

## 酸蝕歯予防への自己集合性ペプチド P<sub>11-4</sub> の応用

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, 高橋史典, 松吉佐季, 佐藤愛子, 村山良介, 宮崎真至, 鈴木敏裕

### Use of self-assembling peptide (P<sub>11-4</sub>) for prevention of tooth wear

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○SUDA Shunichi, KUROKAWA Hiroyasu, TAKAHASHI Fuminori, MATSUYOSHI Saki,  
SATO Aiko, MURAYAMA Ryosuke, MIYAZAKI Masashi, SUZUKI Toshihiro

#### 【研究目的】

酸蝕の進行を抑制する手法として再石灰化療法が応用されており、フッ化物含有歯磨剤などの使用が推奨されている。一方、酸性飲食物摂取によって歯質表面が酸に曝され、これが酸蝕歯の発生につながる事が懸念されている。自己集合性ペプチド P<sub>11-4</sub> (以後、P<sub>11-4</sub>) は、細胞培養において播種細胞の足場として用いられており、これを歯質に塗布することで網状構造を形成し、歯質の石灰化を誘導するとされている。そこで演者らは、ウシ歯エナメル質を用いて酸蝕歯モデルを製作し、これに P<sub>11-4</sub> を応用した際のエナメル質の脱灰抑制ならびに再石灰化促進効果について、超音波透過法を用いて検討した。

#### 【材料および方法】

P<sub>11-4</sub> としては、これを含有する Curodont Repair (Credentis) を用いた。

#### 1. 酸蝕歯モデルの製作

ウシ抜去下顎前歯の唇側面中央付近のエナメル質をブロックとして切り出した後、耐水性 SiC ペーパーを用いて露出面が平坦となるように調整し、超音波洗浄を 10 分間行った。このエナメル質ブロックの底面 (象牙質側) および側面をワックスで被覆した試片を、オレンジジュース (pH3.4) に 5 分間浸漬した後、精製水を用いて水洗、乾燥した後に pH7.0 に調整した人工唾液に保管した。この操作を 1 時間ごとに 1 日 6 回、28 日間行うことで酸蝕歯モデルを製作した。

#### 2. 超音波測定

酸蝕歯モデルを以下に示す条件で保管した際の状態変化を、超音波透過法を用いて検討した。

- 1) 処理群: P<sub>11-4</sub> を 5 分間塗布した酸蝕歯モデルを、37°C 人工唾液中に 28 日間保管
- 2) 未処理+脱灰群: P<sub>11-4</sub> 未塗布の酸蝕歯モデルをオレンジジュースに 5 分間浸漬した後、水洗、乾燥し、人工唾液に保管。この操作を 1 時間ごとに 1 日 6 回、28 日間継続
- 3) 処理+脱灰群: P<sub>11-4</sub> を 5 分間塗布した酸蝕歯モデルをオレンジジュースに 5 分間浸漬した後、水洗、乾燥し、人工唾液に保管。この操作を 1 時間ごとに 1 日 6 回、28 日間継続

超音波測定装置を用いて、各条件で保管した酸蝕歯モデルを透過する超音波の伝播時間を計測し、試片の厚さとの関係から縦波音速を求めるとともに、理論式から弾性率を算出することで、P<sub>11-4</sub> の脱灰抑制あるいは再石灰化効果を検討した。なお、超音波測定の時期としては、実験開始前および開始 7、14、21 および 28 日後とし、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することで考察資料とした。

#### 【成績および考察】

未処理+脱灰群では経時的に音速が低下する傾向が認められたのに対し、処理群および処理+脱灰群では、実験期間を通じて音速が上昇し、実験開始 7 日以降の音速は未処理+脱灰群と比較して有意に高い値を示した。硬組織中を伝播する超音波の音速の変化は、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ところから、P<sub>11-4</sub> の応用は、脱灰されたエナメル質を再石灰化させる可能性が示された。また、処理+脱灰群の音速の上昇程度は処理群と比較して顕著であり、実験開始 7 日以降の音速は有意に高い値を示した。歯質に塗布された P<sub>11-4</sub> は、低 pH 環境下で線維化を開始し、3 次元網目状構造が形成される。したがって、pH の低い条件下で石灰化の足場としての機能がより発揮されたために、処理群と比較して処理+脱灰群で有意に高い値を示したものと考えられた。

#### 【結論】

自己集合性ペプチド P<sub>11-4</sub> は、エナメル質の脱灰抑制および再石灰化促進効果を有するとともに、とくに低い pH 環境下において効果の発現が顕著であったことから、酸蝕歯の予防に有効である可能性が示唆された。

## 湿潤ならびに乾燥状態における根面う蝕の走査型光干渉断層計観察

○周 媛<sup>1</sup>、島田 康史<sup>1</sup>、マティン カイルール<sup>1, 2</sup>、角 保徳<sup>3</sup>、田上 順次<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京医科歯科大学大学院 う蝕制御学分野

<sup>2</sup>鶴見大学歯学部 国際口腔保健学寄附講座

<sup>3</sup>国立長寿医療研究センター 歯科口腔外科

### Assessing root caries under wet and dry conditions using swept-source optical coherence tomography (SS-OCT)

○Zhou Yuan<sup>1</sup>, Shimada Yasushi<sup>1</sup>, Matin Khairul<sup>1,2</sup>, Sumi Yasunori<sup>3</sup>, Tagami Junji<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Medical and Dental University, Cariology and Operative Dentistry

<sup>2</sup>Tsurumi University, Endowed Department of International Oral Health Science

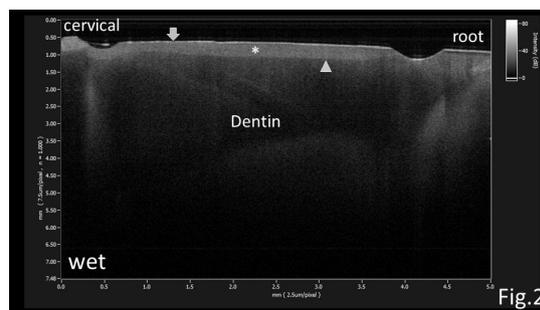
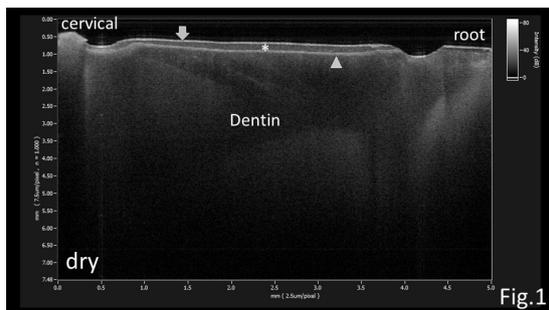
<sup>3</sup>National Center for Geriatrics and Gerontology, Division of Oral and Dental Surgery

**Objectives:** The aim of this study was to observe and compare images taken under wet and dry conditions of root caries both natural and induced *in vitro* using SS-OCT to determine a better option for clinical diagnosis.

**Methods:** Four sound human premolars and 6 premolars with natural root caries were selected. *In vitro* root caries on 8 cervical blocks from the 4 sound human premolars was induced using *Streptococcus mutans* biofilms for 24 h followed by a 3-day incubation repeating twice. All the specimens were observed by SS-OCT under wet and dry conditions serially, followed by confocal laser scanning microscope (CLSM) and scanning electronic microscope (SEM) observations. Signal intensities (SI) obtained from SS-OCT images after the 1st and 2nd *in vitro* demineralization were investigated in comparison to natural root caries. The lesion depths obtained from SS-OCT (LD<sub>OCT1wet</sub>, LD<sub>OCT1dry</sub>, LD<sub>OCT2wet</sub>, LD<sub>OCT2dry</sub>), CLSM (LD<sub>CLSM2</sub>, LD<sub>CLSM2baseline</sub>) and SEM (LD<sub>SEM1</sub>, LD<sub>SEM2</sub>) were measured. LD<sub>OCT1wet</sub> vs LD<sub>OCT1dry</sub>, LD<sub>OCT2wet</sub> vs LD<sub>OCT2dry</sub>, LD<sub>SEM1</sub> vs LD<sub>SEM2</sub> were compared by paired samples *t*-test. The correlation between LD<sub>OCT</sub> and LD<sub>CLSM</sub>, LD<sub>OCT</sub> and LD<sub>SEM</sub> were analyzed by Pearson's correlation test. All the statistical procedures were performed at a significance level of 0.05.

**Results:** Natural and *in vitro* root caries showed a similar SI tendency. Dry lesion base-surface showed a stronger reflection than wet lesion base-surface and had the first highest SI peak. Wet lesion body was thicker and whiter than dry lesion body. Wet lesion body showed an SI platform and had a higher SI than dry lesion body. Dry lesion boundary showed a clear white layer with the second highest SI peak but wet lesion boundary did not show a white layer. The sound dentin underneath dry lesion showed higher SI than that underneath wet lesion. LD<sub>OCTdry</sub> was significantly smaller than LD<sub>OCTwet</sub> ( $p < 0.05$ ). LD<sub>OCT</sub> showed a significant correlation with LD<sub>CLSM</sub> and LD<sub>SEM</sub> ( $p < 0.05$ ).

**Discussions & Conclusions:** Optical properties of SS-OCT can provide varieties of information including lesion depth, demineralization degree, shrinkage of demineralized dentin and underneath sound dentin. Root caries under dry conditions shows a characteristic SS-OCT image with a more detectable lesion boundary than that under wet conditions.



SS-OCT images of *in vitro* root caries under dry conditions (Fig.1) and wet conditions (Fig.2) after twice demineralization. The arrows show lesion surfaces. The asterisks show lesion bodies. The triangles show lesion boundaries.

### 感染象牙質モデルに対する antimicrobial Photo Dynamic Therapy (aPDT) の殺菌効果

<sup>1</sup>日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究所 硬組織機能治療学

<sup>2</sup>日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座

<sup>3</sup>日本歯科大学新潟生命歯学部 微生物学講座

○永井悠太<sup>1</sup>、新海航一<sup>1,2</sup>、葛城啓彰<sup>3</sup>

#### Disinfectant effect of antimicrobial Photo Dynamic Therapy (aPDT) on infected dentin model

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

<sup>2</sup>Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

<sup>3</sup>Department of Microbiology, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

○NAGAI Yuta<sup>1</sup>, SHINKAI Koichi<sup>1,2</sup>, KATSURAGI Hiroaki<sup>3</sup>

#### 【研究目的】

抗菌的光線力学療法 (antimicrobial Photo Dynamic Therapy, aPDT) は光感受性の高い薬剤 (Photosensitizer) に対して半導体レーザーやLEDによる光を照射することで生じる活性酸素 (一重項酸素) を利用した治療法であり、歯周病を中心に根管治療、インプラント周囲炎などに応用されている。齶蝕原性菌に対して直接的に aPDT の効果を検討した報告はあるが、感染象牙質モデルを用いた研究はほとんどなく、また齶蝕病巣の無菌化には至っていない。例えば、深在性齶蝕において、露髄回避のために深部の感染象牙質 (齶蝕象牙質外層) を残存させた際、齶蝕病巣内の細菌を殺菌することができれば、MIをベースとした齶蝕治療にさらなる革新性をもたらすことが期待できる。

そこで本研究の目的は、作製した感染象牙質モデルに対する aPDT の殺菌効果を評価検討することである。

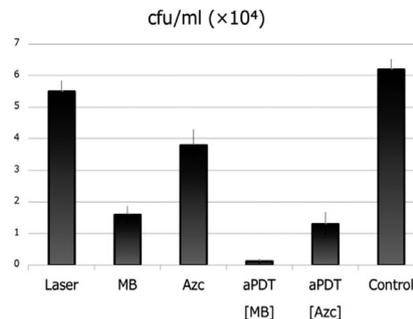
#### 【材料および方法】

本研究は本学倫理審査委員会の承認を得て行った (許可番号: ECNG-H-243)。

被験歯はチモール液中に冷蔵保存しておいたヒト抜去大白歯で、齶蝕および修復処置のないものを使用した。Isomet4000 (Buehler) を用いて歯頸部に歯根を切除し、髓室直上の象牙質から約 3×3×1 (縦×横×厚さ) mm の象牙質プレートを1歯から2枚作製した。作製した象牙質プレートはオートクレーブ (2atm, 121°C, 15min) を用いて滅菌した。本学微生物学講座所有の *Streptococcus mutans* (ATCC27175) の菌液を吸光度 0.3 に調節した。滅菌した象牙質プレートの表面を 40%リン酸 (K-etchant, Kuraray Noritake) で脱灰して象牙細管を開口させ、96 マルチウェルプレート (Falcon) の各ウェルに 100μl の菌液を分注して、その中に象牙質プレートを浸漬した。ローテーションテーブルに載せて 37°C、5%CO<sub>2</sub> 環境下で3時間培養した。実験群は①Laser (波長 940nm を有する半導体レーザー (eZlase, Biolase) に先端径 0.3mm のチップを装着し、照射モード: CW、照射出力: 1.5W、照射距離: 10.0mm、照射時間: 60s の条件で、象牙質プレート上にレーザーを照射したもの)、②MB (0.01% Methylene Blue に象牙質プレートを浸漬、5min 放置後、10mMsPBS で洗浄したもの)、③Azc (0.01% Azulenocyanine に象牙質プレートを浸漬、5min 放置後、10mMsPBS で洗浄した mono)、④aPDT[MB] (0.01% Methylene Blue に象牙質プレートを浸漬、5min 放置後、①と同じ条件でレーザーを照射し、その後 10mMsPBS で洗浄したもの)、⑤aPDT[Azc] (0.01% Azulenocyanine に象牙質プレートを浸漬、5min 放置後、①と同じ条件でレーザーを照射した。その後 10mMsPBS で洗浄した)、⑥Control (未処理) の6群とした (n=11)。なお、MB と Azc は 1.0% に調整した後、遠心分離にかけて 0.2μl Membrane で濾過滅菌をして、使用する前には 0.01% に調整した。処置終了後、象牙質プレートを 10mMsPBS 5.0ml 中に浸漬し、超音波発生機 (UR-200P、トミー精工) を用いて 30W、5s の条件で細菌を剥離した。10 倍に段階希釈を行って brain heart infusion (BHI) 培地に塗抹した。37°C、5%CO<sub>2</sub> 環境下で 48 時間培養して Colony Count を行った。得られたデータは Kruskal-Wallis 検定と Steel-Dwass 検定を用いて実験群間の有意差を統計的に検定した。

#### 【結果と考察】

48 時間後の検出結果を右表に示す。MB と aPDT [Azc]間を除く実験群間に統計学的有意差が認められた ( $p < 0.05$ )。Control と比較して MB、Azc、aPDT [MB]、aPDT [Azc]はコロニー形成が有意に少なかった ( $p < 0.01$ )。特に aPDT [MB]は他の実験群と比較して有意に少なかった。MB の励起波長 (約 660nm) は、今回使用したレーザーの波長からずれているにもかかわらず、励起波長が使用レーザーの波長に近い Azc (約 1,000nm) よりも殺菌効果が優れていた。これは各色素の細菌染色性と色調が関与していると考えられる。すなわち、細菌染色性が強く色調が濃い MB の方が、aPDT の効果を増強させたと思われる。



## LPS 応答ヒトマクロファージにおける アメロブラスチンによる炎症性サイトカイン産生増強機序の解析

九州歯科大学口腔保存治療学分野

○大塚麻衣、西藤法子、鷺尾絢子、諸富孝彦、北村知昭

### Analysis of enhancement mechanism of inflammatory cytokines production by ameloblastin in LPS-treated human macrophages

Division of Endodontics and Restorative Dentistry, Kyushu Dental University  
○OTSUKA Mai, SAITO Noriko, WASHIO Ayako, MOROTOMI Takahiko, KITAMURA Chiaki

#### 【目的】

細菌感染が歯髄や根尖歯周組織に波及するとマクロファージを中心に種々の免疫細胞が集積し炎症応答が惹起される。また、感染排除後の創傷治癒においても炎症応答が重要な役割を果たしていることはよく知られている。近年、歯の発生に重要なエナメルマトリクスタンパクの一つであるアメロブラスチン(AMBN)が、骨芽細胞分化に伴う骨形成や修復象牙質形成の促進、歯髄炎の治癒促進などの多彩な生理学的機能を担う可能性が明らかになってきた。今回、炎症環境下におけるマクロファージに対する AMBN の影響を明らかにすることを目的として、Lipopolysaccharide(LPS)で刺激したヒトマクロファージ様細胞の炎症性サイトカイン産生に対する AMBN の影響について検証した。

#### 【材料と方法】

phorbol-12-myristate-13-acetate(PMA)処理によりマクロファージ様細胞へ分化誘導したヒト単球様細胞株(U937細胞)を *Escherichia coli* 由来 LPS とリコンビナントヒト AMBN(rhAMBN)で刺激し、real time RT-PCR 法を用いて炎症性サイトカイン Interleukin-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ )遺伝子発現を解析した。また、Western blot 法を用いてタンパクレベルでの IL-1 $\beta$ 発現を分析するとともに、ELISA 法を用いて細胞培養上清中の IL-1 $\beta$ 量の解析を行った。さらに、IL-1 $\beta$ 産生に重要な役割を果たす caspase-1 の発現を確認するとともに、caspase-1 阻害剤を用いて rhAMBN がマクロファージ様細胞へ与える影響に対する caspase-1 の関与を Western blot 法にて検証した。

#### 【結果】

LPS 刺激したマクロファージ様細胞において IL-1 $\beta$  の遺伝子発現上昇を認めた。一方、rhAMBN 刺激単独では IL-1 $\beta$  の遺伝子発現に影響を与えなかったが、LPS との同時刺激により LPS 誘導性 IL-1 $\beta$  の遺伝子発現が顕著に増加した。また、Western blot の結果から rhAMBN 刺激により成熟型の mature IL-1 $\beta$  と活性型である caspase-1 p10 の発現が増強することが明らかになるとともに、ELISA の結果から rhAMBN 刺激によって細胞上清中の IL-1 $\beta$  量が有意に増加することが明らかになった。さらに、caspase-1 阻害剤を用いた実験において、rhAMBN による IL-1 $\beta$  の発現増強が抑制されることが示された。

#### 【考察】

マクロファージにおける mature IL-1 $\beta$  の産生には、LPS 誘導性 IL-1 $\beta$  precursor の発現とそれに続く caspase-1 によるプロセッシングという 2 段階のステップが必要であることが知られている。今回、rhAMBN が LPS 誘導性 IL-1 $\beta$  の遺伝子発現を増強するとともに、活性化型 caspase-1 p10 の発現と mature IL-1 $\beta$  の発現・細胞外分泌を増強すること、さらに rhAMBN による増強作用は caspase-1 の活性化阻害により抑制されることが明らかとなった。以上の結果は、rhAMBN が炎症応答マクロファージにおいて、caspase-1 の活性化を介して、LPS 誘導性 IL-1 $\beta$  の発現を増強する可能性を示唆している。

#### 【結論】

rhAMBN はヒトマクロファージ様細胞において LPS 誘導性 IL-1 $\beta$  の産生を増強する。

## ラット臼歯生活断髄モデルにおける冠部歯髄の再生

-間葉系幹細胞・血管内皮細胞混合移植と MTA による窩洞封鎖の効果-

東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科口腔機能再構築学講座歯髄生物学分野<sup>1</sup>

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<sup>2</sup>

○金子友厚<sup>1</sup>、伊藤崇史<sup>2</sup>、末山有希子<sup>2</sup>、顧彬<sup>1</sup>、興地隆史<sup>1</sup>

### Coronal Pulp Tissue Engineering in a Pulpotomy Model of Rat Molars:

Effects of Mesenchymal Stem Cell/Endothelial Cell Co-implantation and MTA Sealing

<sup>1</sup>Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU). <sup>2</sup>Division of Cariology, Operative Dentistry and Endodontics, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

○KANNEKO Tomoatsu<sup>1</sup>, ITO Takafumi<sup>2</sup>, SUEYAMA Yukiko<sup>2</sup>, GU Bin<sup>1</sup>, OKIJI Takashi<sup>1</sup>

#### (目的)

我々は、第 142 回本学会において、間葉系幹細胞とスキャホールドを、冠部歯髄を除去したラット上顎臼歯に移植すると、歯髄様組織の再生が生じることを報告した。しかし、この移植実験系ではデンティンブリッジの形成は観察されなかった。一方、演者らは腫瘍細胞と血管内皮細胞を混合して免疫不全マウスへ移植すると、血管内皮細胞における Bcl-2 mRNA 発現が上昇し、腫瘍組織の増殖が促進することを第 125 回本学会で報告した。そこで本研究においては、間葉系幹細胞と血管内皮細胞を混合移植すると、血管新生能が亢進し組織の再生が促進されるとの仮説のもと、冠部歯髄を除去したラット臼歯に間葉系幹細胞/血管内皮細胞を混合移植し、デンティンブリッジ形成を伴う歯髄組織の治癒が可能かどうかを解析した。さらに、mineral trioxide aggregate (MTA) を封鎖材として用いたときの有効性も併せて評価した。

#### (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された。5 週齢 Wistar 系雌性ラットの上顎第一臼歯を解析対象とした。全身麻酔下で被験歯を #1/2 ラウンドバーを用いて咬合面から露髄させた後、直下の歯髄組織をさらに削除した。次いで、窩洞を洗浄後、ラット間葉系幹細胞 (Poietics<sup>TM</sup>ラット間葉系幹細胞; Lonza) とラット血管内皮細胞 (CellBiologics) を混合した後、ポリ乳酸スキャホールドとともに移植し、MTA (ProRoot MTA; Dentsply Tulsa Dental) または水硬性セメント (Cavit Pink; 3M ESPE Dental AG) で覆髓後、フロアブルコンポジットレジン (Beautiful Flow; 松風) をさらに積層し、窩洞を封鎖した。間葉系幹細胞単独移植群をコントロールとした。移植 14 日間経過後の冠部歯髄を検索対象とし、通法に従い固定、脱灰後、連続凍結切片を作成し、H. E. 染色および dentin sialoprotein (DSP) に対する免疫染色に供した。一部の凍結切片は、レーザーキャプチャーマイクロダイセクション用スライドに貼付し、移植部歯髄を採取した。これらの試料より全 RNA を抽出したのち、血管新生因子の一つである Bcl-2 および dentin sialoprotein (DSP) の mRNA 発現レベルを real time PCR を用いて定量解析した。

