³The Nippon Dental University

○Maeda M¹, Fukada T², Nishida T¹, Toen T², Hashimoto S³ and Igarashi M¹

【はじめに】

我々のグループではこれまで、ラット下顎切歯への非注水下での窩洞形成により実験的炎症歯髄モデルを作成し、各種のプロスタグランジン、ロイコトリエン、ヒスタミンなどの歯髄内生理活性物質が健常時に比べて増加することを確認してきた。今回は、新たな手法による窩洞内酸化亜鉛ユーギノール練和物(ZOE)の填塞状況を確認し、ZOE から歯髄内へのユーギノールの動態および PGE₂ 生成に及ぼす影響について報告する。なお、本研究は日本歯科大学生命歯学部動物実験委員会の承認を得て行った。

【材料および方法】

- ¹⁴C-ユーギノールの調製：ユーギノールの放射性標識化合物は、Moravek 社においてユーギノールを ¹⁴C で標識し、精製したものを使用した。 ¹⁴C -ユーギノールを 709 kBq/mmol で実験に使用した。
- 窩洞形成部位への ZOE 填塞および歯髄内遊離ユーギノール量の測定：SPF ラット (9 週齢, Wistar 系 300~330 g) を 50 mg/kg のペントバルビタールナトリウムで腹腔内麻酔後、ダイヤモンドポイント (No. 111, 松風) を用いて下顎切歯を歯頸部で切断し、切断面の中央に直径 0.5 mm のツイストドリルバー (ISO:005, Meisinger) を用いて歯質を深さ約 5 mm の円筒形に削除した。窩洞内を生理食塩液で洗浄し、¹⁴C-ユーギノールを添加した ZOE (紛液比 1 g : 0.25 ml, 10.8 kBq/10 mg ZOE) を下顎切歯窩洞部に填塞した。24 時間後に歯髄を摘出し、ガラス板上で歯冠側と根尖側に 2 分割した。各分割歯髄の湿重量を計測後に可溶化し、放射能量を液体シンチレーションカウンタ (LSC-6100, HITACHI) で測定し、比較した (1 群:4 歯)。
- マイクロ CT 画像による ZOE 填塞状態の確認：マイクロ CT (Scan-Xmate-D100SS270, Comscantecno) を用い、(管電圧 80 kV, 管電流 200 uA, 積算レート 15 frame/sec) 解像度 43.1 μm/px にて断層撮影を行った。得られた断層画像は三次元画像処理ソフト (TRI/3D-BON, Ratoc System Engineering) を用いて三次元構築を行い、切歯の歯髄腔が確認可能な矢状断断面像を作成した。
- ZOE 填塞後の切歯オートラジオグラフィー：歯髄中ユーギノール遊離は、川本法を用いて未脱灰薄切標本を作製し、オートラジオグラムフィルムに 3 週間露光し、現像したフィルムを観察した。
- 歯髄内 PGE₂ 量の測定：2. の方法で形成した窩洞に ZOE あるいは対照として酸化亜鉛-水練和物 (ZOW, 紛液比 1g : 0.25 ml) を填塞し、填塞から 24 時間後に処置切歯の歯髄を摘出した。歯髄中 PGE₂ 量の測定は EIA kit (Cayman Chem.) に従った。

【結果およびまとめ】

- マイクロ CT による矢状断断面像では、練和物が先端部まで緊密に充填され、歯髄組織との接触が確認できた。
- ZOE から遊離した歯髄内ユーギノール量は ZOE 填塞後 24 時間で歯冠側 5.48 μmol/g, 根尖側 1.17 μmol/g であり、根尖側のユーギノール量は歯冠側の 1/5 であった。
- ZOE 填塞後 24 時間の切歯オートラジオグラフィーにより放射能が歯髄内に観察できた。
- ZOW 填塞後 24 時間での歯髄内 PGE₂ 量は、未処置の歯髄に比べて 37 倍にまで増加した。ZOE 填塞歯髄の PGE₂ 量は、ZOW 填塞歯髄の 1/10 にまで抑制された。

