

## 新規レジン添加型ガラスアイオノマーセメント (RMGIC) 用歯面処理材と 反応機序の異なる充填用 RMGIC との接着強さの比較評価

株式会社 松風 研究開発部  
○板垣 拓馬, 塚本 雅広, 内田 潤, 吉本 龍一

### Bond Strength of a Novel Tooth Conditioner for Resin-modified Glass Ionomer Cement (RMGIC) Compared to That of Conventional Tooth Conditioners for RMGIC with More Operational Steps

SHOFU INC. Research and Development Dept.

○Takuma Itagaki, Masahiro Tsukamoto, Jun Uchida, Ryuichi Yoshimoto

#### 【緒言】

我々は第 158 回春季学術大会において、RMGIC 用歯面処理材「FX-LC コンディショナー (FX-Conditioner, 松風)」による前処理により、充填用 RMGIC「ガラスアイオノマー-FX-LC (FX-LC, 松風)」の歯質に対する接着性が有意に向上することを報告した。一方、充填用 RMGIC はガラスアイオノマー (GI) 反応と光重合により硬化するデュアルキュア型や、GI 反応と光重合と化学重合により硬化するトライキュア型等、製品によって反応機序が異なるが、その違いが FX-Conditioner における歯質接着の向上効果に影響するかどうかは明らかではない。そこで本研究では、反応機序の異なる各種充填用 RMGIC について、FX-Conditioner を併用した際の歯質に対する接着性を評価した。

#### 【材料及び方法】

RMGIC 用歯面処理材として FX-Conditioner を、トライキュア型の充填用 RMGIC として FX-LC、及び製品 C を、デュアルキュア型として製品 D 及び製品 E をそれぞれ用いた。また、ウシ下顎前歯をエポキシ樹脂に包埋後、耐水研磨紙 #600 を用いて流水下で研磨を行い、エナメル質又は象牙質を露出させたものを被着体とした。被着面を FX-Conditioner を用いて歯面処理 (術式: 塗布→放置・水洗・光照射無し→乾燥) を行った後、そこに内径 φ4mm、高さ 2mm のシリコンモールドを設置した。モールド内に各充填用 RMGIC の練和物を充填した後、製造業社指定の光照射時間にて光照射を行うことで、接着試験体を得た。接着試験体を 37°C 湿度 90% 以上の恒温水槽中に 1 時間静置し、次いで 37°C の水中に 24 時間浸漬 (初期) 後又はサーマルサイクル 5000 回 (5°C, 55°C 水中に各 30 秒間) 後、せん断接着強さ (万能試験機 type5967: Instron, CHS 1mm/min) を測定した (n=6)。統計処理は、一元配置分散分析及び Tukey の検定にて行った (p<0.05)。

#### 【結果及び考察】

Fig 1 より、トライキュア型の FX-LC は、エナメル質に対して初期及びサーマルサイクル 5000 回後共に最も高い接着強さを示したものの、デュアルキュア型の製品 D、及び製品 E との統計学的有意差は認められなかった。一方、FX-LC と同じトライキュア型の製品 C とは有意差が認められた。Fig 2 より、トライキュア型の FX-LC は、象牙質に対して初期及びサーマルサイクル 5000 回後共に最も高い接着強さを示し、そのサーマルサイクル 5000 回後の接着強さはトライキュア型の製品 C 及びデュアルキュア型の製品 E と有意差が認められた。このことから、FX-Conditioner における歯質接着の向上効果は、充填用 RMGIC の反応機序には影響を受けないことが示唆された。

#### 【結論】

RMGIC 用歯面処理材「FX-LC コンディショナー」は、術式が簡便にも関わらず歯質に対して優れた接着性を発現するものの、充填用 RMGIC の種類によって接着強さが異なることが示唆された。

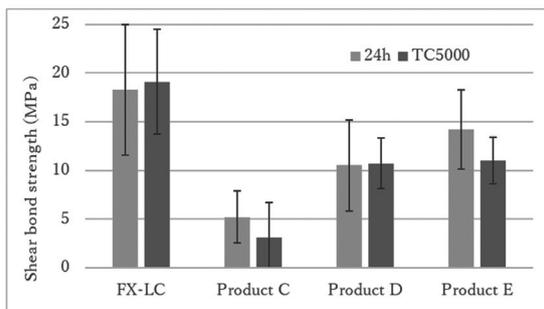


Fig 1. Shear bond strength to enamel

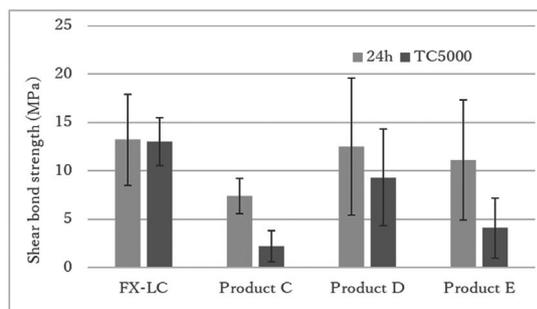


Fig 2. Shear bond strength to dentin

## 最近のユニバーサル処理材のモダンセラミックスへの接着強さの長期耐久性の検討

<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> 岡山大学病院 歯科 (総合歯科部門)

○入江正郎<sup>1)</sup>, 岡田正弘<sup>1)</sup>, 武田宏明<sup>2)</sup>, 矢部 淳<sup>2)</sup>, 山本直史<sup>2)</sup>, 松本卓也<sup>1)</sup>

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

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

<sup>2)</sup> Department of Department of Comprehensive Dentistry, Dentistry, Division of Dentistry, Okayama University Hospital

○Masao IRIE<sup>1)</sup>, Masahiro OKADA<sup>1)</sup>, Hiroaki TAKETA<sup>2)</sup>, Atsushi YABE<sup>2)</sup>, Tadashi YAMAMOTO<sup>2)</sup>, Takuya MATSUMOTO<sup>1)</sup>

#### 【 緒言 】

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

#### 【 材料と方法 】

下記の Table に使用したセメントと処理材を示す。接着強さの測定は、ISOの測定指針 (ISO/TR 11405) を参考にし行った。ニケイ酸リチウムガラス (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) をトリミング (直径約 5 mm, 厚さ約 2 mm) して被着面とした。今回は、国内の状況を考慮し、かつ長期安定性を検証するためフッ化水素酸水溶液 (Ceramic Etching Gel, Ivoclar Vivadent) での被着面処理を行わなかった。# 320 耐水研磨紙で被着面を最終研磨後、被着面状にテフロンモールドを固定し、このモールド内に各セメントを用いてステンレスロッド (Alloy Primer, Kuraray Noritake Dental で被着面を処理) を接着させた。9 種のレジンセメントは光照射 (20×2 秒間) を、Super-Bond Universal は 37°C 恒温室に 8 分間保存して硬化させた。サーマルサイクル 20,000 負荷後 (TC 20k) のせん断接着強さを測定した。

#### 【 結果と考察 】

いずれのセメントも BONDMER Lightless II で処理することにより、各セメント推奨の処理材を使用した場合と比較して接着強さは有意に向上した。また、BONDMER Lightless II で処理することで 25 MPa 前後の安定した値を示し、BONDMER Lightless II 処理の有意性が確認された。この傾向は 2 液性の M&C Primer でも同様に観察され、BONDMER Lightless II と類似の接着強さを示した。2 液性処理材のため、シラン処理材の保管時の長期安定性が考えられる。

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 to IPS e.max CAD after TC 20k (MPa)**

Luting cement (recommended primer, Manufacturer)	Mean (S.D.)		t-Test <sup>a</sup>
	by recommended primer	by BONDMER Lightless II	
ESTECER II (BONDMER Lightless II, Tokuyama Dental)	20.5 (4.4)	—	
Calibra Ceram (Prime&Bond universal, Dentsply Sirona)	0.6 (0.1)	23.5 (3.2)	S
RelyX Universal Resin Cement (Scotchbond Universal Plus Adhesive, 3M)	1.7 (0.9)	24.7 (2.1)	S
Nexus Universal Chroma (OptiBond eXTRa Universal, Kerr)	0.9 (0.3)	23.4 (1.8)	S
Variolink Esthetic DC (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent)	1.3 (0.6)	25.2 (4.1)	S
G-Cem ONE EM (G-Multi Primer, GC)	7.3 (0.1)	24.6 (2.0)	S
ResiCem EX (BeautiBond Xtreme, Shofu)	1.1 (0.5)	22.7 (2.7)	S
Panavia V5 (Clearfil Ceramic Primer Plus, Kuraray Noritake Dental)	1.5 (0.6)	29.0 (4.0)	S
SA Luting Multi (No pretreating, Kuraray Noritake Dental)	0.9 (0.3)	25.0 (2.8)	S
Super-Bond Universal (M&C Primer, Sun Medical)	22.5 (5.2)	23.8 (2.6)	NS

<sup>a</sup>: Significantly different by t-Test between the two results. S: Significant difference (p<0.05), NS: Not significant difference (p>0.05), N=10, TC 20k: 20,000 thermocycles

## 歯科用金属とコンポジットレジンの接着に及ぼす酸素の影響 —ワンステップボンディング材に関する検討—

日本大学松戸歯学部保存修復学講座, 日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻<sup>2</sup>

○神谷 直孝<sup>1</sup>, 小嶋 康世<sup>2</sup>, 石川 豊<sup>2</sup>, 寺中 文子<sup>1</sup>, 庫川 幸利<sup>1</sup>, 内山 敏一<sup>1</sup>, 小峯 千明<sup>1</sup>

### Effect of atmospheric oxygen on the adhesion of gold-silver-palladium alloy and composite resin — Study on one-step bonding system —

Department of Operative Dentistry<sup>1</sup>, Nihon University Graduate School of Dentistry at Matsudo<sup>2</sup>  
Nihon University School of Dentistry at Matsudo

○Naotaka Kamiya, Yasutoshi Ojima, Yutaka Ishikawa, Yukitoshi Kurakawa, Ayako Teranaka,  
Toshikazu Uchiyama, Chiaki Komine

#### 【目的】

修復物の欠陥への対応として, MID コンセプトに準じた補修修復が一般的となっている. 金属修復物に対する補修修復では, 金属面に対する処理後に窩洞全体をボンディング材で一括処理する. 歯質と異なりボンディング材が浸透しない金属への接着では, 空気中の酸素による重合阻害の影響がより強く働くことが考えられる. そこで, ボンド層が薄膜のワンステップボンディング材について, 接着処理時の酸素の有無が金属とコンポジットレジンの接着強さに影響を与えるかを検討した. 加えて, 被着面の処理の違いによりその影響に変化があるかについても検討した.

#### 【材料と方法】

ワンステップボンディング材はG-プレミオボンド (GC), メタルプライマーはアロイプライマー (クラレノリタケ), コンポジットレジンはクリアフィルマジスティ ES フロー Super Low を使用した. 歯科用金属は金銀パラジウム合金 (金パラ Nice12, モリタ) を常温重合レジンで包埋後に使用した. レジン充填はボンディングモールドインサート (ウルトラデンドジャパン) を固定して行った. ガス置換は純アルゴンガス (G3: 純度 99.999%) を使用した. 金属表面をシリコンポイントで研磨後にメタルプライマー処理した被着面に対し, 空気中で接着処理・レジン充填した試片を P-At, アルゴンガス置換環境で接着処理・レジン充填した試片を P-Ar とした. また, 表面をサンドブラスト後にメタルプライマー処理した被着面に対し, 同様の方法で作製した試片をそれぞれ S-At, S-Ar とした. これらの試片を 37°C 蒸留水中に 24 時間保管後, 万能試験機 (EZ Test, 島津製作所) を用いて, クロスヘッドスピード 1 mm/min で剪断接着強さ試験を行った. 試片数は各 10 個とし, 得られた結果は一元配置分散分析および Tukey-Kramer の方法により有意水準 5% にて統計処理を行った.

#### 【結果と考察】

ボンドへの照射後に表面を探針で触知し, P-At, S-At は未重合層の存在を, P-Ar, S-Ar は硬化を確認した. 研磨面に対する接着強さは P-At が 9.7MPa, P-Ar が 9.6MPa を示し有意差は認められなかった. サンドブラスト処理面に対する接着強さは S-At が 13.7MPa, S-Ar が 13.8MPa を示し有意差は認められなかった (Table). 以上から本実験条件では研磨面, サンドブラスト処理面に関わらず, 接着処理時の酸素の有無によって接着強さに統計的な差がないことがわかった. 剪断接着強さ試片のレジンは高さが 2~2.5 mm 程度であり, レジンに対する照射でボンド表面の未重合層も確実に硬化するため, 酸素の重合阻害による接着強さの低下が認められなかったことが考えられる.

Table Shear bond strength of gold-silver-palladium alloy and composite resin

Abbreviation	P-At	P-Ar	S-At	S-Ar
Condition of adhered surface	Polished		Sandblasted	
Adhesive treated environment	Atmosphere	Argon gas	Atmosphere	Argon gas
Shear bond strength	9.7(2.1) <sup>a</sup>	9.6(1.8) <sup>a</sup>	13.7(2.2) <sup>b</sup>	13.8(1.7) <sup>b</sup>

All sample surfaces were treated with a metal primer in atmosphere before the bonding operation.

Unit: MPa. Values in parenthesis are standard deviations.

Same superscript small letter indicates no significant difference (P>0.05).

#### 【結論】

ワンステップボンディング材を使用した金銀パラジウム合金とコンポジットレジンの剪断接着強さは, 合金の研磨面, サンドブラスト処理面とも, 接着処理時の酸素の有無による統計的な差は認められなかった.

本研究は [JSPS 科研費 23K09174](#) の助成を受けたものです.



## 噴射切削に用いる粉体が歯質の表面性状および コンポジットレジンの接着強さに及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座<sup>1)</sup>、総合歯学研究所生体工学研究部門<sup>2)</sup>、  
○武藤 玲<sup>1)</sup>、青木良太<sup>1,2)</sup>、庄司元音<sup>1)</sup>、林 佳奈<sup>1)</sup>、石井 亮<sup>1,2)</sup>、村山良介<sup>1)</sup>、  
高見澤俊樹<sup>1,2)</sup>、宮崎真至<sup>1,2)</sup>、岩崎圭祐<sup>3)</sup>

### Influence of Air Abrasive with Different Powders on Tooth Surface Characteristics and Bond Strength of Resin Composite

Department of Operative Dentistry<sup>1)</sup>, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center<sup>2)</sup>,  
Nihon University School of Dentistry, Iwasaki Dental Clinic<sup>3)</sup>

○MUTO Rei<sup>1)</sup>, AOKI Ryota<sup>1)</sup>, SHOJI Mone<sup>1)</sup>, HAYASHI Kana<sup>1)</sup>, ISHII Ryo<sup>1)</sup>, MURAYAMA Ryosuke<sup>1)</sup>,  
TAKAMIZAWA Toshiki<sup>1,2)</sup>, MIYAZAKI Masashi<sup>1,2)</sup>, IWASAKI Keisuke<sup>3)</sup>

近年、アルミナあるいはバイオアクティブガラスを粉体として使用する歯科用噴射式切削器が臨床応用されている。一方、噴射切削による歯質切削はエナメルマイクロクラックの形成あるいは粉体が歯面に残留するなどの影響も指摘されており、その有用性については議論が分かれるところである。

そこで演者らは、異なる粉体を用いた際の噴射切削がエナメル質および象牙質表面に及ぼす影響を表面粗さ(Sa)、最大切削深さ、表面自由エネルギー測定、走査型電子顕微鏡(SEM)観察および元素分析から検討を行った。また、異なる粉体での噴射切削後のユニバーサルアドヒーズのエンメル質および象牙質の剪断接着強さを測定した。

#### 【材料および方法】

歯科用噴射式切削機器として、AquaCare Twin (Velopex International) を、粉体として平均粒径 29 μm のアルミナ(ALM) およびリンケイ酸ナトリウムカルシウムを主成分としたバイオアクティブガラス (SYL, Syc) を用いた。供試したユニバーサルアドヒーズは、All Bond Universal (AB, Bisco), Clearfil Universal Bond Quick ER (CU, Kuraray Noritake Dental) および Scotchbond Universal Plus Adhesive (SU, 3M Oral Care) の 3 製品とした。光重合型コンポジットレジンは、Clearfil AP-X (クラレノリタケデンタル) を使用した。

異なる粉体を用いた噴射切削によるエナメル質および象牙質に生じた表面性状の変化については、直径 1.5 mm の穴の開いたテープを耐水性 SiC ペーパーの #2,000 まで研磨した歯面に貼付した。次いで、噴射圧および噴射時間を以下の 4 条件に設定し、歯質を切削した。すなわち、i) 0.1 MPa で 5 秒、ii) 0.2 MPa で 5 秒、iii) 0.1 MPa で 3 秒および iv) 0.2 MPa で 3 秒間噴射切削した。表面性状の観察は、噴射切削後、10 秒間水洗した後、共焦点レーザー顕微鏡 (VK-8700, Keyence) を用いて切削痕の表面粗さ (Sa) および最大切削深さを求めた。また、上述した条件で研磨した試片に対して 0.1 MPa、3 秒間の条件で噴射切削した歯面の接触角および表面自由エネルギーを求めた。さらに、異なる粉体で噴射切削した歯面の SEM 観察および元素分析を行った。歯質接着試験は、異なる粉体を 0.1 MPa、3 秒間の条件で噴射切削した被着面に対して各製造者指示条件に従ってアドヒーズを塗布、ウルトラデントジグを被着面に固定し、レジペーストを填塞したものを接着試験用試片とした。これらの試片は、37°C 精製水中に 24 時間保管した後、その剪断接着強さを測定した。なお、いずれの試験においても各条件における試片の数は 12 個とし、噴射切削を行わず #320 SiC 研削面をベースラインとし、この面に対して 35% リン酸エッチングを 15 秒間行った群をコントロール群とした。

#### 【結果および考察】

エナメル質においては、いずれの噴射条件においても ALM は SYL に比較して Sa および最大切削深さは大きかった。一方、象牙質においては 0.2 MPa、噴射 5 秒間条件の ALM は、他の条件に比較して有意に高い Sa および最大切削深さを示した。噴射切削後の歯質の SEM 観察から、噴射切削後の表面性状は、ALM と SYL では異なる傾向を示した。ALM では、粉体による圧痕が顕著に観察され、表面性状も SYL に比較して粗造面を呈した。元素分析の結果から、いずれの歯面においても ALM では C, O, Na, Mg, P, Ca の元素が、SYL では C, O, Na, Mg, Si, P, Cl, Ca が検出された。接着試験の結果から、いずれの歯質においても粉体およびユニバーサルアドヒーズの種類の違いによってその接着強さは異なる傾向を示した。

#### 【結論】

本実験の結果から、噴射切削による被着面性状は、用いる粉体、噴射圧、噴射時間によって異なるとともにユニバーサルアドヒーズの接着性も被着面性状によって異なることが判明した。

## ペーストタイプ合着用セメントの歯質接着性に唾液汚染が及ぼす影響

株式会社ジーシー

○樋地あかり, 田中宏治, 佐藤拓也

### Effect of saliva contamination on the adhesion of paste-type luting cement to tooth

GC corporation

○Akari Hiji, Koji Tanaka, Takuya Sato

#### 【緒言】

弊社より新しく上市されたフジルーティング EX Plus (以下 EX Plus) はシャープな硬化特性と良好なタックキュア性を有するペーストタイプの合着用セメントである。歯冠修復治療における接着阻害因子の一つとして唾液汚染が挙げられるが、口腔内で完全に唾液を排除することは困難である。そこで本研究では、被着面に唾液で汚染された場合の EX Plus の接着強さについて評価することを目的とした。

#### 【材料と方法】

被験材料として EX Plus と、他社合着用セメント製品 (以下製品 A とする) を供した。牛歯象牙質をアクリル樹脂で包埋し、歯質表面を #120 の SiC 耐水研磨紙で研磨した。これらの被着体表面に対して、以下の表面処理を施した。Control 群: 処理なし。Wash 群: 人工唾液 (Table 1) 塗布後 2 分静置、その後 10 秒間水洗しエアーで乾燥させた。Air 群: 人工唾液塗布後 2 分静置、エアーで乾燥させた。その後、φ3 mm の穴を開けた厚さ 100 μm の FEP 粘着フィルムを貼付し、接着面積を規定した。ステンレスロッドはアルミナサンドブラスト処理 (0.4 MPa) を施した。各被験材料はメーカー指定の方法に従い練和し、ステンレスロッドにセメント練和物を塗布した。その後、ステンレスロッドを試験面の上に乗せ、10N、10 秒の荷重を与えた後、任意のタイミングで余剰セメントを除去した。37°C90%R.H. の恒温恒湿槽に 1 時間静置後、37°C 蒸留水中に 24 時間浸漬し、得られた試験体を引張接着試験に供した。測定は万能試験機 (AG-IS、島津製作所) を用いてクロスヘッドスピード 1 mm/min で実施した。(N=8) 統計処理にはクラスカル・ウォリス検定ならびにマン・ホイットニーの U 検定を用いた。

#### 【結果と考察】

引張接着試験の結果を Figure 1 に示した。クラスカル・ウォリス検定では 6 群間で有意差が検出されたものの、マン・ホイットニーの U 検定による各群の比較では有意差は検出されなかった。また、EX Plus は Wash 群および Air 群 (唾液汚染条件) においても Pre-test failure (PTF) は生じておらず、被着面の水洗の有無によらずに安定した接着強さを示したが、製品 A は唾液汚染条件において PTF が生じた。EX Plus にはフルオロアルミノシリケートガラスとポリアクリル酸が含まれているため、水を介した酸塩基反応、すなわち、ガラスアイオノマーセメントの反応によって硬化が進行すると同時に歯質接着性を発現する。したがって、被着面に唾液汚染が生じた場合でも、歯質への接着強さが有意に低下しなかったものと推察された。

#### 【結論】

EX Plus は被着面に唾液汚染が生じた場合でも安定した接着強さを維持したことから、臨床の場においても優れた接着性能を示すことが期待される。

Table1 Composition of artificial saliva\*

Component	Content
Distilled water	2000 mL
Mucin (Bovine Submaxillary Glands)	4.4 g
NaCl	0.762 g
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.426 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.476 g
KCl	2.228 g
pH	6.8

\*Ha-Yoon Jung, et al., Evaluation of changes in adhesive strength and cytotoxicity of a denture adhesive according to time, The Journal of Korean Academy of Prosthodontics, 2009, 232-238.