#### (結果)

間葉系幹細胞/血管内皮細胞混合移植・MTA 封鎖群において、露髄面を完全に被覆したデンティンブリッジを有する歯髄組織が観察された。一方、間葉系幹細胞のみ移植・MTA 封鎖群では、露髄面を部分的に被覆したデンティンブリッジを有する歯髄組織として観察された。また、間葉系幹細胞/血管内皮細胞混合移植・Cavit 封鎖群においても、露髄面を部分的に被覆したデンティンブリッジを有する歯髄組織として観察された。しかし、間葉系幹細胞のみ移植・Cavit 封鎖群ではデンティンブリッジは観察されなかった。DSP の免疫組織染色においては、多数の DSP 強陽性細胞が間葉系幹細胞/血管内皮細胞混合移植群において観察された。さらに、Bcl-2 および DPSS mRNA は、間葉系幹細胞/血管内皮細胞混合移植・MTA 封鎖群において、間葉系幹細胞のみ移植群と比較して有意な発現上昇が観察された。

#### (考察)

間葉系幹細胞/血管内皮細胞混合移植群において、デンティンブリッジの形成亢進と、象牙芽細胞マーカーである DSP mRNA および血管新生因子である Bcl-2 mRNA の顕著な発現上昇が認められたことから、間葉系幹細胞と血管内皮細胞を混合移植すると象牙芽細胞への分化が促進する可能性が示唆された。

#### (結論)

間葉系幹細胞と血管内皮細胞を混合移植し、MTA で窩洞を封鎖すると、完全なデンティンブリッジを有する歯髄組織の治癒が 14 日間で観察された。

オートファジー関連遺伝子 Atg7 と Wnt16 シグナルは  
ヒト骨格筋幹細胞の骨芽細胞分化を制御する

- 檜山太希, 尾関伸明, 山口秀幸, 長谷奈央子, 川合里絵, 茂木真希雄\*, 中田和彦  
愛知学院大学歯学部歯内治療学講座  
\*愛知学院大学薬学部薬学総合教育講座

**Autophagy-related gene 7 and Wnt16 signaling pathway regulates  
differentiation of human skeletal muscle stem cells into osteoblast-like cells**

- Taiki Hiyama, Nobuaki Ozeki, Hideyuki Yamaguchi, Naoko Hase, Rie Kawai, Makio Mogi\* and Kazuhiko Nakata  
Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University  
\*Department of Integrative Education of Pharmacy, School of Pharmacy, Aichi Gakuin University

**【研究目的】**

これまでに我々は、ヒト骨格筋幹細胞を用いた骨芽細胞分化誘導法を確立し、この骨芽細胞を FACS により高純度化する方法を構築した (Ozeki et al. *Exp Cell Res* 2006). さらに、このヒト骨芽細胞を用いて、炎症性サイトカイン Interleukin (IL)-1 $\beta$  添加における細胞増殖が、A disintegrin and metalloprotease-28 および Matrix metalloproteinase (MMP)-13 の発現を介するシグナルカスケードの存在を明らかにした (Ozeki et al. *Exp Cell Res* 2014). 近年、骨芽細胞分化に Wingless/int1 (Wnt)16 シグナルが関与することが報告され (Moverare et al. *Nat Med* 2014)、また我々はヒト骨芽細胞における IL-1 $\beta$  誘導の細胞増殖が、Wnt16 $\rightarrow$ MMP-13 シグナルカスケードを介して制御されていることを明らかにした (Ozeki et al. *Int J Mol Sci* 2016).

細胞内成分の分解システムであるオートファジーは、近年、発生や分化、骨形成や骨疾患に関わるなど、多様な生理的役割を持つことが解明されている。さらに興味深いことに、根尖性歯周炎の進行において、オートファジー関連遺伝子群の LC3 や Atg5 の動態変化によるオートファジーの活性化が報告されている。しかし、ヒト幹細胞を用いた骨芽細胞分化誘導過程にオートファジー関連遺伝子が関与するか否かは未だ不明である。

そこで、本研究では、ヒト骨格筋幹細胞から骨芽細胞分化誘導過程におけるオートファジー関連遺伝子 Atg7, Wnt16 の新たな生理的役割を明らかにするため、各種 siRNA を用いて遺伝子をノックダウンすることにより詳細な検討を行った。また、シグナルカスケードにおける Atg7, Wnt16 と MMP-13 との関係についても検討した。

**【材料および方法】**

ヒト骨格筋幹細胞を Bone morphogenetic protein (BMP)-2 を用いて培養し、Real time-PCR 法と Western-blot 法により、オートファジー関連遺伝子群 (LC3, TFE3, Beclin1, Atg5, Atg7 および Atg12) の mRNA ならびにタンパク質発現を評価した。Atg7, Wnt16 および MMP-13 に対する siRNA を用いて各々の遺伝子をノックダウンすることにより、骨芽細胞の分化誘導過程に関与するシグナルカスケードの検索を行った。

**【結果】**

BMP-2 を用いた骨芽細胞分化誘導において、Atg7, Wnt16 および MMP-13 の遺伝子発現、タンパク質発現の亢進ならびに MMP-13 活性上昇が認められた。さらに、Atg7, Wnt16 および MMP-13 siRNA 処理により、BMP-2 による骨芽細胞分化誘導の抑制が観察された。siRNA を用いたシグナルカスケードの検索により、BMP-2 による骨芽細胞分化は Atg7 $\rightarrow$ Wnt16 $\rightarrow$ MMP-13 を介して制御されることが明らかとなった。

**【考察および結論】**

BMP-2 を用いたヒト骨格筋幹細胞の骨芽細胞分化誘導は、オートファジー関連遺伝子 Atg7 と Wnt16 シグナルを介して誘導された MMP-13 により制御されることを明示した。さらに、Atg7 がシグナルカスケードの上流域に発現誘導されることから、炎症場における骨芽細胞の増殖 (Ozeki et al. *Int J Mol Sci* 2016) と同様に、骨芽細胞の分化過程においても Atg7 が強い影響力を持つことが示唆された。これらのことから、Atg7 の発現を人為的に調整することは、根尖性歯周炎などにおいて骨芽細胞の分化誘導を介して骨再生を制御し、創傷治癒を促せる可能性が示唆された。

## 骨組織におけるアンジオポエチン様タンパク質 2 の機能解析

九州大学大学院歯学研究院 歯周病学分野<sup>1</sup>  
福岡歯科大学口腔治療学講座 歯科保存学分野<sup>2</sup>

○高野 愛子<sup>1</sup>、福田 隆男<sup>1</sup>、新城 尊徳<sup>1</sup>、岩下 未咲<sup>1</sup>、讃井 彰一<sup>1</sup>、松崎 英津子<sup>2</sup>、  
山道 研介<sup>1</sup>、竹下 正章<sup>1</sup>、西村 英紀<sup>1</sup>

### The analysis of function of Angiopoietin like protein 2 in bone tissue

Department of Periodontology, Faculty of Dental Science, Kyushu University, Fukuoka, Japan<sup>1</sup>

Department of Operative Dentistry and Endodontology, Fukuoka Dental College, Fukuoka, Japan<sup>2</sup>

○Aiko Takano<sup>1</sup>, Takao Fukuda<sup>1</sup>, Takanori Shinjo<sup>1</sup>, Misaki Iwashita<sup>1</sup>, Terukazu Sanui<sup>1</sup>, Etsuko Matsuzaki<sup>2</sup>,  
Kensuke Yamamichi<sup>1</sup>, Masaaki Takeshita<sup>1</sup>, Fusanori Nishimura<sup>1</sup>

**【研究目的】** 歯周炎や関節リウマチは炎症性に骨が破壊される疾患であり、有病率は高いが、未だ根本的治療法は確立されていないのが現状である。炎症性骨破壊の治療戦略は、骨芽細胞分化の抑制や破骨細胞分化の促進を阻害するという発想が基本となる。これまで骨芽細胞分化を阻害する因子として tumor-necrosis factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) 等の炎症性サイトカインの報告は多数存在するが、本研究では新たに angiopoietin-like protein 2 (Angptl2) に着目した。Angptl2 は、脂肪組織で発現が高く、各種ストレスや炎症性サイトカイン刺激で発現が増加し、単球の遊走や血管炎症を誘導する慢性炎症の鍵因子としての報告が一般的である (Tabata M et al. 2009 Cell Metab)。骨組織の Angptl2 の発現レベルが脂肪組織のそれに匹敵するというデータベースの情報のみで (RefEx: refex.dbcls.jp)、これまでに本因子と骨組織や骨の炎症との関連性を論じた報告は存在しない。そこで、まず同因子のマウスマクロファージ細胞株 (RAW264)、分化破骨細胞、マウス頭蓋冠由来骨芽細胞様細胞株 (MC3T3-E1) 及びマウス未分化間葉系幹細胞株 (ST2) における 内在性発現レベルを調べた。その結果、造血幹細胞由来であるマクロファージと破骨細胞における本因子の発現は非常に低レベルであったのに対し、未分化間葉系幹細胞及び由来を同じくする骨芽細胞での発現は、脂肪細胞分化 3T3-L1 に匹敵する程高レベルである事を見出した。Angptl2 は、炎症のメディエーターとは別に正常脂肪分化を促進する因子としての報告も存在するため (Kitazawa M et al. 2011 Endocrinology)、骨芽細胞及び未分化間葉系幹細胞においても重要な働きを担っているとの作業仮説を立て、これらの細胞における同因子の機能解析を行う事とした。

**【材料および方法】** MC3T3-E1 を前駆骨芽細胞ならびに分化骨芽細胞として使用し、ST2 を骨芽細胞並びに脂肪細胞分化誘導し使用した。Angptl2 siRNA を導入し Angptl2 のノックダウンを行い、control siRNA 導入群と比較し効果を確認後以降の実験を行った。リアルタイム PCR 法で Angptl2、Alkaline phosphatase (ALP)、Runt-related transcription factor 2 (Runx2)、Osterix、Osteocalcin (OCN) の遺伝子発現解析を行った。各種タンパクの発現解析は、ウェスタンブロット法により行った。各細胞の ALP タンパク発現の確認は、ALP 染色、石灰化の確認は、von Kossa 染色による。脂肪分化の確認は、Oil Red O 染色による。

**【成績】** MC3T3-E1 の Angptl2 をノックダウンすると細胞増殖が抑制され、骨芽細胞分化誘導すると ALP の発現が著明に抑制された。更に石灰化マーカー OCN の mRNA 発現は抑制され、von Kossa 染色で石灰化の抑制が観察された。また、ALP の重要な転写制御因子として知られる Runx2 の mRNA 発現量は不変であったが、Osterix の mRNA 発現は抑制された。次に MC3T3-E1 に Angptl2 中和抗体を添加したところ、ALP の mRNA 発現が抑制された。一方 ST2 の Angptl2 をノックダウンし、骨芽細胞分化誘導すると ALP の抑制および石灰化の抑制が観察された。また脂肪細胞分化誘導すると脂肪滴の形成が抑制された。

**【考察および結論】** MC3T3-E1 において Angptl2 は、未分化期では細胞の恒常性維持に関わっており、骨芽細胞分化期では石灰化を促進していることが示唆された。また、これらは分泌された同因子によってもたらされる事を確認した。ST2 においては骨芽細胞分化、脂肪細胞分化のいずれにおいても Angptl2 のノックダウンにより分化抑制が観察されたことから、Angptl2 はオートクラインに作用する分化の positive regulator として機能している可能性が高まった。

**Clumps of MSCs/ECM complex を用いた新規歯周組織再生療法**

広島大学大学院医歯薬保健学研究院 応用生命科学部門 歯周病態学研究室

○竹脇 学, 加治屋 幹人, 竹下 慶, 小松 奈央, 岩田 倫幸, 武田 克浩, 應原 一久, 藤田 剛,  
栗原 英見

**Nobel periodontal tissue regeneration therapy using C-MSCs**

Department of Periodontal Medicine, Division of Applied Life Sciences,

Institute of Biomedical & Health Sciences, Hiroshima University

○Manabu Takewaki, Mikihiro Kajiya, Kei Takeshita, Nao Komatsu, Tomoyuki Iwata, Katsuhiko Takeda,  
Kazuhisa Ouhara, Tsuyoshi Fujita, Hidemi Kurihara

**【目的】**

歯周組織はセメント質、歯周靭帯、歯槽骨といった軟組織及び硬組織で構成されている。骨髄由来間葉系幹細胞 (MSCs) は多分化能を有することから、多様な組織で構成される歯周組織の再生治療への応用が期待されている。現在の細胞移植治療では、細胞移植に様々な人工足場材料が利用されているが、材料の生体適合性、適正な移植細胞数、および細胞機能発現の制約といった問題点がある。これらの問題点を解決するために、私どもが製法を確立した間葉系幹細胞集塊 Clumps of MSCs/ECM complex (C-MSC) は、MSCs と MSCs が産生した extracellular matrix (ECM) のみで構成されており、人工材料を用いることなく効果的な骨組織再生能を示す。(Cytotherapy, 2015)。本研究では、ビーグル犬を用いて実験的歯周炎を惹起させた根分岐部 3 級歯周組織欠損モデルにおける C-MSC の歯周組織再生能を評価した。

**【材料および方法】**

イヌ骨髄間葉系幹細胞 (dMSC) は、移植予定のイヌの腸骨骨髓液から接着培養によって分離した。dMSC を 24well プレートに  $7 \times 10^4$ /well で播種し、 $50 \mu\text{g/ml}$  のアスコルビン酸含有の増殖培地 (DMEM+10% FBS) にて 4 日間培養し、十分な ECM を産生させた。その後細胞をプレートの周囲から剥離して培地中に浮遊させ、ultra low binding plate に移し、さらに増殖培地にて培養することによって、細胞集塊 C-MSC を得た。C-MSC をさらに 5 日間増殖培地で培養したもの (GM) および骨分化誘導培地 ( $50 \mu\text{g/ml}$  アスコルビン酸、 $0.1 \mu\text{M}$  デキサメタゾン、 $10\text{mM}$   $\beta$ -グリセロフォスフィット、DMEM+10%FBS) で培養したもの (OIM) を作製し、以下の実験に用いた。歯周組織欠損は、複数の下顎小白歯の分岐部に 3 級の骨欠損を作製、アルギン酸ナトリウムを充填し炎症を惹起させ、一週間後に炎症性肉芽組織を搔爬、根面のルートプレーニングを行った。さらに、一週間後に GM、OIM それぞれを移植した。欠損部になにも移植しないものを対照群とした。C-MSC 移植後 8、12 週にデンタル X 写真撮影を行い骨再生の経過観察を行った。また、移植 8、12 週間後に屠殺、マイクロ CT および HE 染色後に組織学的観察を行い、歯周組織再生の状態を評価した。

**【結果および考察】**

C-MSC 移植 8 週間後のデンタル X 写真では GM、OIM において欠損部に不透過像を認め、CT では対照群では欠損底部からわずかな新生骨を、GM では 2/3 程度の新生骨を認め、OIM では欠損底部のみならず分岐部歯根面周辺における骨新生を認めた。HE 染色において対照群では分岐部下に上皮の侵入を認め、欠損底部からのわずかな歯周組織再生を認めた。一方、GM では歯周組織再生は十分ではないが上皮の侵入はみられず、分岐部歯根面周辺にセメント質様組織の再生を認め、欠損底部から骨の再生を認めた。OIM でも完全な歯周組織再生は見られなかったが、欠損底部のみならず分岐部歯根面周辺から骨の新生及び歯周靭帯様組織の新生を認めた。C-MSC 移植 12 週間後では対照群では 8 週と同程度の歯周組織再生しか認めなかったが、GM および OIM では十分な歯周組織再生を認めた。このように、GM と OIM 共に良好な歯周組織再生を認めたが、その組織再生過程が異なっていた。これは、GM では移植した C-MSC が成長因子を含む複数の液性因子を分泌することで宿主の歯周組織局所に存在する細胞の増殖や分化を促進し組織再生をするのに対し、OIM では移植した C-MSC 自身が組織の構成細胞へと速やかに分化することによるものだと考えられる。

**【結論】**

ビーグル犬において C-MSC を根分岐部 3 級歯周組織欠損モデルに移植することによって、良好な歯周組織再生を認めた。このことから、C-MSC は新規歯周組織再生療法となりうることを示された。

## ヒト羊膜上培養歯髄由来細胞シートの骨分化誘導と歯槽骨再生への応用

<sup>1</sup>京都府立医科大学大学院 医学研究科 歯科口腔科学, <sup>2</sup>宇治徳洲会病院 歯科口腔外科

○堀口智史<sup>1</sup>, 山本俊郎<sup>1</sup>, 佐藤良樹<sup>1</sup>, 本城賢一<sup>1</sup>, 足立圭司<sup>1</sup>,  
植西俊裕<sup>1</sup>, 西垣 勝<sup>1</sup>, 大迫文重<sup>1</sup>, 雨宮 傑<sup>1</sup>, 中村 亨<sup>1,2</sup>, 金村成智<sup>1</sup>

### Induced bone differentiation of dental pulp-derived cell sheet cultured on human amniotic membrane and application to alveolar bone regeneration

<sup>1</sup>Department of Dental Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine Graduate School of Medical Science

<sup>2</sup>Department of Oral Surgery, Uji-Tokushukai Hospital

○HORIGUCHI Satoshi<sup>1</sup>, YAMAMOTO Toshiro<sup>1</sup>, YOSHIKI Sato<sup>1</sup>, HONJO Ken-Ichi<sup>1</sup>, ADACHI Keiji<sup>1</sup>, UENISHI Toshihiro<sup>1</sup>, NISHIGAKI Masaru<sup>1</sup>, OSEKO Fumishige<sup>1</sup>, AMEMIYA Takeshi<sup>1</sup>, NAKAMURA Toru<sup>1,2</sup>, KANAMURA Narisato<sup>1</sup>

#### 【研究目的】

これまでに、我々は羊膜の抗炎症および感染防御作用や細胞培養基質としての有用性に注目、羊膜を基質とした培養口腔粘膜上皮由来細胞シートならびに培養歯根膜由来細胞シートの作成方法を確立している。なかでも培養口腔粘膜上皮由来細胞シートは、本学附属病院歯科で臨床応用を行い、拒絶反応等の異常なく良好な結果を得、羊膜が細胞培養基質として有用であることを明らかにしている。また、歯髄細胞は間葉系幹細胞を多く含み、非常に増殖能が高く、骨芽細胞への分化能も良好であることから、再生医療への応用が期待される細胞ソースであることがこれまでに数多く報告されている。そこで本研究では、骨分化誘導した羊膜を基質とした培養歯髄由来細胞シートを作成、免疫不全マウスならびに歯槽骨欠損モデル免疫不全ラットに移植、組織学およびX線撮影にて検討したので報告する。

#### 【材料および方法】

歯髄由来細胞は、抜去智歯より歯髄組織のみを採取後3~4継代培養し、羊膜上に播種を行った。Control培地(10% FBS/DMEM)、骨分化誘導培地(β-グリセロリン酸、アスコルビン酸、デキサメサゾン添加10% FBS/DMEM)を用いて4週間培養後、細胞染色と組織学的検討を行い、羊膜上培養歯髄由来細胞シートの性状を評価した。次に、免疫不全マウスの腰背部皮膚を切開剥離、骨分化誘導同細胞シートを静置および縫合した。移植4週間後、軟X線装置を用いて画像評価を行うとともに、移植片を採取、免疫組織学的検討を加えた。さらに、免疫不全ラットの上顎第2臼歯の歯頸部にワイヤーを4週間結紮、歯槽骨欠損モデルを作成した。そして、骨欠損部位に骨分化誘導同細胞シートを同様に移植、移植4週間後に移植片を採取、マイクロCTにて検討を加えた。

#### 【成績】

骨分化誘導した羊膜上歯髄由来細胞は間葉系細胞マーカーである vimentin、細胞増殖マーカーである Ki-67 陽性を認め、細胞間には細胞間接着マーカーである Zo-1 の発現を認めた。さらに、間葉系幹細胞マーカーである CD44、CD105、CD146 の局在も認めた。骨分化誘導同細胞シートは、Alizarin Red S 染色で高い染色性を示すと同時に、免疫組織化学で Osteocalcin の発現を認めた。免疫不全マウス腰背部皮下に移植した骨分化誘導同細胞シートは、軟X線所見にて不透過像を認め、Alizarin Red S 染色、von Kossa 染色で高い染色性と Osteocalcin 陽性を示し、異所性の骨形成を認めた。また、骨分化誘導同シートを移植した免疫不全ラットの骨欠損部位では、移植をしない骨欠損部位と比べ、顕著な骨再生を認めた。

#### 【考察および結論】

歯髄由来細胞は羊膜の基質上で骨芽細胞様細胞に分化することが可能であること、また骨分化誘導した羊膜上培養歯髄由来細胞シートは、実験動物の皮下移植にて石灰化した組織が維持されるとともに、歯槽骨の骨欠損部位に留まり欠損を回復させることが判明した。これより、骨分化誘導同細胞シートは歯周組織の再生治療へ応用しうる可能性が示唆された。なお、本研究はJSPS 科研費基盤研究(C)(課題番号 26463021)の助成を受けた。

#### 【参考文献】

1. Amemiya T, Nakamura T, Yamamoto T, *et al.* Autologous transplantation of oral mucosal epithelial cell sheets cultured on an amniotic membrane substrate for intraoral mucosal defects. PLoS One. 10(4), e0125391, 2015.
2. Honjo K, Yamamoto T, Adachi T, *et al.* Evaluation of a dental pulp-derived cell sheet cultured on amniotic membrane substrate. Biomed Mater Eng 25(2), 203-212, 2015.

