

歯ブラシの摩耗がプラーク除去効果に与える影響の評価

¹⁾ 朝日大学歯学部 口腔機能修復学講座 歯科保存学分野

²⁾ 朝日大学歯学部 口腔機能修復学講座 歯科理工学分野, ³⁾ 朝日大学

○鶴田はねみ ¹⁾, 清水翔二郎 ¹⁾, 笹本法寛 ²⁾, 澤田智史 ²⁾, 二階堂 徹 ³⁾, 奥山克史 ¹⁾

Evaluation of the Impact of Toothbrush Wear on Plaque Removal Efficacy

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

²⁾ Department of Dental Material Science, Division of Oral Functional Sciences and Rehabilitation, School of Dentistry, Asahi University, ³⁾ Asahi University

○Hanemi Tsuruta¹⁾, Shojiro Shimizu¹⁾, Norihiro Sasamoto²⁾, Tomofumi Sawada²⁾, Toru Nikaido³⁾, Katsushi Okuyama¹⁾

【目 的】

歯ブラシは口腔衛生を管理するために必要不可欠な器具であるが、毎日複数回使用するため徐々にブラシが摩耗し、プラークの除去効果が低下する。そのため、長期間使用しても摩耗しにくいプラーク除去効果が低下しない歯ブラシは、ユーザーにとって大変メリットが大きい。本研究の目的は、歯ブラシの摩耗がプラーク除去効果に与える影響について評価することである。

【材料および方法】

使用した歯ブラシは、クラブロックス (CURAPROX, クラデンジャパン) の 3 種類であり、それぞれ植毛数、ヘッドサイズ、毛の柔らかさに違いがある: CS5460 (5460, 標準的なヘッドサイズと極細毛), CS スマート (スマート, 小型ヘッド), CS12460 ベルベット (ベルベット, 高密度の超極細毛)。顎模型 (D16-500E, ニッシン) の上顎左側中切歯を撤去し、Trios3 (3shape) でスキャン後、3D プリンターにて人工歯が着脱可能な 3D 模型を作製した。各歯ブラシの先端と柄を切断し、摩耗試験機 (東京技研) のジグに固定した後、3 か月および 6 か月の使用後を想定して、3D 模型に装着した人工歯に対して 90 度の方向で植毛部先端を当て、荷重 150g, ストローク幅 30mm, 試験速度 120 回/min (往復) の条件で、1800 回および 3600 回の歯ブラシ摩耗試験を行った。プラーク除去試験は、人工歯の解剖学的歯頸線に沿って歯冠唇側面に人工プラーク (ニッシン) を塗布した後、3D 模型に装着して歯ブラシ摩耗試験と同じ条件で、各歯ブラシの使用前 (control), 3 か月使用後 (3 M), 6 か月使用後 (6 M) に対して、1 分間ブラッシング操作を行った。人工プラーク除去後の人工歯を画像解析・計測ソフトウェア (WinROOF Education Ver3.4.0, 三谷商事) を用いて、人工歯のプラーク除去面積を計測し、プラーク残存率を算出した (n=5)。歯ブラシの広がり程度は、摩耗指数 (Wear Index, WI) を用いて評価した。歯ブラシ幅の測定は、側面から見たブラッシング面のブラシ幅 (W1), 側面から見た毛先根元のブラシ幅 (W2), 正面から見たブラッシング面のブラシ幅 (W3), 正面から見た毛先根元のブラシ幅 (W4), 歯ブラシ使用後の最も高く立った毛先の長さ (L) をデジタルノギス (ミットヨ) で測定した。摩耗指数 (WI) は、 $WI = (W1 - W2 + W3 - W4) / L$ にて算出した (n=5)。得られた値は、正規性および等分散性を確認後、二元配置分散分析および Bonferroni 法を用いて、危険率 5% にて統計処理した。

【結果および考察】

プラーク残存率の測定結果は、スマートでは Control および 3 M の歯ブラシは、6 M と比較して有意に低い値を示した ($p < 0.05$)。一方、Control と 3 M の間に有意差を認めなかった。5460 およびベルベットでは、いずれの使用期間においても有意差を認めなかった。また、同じ使用期間における歯ブラシ間の比較では、有意差を認めなかった。WI の結果は、スマートでは Control が 3 M および 6 M と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。しかし、3 M と 6 M の間に有意差を認めなかった。5460 およびベルベットでは、Control および 3 M は 6 M と比較して有意に高い値を示したが、Control と 3 M の間に有意差を認めなかった。また、Control および 3 M において、スマートは 5460 およびベルベットと比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。一方で、5460 とベルベットの間に有意差を認めなかった。6 M では、スマートはベルベットと比較して有意に高い値を示したが、5460 との間には有意差は認めなかった。また、5460 とベルベット間にも有意差は認めなかった。