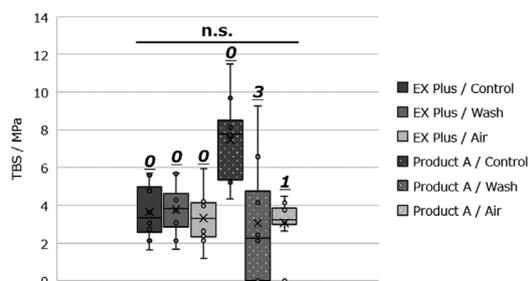


Figure1 Result of TBS. This result includes PTF. *Italic underlined number indicates number of PTF.* Data were statistically analyzed using Kruskal-Wallis test, Mann-Whitney U test (p<0.05). "n.s." indicates no significant difference.

## 新規 1 液ボンディング材を用いたレジンセメントの歯質接着性能の検討

<sup>1)</sup> 岡山大学病院 歯科 (総合歯科部門)

<sup>2)</sup> 岡山大学大学院 医歯薬学総合研究科 生体材料学分野

○武田宏明<sup>1)</sup>, 入江正郎<sup>2)</sup>, 矢部 淳<sup>1)</sup>, 塩津範子<sup>1)</sup>, 河野隆幸<sup>1)</sup>, 山本直史<sup>1)</sup>

### A study of shear bond strength of resin cement by newly one-step adhesive system

<sup>1)</sup>Department of Comprehensive Dentistry, Division of Dentistry, Okayama University Hospital

<sup>2)</sup>Department of Biomaterials, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

○Hiroaki TAKETA<sup>1)</sup>, Masao IRIE<sup>2)</sup>, Atsushi YABE<sup>1)</sup>, Noriko SHIOTSU<sup>1)</sup>, Takayuki KONO<sup>1)</sup>, Tadashi YAMAMOTO<sup>1)</sup>

#### 【緒言】

近年、ボンディング材は多用途化が進み、充填修復のみならず間接修復時の前処理材としても使用され、各メーカーからはレジンセメントと組み合わせた接着システムが提案されている。今回、新規開発された高強度薄膜ボンディング材 TK-100B (クラレノリタケデンタル社) とレジンセメントを併用した際の接着性能の評価を目的とし、エナメル質および象牙質に対する接着強さを検討した。また、ボンディング材への光照射の有無が接着強さに与える影響を評価した。

#### 【材料と方法】

下記の Table に使用したボンディング材とレジンセメントを示す。被検面には、ヒト歯質を使用した (岡山大学大学院医歯薬学総合研究科および岡山大学病院倫理委員会: 承認番号研 1901-036)。# 600 で研磨した人歯エナメル質および象牙質を対象として、各ボンディング材をメーカー指示に沿って処理後、テフロンモールドを固定し、このモールド内に各セメントを用いてステンレスロッドを接着させた。7種のレジンセメントは光照射 (20 秒間) して硬化させ、モールドを除去、37°C 水中に 1 日保管した後、せん断接着強さを測定した。各システムのせん断接着強さは Tukey 法にて統計的に比較した。

#### 【結果と考察】

Table にせん断接着強さの結果を示す。新規高強度薄膜ボンディング材 TK-100B は各接着システムと比較して劣ることなく、高い接着性能を有していた。また、TK-100B は処理後に光照射を行わなくても高い接着性能を有していた。

TK-100B は、クリアフィル ユニバーサル ボンド Quick ER を低粘度化し、薄膜かつ高強度化した新規ボンディング材である。各接着システムの中でも処理時間も短く、低粘度化による液だまりも防ぐことが可能であり、実験環境と比較してより過酷な環境下である臨床現場でも良好な結果をもたらすと考えられる。

Table. Shear bond strength of different adhesive systems

Manufacturer	Adhesive Resin cement	Application Time	Light Irradiation	Shear bond strength Mpa (S.D.) n=10	
				Enamel	Dentin
Kuraray Noritake	TK-100B SA Luting Multi	0 sec	+	27.4(2.0)	27.5(4.3)
			-	25.1(2.9)	24.7(3.9)
3M	Scotchbond Universal Plus Adhesive RelyX Universal Resin Cement	20 sec	+	25.4(4.6)	25.7(4.3)
			-	24.8(4.1)	24.6(3.8)
Kerr	OptiBond Universal Nexus Universal	20 sec	+	25.5(5.0)	25.5(4.7)
			-	22.7(5.9)	19.6(3.5)
Dentsply Sirona	Prime&Bond universal Calibra Ceram	20 sec	+	24.8(5.4)	25.8(5.6)
Ivoclar Vivadent	Adhese Universal Variolink Esthetic DC	20 sec	+	27.4(4.2)	25.9(5.1)
Shofu	BeautiBond Xtreme ResiCem EX	0 sec	+	22.1(4.6)	21.6(2.9)
Tokuyama Dental	BONDMER Lightless II ESTECER II	0 sec	-	27.1(2.6)	26.0(4.8)

No significant difference by Tukey's test

ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーの併用が自己接着性レジンセメントの  
CAD/CAM レジンブロックに対する接着性に及ぼす影響

愛知学院大学歯学部保存修復学講座<sup>1</sup>

アイオワ大学歯学部保存修復学講座<sup>2</sup>

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座<sup>3</sup>

○大鹿水由季<sup>1</sup>, 岸本崇史<sup>1</sup>, 辻本暁正<sup>1,2,3</sup>

**Influence of universal adhesive or primer application on bonding performance  
of self-adhesive resin luting cements to CAD/CAM resin blocks**

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University<sup>1</sup>

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry<sup>2</sup>

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry<sup>3</sup>

○OSHIKA Miyuki<sup>1</sup>, KISHIMOTO Takafumi<sup>1</sup>, TSUJIMOTO Akimasa<sup>1,2,3</sup>

【目的】

近年, CAD/CAM クラウンや CAD/CAM インレーが保険収載されたことによってこれらの臨床使用頻度が高まっている。これまで, CAD/CAM を用いて製作された修復物の装着には自己接着性レジンセメントが使用されてきたものの, 修復物の脱離等も報告されているのが現状である。そのため, これらの修復物の接着性を高めるためユニバーサルアドヒージブあるいはプライマー併用型自己接着性レジンセメントが開発されている。演者らは, これまで歯質(エナメル質, 象牙質), ニケイ酸リチウムガラスセラミックスあるいはジルコニアに対するユニバーサルアドヒージブあるいはプライマー併用の有無が自己接着性レジンセメントの接着強さに及ぼす影響について評価してきた。本研究では, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーの併用の有無による自己接着性レジンセメントの CAD/CAM レジンブロックに対する剪断接着強さに及ぼす影響について検討した。

【方法】

供試した CAD/CAM レジンブロックは, 松風ブロック HC ハード (SBH, 松風) および松風ブロック HC スーパーハード (SBSH, 松風) の, 合計 2 製品である。また, 自己接着性レジンセメントとして BeautiLink SA (松風) および G-Cem One EM (GC), ユニバーサルアドヒージブとして BeautiBond Xtreme (松風) およびプライマーとして G-Multi Primer (GC) を使用した。供試した CAD/CAM レジンブロックを厚さ 2.5mm に切断し常温重合レジンに包埋し, その表面を#320 の耐水研磨紙まで研磨し, 被着面とした。被着面に直径 50  $\mu\text{m}$  のアルミナ粉末を垂直方向から 10mm の位置より圧力 0.2 MPa で 10 秒間歯科用ブラスター (アドブレップ, モリタ) を用いて処理した後, 10 分間の超音波洗浄を行った。接着試験用試料の製作に際しては, 直径 2.3 mm, 高さ 3 mm のジルコニア試片を調製し, 被着面に対してレジンセメントを用いて試片を接着し, LED 照射器 (VALO, Ultradent Products) を使用し光照射を行った。また, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーを併用して接着した接着試験用試料も併せて製作した。CAD/CAM レジンブロックおよびジルコニア試片に対するレジンセメント, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマー処理は製造者指示条件に従った。作製した接着試験用試料は, 37 °C 精製水中に 24 時間浸漬し, サーマルサイクル試験 (TTS-1, Thomas 科学器械) を 5,000 回 (5 °C-55 °C, 30 秒間浸漬) 行った。接着試験は, 温熱負荷後の試料を万能試験機 (EZ Test, 島津製作所) を用いて, クロスヘッドスピード 1 mm/min で剪断接着強さ試験を行った。統計学的検討は, 得られた接着強さについて 2 元配置分散分析を用いて検討した ( $p < 0.05$ )。

【結果と考察】

自己接着性レジンセメントの CAD/CAM レジンブロックに対する接着強さは, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーを使用しない際に SBH で 38.8-40.6 MPa, SBSH で 37.5-37.7 MPa を示し, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーを使用した際に, SBH で 38.7-38.8 MPa, SBSH で 38.2-39.3 MPa を示した。また, これらの接着強さは SBH あるいは SBSH のいずれの被着体においても, その値はユニバーサルアドヒージブあるいはプライマー併用の有無あるいは自己接着性レジンセメントの種類による影響は認められなかった。このことから, 自己接着性レジンセメントの CAD/CAM レジンブロックに対する接着性は良好であるものであり, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーの併用に影響を受けなかったことから, 接着操作の前処理であるサンドブラスト処理によって獲得されるセメントとの機械的嵌合効力が重要であることが考えられた。

【結論】

本実験の結果から, 自己接着性レジンセメントのサンドブラスト処理された CAD/CAM レジンブロックに対する接着性は, ユニバーサルアドヒージブあるいはプライマーの併用にかかわらず良好な接着性を示すことが判明した。

## ユニバーサルアドヒーズンに対する照射の有無が 自己接着性レジンセメントの象牙質接着耐久性に及ぼす影響

<sup>1</sup>日本大学歯学部保存学教室修復学講座, <sup>2</sup>川本歯科医院  
○白土康司<sup>1</sup>, 林 佳奈<sup>1</sup>, 庄司元音<sup>1</sup>, 武藤 玲<sup>1</sup>, 宮本佳奈<sup>1</sup>, 高見澤俊樹<sup>1</sup>, 宮崎真至<sup>1</sup>, 川本 諒<sup>2</sup>

### Influence of light irradiation of tooth primer of self-adhesive resin luting cement combined with a universal adhesive on dentin bond durability

<sup>1</sup>Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry, <sup>2</sup>Kawamoto Dental Clinic  
○SHIRATSUCHI Koji<sup>1</sup>, HAYASHI Kana<sup>1</sup>, SHOJI Mone<sup>1</sup>, MUTO Rei<sup>1</sup>, MIYAMOTO Kana<sup>1</sup>,  
TAKAMIZAWA Toshiki<sup>1</sup>, MIYAZAKI Masashi<sup>1</sup>, KAWAMOTO Ryo<sup>2</sup>

#### 【研究目的】

近年、レジンセメントの前処理材としてユニバーサルアドヒーズンを使用する接着システムが増加している。いくつかの接着システムでは、ユニバーサルアドヒーズンへの光照射を省略して用いることが製造者から指示されている。そこで演者らは、ユニバーサルアドヒーズンへの光照射の有無が自己接着性レジンセメントの象牙質接着耐久性に及ぼす影響について、剪断接着強さ試験および接着界面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察を行うことによって検討した。

#### 【材料および方法】

ユニバーサルアドヒーズンおよび自己接着性レジンセメントの組み合わせとして、Clearfil Universal Bond Quick ER + SA Luting Multi (SLP, クラレノリタケデンタル), Scotchbond Universal Plus Adhesive + Rely X Universal Resin Cement (RUP, 3M Oral Care) および BisCem Dual-Cured Self-Adhesive Resin Cement + All Bond Universal (BSP, Bisco) を用いた。また、35%リン酸エッチング剤として Ultra-Etch (Ultradent Products) を用いた。

#### 1. 接着試験用試片の製作

接着試験用試片の製作に際しては、ウシ下顎前歯の歯冠部を常温重合レジンに包埋し、象牙質平坦面を耐水性研磨紙の#320 を用いて研削した。歯面処理に際しては、ユニバーサルアドヒーズンの塗布に先立ってリン酸エッチングを15秒間行い、水洗した条件 (ER mode) あるいはこれを行わない条件 (SE mode) とした。ユニバーサルアドヒーズンの塗布については、製造者指示条件に従って塗布を行い、光照射を行った条件 (照射群) およびこれを行わない条件 (照射無し群) の2群とした。これらの被着面にレジンセメントを用いてステンレスロッド (直径4mm, 高さ2mm) を接着させた。その際、ステンレスロッド被着面にはアルミナブラスト処理を0.2気圧の条件で10秒間行った。次いで、セメントペーストをステンレスロッド処理面に塗布、被着面にステンレスロッドを静置し、定荷重加圧器を用いて2.0Nの条件で圧接した。また、レジンセメントに対して光照射を行う群 (Dual-cure 群) およびこれを行わない群 (self-cure 群) の2群を設定し、Dual-cure 群では異なる方向の4ヶ所から10秒間ずつ、合計40秒間照射した。Self-cure 群では、接着操作後、荷重下で5分間静置した。これらの試片は、37°C精製水中に24時間保管後、5~55°Cの温熱負荷を10,000回負荷した。

#### 2. 剪断接着強さの測定

所定の保管条件が終了した試片に対して万能試験機を用いて剪断接着強さを測定した。なお、接着試片製作後に24時間水中に保管した条件をベースラインとした。試片の数は、各条件についてそれぞれ12個とした。

#### 3. 走査電子顕微鏡観察

レジンセメントと象牙質との接合界面については、通法に従って試片を製作し、SEM観察した。

#### 【成績および考察】

24時間後の接着試験の結果から、BSPおよびSLPにおいては、いずれのエッチングモードおよびレジンセメントの重合様式の違いにかかわらずユニバーサルアドヒーズンへの照射群は、照射無し群と比較して有意に高い接着強さを示した。一方、RUPではいずれの条件においてもユニバーサルアドヒーズンへの照射群と照射無し群の間に有意差は認められなかった。TC後の接着強さにおいても24時間後の接着試験の結果と同じ傾向を示した。

#### 【結論】

本実験の結果から、用いる製品によってはユニバーサルアドヒーズンへの光照射は、自己接着性レジンセメントの象牙質初期接着強さおよび接着耐久性の向上に寄与することが示された。

## マルチカラーCAD/CAM 冠用ハイブリッドレジンブロックの物理化学的性質

<sup>1</sup>北海道大学大学院歯学研究院 口腔保健科学分野 歯科保存学教室,

<sup>2</sup>CEU カーデナルヘレラ大学 バイオマテリアル教室

○樋谷賢太<sup>1,2</sup>、佐野英彦<sup>1</sup>、Yamauti Monica<sup>1</sup>、星加修平<sup>1</sup>、戸井田侑<sup>1</sup>、福山麻衣<sup>1</sup>、友清淳<sup>1</sup>

### Physical-Chemical characterization of “Multicolor” CAD/CAM Materials

<sup>1</sup> Department of Restorative Dentistry, Division of Oral Health Science, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

<sup>2</sup>Dental Biomaterial and Minimally Invasive Dentistry, CEU Cardenal Herrera University

○Kenta Tsuchiya<sup>1,2</sup>, Hidehiko Sano<sup>1</sup>, Monica Yamauti<sup>1</sup>, Shuhei Hoshika<sup>1</sup>, Yu Toida<sup>1</sup>, Mai Fukuyama

and Atsushi Tomokiyo<sup>1</sup>

【背景と目的】CAD/CAM 冠用ハイブリッドレジンブロックは、適度な機械的な強度と金属アレルギーを惹起しない点、及び審美的に優れている点から日常的に臨床で幅広く使用されている。さらに近年では、患者の審美的な要求に応えたマルチカラーの CAD/CAM レジンブロックが多く使用されるようになってきている。歯科保存学分野においては 2022 年 4 月に CAD/CAM インレーが保険適用となり、デジタルデンティストリーの潮流も相俟って、今後臨床により多く取り入れられることが期待されている。一方、長期的には口腔内でのそれらのレジン材料の物性の劣化が問題となっている。そこで本研究では、3 種類のマルチカラーCAD/CAM 冠用ハイブリッドレジンブロックの吸水率、及び各種ストレス試験前後の最大引っ張り強さ、曲げ試験、弾性率、軟化速度、表面荒さ、及び SEM による形態学的な観察を比較・検討することとした。

【材料と方法】本研究には 3 種類のレジンブロック (Grandio disc multicolor; GRA, Shofu Block HC; SHO, Vita Enamic multicolour; VIT) を使用した。それぞれのレジンブロックからステック状、及びディスク状の試験片を作製したのち、吸水率、機械的負荷試験前後の最大引っ張り強さ、サーモサイクル試験前後の曲げ強さ・弾性率、エタノール浸漬前後の軟化率、表面荒さ、及び走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた形態学的な変化に関して比較・検討した。機械的負荷試験は 350,00 サイクル、3 Hz、70N、サーモサイクル試験は蒸留水中で 5,000 サイクル、5-55 度、エタノール浸漬は 37°C で 48 時間の条件下で試験を行った。

【結果】曲げ強さ、及び最大引っ張り強さは機械的負荷試験前後において GRA が最大であった ( $p<0.05$ )。GRA と VIT は高い弾性率と低い吸水率を示した ( $p<0.05$ )。一方で SHO は、低い弾性率と高い吸水率を示した ( $p<0.05$ )。SHO ではエタノール浸漬後に硬さも低下し、SEM においても試験前後で球形状のフィラーの消失が認められた。一方、他の材料ではフィラーの消失が認められなかった。GRA は他の材料と比較して表面荒さの変化が少なかったが、SHO では表面の荒さが有意に増加した ( $p<0.05$ )。一方で VIT と GRA の弾性率はほぼ同等であったのにも関わらず、GRA は負荷試験前後に VIT よりもより高い曲げ強さと最大引っ張り強さを示した。

【考察】VIT と GRA は、サーモサイクル試験前後でも弾性率の変化がほとんど無く高い数値を保ったが、先行研究でも材料の負荷試験による劣化と弾性率の変化に相関関係は無いと報告されており、本研究でも同様な結果が得られた。SHO の吸水率は他の材料と比較して有意に高かったが、これは SHO のフィラーの含有率が重量比で 76%でありレジンの含有率が多いのに対して、VIT と GRA のフィラーの含有率が 86%と高くレジンの含有率が少ないことによるものと考えられた。また、レジンのようなポリマー状の材料では、エタノールのような溶媒がマトリックス中に浸透して物性を低下させることから、SHO ではレジンの含有率が高いことにより、エタノール浸漬後に硬さが低下したと推察された。

【結論】本研究に使用した材料の中では、GRA が前歯部、及び機械的な負荷のかかる部位への使用に最も適していることが示唆された。一方で、SHO は使用により様々な性質が劣化する可能性が推察されたことから、用途をよく考えた上の使用が好ましいと考えられた。その一方で、本研究では窩洞形態、歯質に対する接着材料、及び唾液や咀嚼運動等の口腔内環境の条件を考慮していないため、今後これらの条件を加味した臨床的な条件下での研究が必要である。

## 長鎖アルキル基を有するシランカップリング剤で処理したフィラーを含有する試作コンポジットレジン<sup>1</sup>の機械的性質について

<sup>1</sup> 神奈川歯科大学 臨床科学系 歯科診療支援学講座 クリニカル・バイオマテリアル学分野

<sup>2</sup> 関東学院大学 材料・表面工学研究所

<sup>3</sup> 神奈川歯科大学 基礎歯科学系 分子生物学講座 口腔生化学分野

○二瓶智太郎<sup>1,2</sup>, 片山裕太<sup>1</sup>, 緑野智康<sup>1</sup>, 三宅 香<sup>1</sup>, 大橋 桂<sup>1</sup>, 半田慶介<sup>3</sup>

### Mechanical prototype resin composites containing filler treated with silane coupling agent having a long-chain alkyl group

<sup>1</sup>Dept. of Clinical Biomaterials, Kanagawa Dental Univ., <sup>2</sup>Dept. of Materials & Surface Engineering Research Institute, Kanto Gakuin Univ., <sup>3</sup>Dent. of Oral Biochemistry, Kanagawa Dental Univ.

