

根面齲蝕をターゲットとした再石灰化療法の確立へのペプチド P11-4 の応用

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
○高橋史典¹, 黒川弘康^{1,2}, 村山良介¹, 瀧本正行¹, 小泉美香¹, 瀧川智義^{1,2}, 佐藤幹武¹, 宮崎真至^{1,2}
Establishment of the remineralization therapy that targeted root caries - application of Peptide P11-4

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

○TAKAHASHI Fuminori¹, KUROKAWA Hiroyasu^{1,2}, MURAYAMA Ryosuke¹, TAKIMOTO Masayuki¹,
KOIZUMI Mika¹, TAKIGAWA Tomoyoshi^{1,2}, SATO Mikitake¹, MIYAZAKI Masashi^{1,2}

【緒言】

歯科疾患実態調査結果報告 (2011 年度) によれば, 過去の調査と比較して齲蝕有病者率は 5~25 歳未満の各年齢階級で減少する傾向を示すものの, 45 歳以上では増加する傾向が認められ, とくに 75 歳以上で顕著であった。このように, 高年齢層で齲蝕が増加している背景には, 歯肉退縮に伴う露出歯根面での齲蝕の増加が挙げられるとともに, その抑制のためにも, 高年齢層をターゲットとした根面齲蝕処置の立案が急務と考えられる。

実質欠損を伴う根面齲蝕は環状に進行し隣接面に及ぶ場合も多いことから, 実質欠損を生じる以前の初期段階で積極的に再石灰化療法を行うことで根面齲蝕の進行を抑制することが重要となる。しかし, 象牙質はエナメル質と異なり有機質と水分を多く含むとともに, 細管構造を有することから, フッ化物配合歯磨剤などのホームケア製品による脱灰抑制あるいは再石灰化のコントロールにも限界があると考えられる。そこで, 初期根面齲蝕への非侵襲的なアプローチとして, 再石灰化促進作用を有するペプチドに着目し, これを応用した際の歯根部象牙質の脱灰抑制あるいは再石灰化効果について, 脱灰と石灰化の動的平衡の推移を非破壊的に測定可能な超音波透過法を用いて検討した。

【材料および方法】

実験には, ペプチド P11-4 を含有する Curodont (Credentis)を用いた。

1. 象牙質試片の製作

ウシ下顎前歯の歯根部象牙質をブロックとして切り出した後, 耐水性 SiC ペーパーで調整したものを象牙質試片とし, この試片の底面および側面をワックスで被覆して実験に供試した。なお, ペプチドの使用においては, 前処理材としてリン酸を用いることから, 予備実験を行うことで最適なリン酸処理時間を設定した。

2. pH サイクルおよび超音波伝播時間の測定

象牙質試片に対して以下の 4 条件の pH サイクルを 1 日 2 回, 28 日間連続して行った際の状態変化を, 超音波透過法を用いて検討した。すなわち, 超音波測定装置 (Model 5900, Panametrics)を用いて, 象牙質試片を透過する超音波伝播時間の変化を経時的に計測することで, 象牙質試片にペプチドを適用した際の脱灰抑制あるいは再石灰化効果を検討するとともに, 弾性率を算出することで象牙質の器質的变化について検討を加えた。

- 1) 37°C人工唾液中 (pH 7.0) に保管する条件 (Control 群)
- 2) 0.1M 乳酸緩衝液 (pH 4.75) に試片を 10 分間浸漬した後, 37°C人工唾液中に 12 時間保管する条件 (De 群)
- 3) 試片にペプチドを 5 分間塗布後, 37°C人工唾液中に保管する条件 (P 群)
- 4) 試片にペプチドを 5 分間塗布後, 0.1M 乳酸緩衝液に試片を 10 分間浸漬する。その後, 37°C人工唾液中に 12 時間保管する条件 (P-De 群)

なお, 超音波測定の時期としては, pH サイクル開始前および浸漬後 1 から 7 日まで 1 日毎, および 14, 21, 28 日後とし, あわせて, 形状測定レーザ顕微鏡を用いて表面性状を観察した。

3. SEM 観察および元素組成分析

所定の保管期間が終了した試片に対して, FE-SEM (ERA8800-FE, エリオニクス)を用いて, 試片の観察を行うとともに, 代表例については元素組成分析を行った。

【成績および考察】

Control 群では実験期間を通じて音速の変化は認められないものの, De 群では他の条件と比較して経時的にその音速が低下する傾向が認められた。一方, P 群および P-De 群では, 実験開始 7 日後までに音速が上昇し, それ以降でプラトーに達する傾向が認められた。この音速の変化は, 塗布されたペプチドが象牙質試片脱灰部および象牙細管内に浸透することで, 酸に対する緩衝材として機能するとともに, カルシウムイオンを吸着する足場となることで脱灰抑制あるいは再石灰化に影響を及ぼした可能性が考えられた。

【結論】

ペプチド P11-4 は, 象牙質の脱灰抑制および再石灰化効果を有することから, 非侵襲的な根面齲蝕処置を臨床で実践するための一助となることが示された。

歯肉線維芽細胞へブルーライト照射が及ぼす影響の検討

神奈川県歯科大学大学院口腔科学講座光歯科医学
○吉田彩佳, 吉野文彦

Analysis of Influence caused by Blue Light Irradiation on Human Gingival Fibroblasts
Photomedical Dentistry Division, Department of Oral Science, Kanagawa Dental University Graduate School
○YOSHIDA Ayaka, YOSHINO Fumihiko

【研究目的】 日常の歯科診療においてコンポジットレジン修復や歯牙漂白にブルーライトは必須ツールのひとつである。しかしながら、ブルーライトは網膜細胞上で活性酸素種 (ROS) 生成を誘導し青色光網膜障害を引き起こすことが報告されている。そのため、PC メガネに代表される機能性眼鏡による防御や、米国眼科学会においてはルテインを含む抗酸化物質サプリメント処方による治療ガイドライン (The Preferred Practice Pattern Guidelines) がすでに採用され、眼科領域ではブルーライト照射による弊害に対する研究と対策がすでになされている。一方、歯科におけるブルーライト応用は併用される材料や歯髄への温度変化の影響などの研究報告はあるが、照射により口腔領域に誘導される酸化ストレスの影響はほとんど検討されていない。そこで今回、術野外でありながらブルーライトの曝露に晒される歯肉線維芽細胞 (HGFs) を用いた検討報告を行う。

【方法】 ハロゲン光 (QTH; Techno Light KTS-150) と発光ダイオード (LED; Techno Light KTL-100) をブルーフィルターにより波長 460 nm, 出力 250 mW/cm² に固定し、HGFs に対する影響を細胞増殖活性試験 (MTS assay) および CellROX 蛍光プローブを用いた ROS 測定による生化学的検討と透過型電子顕微鏡 (TEM) による形態学的検討を行った。

【成績】 QTH・LED いずれの光源においても HGFs に対するブルーライト照射は、照射時間的に細胞増殖活性を有意に抑制した ($p<0.05$)。また、この細胞増殖活性は 5 分間照射では QTH と比較しても LED に照射された細胞の増殖活性は有意に抑制された ($p<0.05$)。CellROX による ROS 検出では、QTH・LED とともに非照射群と比較し有意な ROS 生成が認められた ($p<0.05$)。加えて、TEM における形態学的観察では、ミトコンドリアの肥大化および空胞化を認められた。

【考察】 QTH・LED 両光源によるブルーライト照射は、HGFs において光励起反応により ROS を産生し、この ROS 産生の最初のターゲットはミトコンドリアであり、ROS に誘導された酸化ストレスにより細胞増殖活性を抑制することが示唆された。これまで安全と考えられていた歯科におけるブルーライト応用においても、今回の検討から細胞に照射され誘導された ROS により口腔組織へ傷害を引き起こす可能性が示唆された。

【結論】 歯科診療におけるブルーライト応用は現在その影響が表在化されてきていないが、光励起型コンポジットレジンに対する開発当初の照射時間や使用頻度と比較し、現在においてはダイレクトボンディングやオフィスブリーチングなどへの応用による照射時間の延長・使用頻度の増加傾向が認められる。今後、複数回あるいは長時間のブルーライト照射に誘導された ROS による緩慢な酸化ストレスの蓄積は、歯科口腔領域においても青色光障害が誘発する可能性を示唆する。したがって、歯科においてもブルーライトに誘導された ROS に対する早急な防御法の確立が必須である。

BMP-1 はエンドサイトーシスを経て CCN2/CTGF の発現を促進し第三象牙質形成に関与する

神奈川歯科大学大学院歯学研究科 歯髄生物学講座¹⁾

日本大学松戸歯学部 歯内療法学講座²⁾

○室町 幸一郎^{1,2)}, 神尾 直人²⁾, 松島 潔²⁾, 石井 信之¹⁾

BMP-1 is associated with tertiary dentin formation through promoting the expression of CCN2/CTGF via endocytosis

¹⁾Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

²⁾Department of Endodontics, Nihon University School of Dentistry at Matsudo

○MUROMACHI Koichiro^{1,2)}, KAMIO Naoto²⁾, MATSUSHIMA Kiyoshi²⁾, TANI-ISHII Nobuyuki¹⁾

【目的】

BMP-1 は astacin ファミリーに分類されるメタロプロテアーゼであり、dentin sialophosphoprotein (DSPP) を dentin phosphoprotein (DPP) と dentin sialoprotein (DSP) / dentin glycoprotein (DGP) 複合体に分解することや、dentin matrix protein-1 (DMP-1)を分解することで象牙質の形成に関与すると考えられている。齶蝕などの外来刺激により第三象牙質（反応性象牙質および修復象牙質）が既存の象牙質に添加されるが、その際の BMP-1 の発現や役割は不明である。そこで本研究では、第三象牙質形成における BMP-1 の役割を明らかにすることを目的に、齶蝕歯における BMP-1 の局在、BMP-1 がヒト歯髄培養細胞のタンパク質発現に及ぼす影響、および BMP-1 の細胞における動態について検討した。

【材料および方法】

治療目的で抜歯予定の患者に研究のインフォームドコンセントを行い、同意を得た後に抜去された健全歯および齶蝕歯を研究に用いた。なお本研究は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認を得て行った。(承認番号：EC12-010)

- 1) 免疫染色：ヒト齶蝕歯の脱灰薄切切片を作製後、抗ヒト BMP-1 抗体を用いて免疫組織化学染色を行った。
- 2) 細胞培養：ヒト健全歯から歯髄を分離した後、3～5代継代培養した細胞をヒト歯髄培養細胞として用いた。
- 3) Western blotting：BMP-1 刺激時のヒト歯髄培養細胞における DSPP、DMP-1、CCN2/CTGF タンパク質の発現を western blotting にて検索した。
- 4) BMP-1 activity assay：BMP-1 特異的蛍光基質 Mca-Y-V-A-D-A-P-K(Dnp)-OH fluorogenic peptide substrate VI を用いて BMP-1 のプロテアーゼ活性を蛍光プレートリーダーにて測定した。
- 5) Internalization assay：HiLyte fluor 647 にて蛍光標識した BMP-1 をヒト歯髄培養細胞に加え、共焦点レーザー顕微鏡を用いて BMP-1 の経時的な局在の変化を観察した。

【結果】

- 1) ヒト齶蝕歯において、健全側と比較し BMP-1 の発現亢進が修復象牙質の pre-mineralized layer で認められた。
- 2) ヒト歯髄培養細胞において、BMP-1 による CCN2/CTGF タンパク質の発現亢進が認められた一方で、DSPP および DMP-1 の発現に変化は認められなかった。また、BMP-1 による CCN2/CTGF の発現は BMP-1 特異的阻害剤 UK383367 では抑制されず、一方で BMP-1 のプロテアーゼ活性は UK383367 で抑制されていることを確認した。
- 3) ヒト歯髄培養細胞において、HiLyte fluor 647 で標識した BMP-1 の経時的な細胞質内への取り込みが認められた。また BMP-1 による CCN2/CTGF タンパク質発現は dynamin 特異的阻害剤 dynasore により濃度依存的に抑制された。

【考察】

ヒト象牙質・歯髄複合体において齶蝕により第三象牙質が形成される際に BMP-1 の発現が亢進すること、また BMP-1 が dynamin 依存性のエンドサイトーシスによって細胞内に取り込まれて CCN2/CTGF の発現を亢進することが明らかとなった。CCN2/CTGF は CCN ファミリーに属する分泌タンパク質で、骨・軟骨組織においては内軟骨性骨化や骨折の治癒時などにその発現が亢進し骨組織の形成に大きく関与することが報告されている。なお、CCN とは当初発見された CYR61、CTGF、NOV の頭文字をとって命名されている。CCN2/CTGF は骨形成時のマーカーとして有用であることから、第三象牙質、特に修復象牙質が骨様の特徴を示す機序の一端を担うものと考えられた。

本研究は、平成 26 年度科学研究費補助金（若手研究（B）No. 26861609）により行った。

感染根管における超音波とナノバブルを用いた根管無菌化と歯髄再生

¹⁾国立長寿医療研究センター歯科口腔先進医療開発センター 再生歯科医療研究部、

²⁾愛知学院大学歯学部 歯内治療学講座、³⁾福岡大学医学部 解剖学講座

○藤田 将典^{1,2)}、庵原 耕一郎¹⁾、堀場 直樹²⁾、立花 克郎³⁾、中田 和彦²⁾、中島 美砂子¹⁾

Pulp Regeneration after Complete Disinfection of Root Canal System by Enhanced Delivery of Medicaments using Ultrasound with Nanobubbles in a Canine Periapical Disease Model

¹⁾Department of Dental Regenerative Medicine, Center of Advanced Medicine for Dental Oral Diseases, National Center for Geriatrics and Gerontology, Research Institute, ²⁾Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

³⁾Department of Anatomy, School of Medicine, Fukuoka University

○FUJITA Masanori^{1,2)}, IOHARA Koichiro¹⁾, HORIBA Naoki²⁾, TACHIBANA Katsuro³⁾, NAKATA Kazuhiko²⁾, NAKASHIMA Misako¹⁾

【目的】

これまで当研究室では、自家歯髄幹細胞を用いた抜髄後歯髄再生治療法を開発し(第136回本学会)、現在臨床研究を行っている。一方、この歯髄再生治療法を感染根管に適用するためには根管内の無菌化が必須である。私共は、超音波とナノバブルを併用して、薬剤を象牙細管内に深く浸透させる「超音波ナノバブル薬剤導入法」を開発し、根管を短時間に無菌化できる可能性を明らかにした(第134回本学会)。本研究では、さらに安全性が向上した新規ナノバブルを用いて超音波ナノバブル薬剤導入法を行い、前回と同等の薬剤浸透性を有することを確認した。また、イヌの感染根管モデルにおいて超音波ナノバブル薬剤導入法を行い、感染根管の無菌化を確認後、抜髄根管と同様の歯髄幹細胞自家移植を行い、病理組織学的ならびに分子生物学的に歯髄再生を検討した。

【材料と方法】

1. 超音波ナノバブル薬剤導入法の最適条件の検討: ナノバブル濃度 5%、10%あるいは20%に対し、超音波を120秒間、電圧32Vあるいは60Vで適用し、Dark-light illuminatorを用いてナノバブルの崩壊を観察し、最適な条件を検討した。さらに、根管拡大し3% EDTAで2分間処理したイヌ抜去前歯の根管内に、テトラサイクリン(5.0 mg/ml)と10%あるいは20%ナノバブルを混合した薬液を注入し、超音波を120秒間適用した。その後、ゼーゲミクロトームにて切片を作製し、象牙細管への薬剤浸透を比較検討することにより最適な条件を決定した。

2. イヌ感染根管モデルの作製: イヌ前歯を抜髄後、根管を14日間開放し、釣菌により感染の確認を行った。さらにX線ならびに病理組織学的検査を行い、根尖部歯周組織の破壊および炎症像により感染根管であることを明らかにした。

3. イヌ感染根管モデルにおける歯髄再生: 2の感染根管歯を用いて、1の最適条件で、一週ごとに35 µg/ml ビブラマイシンを薬剤導入し、細菌数の変化を釣菌により経時的に測定した。なお、ビブラマイシンの貼薬のみを対照群とした。

4 回導入後、自家の歯髄幹細胞およびG-CSFをコーゲンとともに根管内に移植した。14日後に根尖部歯周組織を含む歯を摘出し、病理組織学的検査(HE染色)、免疫染色(lectin、PGP9.5)および*in situ* hybridization(DSPP、Enamelysin)により有効性を評価した。

【結果】

ナノバブル崩壊率により超音波ナノバブルの最適条件を検討すると、ナノバブル濃度20%では電圧60Vで約95%であり、5%あるいは10%では32Vおよび60Vで約95%であった。次に薬剤浸透により最適条件を検討すると、濃度10%、電圧32Vにおいて、薬剤は根管壁から最も深い約1,200 µmまで浸透した。またイヌ感染根管モデルにおいて、ナノバブル濃度10%、電圧32Vでビブラマイシンを2回薬剤導入すると、根管内の細菌は検出限界以下にまで減少し、貼薬のみに比べ有意な差がみられた。さらに超音波ナノバブル薬剤導入による無菌化後、歯髄幹細胞をG-CSFとともに移植すると歯髄および根尖部歯周組織の再生が対照群と比べ有意にみられた。再生歯髄組織内には新生血管、神経突起伸長および象牙質壁での象牙芽細胞の分化がみられ、炎症性細胞浸潤はほとんどみられなかった。

【結論および考察】

これらのことから、超音波ナノバブル薬剤導入法は根管を短時間で無菌化でき、根尖性歯周炎の治療のみならず歯髄再生治療の前処置にも有用である可能性が示唆された。

異所性歯根移植モデルを用いた歯髄再生に及ぼす化学的微小環境の検討

¹⁾国立長寿医療研究センター 歯科口腔先進医療開発センター 再生歯科医療研究部、

²⁾愛知学院大学 歯学部 高齢者歯科学講座、³⁾愛知学院大学 歯学部 口腔インプラント科、

⁴⁾愛知学院大学 歯学部 小児歯科学講座、⁵⁾愛知学院大学 歯学部 歯内治療学講座

○河村 玲^{1,2,3)}、林 勇輝^{1,4)}、中田 和彦⁵⁾、村上 弘^{2,3)}、中島 美砂子¹⁾

Effect of chemical microenvironment on pulp regeneration after ectopic tooth root transplantation

¹⁾Department of Dental Regenerative Medicine, Center of Advanced Medicine for Dental Oral Diseases, National Center for Geriatrics and Gerontology, Research Institute, ²⁾ Department of Gerodontology, ³⁾Department of Oral implantology,

⁴⁾ Department of Pediatric Dentistry, ⁵⁾ Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

○Kawamura Rei^{1,2,3)}, Hayashi Yuki^{1,4)}, Nakata Kazuhiko⁵⁾, Murakami Hiroshi^{2,3)}, Nakashima Misako¹⁾

【目的】

我々は幹細胞を用いた歯髄再生メカニズムの検討を行ってきた。その中で、ブタ同一個体由来の歯髄・骨髄・脂肪 CD31⁺SP 細胞を脳梗塞、下肢虚血、異所性歯根移植モデルに注入し、量的には差があるが質的には同様の組織が再生することを報告した(第 135 回日本歯科保存学会発表)。それらの結果から、組織再生は移植細胞の由来ではなく、移植部位の微小環境に依存することが示唆された。また、安定して一定の微小環境を供給できる異所性移植モデルにおいて、歯髄再生には根管内の物理的微小環境は関与せず、根管内の化学的微小環境である細胞増殖・分化因子あるいは遊走因子が重要であることを報告した(第 136 回日本歯科保存学会発表)。本研究では歯髄が再生するために必要な化学的微小環境を明らかにするため、異所性歯根移植モデルにおいて、微小環境を与える歯根に対し各種処理を加えて移植し、微小環境因子の最適な抽出処理法の検討を行った。また、化学的微小環境を完全に破壊させた歯に、抽出した因子を再付着させることにより、歯髄再生に及ぼす根管微小環境が回復できるかどうかを検討した。

【材料と方法】

1. 歯髄再生に関与する化学的微小環境因子の抽出

①0.6N 塩酸処理、②①をさらに 4.0M グアニジン塩酸処理、③②をさらに 0.5M の EDTA 処理、

④湿潤化オートクレーブ処理(化学的微小環境破壊)。

2. 歯髄再生に関与する根管微小環境の再現

1) EDTA 抽出液の作製

抜髄したブタ歯根を粉砕し、塩酸、グアニジン塩酸、EDTA の順に浸漬させ、EDTA 抽出液を回収、遠心濃縮。

2) 歯髄幹細胞培養上清の作製

無血清下でブタ歯髄幹細胞を 24 時間培養した上清を、遠心濃縮し、5 μ g/ml に調整。

3) ブタ歯根への抽出液、上清の付着

⑤④に歯髄幹細胞培養上清を凍結乾燥、⑥④に EDTA 抽出液を凍結乾燥、⑦⑥に歯髄幹細胞培養上清を凍結乾燥

3. 1.および 2.の処理歯根内に歯髄幹細胞を注入し、SCID マウスに異所性移植。28 日後再生歯髄組織解析。

1) 歯髄再生量：HE 染色 2) 血管新生量：RECA1 3) 象牙芽細胞マーカー発現：in situ hybridization(Enamelysin)

4) 歯髄マーカー発現：Real-time RT-PCR(TRH-DE)、in situ hybridization(TRH-DE)