スマートの 6 M のみにプラーク残存率が増加したことから、歯ブラシの摩耗により除去効果が低下したと考えられる。一方、他の歯ブラシおよび使用期間において、プラーク残存率に有意な差が認められなかったのは、歯ブラシ使用回数により毛束は摩耗するが、歯ブラシのサイズおよび植毛数がプラーク残存率に寄与していると考えられた。

【結 論】

本研究で使用した歯ブラシは、3 か月使用後においてもプラーク残存率に影響しないことがわかった。

牛乳由来オステオポンチンは *Streptococcus mutans* に付着するか？

東京歯科大学 保存修復学講座
○石原和奈, 石塚久子, 村松 敬

Does bovine milk derived osteopontin attach to *Streptococcus mutans*?

Department of Operative Dentistry, Cariology and Pulp Biology, Tokyo Dental College
○ISHIHARA Kazuna, ISHIZUKA Hisako, MURAMATSU Takashi

【背景と目的】

牛乳由来オステオポンチン (以下 OPN) は近年, 口腔内細菌の歯面付着阻害, バイオフィルム形成抑制, バイオフィルム内 pH 上昇の効果が報告されている (Schlafer *et al.*, 2012)。我々はこれまでに OPN 処理したハイドロキシアパタイト上への *Streptococcus mutans* の付着を検討し, OPN 処理したハイドロキシアパタイト表面では *S. mutans* の付着菌数が有意に減少することを明らかとした (Ishizuka, Ishihara *et al.*, JDS Commun 2024)。また, これまでの研究において, OPN が *S. mutans* の菌体に付着している可能性を蛍光顕微鏡で検討してきた (第 162 回日本歯科保存学会で発表)。しかし, OPN が菌体に本当に付着しているのか, 付着しているとすると *S. mutans* のどの構造に作用しているのか, 更にはそれに伴う機能の変化については不明である。上記を解明する足掛かりとして本研究では, *S. mutans* と OPN がタンパク質として付着しているか否かを検討した。

【材料および方法】

本研究では *S. mutans* の 4 種類の株 (GS5 株と臨床分離株 3 株) を使用した。牛乳由来冷凍乾燥 OPN (SIGMA 社製) を 5.4 μ M に調製した。これと 1/10, 1/20, 1/40, 1/80 に OPN 溶液を調製した。5.4 μ M の OPN 溶液 (30 μ L) と各 *S. mutans* の菌株懸濁液 (OD=1.5, 15 μ L) を混和し, 37 $^{\circ}$ C で 1 時間作用させた。作用後の各サンプルを洗浄後, 遠心して得られた菌体を 10 μ L の PBS に懸濁し, 10 μ L のローディングバッファーと混和して 100 $^{\circ}$ C 10 分間で加熱し, 実験群とした。なお対照群としては, OPN 無添加の各菌株懸濁液を陰性対照とし, OPN のみを陽性対照とした。実験群, 対照群は (12.5 %) SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) により分離し, その後, ゲルを Coomassie brilliant blue (CBB) 染色し, 余剰な色素の脱色後, ゲルを撮影しバンドパターンを比較した。

【結果および考察】

各菌株において OPN 作用群と対照群の間でバンドの出現や消失, 強度変化が観察された。OPN 処理により高分子量帯および中分子量帯に変化がみられた。OPN 単独レーンに現れたバンドと同様の分子量の位置 (約 60 kDa) にバンドが, 全ての菌株の OPN 処理群でも確認され, 菌体表面への OPN の吸着あるいは共沈が示唆された。

これらの結果から, OPN は *S. mutans* の菌体タンパク質と付着していることが明らかとなり, これにより歯面への付着抑制やバイオフィルム形成抑制などの機能的変化が出る可能性が考えられた。今後, OPN の結合部位や結合する特定タンパク質を明らかにするため, アミノ酸シーケンス解析を行う予定である。

(会員外研究者: 米澤英雄、石原和幸)

水溶性カルシウム塩およびピロリン酸塩を含むフッ化物配合歯磨剤の エナメル質に対する再石灰化効果

ライオン株式会社 研究開発本部 口腔健康科学研究所
○藤木政志、木村光夫、栗田啓

Effect of adding soluble calcium and pyrophosphate to fluoride toothpaste on enamel remineralization
Advanced Oral Health Science Research Laboratories, R & D Headquarters, Lion Corporation