○Tomotaro NIHEI<sup>1,2</sup>, Yuta KATAYAMA<sup>1</sup>, Tomoyasu NIDONO<sup>1</sup>, Kaori MIYAKE<sup>1</sup>, Katsura OHASHI<sup>1</sup>, Keisuke HANDA<sup>3</sup>

#### 【研究目的】

シランカップリング層は、吸水によりシロキサン結合が加水分解し、マトリックスレジンとシリカ界面の劣化により、接着強度やコンポジットレジン<sup>1</sup>の機械的性質の低下を招く。

研究者らは、シランカップリング層の耐水性を向上させるために、フルオロカーボン鎖やベンゼン環を導入した分子構造のシランカップリング剤を合成し、その効果を報告してきた<sup>1-6)</sup>。しかしながら、シランカップリング剤を合成する原料が高価であること、合成法や精製法が煩雑であることから、さらに新たなシランカップリング剤の開発が必要と考えられ、長鎖のアルキル基を導入したシランカップリング剤 (8-MOS;  $\gamma$ -メタクリロイルオキシオクチルトリメトキシシラン) のガラス面処理に対する接着性と耐水性の効果を報告した<sup>7)</sup>。

本研究では、このシランカップリング剤で処理したフィラーを含有したコンポジットレジン<sup>1</sup>を試作し、曲げ強さと摩耗性について検討した。

#### 【材料および方法】

供したシランカップリング剤は、 $\gamma$ -メタクリロイルオキシプロピルトリメトキシシラン (3-MPS, KBM-503, 信越シリコーン) と 8-MOS (KBM-5803, 信越シリコーン) とした。各シランカップリング剤を平均粒径 4.6  $\mu$ m のシリカフィラー (龍森) に対して 3 wt% で処理した。各処理フィラーは Bis-GMA と TEGDMA の混合モノマー (6:4) 中で 77wt% 含有した試作光重合型コンポジットレジン<sup>1</sup>を作製し試料とした。また、シランカップリング処理していないフィラーを含有したコンポジットレジン (Non) も同様に試作した。

試作コンポジットレジン<sup>1</sup>の曲げ強さの測定は、幅 2mm, 高さ 2mm, 長さ 25mm の試料を作製し、室温 1 日保管、また 37°C 脱イオン水中に 360 日まで保管した後に曲げ試験に供した。また、吸水量の測定を 90 日まで行った。

摩耗試験は、 $\phi$  15mm, 厚さ 5mm に作製した試料を衝突摩耗試験機 (K655, 東京技研) に装着させ、アンタゴニストに半球状ステンレスロッドを使用し、37°C 水中で荷重 5kg, 駆動距離を 3mm として 10,000 回負荷した後、レーザー顕微鏡 (VR-5000, キーエンス) による表面観察から摩耗最深部の深さを測定し、最大摩耗深さとした。

試料数は各群 10 個とし、各群の正規性と等分散性を確認し、一元配置分散分析を行い、有意差を認められた場合は、さらに多重比較検定 (Bonferroni 法) を行った。

#### 【結果および考察】

3-MPS 群の曲げ強さは、水中期間の延長に伴い、室温 1 日保管群と比較して有意に低下したが ( $p < 0.05$ )、8-MOS 群は水中 360 日保管後においても、室温 1 日保管群と比べて有意な低下は認められなかった ( $p > 0.05$ )。Non 群は最も低い曲げ強さとなり、他群と比較して有意に低い値であった ( $p < 0.05$ )。また、各試作コンポジットレジン<sup>1</sup>の吸水量は Non 群が最も高い値となり、他群と比べて有意に高い値となった ( $p < 0.05$ )。Non 群の摩耗量は、他のコンポジットレジン<sup>1</sup>と比べて有意に高い値であった ( $p < 0.05$ )。最も低い摩耗量であった 8-MOS 群は 3-MPS と比較しても有意に低い値であった ( $p < 0.05$ )。

以上の結果より、アルキル基を長くしたシランカップリング剤 (8-MOS) で処理したフィラーを含有するコンポジットレジン<sup>1</sup>は、高い疎水層のシランカップリング層を構築できたため、長期水中保管後においても耐久性が向上し、マトリックスレジンとの相溶性も高いため、耐摩耗性も得られたと示唆された。

#### 【文献】

- 1) Nihei et.al, J Dent Res 81: 482-486, 2002.
- 2) 二瓶智太郎ら, 歯材器 24: 1-8, 2005.
- 3) Nihei T et.al, Dent Mater 24: 760-764, 2008.
- 4) Nihei et.al, Dent Mater J 32: 83-87, 2013.
- 5) Nihei, J Oral Sci 58: 151-155, 2016.
- 6) 片山裕太ら, 接着歯学 39: 97-105, 2022.
- 7) 二瓶智太郎ら, 日補歯学西関東支部プログラム・講演集, 26, 2023.

なお、開示すべき COI 関係にある企業などありません。

## ファイバー強化型バルクフィルコンポジットレジンの機械的特性

株式会社ジーシー

○藤見篤史, 荻谷周司, 佐藤拓也

### Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Bulk-Fill Composite Resin

GC CORPORATION, TOKYO, JAPAN

○Atsushi Fujimi, Shuji Kariya, Takuya Sato

#### [研究目的]

近年、象牙質代替材料としてファイバー強化型コンポジットレジン（以下 CR）が広く研究されており、ガラスファイバー配合により優れた破壊靱性を示すことが分かっている<sup>1)</sup>。ゆえに、従来の CR では咬合圧により材料に亀裂が入り歯質の損傷を及ぼす場合においても、ファイバー強化型 CR ではファイバーにより亀裂の方向が変わり歯質への伝播を抑制することが期待できる。本研究では、ガラスファイバーを配合したフロアブルタイプのバルクフィル CR である everX Flow (GC) を用いて機械的物性を評価し、各種のバルクフィル CR と比較した。

#### [材料および方法]

材料には、ファイバー強化型バルクフィル CR である everX Flow および各種バルクフィル CR である製品 A~C を用いた。機械的強度は ISO4049: 2019 曲げ強さに準拠して評価した。25mm×2mm×2mm の硬化体を作製し、SiC 耐水研磨紙#320 にて研磨した後、37°C 水中で保管した。照射開始から起算して 24 時間後、島津製作所製オートグラフを用いて三点曲げ強さを測定した（支点間距離 20mm、クロスヘッドスピード 1min/min、n=5）。測定結果は、一元配置分散分析 Tukey - Kramer (p<0.01%) により有意差検定を行った。また、everX Flow の光硬化体表面の SEM 観察を行った。

#### [結果および考察]

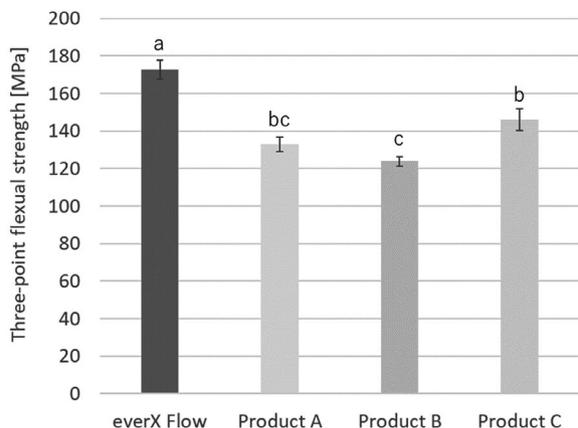


Fig.1 Three-point flexural strength of bulk fill composite resin

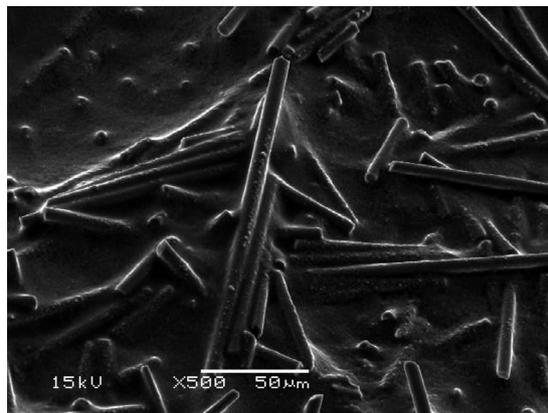


Fig.2 SEM image of surface of everX Flow

Fig.1 より、everX Flow は製品 A~C と比較し、有意に高い三点曲げ強さを有していた。また Fig.2 より、everX Flow は数 μm のガラスファイバーとレジンマトリックスが密接していることが確認できた。このことから、everX Flow のガラスファイバーおよびフィラーが効率的なシラン処理によりレジンマトリックスと強固に結合し、さらにガラスファイバーの補強効果により、他のバルクフィル CR と比べて高い曲げ強さが発現されたと考えられる。

#### [結論]

本研究より、ファイバー強化型バルクフィル CR の everX Flow は高い機械的強度を持ち、さらにガラスファイバーによる優れた破壊靱性も併せ持つと考えられることから、象牙質代替材料として用いた際に咬合圧による材料の破折や亀裂によるリスクが低減され、歯質の損傷を防ぐ効果が期待でき、臨床においても有用な材料であると示唆された。

[文献] 1) Garoushi S et al. Dent. Mater. 2018; 37; 95-103

## バルクフィルコンポジットレジンの機械的性質の検討

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研究部門<sup>2)</sup>,  
かなまる歯科クリニック<sup>3)</sup>

○柴崎 翔<sup>1,2)</sup>, 石井 亮<sup>1,2)</sup>, 青木良太<sup>1)</sup>, 庄司元音<sup>1)</sup>, 須田駿一<sup>1)</sup>,  
高見澤俊樹<sup>1,2)</sup>, 宮崎真至<sup>1,2)</sup>, 金丸壽良<sup>3)</sup>

### Evaluation of Mechanical Properties of Bulk-fill Resin composites

Department of Operative Dentistry<sup>1)</sup>, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center<sup>2)</sup>,

Nihon University School of Dentistry, Kanamaru Dental Clinic<sup>3)</sup>

○ SHIBASAKI Sho<sup>1,2)</sup>, ISHII Ryo<sup>1,2)</sup>, AOKI Ryota<sup>1)</sup>, SHOJI Mone<sup>1)</sup>, SUDA Shunichi<sup>1)</sup>, TAKAMIZAWA Toshiki<sup>1,2)</sup>,  
MIYAZAKI Masashi<sup>1,2)</sup>, KANAMARU Toshiro<sup>3)</sup>

#### 【研究目的】

光重合型コンポジットレジンの修復では重合収縮応力や照射深度の観点から、大型の深い窩洞に対しては積層充填が推奨されている。しかし、近年、大型窩洞に対して一括で充填できるバルクフィルコンポジットレジン（バルクフィルレジジン）が開発され、臨床応用されている。また、最近ではモノマーやフィラーの改良が加えられ、臼歯部咬合面での使用を可能とするバルクフィルレジジンも臨床応用されている。しかし、このバルクフィルレジジンの機械的性質に関する報告は少ないのが現状である。そこで演者らは、バルクフィルレジジンの機械的性質について検討を行った。

#### 【材料および方法】

供試したバルクフィルレジンは Bulkbase Hard II ハイフロー、ミディアムフロー（マルチ）、ミディアムフロー（ブルー）およびローフロー（サンメディカル）および Beautiful Bulk Flowable（松風）を比較材料として使用した。

#### 1. スープ硬さ（KNH）の測定

KNH 測定用試片の製作に際しては、底面を黒色ガラス板で封鎖した内径 6 mm、高さ 2 mm および 4 mm の円柱状プラスチック金型にレジンペーストを填塞した後、ポリストリップスを介して光照射を行った。光照射条件は、VALO Grand のスタンダードパワー 20 秒間とした。KNH 測定用試片を微小硬度計（Via-S, Matsuzawa）に静置し、荷重 0.25 N、荷重保持時間 30 秒の条件で測定した。また、測定は各試片の照射面と底面の中央、付近の計 5 点の値を平均した。

#### 2. 硬化深さの測定

ISO 4049 の測定法に準じて行った。測定用試片の製作に際しては、底面をガラス板で封鎖した内径 4 mm、高さ 10 mm の円筒形のテフロン型にレジンペーストを填塞した後、ポリストリップスを介して 10 秒あるいは 20 秒間光照射を行った。照射後、直ちに試片を取り出し、その未硬化部分を金属スパチュラで除去し、さらにエタノール浸漬ガーゼで拭き取り、その残留長径を測定した。

#### 3. 曲げ特性

各試料を ISO4049 に準じて 2.0×2.0×25.0 mm の棒状試片を製作した後、24 時間水中に保管したものについて、曲げ強さ、弾性係数およびレジリエンスを求めた。

#### 4. 無機フィラー含有量

無機フィラー含有量の測定には、電子はかり（AT200, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland）を用い、各試料を 25～800℃まで加熱して残存重量を求めた。無機フィラー含有量は、熱負荷前の重量と残存量から算出した。

#### 5. SEM 観察

各試料について、SEM（ERA-8800FE, Elionix）を用いてフィラー形状の観察を行った。

#### 【成績および考察】

Bulkbase hard II は色調および流動性により、機械的性質の有意差は認められなかった。また、硬化深さにおいても、バルクフィルレジジン間で有意差は認めなかったものの、照射時間の延長に伴い硬化深さが上昇した。また、各バルクフィルレジジンによって異なる機械的性質を示した。

#### 【結論】

供試したバルクフィルレジンは光照射により 3～4 mm の重合深度を示し、照射時間の延長に伴い重合性が向上する傾向を示した。また、材料的性質も臼歯部修復に用いるのに十分なものであり、これらの材料を用いることで、チェアタイムの短縮が可能となるものと示唆された。

## 重合方式の異なるレジンセメント及びコンポジットレジンに対する機械的性質評価

北海道大学大学院歯学研究院 口腔保健科学分野 歯科保存学教室

○戸井田侑, イスラム MD リファット, 其布爾, 袁媛, 福山麻衣, 池田考績, 星加修平, 佐野英彦, 友清淳

### Evaluation of mechanical properties of resin cements and a composite resin with different curing systems

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

○Yu Toida, MD Refat Readul Islam, Qibuer, Yuan Yuan, Mai Fukuyama, Takatsumi Ikeda, Shuhei Hoshika,

Hidehiko Sano, Atsushi Tomokiyo

【目的】レジンセメントは、重合方法によって化学重合型・デュアルキュア型・光重合型に分類され、近年ではラミネートベニアの接着を主な用途とする光重合型レジンセメントが発売されている。光重合型レジンセメントの利点として、照射までに十分な操作時間が確保できるため、精密な位置調整が可能となり、より審美的な治療が可能となることが挙げられる。また、照射直後に重合が終了するため、重合直後から安定した機械的性質を示すことも挙げられる。一方、ラミネートベニアと歯質を安定して強固に接着させる上で、光重合型レジンセメントには高い耐摩耗性や低溶解性が求められるが、それらを検証した報告は少ない。そこで本研究では、2種の光重合型レジンセメントおよび1種のデュアルキュア型レジンセメントに対し、ヌーブ硬さ測定、フィラー形態観察、および元素分析を行い、重合方式に基づきレジンセメントの耐摩耗性や溶解性を比較検討した。

【方法】光重合型レジンセメントとしてパナビアベニア LC (PLC, クラレノリタケデンタル), バリオリンクエステティック LC (VLC, イボクラール・ビバデント), デュアルキュア型レジンセメントとしてパナビア V5 (PV5, クラレノリタケデンタル), 対照のコンポジットレジンとしてエステライトΣクイック (ESQ, トクヤマデンタル) を用いた。ポリエステルストリップスを介させたガラススライド上で、直径 10 mm 高さ 2 mm の型枠に各材料を充填後、ポリエステルストリップスを介させたもう一枚のガラススライドで圧接を行い、歯科用 LED 照射器 (660-760 nmW/cm<sup>2</sup>) にて両面を 20 秒間ずつ照射し硬化させることで試料を作製した (n=5)。ヌーブ硬さ (KHN) 試験には微小硬度計 (MVK-C, 明石製作所) を用いて各試料を 10 回ずつ測定し、その平均値を試料作製直後の KHN (I) とした。測定後、試料をそれぞれ 7 日間 37°C で水中または空気中にて保管したのち、各試料を 10 回ずつ測定し、その平均値を水中保管後の KHN (7dW) および空気中保管後の KHN (7dA) とした。統計解析は、単純主効果の検定を行った (有意水準 5%)。またレジンセメントとコンポジットレジン表面をアセトンで洗浄し、乾燥したのち走査電子顕微鏡 (SEM) にてフィラーの形態を観察した。さらに、直径 3 mm 高さ 2 mm の円柱形の硬化体を作製し、24 時間後に試料の研磨を行ったのち、エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDS) にて試料表面の元素分析を行った。

【結果および考察】KHN においては、ESQ がすべての条件において他群と比較して高い値を示した。VLC では、I と比較して 7dW が有意に高い値を示した。また 7dA も I よりも高い値を示す傾向にあったが、有意差は認められなかった。その他の材料は、I と 7dW および 7dA との比較において、有意な差は示さなかった。VLC が 7dW において高い値を示したのは、照射後も重合が継続した結果であると推察された。また PLC および ESQ において、保管後の KHN の変化が小さかったのは、照射後の重合度が高かった結果であると推察された。SEM 観察の結果から、PLC は球状フィラー、ナノクラスターフィラー、不定形フィラーを含み、VLC と PV5 は不定形マイクロフィラーを含み、ESQ は球状ナノフィラーを含むことが明らかとなった。EDS 分析により、すべての材料から C, O, F, Al, Si が検出された。また PLC, VLC, ESQ においては Yb が検出され、VLC, ESQ においては Zr, Ca が検出された。さらに PV5 でのみ P, Ba が検出され、VLC でのみ W が検出され、ESQ でのみ Pr, Ir が検出された。これらの結果から、フィラー形態ならびに組成が、レジンセメントおよびコンポジットレジンの重合率に関わり、それらの機械的性質に影響を及ぼすことが示唆された。

【結論】本研究に使用した材料は、いずれも 7 日保管後に高いヌーブ硬さを示し、さらに 7 日目においては水中保管による影響は少ない。

## 水中浸漬によるセルフアドヒーズコンポジットレジンの重合収縮応力の変化

鶴見大学歯学部保存修復学講座

○大川一佳, 相澤大地, 黒澤祥世, 松本博郎, 梶原美優, 英 將生, 山本雄嗣

### Changes in polymerization stresses of self-adhesive resin composites during water immersion

Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine

○OKAWA Kazuyoshi, AIZAWA Daichi, KUROSAWA Sachiyo, MATSUMOTO Hiro,

KAJIWARA Miyu, HANABUSA Masao, YAMAMOTO Takatsugu

#### 【研究目的】

コンポジットレジンの充填術式を簡易化すべく、セルフアドヒーズコンポジットレジン (SACR) が開発・販売されている。従来の CR 修復ではアドヒーズ層が CR の重合収縮力を緩和しているが、SACR 修復ではアドヒーズ層が無い場合、接着界面や周囲歯質へ重合収縮力が緩和されずに伝播することとなる。そのため臨床応用にあたっては、SACR が産出する重合収縮応力を理解することがより重要と考える。本研究では 4 種の SACR を対象として、水中浸漬による重合収縮応力の変化を比較検討した。

#### 【材料と方法】

本実験では、SACR を 4 種①SA-100R(クラレノリタケデンタル試作), ②Vertise Flow (Kerr, 以下 Vertise), ③Fusio Liquid Dentin (Pentron, 以下 Fusio), ④Constic (DMG) と、コントロールとして従来型フロアブル CR を 1 種 ESTELITE FLOW QUICK High Flow (トクヤマデンタル, 以下 ESTELITE) を用いた。中央に円柱窩洞を有するドーナツ型ガラスディスク (外径 12 mm, 内径 3 mm, 厚径 2 mm) の窩縁から 500 μm の位置にピッカーズ圧子で亀裂を導入した (9.8 N, 15 秒)。乾燥下で 1 日放置後、窩縁に沿う走行の亀裂長さを測定した。窩壁をシランカップリング処理 (Clearfil Ceramic Primer Plus, 100°C-5 分) してから CR を一挙充填し、光照射した (約 24.8 J/cm<sup>2</sup>)。充填試料を 37°C 水中に浸漬し、5 分, 1 時間, 1 日, 1 週, 4 週経過時に亀裂長さを繰り返し測定した。亀裂長さとガラスの物性から亀裂周囲に発生した応力を求め、二元配置分散分析と Tukey の多重比較で統計学的に比較した (n = 5, α = 0.05)。

#### 【結果および考察】

水中浸漬中に発生した重合収縮応力の平均値 (標準偏差) ならびに統計結果を下表に示した。分散分析では二要因 (材料, 浸漬期間) とも有意となり、要因間の交互作用は認められなかった。これより多重比較は各グループの併合データ間で行なった。

	5 minutes	1 hour	1 day	1 week	4 weeks	Pooled ave.
SA-100R	3.2 (1.6)	3.4 (2.3)	0.0 (1.8)	1.2 (1.6)	1.5 (1.1)	1.8 (1.4)ab
Vertise	4.7 (2.8)	5.8 (3.2)	2.9 (3.3)	2.1 (3.5)	2.6 (3.7)	3.6 (1.6)a
Fusio	3.2 (2.0)	3.6 (1.3)	0.9 (1.4)	0.5 (1.7)	0.2 (1.8)	1.7 (1.6)b
Constic	1.8 (1.0)	2.4 (1.3)	-1.9 (2.5)	-2.3 (2.6)	-2.5 (2.7)	-0.5 (2.4)c
ESTELITE	3.5 (0.9)	4.5 (1.5)	1.7 (1.5)	1.6 (1.6)	1.3 (1.6)	2.5 (1.4)ab
Pooled ave.	3.3 (1.0)A	4.0 (1.3)A	0.7 (1.8)B	0.6 (1.7)B	0.6 (2.0)B	

Values having the same alphabet are not statistically different at  $p > 0.05$ .