【結果】

オートクレーブ処理により化学的微小環境を破壊し、物理的微小環境のみにした根管には歯髄は再生しなかった。塩酸およびグアニジン塩酸処理した根管は、血管新生や象牙芽細胞分化を伴い歯髄の形態学的特徴を有する歯髄様組織の再生がみられ、歯髄マーカーの発現も認められた。さらに EDTA 処理を加えると歯髄再生量は著しく低下し、歯髄の形態学的特徴はほぼみられなくなった。オートクレーブ処理した歯根に EDTA 抽出液のみを凍結乾燥にて付着させても根管には歯髄は再生されなかったが、EDTA 抽出液と歯髄幹細胞培養上清の両方を付着させることで歯髄再生が認められた。

【結論及び考察】

これらの結果より、EDTA 抽出液中に歯髄再生に関与する化学的微小環境因子が含まれている可能性が示唆された。また、オートクレーブ処理により根管内の化学的微小環境を破壊しても、EDTA 抽出液及び歯髄幹細胞培養上清を再付着させることにより根管に歯髄が再生されたことから、根管微小環境の再現は可能であることが示唆された。

タバコ煙濃縮物刺激下における歯肉上皮細胞の *Porphyromonas gingivalis* 感染に対する 反応の検討

東京歯科大学 歯周病学講座¹
東京歯科大学 口腔科学研究センター²
○今村 健太郎¹、勢島 典¹、齋藤 淳^{1,2}

Response of gingival epithelial cells to *Porphyromonas gingivalis* infection under exposure to cigarette smoke condensate

Department of Periodontology¹, Oral Health Science Center², Tokyo Dental College
○IMAMURA KENTARO¹, SESHIMA FUMI¹, SAITO ATSUSHI^{1,2}

【目的】

喫煙は歯周病の環境面における重大なリスクファクターである。喫煙が歯周組織に及ぼす影響については、主にニコチンを中心に研究がなされてきた。しかし、タバコ煙が宿主細胞に及ぼす影響、とくに歯周病原細菌の存在下における影響については、未だ明らかにされていない。そこで本研究では、タバコ煙と *Porphyromonas gingivalis* 感染がヒト歯肉上皮細胞の機能、とくに遊走能に及ぼす影響とシグナル伝達経路を含めたメカニズムについて検討した。

【材料および方法】

ヒト歯肉上皮細胞株 Ca9-22 を 10% FBS 添加 MEM にてコンフルエントに達するまで培養した。各種濃度のタバコ煙濃縮物(CSC) を 24 h 作用させた後、細胞生死をトリパンプルー排除試験、細胞増殖能を WST-1 にて評価した。細胞生死と増殖能に影響を与えない濃度範囲を決定し以下の実験を行った。細胞骨格はアクチンフィラメントの変化を位相差顕微鏡および共焦点レーザー顕微鏡 (CSLM) にて観察した。遊走能は Wound healing assay にて評価した。また同様の条件において、integrin の発現局在を CSLM にて解析し、mRNA 発現を real-time PCR を用いて定量した。細胞遊走に関与しているシグナル伝達経路については、MAPK 関連の遺伝子発現プロファイルは PCR アレイを用いて、ERK、JNK、p38 のリン酸化は Western blot 法にて解析した。以上の実験は、*P. gingivalis* ATCC 33277 の感染下 (MOI=100、2 h) でも行った。さらに *P. gingivalis* にも CSC を作用させた条件において、Ca9-22 への侵入能を antibiotic protection assay および免疫二重染色を使用した CSLM にて評価した。

【成績】

喫煙者の唾液中濃度に相当するニコチン濃度の範囲(0.1-10 µg/ml) において、CSC は Ca9-22 の増殖能に変化を与えなかった。CSLM による観察においては、低濃度 CSC (10 µg/ml) ではラメリポディア様突起の伸展や、アクチンのリアレンジメントが認められ、高濃度 CSC (250 µg/ml) では、細胞形態の大きな変化が観察された。CSC 濃度 0.1-50 µg/ml において遊走能は濃度依存性に促進し、高濃度では遊走能の抑制が認められたことから、CSC は濃度により Ca9-22 に二相性の影響を及ぼすことが示唆された。また、Wound healing assay で遊走能を促進させた低濃度 CSC において、scratch 側に近接した細胞で integrin $\alpha 3$ のタンパク発現上昇が確認され、real-time PCR ではその mRNA 量が約 2 倍の増加を示した。低濃度 CSC 刺激では Ca9-22 において MAPK 関連遺伝子の発現亢進が認められた。Western blot では ERK のリン酸化の亢進が確認されたが、JNK、p38 には変化はなく、高濃度 CSC 刺激でも変化は認められなかった。*P. gingivalis* の感染によって Ca9-22 の遊走能と integrin $\alpha 3$ の発現は全体的に抑制され、低濃度 CSC による促進傾向は認められなくなった。低濃度 CSC 刺激によって活性化された ERK は *P. gingivalis* の感染によって抑制された。また、低濃度 CSC の刺激により *P. gingivalis* の Ca9-22 への侵入は促進された。

【考察および結論】

CSC は濃度によりヒト歯肉上皮細胞の細胞骨格や integrin 発現を変化させ、遊走能に二相性の影響を及ぼした。低濃度 CSC による遊走の促進には MAPK、とくに ERK の活性化が関与していると考えられた。さらに、このような CSC の作用は *P. gingivalis* 感染によって修飾されることが示唆された。

(会員外研究者：東京歯科大学微生物学講座 国分 栄仁、石原 和幸)

種々のヒト間葉系組織から得られる Muse 細胞の発現

鶴見大学歯学部歯周病学講座¹⁾、東北大学大学院医学系研究科細胞組織学分野²⁾
経済産業省大臣官房厚生企画室³⁾

○金指幹元¹⁾、出澤真理²⁾、若尾昌平²⁾、船津太一朗¹⁾、松島友二¹⁾、長野孝俊¹⁾、日下輝雄³⁾、五味一博¹⁾、

The expression of Muse cells that human several mesenchymal tissues

Department of Periodontology, Tsurumi University School of Dental Medicine¹⁾

Department of Stem Cell Biology and Histology, Tohoku University Graduate school of Medicine²⁾

Ministry of Economy, Trade and Industry Minister's Secretariat Welfare Planning Office³⁾

○M Kanazashi¹⁾, M Dezawa²⁾, S Wakao²⁾, T Funatsu¹⁾, Y Matsushima¹⁾, T Nagano¹⁾, T Kusaka³⁾, K Gomi¹⁾

【緒言】

近年、ヒト間葉系組織に多分化能を有するが腫瘍性を持たない Muse (Multilineage-differentiating stress enduring) 細胞が報告された。Muse 細胞は体のあらゆる細胞に分化するだけでなく、分化誘導をかけずにそのまま血管内に投与するだけで傷害部位に集積し、自発的に組織に応じた細胞に分化することによって組織修復・再生を行うことが出来る細胞であり、腫瘍性を持たないことから早期の再生医療応用が期待されている。

本研究では、身体への侵襲を加えることなく得られ、その有用性が期待される臍帯、矯正治療の見地から便宜拔牙される歯に付着する歯根膜組織、歯髓組織に含まれる Muse 細胞を分離・培養を行い、歯周組織工学を用いた新規歯周組織再生療法へ展開するための基礎データを得ることにある。

なお本研究は鶴見大学歯学部倫理審査委員会の審査と承認(受付番号: 1203 号)を得て行った。また本演題発表に関連して、開示すべき COI (Conflict of Interest) 関係にある企業等はない。

【材料と方法】

連携医療機関より臍帯を受け入れ、我々の方法(日歯保誌 51:25-32, 2010)に従い初代臍帯由来間葉系細胞を得た。同様に歯周組織関連細胞は脱落歯(乳歯)さらには矯正学見地から便宜拔牙された“歯”より、それぞれ目的とする歯根膜組織、歯髓組織を Gronthos S (J Bone Miner Res. 18:696-704, 2003)らの方法に準じ酵素処理する事で得た。

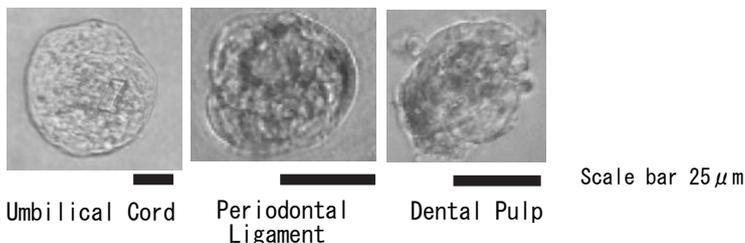
これら各細胞源から Muse 細胞に関する各種プロトコルに準じて染色、ソーティングを行い 96 ウェルプレートにシングル細胞で播種した。(http://www.stemcells.med.tohoku.ac.jp/protocol/index.html)

臍帯組織は 2 検体、歯髓組織は 6 検体、歯根膜組織は 3 検体について SSEA-3, CD105 ダブルポジティブの陽性率、5~10 日後のクラスター形成率を求めた。このうち歯根膜と歯髓の 3 検体は同一検体より得られた細胞であった。

【結果】

臍帯 MSC の SSEA-3 陽性率	0.54 ± 0.02	クラスター形成率	0.22 ± 0.01
歯根膜 MSC の SSEA-3 陽性率	0.40 ± 0.22	クラスター形成率	51.5 ± 14.5
歯髓 MSC の SSEA-3 陽性率	0.98 ± 0.89	クラスター形成率	21.0 ± 4.7

であった。下記に代表的な各クラスターの写真を示す。歯根膜、歯髓に比べ臍帯のクラスター形成率が少なかったのは CD146 陽性の pericyte が豊富な集団であるためと思われる。



【考察】

臍帯、便宜拔牙後の歯より得られる間葉系細胞は、いわゆる医療廃棄物であり組織採取に際して身体への侵襲が加わらず細胞を得ることが出来る。今回これら組織より Muse 細胞の元となるクラスター形成を認めたことから再生医療に際して新たな細胞ソースとして期待が持たれる。今回臍帯組織由来細胞は日歯保誌 51:25-32, 2010)に従い初代細胞を得たもので、Saragaser R (Stem Cells 23:220-229, 2005)らの方法に準じて分離されており Pericyte のマーカーである CD146 を約 50% 発現していたことから 3 胚葉に分化可能なクラスターの形成率が多くの組織に比べ少なかったと考えている。現在 3 胚葉分化、自己複製能の検証を行っている最中であり今後それら結果についても報告する予定である。

【結論】

臍帯、歯根膜、歯髓組織中に Muse 細胞の存在が示唆された。

【謝辞】

本研究は科学研究費 1) 基盤研究 A: 未知なる歯髓細胞の機能を解析し、新たな歯髓再生療法の臨床展開を目指す: 金指分担研究、2) 挑戦的萌芽研究: 臍帯由来間葉系細胞中 Muse 細胞の特性解析と歯周組織再生医療応用への展開: 金指研究代表、3) 若手研究 (B): 歯髓由来 Muse 細胞を用いた新規組織工学的歯周組織再生療法の開発、の助成を受けて行った。

Wnt5a は Ror2-JNK シグナルを介してヒト歯根膜幹細胞株の骨芽細胞様分化を抑制する

¹九州大学大学院歯学研究院 歯科保存学研究分野、²九州大学病院 歯内治療科、

○長谷川大学¹、和田尚久²、前田英史²、吉田晋一郎¹、御手洗裕美¹、
門野内聡¹、濱野さゆり¹、祐田明香¹、赤峰昭文^{1,2}

Wnt5a suppresses osteoblastic differentiation of a human periodontal ligament stem/progenitor cell line through Ror2-JNK signalling.

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

²Department of Endodontology, Kyushu University Hospital,

○Daigaku Hasegawa¹, Naohisa Wada², Hidefumi Maeda², Shinichiro Yoshida¹, Hiromi Mitarai¹,
Satoshi Monnouchi¹, Sayuri Hamano¹, Asuka Yuda¹, Akifumi Akamine^{1,2}

【研究目的】 Wnt シグナル伝達経路には β カテニン 依存的 (Canonical) および非依存的 (Non-canonical) 経路が存在しており、細胞増殖・分化、生存・アポトーシス及び細胞極性・運動の制御ならびに発生過程での組織形成や癌化、癌の浸潤・転移などにおいて重要な役割を担っている。我々は本学会第 139 回学術大会にて、Non-canonical 経路において中心的な役割を担う Wnt5a が、歯根膜組織に強発現し、ヒト歯根膜細胞のコラーゲン線維形成を促進することから、Wnt5a が歯根膜組織の恒常性維持に関与している可能性について報告した。一方、Canonical 経路は骨芽細胞様分化を促進することが報告されているが、Non-canonical 経路における骨芽細胞様分化に関する報告は殆どないのが現状である。そこで、本研究では当研究室で樹立したヒト歯根膜幹細胞株を用いて、Wnt5a がヒト歯根膜幹細胞の骨芽細胞様分化に及ぼす影響ならびにそのメカニズムについて検討することを目的とした。

【材料および方法】 当研究室にて樹立した歯根膜幹細胞株の特徴を有するヒト不死化歯根膜細胞株 2-23 を用いた。

(1) Wnt5a を添加した石灰化誘導培地 (Ascorbic acid, β -glycerophosphate, Dexamethasone 含有 10%FBS/ α MEM) にて培養した 2-23 細胞株における骨関連遺伝子 (BSP, BMP2, Osterix) の発現量および石灰化能について、それぞれ定量的 RT-PCR 法および Alizarin red 染色法にて検討した。また、細胞内シグナルに関わる因子である ERK, JNK, AKT のリン酸化を Western blotting 法にて解析した。(2) 免疫蛍光染色法にて、2-23 細胞株における、Wnt5a 受容体 Ror2 の発現を観察した。(3) siRNA を用いた Ror2 ノックダウンアッセイにおいて、Wnt5a 刺激による骨関連遺伝子発現量の変化に及ぼす影響について定量的 RT-PCR 法にて検討した。(4) ERK および JNK の inhibitor (U0126 および SP600125) を用いて、Wnt5a 刺激による骨関連遺伝子発現量および石灰化能の変化に及ぼす影響について検討した。(5) 2-23 細胞株を、Canonical 経路を活性化する塩化リチウム (LiCl) とともに Wnt5a を添加した石灰化誘導培地にて培養し、Canonical 経路に対する Wnt5a の影響について β -catenin の細胞内局在を免疫蛍光染色法にて検討した。

【結果】 (1) Wnt5a (50 ng/ml) 含有石灰化誘導培地にて培養した 2-23 細胞株では、非添加群と比較して Alizarin red 陽性反応ならびに骨関連遺伝子 (BSP, BMP2, Osterix) の発現量が有意に減少した。また、ERK, JNK, AKT のリン酸化が亢進した。(2) 抗 Ror2 抗体を用いた免疫蛍光染色法により、2-23 細胞株において陽性反応が認められた。(3) Ror2 のノックダウンにより、Wnt5a 刺激によって減少した骨関連遺伝子発現量が回復した。また、Ror2 のノックダウンは ERK および JNK のリン酸化を低下させたが、AKT のリン酸化には影響しなかった。(4) JNK inhibitor (SP600125) 添加群では、Wnt5a 刺激によって減少した Alizarin red 陽性反応ならびに骨関連遺伝子の発現量が回復したが、ERK inhibitor (U0126) 添加群では影響が認められなかった。(5) 抗 β -catenin 抗体を用いた免疫蛍光染色の結果、Wnt5a は石灰化誘導培地にて培養した 2-23 細胞株において、LiCl 刺激による β -catenin の核内移行を阻害した。

【考察】 本研究より、Wnt5a は Ror2-JNK シグナル伝達経路を介してヒト歯根膜幹細胞の骨芽細胞様分化を抑制することが明らかになった。また、Wnt5a が LiCl 刺激による β -catenin の核内移行を阻害したことから、Canonical 経路を抑制することが示唆された。このことから、線維性結合組織である歯根膜における石灰化を抑制するメカニズムに Wnt5a が関与し、歯根膜の恒常性維持に寄与している可能性が考えられた。

【結論】 Wnt5a は Ror2-JNK シグナルを介してヒト歯根膜幹細胞の骨芽細胞様分化を抑制する。

Effects of zinc fluoride on inhibition of dentin demineralization and collagen degradation *in-vitro*

Cariology and Operative Dentistry School of Dentistry Tokyo Medical and Dental University.

○NAKASHIMA Syozi. THANATVARAKORN Ornnicha. NIKAIIDO Toru, TAGAMI Junji

フッ化亜鉛による象牙質脱灰抑制およびコラーゲン分解抑制

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 口腔機能再構築学系 う蝕制御学分野

○中嶋省志. Ornnicha Thanatvarakorn. 二階堂徹. 田上順次

【Purpose】 Recently, 38% Silver Diammine Fluoride(SDF: Saforide™) is reported effective for root caries prevention in major journals (Evid Based Dent. 2011, others). It is believed that the higher efficacy of SDF is due to the high concentrations of fluoride (44,880 ppm) and silver (25.5%), the former would be effective in anti-demineralization, the latter anti-bacteria effect and anti-collagen degradation. On the other hand, however, a cosmetic problem of brown and black discoloration of treated tooth and gingiva is well known, thus there must be a limitation to use it. This study aims to develop a new agent for root caries prevention which does not cause the discoloration. We examined potential efficacy of zinc fluoride (ZnF₂) on anti-demineralization and anti-collagen degradation *in-vitro*. **【Materials and Methods】** A) **anti-demineralization test:** Bovine root dentin specimens were treated for 3 minutes by following fluoride agents and were demineralized for 5 days. The lesion depth (LD) and mineral loss (ΔZ) were assessed by TMR (Transverse Micro Radiography). Fluoride agents: 1) SDF, 2) 4.18% ZnF₂·4H₂O (F=9,048 ppm, Zn=1.56%), 3) 4.18% ZnF₂·4H₂O dissolved in HCl (ZnF₂/HCl), 4) APF (F=9,048 ppm in 0.1 M H₃PO₄). B) **anti-collagen degradation test:** Pre-demineralized dentin specimens in pH5.0 acetate buffer and pH7.0 EDTA were treated by the fluoride agents above mentioned, then they were immersed in collagenase solution including Clostriticum histolyticum enzyme (12.5 unit/mL) for 6 hours. The specimens were thin-sectioned with including the lesion body. Depth of degraded collagen layer in the lesion body was measured by optical microscopy (Fig. 1). The other different soluble zinc agents (ZnSO₄, Zn(NO₃)₂, zinc acetate) were assessed in the same way for comparison. Regarding ZnF₂/HCl, the efficacy was assessed in a lower concentration of the enzyme (6.25 unit/mL). **【Results and Discussion】** a) In terms of LD, SDF group showed the highest anti-demineralization efficacy, while no difference among the other fluoride agent groups were observed (data not shown). In terms of ΔZ , SDF group showed the highest efficacy, followed by ZnF₂/HCl, APF and ZnF₂ group. Less efficacy of ZnF₂ group would be due to the less solubility (Fig. 2). b) SDF group showed the highest efficacy of anti-collagen degradation in both acetic acid and EDTA demineralized specimens. In order to examine storage effect on anti-collagen degradation, the treated specimens were immersed in distilled water (DW) for 30 second and in artificial saliva (AS) for 1 day. When the specimens treated by ZnF₂/HCl were stored in DW, it showed the anti-collagen efficacy, but APF and NaF groups did not (Fig. 3). c) ZnF₂/HCl group showed better efficacy than the other zinc agent groups when they were applied for a longer time (30 minutes) than a shorter time (3 minutes), but after 1 day storage in AS, the efficacy was lost (Fig. 4). These data suggest that the efficacy of zinc agents is time depending characteristics. d) When the enzyme concentration was lower (6.25 unit/mL), the relative inhibitory effect of ZnF₂/HCl was elevated, ie, 62% vs 38% for 3 min treatment and 74% vs 69% for 30 min treatment (Fig. 5).