切歯に填塞した ZOE から遊離したユーギノールは歯髄内へ流入することが確認され、歯髄内 PGE₂ の生成を抑制する可能性が示唆された。

三叉神経節細胞における TLR4 シグナル伝達が関与する 歯髄炎誘導性舌痛覚過敏

日本大学歯学部歯科保存学第Ⅱ講座¹, 日本大学歯学部総合歯学研究所機能形態部門²

○菅野浩平¹, 清水康平^{1,2}, 大原絹代^{1,2}, 小木曾文内^{1,2}

Pulpitis-induced tongue hyperalgesia caused by TLR4 signaling in trigeminal ganglion neurons

¹Department of Endodontics, Nihon University School of Dentistry

² Division of Functional Morphology, Nihon University School of Dentistry Research Affairs Department

○Kohei Kanno¹, Kohei Shimizu^{1,2}, Kinuyo Ohara^{1,2}, Bunnai Ogiso^{1,2}

【背景】

歯髄炎が発症すると、歯髄炎を起こした歯だけでなくそれ以外の口腔顔面領域に器質的変化がないにも関わらず痛みが引き起こされることが知られている。このような炎症部以外の領域に発症する痛みは関連痛と呼ばれ、患歯の同定を困難にし、誤診を引き起こす可能性が高いといわれている。この誘因として三叉神経一次求心性神経に誘導された異常興奮とそれに伴う中枢性感作が関与していると考えられているが、その詳細は不明である。この関連痛の発症メカニズムを解明することは、適切な診断と治療を行うために不可欠であると考えられる。

【研究目的】

露髄による急性歯髄炎によって誘導される舌痛覚過敏モデルラットを作成し、歯髄炎により口腔顔面領域に発症する関連痛の神経機構を解明することを目的とした。本研究では、歯髄炎モデルラットの舌に痛覚過敏が発症するか否かを調べ、さらに、三叉神経節 (TG) 細胞における TLR4 発現が、いかなるメカニズムで歯髄炎誘導性の舌痛覚過敏の発症に関与するかを明らかにした。

【材料及び方法】

1. モデル動物

Sprague-Dawley (SD)系雄性ラットをイソフルラン(4%)にて浅麻酔し、さらに三種混合麻酔薬(ドミツール 0.375mg/kg, ミダゾラム 2mg/kg, ベトルファール 2.5mg/kg)にて深麻酔したのち、左側下顎の第一臼歯(M1)をポピドンヨードにて十分消毒した。歯科用電動式ハンドピース(Tas-35LX, OSADA)と滅菌歯科用スチールバー(ISO No. 1/008~1/012, JOTA)を用いて左側下顎第一臼歯歯髄(M1)を露髄(歯冠中央部 0.5mm)させた刺激群、麻酔以外は行わない control 群を研究に用いた。

2. 痛覚過敏の行動学的解析

M1 を露髄後 1 日目に、SD ラットをイソフルラン(1~4%)にて麻酔し、舌に痛覚過敏が発症しているか否かを調べるため、患歯と同側の舌側縁に対する機械・熱刺激により誘発される頭部ひっこめ反射閾値 (HWT) を経時的 (露髄前、露髄後 1 日, 2 日, 3 日, 5 日, 7 日, 9 日, 14 日) に測定した。

3. 免疫組織化学的検索

M1 露髄後 1 日目に同側舌側縁へ Fluorogold(FG)を投与し 3 日後、ラットをイソフルラン(4%)にて浅麻酔後、三種混合麻酔薬にて深麻酔し、通法に従い 4%パラホルムアルデヒドにてラットを灌流固定した。その後、同側 TG を摘出し、連続組織標本を作成後、TG 細胞における TLR4 の発現を免疫組織学的手法にて検索し、FG 陽性 TLR4 陽性細胞数について解析を行った。

【成績】

1. 舌側縁への機械および熱刺激により引き起こされる HWT を測定した結果、露髄群の方が Control 群と比較して 1 日目から 3 日目まで有意な閾値の低下を示した。
2. 舌への FG 投与 3 日目において、FG 陽性 TLR4 陽性細胞数は、control 群に比較して露髄群で有意に多かった。