浸漬 5 分で全 CR において 1.8~4.7 MPa の引張応力が生じていた。材料間で比較すると、SA-100R, Vertise, ESTELITE の応力に有意差はなく、Constic が最も小さかった。浸漬期間での比較では、重合で生じた引張応力は浸漬 1 時間後まで維持されるが、それ以降は CR の吸水によって 1 日後まで有意に減弱してから安定することがわかった。

#### 【結論】

4 種 SACR の重合収縮応力は比較的小さく、吸水による応力変化は従来型フロアブル CR と類似していた。

## ユニバーサルフロアブルレジンの体積および重量率フィラー含有量の検討

愛知学院大学歯学部保存修復学講座<sup>1</sup>

アイオワ大学歯学部保存修復学講座<sup>2</sup>

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座<sup>3</sup>

○前迫真由美<sup>1</sup>, 松井 渚<sup>1</sup>, 大鹿水由季<sup>1</sup>, 辻本暁正<sup>1,2,3</sup>

### Investigation of volume and weight percentage of filler content of universal flowable resin-based composite

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University<sup>1</sup>

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry<sup>2</sup>

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry<sup>3</sup>

○MAESAKO Mayumi<sup>1</sup>, MATSUI Nagisa<sup>1</sup>, OSHIKA Miyuki<sup>1</sup>, TSUJIMOTO Akimasa<sup>1,2,3</sup>

#### 【研究目的】

光重合型コンポジットレジンのフィラー含有量は、重合収縮率や耐摩耗性のみならず審美性にも影響を及ぼすと考えられている。しかし、そのフィラー含有量は重量率を指標とした検討が多く、体積率による報告は少ないのが現状である。そこで、最近のユニバーサルフロアブルレジンのフィラー含有量を体積率 (vol%) および重量率 (wt%) を指標として検討し、それぞれの測定から得られた比率の相関性についても分析を加えた。

#### 【材料および方法】

供試したユニバーサルフロアブルレジンは、ア・ウーノ フロー ベーシック (AUF, ヤマキン), オムニクロマ フロー (OCF, トクヤマデンタル), クリアフィル マジェスティ ES フロー Low (CMEF, クラレノリタケデンタル), グレースフィル ローフロー (GFL, ジーシー) およびバルクベースハード II ミディアムフロー (BBH II M, サンメデイカル) の、合計5製品である。フロアブルレジンの密度測定用試料の製作に際しては、3.5 cm<sup>3</sup>のセルにレジンペーストを充填し、レジンの密度測定用試料とした。また、フィラーの密度測定用試料の製作に際しては、約3gのフロアブルレジンをアセトン (佐々木化学) を用いて分散した後、遠心分離機 (Centrifuge 5430R, Eppendorf) を用いて4,000rpmで10分間処理し、上澄みを除去し一晩室温にて乾燥させた。さらに、これらを55°Cで3日間以上乾燥させた後に重量測定し、重量低下がなくなるまで繰り返した後、室温にて1時間以上デシケーター内で乾燥したものをフィラーの密度測定用試料とした。フロアブルレジンおよびフィラーの密度測定は、乾式密度計 (ACCUPYC II 1340, 島津製作所) を用い、得られたそれぞれの密度からフロアブルレジンの体積率フィラー含有量を算出した。フロアブルレジンの重量率フィラー含有量の測定用試料の製作に際しては、ISO 4049:1978 に則り約0.5gのレジンペーストを灰分測定用灰皿に採取し、575±25°Cで30分間焼成した。これらの操作は、レジン焼成前後の重量に1mg以上の低下がなくなるまで繰り返した。重量率フィラー含有量の測定は、焼成後に得られたフロアブルレジンの残存重量とレジン焼成前の重量から重量率フィラー含有量を算出した。なお、体積および重量率フィラー含有量の測定に用いた試料の数は各製品3個とした。統計学的検定は、ピアソンの積率相関係数検定を用いて体積率と重量率フィラー含有量の相関性を分析した。

#### 【結果および考察】

供試したフロアブルレジンの体積率フィラー含有量は、AUFで44.8 vol%, OCFで52.5 vol%, CMEFで46.7 vol%, GFLで40.5 vol%およびBBH II Mで46.8 vol%であった。重量率フィラー含有量は、AUFで64.7 wt%, OCFで61.1 wt%, CMEFで63.0 wt%, GFLで61.4 wt%およびBBH II Mで69.7 wt%であった。また、フロアブルレジンの体積率と重量率フィラー含有量の相関性の分析においては、測定比率間での相関係数は-0.027を示し、それぞれの比率に相関性は認めなかった。一方、供試したフロアブルレジンの製造者から公表されているフィラー含有量は、体積率で54-59 vol%, 重量率で69-75 wt%であり、いずれも本実験の測定比率と比較して高いものであった。このことは、レジン試料のアセトン処理、焼成によるフィラーの表面への作用あるいは残存する有機成分量の違いが影響したものと考えられた。

#### 【結論】

本実験の結果から、ユニバーサルフロアブルレジンのフィラー含有量は体積率で40.5-52.5 vol%, 重量率において61.1-69.7 wt%を示し、製造者が公表している比率よりも低い傾向を示した。また、測定したフィラー含有量の体積率と重量率との間の相関性は低いことが判明した。

## 透明ビニルシリコーンゴム咬合採得材料を介在させて 光照射したコンポジットレジンの硬化深さ

<sup>1</sup>松本歯科大学歯科保存学講座 (修復), <sup>2</sup>東京歯科大学保存修復学講座

○小松佐保<sup>1</sup>, 小町谷美帆<sup>1</sup>, 甲田訓子<sup>1</sup>, 高坂怜子<sup>1</sup>, 宮下 彩<sup>1</sup>, 中村圭吾<sup>1</sup>, 春山亜貴子<sup>2</sup>, 亀山敦史<sup>1</sup>

### Depth of cure of resin-based composite light-cured under intervening with transparent vinyl silicone rubber bite registration material

<sup>1</sup>Dept of Clinical Cariology, Endodontology and Periodontology, School of Dentistry, Matsumoto Dental University, <sup>2</sup>Dept of Operative Dentistry, Cariology and Pulp Biology, Tokyo Dental College

○Komatsu S<sup>1</sup>, Komachiya M<sup>1</sup>, Kohda K<sup>1</sup>, Kohsaka R<sup>1</sup>, Miyashita-Kobayashi A<sup>1</sup>, Nakamura K<sup>1</sup>, Haruyama A<sup>2</sup>, Kameyama A<sup>1</sup>

#### 【目的】

近年, 前歯部の歯冠破折, 矮小歯や正中離開などの審美不良に対してのみならず, 少数歯欠損への非切削での欠損補綴において, 透明シリコーンインデックスを併用してコンポジットレジンによる直接修復を施し, 審美的に回復する症例が報告されている. これらの症例で用いられるシリコーンインデックスには透明ビニルシリコーンゴム咬合採得材料がしばしば用いられているが, これらの材料の光透過特性については不明な点が多い. そこで本研究では 2 種類の市販透明ビニルシリコーンゴム咬合採得材料を介在させて光照射を行った場合の光透過特性および硬化深さについて検討を行った.

#### 【方法】

透明ビニルシリコーンゴム咬合採得材料には EZ-COPY クリアマトリックス (モリムラ) およびジーシーエグザクリア (ジーシー) を用いた. 外径 10mm, 内径 8mm, 高さ 2mm, 4mm または 8mm のアクリルリング内にいずれかの材料を注入し, 2 枚のスライドガラスで圧接して厚さ 2mm, 4mm, 8mm の透明シリコーンディスクを作製し (n=5), 所定の期間室温保管した. 試料作製から 24 時間, 3 日または 1 週間経過後, 透明シリコーン試料を介在させて歯科用 LED 光照射器 (Demi Plus, Kerr) を照射し, 市販歯科用ラジオメーター (Bluephase Meter II, Ivoclar Vivadent) で計測した光強度 (mW/cm<sup>2</sup>) を記録した. また, 透明シリコーンディスクを介在させず, 直接照射出力を計測した値を 100% とし, ここから透過率を算出した. さらに, 直径 4mm, 深さ 8mm の円筒形割型内にコンポジットレジン (プレミス, Kerr) のスーパークリア, クリア, ボディ A3, オペーク A3 のいずれかを充填, ポリエステルストリップスを介在させ, その上に各種厚径の透明シリコーンディスクを設置し, Demi Plus を用いて光照射を行った. 照射後, 割型内のコンポジットレジン試料を取り出し, 未重合部分をスパチュラで除去, 硬化部分をデンタルノギスで計測した (n=5). ISO4049 の方法に準じ, 計測値を 2 で乗じた値を硬化深さとした. なお透明シリコーンディスクを介在させず, ポリエステルストリップスのみを介在させたものについても同様に硬化深さを計測した (Control).

#### 【結果および考察】

EZ-COPY クリアマトリックスを介在させた場合の光強度は 0mm, 2mm, 4mm, 8mm でそれぞれ 1368±20mW/cm<sup>2</sup> (100%), 1306±19mW/cm<sup>2</sup> (95.5%), 1206±7mW/cm<sup>2</sup> (88.2%), 1123±21mW/cm<sup>2</sup> (82.1%) であった. また, ジーシーエグザクリアを介在させた場合の光強度は 0mm, 2mm, 4mm, 8mm でそれぞれ 1430±24mW/cm<sup>2</sup> (100%), 1281±22mW/cm<sup>2</sup> (89.6%), 1242±26mW/cm<sup>2</sup> (86.9%), 1114±46mW/cm<sup>2</sup> (77.9%) であった.

2mm の透明シリコーンディスクを介在させた場合の硬化深さはいずれのシェードにおいても Control との間に有意差は認めなかった (p>0.05). 4mm の EZ-COPY クリアマトリックスを介在させた場合の硬化深さは Control との間に有意差を認めなかった (p>0.05) が, ジーシーエグザクリアを介在させた場合, クリアシェードのコンポジットレジンのみ有意に小さい硬化深さを示した (p<0.05). 8mm の透明シリコーンディスクを介在させた場合の硬化深さについて, EZ-COPY クリアマトリックス, ジーシーエグザクリアのいずれもスーパークリアとオペーク A3 では Control との間に有意差を認めなかった (p>0.05) が, クリアとボディ A3 では Control に比べて有意に小さい硬化深さを示した (p<0.05).

【結論】透明ビニルシリコーンゴム咬合採得材料を用いて作製したディスクを介在させてコンポジットレジンに光照射を行った場合, 4mm までの厚径であればいずれのシェードでも硬化深さに影響しなかったが, 一般的なエナメルシェード, 象牙質シェードでは 8mm の厚径の透明シリコーンディスクを介在させると硬化深さに影響を及ぼすことが明らかとなった. なお, 供試した 2 種類の透明ビニルシリコーンゴム咬合採得材料間に顕著な差は認めなかった.

## プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズ併用可能型 セルフアドヒーズレジンセメントの耐摩耗性

愛知学院大学歯学部保存修復学講座<sup>1</sup>

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座<sup>2</sup>

アイオワ大学歯学部保存修復学講座<sup>3</sup>

○小田切ゆかり<sup>1</sup>, マーク・ラタ<sup>2</sup>, 辻本暁正<sup>1,2,3</sup>

### Wear resistance of self-adhesive resin luting cements combined with primer or universal adhesive systems

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University<sup>1</sup>

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry<sup>2</sup>

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry<sup>3</sup>

○ODAGIRI Yukari<sup>1</sup>, LATA A. Mark<sup>2</sup>, TSUJIMOTO Akimasa<sup>1,2,3</sup>

#### 【目的】

近年、プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズ併用可能型セルフアドヒーズレジンセメントの臨床使用頻度が増加している。これらのセメントは、酸性機能性モノマーを含有することで前処理を不要とした使用も可能であるとともに高い接着性が必要な際にはプライマーやユニバーサルアドヒーズを併用することができ、汎用性が高い。また、術者のニーズによってセメントの練和法をオートミックスあるいはハンドミックスとして選択可能な製品もラインナップされている。しかし、一般にセルフアドヒーズレジンセメントにおいては含有される酸性機能性モノマーによって生じる重合硬化反応への影響、ハンドミックスタイプのセメントにおいては手練和の際に生じる気泡の混入などによる機械的性質への影響が危惧されている。そこで本研究では、最近のプライマーあるいはユニバーサルアドヒーズ併用可能型を含めたセルフアドヒーズレジンセメントの耐摩耗性について検討した。

#### 【材料および方法】

供試したプライマーあるいはユニバーサルアドヒーズ併用型セルフアドヒーズレジンセメントは、G-Cem One EM (GC)、G-Cem One neo (GC) および RelyX Universal (3M Oral Care) の、合計3製品である。また、従来型のセルフアドヒーズレジンセメントとして、RelyX Unicem2 (3M Oral Care)、SA Luting Multi Automix (Kuraray Noritake Dental) および SA Luting Multi Handmix (Kuraray Noritake Dental) の、合計3製品を使用した。摩耗試験に際しては、3体摩耗試験である Leinfelder-Suzuki の方法を用いた。直径6 mm、深さ3 mmの規格窩洞を形成したステンレス製金型にセメントを充填し、製造者指示条件に従って照射し、硬化させた。また、照射を行わない試片も製作した。これらの試片を37℃精製水中に24時間保管後、試片表面をSiCの#4,000まで研磨し、摩耗試験用試片とした。次いで、これらの摩耗試験用試片を摩耗試験機の試料台に固定し、平均粒径44 μmのPMMAと蒸留水を混和しスラリーとして用いた。アンタゴニストには、シリンダーに固定した球状ステンレスを使用し、垂直負荷荷重80 Nで試片に接触してから、そのまま30°の水平回転運動を2Hzの条件で滑走する動作を400,000回繰り返した。摩耗試験前後の試片は、超音波洗浄を行った後、非接触型レーザー測定装置 (Proscan 2100, Scantron Industrial Products) およびソフトウェア (AnSur 3D software, Minnesota Dental Research Center for Biomaterials and Biomechanic) を用いて、摩耗量を算出した。

#### 【結果および考察】

照射を行った際におけるセルフアドヒーズレジンセメントの摩耗試験後の摩耗量は、G-Cem One EMで0.054 mm<sup>3</sup>、G-Cem One neoで0.062 mm<sup>3</sup>、RelyX Universalで0.155 mm<sup>3</sup>、RelyX Unicemで0.079 mm<sup>3</sup>、SA Luting Multi Automixで0.107 mm<sup>3</sup>およびSA Luting Multi Handmixで0.117 mm<sup>3</sup>であった。また、照射を行わず硬化させたセルフアドヒーズレジンセメントの摩耗試験後の摩耗量は、G-Cem One EMで0.064 mm<sup>3</sup>、G-Cem One neoで0.073 mm<sup>3</sup>、RelyX Universalで0.167 mm<sup>3</sup>、RelyX Unicemで0.012 mm<sup>3</sup>、SA Luting Multi Automixで0.142 mm<sup>3</sup>およびSA Luting Multi Handmixで0.150 mm<sup>3</sup>であった。このように、供試したセルフアドヒーズセメントの耐摩耗性が製品の違いあるいは照射の有無によって影響を受けた理由としてその構成成分の違いが考えられるものの、手練和によって生じる気泡の混入などの機械的性質への影響は少ないものと考えられた。

#### 【結論】

本実験の結果から、プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズ併用可能型を含めたセルフアドヒーズセメントの耐摩耗性は、製品の種類あるいは照射の有無によって異なるものの、セメントの手練和による影響は限定的であることが判明した。

## ユニバーサルシェードコンポジットレジンの表面光沢度に対する オフィスブリーチング材の影響

<sup>1</sup>日本歯科大学附属病院 総合診療科

<sup>2</sup>日本歯科大学生命歯学部 接着歯科学講座

○西口 瑞<sup>1</sup>, 高橋 彬文<sup>1</sup>, 川本 沙也華<sup>1</sup>, 河合 貴俊<sup>1</sup>, 関口 詠子<sup>1</sup>, 矢野 賢都<sup>1</sup>, 前野 雅彦<sup>2</sup>, 新田 俊彦<sup>1</sup>

### The effect of office bleaching agent on surface gloss of universal shade resin composite

<sup>1</sup>General Dentistry, The Nippon Dental University Hospital

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

○NISHIGUCHI Mizu<sup>1</sup>, TAKAHASHI Akifumi<sup>1</sup>, KAWAMOTO Sayaka<sup>1</sup>, KAWAI Takatoshi<sup>1</sup>, SEKIGUCHI Eiko<sup>1</sup>, YANO Kento<sup>1</sup>, MAENO Masahiko<sup>2</sup>, NITTA Toshihiko<sup>1</sup>

#### 【緒言】

近年、単一シェードで歯質への色調適合性が高いコンポジットレジン（ユニバーサルシェード CR）が臨床に用いられる機会が多くなっている。一方、歯の漂白（ブリーチング）は患者の歯科審美意識向上に伴いそのニーズも高い。本実験は、オフィスブリーチング材がユニバーサルシェード CR の表面性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、表面光沢度について比較検討した。

#### 【材料および方法】

ユニバーサルシェード CR には、クリアフィルマジスティ ES フロー Low Universal (U) (クラレノリタケデンタル:ESU), オムニクロマ フロー(トクヤマデンタル:OCF)を使用した。対照としてグレースフィル ローフロー (A2) (GC:GFL)を選択した。内径 15 mm 厚さ 3 mm のプラスチックモジュールを用いてフロアブルレジンを充填し、厚さ 100 μm の透明クリアフィルムで圧接しながら VALO コードレス (ウルトラデント) を用いて両面から 20 秒間ずつ照射し、レジンディスクを各種 CR につき 5 枚作製した。作製した試料は 37 °C の恒温槽内にて 24 時間水中保管後、耐水研磨紙#2000 まで順次研磨を行い、3 分間の超音波洗浄を行った後、ハンディ光沢計 (グロスチェッカー IG-331) を用いて光沢度を測定した。光沢度の測定に関しては、各面に対して角度を変えながら 3 回の測定を行い、その平均値をそれぞれのブリーチング前値とした。(n=10)

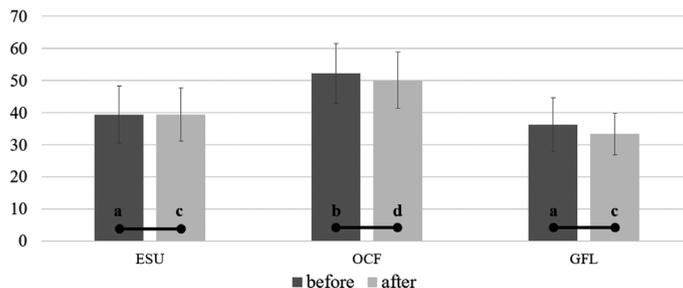
続いて各試料の表面に、オパールエッセンス BOOST (ウルトラデント) を用いて 20 分×3 サイクルのブリーチング処理を行った。処理した試料は再び 3 分間超音波洗浄した後、同様に光沢度を測定し、ブリーチング後値とした。得られた値は、two-way ANOVA および t 検定危険率 5%にて検討した。

#### 【結果ならびに考察】

得られた光沢度を図に示す。分析の結果、漂白前と漂白後においてそれぞれの CR に対する表面光沢度に有意な変化を認めなかった。また、CR 間で比較すると、OCF が他の CR に比べ有意に大きい表面光沢度を示した。今回用いたブリーチング材は、ユニバーサルシェード CR の表面光沢度に対し影響を及ぼさず、ユニバーサルシェード CR を充填後にブリーチング処置を安全に行える可能性が示唆された。

#### 【結論】

各種ユニバーサルシェード CR に対してブリーチング処理は光沢度に有意な影響を与えないことが示唆された。また、光沢度は材料によって異なることが示唆された。今後は、ブリーチング処理前後における表面粗さの詳細な分析や、他のユニバーサルシェード CR との比較、ブリーチング材の違いによる比較なども検討していく必要があると思われる。



"bur" and same lowercase within each whitening condition (e.g. before) indicate no significant difference (p<0.05)

**Fig. Differences of surface gloss of each resin composites before/after application of office bleaching agent**

## ユニバーサルシェードフロアブルレジンの重合前後のシェードマッチング

<sup>1)</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>2)</sup>日本歯科大学 新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座

○大野寛<sup>1)</sup>、山口耀平<sup>1)</sup>、高橋天佑<sup>1)</sup>、宮野侑子<sup>2)</sup>、鈴木雅也<sup>2)</sup>、新海航一<sup>1),2)</sup>

## Shade matching of universal shade flowable resin before and after polymerization

<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

○OHNO Hiroshi<sup>1)</sup>, YAMAGUCHI Yohei<sup>1)</sup>, TAKAHASHI Tenyu<sup>1)</sup>, MIYANO Yuko<sup>2)</sup>,

SUZUKI Masaya<sup>2)</sup>, SHINKAI Koichi<sup>1),2)</sup>

### 【緒言】

当講座では、ユニバーサルシェードフロアブルレジン（以下 USFR）のシェードマッチングについてセラミックブロックや硬質レジン人工歯を用いて色彩学的に評価してきた。その結果、セラミックブロックや硬質レジン人工歯に対するシェードマッチングは製品間に大きな差が認められた。コンポジットレジンは重合前後で測色値（L\*a\*b\*）が変わることが報告されている。そこで今回は、硬質レジン人工歯（以下 HRAT）を用いて、USFR の重合前後におけるシェードマッチングについて色彩学的に評価した。

### 【材料と方法】

市販されている USFR から、オムニクロマフロー（OF、トクヤマデンタル）、クリアフィルマジスティ ES フロー・Low・Universal（MU、クラレノリタケデンタル）およびビューティフィルユニシェード（BU、松風）の3種類を選択し、実験に用いた。HRAT は、エンデュラ アンテリオ（松風）中切歯の A1 シェードと A3.5 シェードを使用した。まず、HRAT の唇側中央部に窩洞外形線（直径 5mm の円）をマーキングし、ビタイージーシェード V（VITA/白水貿易）を用いて測色した。次に、HRAT のマーキング部位に深さ 2mm、直径 5mm の円筒型窩洞を形成した（n=10）。窩洞面に K エッチャント GEL（クラレノリタケデンタル）を塗布し、水洗乾燥後、ボンドマーライトレス（トクヤマデンタル）を用いてメーカー指示に従って接着処理を行った。その後、各 USFR を窩洞に対してやや多めに填塞した。填塞した USFR の上にポリエステルストリップス（以下 PS）を置き、ビタイージーシェード V の測色チップ先端面を PS 上面に軽く圧接した状態で重合前に測色した。測色後、光重合器（ペンキュア 2000、モリタ）を用いて PS 上面から 20 秒間の光照射を行った。PS を除去しない状態で重合後の填塞物を測色した。測色値（L\*a\*b\*）のデータから HRAT と重合前填塞物ならびに HRAT と重合後填塞物の色差値（ $\Delta E^*ab$ ）を算出し、各 USFR の重合前後におけるシェードマッチングについて色彩学的に比較した。統計学的有意差は t 検定（対応あり）を用いて有意水準 5% で行った。

### 【結果と考察】

各シェードの HRAT に対する各 USFR 填塞物の重合前後における  $\Delta E^*ab$  を表に示す。各シェードの HRAT に対する各 USFR 填塞物の重合前と重合後における色差値について有意差検定を行った結果、A3.5 シェードの HRAT に対する OF 填塞物のみ有意差が認められなかった。他のケースではすべて有意差が認められた。

HRAT シェード	BU- HRAT $\Delta E^*ab$			MU- HRAT $\Delta E^*ab$			OF- HRAT $\Delta E^*ab$		
	重合前	重合後	p 値	重合前	重合後	p 値	重合前	重合後	p 値
A1	10.2 (0.8)	2.2 (1.0)	< 0.0001	10.7 (1.0)	8.0 (1.0)	< 0.001	2.7 (0.9)	3.8 (0.5)	0.017
A3.5	3 (0.5)	14.3 (0.8)	< 0.0001	2.8 (0.9)	6.6 (0.8)	< 0.001	15.2 (1.3)	14.4 (1.7)	0.207

いずれのシェードにおいても BU 填塞物と HRAT の色差値は、重合前後で大きく有意に異なることから、BU の光拡散性と光透過性は重合前後で顕著に変化すると思われる。また、MU 填塞物と HRAT の色差値も重合前後で有意に異なっていたが、その差は BU ほど大きくなく、MU の光拡散性と光透過性は重合前後でそれほど大きくは変化しないと思われる。一方、OF は填塞物と HRAT の色差値は重合前後でほとんど有意差はなく、重合前後での光拡散性と光透過性は変化しないようである。これは構造色によるものではないかと推察する。