## 新規光重合型裏層材の各種性能

サンメディカル研究開発部

○八尾勉、土川益司、今井啓文

Properties of new Light Cured Composite Resins for lining

Sun Medical Co., Ltd. Research and development department

○Yao Tsutomu, Tsuchikawa Masuji, Imai Hirofumi

### [緒言]

2013年10月に低重合収縮性と高い硬化性を有している歯科裏層用高分子系材料「バルクベース」を上市した。今回、弊社では本製品の特徴である低重合収縮性および高い硬化性を維持した上で機械的物性を改良したLSF-206(以後LSF)を新たに開発した。本発表では、LSFの各種性能に関して、従来製品と比較し評価することを目的とした。

### [材料及び方法]

Table1.the used materials

Material	Type	Filler content (wt%)	Manufacture	Code
LSF-206	Flowable	70	Sun Medical	LSF
Bulk Base High Flow	Flowable	70	Sun Medical	BBH

#### 1.重合収縮率の測定

直径15mm、高さ3mmのテフロン型に各レジンを充填し、光照射器にて十分に重合させた。重合前のペーストおよび重合させた試験片の密度を乾式密度計(アキュビック II 1340、島津製)で測定し、その密度差から重合収縮率を算出した。重合収縮率の計算式は「重合収縮率 = (重合後密度 - 重合前密度) / 重合後密度 × 100」で行った。

#### 2.コントラクションギャップの測定(ギャップ幅)

内径6mm×高さ5mmのセラミックチューブに各レジンを充填し、光照射器にて十分に重合させた。上部厚み2mmを切断し、耐水ペーパー#2000にて研磨を行った後、超音波洗浄30min行った。洗浄後、マイクロスコープ(VX-900,キーエンス)にて切断面を観察し、チューブとレジンのコントラクションギャップ(ギャップ幅)を測定した。

#### 3.曲げ強さおよび弾性係数

金型に各レジンを充填し、光照射器にて十分に重合させて作製した2×2×25mmの試験片を37℃水中に24時間浸漬後、オートグラフ(AG-IS 1kN、島津製作所)にて支点間距離20mm、試験速度1mm/minで測定した。(n=5)

#### 4.硬化深さの測定

直径4mm、深さ15mmの穴を持つ金型に各レジンを充填し、20秒間照射した。重合後、硬化体を取り出し、未硬化部分を除去し、硬化深さを測定した。(n=3)

#### 5.耐摩耗試験(三体摩耗試験)

咬合を模した三体摩耗試験(試験体/媒体/ポリアセタールブロック)を行った。試験体は金型を用いて光重合にて硬化させ、直径15mmの円柱部分が試験面となるよう摩耗試験機に固定した(n=3)。媒体としてPMMAと水1:1混合物を用い、衝撃およびスライドの動きを1セットとして40万回繰り返し、試験体を3次元測定システム(KS-1100,キーエンス製)で測定することにより摩耗量を算出した。

### [結果]

Table2. the physical properties of various resin

Material	Polymerization shrinkage (vol%)	Contraction gap (μm)	Curing depth (mm)	Flexural strength (MPa)	Elastic modulus (GPa)	Wear amount (mm <sup>3</sup> )
LSF	2.8	13.7	4.3(0.1)	138.8(2.9)	8.8(0.2)	1.18(0.1)
BBH	2.8	15.7	4.1(0.1)	74.3(1.8)	3.1(0.2)	4.25(0.3)

1)重合収縮率: LSFはBBHと同等の値を示した。 2)ギャップ幅: LSFはBBHと同等の値を示した。

3)硬化深さ: LSFはBBHと同等の値を示した。

4)曲げ強さおよび弾性係数: LSFはBBHと比較して有意に高い値を示した。

5)耐摩耗性: LSFの摩耗量はBBHと比較して有意に低い量であった。

本結果よりLSFは、BBHと同等の低い重合収縮性、高い硬化性を保持しつつ、高い強度を示した。

### [結論]

LSF-206は通常のコンプोजットレジンと同等の強度に加え、バルクベースと同等の低重合収縮性と高い硬化性を持つ材料であることが示された。この特性を活かした臨床使用への有用性が期待できる。

## 化学-機械的齶蝕除去剤使用後の窩洞におけるグラスアイオノマー系セメント修復への検討

<sup>1</sup>奥羽大学歯学部歯科保存学講座保存修復学分野

<sup>2</sup>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<sup>1</sup>, 木村裕一<sup>2</sup>, 菊井徹哉<sup>1</sup>

### Evaluation on the resin-modified glass ionomer cement restoration to the cavity by the chemo-mechanical caries removal reagent

<sup>1</sup>Division of Operative Dentistry, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry

<sup>2</sup>Division of Endodontics, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry

○YAMADA Yoshishige<sup>1</sup>, KIMURA Yuichi<sup>2</sup>, KIKUI Tetuya<sup>1</sup>

#### 【緒言】

通常齶蝕の処置として回転切削器具を使用して齶蝕を除去した後、除去後の窩洞面に対してはプライミングやボンディング処置後にコンポジットレジンを充填することが主に行われている。しかし心身に障害を有する患者や歯科医院に通院が難しい在宅患者に対しては、これら従来の歯科治療が困難であることが多い。回転切削器具の使用、洗浄操作、長時間の口腔乾燥状態の維持などは、上記した患者に対しては難しい処置となる。そのため回転切削器具を使用しない方法として、我々は新規化学-機械的齶蝕除去剤 B0 試薬を開発し、齶蝕を除去した窩洞へのコンポジットレジン修復に問題ないことを報告してきた。しかしコンポジットレジン修復より操作過程が少なく、フッ素徐放を有するグラスアイオノマーセメントが含有されている修復材にて処置が可能であれば、これまで齶蝕処置が難しいとされていた患者への歯科治療への応用が期待できる。本研究ではグラスアイオノマーセメントやグラスアイオノマーセメントが含有されているレジンセメントを修復用に用いて検討した。

#### 【材料および実験方法】

本研究には歯頸部に齶蝕を有するヒト抜去歯 20 本を使用した。齶蝕除去には B0 試薬を使用し、それぞれの齶蝕窩洞面に塗布してから 30 秒後に齶蝕除去を施行した。B0 試薬を用いた齶蝕除去法とその判定法は過去の発表に準じて行った。齶蝕除去終了後、EDTA 溶液を 30 秒間窩洞面に貼付した後、アルコール綿球にて窩洞面を 5 秒間拭拭した。その後 5 本ずつ合計 4 グループに分類した。本研究には従来型グラスアイオノマーセメントとしてフジIXGP エクストラを、レジン系グラスアイオノマーセメントとしてハイ-ボンドレジグラス、ジーセム、アドシールド RM を使用した。全ての試料は充填後サーマルサイクリングを 10000 回施行し、辺縁漏洩試験を行い、漏洩状態を実体顕微鏡にて確認した。その後歯質とセメントの接合部の詳細を走査型電子顕微鏡 (SEM) にて観察した。

#### 【結果】

辺縁漏洩試験の結果では、従来型グラスアイオノマーセメントであるフジIXGP エクストラが最も漏洩状態が顕著であったが、窩洞面が完全に漏洩している試料は認められなかった。グラスアイオノマー系レジンセメントとしては、アドシールド RM とジーセムの漏洩状態は少なかった。SEM による観察ではグラスアイオノマー系レジンセメント修復の多くの試料において、良好な接着界面を呈していることが確認された。

#### 【考察】

本研究結果より従来型のグラスアイオノマーセメント修復の試料を含め完全に辺縁漏洩を引き起こしている試料が確認されなかったことから、EDTA による前処置の効果があつたものと推測される。さらに EDTA 作用時間を長くすることで、接着効果が向上する可能性も考えられる。また成績が良好であったグラスアイオノマー系レジンセメントには共にリン酸エステル系モノマーが配合されていたことから、本実験系においてもリン酸エステル系モノマーが奏功したと思われる。化学-機械的齶蝕除去剤を使用した齶蝕除去窩洞に対するグラスアイオノマー系セメントによる修復は、通常行われている回転切削器具とコンポジットレジンを用いた修復法には及ばないが、従来の処置法が困難な患者の治療に対しては有効な手段となるものと考えられる。グラスアイオノマーセメントはフッ素徐放性という他の修復材が持たない効果を有する点からも B0 試薬を用いた化学-物理的齶蝕除去とグラスアイオノマー系のセメントによる修復は従来の処置が困難な患者に対して将来の臨床応用が期待できる。

しかし実際の咬合圧による荷重負担の影響や、より長期間経過時の接着状態などに対する検討、また今回の修復条件下における安全で確実性の高いエッチング操作の確立など、今後はさらなる詳細な検討が必要である。

(本研究は奥羽大学倫理委員会の承認のもとで施行した。倫理委員会承認番号：第 130 号)

## 試作ユニバーサルアドヒーズを用いたレジンセメントの象牙質接着性能

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○黒川弘康, 柴崎 翔, 白土康司, 矢吹千晶, 崔 慶一, 鈴木崇之, 瀧本正行, 宮崎真至, 佐藤幹武

### Dentin bonding characteristics of a resin cement utilizing experimental universal adhesive

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○KUROKAWA Hiroyasu, SHIBASAKI Sho, SHIRATSUCHI Koji, YABUKI Chiaki,  
SAI Keiichi, SUZUKI Takayuki, TAKIMOTO Masayuki, MIYAZAKI Masashi, SATO Mikitake

#### 【緒言】

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着眼がおかれている。最近では、この考え方に沿った製品として、ユニバーサルアドヒーズを応用するレジンセメントが開発、市販されている。すなわち、ユニバーサルアドヒーズを歯質と修復物に塗布することで、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。また、ユニバーサルアドヒーズは、歯面処理法としてセルフエッチ、トータルエッチあるいはセレクトティブエッチを選択可能とされているが、歯面処理法の違いが接着性に及ぼす影響については不明である。そこで、歯面処理方法の違いおよびレジンセメントへの照射の有無がユニバーサルアドヒーズ応用型レジンセメントの象牙質接着強さに及ぼす影響について検討した。

#### 【材料および方法】

レジンセメントシステムとして、化学重合型の試作ユニバーサルアドヒーズである K5D-01 と Estecem Adhesive Resin Cement (トクヤマデンタル) を、対照として、セメントとの接触によって化学重合可能なユニバーサルアドヒーズである Scotchbond Universal Adhesive と RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement (3M ESPE) 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、唇側中央部に直径 6~8 mm の象牙質平坦面が得られるように研削した。この研削面を、耐水性 SiC ペーパーの#600 を用いて調整し、これを象牙質試片とした。

#### 2. 接着試験用試片の製作

CAD/CAM レジブロックを直径 4 mm、高さ 2 mm の円柱状に加工した後、アルミナ粒子 (50  $\mu\text{m}$ ) 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 分間超音波洗浄した。このサンドブラスト面に対して、ユニバーサルアドヒーズを用いて、各製造者指示条件でシランカップリング処理したものを CAD/CAM 試片とした。次いで、象牙質被着面を、ユニバーサルアドヒーズを用いて各製造者指示条件で処理したものをセルフエッチ群、象牙質被着面を、35% リン酸水溶液を用いて各製造者指示条件で処理した後、ユニバーサルアドヒーズを塗布したものをトータルエッチ群とした。

練和したセメント泥を塗布した CAD/CAM 試片を象牙質被着面に対して荷重 0.2 N の条件で圧接した。次いで、CAD/CAM 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可及的速やかに除去した後、照射を行う条件 (以後、照射群) では、CAD/CAM 試片の両側面から 30 秒間照射を行ったものを、照射なしの条件 (以後、非照射群) では、 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $90 \pm 5\%$  の条件下でレジン試片を圧接したものを、それぞれ接着試験用試片とした。

#### 3. 接着強さの測定

照射群では照射終了直後から、非照射群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  $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $90 \pm 5\%$  の条件で 24 時間保管した後、万能試験機を用いて剪断接着強さを測定した。

#### 4. 走査電子顕微鏡観察

レジンセメントと CAD/CAM 試片との接合界面について、通法に従って FE-SEM を用いて観察した。

#### 【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、象牙質への前処理法の違いおよびレジンセメントへの照射の有無によって影響を受けるものの、その傾向は製品によって異なるものであり、試作ユニバーサルアドヒーズ K5D-01 を用いたレジンセメントシステムで少ないものであった。この理由としては、ユニバーサルアドヒーズあるいはセメントに使用される重合開始材系の違いなどが影響したものと考えられた。

#### 【結論】

ユニバーサルアドヒーズを用いたレジンセメントシステムの CAD/CAM レジブロックへの接着強さは、象牙質の前処理法の違いおよびレジンセメントへの照射の有無に影響を受けることが判明した。

## クロルヘキシジンを配合したセルフアドヒーシブレジンセメントの開発

- 硬化後の抗菌性と長期水中保管後の物性の評価 -

<sup>1</sup>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)

<sup>2</sup>大阪大学大学院歯学研究科 顎口腔機能再建学講座 (歯科理工学教室)

○北川蘭奈<sup>1</sup>, 北川晴朗<sup>2</sup>, 廣瀬奈々子<sup>1</sup>, 三木彩希<sup>1</sup>, 和氣菜々子<sup>1</sup>, 山口 哲<sup>2</sup>, 林 美加子<sup>1</sup>, 今里 聡<sup>2</sup>

### Development of chlorhexidine-containing self-adhesive resin cements

#### -Evaluation of antibacterial effects after curing and physical properties after long-term water storage-

<sup>1</sup>Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry

<sup>2</sup>Department of Biomaterials Science, Osaka University Graduate School of Dentistry

○Ranna Kitagawa<sup>1</sup>, Haruaki Kitagawa<sup>2</sup>, Nanako Hirose<sup>1</sup>, Saeki Miki<sup>1</sup>, Nanako Wake<sup>1</sup>, Satoshi Yamaguchi<sup>2</sup>, Mikako Hayashi<sup>1</sup>, Satoshi Imazato<sup>2</sup>

#### 【目的】

セルフアドヒーシブレジンセメントに歯質殺菌作用を付与する目的で、われわれは、カチオン系抗菌剤である Chlorhexidine diacetate (以下 CHX) を含有するレジンセメントの開発に着手し、これまでに、5 (wt)% の CHX を配合した試作セメントが、未重合状態での明瞭な抗菌効果と臨床的に問題のない物性を備えていることを報告してきた。ところで、近年保険適応となったファイバーポストを中心に、間接法支台築造におけるレジンセメントの使用頻度が増加しているが、ポスト形成後の歯質に残存する細菌や修復後の接着界面からの細菌侵入によって、歯根象牙質のう蝕や築造体の脱離等が生じる危険性が懸念されている。そこで本研究では、CHX 配合試作レジンセメントの硬化後の抗菌性と長期水中保管後の曲げ強さを評価し、間接法支台築造における有用性について検討した。

#### 【材料および方法】

市販のデュアルキュア型セルフアドヒーシブレジンセメント (ジーセムリンクエース, GC) に、練和後の最終濃度が 5 (wt)% となるように CHX を配合した試作セメントを用いて以下の実験を行った。コントロールには CHX 非配合のセメントを使用した。

##### 1. セメント硬化体上での細菌増殖試験

試作セメントを直径 10 mm, 深さ 2 mm のシリコンモールドに填入し、光照射を行ってディスク状硬化体を作製した。硬化体上に、BHI 培地を用いて  $1 \times 10^3$  CFU/mL に調整した *Streptococcus mutans* NCTC10449 菌液 50  $\mu$ L を播種し、24 時間嫌気培養後、菌液を回収して BHI 寒天平板培地に塗抹し、コロニー数を計測した。

##### 2. バイオフィーム形成試験

BHI 培地を用いて  $1 \times 10^8$  CFU/mL に調整した *S. mutans* NCTC10449 菌液 1.5 mL 中に硬化体を浸漬し、6 時間嫌気培養した。続いて、細菌を含まない BHI 培地中に試料を移して 18 時間嫌気培養を行い、新鮮な BHI 培地に移しかえてさらに 24 時間嫌気培養した後、LIDE/DEAD® BacLight™ Bacterial Viability Kit を用いて染色を施し、共焦点レーザー顕微鏡にて試料上に形成されたバイオフィームを観察した。

##### 3. 長期水中保管後の曲げ強さの測定

ISO 4049:2000 に準じて作製した 2 x 2 x 25 mm の棒状試料を 37°C 蒸留水中に浸漬し、28 日間保管後、万能曲げ試験機を用いてクロスヘッドスピード 1 mm/min, 支点間距離 20 mm で 3 点曲げ試験を行った。

#### 【結果】

1. CHX 配合セメント上ではコントロールと比較して有意に生菌数が少なく (Welch's *t* test,  $p < 0.05$ ), 100% の殺菌率が得られた。

2. コントロールでは、ほとんどが生菌からなるバイオフィームの形成が観察されたが、CHX 配合セメント上では死菌がわずかに付着しているだけであった。

3. 試作セメントとコントロールとの間で曲げ強さに有意差は認められなかった (Student's *t* test,  $p > 0.05$ )。

#### 【考察および結論】

5 (wt)% CHX を配合したセメントの硬化体表面では、*S. mutans* の増殖が抑制され、バイオフィームの形成が阻害されることが分かった。これは、試作セメントが硬化後も、MIC 以上の濃度の CHX を一定期間溶出する (2015 ADM Annual meeting にて発表) ことによるものと考えられる。その一方で、28 日間水中保管後も、試作セメントとコントロールの間で物性に差が認められないことから、間接法支台築造等においても試作セメントが有用であるものと期待される。

本研究は科学研究費補助金 (若手研究 (B) 15K20402, 挑戦的萌芽研究 16K15800) の補助のもとに行われた。

**CAD/CAM レジンブロッカー-象牙質接着に接着性レジンセメントの厚みが及ぼす影響**

北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯科保存学教室

○アハメッド ズバエル, 松本真理子, 戸井田 侑, 丁 世俊, 川野晋平, リミ シャンミン アクター,  
サイケオ ピポップ, 角田晋一, 星加修平, 川本千春, 池田考績, 田中 享, デニス セリモビッチ, 佐野英彦

**Effects of cement type and thickness on bond strength of CAD/CAM resin blocks to dentin.**

Department of Restorative Dentistry, Division of Oral Health Science,

Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University

○Z. Ahmed, M. Matsumoto, Y. Toida, S. Ting, S. Kawano, S. A. Rime, S. Pipop, S. Kakuda,  
S. Hoshika, C. Kawamoto, T. Ikeda, T. Tanaka, D. Selimovic, H. Sano

**【Objective】**

CAD/CAM resin blocks are now frequently used for daily clinical treatment. However, debonding is recognized as one of the main cause of failures. Recently, new cements for CAD/CAM resin blocks have become available. Therefore, the aim of this study was to evaluate the adhesion between dentin and resin blocks with several cements at different cement thickness.

**【Materials&Methods】**

Thirty-six premolars were used in this study. Crown segments were removed and polished with 600-grit SiC paper. Two CAD/CAM resin blocks: (SHOHU Block HC (HC, SHOFU) and CERASMART (CS, GC)) and three cements: (Block HC Cem Paste(BC, SHOFU), G-CEM CERASMART(GS, GC) and RelyX Ultimate associated with Scotchbond Universal (RU, 3M)) were used. Teeth were randomly divided into 12 groups. Resin block surfaces for bonding were sandblasted. For BC and GS group, the blocks were conditioned with ceramic primer. Cements were dispensed on the resin block and seated on dentin surface. Two cement thickness 20 $\mu$ m / 200 $\mu$ m were adopted and controlled by either finger pressure or spacer of 200 $\mu$ m respectively. After removing excess cement, light curing was applied from five directions for 20 sec each. All specimens were stored in distilled water at 37 $^{\circ}$ C for 24 h. Each cemented specimens was cut into 1  $\times$  1 mm beams with a low speed diamond saw under running water and subjected to tensile force at a crosshead speed of 1 mm/min. The micro tensile bond strength ( $\mu$ TBS) data were analyzed using Games-Howel test ( $p < 0.05$ ). Fractured surfaces were observed by SEM.

**【Results&Discussion】**

Significantly higher bond strengths were observed for RU at 20  $\mu$ m cement thickness, followed by BC and GS for both HC and CS blocks. No significant differences were observed between BC and RU at 200 $\mu$ m thickness for both HC and CS blocks. RU for HC blocks showed significant difference between 20 $\mu$ m and 200 $\mu$ m group.

**【Conclusion】**

Cement type had a greater effect than cement thickness in the bond strength of resin blocks to dentin. Lower bond strengths were observed at thicker cement layer in every group, but it is not significant except for RU with HC.