【考察および結論】

以上の成績から、M1 の露髄により歯髄に炎症が惹き起こされたのち炎症歯髄において合成された TLR4 のリガンドが TG に運ばれ、さらに、運ばれたリガンドは TG 細胞から放出され、TLR4 に結合することにより舌を支配する TG 細胞の活動性が増し、舌に痛覚過敏が発症する可能性が示された。

ラット露髄歯における Pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide の分布

東北大学大学院歯学研究科¹ 歯学イノベーションリエゾンセンター、
²口腔器官構造学分野、³歯科保存学分野
○矢島健大^{1,2}、佐藤 匡²、齋藤正寛³、市川博之²

Distribution of Pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide after pulp exposure in rat tooth

Tohoku University Graduate School of Dentistry, ¹Liaison Center for Innovative Dentistry,
²Oral and Craniofacial anatomy, ³Operative Dentistry
○YAJIMA Takehiro^{1,2}, SATO Tadasu², SAITO Masahiro³, ICHIKAWA Hiroyuki²

【研究目的】

神経ペプチドの一つである Pituitary adenylate cyclase-activating polypeptide (PACAP) は、脊髄神経系や三叉神経系に存在し、神経伝達物質、神経栄養因子としての働きや、神経保護作用を有することが知られている。侵害刺激受容のマーカーであり、神経原性炎症に関与する calcitonin gene-related peptide (CGRP) との共発現がみられることから、PACAP は侵害刺激の伝達にも関与すると考えられている。歯髄の神経線維にはさまざまなペプチドやイオンチャンネルが存在することが知られている。PACAP や CGRP についても歯髄の神経線維に存在し、冠部および根部歯髄において、血管の周囲や、象牙芽細胞層に存在することが報告されている。また、露髄による歯髄炎状況下において、CGRP を含む神経線維が増加し、血管拡張に関与することが知られている。PACAP についても CGRP と同様に、歯髄炎との関わりが考えられるにもかかわらず、それらの関係性は知られていない。本研究では、歯髄炎状況下における PACAP の動態と役割を明らかにするために、歯髄炎モデルラットを用いて、露髄に伴う歯髄の組織変化と、PACAP および CGRP との関連について調べた。

【材料および方法】

歯髄炎モデルラットとして、雄性7週令 Wistar 系ラットに全身麻酔を施し、上顎左側第一臼歯の近心髄角部に露髄処置を行った (n=16)。コントロール群としての未処置ラット (n=4) および、露髄処置後 1, 3, 7, 14 日後のラットについて灌流固定を行い、上顎骨を取り出した。上顎骨は 10% EDTA 溶液を用いて脱灰処置を行ったのち、凍結切片を作成した。

作成した切片を用いて、ヘマトキシリン-エオジン (H-E) 染色を行い、組織変化の観察を行った。また、PACAP を用いた免疫染色を ABC 法により実施した。PACAP を含む神経線維の長さを計測し、歯髄腔の面積から密度として比較を行った。さらに、PACAP と CGRP による蛍光二重染色を実施し、それらの共存関係を検討した。

なお、本研究は、東北大学における動物実験に関する倫理委員会の承認を得て実施している。

【結果と考察】

H-E 染色から、露髄処置により歯髄内には膿瘍形成などの炎症所見が認められた。膿瘍形成は 1-3 日では冠部近心側に限局していたが、7-14 日では、遠心および歯根側に波及していた。免疫染色では、PACAP を含む神経線維は、未処置ラット歯髄では髄角や神経線維の束に多く認められた。露髄処置により、1-3 日では PACAP を含む神経線維が膿瘍周囲で増加した。一方、7-14 日では減少した。CGRP との蛍光二重染色から、未処置ラットおよび、露髄処置後 1, 7, 14 日では、PACAP を含む神経線維はすべて、CGRP を有していた。一方、露髄処置 3 日後では、CGRP を含まない PACAP 陽性神経線維が存在することがわかった。