### 【結論】

HRAT の円筒形窩洞に填塞した USFR を重合前後で測色し、HRAT と USFR の  $\Delta E^*ab$  を重合前後で比較した結果、BU>MU>OF の順に有意差が大きく、USFR の重合前後のシェードマッチングは材料によって異なっていた。

## 重合プロセスの異なるコンポジットレジン材料の各種溶液浸漬による色調変化

日本歯科大学 生命歯学部 接着歯科学講座

○前野雅彦, 中澤美和, 古木健輔, 河本 芽, 杉山怜央, 柵木寿男

### Color changes of resin composite materials with different polymerization processes by immersion in various solutions

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

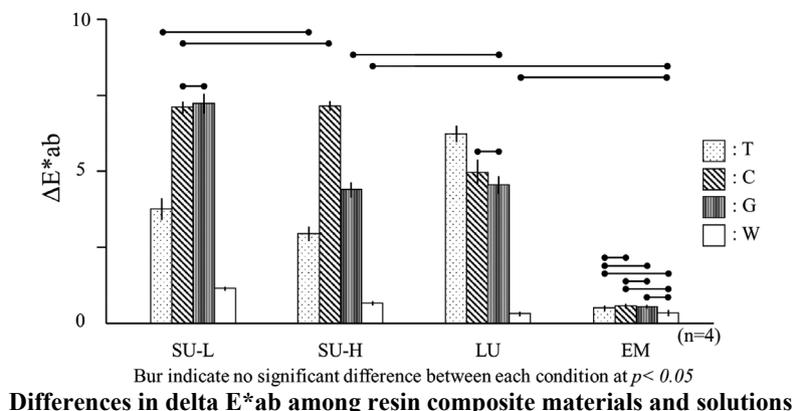
○MAENO Masahiko, NAKAZAWA Miwa, FURUKI Kensuke, KOMOTO Mei, SUGIYAMA Reo and MASEKI Toshio

**【目的】**近年の歯冠修復においては、コンポジットレジン(CR)材料が、直接/間接修復など、その使用用途によって異なる重合プロセスを経て幅広く使用されているが、マトリックスレジンの具備する吸水性によって色調変化を生じるという審美的な難点を有する。吸水性の大小はCRの重合程度の違いによって異なると考えられるものの、重合プロセスと吸水による色調変化の関係性についての知見は少ない。そこで、重合プロセスの異なるコンポジットレジン材料の各種着色性溶液への2週間浸漬を経て、浸漬前後の色差( $\Delta E^*ab$ )を算出し、色調変化について評価検討を行った。

**【材料および方法】**コンポジットレジン材料には、ユニバーサル型コンポジットレジン(Supreme Ultra, 3M: SU)およびコンポジットレジンブロック(Lava Ultimate, 3M: LU)を用いた。また対照としてセラミックブロック(IPS emax CAD, Ivoclar vivadent: EM)を選択した。色調はいずれもA3シェードとした。SUは、高さ3mm内径15mmの円筒形モールドへの充填を行い、光重合のみで重合硬化する条件(SU-L)に加え、光重合硬化後の経時的重合進行の影響を把握することを目的に、光重合後100°C15分間の追加加熱重合を行う条件(SU-H)を設定した。LUとEMは、精密切断機による切断を行い、EMのみクリスタライゼーションを実施した。その後、各群試料を耐水研磨紙#2000まで研磨し、厚さ3mmの規格化試料を製作した。ついで、色彩色差計(CR-400, Konica Minolta)を用いた各試料の浸漬前測色を経て、3種着色性溶液: 紅茶(午後の紅茶おいしい無糖, キリン: T)、コーヒー(CRAFT BOSS Black, サントリー: C)、ブドウジュース(Welch's, アサヒ飲料: G)、および対照の精製水(W)内に37°C条件下で浸漬した。2週間の浸漬後、流水での洗浄を経て再度の測色を行い、 $\Delta E^*ab$ 値を算出した。得られたデータは、二元配置分散分析およびTukeyのHSD検定によって統計学的分析を行った。

**【成績と考察】**各種材料および各種溶液間の $\Delta E^*ab$ 値の違いを図に示す。分析の結果、材料と溶液は共に $\Delta E^*ab$ 値に有意な影響を与え、 $\Delta E^*ab$ 値に対する材料の影響は、溶液によって異なった。各種材料に着目すると、対照のEMは各溶液による影響を受けていなかったのに対して、他の3種材料はいずれも $\Delta E^*ab$ 値が3以上となる傾向を示し、CR材料は重合プロセスに拘わらず着色性溶液によって色調変化を生じることが確認された。また、各種着色性溶液に着目すると、CとGは、SU-Lに有意に高い $\Delta E^*ab$ 値を生じさせたのに対し、SU-HではCのみ高値を示し、LUではC/G共に他のCR材料より有意に低い値を示した。これは、各材料の重合度の差異が残留モノマー量や吸水性等の性質に影響し、色調変化の程度が異なったものと推察する。一方で、TはSU-L/SU-Hと比較してLUに有意に高い $\Delta E^*ab$ 値を生じさせていた。重合度と相反するこの結果については、CRの重合プロセスにおいてカンファーキノンに代表される有色性重合触媒が示す挙動だけでなく、製造時のLU独自の特殊熱処理の影響などが推察されるが、その実態は更なる検討が必要である。

**【結論】**コンポジットレジン材料は、その重合プロセスにかかわらず、着色性溶液への浸漬によって色調変化を生じた。また、その色調変化の程度は重合度が高まるほど小さくなる傾向を示した。一方で、重合度の高い材料に対しても大きな色調変化を生じる溶液が存在した。



## ペルオキシ修飾チタン酸ナノチューブへの Cu<sup>2+</sup>添加による フェントン型反応を用いた・OH 生成

<sup>1)</sup>大阪歯科大学歯科保存学講座, <sup>2)</sup>大阪大学産業科学研究所  
○西田尚敬<sup>1,2)</sup>, 岩田有弘<sup>1)</sup>, 保尾謙三<sup>1)</sup>, 竹内摂<sup>1)</sup>, 山本一世<sup>1)</sup>

### Hydroxyl radical generation by Cu<sup>2+</sup> addition to peroxo-modified titanate nanotubes.

<sup>1)</sup>Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

<sup>2)</sup>SANKEN, Osaka University

○Hisataka Nishida<sup>1,2)</sup>, Naohiro Iwata<sup>1)</sup>, Kenzo Yasuo<sup>1)</sup>, Takeuchi Osamu<sup>1)</sup>, Kazuyo Yamamoto<sup>1)</sup>

#### 【緒言】

チタニアナノチューブ (TNTs) は、光化学的な性質とユニークな構造の相乗効果により、優れた分子吸着能や光触媒活性を示す。しかし、TNT は紫外線にのみ活性を示す。我々はこの問題を解決するため、ペルオキシチタン錯体イオンを前駆体として用いたボトムアッププロセスによりペルオキシ基で修飾された可視光活性化チタン酸ナノチューブ (PTNT) を合成した<sup>1)</sup>。オフィスホワイトニングは、可視光照射による H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 分解時に生成されるヒドロキシラジカル (・OH) が有機着色物質を分解することで漂白作用が発現する。本研究では、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> と同じ電子配置を有する PTNT に修飾されているペルオキシ構造を可視光で分解することによる・OH 生成を検討し、過酸化水素を使用しない新規漂白プロセスを開拓することを目的とする。本実験では、ペルオキシ基の分解促進と可視光高感度化を同時に達成するために助触媒として Cu<sup>2+</sup>イオンを添加し、可視光照射時における光触媒特性評価およびラジカルトラップ剤を用いた反応種の同定をおこなった。

#### 【方法】

10 M NaOH 水溶液に 30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を混合し、そこに TiH<sub>2</sub> を添加することでペルオキシチタン錯体イオンを作製した。そして 100 °C で 24 h 反応させた後、5 M HCl にて酸処理し、繰り返し洗浄をおこない PTNT 粉末を得た。10 μM Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 水溶液に PTNT を混合し、Na<sup>+</sup> と Cu<sup>2+</sup> とのイオン交換反応による表面と層間へのインターカレーション吸着をおこなった。評価は UV-Vis 拡散反射測定により光吸収能を評価し、SEM および STEM にて形態観察、XPS による元素結合状態分析を行い、光触媒特性は可視光照射下 (>420 nm) でのローダミン B (RhB) 退色試験により評価した。また、RhB の分解に寄与している活性種を同定するために O<sub>2</sub><sup>・-</sup> に対するトラップ剤 (ベンゾキノン) と・OH に対するトラップ剤 (メタノール、ブチルアルコール) を添加した RhB 退色反応も評価した。

#### 【結果および考察】

ボトムアッププロセスにより合成した PTNT は白色から黄色に変化し、形態観察では、Cu<sup>2+</sup> 添加後も PTNT の形態を維持していた。Cu<sup>2+</sup> を添加した試料ではペルオキシ基由来の 400~500nm 付近の可視光吸収に加えて Cu<sup>2+</sup> 由来の可視光広域 (400~800nm) にわたる吸収ピークが認められ、バンドギャップは 1.70 eV まで狭窄した。可視光照射による RhB 退色試験では、Cu<sup>2+</sup> 添加により分解速度が大幅に促進された。この結果は、可視光エネルギーにより PTNT の価電子帯から励起した電子が Cu<sup>2+</sup> へ電荷移動し、電子-正孔の再結合が抑制されたことによると考えられる。さらに Cu<sup>2+</sup> による電荷の影響により分子吸着能も向上していた。また、ラジカルトラップ剤を添加した RhB 退色試験の結果から、PTNT と比較して O<sub>2</sub><sup>・-</sup> だけでなく・OH が RhB の分解に大きく寄与していることが確認された。これは PTNT 上の Cu<sup>2+</sup> イオンや溶液中に一部溶解した Cu<sup>2+</sup> イオンを介し、フェントン型反応によりペルオキシ構造が分解され、・OH が生成したことが考えられる。

可視光応答型である PTNT に Cu<sup>2+</sup> イオンを添加することで、励起電子の界面電荷移動が起こり可視光高感度化に成功し、また、・OH 生成量が増加したことから、可視光照射により PTNT 表面の -O-O- 結合が分解され酸化力の強い・OH が生成されることが示唆された。

#### 【結論】

PTNT は優れた分子吸着能を有し、可視光によりペルオキシ基を分解することでヒドロキシラジカルが生成することから、新規漂白プロセス構築への可能性が示された。

#### 【参考文献】

- 1) Park H et al. Enhancing visible light adsorption of yellow-colored peroxo-titanate nanotubes prepared using peroxo titanium complex ions. *ACS Omega* 2020; 5(34): 21753-21761.

## 初期根面齲蝕の治療指針立案に関する基礎的研究

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, 庄司元音, 杉村留奈, 高橋奈央, 柴崎 翔, 宮崎真至, 福本敬一

### Fundamental study on the formulation of guidelines for treatment of early root caries lesion

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○SUDA Shunichi, KUROKAWA Hiroyasu, SHOJI Mone, SUGIMURA Runa,  
TAKAHASHI Nao, SHIBAZAKI Sho, MIYAZAKI Masashi, FUKUMOTO Keiichi

#### 【研究目的】

近年、フッ化ジアンミン銀 (Silver Diamine Fluoride, SDF) が齲蝕象牙質を変色させる性質を利用して、実質欠損が認められず、触知も困難な初期根面齲蝕病変を早期に検出する試みがなされている。これまで演者らは、根面齲蝕を客観的に検出し、予防するための手法を確立することを目的として、脱灰程度の異なる根面齲蝕モデルに SDF を応用した際の状態変化を、超音波反射法ならびにデジタル画像解析処理によって検討し、超音波反射法による音速測定値と試片の黒変度に相関性があることを明らかにしてきた。一方、根面齲蝕の診断には従来触診が用いられており、病変部に探針を挿入した際の抵抗感を指標として、soft lesion, leathery lesion および hard lesion の3つに分類することで、根面齲蝕のマネジメントを決定する際の参考としている。すなわち、soft lesion は歯根の表層が軟化しており、病変部に多数の細菌が存在する活動性病変であるのに対し、hard lesion は健全な歯根と同程度の硬さを示し、病変部での細菌数も少なく、非活動性病変あるいは停止性病変として位置付けられる。そこで、本研究では、根面齲蝕モデルに SDF を応用した際の試片のヌーブ硬さを測定し、これを試片の黒変度と比較することで、初期根面齲蝕の治療指針立案のための基礎的データを収集する。

#### 【材料および方法】

##### 1. 根面齲蝕モデルの製作

ウシ歯歯根部唇側面象牙質をブロックとして切り出した後、厚さが 1.0 mm となるよう調整した。この象牙質ブロックの歯髄側および側面をワックスで被覆した試片を、0.1 M 乳酸緩衝液 (pH4.75) に 10 分間浸漬し、精製水で水洗した後に余剰水分を除き、人工唾液に保管した。この操作を 12 時間毎に 1 日 2 回、それぞれ 1, 7, 14 および 28 日間行う 4 条件を設定し、脱灰程度の異なる根面齲蝕モデル (AC1, AC7, AC14 および AC28) を製作した。

##### 2. ヌーブ硬さ測定

AC1~AC28 に対して、SDF (歯科用 38%サホライド液, ビーブランド・メディコーデンタル) を、マイクロブラシを用いて製造者指示条件で塗布、3 分間放置した。SDF 塗布前および塗布後精製水中に 1, 7 および 14 日間保管した AC1~AC28 について、それぞれヌーブ硬さ測定を行なった。なお、ヌーブ硬さの測定は、微小硬さ測定装置を用いて、荷重 0.20 N, 荷重保持時間 30 秒の条件で行い、試片の中央部付近 3 点での測定値の平均を各測定時期におけるヌーブ硬さとした。

##### 3. デジタル画像解析

ヌーブ硬さの測定に用いた AC1~AC28 の各測定時期でのグレースケール画像を、専用ソフト (Image J, Wayne Rasband) を用いて解析し、各画像の階調数を求めることで黒変度の指標とした。

#### 【成績および考察】

脱灰程度の異なる根面齲蝕モデルのヌーブ硬さは、いずれの測定時期においても、AC28 で他の条件と比較して小さな値を示した。また、いずれの試片においても、SDF 塗布前と比較して塗布後 7 日でヌーブ硬さが大きくなる傾向を示したが、その程度は異なるものであった。一方、SDF 塗布後の各試片のグレースケール画像の階調数は、AC28 で他の条件と比較して小さな値を示した。歯のヌーブ硬さの変化はミネラル含有量と正の相関があることが報告されている。したがって、AC28 では、SDF の塗布によって生成した不溶性のリン酸銀およびフッ化カルシウムが、ミネラル含有量が低下した象牙質内部により多く取り込まれることで、試片の色調変化が大きくなった可能性が考えられた。

#### 【結論】

根面齲蝕モデルに SDF を応用した際の試片の黒変度とヌーブ硬さには相関性があることが示された。

## エナメル質初期齲蝕モデルに対する 高濃度フッ化物バーニッシュの再石灰化および耐酸性能

愛知学院大学歯学部保存修復学講座<sup>1</sup>

アイオワ大学歯学部保存修復学講座<sup>2</sup>

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座<sup>3</sup>

○岩脇李可<sup>1</sup>, 堀江 卓<sup>1</sup>, 長塚由香<sup>1</sup>, 辻本暁正<sup>1,2,3</sup>

### Effectiveness of fluoride burnishes on remineralization and acid resistance of initial caries lesions.

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University<sup>1</sup>

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry<sup>2</sup>

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry<sup>3</sup>

○IWAWAKI Rika<sup>1</sup>, HORIE Taku<sup>1</sup>, NAGATSUKA Yuka<sup>1</sup>, TSUJIMOTO Akimasa<sup>1,2,3</sup>

#### 【目的】

高濃度フッ化物バーニッシュは、本邦において一般的名称を「象牙質知覚鈍麻剤」あるいは「知覚過敏抑制材料」として認可されているものの、欧米では象牙質知覚過敏症に対する応用のみならず齲蝕の発生予防および進行抑制を目的としても使用されている。一方、これらのバーニッシュのフッ化物濃度はいずれも 22,600 ppm に調製されているものの、その成分や配合は製品によって異なる。また、エナメル質初期齲蝕に対して高濃度フッ化物バーニッシュを応用する際には、表層化脱灰層の再石灰化促進と結晶性向上が成功の鍵とされているものの、これらの詳細に関する検討は少ないのが現状である。そこで本研究では、高濃度フッ化物バーニッシュの応用がエナメル質初期齲蝕の発生予防および進行抑制に及ぼす影響を解明する研究の一環として、ウシエナメル質を用いて初期齲蝕モデルを再現し、これらに高濃度フッ化物バーニッシュを塗布した際の再石灰化能および同部を脱灰した際の耐酸性能について、無処理あるいはフッ化物洗口剤を使用した際との比較・検討を行った。

#### 【材料および方法】

供試した高濃度フッ化物バーニッシュは、エナメラスト (Ultradent Product) およびクリンプロホワイトバーニッシュ F (3M Oral Care) の、合計 2 製品である。また、フッ化物洗口剤としてミラノール顆粒 11 % (Bee Brand Medico Dental) を使用した。エナメル質初期齲蝕モデルの作製に際しては、ウシ下顎前歯歯冠部中央からブロック状のエナメル質を切り出し、その表面に乳酸二層法を用いて表層下脱灰層を調製した。得られたエナメル質初期齲蝕モデルを、高濃度フッ化物バーニッシュ塗布群 (エナメラスト: E 群; クリンプロホワイトバーニッシュ F: W 群) ではそれぞれのバーニッシュを 1 回塗布し、フッ化物洗口剤浸漬群 (250 ppm に調整したミラノール水溶液: M 群) では 1 日 2 回 10 分間、3 日間の洗口剤に浸漬した。また、それぞれ群にフッ化物処理を行う時間以外は、試料を唾液基準ミネラル溶液中に合計 3 日間保管した。さらに、無処理群ではフッ化物処理を行わず 3 日間唾液基準ミネラル溶液中に保管した試料も作製した。E 群、W 群、M 群および無処理群として作製した試料は、表層下脱灰部の耐酸性能を検討するため pH 4.6 に調製した人工脱灰液に 3 日間浸漬した。その後、エナメル質初期齲蝕モデルに対するフッ化物処理前後および脱灰処理後の様相を検討するため切片を作製し、これらの Contact Microradiogram (CMR) からミネラルプロファイルを作成し、再石灰化能およびミネラル喪失量を検討した。さらに、フィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザーを用いて、各試料の縦断面における Ca および P の元素分布を分析した。

#### 【結果および考察】

フッ化物処理前のエナメル質初期齲蝕モデルにおける CMR では、その最表層におけるエナメル質は保持されているものの、その直下では脱灰層が観察されるとともにミネラルの喪失が認められた。また、フッ化物処理後の表層下脱灰層における CMR およびミネラルプロファイルでは、E 群、W 群および M 群のいずれにおいても無処理群と同様な様相が観察された。一方、脱灰処理後の表層下脱灰層では、E 群、W 群および M 群においてその最深部に耐酸性を有する層が観察された。このことは、表層下脱灰層の再石灰化にはフッ化物の応用のみならず唾液などからの持続的な  $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{HPO}_4^{2-}$  の供給が必要であるものの、その最深部にはフルオロアパタイトが形成され耐酸性を示す層が構築されたものと考えられた。

#### 【結論】

エナメル質初期齲蝕モデルへの高濃度フッ化物バーニッシュあるいはフッ化物洗口剤の応用は、表層下脱灰層の再石灰化を顕著に促進しないものの、その最深部の耐酸性を向上させることが明らかとなった。

## ハンディー型硬さ測定器の開発 (試作)

兵庫医科大学歯科口腔外科学講座  
○清水明彦

**Development of Handy Hardness Tester (preproduction)**  
Department of Dentistry and Oral Surgery, Hyogo College of Medicine  
○Akihiko Shimizu

### 【研究目的】

臨床でう蝕を治療する際に、う蝕象牙質をどこまで削除するかは極めて重要な問題であり、う蝕象牙質削除の終了点 (end point) を判定するために、う蝕検知が使用されることが多い。ただしう蝕検知の染色性は硬さとは関連していない<sup>1)</sup>。一方う蝕削除の end point は、スプーンエキスカベーターに対する切削抵抗の強さ (硬さ) で判断することが推奨されている<sup>2)</sup>。しかし切削抵抗感は、術者個人の感覚や経験の多寡などにより、さらに器具の操作法、刃先の切れ味などによっても変わってくるため、その評価は信頼性に乏しいと言わざるを得ない。

そのような現状に鑑み、演者は臨床でう蝕象牙質の硬さを簡単に測定することを目的に、ハンディー型硬さ測定器の開発と試作を試みたので報告する。

### 【硬さ測定器の概略と測定原理】

タングステンカーバイド製の棒線 (長さ約 20 mm、直径 0.5 mm) の一端を円錐角 60 度、先端曲率半径 18 μm の圧子に成形し、この圧子棒線を金属性の外管 (長さ約 9 mm、外径 1 mm、内径 0.5 mm) に挿入した。圧子部は外管から 0.4 mm 露出させ、棒線の一方の端は、ひずみゲージを取り付けた金属板に接触するようにした。測定原理は、外管を試料面に垂直に押し付けると、圧子は試料の硬さに応じて外管内に押し込まれ、この圧子の変位量をひずみゲージが数値化しグラム値として表示するものである。つまり試作器のグラム値は、試料の硬さとリンクすることになる。

### 【方法および成績】

プラスチック試料 (6 種) のヌーブ硬さを硬度計 (MVK-E, 明石) で測定した。試作器の圧子をそれらの試料に押し付けたときに表示されるグラム値を調べ、「試料のヌーブ硬さ (KHN) / 試作器のグラム値の平均値 (n=5)」のペアデータとして「6 KHN/168g」, 「9 KHN/203g」, 「12 KHN/217g」, 「15 KHN/232g」, 「17 KHN/244g」, 「26 KHN/257g」が得られた。これらのデータから「試作器の表示値 (g) と試料の硬さ (KHN)」の相関関係をグラフにした。硬さ未知の試料の硬さは、試作器が表示する数値を相関グラフを用いてヌーブ硬さに換算すれば求めることができる。

### 【考 察】

臨床でう蝕象牙質や白斑の硬さが測定できる機器として「カリオテスター」がある<sup>3)</sup>。カリオテスターで硬さを測定するには、ハンドピースの他にデジタル顕微鏡とノートパソコンが必要であり、このことが臨床で使用する際の制約となっていたことから、ハンドピース単独で硬さ測定ができる機器の開発が望まれていた。このたび開発/試作した硬さ測定器はハンディー型であり、臨床での硬さ測定も容易かつ手早く行えるであろう。ただ現時点で表示されるのはグラム値であるが、これは硬さとリンクしているので、必要に応じてヌーブ硬さに換算することができる。

### 【まとめ】

ハンドピース単体で硬さが調べられるハンディー型の硬さ測定器を開発/試作した。この試作器の表示するグラム値はヌーブ硬さとリンクしているので、随時ヌーブ硬さに換算することができる。

### 【文 献】

- 1) 清水明彦. 根面う蝕象牙質のう蝕検知液に対する染色性とヌーブ硬さ. 2023 年度秋季学術大会 (第 159 回) 抄録集; 23. Abst. No. A.
- 2) Schwendicke F, et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Removal, *Advances in Dental Research* 2016; 28(2): 58-67.
- 3) Shimizu A, Nakashima S, Nikaido T, Sugawara T, Yamamoto T, Momoi Y. Newly developed hardness testing system, "Cariotester": Measurement principles and development of a program for Knoop hardness of carious dentin, *Dent Mater J* 2013; 32(4): 643-647.