Table MPa $\pm$ SD. Same letter indicates no significant statistical difference

	HC			CS		
	BC	GS	RU	BC	GS	RU
20 $\mu$ m	24.78 $\pm$ 4.58 <sup>a</sup>	9.01 $\pm$ 1.74 <sup>be</sup>	42.26 $\pm$ 6.4 <sup>c</sup>	22.09 $\pm$ 5.64 <sup>A</sup>	9.71 $\pm$ 2.6 <sup>B</sup>	40.49 $\pm$ 7.4 <sup>C</sup>
200 $\mu$ m	21.16 $\pm$ 5.68 <sup>ad</sup>	7.47 $\pm$ 1.43 <sup>b</sup>	15.07 $\pm$ 4.98 <sup>de</sup>	19.99 $\pm$ 7.49 <sup>A</sup>	6.74 $\pm$ 1.22 <sup>B</sup>	29.65 $\pm$ 6.87 <sup>AC</sup>

## “待ち時間なし”オールインワン接着システムの初期引張接着強さに基づく 歯頸部罹患象牙質に対する接着評価

日本歯科大学 生命歯学部 接着歯科学講座

○越田清祐 林 孝太朗 河合貴俊 小川信太郎 長倉弥生 柵木寿男 奈良陽一郎

### Examination of bonding to cervical decayed dentin based on immediate tensile bond strengths of “no waiting” all-in-one adhesive systems

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

○KOSHIDA Seisuke, HAYASHI Kotaro, KAWAI Takatoshi, OGAWA Shintaro,  
NAGAKURA Yayoi, MASEKI Toshio, NARA Yoichiro

**【研究目的】** 近年、処理液塗布後に“待ち時間なし”で微風乾燥可能なオールインワン接着システムが開発され、チェアタイムの更なる短縮と technical sensitivity 改善の両立が期待されている。そこで本研究では、当該接着システムを用いて、健全切削象牙質(SD)と健全切削エナメル質(SE)を対照に、摩耗症露出象牙質(ALD)と齶蝕罹患象牙質(CAD)への初期引張接着強さ(ITBS)を測定し、これら値に基づく接着評価を図った。

**【材料および方法】** 被験歯には本学部研究倫理委員会の承認を経て、0.1%チモール水溶液に保存したヒト抜去下顎小臼歯から、歯頸部に中等度のALDおよびCADを有する歯、さらに齶蝕や実質欠損を認めない健全歯、各24歯を選択した。接着システムには、“待ち時間なし”処理を謳う新規開発製品:SKB-100(SKB:Kuraray Noritake Dental)と同先行市販製品であるClearfil Tri-S Bond ND Quick(NDQ:Kuraray Noritake Dental)、対照には処理液塗布後10秒間の時間を求める代表的接着システムClearfil Bond SE ONE(SEO:Kuraray Noritake Dental)の3種を選択した。ALDに対する歯面調整は、注水下の低速回転ポリッシングブラシによる清掃のみとし、CADでは齶蝕検知液を併用した低速回転のスチールラウンドバーによる臨床的な齶蝕象牙質外層の除去を行った。一方、健全歯側歯頸部に対し、規格化V字状窩洞を形成し、歯肉側象牙質切削面をSD、歯頂側窩縁に付与したベベルによって得たエナメル質切削面をSEとした。各歯質に対して製造者指定の処理を行い、*in vivo/in vitro* 両用小型接着試験器による被着面処理完了後2分間以内のITBS値測定を行った。得られた測定値(n=8)は、two-way/one-way ANOVA、Tukeyのq検定による統計学的分析を、さらに3種接着システム統合のITBS値(n=24)に基づく各歯質への接着についてワイブル分析によって検討した。

**【成績】** Fig.1に3種システムによる4種歯質間ITBS(s.d.)値の違いを示す。分析の結果、接着システム/歯質の違いはITBS値に対し有意(p<0.01/p<0.05)な影響を与えていた。3種システムのITBS値はSKB≧SEO>NDQの順に大きな値を示し、SKB・SEOとNDQ間に有意差を認めた(p<0.01)。一方、歯質のITBS値はSD≧SE≧ALD≧CADの順に大きな値を示し、SDとCAD間にのみ有意差を認めた(p<0.05)が、各システムによる4種歯質値には有意差を認めなかった。Fig.2に4種歯質間のワイブル係数(Wm値)と10%累積破壊確率における推定破壊応力値(PF10値)の違いを示す。解析の結果、4種歯質間のWm値に有意差は認めなかった。一方、罹患象牙質(ALD・CAD)のPF10値は健全切削歯質(SD・SE)値に比べ、それぞれ有意(p<0.05)に小さい値を示した。

**【考察】** 新規開発“待ち時間なし”オールインワン接着システムSKBによるITBS値は、罹患象牙質を対象とする場合には健全歯質と同等の、同先行システムNDQ/代表的システムSEOと比較した場合には有意に大きな/同等の値を獲得できることが明らかとなった。これは、新規機能性モノマーの導入や各成分の適正配合により、“待ち時間なし”処理によっても良好な歯面処理効果が獲得できたことを意味する。また、今回検討した最近の3種システムによる歯頸部への接着は、信頼性の点では歯質間に差を認めなかったものの、臨床的示唆に富むPF10値において、罹患象牙質の値は健全切削歯質値に比べ小さく、耐久性に劣ることが確認できた。したがって、ALDやCADを対象とする修復に際しては、より確実な接着を得るための確かつ慎重な処置や対応が求められる。

**【結論】** “待ち時間なし”システム、特に新規開発のSKBによる歯頸部罹患象牙質に対する接着は、同先行システムNDQおよび代表的オールインワン接着システムSEOと同等の初期引張接着強さを獲得していた。また、“待ち時間なし”システムを含む最近の3種システムによる歯頸部罹患象牙質への接着は、健全切削歯質への接着と同等の信頼性を示したが、耐久性の点では劣ることを確認した。

本研究の一部はJSPS科研費26462899の助成を受けた。

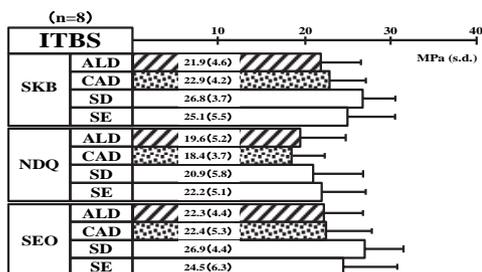


Fig.1 Difference in ITBS of three all-in-one adhesive systems among four cervical substances

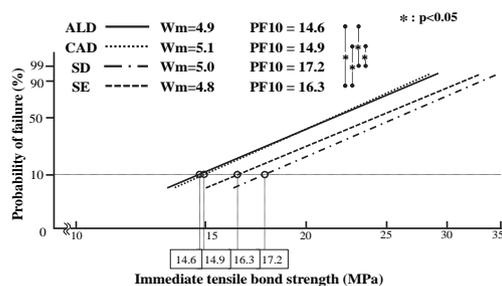


Fig.2 Difference in Wm and PF10 values among four cervical substances

## 乾燥条件がボンディング材の接着性能に及ぼす影響

株式会社 ジーシー  
○本多弘輔, 有田明史, 熊谷知弘

### Influence of Drying Conditions of Adhesion Performance of Bonding Agent

GC CORPORATION, Tokyo, Japan  
OHONDA KOSUKE, ARITA AKISHI, KUMAGAI TOMOHIRO

#### 【目的】

ボンディング材にはそれぞれ推奨の乾燥条件が存在するが、その条件はボンディング材によって異なっている。本研究では乾燥条件を変えた場合の歯質接着力への影響を評価した。

#### 【材料と方法】

ウシ下顎前歯の歯冠部をエナメル質または象牙質が露出するまで SiC ペーパー#320 で研磨した。G-プレミオ ボンド（ジーシー）を塗布後 10 秒間放置した後に強圧エア（0.35 MPa）または弱圧エア（0.05 MPa）で 5 秒間、またはプロットドライで乾燥を行った。直径 2.38 mm の穴の空いたモールド（ULTRADENT）をボンディング処理面に置いて被着面を規定した後に、照射を行った。MI フローII（ジーシー）をモールド内に充填し、照射を行って硬化させた。試験体を 37°C 水中に 24 時間保管した後、小型卓上試験機 EZ-S（島津製作所）を用いてクロスヘッドスピード 1 mm/min でせん断試験を実施した（N=5）。得られた結果は一元配置分散分析および Tukey の検定により統計処理を行った（ $p < 0.05$ ）。また、せん断試験後に走査電子顕微鏡 Miniscope TM3000（HITACHI）を用いて破断面の観察を行った。

#### 【結果と考察】

各乾燥条件における接着強さを Fig.1 に示す。強圧エアと弱圧エアで接着力に差は見られなかった。プロットドライの場合、象牙質に対する接着力が大きく低下した。象牙質接着後の CR 側の破断面の SEM 画像を Fig.2 に示す。強圧エアおよび弱圧エアでは象牙質表層の凝集破壊が認められた。プロットドライではボンディング材と CR との界面破壊が認められた。また、弱圧エアおよびプロットドライでは残留水分由来と思われる多孔性の性状が認められた。

G-プレミオ ボンドは硬化体の耐久性を高めるため、吸水性の高い HEMA を配合していない。そのため乾燥が弱く接着層に水分が多く残るような条件であると水分が分離し、接着界面に void が出来やすいと考えられる。

#### 【結論】

G-プレミオ ボンドは強圧エア乾燥の条件下で最も高い接着性能を発揮するため、推奨の使用法を遵守することが重要である。

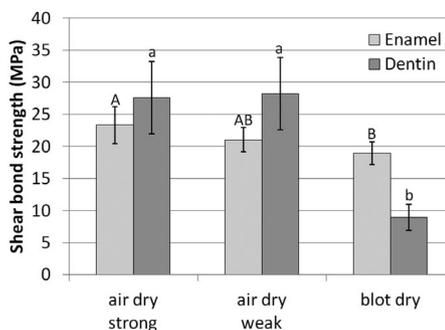


Fig.1 Shear bond strength to tooth structure  
Same letters indicate non-significant difference

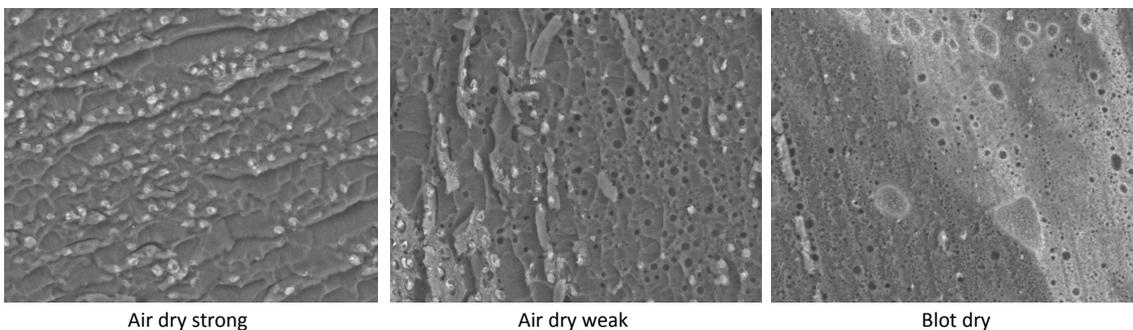


Fig.2 SEM images of fracture surface after SBS test (x500)

## 新規ボンディングシステムの象牙質接着能評価

大阪歯科大学歯科保存学講座

○黄地智子, 澤井健司郎, 谷本啓彰, 初岡昌憲, 三木秀治, 吉川一志, 山本一世

### The Evaluation of a Newly-developed Bonding System on the Adhesive Properties to Dentin

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University.

○OUCHI Satoko, SAWAI Kenshiro, TANIMOTO Hiroaki, HATSUOKA Yoshinori, MIKI Hideji,  
YOSHIKAWA Kazushi, YAMAMOTO Kazuyo

#### 【目的】

近年コンポジットレジン修復する機会が増えるなか、その際使用する照射器や接着システムはめまぐるしい進歩をとげ、新しい商品が次々と開発されている。また照射器に関しては、従来はハロゲンランプ方式の照射器が主流であったが、近年では青色発光ダイオード（以下 LED）を光源とする照射器が臨床応用される機会が増えている。今回、リン酸エステル系モノマーと高活性光重合開始剤を含む新規ボンディングシステムであるメガボンド 2（以下 MB2）がクラレノリタケデンタルから開発された。このボンディングシステムは照射時の重合率を向上させることで高出力 LED 照射器使用時間が短縮でき、LED 照射器使用時の接着性を向上させることができる。今回、メガボンド 2 とメガボンド（以下 MB）を用いて引張接着強さに与える影響の比較、検討を行った。

#### 【材料及び方法】

抜去牛歯に #600 の耐水研磨紙を用いて象牙質被着面を作成し、被着面積を直径 3mm に規定した。MB で製造者指示に従い歯面処理を行った後、照射を①ペンキュア（LED 光源）10 秒（以下 MBP, モリタ）、②XL-3000（ハロゲン光源）で 10 秒（以下 MBXL, 3M ESPE）、③ペンキュア 2000 のハイパワーで 3 秒（以下 MBH, モリタ）を行った。また MB2 で製造者の指示に従い歯面処理を行った後、照射を④ペンキュアで 10 秒（以下 MB2P）、⑤XL3000 で 10 秒（以下 MB2XL）、⑥ペンキュア 2000 のハイパワーで 3 秒（以下 MB2H）を行った。その後 MB, MB2 とともにクリアフィル AP-X（クラレノリタケデンタル, シェード A3）を充填し、XL3000 にて照射を行った。24 時間 37°C 水中保管した後、引張試験機（IM-20 INTESCO）を用いて CHS0.3mm/min にて引張接着強さ（以下、TBS）を測定した。（n=8）。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。

#### 【結果】

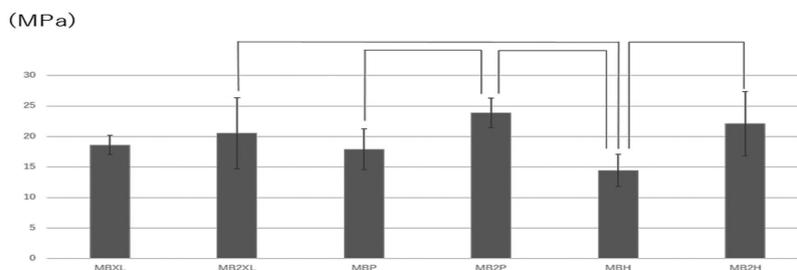


Fig1. Results of TBS (P<0.05)

#### 【考察】

MB は LED 照射器であるペンキュアを使用するとやや TBS は低下した。LED 照射器は波長分布が狭小であるためと考えられる。またペンキュア 2000 を用いてハイパワーモードで 3 秒照射した場合、MB は TBS の低下が認められたが MB2 では十分な TBS が得られた。これは MB2 が高活性光重合開始剤を含むため LED 光の吸収が大きく、高活性なラジカル反応が多く起こったと考えられる。そのため硬化速度が上がり、3 秒の照射であっても十分にボンディング材が重合し、TBS が向上したと考えられる。

#### 【結論】

MB2 は LED 照射器を使用しても十分に重合し、ハイパワーモードであれば 3 秒でも高い TBS を得られる。

### 新規接着材の3種の修復方法に対する象牙質微小引張強さについて

<sup>1</sup>鹿児島大学学術研究院医歯学域歯学系大学院医歯学総合研究科先進治療科学専攻  
顎顔面機能再建学講座歯科保存学分野

<sup>2</sup>鹿児島大学病院 保存科

○西谷佳浩<sup>1</sup>, 星加知宏<sup>2</sup>, 梶原武弘<sup>1</sup>, 徳田雅行<sup>1</sup>, 達山祥子<sup>2</sup>

Microtensile bond strengths of a new adhesive system for three restorative dental treatments

<sup>1</sup> Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Research Field in Dentistry, Medical and Dental Sciences Area, Research and Education Assembly, Kagoshima University, Kagoshima, Japan

<sup>2</sup>Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Kagoshima University Hospital

○NISHITANI Yoshihiro<sup>1</sup>, HOSHIKA Tomohiro<sup>2</sup>, KAJIHARA Takehiro<sup>1</sup>, TOKUDA Masayuki<sup>1</sup>, TATSUYAMA Shoko<sup>2</sup>

【研究目的】近年、審美への要求が高まるにつれ、歯冠修復に用いられる修復・補綴材料やそれに用いられる接着材料の開発が進められている。本研究では新規に開発された接着システム SKB-100 (クラレノリタケデンタル) をコンポジットレジン修復、支台築造、CAD/CAM 修復の3種の用途について、現在販売されているクリアフィルボンド SE ONE (クラレノリタケデンタル) (以下 SEO) と比較して接着強さの検討を行った。

【材料及び方法】試料体の作製：接着試験には鹿児島大学倫理委員会のもと得られた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。①コンポジットレジン修復：コンポジットレジンにはクリアフィルムジェスティ ES フロー A2 (クラレノリタケデンタル) を用い、比較するワンステップ接着システムには SEO 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・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支台築造：支台築造用のコア材にはクリアフィル DC コア オートミックス ONE (クラレノリタケデンタル) を用いてコンポジットレジン修復と同様に処理・構築を行い、接着試料体を作製した。③CAD/CAM 修復：カタナアベンシアブロック (クラレノリタケデンタル) を切り出して得られる平面を耐水研磨紙 (#600) で研磨、サンドブラスト後、超音波洗浄・シラン処理を行い被着面とした。SA ルーティンググラス (クラレノリタケデンタル) (以下 SA) によるセメント接着に際して、SKB-100 による前処理の有無で2種の接着試料体を作製した。試料体は24時間37°Cで水中浸漬後試験に用いた。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 mm<sup>2</sup>になるように棒型に形成した。接着試料体の一部をランダムに抽出してマイクロテンサイル法による引張接着試験および実体顕微鏡による接着界面の観察を行った。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T検定を用いて統計処理を行った。また引張試験後の破断面の形態観察も行った。

【結果】コンポジットレジンに対する接着強さについては有意差を認めなかったが、コア材およびレジンプロックへのセメント接着においては、SKB-100の歯面処理によって接着強さは高い値を示した。

【考察および結論】SKB-100による歯面処理によってコンポジットレジンに対してはSEOよりも短い歯面処理時間で同等の接着強さが得られた一方で、コア材および接着性セメントに対して接着強さは有意に高かった。このことは新規接着材に含まれるモノマーや触媒が、コア材及びセメントの硬化へ影響を及ぼした可能性が考えられる。

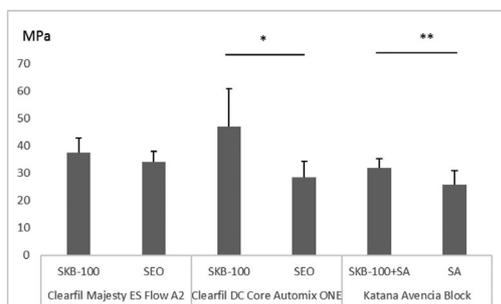


Fig. Microtensile bond strengths of a new adhesive system for three restorative dental treatments

\* Significant difference (P<0.01)

\*\* Significant difference (P<0.05)

## メーカーが異なるオールインワンアドヒーズとフロアブルレジンの組合せが 象牙質接着強さに及ぼす影響

<sup>1</sup> 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> マサシ歯科医院

○小出 明<sup>1</sup>、新海航一<sup>1,2</sup>、川嶋里貴<sup>1</sup>、永井悠太<sup>2</sup>、チューンジット・パコーン<sup>2</sup>、吉井大貴<sup>2</sup>、片岡昌士<sup>3</sup>

### Effect of the combination of all-in-one adhesives and flowable resin composites on shear bond strength to dentin

<sup>1</sup> Department of Operative Dentistry, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata

<sup>2</sup> Advanced Operative Dentistry · Endodontics, The Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry at Niigata

<sup>3</sup> Masashi Dental Clinic

○KOIDE Akira<sup>1</sup>, SHINKAI Koichi<sup>1,2</sup>, KAWASHIMA Satoki<sup>1</sup>, NAGAI Yuta<sup>2</sup>,  
CHUENJIT Pakorn<sup>2</sup>, YOSHII Daiki<sup>2</sup>, KATAOKA Masashi<sup>3</sup>

#### 【目的】

メーカーが異なる製品の組合せでコンポジットレジン修復を行う場合がある。他社メーカーのオールインワンアドヒーズで歯面処理した場合、モノマーが異なる場合があるため、コンポジットレジンの歯質接着強さの低下が危惧されるが、メーカーが異なるオールインワンアドヒーズとフロアブルレジンの組合せが象牙質接着強さに及ぼす影響について検討した研究報告はほとんどない。そこで2種類のオールインワンアドヒーズについて同社と他社メーカーのフロアブルレジンを用いた場合の象牙質接着強さを測定し、それらの測定結果を比較検討した。

#### 【材料と方法】

オールインワンアドヒーズとしてビューティボンドマルチ (松風) : BM とクリアフィルボンド SE One (クラレノリタケデンタル) : SE、フロアブルレジンとしてクリアフィルマジスティ ES フロー (クラレノリタケデンタル) : CME、エステライトフロークイック (トクヤマデンタル) : EFQ、MI フロー II (ジーシー) : MIF、およびビューティフィルフロプラス F03 (松風) : BFP を使用した。耐水研磨紙 #120~#600 を用い、ヒト抜去小白歯の咬合面を研削して平坦な象牙質接着面を形成し、根尖側 1/3 を除去して接着用歯片とした。即時重合レジンを用い、リング状固定台の底面と象牙質平坦面が平行になるように調整しながら、接着用歯片をリング状固定台に固定した。象牙質面に直径 2 mm の円形開窓部を有する両面テープを貼付した後、その上にアクリルチューブ (内径 3 mm、高さ 3 mm) を固定して模擬窩洞を作製した。メーカー指示に従って象牙質面の接着処理を行った後、各フロアブルレジンチューブ内に約 1mm ずつ積層充填し各々 40 秒間光重合を行った。試料を恒温恒湿装置中に 24 時間保管した後、小型卓上試験機 EZ Test 500N (Shimadzu) を用いてクロスヘッドスピード 1.0mm/min で剪断接着強さ試験を行った。得られたデータは二元配置分散分析 (因子 A : アドヒーズ、因子 B : フロアブルレジン) を用いて統計学的有意差を検定した。接着破壊様式は実体顕微鏡を用いて判定した。また、接着破壊様式の判定結果から各破壊様式の代表的な試料を選択し、それらの接着破壊面の微細形態について走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて観察した。

#### 【結果と考察】

実験結果を右表に示す。

	CME	EFQ	MIF	BFP
BM	24.4 (3.0)	29.8 (2.3)	26.8 (2.0)	28.2 (2.7)
SE	22.6 (5.9)	22.6 (3.6)	20.1 (3.7)	22.6 (3.6)

Mean (SD), Unit : MPa

二元配置分散分析の結果、アドヒーズ間に有意差が認められ ( $p=0.0001$ )、フロアブルレジン間にも有意差が認められた ( $p=0.047$ ) が、因子間の交互作用効果は認められなかった。各因子において多重比較 (Tukey post hoc test) を行ったところ、アドヒーズでは、BM が SE に比べて接着強さが有意に高い結果 ( $p=0.0001$ ) が示されたが、フロアブルレジンでは、いずれの製品間にも有意差は検出されなかった ( $p>0.05$ )。したがって、今回使用した2種類のオールインワンアドヒーズは、いずれも他社メーカーのフロアブルレジンに対し、同社のものと同程度の象牙質接着強さを示すことが判明した。(なお本研究は、本学新潟生命歯学部倫理審査委員会の承認を得て実施した。許可番号 : ECNG-H-257)

補修復での異種界面における接着評価

岩手医科大学・歯学部・歯科保存学講座・う蝕治療学分野

○菅 徹也, 岡田伸男, 志賀華絵, 八木亮輔, 伊藤誠之, 櫻井秀人, 昆 静香, 石川寛夫, 野田 守

Adhesion of the hetero-interface in resin composite repair restoration

Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry,

School of Dentistry, Iwate Medical University

○Kan Tetsuya, Okada Nobuo, Shiga Hanae, Yagi Ryosuke, Ito Masayuki, Sakurai Hideto, Kon sizuka

Isikawa Hiroo, Noda Mamoru

【目的】近年、審美的要求によりコンポジットレジンやセラミック修復が増加している。一方で、修復後に歯質や修復物の破折、褐線などを生じることがあり、修復範囲に応じて補修復が選択される。当講座では、ユニバーサルタイプ接着システムによるコンポジットレジン、セラミックへの接着強さと接着耐久性を、第144回本学会で発表した。しかしながら、歯質やレジンなど複数の被着面を含む補修復での接着強さや耐久性について不明な点も多い。