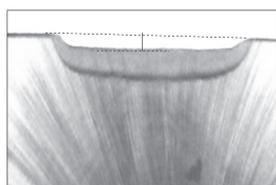


Fig. 1 Degraded collagen layer

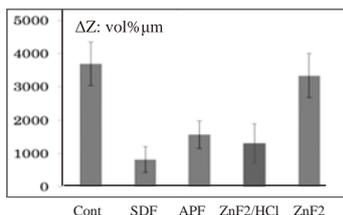


Fig. 2 Anti-demineralization efficacy

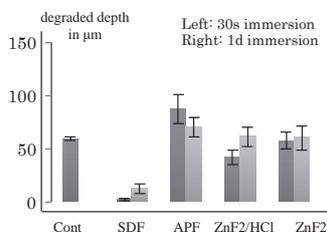


Fig. 3 Anti-collagen degradation efficacy

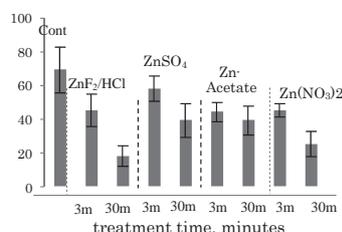


Fig. 4 Anti-collagen degradation efficacy of the other Zn agents

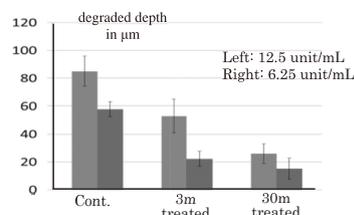


Fig. 5 Anti-collagen degradation by ZnF₂/HCl at a lower conc. of enzyme

酸蝕と咬合の相互作用が **Tooth wear** 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, 岩崎歯科医院³
○安藤 進¹, 市野 翔¹, 大城麻紀¹, 鈴木英梨子¹, 横川美穂¹, 高見澤俊樹^{1,2}, 宮崎真至^{1,2}, 岩崎圭祐³

Influence of Interaction between Erosion and Occlusion on Tooth Wear
Department of Operative Dentistry¹, Division of Biomaterials Science Dental Research Center²,
Nihon University School of Dentistry
Iwasaki Dental Clinic³

○ANDO Susumu^{1,2}, ICHINO Syo¹, OSHIRO Maki¹, SUZUKI Eriko, YOKOKAWA Miho,
TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2}, MIYAZAKI Masashi^{1,2}, IWASAKI Keisuke³

【研究目的】

Tooth wear は、酸蝕、摩耗あるいは咬耗などの多因子が相互に影響することで歯質の欠損を生じる。その機序を検討することは、**Tooth wear** の予防に役立つと考えられるものの、基礎的研究が少ないのが現状である。そこで演者らは、溶液に浸漬したエナメル質とコンポジットレジン(CR)との口腔内での衝突摩耗運動をシミュレートした試験を行い、その初期 **Tooth wear** 挙動を検討した。

【材料および方法】

試験に用いたエナメル試片は、試片としてウシ (2-3 歳齢) の下顎前歯の歯冠部を常温重合レジンに包埋したものである、耐水 SiC ペーパーの#400~2,000 を逐次用いて直径 6 ミリ程度のエナメル質平坦面が得られるように研削し、エナメル試片とした。pH4.75 に規定した乳酸緩衝液(LW)および蒸留水(DW)を浸漬溶液とし、アンタゴニストに Clearfil AP-X (AP)と Estelite Σ Quick (SQ)の 2 種の CR を使用し衝突摩耗試験機 (東京技研) を用いストレート落下 2 回と水平スライド 1 回を 1 サイクルとした衝突摩耗を 1,000 回まで負荷した。負荷後のエナメルの表面変化をレーザー顕微鏡 (キーエンス), およびヌーブ硬さ試験機 (松沢精機) を用いて衝突摩耗 (ISW) 量, 平均粗さ (Ra), 最大粗さ (Rv), ヌーブ硬さ (KHN) および表面性状の測定を行った。試片の数は、各条件についてそれぞれ 6 試片の平均値を求め測定値とした。

【結果および考察】

ISW および KHN は、摩耗回数、浸漬溶液およびアンタゴニストの種類によって異なる成績を示した。すなわち 100 回衝突摩耗後の DWAP で $5.1 \pm 0.8 \times 10^4 \mu\text{m}^3$ から 1,000 回衝突摩耗後の LWAP で $19.3 \pm 4.1 \times 10^4 \mu\text{m}^3$ の ISW 量を示した。KHN は LW 中での衝突磨耗回数の増加にともない硬さの低下が認められ、硬さの低下は損耗形態の拡大に影響していることが示唆された (Fig.)。ISW の増加は、繰り返し付加された衝撃力による劈開破壊と凝着摩耗によって進展していると考えられた。また、酸緩衝液中では、摩擦化学的摩耗が ISW 量の増大に影響している可能性が示唆された。

【結論】

本実験の結果から、コンポジットレジンにアンタゴニストに用い介在溶液を介して歯質への咬合運動をシミュレートした本試験法によって、衝突摩耗挙動を予測することが可能であり **Tooth wear** の検討に適していることが示された。

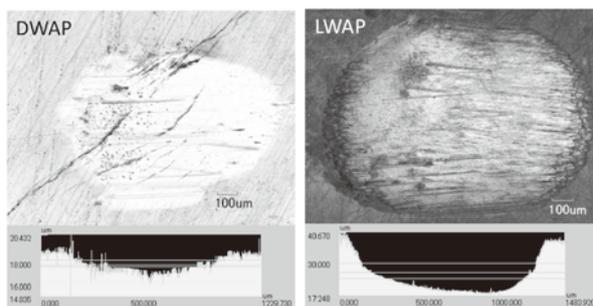


Fig. Laser scanning microscopic images in DWAP and LWAP (1,000 cycles).

フルオロアルミノカルシウムシリケート含有歯面コート材の
象牙質知覚過敏症抑制効果に関する基礎的および臨床的研究
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

○ 韓 臨麟, 興地隆史

**Laboratory and clinical evaluation of the dentin desensitizing effect of a
fluoroaluminocalciumsilicate-based tooth coating material (Nanoseal)**

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

○ HAN Linlin, OKIJI Takashi

緒言: 象牙質知覚過敏症の主因は歯髄の A δ 線維に対する動水力学的刺激と考えられており, 象牙細管内容液の移動阻止による知覚過敏症状緩和を意図してさまざまな薬剤や材料が開発されている. フルオロアルミノカルシウムシリケート含有歯面コート材 (ナノシール, 日本歯科薬品工業) はフルオロアルミノカルシウムシリケートの混濁液とリン酸の水溶液からなり, 混和すると微細な粒子が歯面に析出することが我々によって確認されている. 本研究ではナノシールの象牙質知覚過敏症に対する抑制効果について, 基礎的および臨床的検証を行った.

材料および方法

1. 基礎的研究

冷蔵保管牛歯の唇側歯頸部 (CEJ) 直下の根面部から 5×5×1.5 mm の象牙質試片を採取し, 中林らの方法に準じて 10% リン酸による表面処理 (10 秒) とヒドロキシアパタイト含有ペーストによる研磨を行い, 人工知覚過敏象牙質面を作製した. 次いで, 製造者指定の方法で混和したナノシールを同面に 20 秒間塗布し 30 秒間水洗した後, 人工唾液 (pH7.2) 中に 2 時間保管し, さらに流水下で手動により約 50g 程度の荷重で歯ブラシ (Tuft24-ESS, Oral Care) にて塗布部を 20 秒間刷掃した後, 人工唾液中に 24 時間 (37°C) 保管した. 以上を 1 処理サイクルとし, 1-3 サイクルの試片 (各 n = 3) を作製した. 次いで, 走査型電子顕微鏡 (S2300; 日立) にて塗布面の画像撮影を行い, 観察領域 (108 μm^2) における象牙細管の総数および直径の 90% 以上が封鎖された象牙細管数を求め, 象牙細管封鎖率を算出した.

2. 臨床調査 (新潟大学歯学部倫理委員会承認番号 24-R22-11-26)

新潟大学医歯学総合病院歯の診療科外来に象牙質知覚過敏症状を訴え受診し, 本研究への参加の同意が得られた 30 - 80 歳台の男女計 50 名を被験者とした. 冷気刺激 (患部から 1 cm 離れた状態でスリーウェシリンジにて露出象牙質部に 1-2 秒送気: 空気圧 (3.9 psi 程度) で被験歯 (患者 1 名につき 1 歯) を特定するとともに, 冷気刺激 (上記) および探針による歯頸部の擦過を行い, 疼痛の程度をスコア 0~3 の 4 段階に分類した. なお, 深さ 1 mm 以上の楔状欠損, 歯冠破折, う蝕, 修復物, および歯周疾患による顕著な歯根の露出を有する歯は研究対象から除外した.

被験歯面にナノシールを製造者指定の方法で塗布後, 7~10 日後の再診時に上記と同様に冷気刺激と擦過を行い, スコアが 0 あるいは初診時と比べて 2 段階以上低下した症例を有効と判定した. 有効と判定されない症例には再塗布を行い, 次回来院時に同様に効果を判定した. 4 回以上再塗布したケースは無効とした.

結果: 人工知覚過敏象牙質のナノシール塗布面では, 象牙細管開口部, 象牙細管内および管間象牙質に径約 0.2 μm の粒子の密な沈着が観察された. 1 から 3 サイクル後の封鎖率は, それぞれ 17.8%, 65.5%, 95.2% であった.

臨床調査では被験歯は 30-80 歳台の全年齢層に分布しており, 小臼歯, 次いで犬歯が多数, 側切歯が最も少数であった. 有効歯数は 1~3 回の塗布でそれぞれ 11 (22.0%), 26 (52.0%), 6 (12.0%) 歯で, 合計 43 (86%) 歯であった.

考察: ナノシール塗布された人工知覚過敏象牙質では, 象牙細管開口部 (直径 2~5 μm) より径の小さい粒子が密に形成されており, その進入により細管の多くが封鎖されることが確認された. ナノシールにはリン酸が含まれているため塗布歯面が一時的に脱灰され, ここにシリケートセメントの硬化反応に類した機構で形成されたと思われる微粒子, あるいは脱灰により溶出したカルシウムイオンの再沈着が生じ, 塗布歯面に粒子が持続的に定着したことが示唆される. また, 再塗布による象牙細管封鎖率の向上が臨床的抑制効果の向上につながるものと考えられた.

結論: ナノシールが塗布回数に応じて象牙細管封鎖率を向上させること, および, 臨床的に象牙質知覚過敏症抑制効果を示すことが確認された.

知覚過敏抑制材と Er:YAG レーザーの併用がもたらす象牙質への影響

日本大学松戸歯学部保存修復学講座¹, 日本大学松戸歯学部臨床検査医学講座², 日本大学松戸歯学部歯科生体材料学講座³

○岩井啓寿¹, 小西賀美², 小峯千明², 関根哲子¹, 大塚一聖¹, 藤田 光¹, 谷本安浩³, 平山聡司¹

Combined effects of desensitizing agents and Er:YAG laser on dentin

Department of Operative Dentistry¹, Department of Laboratory Medicine for Dentistry²,

Department of Dental Biomaterials³

Nihon University School of Dentistry at Matsudo

○IWAI Hiroto¹, KONISHI Yoshimi², KOMINE Chiaki², SEKINE Satoko¹, OTSUKA Issei¹, FUJITA Kou¹,

TANIMOTO Yasuhiro³, HIRAYAMA Satoshi¹

【目的】

昨今、8020 運動の普及により歯の寿命が長くなる一方で、Tooth Wear による硬組織疾患が臨床の現場において話題となっている。その中でも酸性飲食物の摂取が招く酸蝕によって、象牙質知覚過敏症を発症する機会が年々増加し、『齲蝕ではないのに歯が沁みる』という現象は珍しくない。

象牙質知覚過敏症の治療法には、薬物療法として、感覚を鈍麻させ閾値を上げるものや細管内液を凝固・固定させるもの、細管を物理的に封鎖するものなどがある。また、レーザー療法として、高出力照射により露出した象牙細管を塞ぐものや、低出力照射で細管内のタンパクを凝固させるものがある。その中でも、組織表面吸収型レーザーである Er:YAG レーザーの場合、波長が水の吸収スペクトルと一致していることから、水を含む被照射体に特異的に作用し、熱的損傷が少ない特徴を有している。このことから歯科用レーザーの中でも象牙質知覚過敏処置に最も効果的な機器といえる。そこで本研究は、薬物療法とレーザー療法を併用することで、象牙質表面に与える形態学的変化を走査電子顕微鏡（以下、SEM）を用いて比較・検討すべく実験を行った。

【材料および方法】

抜去後、冷凍保管したウシ前歯唇側エナメル質を削除して象牙質の表面を平坦に研磨し、1μm のインペリアルラッピングフィルム（3M）にて最終研磨を行った。最終研磨表面に 0.2%EDTA を 1 分間作用させ、15 分間超音波洗浄して象牙質試料とした。知覚過敏抑制材は、細管に結晶物を析出させ封鎖を試みるタイプである、ナノシール[®]（以下 NS、日本歯科薬品）と、ティースメイト[®]ディセンシタイザー（以下 DS、クラレノリタケデンタル）の 2 種類を用いた。

Er:YAG レーザーはアーウィンアドベール[™]（モリタ）を使用した。先端チップには照射野の広い C800F と、知覚過敏用のブラシチップの 2 種類を用いた。C800F は 1mm の非接触照射、ブラシは臨床に即し、刷掃するよう接触照射で行った。いずれも照射条件は、30mJ・10pps でエア・注水有りで行った。

象牙質試料表面に NS、DS を使用説明書にしたがって作用させ、直後に 2 種類のチップを用いてレーザー照射した群と、最初にレーザー照射してから、NS、DS を作用させた群の合計 2 群、8 条件の SEM 試料を作製した（n=4）。

SEM 試料は、エタノール昇順脱水後、t-ブチルアルコール置換を行い、フリーズドライヤー（ES-2030：日立）で凍結乾燥を行った。蒸着はイオンスパッター（E-1030：日立）を用い、15mA で 5 分間白金パラジウムにて行った。象牙質表面の観察には、走査電子顕微鏡（S-2700：日立）を使用して、加速電圧 15kV、エミッション電流 11μA、ワーキングディスタンス 50mm とし観察を行った。

【結果および考察】

SEM 観察の結果、薬物療法を行ってからレーザー照射した象牙質試料では、細管を封鎖した結晶物がレーザー照射により蒸散され、コントロールに比べ減少している傾向が見られた。また、管間象牙質にクラックや管周象牙質に融解が観察された群も確認した。レーザー照射を行ってから薬物療法を行った試料では、いずれも象牙細管を良好に封鎖している結晶物が観察され、クラックなどの所見は観察されなかった。

薬物療法とレーザー療法を併用することによる知覚過敏症抑制の相乗効果を期待したが、作用の順序や条件を考慮せずに併用することで、十分な抑制効果が得られない可能性が示唆された。今後は、レーザー照射条件や薬物の塗布方法を組み合わせる事により、象牙質の表面構造の変化や、表面性状の元素分析を行う予定である。

パルミチン酸塩の象牙質知覚過敏症に対する効果

花王株式会社パーソナルヘルスケア研究所
○高橋典敬, 矢納義高

Effect of palmitate on dentin hypersensitivity.

Kao corporation Personal Health Care
○TAKAHASHI Noritaka, YANOU Yoshitaka

【緒言】

冷たい物の飲食などで歯がしみる象牙質知覚過敏症は、toothwear 等による硬組織欠損、歯周病や不正なブラッシング等に伴う歯肉退縮で象牙質が露出することに起因し、開口した象牙細管において象牙芽細胞に存在する分子センサーが象牙細管内の組織液の移動や温度による刺激を検出、その細胞信号をシナプス連絡によって歯髄神経へ伝達することで、疼痛が惹起されると考えられている。そのため、刺激の入口となる象牙細管を閉塞することが、知覚過敏症状を緩和する手段の一つと考えられ、歯磨剤等のセルフケア製品にも応用されている。今回我々は、パルミチン酸塩に象牙細管閉塞作用及び知覚過敏症状の緩和効果を見出したので報告する。

【実験 1：脂肪酸塩の象牙細管閉塞作用】

[材料と方法]

ウシ歯象牙質を、ダイヤモンドカッターを用いて約 50×100×30 mm の大きさに切り出し、40 ミクロン及び 3 ミクロンのサンドペーパーで表面を研磨した後、1 mM 乳酸に 30 min 浸漬することで、象牙細管を開口させた。この象牙質に対して、KOH で中和して調製した各種脂肪酸塩 (4 mM, 0.5 ml) を 2 min 作用させ、精製水で 3 回洗浄、乾燥させて白金蒸着した後に、SEM (×2000 倍) を用いて象牙細管の閉塞状態を観察した。また、象牙細管閉塞効果が認められた評価サンプルにおいては、さらに 6 時間精製水中に浸漬した後に、再度 SEM にて閉塞状態を観察した。

[結果]

ラウリン酸塩、ミリスチン酸塩、及びパルミチン酸塩に象牙細管を含む象牙質一帯を被覆像が確認され、特にパルミチン酸塩においてはその作用の即効性と持続性に優れていた。

【実験 2：パルミチン酸塩配合歯磨剤の知覚過敏症状緩和効果】

[材料および方法]

5%硝酸カリウムおよび 0.5%パルミチン酸塩を含む試験歯磨剤および 5%硝酸カリウムのみを含む対照歯磨剤それぞれを、最近 1 ヶ月の間で知覚過敏症状を感じている 40 名 (各群 n=20) に 2 週間、毎日 2 回以上使用させ、その前後での知覚過敏症状に伴う痛みの程度を VAS (Visual Analog scale) で評価した。

[結果]

試験歯磨剤は対照歯磨剤と比較して VAS のスコアが低い値を示した。

【考察】

本検討により、パルミチン酸塩に象牙細管閉塞作用および知覚過敏症状の緩和効果が確認された。一般的に脂肪酸塩は石鹸の洗浄成分の一つとして知られており、カルシウムイオンとのイオン結合によって結晶を形成する性質を有することが知られている。一方、象牙質はその成分の約 70% がヒドロキシアパタイトで構成されていることが知られている。これらのことから、パルミチン酸塩による象牙細管閉塞作用および知覚過敏症状の緩和効果には、象牙質を構成するヒドロキシアパタイト表面のカルシウムとの結合による被覆作用が関与しているものと推察される。

【結論】

パルミチン酸塩を配合した歯磨剤は知覚過敏症状の日常のセルフケアとして有用である。

リン酸カルシウム系知覚過敏抑制材の臨床評価

— 即時効果について —

鶴見大学歯学部保存修復学講座

○坂本富則, 深谷芽吏, 大森かをる, 桃井保子

Clinical Evaluation of Calcium Phosphate Based Desensitizer for Immediate Effect
Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine, Yokohama, Japan
○SAKAMOTO Tominori, FUKAYA Meri, OHMORI Kaoru, MOMOI Yasuko

【緒言】

日常臨床において象牙質知覚過敏を主訴に来院する患者は少なくない。過敏の程度には差があるものの疼痛を迅速に和らげることは患者の QOL 向上に直接繋がる。除痛のメカニズムとしては、象牙細管開口部の閉鎖、露出象牙質の被覆、過敏になった知覚神経の鈍麻などがある。本研究では、象牙細管の開口部を封鎖して除痛を図るリン酸カルシウム系知覚過敏抑制材(ティースメイト®ディセンシタイザー、クラレノリタケデンタル)の即時効果について臨床評価を行った。

【材料および方法】

鶴見大学歯学部附属病院保存科外来を受診した患者のうち知覚過敏の症状がある 24 人(男性:2 人 女性:22 人、30~77 歳)の 24 歯根面を対象とした。知覚過敏の検査は歯科医師 5 名によって行われた。処置の前後に、エアージェルによる露出根面部への冷刺激および深針による擦過に対する痛みの程度を VAS 法(visual analogue scale)で評価した。処置の術式について、メーカーは粉液を混和して得たペーストを付属のブラシで患部に摺り込むことを推奨しているが、本研究では変法で行った。メーカー指示の粉液比で材料を混和皿に採取し、付属のマイクロブラシで 15 秒混和した。ペースト状となったものを患歯の露出根面に塗布し、次いでラバーカップを用いて低速回転で約 30 秒間根面にペーストを摺り込んだ。その後、余剰ペーストを水洗し冷刺激と擦過に対する検査を行い、知覚過敏の症状が消退していなければ 3 回までこの操作を繰り返した。

【結果および考察】

24 歯中 21 歯に抑制効果が認められた。有効と評価された 21 歯中 19 歯は 1 回塗布後に冷刺激や擦過による痛みが改善され、1 回塗布で効果が確認できなかった 2 歯については 3 回塗布後に改善が認められた。3 回塗布後も有効性が確認できなかったのは 3 歯であった。今回、24 歯中 21 歯(88%)という高い即時抑制効果が得られた理由として、リン酸四カルシウムや無水リン酸水素カルシウムと水により生成されたハイドロキシアパタイト様結晶物が、ラバーカップを用いて根面に摺り込まれることで知覚過敏の原因となっている象牙細管開口部を効果的に封鎖した¹⁾のではないかと考察している。

【結論】

知覚過敏を呈している歯根面に、リン酸カルシウム系知覚過敏抑制材のペースト状混和物を、ラバーカップを低速回転で用いて摺り込むように塗布したところ、24 歯中 21 歯において冷刺激や擦過に対する疼痛の即時改善効果が認められた。

【文献】

1) NOMURA Yuji, YASUO Kenzo, IWATA Naohiro, YOSHIKAWA Kazushi, YAMAMOTO Kazuko. Effect of Various Materials on Dentin Permeability for the Treatment of Dentin Hypersensitivity. Jpn J Conserv Dent 2013;56:516-525.

演題発表に関連し、開示すべき COI 関係にある企業はクラレノリタケデンタル(株)である。

う蝕除去実習における Er:YAG レーザーの導入

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¹

東北大学大学院 歯学研究科 口腔修復学講座 歯科保存学分野²

○泉川昌宣¹, 半田慶介², 伊藤修一¹, 油井知雄¹, 斎藤隆史¹

Introduction of Er:YAG laser in caries removal training.