## 結晶系の異なる市販ジルコニアへの抗菌分子吸着：熱分析による吸着形態の評価

- 1 鹿児島大学大学院医歯学総合研究科 歯科保存学分野
- 2 鹿児島大学大学院医歯学総合研究科 歯科生体材料学分野
- 3 産業技術総合研究所 健康医工学研究部門

○糸田川美鴻<sup>1</sup>, 河野博史<sup>2</sup>, 東中尾忠洋<sup>2</sup>, 杉浦悠紀<sup>3</sup>, 大塚裕太<sup>2</sup>, 菊地聖史<sup>2</sup>, 西谷佳浩<sup>1</sup>

### Adsorption capability of antibacterial agents on commercial zirconia with different crystal systems: Investigation of adsorption using thermal analysis

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

2 Department of Biomaterials Science, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Kagoshima University

3 Health and Medical Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

○Iotogawa M<sup>1</sup>, Kono H<sup>2</sup>, Higashinakao T<sup>2</sup>, Sugiura Y<sup>3</sup>, Otsuka Y<sup>2</sup>, Kikuchi M<sup>2</sup>, Nishitani Y<sup>1</sup>

#### [緒言]

歯科用ジルコニアは、その優れた生体親和性と機械的特性、天然歯に近似した審美性といった利点から、保存修復や補綴において広く利用されている。現在の市販品はそれらの性質がバランスよくまとまっている。したがって、さらなる品質の改善は限界に達しつつあると考えられることから、新たな付加価値の創生が期待される。

我々はこれまで、う蝕予防のためジルコニアに持続的な抗菌性を簡便に付与する方法を検討することを目的とし、研究を進めてきた。抗菌成分として市販の口腔ケア用品に広く用いられている塩化セチルピリジニウム (CPC) と塩化ベンザルコニウム (BKC) について、単斜晶および正方晶ジルコニア表面への吸着性を、主として CHN 分析やゼータ電位測定にて調べてきた。今回は新たに、ジルコニアごとの吸着形態の違いについて評価することを目的に熱分析を実施したので、その結果を報告する。

#### [材料および方法]

単斜晶ジルコニアとして ZrO<sub>2</sub> 粉末 (富士フィルム和光純薬) を、正方晶ジルコニアとして 3 mol% Y-TZP, 4 mol% Y-TZP, 6 mol% Y-TZP の各粉末 (TZ-PX-245, TZ-PX-524, TZ-PX-430, 東ソー) を用いた。ZrO<sub>2</sub> は 600°C で 10 時間、Y-TZP は 1, 100°C で 5 時間焼成後、0.5% CPC 含有リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 30 ml または 0.5% BKC 含有 PBS 30 ml に 37°C で 24 時間浸漬した。蒸留水で洗浄後、40°C の恒温槽にて水分を除去し、試料を調整した。

各試料について、粉末 X 線回折装置 (MiniFlex600, リガク) を用い、結晶構造の確認を行った。測定条件は、2θ が 3° ~ 90° , 走査速度が 5° /min とした。電界放出形走査電子顕微鏡 (JEM6700z, JEOL) を用い、電子顕微鏡写真を撮影した。また、各試料について BET 装置 (NOVA1200e, Anton Paar) を用い、比表面積を測定した。さらに、CHN 元素分析装置 (CHN コーダー MT-6, ヤナコ分析工業) を用い、抗菌分子の吸着量を調べた。得られた値に対し、統計解析ソフト (SPSS 27, IBM) を用いて二元配置分散分析を行った。

また、BKC に浸漬した各ジルコニア試料を乾燥させ調製した。試料を TG-DTA (Thermo Plus TG8110, リガク) により、熱分析を行った。得られたデータから抗菌分子の吸着形態を調べた。

#### [結果]

XRD パターンより、ZrO<sub>2</sub> は単斜晶、Y-TZP は正方晶であることが確認された。BET と CHN 元素分析より、ZrO<sub>2</sub> に C が有意に吸着していた。また、Y-TZP は Y 含有量に比例して C 吸着量が増加していた。加えて、単斜晶は正方晶に比べ単位面積当たり数倍の抗菌分子吸着能が認められた。

熱分析の結果、BKC 単品では 209°C で相転移し、256°C で燃焼した。抗菌分子が吸着していたジルコニア試料では、250°C 前後で発熱挙動が見られた。

#### [考察]

ジルコニアの結晶構造の違いや Y 含有量が抗菌分子の吸着に影響を与えることが示唆された。また、結晶構造の違いにより抗菌分子の吸着形態の違いがあることが示唆された。

#### [謝辞]

本研究は、JSPS 科研費 JP23K09235 の助成を受けたものです。

## リン酸緩衝生理食塩水に浸漬した各種 MTA セメントの 元素分析および析出物の形態観察

愛知学院大学歯学部保存修復学講座<sup>1</sup>

アイオワ大学歯学部保存修復学講座<sup>2</sup>

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座<sup>3</sup>

○佐久間恵子<sup>1</sup>, 堀江 卓<sup>1</sup>, 松井 渚<sup>1</sup>, 辻本暁正<sup>1,2,3</sup>

### Elemental analysis and morphological observation of various types of MTA cements immersed in phosphate buffered saline

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University<sup>1</sup>

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry<sup>2</sup>

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry<sup>3</sup>

○SAKUMA Keiko<sup>1</sup>, HORIE Taku<sup>1</sup>, MATSUI Nagisa<sup>1</sup>, TSUJIMOTO Akimasa<sup>1,2,3</sup>

#### 【目的】

MTA セメントを用いて直接覆髄を行なった際、歯髄組織と接したセメント表面ではリン酸カルシウム結晶が析出することが知られており、これが同材の優れた生体親和性及封鎖性を示す理由のひとつとされている。演者らは、これまで粉液タイプの MTA セメントのみならずレジン成分が添加された光重合型の MTA セメントにおいても、材料内の Ca などの元素が材料表面に移動することでリン酸カルシウム様結晶物が析出することを報告してきた。一方、MTA セメントは、デュアルキュアあるいは化学重合性をもたせたレジン添加型の MTA セメントなど、各メーカーから特色をそれぞれに持たせた製品が市販されている。そこで本研究では、デュアルキュアおよび化学重合型のレジン添加型 MTA セメントを含む 5 種の MTA セメントをリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 中に浸漬し、その表面における材料内外でのリン酸カルシウム様結晶物の析出に關与する元素 (P, Ca, Si および C) の挙動および析出物の微細構造を、電子線マイクロアナライザー (EPMA) および走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて検討した。

#### 【材料および方法】

供試したセメントは、デュアルキュア型のレジン添加型 MTA セメントの TheraCal PT (Bisco)、化学重合型のレジン添加型 MTA セメントの Super MTA Paste (サンメディカル)、粉液タイプの従来型 MTA セメントの ProRoot MTA (Dentsply Sirona)、MTA Flow White (Ultradent Product) および Mielle (ヤマキン) の、合計 5 製品である。硬化させたスパー樹脂に円柱形の規格孔 (直径 3.0 mm, 深さ 2.0mm) を形成し、供試した MTA セメントを填塞した。デュアルキュア型の TheraCal PT においては填塞後に 20 秒間光照射した。いずれも硬化を確認後、擬似組織液として 37 °C の PBS 中に試料を 1 日あるいは 7 日間浸漬した。その後、これら試料および PBS 中に浸漬していない試料をスパー樹脂にて包埋し、低速精密切断機 (Isomet, Buehler) にて試料中央で切断した。これら試料切断面を #2,000 の耐水研磨紙まで研磨し、水洗・乾燥後、P, Ca, Si および C の各元素分布の様相を EPMA (JXA 8530F, 日本電子) を用いて分析した。また、EPMA 分析用試料と同様に PBS 中に 1 日あるいは 7 日間浸漬した試料を作製し、金蒸着を施した後、MTA セメント表面に生じた析出物の微細構造を SEM (VE-9800, Keyence) にて観察した。

#### 【結果および考察】

EPMA を用いた 1 日あるいは 7 日間 PBS 中に浸漬した MTA セメント表面における分析では、すべての製品において P および Ca を多く含有する結晶物の析出が認められた。これらの析出物は、材料練和時あるいは PBS からの材料への水分の浸透によって水和反応生じ、材料表面に移動したカルシウムイオンが PBS 中のリン酸イオンと反応し安定化することで析出したリン酸カルシウム様結晶物であると考えられた。PBS 浸漬後の MTA セメント表面における SEM 観察像では、材料の違いによって異なる性状の析出物が認められ、その表面には針状あるいは板状構造を呈する球状の粒子が凝集した像が観察された。このことから、デュアルキュアおよび化学重合型の MTA セメントにおいても従来型の MTA セメントで認められた材料内外への元素の移動が生じており、これらのセメントを直接覆髄材として使用した際においても従来型の MTA セメントと同様な修復機転が生じるものと推察された。

#### 【結論】

本実験の結果から、供試したデュアルキュアおよび化学重合型のすべての MTA セメントにおいて、セメントの PSB 中への浸漬によってその表面に P および Ca を多く含むリン酸カルシウム様結晶の析出されたものの、その微細構造は異なるものであることが判明した。

ジルコニアに対する Er:Cr:YSGG レーザーの透過性について  
—ジルコニアの厚みと注水の影響—

大阪歯科大学 歯科保存学講座

○緒方彩乃, 保尾謙三, 岩田有弘, 森川裕仁, 岩崎和恵, 横田啓太,  
三木晃治, 岸田宏樹, 西願貴庸, 吉川一志, 山本一世

The transmittance of Er, Cr:YSGG laser for the zirconia  
—The influence in thickness of zirconia and the water injection—

Department of Operative Dentistry, Osaka Dental University

○OGATA Ayano, YASUO Kenzo, IWATA Naohiro, MORIKAWA Yuto, IWASAKI Kazue, YOKOTA Keita,  
MIKI Koji, KISHIDA Hiroki, SAIGAN Takanobu, YOSHIKAWA Kazushi, YAMAMOTO Kazuyo

【目的】

金属材料を用いた歯冠修復治療は一般的に行われているが、金属アレルギーや審美不良などの問題点が存在する。高強度セラミック材料であるジルコニアは、高透光性やマルチレイヤーといった審美性を改善した開発もされ、メタルフリー歯冠修復治療に応用されている。しかし、モノリシックジルコニア修復物では、その機械的強度の高さにより難除去性が認められる。本研究では、接着性レジメンメントを用いたモノリシックジルコニア修復物の除去における、歯科用レーザーである Er:Cr:YSGG レーザー（以下、レーザー）の有効性の検討を目的として、注水の有無とジルコニアの厚みがレーザーの透過性に与える影響について検討を行った。

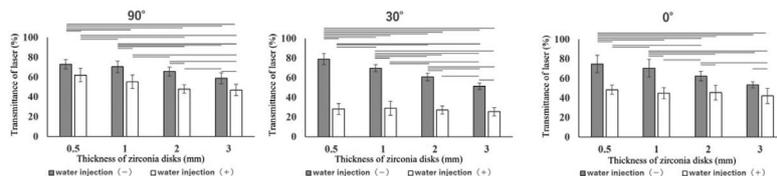
【材料と方法】

レーザー発振機器として waterlase iPlus (BIOLASE) を、照射チップは MZ8 を使用し、照射条件は 3.5W・20Hz・H mode とした。ジルコニアとして、VITA YZ ST ディスク (VITA) を使用した。

ジルコニアディスクの平面に対して垂直 (90°)・30°・水平 (0°) の角度で切削し、厚さ 0.5, 1.0, 2.0, 3.0mm の 7mm×7mm ジルコニアディスク試料を作製し焼成後、試料表面を SiC#600 まで研磨した。試料面に各 5 点ずつ注水 (-) Water0%・Air50% でレーザー照射を行い、レーザーパワーメーター (FieldMax II : COHERENT) を用いてレーザーの透過出力を測定した。試料なしでのレーザーの測定出力を基準とし、測定結果から透過率を算出した。また同様に、注水 (+) Water50%・Air50% でのレーザーの透過出力も測定し、透過率を算出した。統計処理は、二元配置分散分析および Tukey の検定を行った (p < 0.05)。

【結果及び考察】

測定結果を Fig.1 に示す。90°・30°・0° において、注水の有無と試料の厚みについて交互作用が認められた。90° の注水 (-) では、0.5 群と 1.0 群と 2.0 群の透過率に有意差はなく、3.0 群は 0.5 群・1.0 群と比べて有意に低い透過率を示した。注水 (+) では、0.5 群と 1.0 群の透過率に有意差はなく、2.0 群は 0.5 群と比べて有意に低い透過率を示し、3.0 群は 0.5 群・1.0 群と比べて有意に低い透過率を示した。30° の注水 (-) では、0.5 群・1.0 群・2.0 群・3.0 群全てにおいて、有意な透過率の低下が認められた。注水 (+) では、0.5 群・1.0 群・2.0 群・3.0 群全てにおいて透過率に有意差は認められなかった。0° の注水 (-) では、0.5 群と 1.0 群の透過率に有意差はなく、2.0 群は 0.5 群と比べて有意に低い透過率を示し、3.0 群は 0.5 群・1.0 群と比べて有意に低い透過率を示した。注水 (+) では、0.5 群・1.0 群・2.0 群・3.0 群全てにおいて透過率に有意差は認められなかった。また、すべての条件において、同じ厚み間で注水 (-) の透過性は、注水 (+) と比べて有意に低下していた。これは、Er:Cr:YSGG レーザーは水分子へのエネルギー吸収が高いため、注水時の試料表面の水分子に吸収され、透過エネルギーが低下したと考えられる。また、ジルコニア試料の厚みの増加により、試料内部での吸収が増加したため透過エネルギーが低下したと考えられる。



【結論】

ジルコニアに対する Er:Cr:YSGG レーザーの透過性について、注水・非注水にかかわらずレーザーの透過は認められたが、注水の影響ならびにジルコニアの厚みの増加によりレーザーの透過性が減衰することが示唆された。

## 半導体レーザー照射が象牙質共培養下におけるヒト歯髄幹細胞の分化に及ぼす影響

<sup>1</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>2</sup>日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第1講座

<sup>3</sup>日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座

○鎗田 将史<sup>1</sup>、北島 佳代子<sup>1,2</sup>、新海 航一<sup>1,3</sup>

### Effects of semiconductor laser irradiation on differentiation of human dental pulp stem cells in coculture with dentin.

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

<sup>2</sup>Department of Endodontics, the Nippon dental University School of Life dentistry at Niigata

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

○YARITA Masafumi<sup>1</sup>, KITAJIMA Kayoko<sup>1,2</sup>, SHINKAI Koichi<sup>1,3</sup>

#### 【目的】

低出力によるレーザー照射は細胞を活性化し、治癒促進や疼痛緩和をもたらす。このLLLTはPhotobiomodulation Therapy (PBMT)としても知られており、近年では組織再生研究分野において利用されている。また、レーザー切削や覆髄後のレーザー照射によって修復象牙質の形成が増加されるという報告もあり、組織再生におけるレーザー照射の有効性が認められているが、細胞レベルでのPBMTに関する基礎的データが不足している。そこで、本研究では、象牙質共培養下におけるヒト歯髄幹細胞(hDPSC)に対する半導体レーザー照射のPBMTが、hDPSCの象牙芽細胞様細胞(OLC)への分化促進性に及ぼす影響を定量的逆転写PCR(qRT-PCR)で評価した。

#### 【材料と方法】

本実験では、ヒト成人第三大臼歯由来のhDPSC(継代数4~6, Lonza)を用いた。48wellプラスチックプレートにhDPSCを $5 \times 10^4$  Cells/mLの濃度で播種した。10%FBS、1%Penicillin-Streptomycin-AmpotericinBを含むDMEMを基本培地(BM)とし、BMにAscorbic acid (50 $\mu$ g/mL)、dexamethasone (0.1 $\mu$ M)、 $\beta$ -glycerophosphate (5mM)およびTGF- $\beta$  (10ng/mL)を添加した培地をOLC分化誘導培地(ODM)として使用した。ウシ下顎前歯の歯根象牙質を厚さ200 $\mu$ m直径5mmの円板状にし、その円板上で細胞培養を行ったものを共培養とした。半導体レーザーは波長650nmのP2 Dental Laser (Pioon)を使用し、レーザーの照射条件は照射出力: 30mW、連続波、照射時間: 40秒間に設定した。播種6時間後にhDPSCに対して初回レーザー照射を行い、4日毎に計6回のレーザー照射を行った。実験群は、BMで単純培養を行った群(Cont)、BM+共培養を行った群(D)、ODMで単純培養を行った群(O)、ODM+共培養を行った群(OD)の4群を設定し、培養1、2および3週(W)後にqRT-PCRを用いて*nestin*、*ALP*、*DMP-1*および*DSPP*の遺伝子発現量を測定した。データは等分散性の検定結果に応じてone-way ANOVAとTukey検定、またはKruskal-Wallis検定とSteel-Dwass検定を用いて各培養期間における実験群および各実験群における培養期間の有意差検定を行った(有意水準5%)。

#### 【結果】

*nestin* 遺伝子の発現量はすべての培養期間においてContが最も多く、OとODにおいては有意に少なかった。*DMP-1* 遺伝子の発現量は1W後においてOとODが多かったが、両者ともContとの間に有意差は認められなかった。2W後においてDがContより有意に多く、3W後においてDはCont以外の実験群より有意に多かった。*ALP* 遺伝子の発現量は、1W後においてContとODが多く、両者ともDとの間に有意差を認めたが、Oとの間には有意差はなかった。2W後においてODが他群より有意に多く、3W後においてOとODが多かったが、両者ともContとの間に有意差は認められなかった。*DSPP* 遺伝子の発現量は、1W後と2W後においてすべての実験群間に有意差を認めなかったが、3W後においてOとODがContより有意に多く、特にODは顕著に発現量が多かった。

#### 【考察】

*nestin* 遺伝子はContで発現量が最も多く認められ、OやODなどODMで培養した実験群で発現量が有意に少なかった。その理由としては、ODM中のTGF- $\beta$ が*nestin*の発現を抑制した可能性があると考えられる。OLCへの分化を示唆する*nestin*以外の遺伝子発現に関しては、*ALP*と*DMP-1*では共培養した実験群とコントロールとの間に明確な差は認められなかったが、*DSPP*ではODMと共培養した実験群がコントロールより有意に発現量が多かったことから、臨床をシミュレーションした*in vitro*における実験で、PBMTがhDPSCのOLCへの分化誘導を促進させる可能性が示された。今後、PBMTの効果を明確にするために、免疫染色やWestern Blottingなど追加実験が必要であると思われる。

#### 【結論】

低出力レーザー照射によるPBMTが、象牙質共培養下におけるhDPSCのOLCへの分化誘導に及ぼす影響に関して、定量的逆転写PCRを用いた*nestin*、*ALP*、*DMP-1*および*DSPP*の遺伝子発現で評価した結果、PBMTはhDPSCのOLCへの分化誘導を促進することが示唆された。

## OVX ラットの骨代謝に及ぼす半導体レーザー照射の影響について

明海大学歯学部附属明海大学病院<sup>1)</sup>

松本歯科大学学生化学分野<sup>2)</sup>

明海大学歯学部保存治療学分野<sup>3)</sup>

○古川敏子<sup>1)2)</sup> 河野宗光<sup>3)</sup> 宇田川信之<sup>2)</sup> 横瀬敏志<sup>3)</sup>

## Effects of diode laser irradiation on bone metabolism in OVX rat

Meikai Dental University Hospital

Makai University School of Dentistry, Division of Endodontics and Operative Dentistry

Department of Biochemistry Matsumoto Dental University

○Toshiko Furukawa Munemitsu Kawano Udagawa Nobuyuki Satoshi Yokose

『目的』:骨組織はメカニカルストレスに反応して、骨代謝がコントロールされていることは、Wolf の法則や Frost のメカノスタット理論からもよく知られている。機械的な刺激が骨組織に加わると、骨細胞がメカノセンサーとして力を認識して、Wnt シグナルのアンタゴニストである Sclerostin の発現を抑制することで骨形成を促進することが明らかにされている。一方、我々はこれまでに低出力 Laser 照射(LLLT 照射)が示す細胞活性化機能(Photobiomodulation)に注目して、特に骨代謝に対する作用を長年基礎的な研究をおこなってきた。そして、LLLT 作用が機械的刺激と同じように、骨細胞に対して Sclerostin の発現を抑制し、骨形成を亢進させることを発見した。そこで、今回はこの LLLT 作用がエストロゲン欠乏下での骨代謝にどのような影響を与えるかという発想に至った。このような背景のもと深部到達型である半導体レーザーを骨粗鬆症モデルラットである