露髄処置により炎症や膿瘍が生じることで、PACAP を含む神経線維が増加すると考えられる。一方、膿瘍拡大に伴い残存歯髄が減少することに伴い、PACAP 陽性神経線維が減少すると考えられる。また、PACAP の作用として、神経原性炎症を抑制する事も知られているため、PACAP と CGRP の共存および、露髄処置 3 日後における PACAP のみみられる神経線維の存在から、PACAP が CGRP による神経原性炎症を抑制している可能性も示唆された。

Semaphorin7A は炎症時の歯髄細胞から炎症性サイトカインの分泌を促進する

広島大学 大学院医歯薬保健学研究科 歯髄生物学的研究室

○西藤法子, 進藤 智, 平田-土屋志津, 中西 惇, 吉田和真, 本山直世, 柴 秀樹

Semaphorin7A promotes secretion of inflammatory cytokines from dental pulp cells during inflammation

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

○Noriko Saito, Satoru Shindo, Hirata-Tsuchiya Shizu,
Jun Nakanishi, Kazuma Yoshida, Naoyo Motoyama, Hideki Shiba

【目的】

齦蝕の治療にはその炎症状態によって抜髄の危険性が伴う。覆髄や歯髄鎮静のような手法は取られるものの、歯髄に不可逆的な炎症が生じてしまった場合、炎症を制御する治療法はなく歯髄除去を行うことになる。そのため、歯髄の可及的保存のためには予知性の高い歯髄保存療法の確立が必要であると考えられる。歯髄組織は歯髄神経細胞、歯髄細胞、血管を含め多様な細胞が存在するため、積極的な炎症制御によって歯髄を除去することなく炎症を収束させることも可能であると考えられる。そこで着目したのが神経軸索ガイダンス因子として同定され、セマドメインを有している Semaphorin7A (Sema7A) である。Sema7A のこれまでの報告には骨代謝、免疫、癌の形成などへの関与や炎症促進に寄与していること、象牙芽細胞にも発現しているということが明らかにされている。以上のことから Sema7A に着目した炎症制御による歯髄炎治療法の開発を着想した。本研究では、新たな歯髄保存療法の基礎研究として、ヒト歯髄細胞培養系を用いた *in vitro* の実験系で、Sema7A が歯髄細胞の炎症時に及ぼす影響を調べた。

【材料と方法】

ヒト歯髄細胞の取得のため、広島大学病院歯科受診中の患者のうち歯科矯正治療のため便宜抜歯した歯の歯髄からヒト歯髄細胞を採取した (広島大学疫学研究倫理審査承認番号: E-133)。ヒト歯髄細胞は 10 %FBS 含有 α MEM 培地、37°C、5 %CO₂ の環境下で培養し、実験には 5~10 代継代した細胞を供した。ヒト歯髄細胞を種々の濃度の Sema7A で刺激し 48 時間後にクリスタルバイオレット染色を行い、細胞増殖に及ぼす Sema7A の影響を調べた。また、TNF- α 刺激を行ったヒト歯髄細胞培養系を *in vitro* の歯髄炎モデルとし、Sema7A の刺激を加えることで炎症時における Sema7A の効果を検討した。歯髄炎モデルとした歯髄細胞に Sema7A の刺激を行い、24 時間後の培養上清に含まれる炎症性サイトカインである IL-6、IL-8 およびケモカインである CCL20 の量を ELISA 法で測定した。さらに、Sema7A が関与する歯髄細胞内シグナル伝達経路を Western Blotting 法で解析した。

【結果】

Sema7A の歯髄細胞の細胞増殖に対しては、Sema7A の刺激後 48 時間において明らかな変化は認められなかった。歯髄細胞を Sema7A で単独刺激した培養上清中には、無刺激と同様に炎症性サイトカインの分泌は認められなかった。しかし、TNF- α と Sema7A で刺激した歯髄細胞の培養上清中の IL-6 と IL-8 量は、TNF- α 単独刺激と比べて増加した。また、Sema7A 存在下では TNF- α 刺激した歯髄細胞の I κ B- α の分解が促進され、ERK のリン酸化を促進する傾向が認められた。