○FUJIKI Masashi, KIMURA Mitsuo, KURITA Kei

【目的】

フッ化物配合歯磨剤の使用は、セルフケアにおけるう蝕予防手段として幅広い年齢層に用いられる効果的な方法であり、そのう蝕予防効果は歯磨剤に配合されるフッ化物の濃度に依存する。一方で、安全性の観点から歯磨剤に配合可能なフッ化物濃度には上限が設定されており、日本では 1500 ppm に設定されている。フッ化物の配合濃度が限られた中で歯磨剤のう蝕予防効果をより高める策として、歯の再石灰化に必要なカルシウムの歯磨剤への配合が考えられるが、歯磨剤中のフッ化物がカルシウムと結合することで不溶化する懸念が生じる。そこで本研究では、歯石形成抑制やステイン除去を目的として配合される金属キレート剤の一つであるピロリン酸塩を同時に配合することで、歯磨剤中のフッ化物を不溶化させることなくカルシウムを配合し、歯磨剤のう蝕予防効果を向上させることを試みた。本演題では、水溶性カルシウム塩とピロリン酸塩を配合した歯磨剤中のフッ化物の溶解性と、同歯磨剤がエナメル質の再石灰化およびフッ化物の歯内蓄積に及ぼす影響について評価した結果を報告する。

【材料および方法】

フッ化ナトリウムを 1450 ppmF または 5000 ppmF 相当配合した歯磨剤（1450-F 組成、5000-F 組成）と 1450 ppmF 相当のフッ化ナトリウムに加えて水溶性カルシウム塩とピロリン酸塩を配合した歯磨剤（1450-FCaP 組成）を調製した。次いで、歯磨剤中の可溶性フッ化物を定量するために、歯磨剤：超純水が 1：100 となるよう混合し、3 分間ボルテックス攪拌することで歯磨剤懸濁液を調製した。懸濁液を遠心分離した後（5000 g、10 分間）、イオン電極法により測定された上清液中のフッ化物濃度から歯磨剤中の可溶性フッ化物量を算出した（各群 $n=3$ ）。再石灰化試験には、アクリルリング内に樹脂包埋し表面を研磨したウシエナメル質試料を用いた。ウシエナメル質試料を 6 日間脱灰することで深さ約 100 μm の表層下脱灰層を形成し、光誘導蛍光定量法（QLF）により脱灰の進行度（ ΔF 平均値）を測定した。その後、 ΔF 平均値が均等になるように試料を群分けし（各群 $n=10$ ）、各試料に対して 3 分間の歯磨剤懸濁液処理（歯磨剤：超純水=1：3）、22 時間の再石灰化、2 時間の脱灰を繰り返す pH サイクルを 3 週間行った。再石灰化率は、サイクル前後の ΔF 平均値から算出し、表層下脱灰層の各深さ（10, 50, 110 μm ）におけるミネラル密度はエナメル質断面のヌープ硬度から算出した。さらに、走査型電子顕微鏡（SEM）に搭載された波長分散型 X 線分析装置（WDS）を用いて pH サイクル後のエナメル質断面における F 濃度を定量およびマッピングを行った。再石灰化試験における各値の統計解析には Steel-Dwass の多重比較検定を用い、有意水準は 5%とした。

【結果および考察】

各歯磨剤中の可溶性フッ化物は、1450-F 組成が 1445.9 ± 11.4 ppmF、1450-FCaP 組成が 1416.4 ± 47.3 ppmF、5000-F 組成が 5078 ± 75.3 ppmF であった。再石灰化試験では、1450-FCaP 組成において 1450-F 組成よりも有意に高い再石灰化率が認められた。一方で、1450-FCaP 組成と 5000-F 組成の再石灰化率の間に有意な差は認められなかった。また、pH サイクル後のエナメル質のミネラル密度に関して、表層付近である深さ 10 μm では歯磨剤間に有意な差は認められなかった。一方で、表層下脱灰層の中層付近にあたる深さ 50 μm では 1450-FCaP 組成において他 2 種の歯磨剤よりも有意に高いミネラル密度が認められた。さらに、深さ 50 μm での F 元素分析の結果では、1450-FCaP 組成において 1450-F 組成よりも有意に高い F 濃度が認められた。上記の結果から、1450-FCaP 組成に配合された水溶性カルシウム塩およびピロリン酸塩は歯磨剤中のフッ化物を不溶化させることなく、エナメル質の表層下脱灰層の再石灰化促進に寄与したことが考えられる。また、1450-FCaP 組成は表層下脱灰層の深部におけるフッ化物の蓄積に有用であることが示唆された。