本研究では、象牙質と充填済みのコンポジットレジンを含む補修復洞における各界面での接着耐久性を色素浸透試験により検討評価した。

【材料と方法】ウシ下顎中切歯唇面を#180 耐水研磨紙で研磨し、象牙質面を露出させた。歯冠中央付近に円柱規格窩洞( $\phi=7\text{mm}$ ,  $d=3\text{mm}$ )を形成し、G-Premio BOND (GC, 以下GPB), Bond Force Pen (Tokuyama Dental, 以下BF), または Clearfil Mega BOND (Kuraray Noritake Dental, 以下MB)で業者指示にて、接着操作を行い、MI Low Flow(GC, Shade C3, 以下MLF)を充填した。修復唇面を研磨(#600)し、37°C, 相対湿度 100%湿潤下に 24 時間静置後、5・55°Cサーマルサイクル負荷試験を 5,000 回(TMT5k)実施した。その後、歯頸側辺縁上に、補修円柱規格窩洞( $\phi=4\text{mm}$ ,  $d=2\text{mm}$ )を形成し、同種材料で接着操作後、MLF で補修復を行った。再び 37°C, 相対湿度 100%湿潤下に 24 時間静置後、TMT5k を実施した。0.2%塩基性フクシン溶液に 24 時間浸漬し、唇舌側方向に 2 分割した。切断面を実体顕微鏡 ( $\times 60$ ) で観察し、象牙質-補修レジン間及び 1 次充填レジン-補修レジン間について、窩洞辺縁からの色素浸透距離(L)をスコア化 (窩洞深さを CD として, 0:  $L=0$ , 1:  $0<L\leq 1/2\text{CD}$ , 2:  $1/2\text{CD}<L\leq \text{CD}$ , 3:  $\text{CD}<L$ )し評価した。同様の手順で、TMT5k を行わない試料を作製し対照群とした。得られたデータを統計学的に検討 (Mann-Whitney U-test,  $n=16$ ,  $p<0.05$ ) した。

【結果】結果を表に示す。補修復洞では、TMT5k の有無に関わらず、象牙質-レジン間全群で色素浸透を認めたが、1 次充填レジン-補修充填レジン間で浸透を認めなかった。対照群では、スコア 2 以下であったが、負荷試験後はスコア増加傾向となり、半数近くがスコア 3 を示した。GPB と MB では TMT5k の有無で統計学的に有意差を認めた。

material	GPB				BF				MG			
	T-RR		RR-PR		T-RR		RR-PR		T-RR		RR-PR	
TMT	0	5k	0	5k	0	5k	0	5k	0	5k	0	5k
Score 0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Score 1	12	2	0	0	6	6	0	0	12	4	0	0
Score 2	2	7	0	0	10	4	0	0	0	0	0	0
Score 3	0	7	0	0	0	6	0	0	0	12	0	0

T-RR : tooth-repair resin

RR-PR : repair resin-primary resin

【考察】CR の補修復ではシランカップリング剤を使用することもあるが、本研究ではボンディング材のみで補修を行い、1 次レジンと補修レジン界面では負荷試験の有無に関わらず良好な接着を認めた。これは機械的嵌合力に加え未重合反応基との化学的結合の関与が示唆された。一方、象牙質とレジン界面では、接着耐久性向上や補修材料選択による応力緩和も考慮する必要があると思われた。

【結論】コンポジットレジン修復の補修復において、安定した長期予後には歯質とレジン間の接着が重要であると考えられた。

## 新規ユニバーサル接着システム(K5D-01)の基本的接着性について

<sup>1</sup> 日本大学歯学部保存学教室修復学講座, <sup>2</sup> 総合歯学研究所生体工学研究部門, <sup>3</sup> 福本歯科医院  
○坪田圭司<sup>1,2</sup>, 白土康司<sup>1</sup>, 大内 元<sup>1</sup>, 石井 亮<sup>1</sup>, 高見澤俊樹<sup>1,2</sup>, 陸田明智<sup>1,2</sup>, 宮崎真至<sup>1,2</sup>, 福本敬一<sup>3</sup>

### Bonding performance of Experimental Universal Adhesive System (K5D-01)

<sup>1</sup>Department of Operative Dentistry, <sup>2</sup>Division of Biomaterials Science, Dental Research Center,  
Nihon University School of Dentistry, <sup>3</sup>Fukamoto Dental Clinic  
○TSUBOTA Keishi<sup>1,2</sup>, SHIRATSUCHI Koji, OUCHI Hajime<sup>1</sup>, ISHII Ryo<sup>1</sup>, RIKUTA Akitomo<sup>1,2</sup>,  
TAKAMIZAWA Toshiki<sup>1,2</sup>, MIYAZAKI Masashi<sup>1,2</sup>, FUKUMOTO Keiichi<sup>3</sup>

#### 【研究目的】

コンポジットレジンに用いられる接着システムは、ユニバーサル性を有するとともにチェアタイムの短縮をはかることが製品開発の目標の方向性となっている。今般、トクヤマデンタルから新規に開発されたユニバーサル接着システムは、2ボトルの化学重合型1ステップ接着システムであり、塗布後の放置時間を必要としないことを特徴としているアドヒーズである。そこで演者らはその基本的接着性能を評価するために剪断接着試験、接着試験後の破断面の観察および電子顕微鏡観察を行った。

#### 【材料及び方法】

供試した接着システムはK5D-01 (K5: トクヤマデンタル), オールボンドユニバーサル (AB: ビスコ) アドヒーズユニバーサル (AD: イボクラールビバデント), G プレミオボンド (GP: ジーシー) およびスコッチボンドユニバーサル (SU: 3M ESPE) の5製品であり、いずれもユニバーサルタイプの1ステップ接着システムである。コンポジットレジンとしてはクリアフィル AP-X (クラレ ノリタケ デンタル) を使用した。

接着試験は ISO 29022:2013 に準じて行った。すなわち、接着試験片の作製には際しては、被着体としてウシ歯のエナメルおよび象牙質を用い、切断した歯冠部を常温重合型レジンに包埋した後、エナメル質および象牙質表面を SiC ペーパー#600 まで研磨した。リン酸によるエッチングが接着強さに及ぼす影響を検討するためにリン酸エッチングを行うもの (ET 群) とこれを行わないもの (NE 群) の2条件を設定した。製造者指示条件に従って表面処理を行った後、モールド (ウルトラデント) をクランプで固定して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。次いで、これらの試片は37°Cの精製水中に24時間保管後に、万能試験機を用いてクロスヘッドスピード1.0 mm/minの条件でその剪断接着強さを求めた。なお、各条件における試片の数は10個とし、得られた平均値および標準偏差から、有意水準0.05の条件で統計学検定を行った。接着試験後の破断面の観察も併せて行った。

また、各条件におけるエナメル質および象牙質の処理面と、それぞれに対する接合界面に関しては、通法に従ってSEM観察を行った。

#### 【成績および考察】

供試した接着システムのエナメル質におけるET群の接着強さは31.4~42.3 MPaであり、K5で最も高い値を示した。また、NE群の接着強さは24.0~29.0 MPaであり、K5は25.0 MPaであった。システムによって接着強さの違いがあるものの、いずれのシステムにおいてもET群で接着強さは有意に高くなる傾向を示し、リン酸処理による機械的嵌合効力の向上が認められた。一方、象牙質に対する接着強さは、ET群で27.0~44.8 MPa、NE群で20.9~33.0 MPaであり、K5の接着強さは28.3および27.6 MPaであった。エッチングの影響はシステムによって異なる傾向を示し、AB、ADおよびSUにおいてはET群で接着強さは高くなる傾向を示したものの、K5およびGPでは接着強さの違いは認められず、接着システムに使用される溶媒や酸性機能性モノマーの違いなどが影響したものと考えられた。

K5の電子顕微鏡観察では、エナメル質および象牙質ともにギャップ形成は認められず、良好な接合状態が観察された。また、象牙質のET群では約3 μmの移行層が観察された。

#### 【結論】

本実験の結果から、新規化学重合型接着システムK5D-01は、エナメル質および象牙質に対して良好な接着性を示した。

## 新規ワンボトルワンステップアドヒーシブシステムの接着性能について

大阪歯科大学 歯科保存学講座  
○恩田 康平、森川 裕仁、岩田 有弘、大前 正範、  
河村 昌哲、吉川 一志、山本 一世

**Study of newly one-bottle one-step adhesive system.**  
Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University  
○Kohei Onda, Yuto Morikawa, Naohiro Iwata, Masanori Oomae,  
Masaaki Kawamura, Kazushi Yoshikawa, Kazuyo Yamamoto.

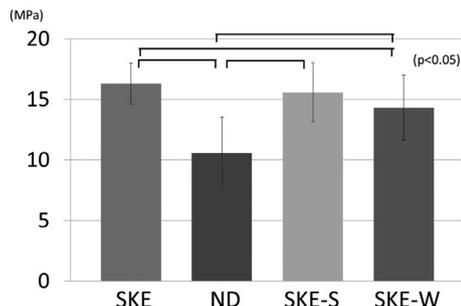
### 【緒言】

接着歯学の研究や商品開発がすさまじい速さで進む中、クラレノリタケデンタル社から、以前より高い評価を得ているクリアフィル®トライエスポンドNDクイック (以下ND) の後継となる新しいワンボトルワンステップのセルフアドヒーシブ SKE-100 (以下、SKE) が試作された。SKE は親水性アミド系モノマーを配合することで、ND で使われたメタクリル酸系のモノマーよりスピーディーに歯質に馴染み、官能基が複数あることで架橋性であるため、より強固なボンド層の形成が期待される。今回、エアブローの強度と、その接着性能について検討を行ったので報告する。

### 【材料と方法】

抜去後冷凍保存したヒト大白歯を解凍後、エポキシ樹脂に包埋し、咬合面より象牙質平坦面を出し、耐水研磨紙#600 まで研磨し、超音波洗浄を 10 分行ったものを被着面とした。被着面に 3.0mm の穴をあけたマスキングテープを張り接着面積を規定し治具を装着し試料とした。被着面を SKE、ND でそれぞれ塗布後すぐに液面が動かなくなるまでマイルドブロー処理したものをそれぞれ SKE 群、ND 群とし、SKE 塗布後、強エアで乾燥させたものを SKE-S 群、同じく SKE 塗布後弱ブローで乾燥させたものを SKE-W 群とし、光照射を行った。クリアフィル®AP-X を充填し、40 秒光照射を行った。照射後、37℃で 24 時間水中浸漬し、万能試験機 (MI-20, インテスコ) を用いて CHS0.3mm/min で引張接着強さを測定した。その後、破断面をレーザーマイクロスコープ (VK-X100, KEYENCE) にて観察した。得られた結果は、一元配置分散分析および Tukey の検定を用いて統計学的に検討を行った ( $P < 0.05$ )。なお、本実験は大阪歯科大学医の倫理委員会 (大歯医倫 060343 号) の承認を得て行った。

### 【結果および考察】



	Interfacial failure	Cohesion failure of bond	Mixture failure
SKE	2	3	3
ND	6	0	2
SKE-S	3	1	4
SKE-W	2	4	2

結果を上グラフに示す。SKEを用いた群はエアブローの強さに関わらずNDに比べ高い接着値を示した。SKEはSKE-Sと同等な接着値であったが、SKE-Sでは標準偏差が大きく、接着値に誤差が多少多く出た。新規親水性アミド系モノマーが溶媒の残っていても素早く歯質に馴染み、一気にエアブローをかけてしまっても、マイルドブローでゆっくり溶媒を蒸発させて接着性モノマーを浸透させたものと比べ遜色ない結果が得られると考えられることから、テクニカルセンシビリティの低い材料だと考えられる。また、マイルドなエアブローを行うことでより確実な結果を得ることができる可能性が示唆された。SKE-WはSKEに比べ有意に低い接着値を示したが、ボンド層の破壊が多く認められたことから、溶媒が十分に蒸発されていないか、ボンド層が過度に厚くなってしまった可能性があり、エアブローの重要性が示唆された。

### 【結論】

新規ワンボトルワンステップセルフアドヒーシブ SKE-100 は従来のアドヒーシブより強固に接着し、テクニカルセンシビリティの低い材料であることが示唆された。

## リン酸エッチングの有無がユニバーサルアドヒーズの 象牙質接着耐久性に与える影響

<sup>1</sup>岡山大学病院新医療研究開発センター, <sup>2</sup>岡山大学歯学部先端領域研究センター,  
<sup>3</sup>北海道大学歯学研究科生体材料工学教室  
○<sup>1</sup>吉原久美子, <sup>2</sup>長岡紀幸, <sup>3</sup>吉田靖弘

### Long-term bonding durability of universal adhesive with and without prior acid etching

<sup>1</sup>Center for Innovative Clinical Medicine, Okayama University Hospital, <sup>2</sup>Advanced Research Center for Oral and Craniofacial Sciences, Okayama University, <sup>3</sup>Department of Biomaterials and Bioengineering, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University  
○Kumiko YOSHIHARA<sup>1</sup>, Noriyuki NAGAOKA<sup>2</sup>, Yasuhiro YOSHIDA<sup>3</sup>

#### 【研究目的】

リン酸エッチングを行うトータルエッチモードでもリン酸エッチングを行わないセルフエッチモードでもどちらでも使用可能とするユニバーサルタイプアドヒーズが各メーカーから発売されている。これまでの多くの研究では、初期の接着強さは、トータルエッチモードでもセルフエッチモードでも大きく変わらないとの報告がなされている。しかしながら、長期の耐久性に関してはほとんど評価されていない。そこで、本研究では、リン酸エッチングの有無がユニバーサルタイプアドヒーズの象牙質接着耐久性に与える影響について検討した。

#### 【材料および方法】

ユニバーサルアドヒーズは、10-MDP が機能性モノマーとして使われている Clearfil Universal Bond(クラレノリタケデンタル)を用いた。

接着試験用サンプルとしてヒト抜去大白歯 20 本を用い、それぞれ被着象牙質を #600 で研磨後、トータルエッチモードサンプル用として抜去歯 10 本は、K-etchant gel (クラレノリタケデンタル) で 10 秒間エッチングを行った。その後トータルエッチモードサンプル、セルフエッチモードサンプルいずれも、Clearfil Universal Bond 塗布、10 秒後エアブローし、その後 10 秒間光照射を行った。さらにクリアフィル AP-X (クラレノリタケデンタル) を築盛し、光照射後 37°C 水中保管した。24 時間後、1 x 1mm の微小引っ張り強さ試験サンプルを作製し、そのうち半分は直後に、残りの半分はサーマルサイクル 100,000 回負荷をかけた後、微小引っ張り強さ試験を行った。接着試験を行ったサンプルの破断面を走査電子顕微鏡 (SEM) で観察した。

また各モードで抜去歯 2 本ずつを用い透過電子顕微鏡 (TEM) での接着界面観察用試料も同様に被着面処理を行った。その後、コンポジットレジンとして Clearfil Protect Liner (クラレノリタケデンタル) を築盛し、光照射後 37°C 水中保管した。24 時間後、幅約 1 mm の短冊状に切り、半分はレジンに包埋し、残りの半分はサーマルサイクル 100,000 回負荷の後レジン包埋し、マイクロトームで薄切後、TEM で観察した。

さらに、ヒト抜去大白歯から象牙質面を露出し、リン酸処理したものと、行わないものに Clearfil Universal Bond 塗布し、10 秒後エアブローし、X 線回折で分析を行った。

#### 【結果】

微小引っ張り強さは、サンプル作製直後は、トータルエッチモードでもセルフエッチモードでも有意差がなかったが、サーマルサイクル 100,000 回負荷後はトータルエッチモードで優位に接着強さが低下した。

セルフエッチモードでは、10-MDP の層状構造がはっきりと認められ、サーマルサイクル負荷 100,000 回後も層状構造が認められた。トータルエッチモードでは、破断面の観察で、象牙質のコラーゲンがむき出しになっているのがはっきりと認められ、特にサーマルサイクル負荷後のサンプルでは、コラーゲン部分で破壊が起きているのが顕著に認められた。

#### 【考察および結論】

初期の接着強さは、トータルエッチモードでもセルフエッチモードでも大きく変わらなかったが、サーマルサイクル負荷後は、トータルエッチモードで優位に劣化が認められた。その劣化は、破断面の観察から認められる、むき出しになっているコラーゲンの劣化が大きく影響を及ぼしていると考えられる。長期的な安定を考えると、セルフエッチモードのほうがよいと考えられる。(岡山大学生命倫理審査委員会の承認 (承認番号: 研 1606-020) を受けて行った。)

## サンドブラスト処理条件の違いが新規ユニバーサル接着システム(K5D-01)の補修修復に及ぼす影響

<sup>1</sup> 日本大学歯学部保存学教室修復学講座, <sup>2</sup> 総合歯学研究所生体工学研究部門, 花園歯科医院  
○大内 元<sup>1</sup>, 白土康司<sup>1</sup>, 坪田圭司<sup>1, 2</sup>, 陸田明智<sup>1, 2</sup>, 升谷滋行<sup>1, 2</sup>, 宮崎真至<sup>1, 2</sup>, 山形哲則<sup>3</sup>

### Influence of different sandblasting methods on repair bond strength of self-cured universal adhesives

<sup>1</sup>Department of Operative Dentistry, <sup>2</sup>Division of a Biomaterials Science, Dental Research Center,  
Nihon University School of Dentistry, <sup>3</sup>Hanazono Dental Clinic  
○OUCHI Hajime<sup>1</sup>, SHIRATSUCHI KOJI<sup>1</sup>, TSUBOTA Keishi<sup>1, 2</sup>, RIKUTA Akitomo<sup>1, 2</sup>, MASUTANI Shigeyuki<sup>1, 2</sup>,  
MIYAZAKI Masashi<sup>1, 2</sup>, YAMAGATA Tetsunori<sup>3</sup>,

#### 【目的】

近年、歯質のみならず歯科用合金およびセラミックスに対する接着性を有するユニバーサル接着システムが開発、臨床応用されている。また、MI の概念の普及から、健全歯質を可及的に保存するために、修復物をすべて除去することなく欠損となる部のみを除去し、光重合型コンポジットレジンで修復を行う補修修復の頻度が増加している。そこで、トクヤマデンタルからアドヒーズ塗布後の放置時間および光線照射を不要とした新規化学重合型ユニバーサル系接着システムが開発された。今回演者らは、本接着システムの基本的接着性能を評価するために、サンドブラスト条件の違いが新規化学重合型ユニバーサル系接着システムの補修修復に及ぼす影響について、剪断接着試験および SEM 観察を行うことによって検討を加えた。

#### 【材料および方法】

供試した接着システムは、新規化学重合型ユニバーサル系接着システムである K5D-01 (K5D, トクヤマデンタル) であり、比較として Scotchbond Universal Adhesive (SBU, 3M ESPE), Adhese Universal (ADH, ivoclar vivadent) および ALL-Bond Universal (ALB, Bisco) を用いた。コンポジットレジンとしては Clearfil AP-X (クラレノリタケデンタル) を使用した。接着試験用試片の製作には、被着体に歯科用合金として 12% 金銀パラジウム合金のキャストウエル M.C. (ジーシー), プレシヤスメタルのスーパークリスタル KP-5 (ヤマキン) を、セラミックスとしてはジルコニアおよび酸化アルミナ(日本ファインセラミックス), ニケイ酸リチウムガラスセラミックスである IPS e.max プレス (ivoclar vivadent), および CAD/CAM 用ブロックとしてレジンナノセラミックのエステライトブロック (トクヤマデンタル) および長石系セラミックスの CEREC Blocs (Sirona) を用いた。これらを常温重合型レジンに包埋し、表面を SiC ペーパー#600 まで研磨した。さらに表面に対してハイアルミナ (松風) あるいはコジェットサンド (3M ESPE) を用いてサンドブラスト処理 5 秒間行った。各被着面に対し製造者指示条件に従ってアドヒーズを塗布後、ウルトラデントジグを固定しレジンペーストを填塞, 30 秒間光線照射を行ったものを剪断接着試験用試片とした。これら試片を 37°C 精製水中に 24 時間保管後, 万能試験機 (Type 5500R, Instron) を用いて, C.H.S=1.0 mm/min の条件でその剪断接着強さを測定した。なお, 試片の数は 10 個とし, それぞれの平均値および標準偏差を求め, 各条件間の有意差検定を有意水準 0.05 の条件で統計学的検定を行った。なお, 各条件における処理面に関しては, 通法に従って SEM 観察を行った。

#### 【結果および考察】

24 時間後の K5D の各被着体における剪断接着強さは, アルミナサンドブラスト条件においては K5D で 25.9~46.9 MPa およびコジェットサンドブラスト条件では 36.3~47.5 MPa であり, サンドブラスト条件の違いによって異なる傾向を示した。これは, サンドブラスト処理に用いた粒子の化学的な影響および各被着体の有する形態学的な性状が異なったことによって, その剪断接着強さが影響を受けたことを示すものと考えられた。K5D は, 供試したいずれの被着体に対しても, コジェットサンドブラスト条件では 30 MPa 以上の安定した接着強さを示すとともに, いずれのサンドブラスト条件においても金属に対する接着強さは他の接着システムに比較して有意に高い傾向を示した。また, SBU および ADH のニケイ酸リチウムに対する接着性が有意に低い傾向を示した。

#### 【結論】

本実験の結果から, 新規化学重合型ユニバーサル接着システムはいずれの被着体に対しても安定した接着性があることから, 補修修復に有用性があることが示唆された。

## 新規ユニバーサル1液型ボンディング材 (SKB-100) の 処理時間が歯質接着性に及ぼす影響

クラレノリタケデンタル株式会社  
○野尻 大和、藤村 優介、畑中 憲司

Effect of Application Time on Bonding Performance of Newly Developed One-Step Universal Adhesive  
Kuraray Noritake Dental Inc.  
○NOJIRI Yamato, FUJIMURA Yusuke, HATANAKA Kenji

### 【研究目的】

近年の歯質修復治療において、操作の簡便性から1液型ボンディング材が臨床に広く受け入れられている。今回、クラレノリタケデンタル (以下KND) は、多様な被着面に接着し、接着処理時間の短縮および象牙質接着性能の更なる向上を目的とした、ユニバーサル(多用途)1液型ボンディング材 (開発コード: SKB-100) を新たに開発した。1液型ボンディング材の設計においては、歯質への浸透性を確保するために親水性モノマーを配合しているが、SKB-100では親水性モノマーとしてHEMAよりも親水性が高い新規多官能親水性アミド系モノマーを、短時間処理における歯質浸透性確保、重合後の強固な樹脂含浸層形成のため導入している。今回、せん断接着試験により、SKB-100の処理時間が歯質接着性に及ぼす影響を検討した。