Division of Clinical Cariology and Endodontology, School of Dentistry, Health Sciences University
of Hokkaido¹

Tohoku University Graduate School of Dentistry Department of Restorative Dentistry Division of
Operative Dentistry²

○Masanobu Izumikawa¹, Keisuke Handa², Shuichi Ito¹, Tomoo Yui¹ and Takashi Saito¹

【目的】

保存修復学実習においてミニマルインターベンション (MI) の概念に立脚したう蝕除去法を学生に習得させることは重要な課題の一つである。これまで我々はう蝕検知液可染性う蝕付人工歯を開発し実習に用いてきた。近年歯科用レーザーによる「う蝕歯無痛の窩洞形成法」が保険導入されて以来、レーザーが日常臨床で使用される機会がますます増加しているが、レーザーに関する教育は充分になされていないのが現状であった。そこで Er:YAG レーザーを用いたう蝕除去実習を第 5 学年臨床実習生に導入することにより、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た。

【材料および方法】

北海道医療大学歯学部臨床実習生 (平成 25 年度 5 年生, 66 名) を対象とした。ミニマルインターベンション (MI) の概念に立脚したう蝕除去実習用人工歯「う蝕検知液可染性う蝕付ホーニング歯 (ニッシン)」を用いて Er:YAG レーザー (アーウィンアドベール Evo; モリタ製作所) によるう蝕除去実習を行った。う蝕検知液での染色回数, および切削に要した時間を記録し通常回転切削器具によるう蝕除去実習での場合と比較した。う蝕除去後の窩洞を三次元窩洞評価システム (モリタ製作所) を用いて評価を行った。また実習終了後にレーザー実習に対するアンケート調査を行った。

【結果】

う蝕除去に要した時間は平均 16 分であり, 回転切削器具のう蝕除去実習時の 12 分と比較して増加していた。う蝕検知液の染色回数は 5.7 回であり回転切削器具による実習時の 4.6 より増加していた。また, アンケート結果では 90% 以上の学生が有意義であると回答しレーザーを用いたう蝕除去以外のレーザーの用途についても興味を持った反面, う蝕除去に要する時間が長く切削効率に劣るなどのデメリットも感じているようであった。

【考察】

これまで我々はう蝕検知液可染性う蝕付人工歯を開発し, 保存修復学実習でのう蝕除去実習に取り入れ使用してきた。今回う蝕除去実習にレーザー実習を取り入れることによって, 学生のレーザーに対する知識や手技の習得に有意義であったと考える。染色回数が増加していたのは 3 年生時の基礎実習や 5 年生の登院前実習での回転切削器具とう蝕検知液を用いたう蝕除去実習の経験があるもののレーザーによるう蝕除去に慣れていないためだと思われる。これまで学生は, レーザーに対する知識を臨床見学や講義によって得ていた。今回模型実習ではあるが学生に実際に経験させることができ, レーザーを用いたう蝕除去の効率的な技能習熟が可能となったことによりレーザーによる切削原理や機器特性の理解, 安全性への考慮を体験し, 知識と経験の統合が行えると期待される。

Er:YAG laser 照射面の熱変性層について

¹日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第2講座

²日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科硬組織機能治療学専攻

○加藤千景¹、有田祥子²、鈴木雅也¹、新海航一¹

Effects of the Heat denaturation layer of an Er:YAG laser irradiation side

¹Department of Operative Dentistry, School of Life Dentistry at Niigata, The Nippon Dental University

²Niigata Hospital, Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University

○KATO Chikage¹, ARITA Shoko², SUZUKI Masaya¹, SHINKAI Koichi¹

【目的】

Er:YAG laser や Er, Cr:YSGG laser による切削は熱変性層が生成されるため、コンポジットレジンに対する接着強さが低いといわれている。しかし、当講座の Er, Cr:YSGG laser を用いた研究では、熱変性層を表面処理により除去してもエアタービン窩洞に比較すると接着強さは有意に低い値であることが判明した。また、レーザー切削における熱変性層の生成についてもその詳細が明らかにされていない。そこで本研究の目的は、Er:YAG laser 切削面の熱変性層と歯面処理後の切削面を微細に観察することにより熱変性層生成の一端を明らかにすることである。

【実験方法】

ヒト抜去歯から約 5×5×2mm の直方体象牙質片を作製し、Er:YAG laser (Erwin, tip: FTB-80、HOYA コンテニューム) を注水下にて使用し、以下の条件で窩洞形成と表面処理を行った。

実験群 1：タービン切削 (対照群)

実験群 2：50mJ/10pps 照射

実験群 3：150mJ/10pps 照射

実験群 4：250mJ/10pps 照射

実験群 5：50mJ/10pps 照射後、150mJ/10pps 照射

実験群 6：150mJ/10pps 照射後、リン酸にて 30 秒間処理

実験群 7：150mJ/10pps 照射後、リン酸にて 30 秒間、次いで次亜塩素酸にて 90 秒間処理

各実験群についてアザン染色と SEM 観察を行い、熱変性層について比較した。

【結果】

実験群 1：アザン染色では熱変性層は観察されず、SEM 観察では切削面がスミヤ層で覆われていた。

実験群 2：アザン染色では切削面に熱変性層と思われる 15～50 μm の不均一な厚さの赤染層が認められ、SEM 観察では象牙質基質が他群と比較して緻密さに欠けていた。

実験群 3：アザン染色では 10 μm の赤染層が認められ、SEM 観察では目立った変化は観察されなかった。

実験群 4：アザン染色では 7 μm の赤染層が認められ、SEM 観察では目立った変化は観察されなかった。

実験群 5：アザン染色では 5 μm の赤染層が認められ、SEM 観察では目立った変化は観察されなかった。

実験群 6：アザン染色では 5 μm の赤染層が認められ、SEM 観察では象牙細管のロート状の開口が認められた。

実験群 7：アザン染色では熱変性層は観察されず、SEM 観察では管周象牙質が突出したような表面性状であった。

【考察】

実験群 2 の切削面には大きな凹凸があり、アザン染色による赤染層の厚さはその凹凸の幅に付随するように不均一であった。一方、実験群 3～5 の切削面は平坦であり赤染層の厚みは一定であった。実験群 6 の切削面は平坦であったが、実験群 3～5 に比べわずかに赤染層の厚みに幅が認められた。実験群 2 は切削効率が悪い低出力で切削を行ったため照射時間が長く、照射面のエネルギー量が多くなったため熱変性層が厚くなったものと考えられる。したがって、適度な照射出力でフィニッシング照射を行った方が熱変性層の厚さが薄くなり、また、表面処理によってもその厚さを減らせることが明らかとなった。

本研究の一部は、科学研究費若手 (B) (課題番号：25861815) の補助によって行われた。

**Er:YAG レーザー照射歯質の接着に関する研究
—象牙質に対するシランカップリング処理について—
大阪歯科大学歯科保存学講座**

○村田文子, 岩田有弘, 保尾謙三, 津谷佳代, 藤原秀樹, 吉川一志, 山本一世
**Tensile Bond Strength of Dental Hard Tissues Irradiated by Er:YAG laser
— Effect of Dentin Bond Strength treated by a silane coupling agent—**

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University
OMURATA Ayako, IWATA Naohiro, YASUO Kenzo, TUTANI Kayo,
HUJIWARA Hideki, YOSHIKAWA Kazushi, YAMAMOTO Kazuyo.

【緒言】

近年, 歯科用レーザーの応用が進み, 臨床においても様々な分野で使用されるようになってきた. 歯の硬組織切削では, Er:YAG レーザーは特に優れた効果を示し, 臨床応用されている. Er:YAG レーザー照射後の象牙質面にはスマア層は形成されず, 象牙細管が開口し, かつ表層には変性層が存在し, 修復材料の接着阻害因子となるとされている. 有機成分を多く含有する象牙質においてはエナメル質よりもその影響が多いとされている. 我々の研究では Er:YAG レーザー照射後の象牙質において, 従来の象牙質では検出されなかった物質 ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_2$, $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ や $\text{Ca}_4\text{O}(\text{PO}_4)_2$) が確認された. これらの物質はヒドロキシアパタイト ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) が熱影響により一部が炭酸基に置換されたり, 焼結により結晶構造が向上して生成されたものだと考えられ, 高密度に焼成していると報告されている.

今回我々は Er:YAG レーザー照射によるヒドロキシアパタイト ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) の結晶構造の向上に対し, 酸処理およびシランカップリング処理を行い, 接着試験を行ったので報告する.

【材料および方法】

Er:YAG レーザー発振装置として Erwin[®] Adverl (モリタ製作所, 以下レーザー) を用いた. 照射条件を 100mJ, 10pps とし, 照射チップとして C600F を使用した. また先端出力は出力測定器 LaserMate-P (COHERENT) にて計測し, 規定した. ボンディングシステムとして, CLEARFIL[®]MEGA BOND (KURARAY NORITAKE DENTAL), 光重合型コンポジットレジンとして, CLEARFIL[®]AP-X (KURARAY NORITAKE DENTAL) を使用した. また酸処理材としては K-ETCHANT GEL (KURARAY NORITAKE DENTAL), シランカップリング剤として CLEARFIL[®] PORCELAIN BOND ACTIVATOR (KURARAY NORITAKE DENTAL) を使用した. 製造者指示に従い, 酸処理は 40 秒間処理後十分に水洗, シランカップリング材は CLEARFIL[®]MEGA BOND のエッチングプライマー液に混和して使用した.

被験歯として抜去ヒト大白歯を用い, 頬舌的に 2 分割後エポキシ樹脂に包埋した. その後モデルトリマーにて象牙質まで面出しを行い, 試料とした. 試料を耐水研磨紙にて #600 まで研磨し, 上記システムにより接着操作を行った群をコントロール群, ムービングステージを用い 4×4mm に均一にレーザー照射後, 上記システムにより接着操作を行った群をレーザー照射群とした. また同様にレーザー照射後, 酸処理およびシランカップリング処理を行い, 上記システムにより接着操作を行った群を酸処理シランカップリング群, シランカップリングのみを行い上記システムにより接着操作を行った群をシランカップリング群とした. 接着後 37°C 水中に 24 時間保管し, 万能試験機 IM-20 (INTESCO) を用い, クロスヘッドスピード 0.3mm/min にて引張強さの測定を行い, その後破断面の SEM 観察を行った (n=8). なお, 測定結果は一元配置分散処理および Tukey の検定により統計処理を行った (P<0.05).

【結果および考察】

接着強さはコントロール群では 18.2±2.52(MPa), レーザー照射群では 7.11±1.66(MPa), 酸処理シランカップリング群では 10.88±1.85(MPa), シランカップリング群では 10.29±1.87(MPa)となった. コントロール群に対しすべての群で, 接着強さが有意に低下した. また酸処理シランカップリング群とシランカップリング群間には有意差は認められなかったが, 共にレーザー照射群に対しては, 接着強さは有意に回復した. 今回酸処理の有無により有意差は認められなかったが, このことから酸処理により変性層を完全に除去することはできなかったことが推測される. またシランカップリング材により, 接着強さの改善はある程度は認められたが, コントロール群の接着値までは回復できておらず, 今後更なる検討が必要と考えられる.

Er:YAG レーザー照射法に関する研究 - チップ損耗性についての検討 -

大阪歯科大学 歯科保存学講座
○廣田陽平, 岩田有弘, 三木秀治, 貝本雅也,
横田啓太, 吉川一志, 山本一世

Study on Dental Hard Tissue Ablation by Er:YAG Laser - Evaluation on Tip Wear -

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University
○HIROTA Youhei, IWATA Naohiro, MIKI Hideji, KAIMOTO Masaya,
YOKOTA Keita, YOSHIKAWA Kazushi, IWATA Naohiro, YAMAMOTO Kazuyo

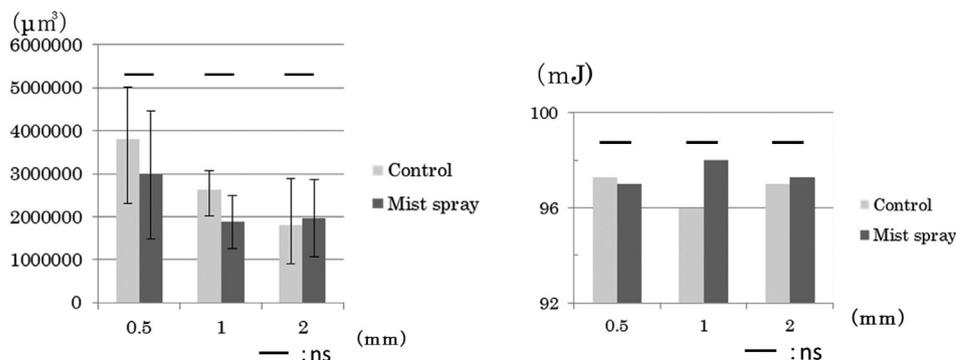
【緒言】近年、歯科用レーザーの応用が進み、臨床においても様々な分野で使用されるようになってきた。歯の硬組織切削では、Er:YAG レーザーは特に優れた効果を示し、臨床応用されているが、高速回転切削器具と比較して除去効率では到底及ばず、治療時間の延長などが問題となっている。除去効率を向上させるため、先端出力や繰り返し速度(パルス数)を上げる試みがされているが、歯髄への影響など様々な問題を抱えている。我々の研究グループはレーザーの注水装置に着眼し、従来の注水機構ではなく、霧状に注水できる装置を利用し、モリタ製作所の協力の下、注水方式を霧状に改良した試作チップを作製し、除去効率や歯髄への熱影響について実験を重ね、本学会にて報告してきた。

今回、この試作チップを用いてレーザー照射を行い、照射後の試作チップ先端の損耗性及び先端出力への影響についての検討を行ったので報告する。

【材料および方法】Er:YAG レーザー発振装置として Erwin® Adver1 (モリタ製作所、以下レーザー) を用いた。照射条件を 100mJ とし、繰り返し速度は 10pps とした。照射チップは C600F と注水方式を霧状に改良した試作チップを使用した。また先端出力は出力測定器 LaserMate-P (COHERENT) にて計測し、規定した。

被験歯は抜去後、生理食塩水に浸漬し-40℃にて冷凍保存した、う蝕のない健全ヒト大臼歯(以下、ヒト歯)を実験前に解凍したものを使用した。ヒト歯の象牙質をモデルトリマーにて面出しした後、耐水研磨紙にて#600 まで研磨を行い、試料とし、照射距離を 0.5, 1.0, 2.0 mm に規定した。レーザー照射にはムービングステージを用い、試料を 1 mm/s で移動させ、4mm×4mm の範囲に均一に照射した。C600F にてレーザー照射を行った群をコントロール群、試作チップにてレーザー照射を行った群を霧状噴霧群とした。使用後のレーザーチップの先端をレーザーマイクロスコープ VK (KEYENCE, 倍率×200) にて観察を行い、チップ先端の体積量を計測した (n=3)。また照射後の先端出力を計測し、比較した。なお、測定結果は一元配置分散処理および Tukey の検定により統計処理を行った (P≥0.05)。

【結果および考察】損耗体積量および先端出力の結果を下図に示す。各条件において、コントロール群と霧状噴霧群間に有意な差は認められなかったが、照射距離が離れるにつれ、損耗体積は減少傾向にあることが示唆された。これは照射距離が離れるに従い、飛散する歯質などのダメージが緩和されたためと考えられる。先端出力の比較では照射前と照射後では有意差は認められなかった。当講座の横田らの研究により、今回の実験に使用した試作チップは、従来のチップと比較し有意に削除量を増加させることができると報告されている。今回の実験における、各条件において損耗体積量に有意差は認められなかったこと、先端出力に変化がなかったことを併せて考察すると、試作チップは従来のチップと比較し、チップの損耗状態は変わらずに象牙質の状況効率を向上させることができると示唆された。



炭酸ガスレーザー照射による歯質表面の形態的变化に関する研究 (その2)

—開口象牙細管に対するリン酸カルシウム系ガラス塗布照射後の影響について—

¹神奈川歯科大学大学院歯学研究科クリニカル・バイオマテリアル講座, ²う蝕制御修復学講座
○二瓶智太郎¹, 富山 潔², 岡田周策¹, 大橋 桂¹, 三宅 香¹, 向井義晴²

Study on structural changed on tooth surface by dioxide laser irradiation (Part 2)

-Influence of laser irradiation at opened dentinal tubes on ceramic coating-

¹Dept. of Clinical Biomaterials, ²Dept. Cariology and Restorative Dentistry,
Kanagawa Dental University

○NIHEI Tomotaro¹, TOMIYAMA Kiyoshi², OKADA Shusaku¹, OHASHI Katsura¹, MIYAKE Kaori¹, MUKAI Yoshiharu²

【目 的】

演者らは、セラミックス粉体を歯質表面に添付して炭酸レーザーを照射するとエナメル質と融着することを報告してきた¹⁻⁴⁾。象牙質に対しても同様にセラミックスが融着する可能性やレーザー照射の影響について検討する必要があると考えられる。近年、超高齢化社会を迎え、知覚過敏症の多発が懸念されている。臨床における知覚過敏症緩和処置としては、種々の象牙細管封鎖材やボンディング材の塗布、コンポジットレジン修復あるいはグラスアイオノマーセメント修復などが行われている。しかしながら、簡便性、即効性、持続性を備えた処置法については未だ確立されていないと思われる。本学会 139 回学術大会において、疑似的な象牙質知覚過敏モデルを用いて炭酸ガスレーザー照射により開口象牙細管の封鎖が可能であることを報告した⁵⁾。

今回は、開口象牙細管上にリン酸カルシウム系ガラスを塗布した後に炭酸ガスレーザーを照射し、細管の封鎖の有無を形態的な変化から観察することを目的とした。

【実験材料ならびに方法】

象牙質知覚過敏モデルの試料にはウシ下顎前歯歯根部象牙質を用いた。歯髄および歯根面に付着した軟組織ならびにセメント質をペリオドンタルキュレットにて除去し、象牙質を露出した後、歯頸部直下およびそれより 5mm 根尖側の位置で歯根を水平断し、ドーナツ状の試料を切り出した。さらにワイヤーソーにて平坦な被験面を作製した後、長軸方向に 2 分割した。次いで、10%正リン酸溶液に 10 秒間浸し、49 重量%プロピレングリコール、および 21 重量%ポリビニルピロリドンに 30 重量%の平均粒径 100~200 μm のヒドロキシアパタイトを混じた研磨用ペーストで 1,000rpm, 1 分間機械研磨を行った。研磨後、試料を 30 分間超音波洗浄し、脱イオン水中で攪拌しながら 24 時間水洗することにより、象牙細管を開口させた試料を作製した。開口させた象牙質表面に、400mesh pass まで粉砕したリン酸カルシウム系ガラスを蒸留水 200 μ 中に 10mg を混和したものをブラシにて塗布した。その後、炭酸ガスレーザー OPELASER PRO (ヨシダ) を用いて、照射距離は 20mm とし、出力は 0.5W と 1.0W を各 10 秒間、照射野 0.048mm のデフォーカスで連続照射を行った。レーザー照射後の各試料に対し、Quick Auto Coater (SC-701 AT, サンヨー電子) を用いて 200 Å の金蒸着を施した後、走査型電子顕微鏡 (Superscan SS-550, 島津製作所) にて加速電圧 10kV で表面観察を行った。また、レーザーを照射しない試料も同様に作製して表面観察を行った (コントロール群)。

【結果および考察】

コントロール群は象牙細管の開口を認め、本実験の知覚過敏象牙質モデルとして適切であることが確認できた。リン酸カルシウム系ガラス粉末を塗布し、0.5W および 1.0W レーザー連続照射群ともに象牙質表面にリン酸カルシウム系ガラスが一層融解されコーティングされた状態となり、表面も一層滑らかになり、封鎖された細管も確認された。また、照射出力によりリン酸カルシウム系ガラスの融解状態が異なっていた。

以上の結果より、開口した象牙細管の封鎖法としてリン酸カルシウム系ガラスを炭酸ガスレーザーで照射する方法も有効であることが示唆されたが、照射条件をさらに検討する必要があると考えられた。

【文 献】

- 1) 二瓶智太郎。炭酸ガスレーザーによるエナメル質表面へのセラミックスの融着に関する研究。日歯保存誌 45, 649-656, 2002.
- 2) 倉田茂昭ら。炭酸ガスレーザーを用いたセラミックス融着による歯牙のう蝕予防。日本赤外線学会雑誌 14, 34-38, 2004.
- 3) Nihei T *et al.* Study on ceramic coating on the enamel surface using a carbon dioxide laser. Dental Materials J 30, 212-215, 2011.
- 4) 二瓶智太郎。レーザーを用いた新規セラミック修復法の開発。神奈川歯学, 46(1), 102-106, 2011.
- 5) 菅原剛志ら。炭酸ガスレーザー照射による歯質表面の形態的变化に関する研究。日歯保存学会 2013 年度秋季学術大会, 191, 2013.