卵巣摘出ラット(OVX rat)の脛骨に照射して、エストロゲン欠乏下での骨代謝に対する影響を、形態学的な解析を行い調べた。

『材料と方法』: この実験は明海大学歯学部動物実験倫理委員会の承認を受けて行いました(A2310)。雌 SD rat(12 週) 10 匹を使用し、5 匹に OVX 手術(OVX 群)を行い 5 匹に偽手術(sham 群)を行った。OVX 手術後 2 日おきに各 Rat の右脛骨にレーザー照射 (Filio: ヨシダ社製 波長 808nm)を行い、左脛骨は control としてガイド光のみの照射を行った。OVX 手術後 25 日目に屠殺を行い、脛骨を摘出しサンプルとした。その後デンタルレントゲン撮影、 $\mu$  CT(インビボサイエンス株式会社)撮影を行い、3次元解析を行うために 3D BON を用いて、海面骨の BMD(Bone mineral density)を解析した。

『結果』:OVX 群脛骨の BMD は Sham 群のものに比較して有意に減少しており、骨粗鬆症の発症を確認できた。半導体レーザー照射を照射した脛骨での、海面骨量は、Sham 群と OVX 群ともに control 側に比較して有意に BM が高い値を示した。特に、OVX 群でのレーザー照射側の BMD は sham 群の control 側の BMD より高い値を示した。

『考察』 半導体レーザー照射によって骨組織における海面骨の BMS を増加する効果が見られた。さらにエストロゲン欠乏状態の骨組織においても、半導体レーザーは海面骨の減少を抑制し、さらには海面骨の形成を促進することが確認できた。これらの結果は、半導体レーザーの LLLT はエストロゲン欠乏状態での骨粗鬆症の予防に応用できる可能性が示唆された。

結論: 半導体レーザーの LLLT 作用はラット脛骨の海面骨を増加させる。この作用はエストロゲン欠乏状態の骨組織においても海面骨の増加作用が認められた。

## 新規開講演習 Global Medical English II における保存修復学教育 および学生アンケート結果分析

福岡歯科大学総合歯科学講座総合歯科学分野<sup>1)</sup>, 福岡歯科大学口腔治療学講座歯周病学分野<sup>2)</sup>  
○山田和彦<sup>1)</sup>, 畠山純子<sup>1)</sup>, 山本 繁<sup>1)</sup>, 鷹取 諄<sup>1)</sup>, 坂上竜資<sup>2)</sup>, 米田雅裕<sup>1)</sup>

**Operative dentistry education in Global Medical English II,  
and analysis of a questionnaire survey**  
Section of General Dentistry, Department of General Dentistry<sup>1)</sup>  
Section of Periodontology, Department of Odontology<sup>2)</sup>  
○Kazuhiko Yamada<sup>1)</sup>, Junko Hatakeyama<sup>1)</sup>, Shigeru Yamamoto<sup>1)</sup>,  
Jun Takatori<sup>1)</sup>, Ryuji Sakagami<sup>2)</sup>, Masahiro Yoneda<sup>1)</sup>

近年, 日本語を母国語としない患者の来院が増加しており, 診療室で英語を使う機会が増加している。また, 海外の大学への学生派遣, 海外からの学生受け入れなど, 国際交流の重要性も高まっている。さらに, 歯科医師国家試験でも英語問題が出題されており, 歯科臨床英語力の向上が求められている。福岡歯科大学では臨床推論能力および歯科臨床英語力の向上を目的に令和4年, 5年生を対象にPBL形式の演習 Global Medical English II (GME II) を開講した。そして, 「臨床実習に必要な知識を整理し症例を通じて自ら考え臨床推論する方法を身につける。外国人患者に適切に対応するために, 臨床に必要な基礎的英語力を習得する。歯科医師として習得すべき必須の英単語を理解する。」ことを演習の目標としている。

GME II は臨床系15分野の教員の協力を得て計15コマの枠で実施され, 演習は基本的なPBL様式に則って行われた。提示された症例に関する質問について小グループ(6名)でディスカッションを行い, その後, 質問の回答を含む別の資料を提示する, ことを繰り返した。また, 最後に英単語の問題や国家試験問題の改変問題を回答させた。

演習の基本的な形式は統一したが, 課題や内容については各診療科の独自性にゆだね, 資料やシナリオも各診療科で準備した。総合歯科は演習全体の取りまとめを行うほか, 1コマの演習を担当した。総合歯科の演習では変色歯の症例を提示し, 原因, 治療法についてディスカッションさせた。また, 治療法の一つとしてラミネートベニア修復を指定し, 関連する処置内容, 使用器具, 材料等についてディスカッションさせた。さらに, 診療録記載の勉強としてPOMR(problem-oriented medical record)に関するテーマについても検討するよう指示した。

今後の授業法改善のため, GME II 最終日に無記名のアンケートを実施し, 記載漏れがなく, 公表に同意が得られた回答を分析した(出席者71名, 有効回答数61, 有効回答率85.9%)。その結果, 授業の量についてはちょうどよかったという回答が多く, 8割以上の学生がディスカッションに「積極的に参加した」と回答した。今回, グループディスカッションは6人で行われたが, 人数は6人よりも少ない方が良かったという意見が多かった。PBL形式の演習のため, チューターの関与具合に不安があったが, チューターの関与はほぼ適切だったという回答が多かった。半数以上の学生が歯科英語に対する興味が増えたと回答した。歯科英語の力が身についたと回答した学生は59.0%であったが, 臨床推論が身についたと回答した学生は44.2%であった。英語の量に関してはちょうどいいと感じた学生が多かったが, 今後はもっと増やした方がいいという意見も多かった。自由記載の回答としては, 「臨床で実際に見た症例があって, それはとても勉強になった。」「症例の課題を順番に解決していくのは楽しかった。」というポジティブなものが多かったが, 「英語ができない人が多すぎ。もっと英単語を学んでほしい。」などあまり満足できていないような回答もあった。

今回は, GME II 全体についてのアンケートであったので, 演習の概要についての評価を行い, 今後の演習改善法について検討している。今後は総合歯科担当分の調査を実施し, 保存修復学教育について, より細かな分析を行う予定である。

本研究は福岡学園倫理審査委員会の許可を得て行った(許可番号611号)。開示すべきCOIなし。

会員外協力者:

池邊哲郎(福岡歯科大学口腔顎顔面外科学講座口腔外科学分野)

内田竜司(福岡歯科大学教育支援・教学IR室)

壬生正博(福岡歯科大学医療人間学講座言語情報学分野)

稲井哲一朗(福岡歯科大学学生体構造学講座機能構造学分野, 学生部長)

## 三次元形状計測システムを用いた窩洞形成技能評価 -臨床研修歯科医教育の経時的評価-

1 神奈川歯科大学 歯科保存学講座 保存修復学分野 2 神奈川歯科大学 歯科診療支援学講座 クリニカル・バイオマテリアル学分野 3 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第1講座

○武村 幸彦<sup>1</sup>, 大橋 桂<sup>2</sup>, 椎谷 亨<sup>1</sup>, 両角 俊哉<sup>3</sup>, 向井 義晴<sup>1</sup>

### Evaluation of cavity preparation skills using 3D shape measurement system - Longitudinal assessment in dental resident education -

1 Department of Restorative Dentistry, 2 Department of Clinical Biomaterials, Kanagawa Dental University

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

○Yukihiko TAKEMURA<sup>1</sup>, Katsura OHASHI<sup>2</sup>, Toru SHIYA<sup>1</sup>, Toshiya MOROZUMI<sup>3</sup>, Yoshiharu MUKAI<sup>1</sup>

#### 【目的】

窩洞形成は歯科治療の基本手技であり、基礎実習から臨床研修を経て習熟度が高まる。一方、臨床研修歯科医の技術評価においては、評価者の変更や時間経過による評価のばらつき、公平性や一貫性を損なう要因となりうる。

本研究の目的は、非接触・高速三次元形状計測装置を用いて、臨床研修歯科医の窩洞形成技術の経時的変化を客観的かつ定量的に評価することである。

#### 【方法】

2017年度から2020年度にかけて神奈川歯科大学附属病院の歯科医師臨床研修プログラムに参加した131名の臨床研修歯科医を対象とした。期間中に参加者は窩洞形成技術の指導を受け、自己研鑽を重ねた後、統一された基準に基づいて技能評価を受けた。評価は、①Black Class I cavity : 26 および②Black Class II cavity (slice type) : 16の鑄造修復窩洞形成に対して行われた。

技能評価は、非接触型高速三次元形状計測システム (VMS-10XR 型, 株式会社ユニスン製) を使用して行われた。このシステムは、実際に形成された窩洞と事前に登録された標準的な窩洞モデルとを比較し、削り過ぎ、削り不足の程度に基づいて外形点数と深さ点数を算出し、これらを合わせて総合点数を算出する。この方法により、窩洞形成技術の精度を定量的に評価し、臨床研修歯科医の技能向上の度合いを客観的に捉えることが可能となる。統計分析には、Kruskal-Wallis test および Steel-Dwass test ( $p < 0.05$ ) を行った。

#### 【結果および考察】

2017年度から2020年度にわたる臨床研修歯科医による Class I cavity および Class II cavity の窩洞形成技術の年度別変化を分析した結果、Class I cavity および Class II cavity とともに総合点数、外形点数、深さ点数は年度ごとに向上傾向を示した。特に、Class II cavity の深さ点数は、2017年度から2020年度にかけて有意に大きな技術向上が認められ、 $64.8 \pm 11.1$  から  $73.6 \pm 8.7$  という高水準に到達した。しかし、標準偏差の増加が一部の指標で観察され、技術の習熟度におけるばらつきが存在することが明らかとなった。これは、臨床研修歯科医の中に特定の技術を習得するのに時間がかかる者がいることを示唆するものである。この結果から、技術習得の速度や質の均一化を促進するためには、個々の研修歯科医に応じた柔軟な指導方法の導入が求められると考えられる。また、技術習得の過程における個人差を適切に評価し、サポートするための指標の確立も重要である。

Class I cavity					Class II cavity				
Academic year	2017	2018	2019	2020	Academic year	2017	2018	2019	2020
<b>Total score</b>	61.2±6.1	61.0±9.2	62.7±15.0	64.2±5.8	<b>Total score</b>	61.4±7.6	62.4±10.3	62.7±8.2	66.7±8.2
<b>Shape score</b>	55.6±8.9	57.2±6.7	58.4±14.9	61.6±9.3	<b>Shape score</b>	57.6±6.9	55.1±12.7	55.0±10.6	61.0±12.4
<b>Depth score</b>	67.7±5.9	65.8±14.1	70.9±6.4	67.7±7.4	<b>Depth score</b>	64.8±11.1	71.8±11.9	72.0±8.7	73.6±8.7

#### 【結論】

三次元形状計測システムを用いた窩洞形成技能評価は有用な方法であることが示された。臨床研修歯科医の窩洞形成技術は年々向上しているが、技術習得のばらつきにも注意を払う必要がある。今後の臨床研修においては、技術向上だけでなく、技術の均一性を高める教育方法の検討が求められる。

## 朝日大学歯学部保存修復学基礎実習後におけるアンケート調査

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<sup>1)</sup>、歯科理工学分野<sup>2)</sup>

朝日大学 PDI 岐阜歯科診療所<sup>3)</sup>

○越智葉子<sup>1)</sup>、日下部修介<sup>1)</sup>、伊藤里帆<sup>1)</sup>、大橋静江<sup>1)</sup>、村瀬由起<sup>1)</sup>、新谷耕平<sup>2)</sup>、石樽大嗣<sup>3)</sup>、清水翔二郎<sup>1)</sup>、鶴田はねみ<sup>1)</sup>、岡村晨吾<sup>1)</sup>、岡本千昭<sup>1)</sup>、今井佑亮<sup>1)</sup>、土山博司<sup>1)</sup>、ラハマンシィファ<sup>1)</sup>、二階堂 徹<sup>1)</sup>

### Questionnaire survey after basic training in Operative Dentistry for third-year students at Asahi University

<sup>1)</sup>Department of Operative Dentistry, <sup>2)</sup>Department of Dental Materials Science, Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry

<sup>3)</sup>Asahi University, PDI Gifu Dental Clinic,

○OCHI Yoko<sup>1)</sup>, KUSAKABE Shusuke<sup>1)</sup>, ITO Riho<sup>1)</sup>, OHASHI Shizue<sup>1)</sup>, MURASE Yuki<sup>1)</sup>, SHINTANI Kohei<sup>2)</sup>, ISIGURE Hiroshi<sup>3)</sup>, SHIMIZU Shojiro<sup>1)</sup>, TSURUTA Hanemi<sup>1)</sup>, OKAMURA Shingo<sup>1)</sup>, OKAMOTO Chiaki<sup>1)</sup>, IMAI Yusuke<sup>1)</sup>, TSUCHIYAMA Hiroshi<sup>1)</sup>, Rahman Shifa<sup>1)</sup>, NIKAIDO Toru<sup>1)</sup>

#### 【目的】

朝日大学歯学部では、3年次に保存修復学の基礎実習を4月～6月にかけて実施しており、講義を聴講後、実習を行うことによって、成形修復および間接修復の基本的な術式を理解し、実施できることを目標としている。今回、2023年度に実施した保存修復学基礎実習後の学生に対してアンケート調査を行ったので報告する。

#### 【対象者と方法】

対象は2023年度に保存修復学基礎実習を履修した歯学部3年生139名である。アンケートは実習(全12回、180分)の最終日に実施し、質問事項は、実習全般に関すること(①～⑨、⑯⑰)、学生自身に関すること(⑩～⑮)について次の通り設けた。「①説明が詳しく分かりやすかった」「②実習テキストはよくできていた」「③実習の設備、器具・材料(共用のもの)は十分に用意されていた」「④興味深い実習であった」「⑤安全に関する適切な指導と配慮がなされていた」「⑥実習は関連講義の理解に役立った」「⑦担当のインストラクターの指導に熱意・情熱が感じられた」「⑧担当のインストラクターは疑問や質問に的確に答えてくれた」「⑨この実習・演習は学習意欲の高揚に役立っていた」「⑩この実習によく出席したか」「⑪私語などせず実習集中したか」「⑫この実習を受けてその分野に対する関心が高まったか」「⑬この実習は、有意義なものだったか」「⑭実習を理解するよう予習・復習等をしてきたか」の質問に対して「そう思う・どちらかといえばそう思う・どちらともいえない・あまりそうは思わない」で回答させた。また「⑮実習の内容はレベルが適切であったか。」の質問に対して「非常に難しい・難しい・適切・簡単・簡単すぎる」で、「⑯この実習で興味深かった、良かった実習はどれか」に対して本実習で行われた「十字窩洞形成、ガラスイオノマーセメント修復、5級・3級・2級・1級・4級コンポジットレジン修復、メタルインレー修復、レジンインレー修復、マトリックスバンド装着、OSCE演習実習(口腔内診査)、実習試験、口腔内スキャナー体験実習」について複数回答を可として選択させ、「⑰この実習・演習の総合的な評価」について「非常に良い・良い・普通・あまり良くない・良くない」で回答させた。

アンケートの様式はGoogle Formsを用いたオンライン回答とし、実習時間中に回答期限を設定して実施し、集計を行った。なお、アンケート調査の実施にあたり、アンケートの回答の有無やその記載内容が成績と関係しないことなど倫理的配慮を行ったうえで実施する旨を対象者全員に説明した。

#### 【結果と考察】

本実習後に行ったアンケート調査の回答率は100%であった。実習全般に関する①～⑧の質問に対して、「そう思う・どちらかといえばそう思う」の回答は①85.9%、②85.2%、③91.6%、④94.3%、⑤95.1%、⑥90.7%、⑦90.9%、⑧93.6%で、学生自身に関する⑨～⑮の質問に対しては、⑨90.2%、⑩97.9%、⑪91.6%、⑫94.3%、⑬93.6%、⑭75.4%であった。⑮の回答は「適切66.9%、難しい26.1%」、⑰は「非常に良い・良い」の回答は82.4%であり、⑯の興味深かった、良かった実習はコンポジットレジン修復全般、口腔内スキャナー体験実習が高い傾向にあった。

以上の結果から、実習に関して比較的満足度の高い結果を得ることができたことから、学生は講義で学んだことを実習で実技を経験することで講義のさらなる理解に貢献することができたのではないかと考えられた。しかし、事前の予習復習を行っている学生がやや少ない傾向にあること、実習に対しての難易度が学生によって異なることから、今後の実習への改善が必要と考えられた。

#### 【結論】

本学の3学年の保存修復学基礎実習において、学生にとってある程度の満足度はあったものの、改善すべき点も見つかった。

## コンポジットレジンによる直接修復の臨床報告

オーラルステーションデンタルクリニック

○山田 満憲

### Clinical Report of Direct Composite Resin Restoration

Oral-Station Dental Clinic

○YAMADA Mitsunori

【諸言】 著者は、MI テクニックによるコンポジットレジン直接修復は、患者負担の軽減および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有効な手段であり、さらにアクセスオープニング時の辺縁隆線の保存は、コンポジットレジン直接修復の予後を左右する上で重要であると臨床報告してきた。しかし、日常の臨床において辺縁隆線の崩壊が進んだう蝕および隣接歯との接触関係が維持されていないう蝕は多くみうけられ、これらに対するコンポジットレジン直接修復も多くの場合でなされている。そこで今回、隣接歯との接触関係が維持されていない臼歯部う蝕に対するMI テクニックによるコンポジットレジン直接修復について追加検討したので臨床報告する。

【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、隣接歯との接触関係が維持されていない臼歯部う蝕を対象とした。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い、さらに個人が特定されないよう配慮した。う蝕治療ガイドラインに準じ感染歯質を除去後、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、ボンディング材を塗布し光硬化させる前、塗布面からのエアブローにてベント側の窩壁に沿ってボンディング材のヌレが確認された上で行った。また、隔壁に使用した金属製マトリックスバンドの接触点相当部には、あらかじめ内面に凹を付与しておいた。直視できないフリーエナメル直下のアンダーカット部においては、フロアブルレジンを裏装材として注入し先端が湾曲加工された充填器 (Mi-1, UEHARA) を用いて充填して、光硬化をさせた。その後、咬合面に対応できるコンポジットレジン HERCULITE XRV (A2, Enamel, Kerr) にて隣接面から咬合面にかけて一塊として充填して、光硬化および形態修正を行った。

【結果および考察】 隣接歯との接触関係が維持されていない臼歯部う蝕に対し隔壁法を併用したMI テクニックは、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ことが出来た。とくに辺縁隆線から隣接部にかけては、強大な咬合力がかかる部分であり、対合歯がエナメル質や金属修復の凸とされた部分の場合、充填されたコンポジットレジンが早期に咬耗および脱離することを臨床によく目にする。また、隣接面の歯頸側窩洞がスリップジョイント様になっている場合、充填されたコンポジットレジンが歯質より滑り落ちるように脱離する傾向が多くみられる。そのため、MI テクニックでは、強大な咬合力がかかることが予想される隣接面の歯頸側窩洞には、咬合面からの応力緩和を目的とした窩洞形態付与するとともに、象牙質部には機械的強度が象牙質に近いコンポジットレジン先端が湾曲加工された充填器にて緊密に充填し、その表層にはエナメル質に近いコンポジットレジン継ぎ足しのない一塊の物体として充填することで、早期の咬耗および脱離予防が可能であると考えている。次に、隣接歯との接触関係が維持されていない臼歯部う蝕に対するコンポジットレジン直接修復では、隣接歯との適切な接触関係の回復も重要である。様々な種類のマトリックスバンドや歯冠分離に用いるウエッジがあるが、多くは術者の感覚的な使用によるものである。そこで、MI テクニックでは、まずマトリックスバンドの張力を強め歯質との密着性を高めた隔壁をし、その後マトリックスバンド歯冠側の張力を緩め適切なコンタクトの強さを得ようとしている。さらに、コンタクトを理想的な垂直および頬 (唇) 舌 (口蓋) 的位置で点接触させることを目的とし、隔壁に使用する金属製マトリックスバンド内面に凹を付与した上でコンポジットレジン充填することが重要であると考えている。これにより、術後のフロス清掃の際に、隣接面に対するフロスの引っかかりがなく、また適切なコンタクトのきつさが得られることから食片圧入からの歯周組織への侵襲や2次カリエス予防が可能であると考えている。

【結論】 隣接歯との接触関係が維持されていない臼歯部う蝕に対し、隔壁法を併用したMI テクニックによるコンポジットレジン直接修復は、修復後早期の咬耗および脱離を回避し隣接歯との適切な接触関係の回復が可能であると考えられた。

## ベニア修復を用いた審美性の改善

日本歯科大学 新潟生命歯学部 歯科保存学第2講座  
○宮野侑子、新海航一

### Esthetic improvement with veneer restoration

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

#### 【緒言】

前歯部の審美性の改善には、ホワイトニング、トゥースマニキュア、ラミネートベニア、セラミッククラウン、ジルコニアクラウン等が用いられている。ラミネートベニア修復は、歯質の削除量が数多く修復材の歯質への接着も強固であることから、歯の色や形態の改善が必要な症例へ適用されることが多い。また、インダイレクトベニア修復とダイレクトベニア修復があり、各々メリットとデメリットを有する。インダイレクトベニア修復は、セラミックスを用いれば審美性の高い修復が実現可能であるが、セレクトシステム以外の即日修復はできない。一方、ダイレクトベニア修復は、コンポジットレジン一択であるが、即日性がある。しかしながら、両者に共通していることは、技術的難易度が高く修復技術の習得が必要な点である。今回、変色あるいは摩耗で審美性が損なわれた上顎前歯をベニア修復で改善した症例を提示する。