### 【材料および方法】

- 1) 材料:本研究に使用した1液型ボンディング材は、SKB-100 (KND)、クリアフィル ボンド SE ONE (以下 SEO、KND)、クリアフィル トライエスボンド ND クイック (以下 NDQ、KND) とした。また、コンポジットレジンとしてクリアフィル AP-X (シェード A3、KND) を使用した。
- 2) せん断接着試験:被着体としてウシ下顎前歯を用い、常温重合型レジンに包埋後、象牙質を露出し、表面を#600の耐水研磨紙で研磨した。被着面に1液型ボンディング材を塗布し、SKB-100は所定時間(0秒、3秒、5秒、10秒)、SEOは10秒、NDQは3秒放置し、エアブローで乾燥、ペンキュア2000(モリタ)で10秒間光照射した(SKB-100の0秒放置は、2人1組でボンド塗布、即エアブローすることで実施)。続いて内径2.38mm、高さ2mmのモールド(ULTRADENT)を被着面に固定、AP-Xをモールド内に充填後、ペンキュア2000で20秒間光照射を行った。その後、試験片からモールドを取り外し、37°C水中に24時間保管後、オートグラフAG-I(島津製作所)を用いて、クロスヘッドスピード1mm/minにて接着強さを測定した(n=10)。測定結果は、one-way ANOVA 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】

各処理時間における象牙質接着強さをFig.1に示す。新規多官能親水性アミド系モノマーを配合したSKB-100は、0秒、3秒、5秒、10秒と何れの処理時間においても歯質接着性に有意差は認められず、さらに10秒放置であるSEO、短時間処理であるNDQよりも有意に高い接着性を示した。これは、新規多官能親水性アミド系モノマーがHEMAよりも優れた親水性を有することから、短時間処理においても歯質へのモノマー浸透性が良好であり、また単官能であるHEMAよりも重合硬化性が高く、強固な樹脂含浸層を形成したため、高い接着性を発現したものと考えられる。

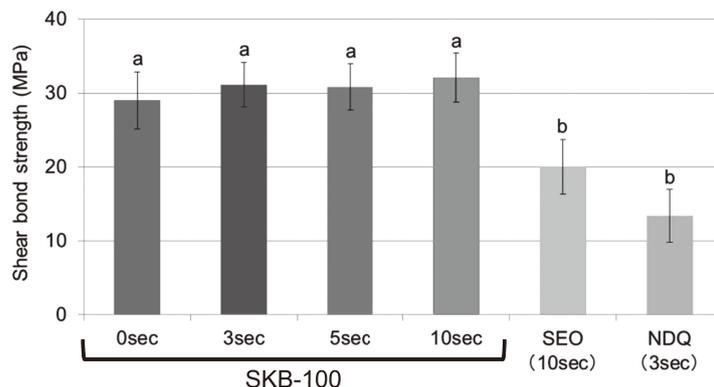


Fig.1 Shear bond strength to bovine dentin  
Same letters indicate no significant difference (p>0.05)

### 【結論】

新規多官能親水性アミド系モノマーを配合したSKB-100は、短時間処理時においても優れた歯質接着性を有することが確認された。

## 新規ユニバーサル接着システム (SKB-100) の塗布時間が歯質接着性に及ぼす影響

<sup>1</sup> 日本大学歯学部保存学教室修復学講座, <sup>2</sup> 総合歯学研究所生体工学研究部門  
○田村ゆきえ<sup>1</sup>, 大内 元<sup>1</sup>, 白土康司<sup>1</sup>, 坪田圭司<sup>1,2</sup>, 土屋賢司<sup>1</sup>, 鈴木総史<sup>1</sup>, 宮崎真至<sup>1,2</sup>

### Effect of adhesive dwell time on bond strength of experimental universal adhesive (SKB-100)

Department of Operative Dentistry, <sup>2</sup>Division of Biomaterials Science, Dental Research Center,  
Nihon University School of Dentistry

○TAMURA Yukie<sup>1</sup>, OUCHI Hajime<sup>1</sup>, SHIRATSUCHI Koji<sup>1</sup>, TSUBOTA Keishi<sup>1,2</sup>, TSUCHIYA Kenji<sup>1</sup>, SUZUKI Satoshi<sup>1</sup>,  
MIYAZAKI Masashi<sup>1,2</sup>

#### 【研究目的】

最近のコンポジットレジンに用いられる接着システムは、ユニバーサル性を有するとともにチェアタイムの短縮をはかることが製品開発の目標の方向性となっている。今般、新規に開発されたユニバーサル接着システム (SKB-100) は、1 ボトルの 1 ステップユニバーサル接着システムであり、塗布後の放置時間を必要としないことを特徴としている。したがって、歯面処理操作に関与するテクニックセンシティブ因子が減少することから、臨床での有用性が期待されるアドヒーシブである。そこで演者らは、その基本的接着性能を評価するために剪断接着試験、接着試験後の破断面の観察および電子顕微鏡観察を行った。

#### 【材料及び方法】

供試した接着システムは SKB-100 (SK: クラレノリタケデンタル) であり、比較対象として同一製造者のクリアフィル ボンド SE One (SE) と、アドヒーシブ塗布時間を必要としないクリアフィル トライエスポンド ND クイック (TQ) およびユニバーサル接着システムの G-プレミオボンド (GP: ジーシー) の合計 4 製品を用いた。コンポジットレジンとしては、クリアフィル AP-X (クラレノリタケデンタル) を使用した。

接着試験は ISO 29022:2013 に準じて行った。すなわち、接着試験片の作製には際しては、被着体としてウシ歯のエナメルおよび象牙質を用い、切断した歯冠部を常温重合型レジンに包埋した後、エナメル質および象牙質表面を SiC ペーパー #600 まで研磨した。アドヒーシブの塗布時間が接着強さに及ぼす影響を検討するために、アドヒーシブの塗布時間を 0, 5 および 10 秒の 3 条件を規定した。規定の塗布時間経過後、製造者指示条件に従ってエアブローおよび光照射した後、モールド (ウルトラデント) をクランプで固定して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。次いで、これらの試片は 37°C の精製水中に 24 時間保管後に、万能試験機を用いてクロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件でその剪断接着強さを求めた。なお、各条件における試片の数は 10 個とし、得られた平均値および標準偏差から、有意水準 0.05 の条件で統計学検定を行った。接着試験後の破断面の観察も併せて行った。

また、各条件におけるエナメル質および象牙質の処理面に関しては、通法に従って SEM 観察を行った。

#### 【成績および考察】

供試した接着システムのエナメル質における 0 秒群の接着強さは 18.3~26.9 MPa であり、10 秒群で 23.1~27.4 MPa であり、いずれの条件においても SK で最も高い値を示した。また、象牙質に対する接着強さは、0 秒群で 17.7~31.3 MPa, 10 秒群で 23.2~33.8 MPa であり、SK で最も高い値を示した。アドヒーシブ塗布時間の影響では、SE でエナメル質および象牙質において 0 秒群で接着強さはやや低くなる傾向を認めたものの、他のシステムにおいてはいずれの条件においても有意差は認められなかった。いずれのシステムにおいても接着性モノマーとして MDP が使用されており、比較的短時間で化学的な接着が獲得されていることから、塗布時間の影響を受けなかった可能性が考えられた。SK の処理面の電子顕微鏡観察では、エナメル質においてはアドヒーシブ処理直の延長に伴って、エッチングパターンはいずれの条件においても不明瞭ではあるものの、処理時間の延長に伴って、脱灰が進行している像として観察された。

#### 【結論】

本実験の結果から、新規接着システム SKB-100 は、アドヒーシブ塗布時間の影響が少なく、エナメル質および象牙質に対して良好な接着性を示したことから、臨床での有用性が期待される接着システムであることが示唆された。

## グラスファイバー配合強化型レジンを用いた間接法支台築造法の開発

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)

○須崎 尚子<sup>1</sup>, 新野 侑子<sup>1</sup>, 廣瀬 奈々子<sup>1</sup>, 山口 哲<sup>2</sup>, 今里 聡<sup>2</sup>, 林 美加子<sup>1</sup>

### Development of the indirect post-core restoration using a glass fiber reinforced resin.

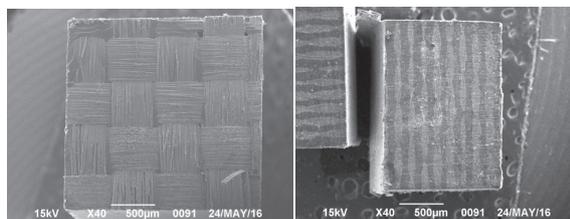
1. Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry

2. Department of Dental Materials Sciences, Osaka University Graduate School of Dentistry

○Naoko SUZAKI<sup>1</sup>, Yuko SHINNO<sup>1</sup>, Nanako HIROSE<sup>1</sup>, Satoshi YAMAGUCHI<sup>2</sup>,  
Satoshi IMAZATO<sup>2</sup>, and Mikako HAYASHI<sup>1</sup>

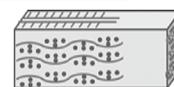
【研究目的】破壊抵抗性の高い失活歯の接着性レジン支台築造を実現するために、本研究では、メッシュタイプのグラスファイバー強化型レジン材料を用いてポストコア一体型の間接法支台築造法の開発を目的としている。グラスファイバー強化型レジン材料として、下図のようなファイバーメッシュが層状に配置された材料を用いて、ファイバーの走行方向が異なる試料を加工し、曲げ強さおよびレジンセメントを介した象牙質への接着強さを評価した。

【材料および方法】グラスファイバー配合強化型レジンディスク (TRINIA、松風) を用いて2×2×25mmの直方体試料を作製した。ファイバー走行方向を右下図の3種類に規定したものを試験群とし、オートグラフ (AG-IS 20kN、島津) を用いて三点曲げ試験を

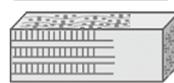


実施した (n=7)。比較対照群として、従来の支台築造

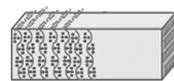
用コンポジットレジンとして用いられているビューティコアフローペースト (松風) を使用した。試験条件は、クロスヘッドスピード0.75mm/minにて試料が破断するまで荷重を加え、降伏点および破断点における荷重を測定した。



longitudinal



longitudinal rotated



anti-longitudinal

次に、う蝕および破折のないヒト第三大臼歯 2 歯より低速精密切断機

(ISOMET、BUEHLER) と回転研磨機 (ECOMET III、BUEHLER) を用いて歯冠

象牙質を露出させ、レジセムプライマー (松風) にて歯面処理した。ファイバーの走行方向を2種類に規定したグラスファイバー配合強化型レジンディスク (TRINIA、松風) をセラレジンボンド (松風) にて処理した後、接着性レジンセメント (レジセム (松風)) にて象牙質に接着させ、24 時間後に棒状試料を作製し、引張り試験器 (EZ-test、島津) を用いて微小引張り試験を行った。

得られた結果は、ANOVA および、Tukey-Kramer または t 検定にて有意水準 5% にて分析した。

### 【結果および考察】

三点曲げ試験から、コントロール群として用いたビューティコアフローペーストの曲げ強さが  $95.7 \pm 12.6$  MPa であったのに対し、ファイバーのシート状の層が長軸方向と垂直の場合では  $96.1 \pm 3.3$  MPa、平行の場合  $259.4 \pm 26.7$  MPa および  $236.7 \pm 25.1$  MPa を示し、曲げ強さはファイバーの走行方向により約 2.5 倍異なっていた。このことから、コア材料として使用する際にはグラスファイバーの走行方向を正確に規定することが重要であると示唆された。

接着強さについては、ファイバーの走行方向により縦方向では  $29.5 \pm 5.6$  MPa、横方向では  $36.4 \pm 4.0$  MPa と有意差は認めないものの横方向の方が接着強さが大きい傾向を示した。

本研究の一部は科学研究費補助金 (25293387, 26462879) の補助の下に行われた。

## 紅茶液に浸漬したフロアブルとペーストタイプの コンポジットレジンの変色について(第4報)

鶴見大学歯学部保存修復学講座

○小川由佳, 堀 彩香, 田崎達也, 大森かをる, 山本雄嗣, 桃井保子

### Discoloration of flowable- and paste-type resin composites immersed in tea solution (Part 4)

Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine

○OGAWA Yuka, HORI Ayaka, TASAKI Tatsuya, OHMORI Kaoru, YAMAMOTO Takatsugu, MOMOI Yasuko

**目的:** フロアブルコンポジットレジンをペーストタイプと比較した場合に懸念される物性の1つに色調安定性がある。私たちは、第143回本学会(2015年)および第26回日本歯科審美学会(2015年)において、3社6製品について試験し、フロアブルレジンの紅茶液浸漬による色調変化は、ペーストタイプと同等かそれ以下であると報告した<sup>1,2)</sup>。今回は、新たに4社8製品について、紅茶液浸漬30日後の色調変化を報告する。

**材料および方法:** アルミ製モールド(高さ3 mm, 内径7 mm)内にTable 1に示すコンポジットレジン(シェードA3)を填塞し、1方向から20秒間光照射し(OPTILUX 501, Kerr)ディスク状試片を得た。照射側のレジン表面を同一術者が流水下で耐水研磨紙#1200を用い15秒間研

Table 1 Resin Composites tested in this study

	Composite	Code	Filler Content (wt%)	Manufacturer
Flowable	BEAUTIFIL Flow Plus	BE	—	SHOFU
	ESTELITE FLOW QUICK	EQ	71	Tokuyama Dental
	Herculite Ultra Flow	HE	74	Kerr
	Metafil Flo	ME	65	SUN MEDICAL
Paste	BEAUTIFIL NEXT	be	—	SHOFU
	ESTELITE Σ QUICK	eq	82	Tokuyama Dental
	HERCULITE XRV	he	79	Kerr
	Metafil C	me	66	SUN MEDICAL

磨した。その後、試片を紅茶液に浸漬し37°Cで保管した。紅茶液は、ティーバッグ(コープ, 2g)3袋を250 mLの熱湯で5分間抽出した後、15分間室温で放冷し作製した。測色は紅茶液浸漬前、浸漬後1, 3, 7, 30日後に分光式色差計(SE2000, 日本電色)を用いグレー背景で行った。なお試片は測色直前に超音波で15秒間洗浄した。色差( $\Delta E$ )は各試片の表面中央部のL\*a\*b\*値から算出した。結果は分散分析とTukeyの多重比較で統計処理した( $\alpha = 5\%$ ,  $n = 5$ )。多重比較は同一メーカーのフロアブルとペーストタイプの比較と、各コンポジットレジンにおける経時的変化の比較に用いた。

**結果および考察:** 各レジンの色差の結果をTable 2に示す。30日後のフロアブル、ペースト間の比較ではBEとbe, MEとmeにおいてフロアブルよりペーストタイプの色差が有意に大きかった。浸漬期間による比較では、8製品全てにおいて30日後と1, 3, 7日後の間に有意差が認められた。またフィラー含有量を比較すると、フロアブルタイプはペーストタイプよりフィラー含有量が少ないにも関わらず、色差はペースト

Table 2 Color difference ( $\Delta E$ ) of flowable- and paste-type resin composites immersed in tea solution

	1-day	3-day	7-day	30-day
BE	1.81 (0.34)	4.81 (0.69)	5.83 (0.66)	16.46 (0.38)
be	1.57 (0.27)	3.47 (0.30)	3.83 (0.36)	17.59 (0.43)
EQ	1.24 (0.60)	2.66 (1.50)	2.03 (1.39)	5.66 (1.66)
eq	1.87 (0.31)	2.21 (0.41)	2.21 (0.51)	7.26 (0.65)
HE	2.05 (0.77)	4.24 (0.58)	3.07 (1.16)	10.86 (1.03)
he	2.29 (0.60)	3.71 (0.48)	4.00 (0.80)	10.04 (1.03)
ME	1.02 (0.89)	2.33 (1.00)	1.55 (1.06)	5.91 (1.10)
me	1.90 (0.35)	3.27 (0.28)	3.25 (0.39)	8.68 (1.33)

Values connected by vertical bars are not statistically different ( $p > 0.05$ ).

タイプと差が無いもしくは小さかった。このことから変色の程度はフィラー含有量と必ずしも一致しないと考えられる。視認できる色の差は色差値3.3以上との報告があるが<sup>3)</sup>、今回行った加速変色試験の30日後の結果は全ての製品で3.3以上であり、視認できる変色であった。

**結論:** 紅茶液に30日間浸漬したフロアブルタイプのコンポジットレジンの色調変化は、ペーストタイプと同等かそれ以下であった。

**参考文献:** 1) 堀彩香ら。紅茶液に浸漬したフロアブルとペーストタイプのコンポジットレジンの変色について(第1報)。第143回日本歯科保存学会 p119, 2015. 2) 小川由佳ら。紅茶液に浸漬したフロアブルとペーストタイプのコンポジットレジンの変色について(第2報)。第26回日本歯科審美学会 p83, 2015. 3) Ruyter IE *et al.* Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater 1987; 3: 246-251.

## 歯根象牙質に対するコア材料の初期接着強さ

<sup>1)</sup>岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体材料学分野

<sup>2)</sup>岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 総合歯科学分野

<sup>3)</sup>岡山大学病院 新医療開発センター

○入江正郎<sup>1)</sup>, 松本卓也<sup>1)</sup>, 武田宏明<sup>2)</sup>, 鳥井康弘<sup>2)</sup>, 吉原久美子<sup>3)</sup>

Shear bond strength between root dentin substrate and core materials at initial stage.

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

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

○Masao Irie<sup>1)</sup>, Takuya Matsumoto<sup>1)</sup>, Hiroaki Takeda<sup>2)</sup>, Yasuhiro Torii<sup>2)</sup>, Kuniko Yoshihara<sup>3)</sup>

### 【 緒言 】

最近、ファイバーポストが保険導入され、レジン系支台築造材料に関心が高まりつつある、今回は根管象牙質へのポスト植立を想定し、歯根象牙質に対する各種コア材の接着性を検討した。すなわち、レジン修復同様、コア材による補綴処置直後の歯根象牙質との接着性は危惧する点であり、そこで硬化直後と1日後の接着強さを測定し、硬化初期の歯根象牙質への接着性を把握することを目的とした。

### 【 材料と方法 】

下記の Table に示すコア材と推奨処理材、およびポスト植立可能なレジンセメントを使用した。ヒト歯根象牙質を対象として、ISOの接着強さの測定指針 (ISO/TR 11405) に準じてせん断接着強さの測定を行った。すなわち、被着面を#600の耐水研磨紙で最終研磨後、被着面にそれぞれのメーカー指定の処理材で処理、その後、テフロンモールド (内径 3.6 mm, 深さ 2.0 mm) を固定し、モールド内にコア材を充填、20秒間の光照射により硬化させた。試料は硬化直後と1日間 37°C蒸留水中浸漬後に接着強さを測定した。

### 【 結果と考察 】

下記の Table に硬化直後と1日後の接着強さを示す。ほとんどのコア材およびレジンセメントの1日後の接着強さは、直後と比較して有意に優れた値 ( $p < 0.05$ ) を示し、またその差は約 2-6 MPa 程度で各システムにより異なることが明らかとなった。この理由として、本実験に使用したコア材およびレジンセメントはデュアルキュア型であることから、光照射後も重合が継続されていることが一因と想像された。このように歯根象牙質への接着において、硬化直後では各システムの最大限の性能が得られていないため、硬化後に築造窩洞を形成する際には、接着界面・築造体に過度な負荷を与えない工夫が必要と考えられた。また、本実験で使用した新規アミドモノマーを含有する一液性のボンディング材 SKB-100 とコア材のシステムは、その改良された硬化性により初期から良好な接着性能を示した。

本研究に関連し開示すべき COI 関係にある企業などはありません。

**Table Shear bond strength (MPa) between root dentin substrate and core materials**

Core or cement material / Pretreating agent (Manufacturer)	Mean (S.D.)		
	Immediate	After one-day	t-Test <sup>a</sup>
RelyX Ultimate / Scotchbond Universal Adhesive (3M ESPE)	16.4 (3.8)	21.2 (4.9)	S
Build-It FR / E-lize (Pentron)	15.9 (4.1)	17.8 (3.5)	NS
UniFil Core EM / UniFil Core EM Self-Etching Bond (A+B) (GC)	11.9 (3.8)	16.3 (3.5)	S
Beauti Core Flow Paste / Beauti Dual Bond E (A+B) (Shofu)	12.6 (2.4)	17.2 (4.4)	S
ESTECORE / ESTELINK BOND (A+B) (Tokuyama Dental)	12.8 (3.5)	19.0 (4.6)	S
Post Free Core / Post Free Core Bond (Sun Medical)	13.1 (2.7)	15.7 (5.1)	NS
Clearfil DC Core Automix ONE / SKB-100 (Kuraray Noritake)	17.6 (4.0)	22.7 (4.0)	S

<sup>a</sup>: Significantly different by *t*-Test between the two results. S: Significant difference ( $p < 0.05$ ), NS: Not significantly difference ( $p > 0.05$ ), N=10

## コンポジットレジン「Essentia」の光散乱特性

株式会社ジーシー  
○村田享之, 熊谷知弘

### Light scattering property of composite resin “Essentia”

GC CORPORATION, Tokyo, Japan  
○MURATA TAKAYUKI, KUMAGAI TOMOHIRO

#### 【研究目的】

コンポジットレジンによる修復治療において、優れた審美性を実現可能にするためには天然歯に近似した光散乱特性を示すコンポジットレジンの使用が望ましい。しかしながら、天然歯のエナメル質と象牙質は、その組成の違いから異なる光散乱特性を示すことが知られており、従来のコンポジットレジンでは天然歯の光学特性を再現することが困難であった。そこで弊社では、2種類の異なる光学特性を持つコンポジットレジンを積層充填することによって優れた審美性を実現することができる「Essentia」を開発した。本発表では、Essentia と天然歯の光散乱特性を比較評価したので報告する。