【謝 辞】

本研究に際し、ご協力いただきました株式会社吉田製作所に謝意を表します。

露髄面の処理に炭酸ガスレーザー照射を併用した直接覆髄法の臨床経過

¹日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第2講座

²日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科硬組織機能治療学専攻

○鈴木雅也¹, 有田祥子², 高田真代², 川嶋里貴², 新海航一¹

Clinical Prognosis of Direct Pulp Capping with CO₂ Laser Irradiation to Exposed Pulp

¹Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

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

○SUZUKI Masaya¹, ARITA Shoko², TAKADA Mayo², KAWASHIMA Satoki², SHINKAI Koichi¹

【目的】

直接覆髄法は生活歯として可及的に保存するための有効な手段の1つであるが、露髄部は回転切削器具からの注水、唾液、スミヤー（象牙質切削片）、プラーク（細菌）などで汚染されている可能性が高い。また、露髄創面からの出血や組織滲出液は覆髄操作の障害となることが多く、これらは予後を不良にする要因と考えられている。これまで我々は、露髄面の処理に炭酸ガスレーザー照射を併用する試みを動物（ラット）の歯および抜歯予定のヒトの歯を用いて行ってきた。その結果、出血や組織滲出液を確実にコントロールできる一方で、新生象牙質（デンティンブリッジ）の形成が遅れる傾向がみられた。本研究では、以前の研究に比較して炭酸ガスレーザーの総エネルギー量を低く設定して照射した場合の臨床経過および治癒態度について、抜歯予定のヒトの歯を用いて評価した。

【対象および方法】

被験歯は、研究目的を理解し抜去歯を提供することに同意を得た研究対象者17名（性別：男性2名、女性15名、年齢18～33歳、計28歯）の協力を得て行った（本学倫理委員会，許可番号：ECNG-H-102）。対象歯は既往歴に問題のない第三大臼歯とした。#440 ダイヤモンドポイントで咬合面1級窩洞を形成後、#3～5 スチールラウンドバーを用いて慎重に露髄させた。ただちに、創面をAD Gel（10%NaClOゲル：クラレノリタケデンタル）にて5分間処理を行い、6%NaClOと3%H₂O₂による交互洗浄および滅菌生理食塩水による洗浄後、止血を確認した。次いで、露髄面に炭酸ガスレーザー（オペレーターPRO：ヨシダ）を次の条件で照射した。出力0.5W、出力モード：スーパーパルスモード1（パルス幅200μsec、インターバル5800μsec、0.003J/pulse）、照射時間3sec、照射モード：リピートパルスモード（10msec照射、10msec休止のサイクル、レーザー光の露出時間1.5sec）、非焦点位ビーム（露髄面表層から約20mm離れた距離、ビーム径1.09mm）、エネルギー密度0.322J/cm²/pulse、空冷を併用、照射時間3secを1クールとして、5クールで照射を完了した（露髄面に対する総エネルギー量3.75J）。実験群は、炭酸ガスレーザー照射後、歯質接着システム（Clearfil Mega bond：クラレノリタケデンタル）により覆髄を行ったもの（14歯）と、レーザー照射は行わずに水酸化カルシウム製剤（Dycal：デンツプライ三金）により覆髄を行ったもの（14歯：コントロール）の2群を設定した。さらに各実験群を6か月と12か月に分けて経過観察した（n=7）。観察期間が満了となった歯から順に抜歯し、4%パラホルムアルデヒド・リン酸緩衝液で固定した。なお、術前、観察期間中および抜歯直前に歯髄電気診で生活反応の判定を行った。

【結果および考察】

術中の評価：炭酸ガスレーザーを照射した場合、露髄部からの組織液の滲出や再出血を防止することが可能であった。すなわち、レーザー照射された露髄面は、熱エネルギーによってすみやかにタンパク質の凝固・変性が生じ、肉眼的には白色化して人工的な血餅・痙攣となり組織液滲出を防止したと考えられた。一方、薬液洗浄だけでは、止血した露髄部から組織液が徐々に滲出して貯留するのが認められた。

術後～抜歯までの評価：観察期間中に軽度の知覚過敏症状を訴える症例が、炭酸ガスレーザー照射群で1例、コントロールで3例認められた。症状の発現は術後3～4か月後に現れる傾向がみられたが、本研究との関連性については明確ではなかった。知覚過敏症状は自然消失や知覚過敏抑制剤の塗布により改善がみられ、6か月あるいは12か月の経過観察期間の満了までに抜髄あるいは抜歯となる症例はなかった。今後は抜去歯をパラフィン包埋後、薄切連続切片を作製し、病理組織学的な評価を行う予定である。本研究は、平成24～25年度 文部科学省（日本学術振興会）科学研究費補助金の補助で行った。（若手研究B，課題番号24792040）

セルフアドヒーズレジンセメントの重合収縮挙動

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, 横須賀共済病院³

○ 遠藤 肇¹, 石井 亮¹, 佐藤愛子¹, 朝丘哲偉¹,
高見澤俊樹^{1,2}, 辻本暁正^{1,2}, 宮崎真至^{1,2}, 宮 直利³

Study on Polymerization Shrinkage of Self-adhesive Resin Cements

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

Nihon University School of Dentistry, Yokosuka Kyosai Hospital³

○ ENDO Hajime¹, ISHII Ryo¹, SATO Aiko¹, ASAOKA Tetsui¹, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2},

TSUJIMOTO Akimasa^{1,2}, MIYAZAKI Masashi^{1,2}, MIYA Naotoshi³

【目的】

二官能性モノマーを有するレジン材料は、重合硬化時に収縮を生じる。この重合収縮は、間接修復の際に用いるレジン系セメントにおいても、窩壁あるいはマージン部でのギャップ形成を引き起こす原因として考えられている。近年、セメント合着時の操作ステップを簡略化したセルフアドヒーズレジンセメントの使用頻度が増加している。しかし、セメント内に機能性モノマーを含有するとともに硬化反応としてデュアルキュアを採用するこのセメントの重合過程は複雑であり、その詳細についての情報は少ない。そこで、セルフアドヒーズセメントの重合挙動に関する研究の一環として、セメント硬化時の重合収縮について検討した。また、セメントの機械的性質および硬化物のフィラー性状のSEM観察を行い、考察資料とした。

【材料および方法】

供試したセルフアドヒーズセメントは、G-CEM LinkAce (GL, GC), BeautiCem SA (BC, Shofu), Maxcem Elite (ME, Kerr) および RelyX Unicem 2 (RU, 3M ESPE) の4製品とした。また、対照として従来型レジンセメントの Clearfil Esthetic Cement (EC, Kuraray Noritake Dental), RelyX Ultimate (UL, 3M ESPE) および Multilink (ML, Ivoclar vivadent) の3製品を用いた。

1. 無機質フィラー含有量 (wt%)

無機質フィラー含有量の測定は、熱重量測定装置 (TG/DTA 6300, Seiko Instrument) を用い、セメントペースト加熱後の残存重量を測定し、熱負荷前後の減量 (wt%) を求め、 $100 - \text{減量 (wt\%)}$ として算出した。

2. 熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

熱膨張係数の測定は、熱機械分析装置 (TMA/SS 6300, Seiko Instrument) を用いて行った。すなわち、 $2 \times 2 \times 13 \text{ mm}$ の硬化セメント棒状試片を $25 \sim 130^{\circ}\text{C}$ まで、昇温速度 2 Cel/min の条件で加熱し、 $30 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 間の平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) を求めた。なお、試片の数は各製品について3個とした。

3. 体積重合収縮率 (vol%)

体積重合収縮の測定は、精製水を満たしたディラトメーターを用いて、照射に伴って生じる体積収縮率 (vol%) を照射開始から480秒後まで求めた。なお、測定は各製品について3回行った。

4. SEM観察

通法に従ってSEM観察用試片を製作し、セメント硬化物中のフィラー性状のSEM観察を行った。

【成績および考察】

供試したセメントの無機質フィラー含有量は、 $55.3 \sim 67.9 \text{ wt\%}$ の値を示し、従来型のレジンセメントはセルフアドヒーズセメントに比較して高い無機質フィラー含有量を示した。また、照射開始から480秒後のレジンセメントの体積重合収縮率は、 $2.14 \sim 4.30 \text{ vol\%}$ であり、GLおよびECは、BC, ME, RU, ULおよびMLと比較して有意に低い値を示した。レジンセメントのフィラー性状のSEM観察から、フィラーの形状、大きさおよび粒度分布は用いた製品によって異なることが判明した。

【結果】

本実験の結果から、レジンセメントの機械的性質は製品によって異なることが明らかになった。このことから、症例に合わせたレジンセメントの選択が必要であることが示唆された。

フロアブルレジンの重合収縮と窩壁適合性—窩洞形態の違いによる重合収縮挙動—

¹ 神奈川県立歯科大学大学院 歯学研究科 う蝕制御修復学講座

² 神奈川県立歯科大学大学院 歯学研究科 放射線応用科学講座

³ 神奈川県立歯科大学大学院 歯学研究科 歯学教育学講座

○武村 幸彦^{1,2}, 川股 亮太², 杉山 弘起¹, 櫻井 孝^{2,3}, 花岡 孝治³

Polymerization shrinkage and cavity adaptation of flowable composite resin

¹ Department of Cariology and Restorative Dentistry, Graduate School of Dentistry, KANAGAWA DENTAL UNIVERSITY

² Department of Radiopraxis Science, Graduate School of Dentistry, KANAGAWA DENTAL UNIVERSITY

³ Department of Dental Education, Graduate School of Dentistry, KANAGAWA DENTAL UNIVERSITY

○TAKEMURA Yukihiro^{1,2}, KAWAMATA Ryota², SUGIYAMA Hiroki¹, SAKURAI Takashi², HANAOKA Koji³

【目的】

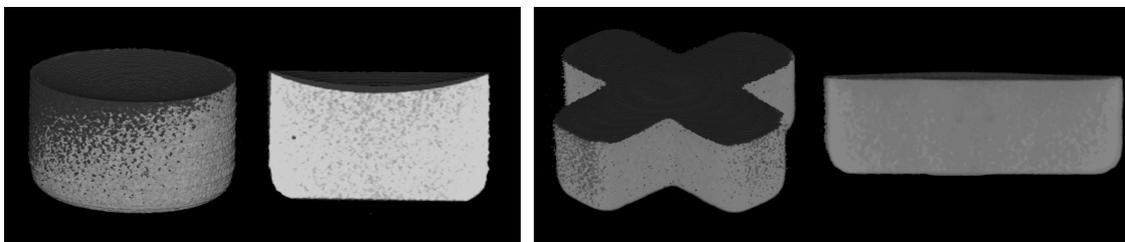
MI 修復の概念の普及やコンポジットレジンの材質向上に伴い、フロアブルコンポジットレジンの臨床応用が拡大している現在でも、重合収縮は避けられない欠点である。収縮の大きさと発現部位は窩壁適合性を左右する大きな要因であり、この問題点を克服するためにもレジンの窩洞内の重合収縮挙動を把握することは重要である。今回の研究目的は、形態の異なる窩洞内におけるフロアブルレジンの重合収縮挙動の違いをマイクロフォーカスエックス線CT(μ CT)にて三次元的に検討をすることである。

【材料と方法】

実験にはフロアブルレジンである MI Flow (MIF ; GC : CT 値 5649.6 \pm 176.6) を用いた。GN-I COMPOSITE BLOCK (GC : 13 \times 10 \times 17mm : CT 値 2234.1 \pm 27.2) に歯科用 CAD/CAM システム(GM1000 : GC)を用いて内側性の円筒形窩洞と十字形箱型窩洞を形成した。円筒形窩洞は内径 4mm 高さ 2.4mm(C-factor : 3.4), 十字形箱型窩洞は幅 2mm, 高さ 2mm, 長径 6mm (C-factor : 3.4) とした。窩洞内面処理は、窩壁とレジンを接着させた接着条件での収縮挙動を評価するためにリライエックスセラミックプライマー (3M ESPE) を内面に全面塗布した。それぞれの窩洞に MIF を一括充填し、直ちに μ CT (MCT-CB100MF, Hitachi Medical Corporation; 管電圧 80 kV, 管電流 100 μ A, 拡大率 10.0 倍) 撮影を行った。次いで μ CT 装置内で ϕ 5.5 mm, 700 mW/cm² のハロゲン照射器(JET Light 3000, J. Morita USA, Inc. California, USA) にて 40 秒間光照射し、重合後の μ CT 撮影を行った。重合前後の μ CT 画像を重ね合わせて差分を抽出し、自由開放面および側壁と窩底部での重合収縮量および間隙形成量を測定した。レジンの収縮挙動の評価には TRI/3D Bon (Ratoc システムエンジニアリング) を使用した。

【結果】

以下に、抽出された形態変化と規格窩洞の重ね合わせ画像を示す。(Left: cylinder type Right: cross type)



円筒形窩洞では、これまでの報告と同様、開放面に下方向への収縮 (3.23vol%) が観察されると共に、窩洞側壁上部に限局して間隙形成が認められた。また、間隙形成は窩洞全周には生じず、非対称性に一部の側壁(0.52vol%)に限局して発生していることが示された(全体収縮率 3.79vol%)。一方、十字型窩洞では、円筒形より大きな開放面での収縮 (5.26vol%) が認められたが、窩洞の直交部分の側壁には間隙は認められず、窩洞中央部から最も離れた側壁の一方に間隙(0.33vol%)が認められ、その対称側壁には間隙は認められなかった(全体収縮率 5.59vol%)。両者とも、重合開始部位のわずかな違いにより、どちらか一方の側壁の接着が先に確立したのではないかと考えられた。

【結論】

今回得られた十字型窩洞の μ CT 画像分析により、一括充填、照射した場合、一塊として重合が生じ、窩洞中央から最も離れた側壁に重合時収縮が現れることが示された。

1 ステップおよび 2 ステップセルフエッチアドヒーズの コンポジットレジン重合収縮応力の緩和能について

鶴見大学歯学部 保存修復学講座
○齋藤 渉, 山本雄嗣, 桃井保子

**Stress Relief Effect Provided by 1-step and 2-step Self Etch Adhesives
on Polymerization Shrinkage of Resin Composites**
Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine
○SAITO Wataru, YAMAMOTO Takatsugu, MOMOI Yasuko

【緒言】 操作の簡便さから 1 ステップのセルフエッチアドヒーズが臨床に普及している。1 ステップと 2 ステップでは、アドヒーズ層の厚みが異なるとされ、これにより重合収縮応力の緩和能が異なると予想される。本研究では、コンポジットレジンの重合収縮応力が 1 ステップおよび 2 ステップセルフエッチアドヒーズによりどのように緩和されるかを検討した。

【材料と方法】 中央に直径 3 mm の円柱窩洞を有する直径 12 mm, 高さ 2 mm のソーダガラスディスクを測定用のモールドとして用いた。窩縁から 0.3 mm および 0.5 mm 離れたガラス面にビッカーズ圧子でき裂を導入し、測定顕微鏡でき裂長さを測定した。次いで、ガラス窩洞内面にシランカップリング処理した後、1 ステップ 1 種、2 ステップ 3 種のアドヒーズをメーカー指示に従って塗布した (Table)。2 種のコンポジットレジン、クリアフィルマジェスティ ES フロー (High, クラレノリタケデンタル)、パルフィークエステライト LV (メディアムフロー, トクヤマデンタル) を一挙充填し、光照射 (540 mW/cm², 45 秒) した。光照射後 10 分経過した後、再びき裂長さを測定し、き裂長さとき裂位置およびガラスの物性からレジン-ガラス接着界面に発生した重合収縮応力を算出した¹⁾。統計は一元配置分散分析で行った (n=5, 有意水準 5%)。

Experimental group	Materials used for silane treatment of the glass cavity inside (100 °C, 5 m)	Adhesive
Silane treatment	CLEARFIL CERAMIC PRIMER*	N/A
SE ONE (1 step)	CLEARFIL CERAMIC PRIMER*	CLEARFIL BOND SE ONE*
SE BOND 2 (2 step)	CLEARFIL SE BOND 2 PRIMER* + CLEARFIL PORCELAIN BOND ACTIVATOR*	CLEARFIL SE BOND 2 BOND*
MEGA BOND (2 step)	CLEARFIL MEGA BOND PRIMER* + CLEARFIL PORCELAIN BOND ACTIVATOR*	CLEARFIL MEGA BOND BOND*
XTR (2 step)	CLEARFIL CERAMIC PRIMER*	OptiBond XTR Adhesive**

** (Kuraray Dental)

** (Kerr)

¹⁾ Takatsugu Yamamoto *et al.*, Polymerization stresses in low-shrinkage dental resin composites measured by crack analysis. Dental Materials 2012; 28 (9): e143-e149

【結果および考察】

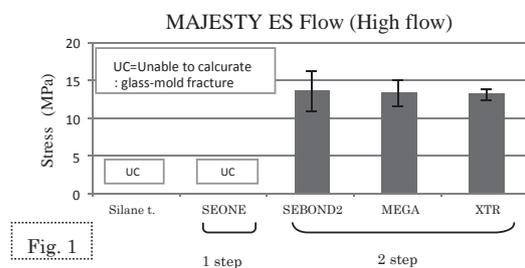


Fig. 1

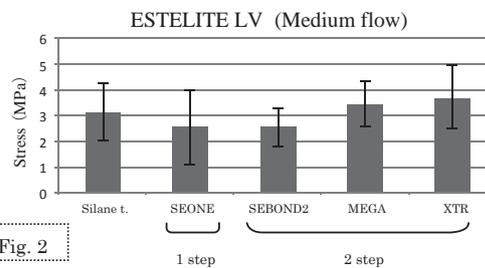


Fig. 2

ES フローでは、シラン処理群で全試料、SE ONE で 1 試料のガラスモールドが応力によって破折した。ガラスモールドは約 19.9 MPa の応力で破折するため、シラン処理群では 19.9 MPa, SE ONE グループでは 15.4 MPa 以上の応力が発生したことになる。残り 3 群間に有意差はなかった (Fig. 1)。エステライト LV では破折した試料はなく、5 グループ間に有意差はなかった (Fig. 2)。界面に発生した応力において、ES フローはエステライト LV より著しく大きかった。ES フローでは 2 ステップアドヒーズの方がコンポジットレジンの重合収縮応力を緩和した結果となったが、エステライト LV ではその傾向はなかった。これには、アドヒーズ層の後重合の違いが影響したのではないかと考えられた。

【結論】 アドヒーズのコンポジットレジン重合収縮応力の緩和能は、発生する重合収縮応力が大きいレジンを用いた場合は 2 ステップアドヒーズにおいて発揮された。重合収縮応力の小さいレジンを用いた場合にはアドヒーズの緩和能は示されなかった。

バルクフィルコンポジットレジンの重合収縮応力

日本大学松戸歯学部 保存修復学講座
○神谷直孝、神谷昌宏、森俊幸、壹岐宏二

Polymerization Shrinkage Stress of Bulk-fill Flowable Base Resin Composites During Hardening

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry at Matsudo
○KAMIYA Naotaka, KAMIYA Masahiro, MORI Toshiyuki, IKI Koji

【研究目的】

2009年にSDR (Dentsply) が、深さ4mmの窩洞に一括充填して光硬化させることが可能で、しかも従来のコンポジットレジンの重合収縮応力の影響が小さいと謳う裏層用バルクフィルコンポジットレジンを発売されて以降、X-TRA base (voco)、Venus Bulk Fill (Heraeus)、Filtek Bulk Fill (3M) と、海外メーカー各社が同様の製品を続々と市販した。この背景には、コンポジットレジンの修復の適応範囲が拡大することで、これまでの通常の修復処置ではみられないような深く大きい窩洞に対する処置に遭遇する頻度が増加したことがある。大型窩洞の修復において必然的に発生する強大な重合収縮応力への対処と、従前から行われていた複数回に及ぶ積層充填による処置時間の延長への対応が必要となり、これらを一挙に解決できる材料としてバルクフィルコンポジットレジンの注目が高まり需要が増加したと考えられる。一方、国内メーカーの製品としては、2013年10月にBulk Base (サンメディカル) が発売され臨床で使用され始めている。本研究は市販裏層用バルクフィルコンポジットレジンの最先発品であるSDRと、後発品であるBulk Baseの重合収縮応力を測定し、硬化初期の応力発生挙動と経時的な変動を比較した。

【材料および方法】

材料：裏層用バルクフィルコンポジットレジンをSDR (以降SDR) と、Bulk Base ミディアムフロー (以降BBM) およびハイフロー (以降BBH) の3製品を供試した。

重合収縮応力の測定：サーボ駆動式重合収縮応力測定装置に内径6mmの黄銅製円筒形モールドを装着し、深さ4mmの窩洞形態 (C-Value=3.7) となるようセッティングした。SDR、BBM、BBHともにモールドに一括填入した後にポリエチレンシートを介して一定圧で圧接し、窩洞上端1mmの距離からLED光照射器 (ペンキュア、モリタ) で20秒間光照射した。光照射開始直後から測定を開始し、光照射終了後は遮光し、収縮応力の変動がプラトーになるまで経時的に記録した (n=5)。

【成績】

Material	Fluctuation of polymerization shrinkage stress after irradiation (MPa)			
	20sec	40 sec	60 sec	1 hour
SDR	3.9±0.4	4.6±0.4	4.7±0.4	6.0±0.5
BBM	4.3±0.4	5.4±0.4	5.7±0.3	7.1±0.3
BBH	4.1±0.3	5.4±0.2	5.6±0.2	6.8±0.3

【考察】

第137回大会の演者らの報告では、深さ3mm (C-Value=3) の窩洞にClearfil AP-X (クラレメディカル) を一括充填した際の収縮応力は40秒後で5.9±0.3を示した。よりC-Valueの大きい深さ4mmの窩洞とした本実験の収縮応力は大きくなるはずであるが、SDR、BBM、BBHとも小さい値を示した。これは低収縮性ベースモノマーを使用しているためと考えられる。特にSDRは硬化初期からプラトーになるまでの収縮応力発生挙動が緩やかであり、40秒後から1時間後まではBBM、BBHと比較して有意に低い傾向を示した。BBMとBBHは異なる流動性を付与されているが、収縮応力の発生挙動はほぼ同様であり、BBHがわずかに大きい傾向を示したが有意差は認められなかった。

【結論】

裏層用バルクフィルコンポジットレジンの重合収縮応力は通常の充填用コンポジットレジンと比較して小さく、発生挙動は緩やかであった。大型窩洞の修復において、収縮応力の影響への配慮と処置時間の短縮を目的として使用することは有用であると考えられた。

新規バルクフィルコンポジットレジンシステムに関する研究

—窩洞の大きさが一括充填修復の窩壁適合性に及ぼす影響—

¹日本歯科大学新潟生命歯学研究科硬組織機能治療学専攻

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

○永井悠太¹、新海航一²、高田真代¹、有田祥子¹、川嶋里貴¹、加藤千景²、鈴木雅也²、平賢久³

Study on a new resin composite system for bulk filling

- Effect of cavity sizes on the cavity-wall adaptation of bulk filled restoration -

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

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

³Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University Niigata Hospital

○NAGAI Yuta¹、SHINKAI Koichi²、TAKADA Mayo¹、ARITA Shoko¹、KAWASHIMA Satoki¹、KATO Chikage²、SUZUKI Masaya²、TAIRA Yoshihisa³

[研究目的]