#### 【症例1】インダイレクトベニア修復

50歳、女性、上顎前歯の審美改善を希望されて他院からの紹介で来院した。部位：上顎右側側切歯。現病歴：2年前に根管治療と修復治療を行った。現症：高度な変色とコンポジットレジン修復（BMIP）を認める。エックス線検査では根尖部に異常を認めない。インフォームド・コンセントの結果、上顎前歯部のホームブリーチング後、上顎右側側切歯のポーセレンラミネートベニア修復を行うこととした。修復治療：（1日目）歯面清掃後、まず、歯科用測色装置（Crystaleye、オリンパス）を用いて測色を行った。コードによる歯肉圧排を行い窩洞形成後、印象と咬合採得を行った。ラボサイドへ測色データを添付し、ポーセレンラミネートベニアの作製を依頼した。（2日目）歯面清掃後、トライインペーストを用いて試適を行った後、ラボサイドにてベニア内面にフッ酸処理とシラン処理（クリアフィルセラミックプライマー、クラレノリタケデンタル）を行った。ラバーダム防湿を施し、窩洞の歯面処理はカタナ®クリーナー（クラレノリタケデンタル）で清掃後、パナビア®V5 トゥースプライマー（クラレノリタケデンタル）を用いて行った。ベニア内面にパナビア®ベニア LC ペースト（クラレノリタケデンタル）を塗布して窩洞に圧接し、タックキュアの状態で余剰セメントを除去後、光照射を行って接着セメントを十分に重合硬化させた。マージン部の仕上げ研磨はダイヤモンドポイント SF104 とソフレックス™XT 研磨ディスク（3M ESPE）を用いて3週後に行った。

#### 【症例2】ダイレクトベニア修復

52歳、男性、上顎前歯の審美不良を主訴に来院した。部位：上顎左右中切歯。現病歴：約6か月前に切端部の修復治療を行った。現症：切端にコンポジットレジン修復（BMDI）を認めるが、唇側中央に近遠心方向の溝を多数認められ、粗糙感がある。冷水痛などの痛みはないとのこと。インフォームド・コンセントの結果、非切削でダイレクトベニア修復を行うことにした。治療：ラバーダム防湿を施し、マイクロスコープ拡大視野下で修復操作を行った。まず、PMTcでステインを除去した後、非切削のまま唇側面にKエッチャントシリンジ（クラレノリタケデンタル）を塗布し、40秒間放置してから十分に水洗、乾燥した。クリアフィル®メガボンド®2のボンドを塗布し、中圧エアブローでボンディング層を薄く均一にしてからペンキュア（モリタ）で光照射を行った。次に、唇側面全体に対し、ビューティフィル・フロー・プラス X・F00（松風）のA2シェードをほぼ均等の厚さで薄く塗布し、エキスプローラーの先端で誘導しながらマージン部を調整した後、光照射を行った。なお、修復は1歯ずつ行い、修復物の形態調整はダイヤモンドポイント SF104 を用いて行った。仕上げ研磨はソフレックス™XT 研磨ディスクを用いて2週後に行った。

#### 【考察と結論】

症例1は失活歯であり、広範囲に修復治療がされていたため、材料の化学的安定性と物性を重視しポーセレンラミネートベニア修復を行った。症例2は、非切削のままフロアブルレジンでダイレクトベニア修復を行った。いずれもMIコンセプトに基づく修復治療であり、患者の満足が得られたが、今後のメンテナンスが必要である。

### 臼歯部にメタルフリー接着修復を行った一症例

神奈川県立歯科大学歯科保存学講座保存修復学分野

○日高恒輝, 飯塚純子, 向井義晴

#### A case of posterior non-metal adhesive restorations.

Division of Restorative Dentistry, Kanagawa Dental University

○Kouki Hidaka, Junko Iizuka, Yoshiharu Mukai

【目的】 歯科材料の発展や接着技術向上により接着修復の適応範囲は拡大し、Minimal Intervention Dentistry(MID)としてだけでなく審美修復、メタルフリー修復に大きく貢献している。今回は主に臼歯部に対しての齶蝕治療およびメタルフリー修復の希望があった患者に対して、コンポジットレジン(CR)および二ケイ酸リチウムガラスセラミックスを用いて、直接・間接接着修復で治療した症例を報告する。

【症例】 患者: 53歳女性。「詰め物が取れたところに虫歯があるので治療してほしい。処置する際は今あるところも含めて金属ではなく白いものに替えたい。歯周病があれば診てほしい。」ことを主訴として来院した。高血圧症、逆流性食道炎の既往がある。

現症および所見: 14 修復物脱離。自発痛や打診痛、歯肉の腫脹等はなく、デンタルエックス線写真では根管充填が確認され、根尖部に問題はない。歯周組織検査では一部4mm以上の歯周ポケットを認めた。プラークコントロールは概ね良好(PCR25.9%)だが、下顎前歯部に歯石の沈着を多く認めた。臼歯部は殆どが金属による修復治療をされており、視診、触診およびデンタルエックス線写真より辺縁の不適合や二次齶蝕、歯肉縁下歯石も認められた。上顎前歯部間および第一小白歯間で離開が認められた。その他の口腔内所見として上顎前歯口蓋側に酸蝕症と思われる tooth wear, 溝状舌を認めた。

【治療経過】 以下に治療経過を簡単に示す。

- ①治療相談および治療計画の説明
- ②口腔衛生指導と歯肉縁上スケーリング
- ③隣接面の歯肉縁下歯石に対しては不良修復物、補綴装置を除去しアクセスを容易にしたうえでスケーリング・ルートプレーニングを行った。
- ④17, 46, 26→メタルクラウンを除去しプロビジョナルレストレーションを行った。
- ⑤16, 15, 47, 45, 44, 24, 25, 26, 34, 35, 36, 37→金属修復物および齶蝕の除去, CR 修復
- ⑥46, 27→感染根管治療
- ⑦14→アンレー(二ケイ酸リチウムガラスセラミックス)修復
- ⑧17, 46, 27→クラウン(二ケイ酸リチウムガラスセラミックス)修復
- ⑨再評価を経てサポータティブペリオドンタルセラピー(SPT)へ移行

【予後】 SPTに移行後、1年6か月以上が経過している。その間修復物の脱離・破折、二次齶蝕、歯髄症状や新たな齶蝕や歯の破折および歯周病の進行などは見られなかったが、SPT 移行後およそ1年経過した時点で患者から36, 37の「色が気になる」と申し出があった。これはCR 修復時のステイニングによるものであり、一部を削除し補修復を行い対応した。その後は順調に経過している。

【考察および結論】 本症例では臼歯部の全てに直接修復、間接修復を行った。近年の歯科材料や接着技術の発展によりCR やセラミックスを用いた接着修復の適応範囲は拡大しており、特に歯質の保存はMIDに直結し、窩洞形態の自由度が増すことに繋がる。本症例でも窩洞形態の設計、ラバーダム防湿や接着操作の工夫、使用材料の選択などを熟考し治療を行った。また患者のモチベーションや治療に対する理解度が高く治療が成功したことは言うまでもなく、今後もSPT とフォローアップを行っていく。

## ニッケルチタン製ロータリーファイルの使用前冷却処理が 動的回転疲労耐性に与える影響

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  
○山本里沙子, 牧 圭一郎, 木村俊介, 大森智史, 春日柚香, 平野恵子, 海老原 新, 興地隆史

### Effect of pre-cooling of nickel-titanium rotary instruments on dynamic cyclic fatigue resistance

Department of Pulp Biology and Endodontics, Division of Oral Health Sciences,  
Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)  
○YAMAMOTO Risako, MAKI Keiichiro, KIMURA Shunsuke, OMORI Satoshi, KASUGA Yuka,  
HIRANO Keiko, EBIHARA Arata, OKIJI Takashi

【緒言】ニッケルチタン製ロータリーファイル (以下「NiTi ファイル」) の臨床使用において、予期せぬ破折を予防することは非常に重要である。NiTi 合金は低温環境において柔軟性の高いマルテンサイト相優位になることから、回転疲労耐性が向上することが報告されているが<sup>1)</sup>、実臨床においては患者の口腔内で使用するため、低温環境を作り出すのは困難である。そこで本研究では、異なる熱処理加工が施された NiTi ファイルに対する使用直前の冷却処理が、体温環境下での動的回転疲労耐性に与える影響の解析を目的とした。

【材料および方法】ProTaper Next (Dentsply Sirona, 以下「PTN」) X2 (#25/0.06 テーパー), ProTaper Ultimate (Dentsply Sirona, 以下「PTU1t」) F2 (#25/0.08 テーパー) を、それぞれ冷却/非冷却群の 2 群に分けた (各 n = 10)。保温槽 (36 ± 1°C 温度環境下) 内に自作型動的回転疲労装置およびモーター (X-Smart Plus; Dentsply Sirona) を設置し、曲率半径 3.0 mm, 曲率角度 60 度のステンレス鋼製人工根管を使用し回転数 300 rpm で動的回転疲労試験を行った。動的回転疲労試験は、2 mm 幅のペッキングを 15 秒間行ったのちに、NiTi ファイルを手動で人工根管から引き抜き、再度挿入するサイクルを、被験ファイルが破折するまで続けた。冷却群では人工根管に NiTi ファイルを挿入する直前に、NiTi ファイル先端 3 mm に歯髄診断用歯牙冷却材 (Pulper; GC) を約 5 mm の距離から 3 秒間噴射して冷却処理を行った。非冷却群は冷却操作を行わなかった。破折に至るまでの回転時間、破折片の長さ、および破折断面の走査電子顕微鏡観察を行った。さらに、本実験条件における Pulper による冷却効果について、熱電対により NiTi ファイル表面の温度変化を 1 秒ごとに経時的に記録した。統計学的解析は、動的回転疲労試験および破折片の長さについて、Mann-Whitney U 検定にて有意水準 5% で行なった。

【結果】動的回転疲労試験の結果より、PTN, PTU1t とともに冷却群が非冷却群と比較して有意に高い値を示し (P < 0.05)、冷却の有無に関わらず、PTU1t は PTN と比較して有意に高い値を示した (P < 0.05)。破折片の平均長さは、PTN, PTU1t とともに冷却の有無による有意差を認めなかった (P > 0.05)。破折断面には回転疲労破折に特徴的な亀裂の開始と伝播を示す縞模様を認めた。また、Pulper による 3 秒間の冷却後 NiTi ファイル表面温度は約 -5°C となり、冷却後動的回転疲労試験開始時の 15 秒経過時は約 7°C まで上昇し、1 サイクル終了時の 60 秒後には 14.8°C となった。

【考察】PTN, PTU1t の相変態温度は、それぞれ 18~45°C, 29.8~43.9°C と報告されている<sup>2,3)</sup>。従って、本実験での冷却操作によりマルテンサイト相優位の状態を作り出すことができ、動的回転疲労試験において破折までの時間が延長したと考えられる。

【結論】PTN, PTU1t に対する使用直前の冷却処理は、動的回転疲労耐性を向上させた。

#### 【参考文献】

- 1) Nicola M, *et al.* Environmental temperature drastically affects flexural fatigue resistance of nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2017; 43:1157-1160.
- 2) Martins JNR *et al.* Comparison of design, metallurgy, mechanical performance and shaping ability of replica-like and counterfeit instruments of the ProTaper Next system, *Int Endod J*, 2021; 54:780-792.
- 3) Martins JNR, *et al.* Characterization of the file-specific heat-treated ProTaper Ultimate rotary system, *Int Endod J*, 2023; 56: 530-542.

### ***X-Smart Pro+*と *WaveOne Gold* による湾曲根管形成の切削特性**

神奈川県立歯科大学歯科保存学講座歯内療法学分野

○附田孝仁、山崎詩織、林玲緒奈、山根雅仁、藤巻龍治、武藤徳子、石井信之

#### **Shaping ability of the *WaveOne Gold* by *X-Smart Pro+* in curved root canal**

Department of Pulp Biology and Endodontics, of Kanagawa Dental University

○TSUKUDA Takato, YAMAZAKI Shiori, HAYASHI Reona, YAMANE Masahito,  
FUJIMAKI Ryuji, MUTOH Noriko, TANI-ISHII Nobuyuki

**目的;**本研究は、往復運動により駆動する Ni-Ti シングルファイル *WaveOne Gold* (WOG) を Responsible Control (RC) 機能を有した *X-Smart Pro+*を使用して湾曲根管形成時の根管壁変位量を改良前の *X-Smart Plus* との切削特性を評価することを目的とした。

WOG ファイルシステムには、根管形成の基本術式であるグライドパスと根管上部フレアー形成を同時に形成可能な WOG Glider ファイルがシステムに組み入れられ、根管形成用ファイル WOG Primary と 2 本で根管形成が完了する最小ファイルシステムである、しかしながら、ファイル操作性は熟練が必要とされ、根管形成中の根尖方向へのファイル食い込み防止に最大の配慮を必要とした。また、ファイル食い込みによるファイル破折や歯根破折要因に至る可能性があり、初心者の使用には不適であった。今回開発された *X-Smart Pro+*は、RC 機能の搭載によりファイルを低トルクで安定した速度制御が可能になった。さらに、根管長測定機能が搭載され、根尖到達時にファイルにリバース機能が作動することで安全性が保障されている。*WaveOne Gold* による根管形成の解析は、*X-Smart Pro+*と *X-Smart Plus* による根管形成時間を測定した。根管形成の評価は、WOG Glider と WOG Primary による根管形成を行い、根管切削量と中央値変位量を計測し比較検討することを目的とした。

**材料と方法;** J 型エポキシレジン製透明湾曲根管模型 (Dentsply-Sirona) 40 本を使用し、WOG Glider によるグライドパス形成後に WOG Primary による根管形成を行った。根管形成は、*X-Smart Pro+*と改良前の *X-Smart Plus* を WOG Glider 群 (n=20) と WOG Primary 群 (n=20) の 2 群で実施した。根管形成時間を両群で比較した。さらに、根管形成量と中央変位量は J 字型根管模型を実体顕微鏡 Olympus SZX 16 (Olympus, Tokyo) およびデジタルカメラ EOS kiss x10 (Canon) を使用し、根管形成前後の透明根管模型をデジタル画像で重ね合わせ、得られた画像データを PC に取り込み、計測用ソフト (WinROOF, Tokyo) を使用して計測を行った。計測箇所は、根尖から 1、2、3、5、8mm の位置を設定し、外湾側・内湾側それぞれの根管幅径増加量 (形成前の根管壁から形成後の根管壁までの距離) と根管形成前後の中央値変位量を計測し統計処理を行った。

**結果;** 根管形成時間は、*X-Smart Plus* 群で平均  $21.8 \pm 1.2$  秒、*X-Smart Pro+*群で平均  $15.3 \pm 0.8$  秒であった。根管形成量は根尖から 1、2、3、5、8mm の計測箇所すべてにおいて両群間で有意差は認められなかった。

**考察;** RC 機能を搭載した *X-Smart Pro+*は、低トルクで安定した回転速度制御機能によって WOG ファイルの根管内食い込みが制御された結果、根管形成時間が 30%速くなった。また、根管形成量は *X-Smart Pro+*群と *X-Smart Plus* 群で有意差がなく、解剖学的根管形態を維持することが明らかになった。

## Alternative rotation technique モードがニッケルチタン製ロータリーファイルの 回転疲労耐性に与える影響

東京医科歯科大学(TMDU) 大学院医歯学総合研究科 口腔機能再構築学分野 歯髄生物学分野  
○豊田康氣, 木村俊介, 牧圭一郎, 大森智史, 春日柚香, 平野恵子, 山本里沙子, 海老原新, 興地隆史

### Effects of alternative rotation technique mode on cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary instruments

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

○OTOYODA Koki, KIMURA Shunsuke, MAKI Keiichiro, OMORI Satoshi, KASUGA Yuka,  
HIRANO Keiko, YAMAMOTO Risako, EBIHARA Arata, OKIJI Takashi

【目的】近年開発された EQ-M Dental Endo Motor (Metabiomed, Korea: 以下「EQ-M」)には、周期的に回転速度の増減を繰り返す alternative rotation technique モード (以下「ART」)が搭載されている。本研究では、ART がニッケルチタン製ロータリーファイル (NiTi ファイル)の回転疲労耐性に及ぼす影響を検討することを目的とした。

#### 【材料および方法】

1. 被験ファイル: 熱処理 NiTi ファイルとして ProTaper Next X2 (#25/0.06-0.07 taper; Dentsply Sirona; PTN), 非熱処理型 NiTi ファイルとして EndoWave (#25/0.04 taper; モリタ; EW)を用いた。
2. 動的回転疲労試験: 自作型回転疲労試験機に EQ-M を設置し、曲率半径 5.0 mm, 曲率角度 60°, 溝幅 1.5 mm の金型を用いて口腔内温度 (37 ± 2°C)で実験を行った。ファイルを先端から 5 mm の位置が彎曲の頂点となるよう設置したのち、ペッキング速度 300 mm/min, ペッキング幅 2 mm で動的回転疲労試験を実施した。潤滑材としてシリコンオイル (KF-96-100CS, 信越化学)を用いた。評価は、破折までの時間 (s), 破折までの回転数 (number of cycle to fracture; NCF), 破折した長さ (mm)とした。NCFは連続回転では1分間当たりの回転数 (rpm) × 破折までの時間 (s) ÷ 60 で算出し、ART では回転速度の周期的な変化に要する時間を利用して算出した。
3. 実験群: 連続回転 500 rpm 群 (以下 CR500 群), 連続回転 750 rpm 群 (以下 CR750 群), ART H モード 500 rpm 群 (500 rpm で 360°, 750rpm で 180° の連続回転を繰り返す回転様式, 以下 ART 群)の3群 (各 n = 10) とした。
4. 統計学的解析: ファイルごとに各群における破折までの時間, NCF, 破折した長さを一元配置分散分析および Turkey 法にて有意水準 5%で解析した。

【結果】破折までの時間において、PTNではARTとCR500群がCR750群と比較し有意に長い値を示し ( $p < 0.05$ ), EWではCR500群がCR750群と比較して有意に長い値を示した ( $p < 0.05$ ). NCFおよび破折した長さに関しては、PTNとEWともに各群で有意差は認めなかった ( $p < 0.05$ ).

【考察】本実験条件下では、ARTを用いた場合の破折抵抗時間は低速回転と同程度であるとともに、熱処理型ファイルでは高速連続回転より有意に延長した。これは、ARTの回転様式において高速回転よりも低速回転で動作する割合が高いためと考えられた。そのため、ARTは臨床において高速連続回転で使用した時と比較し、破折までの時間が長いいためファイル破折リスクを減少させる可能性が考えられた。また、2種のファイルともNCFおよび破折片の長さに3群で有意差がみられなかったことから、本実験条件下では熱処理の有無によらず、回転速度、回転モードは疲労耐性や応力集中部位を変化させないと考えられた。

【結論】本実験条件下では熱処理、非熱処理型 NiTi ファイルにおいて、ARTは低速連続回転と同程度の破折抵抗時間を示し、熱処理型ファイルではARTは高速連続回転より有意に長い破折抵抗時間を示したが、NCFおよび破折したファイルの長さに関しては、ARTは影響を与えないことが示唆された。

## 回転様式の相違が Ni-Ti ファイルの疲労破折に及ぼす影響

神奈川県立歯科大学 歯科保存学講座 歯内療法学分野

○藤巻龍治、鈴木二郎、石井信之

### Efficacy of Rotation Modes for Fatigue Fracture of Ni-Ti Files

Department of Endodontics, Kanagawa Dental University

○FUJIMAKI Ryuji, SUZUKI Jiro, TANI-ISHII Nobuyuki

#### 【研究目的】

近年 Ni-Ti ファイルは、刃部形態やファイル素材の改良によって弾力性や疲労耐性が改善されている。しかし依然として根管器具の破折が問題視され、破折の原因は、ファイル先端が根管に食い込む際の脆性破折であるねじれ疲労破折と、湾曲部分で回転することでファイル湾曲点の圧縮と伸張が加わり破折する周期疲労破折の2種類に大別され、臨床ではこれらが複合して破折が生じると報告されている。Optimum Glide Path-2 (OGP-2 モリタ

Fig. 1) が、湾曲部分で回転することでファイル湾曲点の圧縮と伸張が加わり破折する周期疲労抑制効果確認し、OGP-2 モードによる安全性の高い根管形成が期待されることを報告した。

本研究は、ファイルが根管壁への食い込みにより発生するねじりせん断応力を再現し、ねじれ疲労破折耐性に関する OGP-2 モードの有効性を解析することを目的とした。

#### 【材料および方法】

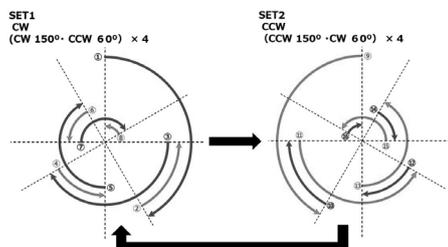
根管形成用エンドモーターは X スマートプラス (デンツプライ シロナ) とトライオート ZX2 (モリタ) を使用し、Ni-Ti ファイル4群 (Protaper Next 群 (#25/06、デンツプライ シロナ)、JIZAI 群 (#25/04、マニー)、WaveOne Gold 群 (#25/07、デンツプライ シロナ)、Protaper Ultimate 群 (#25/06、デンツプライ シロナ) を正規回転様式と新規回転様式 (OGP-2) の両回転様式にてファイル先端 3mm の位置にて万力に固定した状態でねじりせん断応力による破折までに要する時間を計測し比較した。統計学的解析は、回転様式の比較には Mann-Whitney U-test、ファイル群間比較には Kruskal-Wallis H-test および Bonferroni 法による多重比較検定を行った。

#### 【結果】

回転様式では正規回転様式に比べ OGP-2 では JIZAI 群、WaveOne Gold 群、Protaper Ultimate 群の3群にて破折までに要する時間が延長され有意差が確認された。またファイル群間においては正規回転様式ではファイル群間で破折までの有意な差は確認できなかったが、OGP-2 では Protaper Next 群にくらべ JIZAI 群、WaveOne Gold 群、Protaper Ultimate 群の3群が破折するまでに有意な差が確認された。

#### 【考察および結論】

臨床的なファイル破折は、周期疲労破折とねじれ疲労破折が組み合わさり破折すると報告されているが、今回、器具先端を固定した場合の脆性破折 (ねじれ疲労破折) について比較分析したところ、熱処理が施された Ni-Ti ファイルを装着した場合、有意な破折時間延長を認め、非熱処理 Ni-Ti ファイルや規定回転様式エンドモーター使用した場合、ファイル先端が拘束されると容易に破折することから、OGP-2 に熱処理が施された Ni-Ti ファイルを装着することで、臨床的なファイル破折予防効果に有効であることが示された。



Tri Auto ZX2 new rotation style OGP-2 mode