【考察と結論】

Sema7A の存在下でのヒト歯髄細胞培養系において、TNF- α による炎症反応時に分泌される炎症性サイトカインの分泌量が増加したことから、歯髄炎の炎症促進への Sema7A の関与が考えられた。以上、Sema7A を標的とした歯髄炎の積極的な制御が可能であることが示唆された。

ラット下顎切歯歯髓由来細胞による石灰化ノジュール形成

大阪歯科大学・口腔治療学講座

○好川正孝、宮本綾乃、池永英彰、寺本賢史、西川郁夫、藪内崇督、前田博史

Calcified nodule formation *in vitro* by the cells derived from rat mandibular incisor pulp

Department of Endodontics, Osaka Dental University

○YOSHIKAWA Masataka, MIYAMOTO Ayano, IKENAGA Hideaki, NISHIKAWA Ikuo,

YABUCHI Takayoshi, MAEDA Hiroshi

【緒言】

歯の硬組織を形成するための基本的な実験において、骨と同様に、ラット大腿骨から容易に得られる骨髓幹細胞が用いられてきた。しかしながら、臨床的には穿刺によって骨髓から採取される幹細胞を歯の再生に使用することは生体への侵襲が大きく、適当ではない。口腔、とくに、歯髓に由来する幹細胞を歯の再生のために使用することが最も望ましいと考えられる。そこで、歯の再生のための幹細胞をどこから得るかが重要な課題になっている。

歯髓に由来する細胞を用いて実験的に歯の再生が試みられているが、歯髓組織に由来する細胞は骨髓細胞に比較して増殖・分化がかなり遅いようである。歯の再生の実験を効率的に進めるために、歯髓由来幹細胞の増殖・分化に要する期間は短いことが望ましいと考えられる。

そこで、歯髓細胞の硬組織形成細胞への分化と nodule 形成までのデキサメタゾン (Dex) 添加の必要性と培養期間を確認する目的で本実験を行った。

【材料と方法】

雄性 6 週齢の Fischer344 ラット下顎切歯から除去した歯髓組織から 0.25% トリプシン-EDTA 液を用いて歯髓細胞を遊離させ、15% ウシ胎児血清を含む Eagle's minimal essential medium (MEM) で初代培養を行った。初代培養後に 1×10^5 cells/2ml の細胞懸濁液を調整し、 1×10^5 個の歯髓由来細胞を 6-ウェルのカルチャープレートで 20 日間および 33 日間、継代培養を行った。培養液は週に 3 回交換した。培養液の交換時に、半数のウェルにはデキサメタゾン (Dex)、 β -グリセロリン酸 (β -GP) そしてアスコルビン酸 (Vc) を添加し、残りのウェルには β -GP のみを添加した。

20 日間および 33 日間の継代培養後の石灰化 nodule 形成を観察するとともに、20 日間および 33 日間の継代培養後の歯髓由来細胞のアルカリフォスファターゼ (ALP) 活性を生化学的に定量し、培養液中のオステオカルシン (OC) を免疫化学的に定量した。また、形成された nodule を 10% ギ酸で脱灰して Ca^{2+} を定量した。得られた結果は平均値 ± 標準誤差で表し、Tukey-Kramer 法で有意水準を 0.05 として統計的に分析した。

【結果と考察】

20 日間の継代培養で石灰化 nodule は認められず、 Ca^{2+} 量は 13.6~13.9 mg/dL であった。OC 量は Dex を添加しない培養液中で 5 ng/mL、Dex を添加した培養液中でも 8 ng/mL にすぎなかった。33 日後には Dex を添加して培養した歯髓細胞によって nodule が形成され、OC 量は Dex の非添加で 8.06 ± 0.60 ng/mL であったが Dex 添加培養液では 26.77 ± 6.58 ng/mL を示した。Dex を添加した継代培養で Ca^{2+} 量は 44.03 mg/dL に達した。ALP 活性は Dex を添加して継代した 33 日後に有意に高い値を示していた。