積層充填法を用いたコンポジットレジン修復は、重合収縮応力の低減、それに伴うコントラクションギャップの発生抑制、多種類のシェードの積層による審美性の向上等多くの利点があるが、修復操作に時間がかかるのが欠点である。近年、欧米を中心にバルクフィルタイプのコンポジットレジンが臨床で多用されるようになってきた。バルクフィルタイプの光重合型コンポジットレジンでは重合深度が深く重合収縮量が少ないのが特徴であり、深い窩洞でも一括充填が可能で効率の良い修復が行える。

近年、優れた光重合性、低重合収縮性、不透明性ならびに酸緩衝性を有した S-PRG フィラー含有バルクフィルコンポジットレジンが松風社で開発された。この新規バルクフィルコンポジットレジンと従来のユニバーサルタイプコンポジットレジン (control) を用いて異なる大きさの窩洞に各々一括充填し、各修復物の窩壁適合性を比較検討することが、本研究の目的である。

[材料および方法]

ヒト抜去大臼歯の頬側面および舌側面に、規格円柱窩洞 (φ3.0×2.0mm、φ4.0×2.0mm) をそれぞれ形成した。BeautiBond Multi (松風) で接着処理を行って、BEAUTIFIL-Bulk および BEAUTIFIL II をそれぞれ一括充填して 40 秒間光照射を行った。実験群は① φ3.0×2.0mm、BEAUTIFIL-Bulk、② φ4.0×2.0mm、BEAUTIFIL-Bulk、③ φ3.0×2.0mm、BEAUTIFIL II、④ φ4.0×2.0mm、BEAUTIFIL II とした。蒸留水に浸漬して 37°C 恒温恒湿器中で 24 時間保管した後、Sof-Lex (3M/ESPE) で仕上げ研磨を行った。2 日以内に 500 回の thermal cycle を行い、歯根を切除して修復物中央を歯軸方向に縦断した。縦断面に齶蝕検知液 (クラレノリタケデンタル) を 1 滴滴下して 5 秒放置後に水洗・乾燥を行った。実体顕微鏡 (EZ4D、Leica) を用いて 20 倍で縦断面のデジタル画像を撮影した。画像解析ソフト (Image-Pro Express、Plantron) を用いてデジタル画像上で窩壁全周と色素が侵入した窩壁の長さを各々測定し、窩壁全周に対する色素が侵入した窩壁の長さを百分率で算出して窩壁不適合度とした。得られたデータは Kruskal-Wallis Test と Steel-Dwass で統計処理を行った (エクセル統計 2012)。各実験群の代表的な試料については走査電子顕微鏡 (S-800、日立) を用いて接着界面を SEM 観察した。

[結果と考察]

Experimental group (n=10)	Materials	Size of cavity	The degree of gap formation* (% : mean±S.D.)	The number of specimens shown gap formation
Group 1	BEAUTIFIL-Bulk	φ3.0×2.0 mm	40.2 ± 16.4	10
Group 2	BEAUTIFIL-Bulk	φ4.0×2.0 mm	26.1 ± 21.7	7
Group 3	BEAUTIFIL II	φ3.0×2.0 mm	49.7 ± 13.9	10
Group 4	BEAUTIFIL II	φ4.0×2.0 mm	42.3 ± 19.3	10

*The dye penetration along the cavity walls was calculated as a percentage of the total length of the cavity wall

各実験群の窩壁不適合度を表に示す。Kruskal-Wallis Test を行った結果、実験群の間に統計学的有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。BEAUTIFIL-Bulk と BEAUTIFIL II を比較すると、φ4.0×2.0mm 窩洞では BEAUTIFIL-Bulk の方が小さい値であったが、φ3.0×2.0mm 窩洞では両材料はほとんど同じ値であった。また、C-factor は、φ3.0×2.0mm 窩洞: 約 3.67、φ4.0×2.0mm 窩洞: 約 3.0 であり、C-value の小さい Group 2 と 4 が C-value の大きい Group 1 と 3 に比べ、窩壁不適合度が小さい傾向がみられた。

以上の結果から、コンポジットレジンを一括充填した場合、コントラクションギャップの発生はユニバーサルタイプのコンポジットレジンを用いるよりもバルクフィルコンポジットレジンを用いた方が抑制できる可能性が示唆された。

裏層材の象牙質窩洞適合性：テフロンモールドに生じる間隙と接着強さの影響

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⁾岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 歯科保存修復学分野

○入江正郎¹⁾，田仲持郎¹⁾，松本卓也¹⁾，武田宏明²⁾，鳥井康弘²⁾，吉山昌宏³⁾

Marginal gap-formation of base/liner materials: effect of marginal gap in Teflon mold and bond strength.

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

²⁾Department of General Dentistry, ³⁾Department of Operative Dentistry,

○Masao Irie¹⁾, Jiro Tanaka¹⁾, Takuya Matsumoto¹⁾, Hiroaki, Takeda²⁾, Yasuhiro Torii²⁾, Masahiro Yoshiyama³⁾

【目的】

歯冠修復に不可欠な裏層材は、ガラスイオノマー系やコンポジットレジン系など種々な組成から成り立っている。光照射直後において、歯質窩洞辺縁部の適合性は、光照射によりテフロンモールド両端に生じる間隙と有意な関係にあることを報告した¹⁾。そこで今回は、裏層材も一連の修復処置であることを考慮して、裏層材における象牙質窩洞辺縁部の適合性が、テフロンモールド両端に生じる間隙および象牙質せん断接着強さとそれぞれ有意な関係にあるか、否かを検討する目的から、今回は象牙質窩洞辺縁部の適合性とテフロンモールド両端に生じる間隙に関して検討した。

【材料と方法】

材料としては Table に示す裏層材 9 種を使用した。方法は、ヒト臼歯咬合面 (象牙質部) に I 級窩洞 (直径 3.5mm, 深さ 1.5mm) を形成、メーカー指示に沿って処理後、裏層材を充填、光照射もしくは 37°C, 相対湿度 100% 中に 7 分間保存して硬化させ、直ちに研磨して窩洞辺縁部 (象牙質) に生じている最大の間隙幅を読み取り顕微鏡 (1,000 倍) で計測した。同様にして、テフロンモールドに同容積の窩洞を形成、硬化により辺縁部に生じた両端の間隙幅の和を計測した¹⁾。

【結果と考察】

Table に結果を示した。9 種の裏層材修復において、硬化直後研磨における象牙質辺縁部の間隙幅の平均値は 4~22 μm 、テフロンモールド辺縁部の間隙幅は 10~50 μm を示した。象牙質辺縁部の間隙幅の小さい裏層材は、硬化時の収縮により生じるテフロンモールド辺縁部の間隙幅も小さく、両者は有意な関係にあった ($r=0.83$, $p<0.01$, $N=9$)。よって、象牙質辺縁部に生じる間隙は、裏層材自身の硬化収縮性が有意に影響していることが示唆された。

Table Immediate marginal gap-formation (mean (SD), μm , N=10)

Base/liner materials (Manufacturer, Category)	In the tooth cavity	In the Teflon mold
Vitrebond (3M ESPE, RMGIC)	22 (3)	50 (4)
Ionosit (DMG, RC)	7 (1)	12 (2)
Fuji Lining LC (GC, RMGIC)	5 (1)	24 (4)
Fuji VII (GC, CGIC)	7 (2)	20 (4)
Dentin Cement (GC, CGIC)	4 (1)	22 (2)
Lining cement (GC, CGIC)	9 (2)	38 (4)
Base Cement (Shofu, CGIC)	4 (1)	18 (2)
HY-Bond Liner (Shofu, PCC)	5 (2)	26 (3)
Bulk Base (Sun Medical, RC)	4 (2)	10 (2)

RMGIC: Resin-modified glass-ionomer cement, RC: Resin composite, CGIC: Conventional glass-ionomer cement, PCC: Polycarboxylate cement,

【文献】 1) Irie M, *et al.*, *Dent Mater* 2014; 30(7): e189-e198.

新規ワンステップボンディング材およびコンポジットレジンの 象牙質に対する接着性

昭和大学歯学部 歯科保存学講座 美容歯科学部門
○後閑由香、水上英子、真鍋厚史

Bonding efficacy of one-step bonding system and composite resin to dentin

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

○Yuka Gokan, Eiko Mizukami and Atsufumi Manabe

【研究目的】

良好な象牙質窩洞適合性を獲得するためには、齶蝕除去時に被着面に形成されるスメア層を過不足無く除去し、ボンディング処理に先立ってプライマーを用いて歯面を前処理することが必要不可欠である。これらの臨床術式を簡略化する目的でボンディング処理までのすべての歯面処理を一括で行う All-in-one システムが多数市販されている。今回我々は、Danville 社製ボンディング材 (Prelude One) とペーストタイプのレジン (Z Nano)、試作フロアブルタイプのハイフローとローフローのレジンの象牙質に対する接着性能を、剪断接着試験およびコントラクションギャップの計測によって評価した。

【材料および方法】

コンポジットレジン、パルフィークエステライトペースト (トクヤマデンタル)、Z Nano (Danville)、試作フロアブルタイプのハイフローおよびローフローの 4 種類を用いた。象牙質に対する接着前処理は、イーライズコンディショナー、イーライズプライマー (ペントロンジャパン)、クリアフィルフォトボンド (クラレノリタケデンタル) を用いたシステムとワンステップボンディング材である Prelude One (Danville) の 2 種類を使用した。コントラクションギャップの計測ではヒト抜去大白歯隣接面エナメル質を削除し象牙質平面を作成し、直径 3.0mm 深さ 1.5mm の円柱窩洞を形成した。窩洞に各種歯面処理を行い、4 種類のコンポジットレジンで充填硬化させた。10 分間の水中保管後、窩縁を露出および研磨し、窩縁に生じるコントラクションギャップの計測を光学顕微鏡下で行った。測定した値は窩洞直径に対する百分率で表した。

剪断接着強さの試験では、試片作製後 24 時間 37°C 水中保管後、万能材料試験機 (Type5500R, Instron) を用いてクロスヘッドスピード 1mm/min の条件で行った。

計測した値は ANOVA ならびに Tukey's multiple comparison test を用いて、有意水準 5% の条件で統計学的分析を行った。

【結果および考察】

剪断接着試験の結果、イーライズシステムと試作フロアブルタイプのローフローレジンを用いた組み合わせの試片で最も高い接着強さを示した。イーライズシステムを使用した試片は、ワンステップタイプの Prelude One を使用した試片と比較して、接着強さが強い傾向にあった。コントラクションギャップの計測では両方のシステムで同様な結果が認められた。コンポジットレジンのペースト、ロー、ハイの流動性の違いで接着性に大きな差が生じなかった。

【結論】

今回の結果から新規ワンステップボンディング材を用いた接着システムは、従来から当教室が推奨しているイーライズシステムとパルフィークエステライトの組み合わせに近い接着が獲得されたと考える。

市販ワンステップボンディング材における活性ラジカル発生挙動と接着性
- 乾燥時間の違いによる変化 -

岡山大学病院 総合歯科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

○武田宏明¹, 入江正郎², 小野早和子¹, 渡邊翔¹, 大塚恵理¹,
塩津範子¹, 桑山香織¹, 河野隆幸¹, 松本卓也², 鳥井康弘¹

The radical generating behavior and adhesiveness on one-step self-etch adhesives

-Effect of air drying-

Comprehensive Dental Clinic, Okayama University Hospital¹

Department of Biomaterials, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and
Pharmaceutical Sciences²

○TAKETA Hiroaki¹, IRIE Masao², ONO Sawako¹, WATANABE Sho¹, OHTSUKA Eri¹,
SHIOTSU Noriko¹, KUWAYAMA Kaori¹, KONO Takayuki¹, MATSUMOTO Takuya², TORII Yasuhiro¹

【研究目的】

ワンステップボンディング材は一液でエッチング、プライミング、ボンディングという多機能を発現させるために多種の成分が混合されている。溶媒としてアセトンやエタノール、水などの揮発成分が配合されており、歯面処理後のボンディング材の乾燥の程度や方法が接着強さに影響すると報告されていることから、溶液中の溶媒の蒸散は歯質接着における重要なステップと考えられる。そこで本研究では、乾燥時間を変化させた市販ワンステップボンディング材中のラジカル発生量を電子スピン共鳴法 (ESR) で経時的に測定し、乾燥時間の違いとラジカル発生量の関係を検討した。また、乾燥時間の違いによる接着強さの変化についても調べた。

【材料および方法】

ワンステップボンディング材としてトライエスポンドNDクイック (クラレメディカル)、ポンドフォースII (トクヤマデンタル)、ビューティボンドマルチ (松風) を使用した。これらをガラス練板に滴下し、それぞれ20秒、40秒、60秒間エア (Z-283 AIR DUSTER, ホーザン) にて乾燥させた後、それぞれを直径2mm、高さ1mmのテフロン製チューブに充填した。充填後、光照射器 (Luxor-4000, ICI) を用いて10秒間照射し、直ちにESR試料管 (NEW Era Enterprises) に投入して電子スピン共鳴装置 (JES-FR30, 日本電子) でラジカル発生量を測定した。なお、光照射開始時点を重合開始として時間経過ごとに測定を行った。さらに、各ボンディング材の乾燥時間の違いによる牛歯エナメル質に対する剪断接着強さを、オートグラフ (AG-20 k NX, 島津製作所) を用いて測定した。

【成績】

発生したラジカルは時間経過とともに減衰傾向を示した。また、乾燥時間が長い程、ラジカル初期発生量が多くなる傾向が認められた。剪断接着強さは、20秒間乾燥させた場合より、60秒間乾燥させた場合の方が、高い接着強さを示す傾向が認められた。

【考察】

十分な乾燥により揮発性溶媒を蒸散させた場合には、レジンのモノマー成分が濃縮されラジカルの発生が促進されたと考えられる。このことは揮発性溶媒が残存すればラジカルの初期発生量が抑制されることを意味するものかもしれない。ラジカル量が多いことはモノマーの重合反応がより急激に進展していることを意味し、乾燥によってボンディング材の重合反応が促進され接着が早期に確立されるものと考えられる。また、供試した3種のボンディング材のラジカル発生挙動の違いから、ラジカル発生量は水や有機溶媒だけでなく、重合触媒の種類や添加量、ならびにレジンモノマーの種類によっても影響されると考えられる。

【結論】

ワンステップボンディング材中の揮発成分を十分に蒸散させることは、重合反応の進展を促進させ早期の接着強さの確立に寄与する可能性が示唆された。

新規ワンステップボンディング材における象牙質微小引張接着強さについて

岡山大学病院むし歯科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²

○星加 知宏¹, 西谷 佳浩², 高橋 圭¹, 吉山 昌宏²

Microtensile bond strength of new one-step bonding system on dentin

Operative dentistry, Okayama University Hospital¹

Department of Operative Dentistry, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and
Pharmaceutical Sciences²

○HOSHIKA TOMOHIRO¹, NISHITANI YOSHIHIRO², TAKAHASHI KEI¹, YOSHIYAMA MASAHIRO²

【研究目的】

近年コンポジットレジン修復の接着材料の開発が進み、接着性の向上や操作の簡易化が図られて以来わが国ではワンステップボンディング材が広く用いられている。さらには接着性を維持しつつ歯面処理時間の短縮も図られた製品も販売されている。本研究では、新規に発売された Bond ForceII (トクヤマデンタル) とその他 2 種類のワンステップボンディングシステムの象牙質における接着強さとその耐久性について検討を行った。

【材料及び方法】

1. 試料体の作製

接着試験には新鮮なヒト抜去健全大白歯を用い、歯冠中央部を耐水研磨紙#600 まで研磨した象牙質面を被着面とした。また、被着体のコンポジットレジンにはエステライトシグマクイック (トクヤマデンタル) を用い、比較するワンステップ接着システムには Bond ForceII (以後 BFII), Bond Force (トクヤマデンタル, 以後 BFI), Tri-S Bond ND Quick (クラレノリタケデンタル, 以後 TNQ) を用いた。露出象牙質に対してメーカー指示通りボンディング材を塗布・光照射後、コンポジットレジン積層を構築し、接着試料体を作製した。

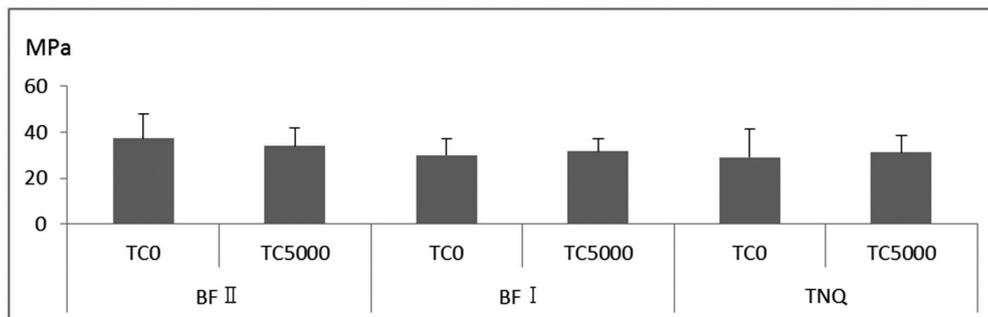
2. 試料体の接着強さの測定および観察

試料体を精密低速切断機 (Isomet, Buehler) を用いて連続切片に切り出し、各切片を接着面積が 1.0 mm² になるように棒型に形成した。作製直後にマイクロテンサイル法による引張接着試験を行った群を TCO 群とし、作製後 5000 回のサーマルサイクル試験を行った群を TC5000 群として、接着試料体の一部をランダムに抽出して引張試験および走査電子顕微鏡 (SEM) 観察を行った。

微小引張試験は卓上万能試験機 (EZ Test, Shimadzu) を用いて、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件下で行った。試料数を各 8 個とし、得られた結果は Two-way ANOVA と Tukey's test を用いて有意水準 5% にて統計処理を行った。

【結果】

サーマルサイクル試験前後の引張試験結果を下表に示す。いずれの群間も有意差を認めなかった。



【考察および結論】

Bond ForceII においては Bond Force から配合成分が改良されており、従来の半分の処理時間にもかかわらず同等の引張強さを示した。同様に歯面処理時間が短縮された Tri-S Bond ND Quick も他のボンディング材と接着強さに有意差は認められなかった。いずれのボンディング材もサーマルサイクル負荷後も良好な微小引張接着強さを示した。

自己接着性フロアブルコンポジットレジンの人工酸蝕症歯に対する引張り接着強度

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

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²

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科理工学分野³

○村瀬由起¹、小竹宏朋¹、西谷佳浩²、吉山昌宏²、玉置幸道³、堀田正人¹

Tensile Bond Strength of self-adhesive flowable resin composite to artificial tooth erosion
Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University, School of Dentistry, School of Dentistry, Gifu, Japan¹

Department of Operative Dentistry Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences²

Department of Dental Material Science, Asahi University, School of Dentistry³

○MURASE Yuki¹, KOTAKE Hiroto¹, NISHITANI Yoshihiro², YOSHIYAMA Masahiro², TAMAKI Yukimichi³, HOTTA Masato¹

【研究目的】 前回、第 140 回日本歯科保存学会で酸性飲食物の過剰摂取が主な原因と考えられる酸蝕症の歯を人工的に作製し、健全歯を削ることなく対応できる歯面コーティング材との接着性を薄膜接着強度で検討したが、今回は引張り接着強度で評価し、比較検討した。

【材料および方法】 1.人工酸蝕症歯の作製：朝日大学歯学部倫理委員会の承認 (No.25148) を得ている抜去歯を耐水研磨紙 #400 にて研磨し、エナメル質と象牙質の平面を作製し、室温蒸留水中に一時保管した。前処理として Sieck の方法により作製し、pH7.0 に調整した人工唾液に 37℃、2 時間 1Hz で振盪した後、Table.1 に示す方法で 3 回、強酸性炭酸飲料 (コカ・コーラ、以下コーラ) に浸漬して作製した (人工酸蝕症群)。人工酸蝕症群と同時間、人工唾液に浸漬したものを再石灰化群とした。2.接着試験用試料の作製：歯面コーティング材として自己接着型フロアブルコンポジットレジンである fusio™ Liquid Dentin (Pentron Clinical, 以下 fusio) と、プライムフィルのプライマーと LLB-CR6 (試作フロアブルコンポジットレジン, トクヤマデンタル, 以下 LLB) を使用した。fusio コーティングは、人工酸蝕症群 (De, Ee 群)、再石灰化群 (D, E 群) とも、歯面を弱圧エアにて乾燥し、コーティング後に透明アクリル板で荷重 200g、30 秒間圧接し、20 秒間光照射 (デントクラフトブルーレックス, YOSHIDA) した。LLB は両群の歯面を弱圧エアにて乾燥し、プライマー塗布後も弱圧エアにて乾燥し、コーティング後に fusio と同様に圧接し、20 秒間光照射を行った。各試料は 10 個作製した。3.引張り接着強度測定：人工酸蝕症群と再石灰化群を fusio と LLB でコーティングした試料について万能試験機 (EZ Graph, SHIMADZU) にてクロスヘッドスピード 0.5mm/min の条件で引張り、破断時の値を単位面積当たりに計算し、引張り接着強度とした。測定データは一元配置分散分析 (ANOVA) と多重比較試験 (Fisher's PLSD test) を用いて有意差検定 (p<0.05) を行った。

【結果】 引張り接着強度測定の結果を Fig.1 に示す。有意差検定の結果、D LLB が最も大きい値を示し、D fusio, De LLB, De fusio との間に有意差があった。エナメル質では Ee LLB が最も大きい値を示し、E LLB との間に有意差があった。