#### 【材料および方法】

試験には天然歯及び Essentia LE(エナメルペースト), Essentia LD(デンチンペースト)を使用した。

天然歯から厚さ 0.5 mm のエナメル質及び厚さ 1.0 mm の象牙質の試料板を切り出した。Essentia LE 及び Essentia LD をそれぞれ 0.5 mm, 1.0 mm の厚さで硬化させて試料板を作製した。全ての試料板の表面を 1000, 1500, 2400, 4000 番の耐水研磨紙で研磨し、変角光度計(GP-200 MURAKAMI COLOR RESERCH LABORATORY Corporation)を用いて $-90^{\circ}$  ~  $+90^{\circ}$  における透過光の光散乱分布を測定した。

#### 【結果および考察】

各試料板の透過光の分布図を Fig. 1 に示す。天然歯のエナメル質は透過光の散乱が見られなかったが、象牙質では広範囲への散乱が見られた。天然歯のエナメル質は90%以上がハイドロキシアパタイトで構成されており、単一組成に近いために散乱が起こらず、象牙質はハイドロキシアパタイトの他に水分や有機質を多く含んでおり、それらの屈折率の差から散乱が起こったと考えられる。一方、Essentia LE は天然歯のエナメル質と同様に散乱が見られず、Essentia LD は天然歯の象牙質と同様の散乱が見られた。光の散乱は、フィラーの粒子径やフィラー・マトリックス間の屈折率差に影響を受けるため、ガラスフィラーの粒子径が小さく単一組成に近い Essentia LE は透過光の散乱が起こらず、粒子径が大きいガラスフィラーと屈折率が異なる複数の有機無機複合フィラーが充填されている Essentia LD は透過光の広範囲への散乱が起こったと考えられる。

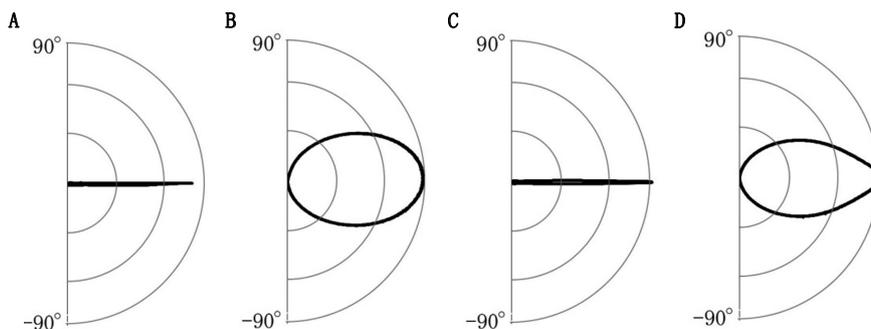


Fig.1 Distribution of transmitted light

A : Enamel of natural tooth, B : Dentin of natural tooth, C : Essentia LE, D : Essentia LD

#### 【結論】

Essentia は天然歯と近似した光散乱特性を有しており、審美的に優れた修復治療が期待できる。

## 新規フローブルコンポジットレジン「エステライトユニバーサルフロー」の特性評価

株式会社トクヤマデンタル

○森崎 宏、古橋 幸嗣、橋本 明香里、秋積 宏伸、平田 広一郎

### Characteristic Evaluation of new flowable resin Composite “ESTELIGHT UNIVERSAL FLOW”

Tokuyama Dental Corporation

○Hiroshi Morisaki, Koji Furuhashi, Akari Hashimoto, Hironobu Akizumi, Kouichiro Hirata

#### 【緒言】

近年、機械的強度の向上や幅広い流動性、またその利便性によりフローブルレジンが臨床において最も使用される材料の一つである。弊社の「エステライトフロークイック (以下 EFQ)」は無機フィラーとしてスーブラナノ球状フィラーのみを構成成分としており、高い光沢性と高い機械的強度を実現している。一方で、比表面積の大きな微細フィラーのみの構成であるため、シリンジからの押し出し感の低下およびペーストの糸引きが生じるなど操作性の改善が望まれている。そこで、EFQ が有する特徴を維持したまま操作性を大幅に改良し、歯質への色調適合性をさらに向上させた「エステライトユニバーサルフロー (以下 EUF)」を開発した。EUF は症例に合わせた 3 種類の流動性のペーストを構成としている。本研究では物性について EFQ と EUF とを比較し、その有用性を確認した。

#### 【材料および方法】

材料：EUF の Medium, Super Low, High および EFQ を使用した。

1. フロー性の測定：フローブルレジン 0.1 g をガラス板上に採取し、37°C のインキュベータに遮光条件で 2 分間保持した後のレジンの広がりを測定した。試験は 3 回行い、平均を求めた。
2. シリンジからの押し出し力の測定：付属の金属チップをシリンジに装着した条件にて、ペーストを吐出するのに要する力を、オートグラフ (島津製作所社製：AG-1) にて試験速度 3 mm/min. で測定した。試験は 5 回行い、平均を求めた。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 Turkey の HSD 検定 (危険率 5%) を用いて統計解析を行った。
3. 硬化前後の色調変化：直径 7 mm、高さ 1 mm の孔を有するポリアセタール製の型にペーストを充填してポリプロピレンフィルムで圧接し、ペースト部分の色調を色差計 (東京電色社製：TC-1800MK II、黒背景条件下) により測定した。続いて可視光線照射器にて硬化させた後の色調を色差計で測定し、その変化量  $\Delta E^*$  を算出した。試験は 3 回行い、平均を求めた。
4. 曲げ強さの測定：JIS T6514:2015 に従い測定した。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 Turkey 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 および Figure 1 に示した。EUF はフロー性の測定をした結果、3 種類の流動性に明確な差があることが確認された (Figure 1)。また、シリンジからの押し出しに必要な力は EFQ と比較して有意に低減されていることが確認された。曲げ強さは全ての材料が十分に高い値を示した。硬化前後の色調変化は  $\Delta E^* < 5$  であり、EFQ 同様に小さいことが確認された。

Table 1. Result of evaluation

	EUF Super Low	EUF Medium	EUF High	EFQ
Flow property [mm]	4.2	6.0	10.5	6.5
Discharge force [N] (SD)	20(2) <sup>a</sup>	24(4) <sup>a</sup>	17(1) <sup>b</sup>	50(1) <sup>c</sup>
Flexural strength [MPa] (SD)	161(4) <sup>A</sup>	162(6) <sup>A</sup>	155(5) <sup>A</sup>	161(6) <sup>A</sup>
Color change [ $\Delta E^*$ ]	3.1	3.7	4.8	3.6

( $p < 0.05$ )



Figure 1. Comparison of flow property

【結論】 新たに開発した EUF は EFQ の特徴を維持したままシリンジからの押し出しに必要な力が大幅に低減されている。また、3 種類のペーストで賦形からライニングまでの流動性をカバーしており、症例に合わせた使い分け等の有用性が期待される。

## 新規コンポジットレジン「アイゴス」の 圧縮強度とフッ素徐放性の評価

山本貴金属地金株式会社  
○水田 悠介, 坂本 猛, 安楽 照男

### Compressive strength and fluoride release evaluation of new composite resin “iGOS”

Yamamoto Precious Metal Co., Ltd.

○MIZUTA Yusuke, SAKAMOTO Takeshi, ANRAKU Teruo

#### 【目的】

二次う蝕の予防や歯の再石灰化を促進する方法の一つとして、歯科用充填材料などにフッ素徐放性を付与することが挙げられる。フッ素徐放性を有する歯科材料は、フッ化物イオン徐放後に材料自体が劣化しやすく、強度が低下する傾向があり、技術的課題である。例えばフッ素徐放性コンポジットレジン (CR) は徐放しない CR と比べて強度に関わる曲げ強度、耐久性、硬さなどが低下する可能性が高い。前報において、新規コンポジットレジン「アイゴス」にはセラミックス・クラスター・フィラーとフッ素徐放性フィラーを配合することで、高い曲げ強度、耐久性および半年という長期において安定したフッ素徐放性を示すことを報告した。

本検討では、アイゴスの力学的物性として圧縮強度の評価を行った。他のコンポジットレジン (CR) と比較するとともに、それらのフッ素徐放性との関係についても検討を行った。

#### 【材料および方法】

・圧縮強度の評価：各コンポジットレジンに直径 4.0 mm、高さ 6.0 mm の金型に充填し LED CURE Master にて両面 90 秒間の照射を行った。この片面に対する照射を一度に 90 秒間行くと、ゲル化に伴う内部応力の急速な増加に起因すると考えられる試験片の破損が見られた。そのため、照射は上面 30 秒と下面 30 秒を繰り返し行い、計 180 秒間行った。照射後、金型から試験片を取り出し、さらに追加で 90 秒間の照射を行い試験片全体の重合を行った。硬化後の試験片は耐水研磨紙 (P2000) にてバリを除去し、上下面を平滑にした。試験片を 37°C の水中に 1 日間保管後、小型卓上試験機 (EZ-Graph, 島津製作所社製) を用いて強度の評価を行った。

また、コンポジットレジンの耐久性評価として、5°C と 55°C の蒸留水に交互に浸漬させる工程を 5000 回繰り返し行った試験体の強度測定も行った。

・フッ素徐放性の評価：直径 12 mm、厚み 1.0 mm の金型にコンポジットレジンに充填し、光重合器にて硬化させ、硬化後の試験片表面を耐水研磨紙で整えた。作製した試験片は、流水で十分に洗浄し、15 mL の蒸留水に浸漬させ、所定時間後に試験片を取り出し、再度新たな蒸留水に浸漬させた。試験片を取り出した後の浸漬水のフッ化物イオン濃度は、イオンメーター (F-55, 堀場製作所) にて測定した。

【結果】 アイゴス ユニバーサル (Universal) およびフロー (Flow) は他のフッ素徐放性 CR と比較して高い圧縮強度を示した。また、CR から徐放されるフッ化物イオンが多いほど、圧縮強度は比較的低下する傾向がある。アイゴスでは、安定したフッ化物イオン徐放量を有しながら高い圧縮強度を有していることが示された。本講演でその他、物性を紹介しながら、力学的物性とフッ素徐放性を評価する。

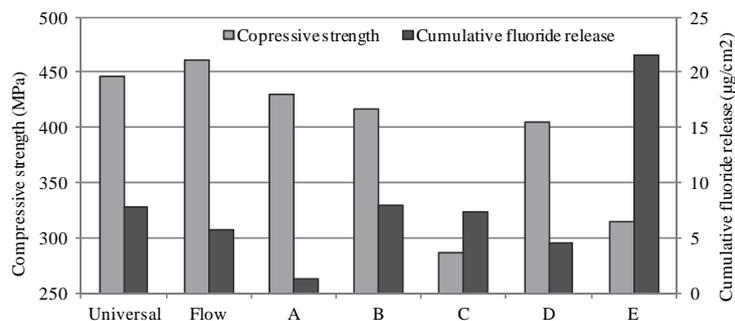


Fig. 1 Compressive strengths and cumulative fluoride release (in 180 days) of commercial composite resins

## フロアブルレジンの重合収縮と窩壁適合性 (第3報) —動的粘度測定による流動特性—

神奈川県立歯科大学大学院 歯学研究科 歯蝕制御修復学分野<sup>1</sup>, 放射線応用科学分野<sup>2</sup>, 歯学教育学講座<sup>3</sup>  
○武村 幸彦<sup>1</sup>, 川股 亮太<sup>2</sup>, 向井 義晴<sup>1</sup>, 花岡 孝治<sup>3</sup>

Polymerization shrinkage and cavity adaptation of flowable composite resin(Part 3)

1 Division of Cariology and Restorative Dentistry, 2 Division of Radiopraxis Science,

3 Department of Dental Education, Graduate School of Dentistry,

Kanagawa Dental University

○TAKEMURA Yukihiko<sup>1</sup>, KAWAMATA Ryota<sup>2</sup>, MUKAI Yoshiharu<sup>1</sup>, HANAOKA Koji<sup>3</sup>

### 【目的】

優れた操作性をもつフロアブルコンポジットレジンは、非侵襲的な修復 (MI 修復) の概念の普及に伴う窩洞の小型化および耐磨耗性や機械的性状等の材質向上に伴い、臨床での応用範囲が拡大している。しかし、高い流動性を持つフロアブルコンポジットレジンは大きな重合収縮を伴うことも知られており、重合収縮挙動を評価するうえでコンポジットレジンの流動特性を測定することは重要である。一方、レオロジーとは変形と力、そして時間に関連する現象を解釈するための科学であり、物理的な性質を知る上でレオロジーを理解することは大切なことである。

本研究の目的は、フロアブルレジンの流動特性を動的粘度測定により測定し、レオロジーの観点から評価、検討することである。

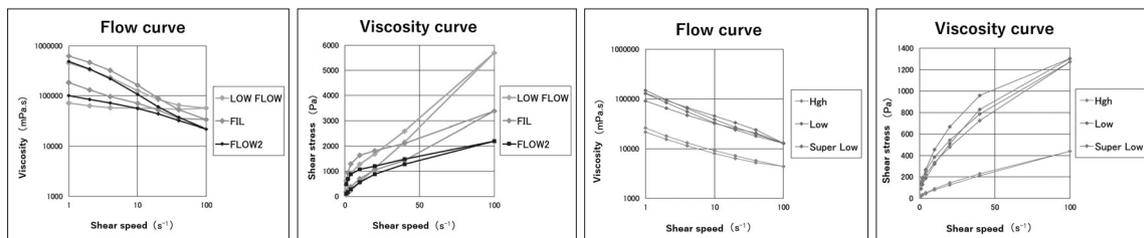
### 【材料と方法】

実験にはフロアブルレジンの MI シリーズの FLOW II, LOW FLOW, FIL (GC) とクリアフィルムジェスティ ES シリーズの Super Low, Low, High (クラレノリタケデンタル) を用いた。

分散系試料であるコンポジットレジンの測定には、コーンプレート型のブルックフィールド粘度計である TVE-35H(東機産業)を用いて動的粘度測定を行い、粘性と流動性を評価した。まず、シリンジ先端のチップをはずし、各フロアブルレジンを 0.15ml をシリンジから直接プレート上に採取した。半密閉状態で 25°C の温度にコントロールされた粘度計にセットし、3° × R7.7 コーンロータを使用し、次の回転速度条件にて測定を行った。変速プログラム条件で、低回転より高回転へ (up モード) さらに低回転へ (Down モード) の階段状速度上昇および低下測定を行う。回転速度 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20, 50rpm と多段階の固定回転数で均等にせん断速度をかけて、粘度曲線および流動曲線を得た。

### 【結果】

以下に、粘度曲線および流動曲線を示す。( Left : MI series, Right : ES series)



各種フロアブルレジンは、非ニュートン性の流動曲線を示し、ずり変形が与えられた場合レジンの粘性が減少し流動性が増すチクソトロピー性 (揺変性) を有する材料であることが示された。特に、MI シリーズのレジンは粘度曲線のヒステリシスループの面積が大きく、高ずり状態で良好な流動性を示し、かつ、ずり開放状態では流動性の低下 (附形性を有する) を示す典型的な材料であることが示唆された。

### 【結論】

フロアブルレジンは、非ニュートン性の流動曲線を示し、ずり変形が与えられた場合、レジンの粘性が減少し流動性が増す賦形性を有する典型的なチクソトロピー性を有する材料であることが示された。

## Bis-acryl 系暫間修復用レジンの耐摩耗性に関する研究

○秋葉俊介<sup>1</sup>, 矢吹千晶<sup>1</sup>, 野尻貴絵<sup>1</sup>, 遠藤 肇<sup>1</sup>, 高見澤俊樹<sup>1,2</sup>, 宮崎真至<sup>1,2</sup>, 天野 晋<sup>3</sup>  
日本大学歯学部保存学教室修復学講座<sup>1</sup>, 総合歯学研究所生体工学部門<sup>2</sup>,  
天野歯科医院<sup>3</sup>

### Impact-sliding Wear Behavior of Newly Developed Provisional Resins

○AKIBA Shunsuke<sup>1</sup>, YABUKI Chiaki<sup>1</sup>, NOJIRI Kie<sup>1</sup>, ENDO Hajime<sup>1</sup>,  
TAKAMIZAWA Toshiki<sup>1,2</sup>, MIYAZAKI Masashi<sup>1,2</sup>, AMANO Susumu<sup>3</sup>  
Department of Operative Dentistry<sup>1</sup>, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center<sup>2</sup>,  
Nihon University School of Dentistry, Amano Dental Clinic<sup>3</sup>

#### 【目的】

近年, 暫間修復用レジンのペーストタイプであるとともに重合方式としてデュアルキュア型を採用した bis-acryl 系レジンの開発, 臨床応用されている。しかし, これら暫間修復材の有する基本的諸性質に関する報告は少なく, その耐久性については不明な点が多い。そこで, デュアルキュア型暫間修復用レジンの硬化時の照射の有無がその耐摩耗性に及ぼす影響について, 衝突摩耗試験後の摩耗量および摩耗深さから評価した。また, 硬化レジンのフィラー性状および摩耗試験後の表面性状について走査電子顕微鏡 (SEM) 観察することによって考察資料とした。

#### 【材料および方法】

実験に使用した暫間修復用レジンは, デュアルキュア型 bis-acryl 系レジンの TEMPSMART (TS, ジーシー), Integrity MULTI CURE (IM, Dentsply Caulk) および Luxatemp Automix Solar (LS, DMG Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH) の 3 製品を用いた。また, 対照として化学重合型 bis-acryl 系レジンの Protemp 4 (P4, 3M ESPE) および PMMA 系レジンの Unifast III (UF, ジーシー) の 2 製品を用いた。

#### 1) 衝突摩耗試験用試片の製作

各製造者指示条件に従って練和した暫間修復用レジンのペーストを直径 6 mm, 高さ 2 mm のテフロン型に充填, ストリップを介して圧接, 照射を 30 秒間行い重合硬化させた (照射群)。これとは別に照射なしに重合硬化させた群についても同様に衝突摩耗試験用試片の製作を行った (照射なし群)。製作した試片については, 24 時間大気中に保管した後摩耗試験を行った。

#### 2) 衝突摩耗試験

摩耗試験には, 衝突摩耗試験機 (K655-06, 東京技研) を用いた。すなわち, アンタゴニストのステンレス球が硬化レジンの中央に衝突, 滑走するように設置した後, 37°C 水中下において落下距離 5 mm, 水平往復距離 2 mm, 荷重 50 N の条件で, 1 回の落下と 1 回の水平往復を 1 サイクルとする衝突摩耗試験を 2,500, 5,000, 7,500 および 10,000 回行った。また, 摩耗試験終了後の試片については, レーザー顕微鏡 (VK-9710, キーエンス) および付属のソフトから表面粗さ Ra (μm), 最大摩耗深さ (μm) および摩耗量 (mm<sup>3</sup>) を測定した。なお, 試片の数はそれぞれ 10 個とした。

#### 3) SEM 観察

衝突摩耗試験後の試片のうち代表例については, 超音波洗浄後, イオンコーター (Quick SC-201, サンヨー電子) で金蒸着を行った後, SEM (ERA-8800FE, エリオニクス) を用いて加速電圧 10 kV の条件で衝突摩耗後の表面性状を観察した。

#### 【成績および考察】

いずれのデュアルキュア型暫間修復用レジンの照射なし群は, 照射群に比較して摩耗深さ, 摩耗量ともに大きくなる傾向を示した。とくに, その傾向は IG および LS で顕著であった。また, 摩耗試験終了後の SEM 観察から, その表面性状は用いた製品によって異なり, とくに不定形フィラーが充填されている IG および LS では, フィラーの脱落した像が明瞭であった。これらの結果から, レジン硬化時の照射の有無は, デュアルキュア型暫間修復用レジンの耐摩耗性への影響因子となることが明らかとなった。従って, このタイプの暫間修復用レジンの臨床使用に際しては, 照射による重合硬化がその耐摩耗性の観点からも望まれることが示された。

#### 【結論】

デュアルキュア型暫間修復用レジンの硬化時の照射の有無は, その耐摩耗性に影響を及ぼすことが判明した。

## Micro-mechanical characterization of experimental direct core build-up resin composites with different levels of filler contents

○Eugeni Koytchev<sup>1 2</sup>, Yuko Shinno<sup>1</sup>, Naoko Suzaki<sup>1</sup>, Mikako Hayashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry*

<sup>2</sup> *Institute of Mechanics, Bulgarian Academy of Sciences*

**Objectives:** Special materials and techniques are essential for achieving a full functional restoration of mechanically compromised endodontically treated teeth. A core build-up is a way of restoring severely broken down teeth, so that the bulk of the coronal portion is rebuilt in a suitable manner, allowing for some kind of extracoronary restoration. Although metal cores are still regarded as very high durability, recently, there is a tendency to shift towards using different composite resin cores mainly due to the ease of use and reduced manipulation time. Nowadays, improved high strength composite resins are used to achieve a good core restoration. Many studies have investigated the fracture behavior of simulated cores in different geometric configurations, but only a few have compared mechanical properties of the different materials. With more and more core build-up materials being released, the clinicians need better insights regarding the mechanical features in order to make the optimal choice for achieving best results. The present study aimed to investigate at mechanical and micromechanical levels the flexural fracture strength and fracture toughness of newly developed core build-up materials.

**Materials and methods:** Clearfil DC Core Automix One (Kuraray Noritake Dental Co.) with variable filler contents (+2.5 and +5 wt %) were used. The fracture strength was estimated in a three-point bending mode using an universal testing machine (Autograph, Shimadzu Co.), while the fracture toughness was obtained in a tensile mode, utilizing notchless triangular prism specimens (EZ Test, Shimadzu Co.). The performance of these materials were compared to already existing commercially available products. Fractured surfaces were characterized micromorphologically by means of scanning electron microscopy (SEM ;JSM6390LV, JEOL) at x2000 magnification. The results were statistically processed using one way ANOVA and Tukey's HSD test (IBM SPSS).

**Results:** Flexural strength and fracture toughness generally improved with the increase of the filler content. A 2.5 wt % increase proved to be most optimal and yielded fracture strength of (147.4 ±1.6 MPa) when compared to the control group (117.1 ±1.0 MPa) and the 5 weight percent increase group (140.5 ±5.1 MPa). The Young's modulus for the 2.5 wt % group and the 5 wt % were (4.93 ± 0.5 GPa) and (6.4 ± 0.2 GPa) respectively, while for the control group it was (4.1 ± 0.7 GPa). The fracture surfaces morphological appearance under SEM observation was in support with the increased mechanical strength.

**Conclusion:** The newly developed composite resin core build-up seemed to be a good alternative to the conventional core build-up materials and could be the material of choice when a more durable restoration is sought.