歯髓由来細胞による石灰化 nodule 形成のための継代培養で象牙芽細胞に分化する幹細胞は存在せず、石灰化 nodule 形成には骨髓由来細胞と同様に培養液への Dex の添加が必要であった。また、これまでに骨髓由来細胞を用いての *in vitro* での硬組織形成実験を行って、Dex を添加しての継代培養では 7~10 日間で石灰化 nodule が形成されていたが、歯髓由来細胞での石灰化 nodule 形成には Dex を添加しての長い期間の継代培養が必要であることが確認された。歯髓由来細胞には硬組織形成性細胞に分化する幹細胞の数が少ないと推察された。

この結果は、歯髓に由来する細胞を用いて歯を再生するためには、歯髓組織中の幹細胞の増殖と分化を促進させる因子を見出す必要があることを示すものである。

GSK-3 アンタゴニスト(Tideglusib) による培養歯髄細胞の修復象牙質産生への影響の解明

明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野
○増田宜子, 門倉弘志, 山崎崇秀, 上田堯之, 加藤邑佳, 横瀬敏志

The effects of glycogen synthase kinase (GSK-3) antagonists (Tideglusib) on the reparative dentine formation of rat cultured dental pulp cells.

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

○Yoshiko Masuda, Hitoshi Kadokura, Takahide Yamasaki, Takayuki Ueda, Yuka Kato, Satoshi Yokose

【緒言】歯髄細胞は様々な薬剤によって象牙芽細胞様細胞に分化し硬組織を産生することが知られている。臨床では様々な歯科材料が修復象牙質産生を促す覆髄剤として使用されているが、最近オーガニックな薬剤による修復象牙質産生への報告があった。アルツハイマー病の治療薬であるタイドグルーシブ (Tideglusib) を用いた覆髄処置である。Tideglusib は、Wnt/ β -catenin Signaling に関与する GSK3 の inhibitor である。Tideglusib をラットの覆髄剤として用いた In vivo の研究によるとラットの歯髄に覆髄剤として貼布すると最も優れた歯科材料である MTA よりも早期に多くの修復象牙質を産生することがわかった (Neves VC, et al., 2017, Sci Rep)。ラット培養歯髄細胞に Tideglusib (50 nM) を添加する実験を行うこととした。48時間の培養を1クールとした。

【目的】Tideglusib を48時間継続的に添加した場合と6時間添加した後42時間は添加しない場合とで行うこととし、合計8クール行い歯髄細胞の象牙芽細胞様細胞への分化と硬組織産生への影響を調べることにした。

【材料と方法】ラット下顎切歯の歯髄細胞を採取しコラゲナーゼ、トリプシン酵素、EDTA によって処理した後シャーレに播種し Primary culture を 37℃、5%CO₂にて行う。培地には α -MEM、10%子牛血清を加えたものを用いる。約1週間後にサブコンフルエントに達した後 6-well plate に継代した。石灰化誘導培地 (アスコルビン酸 50 μ g/ml, β グリセロリン酸 1.5 mM) を添加したものを培地として用いた。Tideglusib (50nM)を添加し6時間で培地を交換するものと48時間添加するものとで実験を行った。これを1クールとした。コントロールは Tideglusib (50nM) を添加しなかった。48時間毎に培地を交換した。8クール行った後、21日後に Von Kossa 染色、ALP 染色を行った。また、RNAを調整してオステオカルシン遺伝子の発現をリアルタイム PCR にて調べた。

【結果】Tideglusib を6時間添加したものと48時間添加したものでは、コントロールと比較して ALP 活性が高く Von Kossa 染色にて nodule の形成が多く認められた。6時間添加したもの、48時間添加したものとコントロールと比較してオステオカルシン遺伝子の発現が高かった。

【考察および結論】歯髄細胞の象牙芽細胞様細胞への分化や硬組織産生において、誘導因子を作用させる時間が重要であることが示唆された。Tideglusib 添加の作用時間や時期が Wnt/ β -catenin のシグナリングにどのように影響を及ぼしているのかをさらに検討する予定である。