【考察】 今回使用した fusio, LLB とも人工酸蝕症のエナメル質には 7.9~9.8MPa (平均値) を示したが、象牙質には 2.9~5.8MPa (平均値) と低い値であった。今後、接着耐久性についても測定を行い、酸蝕症の歯面コーティング材料として fusio, LLB が薄くて、かつ硬い被膜材として応用可能かどうかさらなる検討を行う予定である。

Table 1 pH cycling method
(This process was repeated 3 times)

solution	immersion time	temperature	shaking cycle
coke	5 min	4℃	1Hz
D.W.	5 min	room temperature	1Hz
A.S.	6 h 30min	37℃	1Hz

D.W.: distilled water, A.S.: artificial saliva

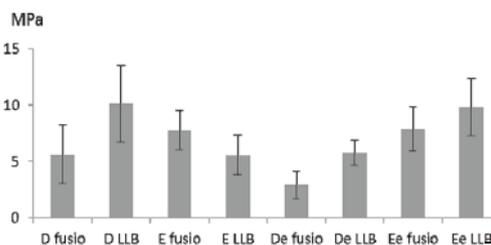


Fig.1 Tensile bond strength of self-adhesive flowable resin composite to artificial tooth erosion
D:Dentin, E:Enamel
De:Acid-eroded dentin, Ee:Acid-eroded enamel

ユニバーサル接着システム応用型レジンセメントの初期接着挙動

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
○黒川弘康^{1,2}, 白土康司¹, 柴崎 翔¹, 瀧本正行¹, 土屋賢司¹, 升谷滋行^{1,2}, 松村正鴻¹, 宮崎真至^{1,2}

Determination of early bonding characteristics of resin cement utilizing universal adhesive system

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

Nihon University School of Dentistry

○KUROKAWA Hiroyasu^{1,2}, SHIRATSUCHI Koji¹, SHIBASAKI Sho¹, TAKIMOTO Masayuki¹,
TSUCHIYA Kenji¹, MASUTANI Shigeyuki^{1,2}, MATSUMURA Seiko¹, MIYAZAKI Masashi^{1,2}

【緒言】

レジンセメントを用いた接着操作においては、歯質あるいは修復物などの各被着体に適した前処理が必要とされる。しかし、前処理を行うことは臨床操作を煩雑にさせるとともに、操作ステップ数の増加によって接着阻害因子の影響を受ける可能性がある。そこで、レジンセメントの開発方向としては、各被着体に対する前処理を簡略化しながら優れた接着性を獲得することに主眼がおかれ、これに沿った製品として、ユニバーサル接着システム応用型のレジンセメントが開発、市販されている。すなわち、セルフエッチアドヒーズを各被着体に塗布することで、レジンセメントのぬれ性を向上させるとともに、アドヒーズとセメントとのコンタクトキュアによって、修復物の装着直後から高い接着強さを発揮できるように設計されている。一方、これらの接着性に関しては、試験片製作後24時間以上経過した後に評価しているものがほとんどであり、臨床的に主要となる硬化初期における挙動については不明な点が多い。そこで、照射の有無および塗布されたアドヒーズの厚さの違いがユニバーサル接着システム応用型レジンセメントの初期接着挙動に及ぼす影響について、象牙質に対する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】

レジンセメントとして、前処理にユニバーサル接着システムである Scotchbond Universal Adhesive を用いる Rely X Ultimate (RXU, 3M ESPE) を、対象として、前処理にセルフエッチングプライマーを用いる Clearfil Esthetic Cement (CEC, クラレノリタケデンタル) およびセルフアドヒーズレジンセメントの G-CEM Link Ace (GLA, ジーシー) を用いた。

1. 被着歯面の調整

ウシ下顎前歯歯冠部を常温重合レジンに包埋し、直径6~8mmの象牙質面が得られるよう、唇側中央部を研削した。この研削面を耐水性 SiC ペーパーの#600 を用いて露出面が平坦となるよう調整し、これを象牙質試片とした。

2. 接着試験用試片の製作

内径4mm、高さ2mmの円筒形テフロン型に歯冠用硬質レジン(セラマージュ, 松風)を填塞、加圧成形した後、歯科技工用重合装置を用いて3分間光線照射して重合、24時間大気中に保管したものをレジン試片とした。このレジン試片の表面をアルミナ粒子(50μm)でサンドブラスト処理した後(0.1MPa)、3分間超音波洗浄した。接着試験用試片の製作は、RXUでは、Scotchbond Universal Adhesiveを異なる条件で塗布した場合について行った。すなわち、レジン試片のサンドブラスト処理面および象牙質被着面を、アドヒーズを用いて製造者指示条件で処理した後、練和したセメントを塗布したレジン試片を象牙質被着面に対して荷重0.2Nの条件で圧接する条件をThin群、象牙質被着面にアドヒーズを塗布した後、エアブローすることなく、アドヒーズの厚さが50μmとなるよう、透明マトリックスを用いて規定した後、セメントを用いて接着させた条件をThick群とした。さらに、象牙質被着面に対して、アドヒーズを製造者指示条件で2回塗布した条件(Twice群)についても検討した。一方、CECおよびGLAでは、サンドブラスト処理面に対してシランカップリング処理を行うとともに、CECは象牙質被着面に対して製造者指示条件で歯面処理を行った後に、GLAでは歯面処理することなく、セメントを塗布したレジン試片を圧接した。

レジン試片を圧接しながら、マイクロブラシを用いて余剰セメントを除去した後、照射を行う条件では、レジン試片の2方向から30秒間照射を行った。また、照射を行わない条件では、5分間圧接したものを接着試験用試片とした。

3. 接着強さの測定

照射あり条件では照射終了直後から、照射なし条件では被着面に対してレジン試片を圧接した直後から、接着試験用試片を37±1℃、相対湿度90±5%の条件で、15分および1, 6, 12および24時間保管した。所定の保管時間が経過した後、万能試験機を用いて剪断接着強さを測定した。

【成績および考察】

供試したレジンセメントの24時間経過後の接着強さは、照射あり条件では、RXUのThin群で20.1MPa、Thick群で15.2MPaおよびTwice群で13.0MPaを示した。一方、CECでは12.6MPaを示し、アドヒーズの厚さに関わらず、RXUで高い接着強さを示した。これは、セルフエッチアドヒーズの使用が象牙質との安定した接着系を形成するのに有効に作用したためと考えられた。

【結論】

ユニバーサル接着システム応用型レジンセメントの接着強さは、塗布されたアドヒーズの厚さおよび照射条件によって影響を受けるものの、他の製品と比較して安定した接着強さを示した。

各種ユニバーサルタイプ接着システムにおけるコンポジットレジンおよびセラミックの補修復に関する研究

岩手医科大学歯学部 歯科保存学講座 う蝕治療学分野

○志賀華絵 岡田伸男 櫻井秀人 長谷部智之 熊谷啓二 工藤義之 野田 守

Tensile Bond Strength of Universal Adhesives for Repair applied on Resin Composite and Ceramics.
Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department Conservative Dentistry, School of Dentistry,
Iwate Medical University

○Shiga Hanae, Okada Nobuo, Sakurai Hideto, Hasebe Tomoyuki, Kumagai Keiji, Kudou Yoshiyuki
and Noda Mamoru

【目的】 近年、白い歯への要求から臼歯部の歯冠修復はメタルフリー修復へと変わりつつある。臼歯部の審美修復法としてコンポジットレジンによる直接修復のほか、レジンインレー、セラミックインレーなどの間接修復も増加している。一方で修復後に歯質や修復物が破折し再修復を余儀なくされることもあり、残存歯質や歯髄への影響から、小範囲であれば補修復での対応が望まれる。

これまで補修復は、異なる被着面ごとに個々の前処理が必要とされ操作が煩雑であったが、このような欠点を改善したユニバーサルタイプ接着システムが昨年より市販された。簡便な操作で補修復が可能であり、良好な臨床成績を収めたとの報告もある。しかし、その接着強度や耐久性については不明な点も多い。

本研究では、コンポジットレジンによる補修復を想定し、セラミックおよび重合反応後のコンポジットレジンへの各種ユニバーサルタイプ接着システムを用いたコンポジットレジンの接着強さを調査し、従来のリペアキットとの比較を行った。

【材料】 被着体は、GN セラムブロック (Shade A3 GC)、照射後 24 時間以上経過した MI ローフローレジンプロック (Shade A3 GC) を使用した。接着システムは、スコッチボンドユニバーサルアドヒーズブ (3M ESPE: 以下 SU)、オールボンドユニバーサル (Bisco: 以下 AU)、ビューティーボンドマルチ (松風: 以下 BM)、ユニバーサルプライマー (トクヤマデンタル: 以下 UP) の 4 種類と、Control として C&B リペアキット (GC: 以下 RK) を使用した。

【方法】 各被着体を耐水研磨紙 #600 で研磨し超音波洗浄を 10 分行った面を被着面とした。業者指示で被着面を各種ユニバーサルタイプ接着システムで処理し、内径 4 mm、高さ 3.5 mm のステンレスジグを置き、MI ローフローを充填して 20 秒間照射を行った。37°C 相対湿度 100% 湿潤下に 24 時間静置した後、万能試験機 (INSTRON 4204 クロスヘッドスピード 0.5 mm/min) で引張試験を行った。得られたデータは One-way ANOVA, Student-Newman-Keuls Test および Student T-test にて統計学的に検討した。

【結果および考察】 ユニバーサルタイプ接着システムにおけるセラミックおよびコンポジットレジンへの接着強さを図 1 に示す。セラミックに対する接着強さは RK が最も大きく、BM, AU, UP, SU の順に低くなっていた。一方、コンポジットレジンに対する接着強さは SU が最大となり、RK が最小であったが、セラミック、コンポジットレジンともに接着システム間で統計学的有意差を認めなかった。

各接着システムにおいて被着体間での接着強さを比較したところ、SU でコンポジットレジンへの接着が有意に高値を示した。他の接着システムでは有意差を認めなかったが、RK, BM ではセラミック、AU, UP ではコンポジットレジンがわずかに高値を示した。このような違いが生じた理由として、個々の接着システムの成分構成の違いや、被着面の接着に不要な成分の残留が影響していると推測され、接着システムと被着体にある程度の相性が存在すると考えられたが、今後更なる検討が必要と思われる。

以上のことから、ユニバーサルタイプ接着システムを使用したセラミックおよびコンポジットレジンの補修復において、補修材として使用されるコンポジットレジンとの接着強さは、従来からのリペアキットを使用した場合と同程度であるが、対象となる被着面の種類によっては使用する接着システムを考慮する必要があると考えられた。

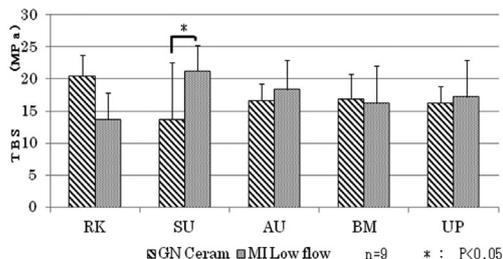


Fig. 1 Tensile Bond Strength of Universal Adhesives applied on Resin Composite and Ceramics.

新規レジンセメント (HPC-100) の接着性について

大阪歯科大学 歯科保存学講座

○古澤 一範 河村 昌哲 小松 首人 松田 有之 小正 玲子 吉川 一志 山本 一世

Bonding Properties of the New Resin Cement

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

○FURUSAWA Kazunori, KAWAMURA Masaaki, KOMATSU Obito, MATSUDA Tomoyuki,
KOMASA Reiko, YOSHIKAWA Kazushi, YAMAMOTO Kazuyo.

【目的】

近年, CAD/CAM 冠が保険適用されるなど, レジンセメントの使用頻度は今後も増え続けると考えられる. レジンセメントは, 従来のガラスイオノマーセメント等の合着用セメントと比べ機械的強さに優れており耐溶解性も有している. 一方で, 光照射が不十分な条件下では, デュアルキュア型コンポジットレジジンセメントが臨床応用されているが光重合と比較して合着直後の機械的強度に不安がある. 今回, 新規化学重合開始剤と促進剤が添加された新規コンポジット型レジジンセメント (HPC-100) がクラレノリタケデンタルより開発された. 本研究では HPC-100 の接着性能について 2 種類のコンポジット型レジジンセメントと比較, 検討を行った.

【材料と方法】

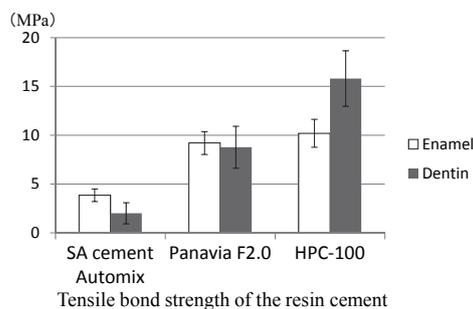
実験に使用したレジジンセメントは HPC-100, パナビア®F2.0 (クラレノリタケデンタル) および SA セメントプラスオートミックス®トライアル (クラレノリタケデンタル) とした. 抜去後, 冷凍保存されたヒト抜去大白歯を解凍後, モデルトリマーを用いてエナメル質および象牙質を露出させ耐水研磨紙#600 まで研磨を行い被着面とした. それぞれの被着面に内径 3.0 mm の穴をあけたマスキングテープを張り付け, 被着面積を規定した. クリアフィル®AP-X (クラレノリタケデンタル) を下面 4 mm, 上面 5 mm, 高さ 3 mm のテフロンモールドに填塞し光照射し CR ブロックを作製し, 上面に引張試験用治具を取り付け, 下面を耐水研磨紙#600 まで研磨し被着体とした. 被着体の下面をアルミナ粒子にてサンドブラスト処理後, 蒸留水中にて 5 分間超音波洗浄を行った. CR ブロックの下面に K エッチャント GeI (クラレノリタケデンタル) で 5 秒間処理後水洗・乾燥を行い, クリアフィル®セラミックプライマー (クラレノリタケデンタル) を塗布し, 5 秒後に乾燥を行った. 各被着面に対して製造者が指示する接着操作を行い, 各レジジンセメントを製造者指示に従い練和し, 塗布後 200gf の力で垂直加圧し, 余剰セメント除去後 10 分間保持し, 接着面辺縁から 3 方向からそれぞれ 20 秒間光照射を行った. 接着試料体は 24 時間 37°C 水中保管後万能試験機 IM-20 (Intesco) を用いて毎分 0.3 mm のクロスヘッドスピードにて各試料体の引張接着強さを測定した. 得られた測定結果は一元配置分散処理および Tukey の検定により統計処理を行った ($P < 0.01$).

【結果】

新規レジジンセメント (HPC-100) はパナビア®F2.0 や SA セメントプラスオートミックス®トライアルに比べ, 象牙質において有意に高い接着値を示した.

【結論】

新規レジジンセメント HPC-100 は新規化学重合開始剤と促進剤が添加されたことにより, 今までのコンポジット型レジジンセメントに比べ接着値が向上したことが確認され, 臨床での安定した接着性が示唆された.



新規セルフアドヒーシブセメント「SA ルーティング プラス」の特徴

クラレノリタケデンタル株式会社
○杉浦 麻梨子、中山 英美、武井 満

Characteristics of a new self-adhesive cement “SA Luting Plus”

Kuraray Noritake Dental Inc.
○SUGIURA Mariko, NAKAYAMA Hidemi, TAKEI Mitsuru

【研究目的】

近年、各歯科材料メーカーより各種被着体の表面処理が簡略化されたセルフアドヒーシブセメントが開発、発売されている。当社が新たに開発したセルフアドヒーシブセメント「SA ルーティング プラス (以下、SALP)」は SA セメント プラス オートミックス (クラレノリタケデンタル、以下 SACP) と同じく、歯質接着性、機械的強度の向上および室温保存時における製品品質の安定化を目的として、新規なレドックス開始剤を配合して設計したものである。本研究では、SALP の歯質接着性および曲げ強さについて、SACP およびクリアフィル SA ルーティング (クラレノリタケデンタル、以下 SAL) との比較評価を行った。

【材料および方法】

接着強さ 歯冠部を研削し平坦なエナメル質、象牙質を露出させたヒト抜去大臼歯をステンレス製リング (φ20mm) に包埋した後、#1000 の耐水研磨紙を用い流水下で露出面を研磨し、被着面とした。ステンレスロッド (φ3mm、サンドブラスト処理済み) に各製品の添付文書の指示に従い練和したセメントを塗布し、歯質被着面へ合着させた。続いて、合着させたステンレスロッドに 500g の荷重を付与した後、各製品の添付文書の指示通り、余剰セメントの除去およびマージン部への照射を行った。荷重付与開始から 10 分後に荷重を外し、37°C の水中に 24 時間保管 (37°C1day 群) 後、あるいは 24 時間保管後にサーマルサイクル試験機にて、4°C-60°C (浸漬時間 1 分) を 1 サイクルとする熱負荷を 3,000 回付与した (TC3000 群) 後、オートグラフ AG-I (島津製作所) にてクロスヘッドスピード 1mm/min で剪断接着強さを測定した (n=5)。

曲げ強さ 内寸 25mm×2mm×2mm のステンレス金型に各製品の添付文書に従い練和したセメントを充填し、ISO4049:2009 に準拠して硬化させた。これを金型から取り出した後、37°C の水中に 24 時間保管後、オートグラフ AG-I (島津製作所) にてクロスヘッドスピード 1mm/min で 3 点曲げ強さを測定した (n=5)。

【結果および考察】

Fig. 1, 2 に人歯エナメル質、象牙質への剪断接着強さ、Fig. 3 に曲げ強さを示す。37°C1day 群の接着強さは、エナメル質に対して、SALP ; 16.8MPa、SACP ; 16.2MPa、SAL ; 15.9MPa、象牙質に対して、SALP ; 12.9MPa、SACP ; 12.8MPa、SAL ; 11.0MPa であり、いずれも SALP と SACP は同程度であり、SAL より高い接着強さを示した。また、TC3000 群の接着強さは、エナメル質に対して、SALP ; 17.2MPa、SACP ; 17.4MPa、SAL ; 15.2MPa、象牙質に対して、SALP ; 13.0MPa、SACP ; 12.9MPa、SAL ; 11.0MPa であり、いずれも SALP と SACP は同程度であり、SAL より高い接着強さを示した。また、曲げ強さは SALP ; 100.8MPa、SACP ; 108.9MPa、SAL ; 88.2MPa であり、SALP は SACP と同程度であり、SAL と比較して高い値であった。

SALP および SACP では新規なレドックス重合開始剤系を導入したことにより SAL より高い歯質接着強さ、曲げ強さが得られたと考えられる。

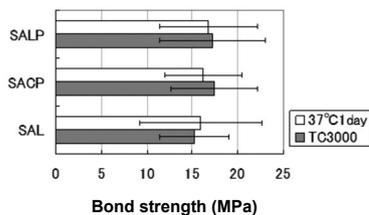


Fig.1 Shear bond strength to human enamel

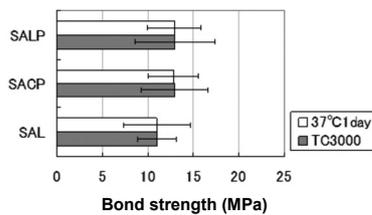


Fig.2 Shear bond strength to human dentin

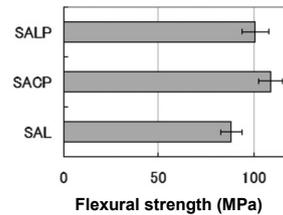


Fig.3 Flexural strength

【結論】

新規セルフアドヒーシブセメント SALP は SACP と同程度の歯質接着性および曲げ強さを有し、いずれも SAL と比較して優れていることから、SALP の臨床的有用性が期待される。

ジルコニアセラミックス表面処理におけるリン酸系機能性モノマーの役割

東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 摂食機能保存学講座 う蝕制御学分野

○荒井 昌海、高橋 彬文、佐藤 隆明、高垣 智博、二階堂 徹、田上 順次

The role of phosphoric functional monomers in the treatment of zirconium ceramics

Cariology and Operative Dentistry, Graduate school of Medical and Dental Sciences,

Tokyo Medical and Dental University

○ARAI Masami, TAKAHASHI Akifumi, SATO Takaaki, TAKAGAKI Tomohiro, NIKAIDO Toru, TAGAMI Junji

【緒言】

近年、CAD/CAM の技術の向上と審美歯科への関心が高まる中で、優れた審美性と生体親和性からオールセラミック修復や、インプラントアバットメントに適用されるなどジルコニアセラミックスを用いた歯科治療の臨床応用が急速に普及しつつある。本研究ではジルコニア表面処理に用いる各種リン酸系機能性モノマーの違いが、引張り接着強さと表面の濡れ性に及ぼす影響を検討した。

【材料および方法】

実験において使用した機能性モノマー3種を図1に示す。ジルコニア被着体表面を耐水研磨紙 (#600) にて研削した後、超音波洗浄 (蒸留水 5分, エタノール 2分) にて被着体を洗浄し、未処理群, 図1に示した各機能性モノマー5% エタノール溶液にて10秒間処理した群を作製した。(Control, MDP, GPDM, Phenyl-P) 接触角測定器 (VCA OPTIMA-XE テックサイエンス社) を用いて水との接触角測定を各試料 3 回実施し, その平均値をもって最終的な接触角とした。引張り接着試験においては, レジンセメントとしてクリアフィルエスティックセメント (クラレノリタケデンタル) を用い, 被着体としてジルコニア (LAVA, 3M ESPE) を用いた。ジルコニア被着体表面を耐水研磨紙 (#600) にて研削した後, 気圧 0.3MPa, 粒径 50 μm アルミナを 10 mm の距離から 10 秒間処理した。超音波洗浄 (脱イオン水 5分, エタノール 2分) にて被着体を洗浄した後, 接着面はアルミテープを用いて直径 4 mm, 厚さ 100 μm に規定した。K エッチャント (クラレノリタケデンタル) にて処理, 水洗後, 各プライマーにて 10 秒間表面処理を行い, レジンセメントを用いて被着体にステンレス棒を植立した (図2)。試料は水中にて 24 時間浸漬した後, 万能試験機 (AUTOGRAPH AGS-J 島津製作所) にてクロスヘッドスピード 2 mm/min にて引張り接着試験を行った。また, 結果は Wilcoxon rank sum test with Bonferroni correction ($\alpha=0.05$) にて解析を行った。