## コンポジットレジンによる直接修復の臨床報告

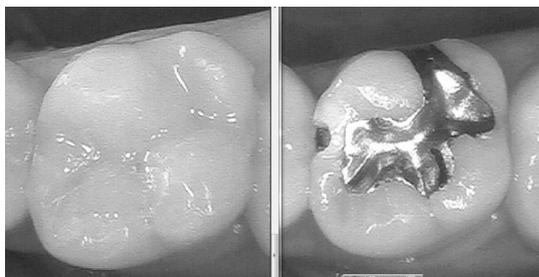
医療法人社団譽会  
○山田 満憲, 牧野 千恵子

### Clinical Report of Direct Composite Resin Restoration

Homare-kai Medical Corporation  
○YAMADA Mitsunori, MAKINO Chieko

【諸言】近年、国民の口腔領域における予防意識の向上によりメンテナンスおよび定期健診の受診率が高まりう蝕の早期発見が可能となった。また、Minimal Intervention の普及およびコンポジットレジンの材料学的性質の向上は、従来の間接修復の適応からフリーエナメルを残した窩洞での直接修復を可能とした。しかし、日常の臨床においては患者からう蝕治療ばかりでなくオールマイティな治療内容とその技術力が要求される反面、経営とチェアタイムとの兼ね合いからそれらはエビデンスとはかけ離れてしまいがちであり、機能性と審美性を兼ね備えた解剖学的形態の回復を得る事は困難な状況とも言える。さらに、術者および患者の限られた時間の中で治療の記録を残していく事も困難である。日本歯科保存学会においてもコンポジットレジンの材料学的性質の議論は多くそれらの向上はなされてきたが、コンポジットレジンによる直接修復の臨床報告およびその技術力の議論は皆無である。そこで今回、日常の臨床において実際に行われたコンポジットレジンによる直接修復の症例について報告する。

【対象および方法】う蝕症状を主訴とし来院した患者のうち、隣接面における接触関係が維持されているが隣接面を含む複雑窩洞となっている症例を対象とした。さらに、対象者にはヘルシンキ宣言に基づく主旨説明を含むインフォームドコンセントを行った。各症例において Minimal Intervention に即し感染歯質除去後 2 ステップボンドシステムを使用した。隣接面への隔壁器具の装着は、ボンディング材の塗布後光硬化させる前に行った。



直視できない隣接面およびフリーエナメル直下アンダーカット部においては MI FLOW II (GC) をリライニング材として充填、硬化させた。その後、咬合面に HERCULITE XRV (A2, Enamel, Kerr) または Tetric N-Ceram (A2, Ivoclar vivadent) を充填、硬化させた。また、限られたチェアタイムを出来る限り治療に割り当てて精度の高い治療を目指しているため、その記録にかかる負担が軽減できるシンプルな口腔撮影システムにて治療前後の比較を患者に説明した。

【結果】隣接面における接触関係が維持されているが隣接面を含む複雑窩洞となっている症例においてコンポジットレジンによる直接修復により機能性および審美性を兼ね備えた解剖学的形態の回復がされた。特に隣接面に対し Minimal Intervention による歯質の温存をすることで本来の解剖学的形態の大半が維持された。

【考察】日常の臨床においてコンポジットレジンとは、それを使わない日はないほどごく当たり前のマテリアルでありチェアタイムが少なくより安易に取り扱えるものが好まれがちである。しかし、これらは術者によるテクニックセンシティブ因子を軽減出来る反面、術者の技術力をも低減させてしまっている可能性を否定できない。特に、コンポジットレジンによる直接修復は、間接修復とは異なり患者によりダイレクトに術者の技術力が伝わる治療であると考えられる。よって、機能性の回復のためには、拡大鏡下においていかにアクセスオープニングを小さくし、フリーエナメル直下アンダーカット部の感染歯質の正確な除去、およびリライニング材の緊密な充填が出来るかが重要であると考えられた。また、審美性を兼ね備えた解剖学的形態の回復のためには、コンポジットレジンそのものの色調に頼るのではなく、そのリライニング材の色調を透明度の高いエナメル質相当のコンポジットレジンの立体的な築盛でいかに反映させるかが重要であると考えられた。

【結論】今後、メンテナンスおよび定期健診の受診率が高まるにつれ大きな歯冠および接触関係の崩壊は認められないが接触面の歯冠修復を必要とされる症例が増加することが考えられ、これらにおいて Minimal Intervention によるコンポジットレジンによる直接修復は有効な手段と考えられた。

## 三次元レーザー形態計測システムによる学生の切削窩洞の評価

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯冠修復学  
○石樽大嗣, 尾池和樹, 玄 太裕, 日下部修介, 平田健一, 堀田正人

### Evaluation of tooth cavity preparation for students by the three-dimensional laser morphometry system

Department of Operative Dentistry, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry  
○ISHIGURE Hiroshi, OIKE Kazuki, GEN Taiyu, KUSAKABE Shusuke, HIRATA Kenichi, HOTTA Masato

#### 【研究目的】

本大学の歯冠修復学実習では下顎右側第一大臼歯のメタルインレー2級 MO 窩洞形成を実施している。しかし、評価するインストラクターの総数は少なく、臨床経験年数も大きく離れている。また主観的評価ではバラつきが見られる可能性があり、そのキャリブレーションは難しい。また形成窩洞に対する切削の過不足部の指摘や修正の指導は口頭による指示でしか行うことができない。一方、三次元レーザー形態計測装置（形成技能評価 3D スキャナー「SURFLACER」VMS-12XR, モリタ）はレーザー計測した窩洞を手本窩洞とどの程度異なっているかを数値化することができるシステムである。そこで、学生にメタルインレー2級 MO 窩洞形成をさせた模型歯を、三次元レーザー形態計測装置で計測を行い、結果を評価し、分析したので報告する。

#### 【材料および方法】

##### 1. 被験者および実験前準備

被験者は歯冠修復学基礎実習を受講している朝日大学歯学部3年生142名中80名である。計測を行う前に、メタルインレー2級 MO 窩洞に関する実習講義を受けており、チェック項目と手本窩洞も提示されている。

##### 2. 窩洞形成と評価法

ファントムヘッド（シンプルマネキンII, ニッシン）に顎模型（D18FE-GIC-QF, ニッシン）を装着させ、その顎模型に下顎右側第一大臼歯の切削評価用模型歯（A5SA-500, ニッシン）を装着させた。装着後、窩洞形成はエアタービン（640BP-LUX, ヨシダ）とFG用ダイヤモンドバー・C1（GC）, 201,202（松風）を使用して行われた。その後、三次元レーザー形態計測システム（3台）に形成させた切削評価用模型歯を装着して計測した。窩洞形成技能評価は切削の過不足を窩洞外形（0～100点）と窩洞深さ（0～100点）によって分け、それらを総合して総合点数（0～100点）とした。

#### 【結果および考察】

総合点数の平均は  $54.0 \pm 10.6$  (mean  $\pm$  SD) 点で、最高は69点、最低は0点であった。窩洞外形の評価点数は、平均が  $51.9 \pm 13.9$  点で、最高は86点、最低は0点であった。外形の切削過剰による減点の平均は  $20.8 \pm 16.5$  点で、切削不足による減点の平均は  $61.9 \pm 19.0$  点であった。窩洞深さの評価点数は平均が  $57.7 \pm 9.4$  点、最高は70点、最低は41点であった。深さの切削過剰による減点の平均は  $33.9 \pm 23.3$  点で、切削不足による減点の平均は  $39.8 \pm 25.8$  点であった。80名の学生のうち、90.0%の学生は窩洞外形の切削不足による減点が切削過剰による減点より大きく、51.2%の学生が窩洞深さの切削不足による減点が切削過剰による減点より大きくなった。以上のことから学生は目視で確認した窩洞外形に対しては切削過剰を意識しすぎたためか、逆に不足してしまったのではないかと推測された。窩洞深さに対しても切削不足になる傾向を認め、メタルインレー修復に必要な窩洞の深さまで形成することができず、より慎重になったものと考えられた。総合点数の平均が60点を下回ったことで、基礎実習の学生にとっては手本窩洞通り精密に切削するということはかなり難しいと考えられ、窩洞形成実習の時間数をさらに増加し、反復練習による習熟度を高めることが必要であると思われた。

## Er:YAG レーザー照射による窩洞無菌化に関する基礎的研究 —液体培地中の *S. mutans* に対する影響について—

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  
○猪熊孝憲, 泉川昌宣, 松田康裕, 櫻井雅彦, 伊藤修一, 油井知雄, 斎藤隆史

### Basic Study on Cavity-disinfection using Er: YAG laser - Effect of Er: YAG laser Irradiation on *S. mutans* in Liquid Medium -

Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation,  
School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido  
○INOKUMA Takanori, IZUMIKAWA Masanobu, MATSUDA Yasuhiro, SAKURAI Masahiko, ITO Shuichi, YUI Tomoo,  
SAITO Takashi

#### 【目的】

2008年の診療報酬改定以来、う蝕菌無痛の窩洞形成加算の算定が可能となり、日常臨床で歯科用レーザーを用いた処置を行う機会が増加している。Er:YAGレーザーが硬組織切削用の医療機器として承認され、レーザーを用いた歯科治療は今後さらに発展すると思われる。レーザーは硬組織切削能のみならず殺菌効果も併せ持っており、根管内無菌化に対するレーザーの応用も検討されている。特に超高齢社会を迎え、根面齲蝕治療における齲蝕除去の不確実性を考えた場合、レーザーによる窩洞無菌化処置が効果的であると考えられる。そこで我々は、Er:YAGレーザー照射による窩洞無菌化を検討するための基礎的研究として、液体培地中の *S. mutans* に対して Er:YAG レーザー照射を行い、細菌の活性に対するレーザーの影響について検討を行うとともに、レーザー照射による温度上昇と細菌の活性の関係について検討を加えた。

#### 【材料および方法】

本実験では *S. mutans* (Ingbritt 株) を使用した。 *S. mutans* はスクロース 2% 添加 Brain Heart Infusion (BHI) 液体培地を用いて、37°C にて 24 時間培養した。その後、遠心分離 (2,500rpm, 10 分間) により集菌し、リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) で洗浄し、再度スクロース 2% 添加 BHI 液体培地を用いて調製した菌液を 96well 透明平底プレートに 100  $\mu$  l 播種し、37°C にて、72 時間嫌気培養 (アネロバック®, 三菱ガス) を行った。Er:YAG レーザー (Erwin AdvErL Evo®, チップ: C600F, MORITA) のチップ先端 1mm を液体培地に挿入し、無注水で 30-220mJ, 10-30 秒間、条件を種々設定して照射した。その後、蛍光染色試薬 (LIVE/DEAD® BacLight™ Bacterial Viability Kit, CA, USA, Molecular Probes) を用いて蛍光染色を行い、蛍光顕微鏡 (ECLIPSE TE2000-E, Nikon) にて観察を行うとともに Image J 1.45 にて画像解析を行い生菌数/死菌数を求めた。Games-Howell 検定法にて統計分析を行った ( $p < 0.05$ )。

併せてレーザー照射時の well 内液体培地の温度変化について温度計測器 (Petit LOGGER GL100-N, GRAPHTEC) を用いて観察を行った。

#### 【結果】

蛍光染色の結果から、 *S. mutans* の生菌に対する死菌の割合は照射時間、パワーに比例して増加し、レーザーが菌に影響を及ぼしていることが認められた。他条件と比較して 30mJ, 10sec では生菌の割合が有意に高かったが、220mJ, 10sec ではほとんどの菌が死滅していることが認められた。さらに 80mJ では、10sec 照射と比較して、照射時間の延長に伴って有意に死菌の割合が高くなり、30sec 照射でほとんどの菌が死滅していた。

Well 内液体培地の温度変化は、時間とともに上昇を認めたが、どの条件下においても 35°C を超えるものではなく、本実験条件下では培地の温度変化が細菌の死滅に影響を与えないと考えられた。

#### 【考察】

Er:YAG レーザーは水に対する吸収係数が高く、レーザー照射による水の微小爆発により歯質を切削 (蒸散) することが知られている。本実験では、水 (液体培地) の微小爆発が細菌の死滅に影響したのと考えられ、低パワーでも照射時間を延長することにより殺菌効果を得ることができることが明らかになった。さらに、計測周囲の液体培地の温度上昇が細菌を死滅させることはなかった。しかし、注水下でもレーザー照射面が瞬時に高温になるとの報告もあり、他の細菌 (*S. sobrinus*, *Actinomyces* 属など) に対する影響も含め今後さらに詳細な検討を行う予定である。

## フッ化物含有知覚過敏抑制材による象牙質表面の脱灰抑制効果

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. 朝日大学歯学部 歯科理工学分野、3. 大阪大学大学院歯学研究科 口腔分子感染制御学講座
4. 北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯科保存学教室

○松田康裕<sup>1</sup>、奥山克史<sup>2</sup>、山本洋子<sup>3</sup>、大木彩子<sup>4</sup>、泉川昌宣<sup>1</sup>、油井知雄<sup>1</sup>、伊藤修一<sup>1</sup>、佐野英彦<sup>4</sup>、斎藤隆史<sup>1</sup>

### The inhibitory effect of demineralization by fluoride-containing prophylactic agent for dentin hyper sensitivity to dentin surfaces

1. Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido
  2. Department of Dental Materials Science, Asahi University School of Dentistry
  3. Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry
  4. Department of Restorative Dentistry, Division of Oral Health Science, Hokkaido University Graduate School of Dental Medicine
- MATSUDA Yasuhiro, OKUYAMA Katsushi, YAMAMOTO Hiroko, OOKI Saiko,  
IZUMIKAWA Masanobu, YUI Tomoo, ITO Shuichi, SANO Hidehiko and SAITO Takashi

【緒言】象牙質知覚過敏症に対して様々な知覚過敏抑制剤がすでに臨床応用されており、いくつかの材料はフッ化物が含有しされ、脱灰抑制効果も期待されている。実際に、欧米諸国で広く用いられているフッ化物バーニッシュは5%のNaFを含有し、象牙質知覚過敏症だけでなく齲蝕や酸蝕症の予防にも用いられている。一方で高齢化社会への変化に伴って根面う蝕が増加しており、根面う蝕に対する予防法および治療方法の確立も求められている。これまで、我々は自動pHサイクル装置と粒子線励起X線分析法(PIGE/PIXE)を用いて、フッ化物徐放性充填材料による歯質へのフッ素の取り込みと、齲蝕抑制効果について報告してきた。そこで、今回は脱灰処理した象牙質にフッ化物含有知覚過敏抑制材を塗布し、歯質へのフッ素の取り込みと脱灰抑制効果について自動pHサイクル装置とPIGE/PIXEを用いて検討を行った。

【材料と方法】 フッ化物含有知覚過敏抑制材として、MSコートF(サンメディカル株式会社)(MS)、MSコートHySブロッグジェル(サンメディカル株式会社)(HS)、フッ化物バーニッシュ(CTx2 Varnish<sup>®</sup>, Oral BioTech)(FV)を用意した。

観察試料は、ヒト抜去大白歯を7本使用し(n=7)、37℃の脱灰溶液(0.2M乳酸、3.0mM CaCl<sub>2</sub>、1.8mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>、pH4.5、2%カルボキシメチルセルロースナトリウム)にて72時間脱灰した後に、それぞれ頬舌的、近遠心的に切断して4分割した。分割試料は歯面のCEJを挟んで約3mmの幅を残してスティッキーワックスで約1mmの厚さになるように被覆した。各歯の3分割試料にそれぞれ各材料を塗布し、1分割試料は材料を塗布しないコントロール(C)とした。37℃脱イオン水中に24時間浸漬後、塗布部位が含まれるように歯軸に平行に切断し、厚さ約300μmに調整し試料を作製した。象牙質表面層に取り込まれたフッ素はマイクロPIGE/PIXEを用いて測定を行った<sup>[1,2]</sup>。フッ素の取り込みを測定後、材料を塗布した面を除き、すべての歯面をスティッキーワックスで被覆して、Single-section試料とした。

これまで報告と同様に自動pHサイクル装置を用いて脱灰負荷試験を行った。サイクル数は一日に6回で、各サイクル間のインターバルの間及びpHを稼働させない時間(約8時間)は再石灰化溶液に浸漬した。各試料のTransverse Microradiography(TMR)を実験開始前、pHサイクル2週後に撮影し、得られた画像はImage Jを用いた画像解析方法<sup>[3]</sup>により解析し、CEJに近接した象牙質の脱灰量IML(integrated mineral loss)(Vol% x μm)の変化を検討した。2週後におけるIMLの増加量(ΔIML)をGames-Howelの多重比較検定(p<0.05)を用いて統計解析を行った。

【結果】フッ素の取り込みではコントロールと比較して全ての試料群で多くのフッ素を取り込む傾向がみとめられ、HS群では有意差が認められた。ΔIMLによる脱灰抑制効果の分析では、コントロールと比較してHS、FV群で有意差が認められ、MS群では有意差は認められなかった。

【考察】 今回の結果から、初期脱灰している象牙質にフッ化物含有知覚過敏抑制剤からフッ素が取り込まれる事が明らかとなり、またそれらのフッ素によって象牙質の脱灰が抑制されることが示された。これらの事からフッ化物含有知覚過敏抑制材料のフッ化物局所応用材料としての有効性が示唆された。脱灰された象牙質に対しても耐酸性が向上したことから、根面う蝕の軟化象牙質強化のための新規フッ化物徐放性材料の開発が期待される。(北海道大学大学院歯学研究科倫理委員会:承認番号2013第7号にて承認)

#### 【文献】

- [1] H. Komatsu et al., Nucl. Instr. Meth. B 267 (2009).
- [2] Yamamoto H, et al., Nucl Instr and Meth B210, (2003)
- [3] Matsuda, Y. et al. (2007). Dent. Mater. J, 2007 26(3), 414-421

## 音波式電動歯ブラシが暫間修復材料の表面性状に与える影響について

<sup>1)</sup> 昭和大学歯学部 歯科保存学講座 美容歯科学部門、<sup>2)</sup> 歯科理工学部門

<sup>3)</sup> (株) フィリップス エレクトロニクス ジャパン

○京泉秀明<sup>1)</sup>、寺島実華子<sup>1)</sup>、上村泰子<sup>3)</sup>、真鍋厚史<sup>1)</sup>、宮崎隆<sup>2)</sup>

### Effect of the sonic toothbrush on surface morphology of temporary restoration materials

Department of Conservative Dentistry, <sup>1</sup>Division of Aesthetic Dentistry and Clinical Cariology,

<sup>2</sup>Division of Biomaterials and Engineering, Showa University School of Dentistry

<sup>3</sup>Philips Electronics Japan, Ltd

○KYOIZUMI Hideaki<sup>1</sup>, TERASHIMA Mikako<sup>1</sup>, KAMIMURA Yasuko<sup>3</sup>, MANABE Atsufumi<sup>1</sup> and MIYAZAKI Takashi<sup>2</sup>

#### 【目的】

歯ブラシには、手用歯ブラシ、電動歯ブラシの2種類があり、電動歯ブラシの中でも、回転式、超音波式や音波式がありそれぞれ特徴を持っている。今回使用するソニックアーの電動歯ブラシ(フィリップス)は音波式電動歯ブラシである。この歯ブラシの特徴は、音波水流を発生させ歯垢を効率的に除去することができ除去効果は非常に優れている。暫間修復材料である即時重合レジン(テンポラリークラウン等)に使用されており非常に便利な材料である、しかし、特有の刺激臭があり、耐摩耗性も悪い。そこで、オートミキシングでMMAフリーのデュアルキュア型テンポラリーC&B用コンポジット、テンプスマート(ジーシー)が新しく発売された。

そこで今回は、音波式電動歯ブラシが暫間修復材料の表面性状に与える影響について実験を行った。

#### 【材料および方法】

摩耗材料としてデュアルキュア型テンポラリーC&B用コンポジットのテンプスマート(ジーシー)、超速硬性常温重合レジンのユニファストIII(ジーシー)の2種類を使用した。

それぞれの材料を、製造者指示に従い直径1mm高さ3mmの円柱状の試料を作製した。試料はシリコンカーバイトペーパー#4000まで研磨し、最終研磨はバフを用いて行った。試料は相対湿度100%、温度37°Cの恒温槽中に1時間放置した後、37°Cの蒸留水中に23時間保管した。

音波式電動歯ブラシはSonicare FlexCare Platinum、ブラシヘッドはダイヤモンドクリーン ブラシヘッド スタンダードサイズ(フィリップス)、を使用し、ブラッシング圧は荷重約100gfで、刷掃時間は1週間に相当する90秒で行った。ブラッシングは歯磨剤なしの水のみと歯磨剤ありで行った。歯磨剤は、ホワイト&ホワイト(ライオン)を使用し、スラリーは歯磨剤と蒸留水の割合が重量比1:2になるように調製した。

試料の表面をブラッシング前後で光沢度計にて測定し、さらにレーザー顕微鏡(キーエンス)にて表面性状の観察を行った。

#### 【結果および考察】

歯磨剤なしでブラッシングを行った結果は、テンプスマート、ユニファストIIIともに光沢度はブラッシング前後でほとんど変化がなかった。表面性状の観察結果においても両者ともにほとんど変化がなかった。

歯磨剤を使用してブラッシングを行った結果では、テンプスマート、ユニファストIIIともに光沢度はブラッシング前後で大きく低下した。表面性状の観察の結果をFig.に示す。ユニファストIIIよりもテンプスマートの方が荒れが少なかった。テンプスマートには、フィラーが含有されておりユニファストIIIにはフィラーは含有されておらず、そのため荒れが少なかったと思われる。

#### 【まとめ】

音波式電動歯ブラシを使用して暫間修復材料にブラッシングを使用した結果、歯磨剤なしでは光沢度、表面性状においてほとんど変化がなかった。歯磨剤を使用すると、テンプスマートの方がユニファストIIIよりも表面性状の荒れは少なかった。

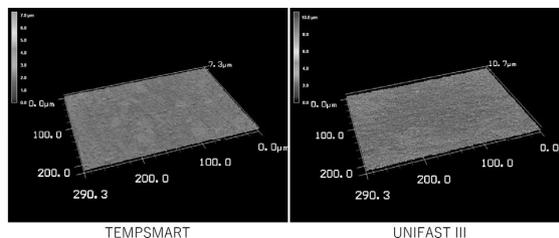


Fig. Specimen surface after brushing with toothpaste by a laser microscope (×50)