【結果】

Table 1 Microtensile bond strength and contact angle of each group

	Control	MDP	GPDM	Phenyl-P
Tensile bond strength (MPa)	4.5 ± 1.2 ^a	12.5 ± 3.9 ^b	9.1 ± 3.8 ^b	4.9 ± 1.6 ^a
Contact angle (degree)	51.2 ± 3.2	N.D.*	24.2 ± 5.6	33.6 ± 2.7

* N.D. : not detected n = 10 same superscript are not significantly different from each other (p < 0.05)

【考察】

引張り接着強さにおいては, MDP 処理群が最も高い値を示し, 処理後の接触角は測定限界を下回った。また破面観察では MDP 群においては, レジンセメント内での凝集破壊であったが, 他群ではすべて界面破壊であった。また, 接触角が小さくなるに従って引張り接着強さが高くなる傾向が認められた。被着体表面の濡れが機能性モノマーにより改善されることで, 接着性の向上が起こっていることが推察される。リン酸基を持つ機能性モノマーであっても, その分子構造によってジルコニア表面との反応性には大きな違いがあることが考えられる。

【結論】

1. ジルコニアに対して有効な表面処理として MDP を含むプライマーを用いることにより良好な接着を図ることが可能である。
2. リン酸系モノマーはその分子構造により, ジルコニア表面との反応性が大きく異なることが示唆された。

歯科用ジルコニアの表面処理に関する研究
— シリカ改良型サンドブラスト処理による表面の変化 —

神奈川県立歯科大学大学院 歯学研究科 歯制御修復学講座¹, 放射線応用科学講座²
○岡田周策¹, 飯塚純子¹, 松島 大¹, 武村幸彦^{1,2}, 杉崎新一郎¹, 向井義晴¹

Study on Surface Treatment of Dental Zirconia

— Effect of Silica modified Alumina Sandblast for Zirconia Surface —

Department of Cariology and Restorative Dentistry, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University¹
Department of Radiopraxis Science, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University²
○OKADA Shusaku¹, IIZUKA Junko¹, Matsushima Dai¹, TAKEMURA Yukihiko^{1,2}, SUGIZAKI Shinichiro¹,
MUKAI Yoshiharu¹

【目的】 歯科用ジルコニアは、高い物性や天然歯に近い色調、およびアレルギーを生じさせることがない化学的安定性から、近年修復材料や補綴物として使用される機会が多くなっている。しかしながらその硬さのために、表面への処理、特にサンドブラスト処理の効果を確認しにくいとも報告されている。一方で、最近ではジルコニアと同様に硬度が高いチタンに対し、シリカ改良型サンドブラスト処理により表面にシリカコーティングが行えることが知られている。そこで、本研究では、鏡面研磨されたジルコニア表面にロカテックプラス処理を行い、表面の変化を調べることに伴うジルコニア接着の前処理方法の検討を行った。

【材料と方法】 歯科用ジルコニアは、直径 12mm、厚さ 3mm に削り出された完全焼結体のイットリア系ジルコニア (Z-CAD, METOXIT 社)、およびセリア系複合ジルコニア (NANOZR, Panasonic 社) を用いた。自動研磨器 (Doctor LAP, MARUTO 社) にて試料表面を鏡面研磨し、粗さ測定機 (Surfcom130A, 東京精密社) にて表面の中心線平均粗さ (Ra) を 0.1 μ m 以下にして試験に供した (n=5)。表面処理は、シリカ改良型サンドブラスト処理 (ロカテックプラス, 3M ESPE) を試料までの距離 10mm、噴射圧 0.28MPa、噴射角度 90° で 15 秒間行った。処理後、超音波洗浄機 (USD-3, AS-ONE 社) にて脱イオン水中で 10 分間余剰な処理材を除去し、表面の粗さの変化を比較した。処理前後の統計的な比較は t 検定を用い有意水準 1% で検討した。また、表面のシリカコーティングの効果は、研磨試料の半側をマスキングして同様の処理を行い超音波洗浄後、処理面と未処理面を電子線プローブマイクロアナライザー (EPMA8705-IE2H3, 島津社) にて Si のマッピングにより比較した。

【結果および考察】 今回用いた歯科用ジルコニアはビッカース硬度で 1000Hv (メーカー発表) を超えるものであり、鏡面研磨が非常に困難なものであったが、Z-CAD ジルコニアで Ra=0.038 \pm 0.016 μ m、NANOZR で Ra=0.053 \pm 0.007 μ m 程度まで研磨することが可能であった。また、ロカテックプラス処理を施すことにより表面粗さは Z-CAD ジルコニアで Ra=0.52 \pm 0.028 μ m、NANOZR で Ra=0.47 \pm 0.052 μ m まで有意に粗さが増したことから、表面へのサンドブラスター処理が成されていることが確認された。しかしながら、ジルコニアの違いによる差は認められなかった。今回用いたロカテックプラスは、核となるアルミナ表面にシリカをコーティングした平均粒径 110 μ m の粒子であり、粗さ測定機のプロファイルからも 5.0 μ m 程度の凹凸ができたものと判断できた。さらに、EPMA による分析においてもジルコニア表面に Si イオンが多い層の形成が観察され、完全焼結体ジルコニア表面にも 10 分間程度の超音波洗浄では脱離しないシリカコーティングが施されたことが示された。同時に処理面には超音波では脱離しない Al の存在も観察することができた。ポーセレンの表面処理材であるシラン処理を行うことにより接着性レジシメントの保持力を増加する可能性が示唆された。今後は、接着力を検討していく必要があると考える。

【結論】 本実験結果より、歯科用ジルコニア表面にシリカ改良型サンドブラスト処理を施すことにより表面へシリカコーティングを行うことが可能であり、シラン処理等を効果的に行うことができることが示された。

CAD/CAM 用レジンブロック材料の表面処理方法の違いによる セルフアドヒーシブレジンセメントの接着耐久性への影響

株式会社 ジーシー

○南澤 博人, 福島 庄一, 伏島 歩登志, 熊谷 知弘

Bond strength and bonding durability of self-adhesive resin cement to CAD/CAM composite resin blocks.

GC CORPORATION, TOKYO, JAPAN

○Hiroto Minamisawa, Syouichi Fukushima, Futoshi Fusejima, Tomohiro Kumagai

[研究目的]

2014年4月より、CAD/CAM用レジンブロック材料が小臼歯単冠修復に限り保険適用となったが、レジンブロック材料を用いた修復治療の成功のためには確実な接着が重要である。そこで本研究ではレジンブロック材料における表面処理方法の違いによる接着耐久性への影響を調査し、最も有効な表面処理方法を検証することを目的とした。

[材料および方法]

レジンブロック材料としてセラスマート（ジーシー）、接着用セメントとしてセルフアドヒーシブレジンセメント試作品（ジーシー）を用いて接着試験を行った。セラスマートに対する表面処理として、(1)粗造化処理[1：#4000 耐水研磨紙研磨、2：#320 耐水研磨紙研磨、3：0.2MPa サンドブラスト、4：#4000 研磨後 5%フッ化水素酸処理、5：#4000 研磨後 37%リン酸エッチング処理]、(2)セラミックプライマー2（ジーシー）処理[1：プライマー処理なし、2：処理あり]をそれぞれ行い、試験体とした。

被着面積はプラスチックテープを貼ることにより 7.1mm²（直径 3mm，厚さ 0.1mm）に規定した。被着面にセメント練和物を塗布し、ステンレスロッド（直径 10mm，サンドブラスト処理済み）を接着したのち、37℃/相対湿度 100%の恒温恒湿槽にて 1 時間、化学重合にて硬化した。次いで 37℃の水中で 23 時間保管し、接着試験体とした。サーマルサイクル試験では、5℃及び 55℃の水槽に試験体を各 30 秒ずつ交互に浸漬させる操作を 10,000 回繰り返した。サーマルサイクル前後の接着強さは剪断試験（クロスヘッドスピード 1mm/min）によって測定した（n=5）。得られた結果は三元配置分散分析、及び個々の群間に対しては t 検定を実施した。

[結果]

各表面処理条件の接着強さを比較すると、24 時間後では 0.2MPa サンドブラスト、#320 研磨、フッ化水素酸処理、リン酸処理、#4000 研磨の順に高い接着強さを示した。ただしリン酸処理と#4000 研磨では有意差は見られなかった。またセラミックプライマー2の使用の有無を比較すると、24 時間後ではいずれも有意差は見られなかったが、TC10,000 回後ではフッ化水素酸処理以外で有意差が見られ、セラミックプライマー2を使用しないと接着強さが低下し、使用すると接着強さが維持、または向上することが確認された。

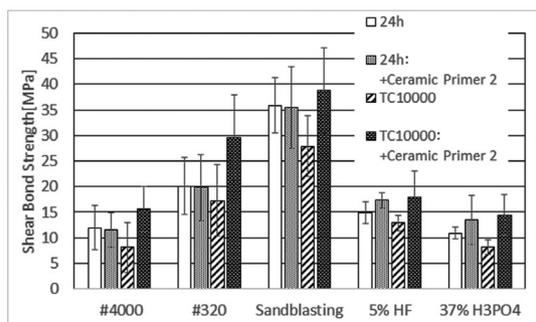


Fig1: Shear bond strength of various surface treatment.

[考察]

初期（24 時間後）の接着強さは粗造化処理条件に大きく依存しており、初期の接着強さには機械的吻合が大きく寄与していると考えられる。しかしサーマルサイクル後の接着強さの変動は、セラミックプライマー2を使用しないと低下し、使用することで維持・向上することから、長期的な接着性にはビニルシランによる化学的な接着性が重要であると考えられる。これは膨張・収縮を繰り返す熱ストレスに対して機械的吻合は脆弱であるが、シランカップリングによる化学的な接着は接着耐久性の向上に大きく寄与することが考えられる。

[結論]

セラスマートに対してセルフアドヒーシブレジンセメントを用いて接着を行う場合、0.2MPa サンドブラスト、及びセラミックプライマー2処理を行うことが、初期接着強さ、長期接着耐久性の点から重要であることを確認した。

CAD/CAM 用コンポジットレジンブロックに対するレジンセメントの接着性について

大阪歯科大学 歯科保存学講座

○岩佐 一弘, 白石 充, 宮地 秀彦, 谷本 啓彰, 恩田 康平, 山本 一世

Adhesive capacity of the resin cement to the CAD / CAM composite resin block

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

○IWASA Kazuhiro, SHIRAIISHI Minoru, MIYAJI Hidehiko, TANIMOTO Hiroaki, ONDA Kohei, YAMAMOTO Kazuyo

【目的】

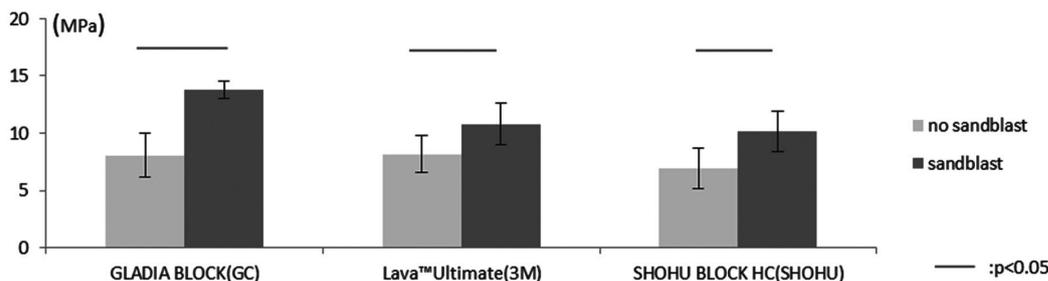
CAD/CAM が一部保険適応され、CAD/CAM 用の歯冠修復材料が普及している。各社から数種の CAD/CAM 用コンポジットレジンブロックが発売され、臨床で応用されているとともに、このたび GC 社より新規セルフアドヒーシブレジンセメント「リンクエース」が発売された。今回の研究では 3 種類の CAD/CAM 用に提供されたコンポジットレジンブロックに対してサンドブラスト処理がリンクエースの接着強さに与える影響について検討を行った。

【材料および方法】

CAD/CAM 用コンポジットレジンブロックはグラディアブロック (GC) , ラヴァTMアルティメット (3M) , 松風ブロック HC (松風) の 3 種類、接着性レジンセメントはリンクエースを使用した。CAD/CAM 用コンポジットレジンブロックをそれぞれ厚さ 3.0mm に調整し耐水研磨紙#600 にて研磨を行った後に、5 分間超音波洗浄を行ったものを被着面とした。なおサンドブラスト処理は酸化アルミナを 0.3MPa の圧で 10mm の距離を保ちながら 6 秒間処理をし、その後 5 分間超音波洗浄を行った。各条件の被着面に内径 3.0mm の穴をあけたマスキングテープを貼り付け被着面積を規定し、被着面に引張試験用治具を取り付けた。被着面にセラミックプライマー II (GC) を 20 秒間塗布しシランカップリング処理をした後、リンクエースを塗布し 20 秒間照射し、その上にクリアフィル[®]AP-X (クラレノリタケデンタル) を充填し照射を行った。接着後 24 時間 37°C 水中保管し、引張試験機 (IM-20 INTESCO) を用いて CHS=0.3mm/min にて接着強さを測定した。なお統計処理は、一元配置分散分析および Tukey の検定を行った ($p < 0.05$)。

【結果および考察】

結果を下の表に示す。サンドブラスト処理を行うことでいずれの CAD/CAM 用コンポジットレジンブロックに対しても、リンクエースの接着強さは有意に向上した。サンドブラスト処理を行っていない 3 種類の CAD/CAM 用コンポジットレジンブロックの接着強さに有意な差は認められなかった。サンドブラスト処理により、被着面の表面積が広がったため接着強さが有意に向上したと考えられる。



【結論】

セルフアドヒーシブレジンセメントを用いて CAD/CAM 冠を接着させる場合、被着面にシランカップリング処理だけでなくサンドブラスト処理を行うことは接着強さの点から有用であることが示唆された。

プログライダーによるグライドパス形成能の評価

神奈川県立歯科大学 大学院歯学研究科 歯髄生物学講座
○下島かおり、佐藤生野、渡辺亮一郎、武藤徳子、石井信之

Evaluation of a new Ni-Ti Proglider to create the glide path

-The relation between curved canal-

Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University

○SHIMOJIMA Kaori, SATO Ikuya, WATANABE Ryoichiro, MUTO Noriko, TANI-ISHII Nobuyuki

【研究目的】

Ni-Ti ファイルを用いた根管形成を行うためには、本来の根管形態を維持した根管形成を正確かつ効率的に行うため、グライドパス(誘導路)が不可欠である。一般的には、K ファイルを使用し #15、または #20 にて手動で行っている。しかしながら根管形態が複雑で特に根尖孔の位置は歯根形態と一致せず、ファイル先端にプレカーブを付与して使用することが多い。本来の根管形態を維持した状態で根管形成するグライドパス付与を目的とした新規 Ni-Ti ファイル、プログライダー™ (Dentsply-Sankin)が開発された。本ファイルの湾曲根管の追従性を含むグライドパス形成能の詳細は明らかにされていない。本研究は、手用ファイルとプログライダーにて湾曲根管の根尖変位量および根管形成の切削効率を比較し、その切削特性の解析を目的とした。

【材料および方法】

Ni-Ti ロータリーファイルによる根管形成の評価はプログライダーとステンレススチール製 K ファイル #15、20 を実験に使用した。Ni-Ti ロータリーファイルは専用エンジンである X Smart plus (Dentsply Maillfer) を使用して根管形成を行った。根管形成は J 型エポキシレジン製透明湾曲根管模型(湾曲度 30°、根尖口径 #15、根管テーパー 02、根管長 19mm : VDW Plastic training Block) 24 本を使用し、3 群(各群 n=8)に分類し、以下の術式で同一の術者(Ni-Ti ファイル使用経験年数 10 年以上)がグライドパスを形成した。

1 群 : ステンレススチール製 #10、#15K ファイル

2 群 : ステンレススチール製 #10、#15、#20K ファイル

3 群 : プログライダー™ 作業長までステンレススチール製 #10K ファイルで穿通確認後 300rpm (2.0Ncm) 根管形成。

切削効率の解析は象牙質切削量を測定し比較検討した。測定には実態顕微 OlympusSZX16 およびデジタルカメラ DP71 を使用し、根管形成前後の透明根管模型をデジタル画像で重ね合わせ、得られた画像データを PC に取り込み、計測用ソフトを使用して計測を行った。計測箇所は根尖から 0, 3, 5, 8 mm の位置を設定し、外湾側、内湾側それぞれにおいて根管幅径増加量(形成前の根管壁から形成後の根管壁までの距離)を計測し、統計処理を行った。

【成績および考察】

手用ファイルとプログライダーにて根管壁変位量(根管幅径増加量)を解析した結果、手用ファイル #20K ファイルでは、プログライダーと比較して根尖部トランスポーテーションと根管内湾側および外湾側の変位量に有意差が認められた。プログライダーによるグライドパス形成は本来の根管形態を保持することが示された。

**ProTaper Next による根管形成の評価
—根管湾曲度と根管壁変位量の相関関係—**

¹⁾ 神奈川県歯科大学 大学院歯学研究科 歯髄生物学講座 ²⁾ 富永歯科クリニック
○田中美香^{1,2)}、下島かおり¹⁾、富永尚宏^{1,2)}、武藤徳子¹⁾、石井信之¹⁾

Evaluation of Single Ni-Ti rotary file on the canal shaping

-The relation between curved canal shapes and canal transportation-

¹⁾ *Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University*

²⁾ *TOMINAGA Dental Clinic*

○TANAKA Mika^{1,2)}, SHIMOJIMA Kaori¹⁾, TOMINAGA Naohiro,^{1,2)} MUTO Noriko¹⁾, TANI-ISHII Nobuyuki¹⁾

【研究目的】根管形成に変革を起こした Ni-Ti ローター・ファイルシステムは、2007 年に開発された M-Wire によって破折抵抗性を向上させ、湾曲度の強い複雑な根管形態に対しても容易に根管形成を可能にしつつある。本研究は、M-Wire 素材により改良された ProTaper Next による根管形成を評価することを目的とし、湾曲度の相違と根管壁変位量との関係を ProTaper と比較検討した。

【材料および方法】ProTaper Next (Dentsply Maillefer) による根管形成は X1(17/04), X2(25/06), X3(30/07), X4(40/06), を用い、対照群として ProTaper (SX, S1, S2, F1, F2, F3, F4) を実験に使用した。供試根管模型は、J 型湾曲根管模型 (湾曲度 10°, 20°, 30° 根尖孔径 #15, 根管長 19 mm, ニッシン S4-U1) 60 本を使用し、3 種類の湾曲根管模型を 4 群 (各群 n=5) に分類した。根管形成開始時は #15K ファイルで根尖穿通後、X Smart plus (Dentsply Maillefer) を使用して以下の術式で同一術者 (Ni-Ti ファイル使用経験年数 7 年以上) が根管形成を行った。

1 群 : ProTaper Next 作業長まで X1, X2 ファイル(25/06)2 本で 300rpm (2.0Ncm) 根管形成。

2 群 : ProTaper 作業長まで SX, S1, S2, F1, F2 ファイル(25/08)5 本で 250rpm (3.0-1.0Ncm) 根管形成。

3 群 : ProTaper Next 作業長まで X1, X2, X3, X4 ファイル(40/06)4 本で 300rpm (2.0Ncm) 根管形成。

4 群 : ProTaper 作業長まで SX, S1, S2, F1, F2, F3, F4 ファイル(40/08)7 本で 250rpm (3.0-1.0Ncm) 根管形成。

根管壁変位量の解析は根管壁切削量を測定し比較検討した。測定には実態顕微鏡 Olympus SZX16 およびデジタルカメラ DP71 を使用し、根管形成前後の透明根管模型をデジタル画像で重ね合わせ、得られた画像データを PC に取り込み、計測用ソフトを使用して計測を行った。計測箇所は根尖から 1, 2, 3, 4, 5mm の位置を設定し、外湾側、内湾側それぞれの根管幅径増加量 (形成前の根管壁から形成後の根管壁までの距離) を計測し、統計処理を行った。

【成績および考察】ProTaper Next による根管壁変位量 (根管幅径増加量) の解析結果は、最終拡大号数 #25 では、湾曲度 10~30° すべてにおいて、内湾外湾ともに ProTaper より ProTaper Next のほうが変位量が小さかった。同様に、ProTaper Next の最終拡大号数 #40 では、湾曲度 10° の内湾側 2~5mm、および 30° 外湾側 1mm で ProTaper と比較して小さかったが、湾曲度 30° の内湾側 4.5mm のみ ProTaper よりも変位量が増加した。

【結論】ProTaper Next は M-Wire により、柔軟性がさらに向上し強度の湾曲根管に対しても本来の根管形態を保持したままの根管形成が可能になることが示された。