新規フッ化物ゲルの象牙質に対する脱灰・再石灰化への影響

1. 北海道医療大学歯学部口腔機能修復・再建学系 歯蝕制御治療学分野
2. 朝日大学歯学部歯科保存学分野 歯冠修復学、3. 大阪大学大学院歯学研究科 口腔分子感染制御学講座
4. 北海道大学大学院歯学研究科 口腔健康科学講座 歯科保存学教室

○松田康裕¹、奥山克史²、山本洋子³、櫻井雅彦¹、林美加子³、友清 淳⁴、斎藤隆史¹

Demineralization prevention and remineralization effects of novel fluoride gel on dentin using automatic pH-cycling

1. Division of Clinical Cariology and Endodontology, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido
 2. Department of Dental Materials Science, Asahi University School of Dentistry
 3. Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry
 4. Department of Restorative Dentistry, Hokkaido University Graduate School of Dental Medicine
- MATSUDA Yasuhiro, OKUYAMA Katsushi, YAMAMOTO Hiroko, SAKURAI Masahiko, HAYASHI Mikako, TOMOKIYO Atsushi and SAITO Takashi

【緒言】

歯蝕予防に効果的な局所的フッ化物塗布材料の一つに高濃度フッ化物ゲルがある。フッ化物ゲルはフッ化物バーニッシュと異なり水溶性であるため、湿潤環境下でも塗布が容易であり、塗布直後からフッ素イオンが速やかに歯面へ取り込まれる特性を持つ。本教室で開発した自動 pH サイクル装置は、口腔内に近い環境下における pH 変動や局所のフッ素濃度変化を再現できる。また、In-air micro proton-induced gamma/X-ray emission (PIGE/PIXE) 法を用いることにより歯質内のフッ素分析が可能である。そこで本研究ではフッ化物ゲルの局所応用材としての有効性について自動 pH サイクル装置と In-air PIXE/PIGE 法を用いてフッ化物の取り込みと脱灰および再石灰化に対する効果を検討した。

【材料と方法】

本研究では、牛の抜去歯を使用し、象牙質の評価用試料を作製した。歯根部を#1000 の耐水研磨紙で平滑化した後、研磨面以外をスティッキーワックスで被覆し、脱灰溶液または脱イオン水に 72 時間浸漬して、脱灰処理群 (D) および健全群 (I) をそれぞれ作製した。

評価対象となる材料には、フッ化物バーニッシュとして 5% NaF White Varnish (FV, Solventam)、フッ化物ゲルとしてフルオールゼリー (FL, ビープランド・メディコーデンタル) および Clinpro™ Clear Fluoride Gel (FG, Solventam) を用いた。いずれの群も塗布後 1 分間静置し、水洗を行った。コントロール群 (C) は、何も塗布せず同様の処理を行った。処理後、各試料は 200 μm の厚さに切断し、Single-Section 試料とした。得られた試料は In Air PIXE/PIGE 法により健全象牙質 (IFV, IFG, IFL, IC) 群および脱灰象牙質 (DFV, DFG, DFL, DC) 群のフッ素の取り込みを分析した。

分析後、再度スティッキーワックスで研磨面以外を被覆し、各試料に一週間の自動 pH サイクル処理 (P 群) または再石灰化処理 (R 群) を施し、IFVP, IFGP, IFLP, ICP 群、DFVR, DFGR, DFLR, DCR 群、DFVP, DFGP, DFLP, DCP 群を作製した。これらについてカルシウムおよびフッ素の分布と含有量を評価した。

【結果及び考察】

健全象牙質および脱灰象牙質のいずれにおいても、材料群はコントロール群に比べフッ素取り込みが増加した。特に DFG 群および DFL 群では象牙質深部までのフッ素浸透が確認され、水溶性ゲルによる速やかなフッ素供給が示唆された。pH サイクル後も材料群では表層へのフッ素取り込みが認められ、負荷後にもフッ素が保持されることが示された。一方、DFLP 群および DFLR 群では深部の脱灰像が認められ、脱灰抑制および再石灰化促進効果は他の材料群より弱い傾向があった。

【結論】

本研究により、フッ化物ゲルの歯面塗布が象牙質へのフッ素の迅速な取り込みを可能にし、さらにバーニッシュと同等の脱灰抑制効果を有することが示唆された。特に、防湿が困難な症例においてバーニッシュの代替としてゲル製剤の臨床応用が期待される。本研究の一部は科学研究費補助金 (基盤 (C) 24K12951、23K09206、基盤 (B) 24K02628、24K02620) の補助の下に行われた。

各種ケイ酸カルシウム系材料における水酸化物イオン溶出と表面析出挙動

愛知学院大学歯学部保存修復学講座¹ アイオワ大学歯学部保存修復学講座²

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座³ 産業技術総合研究所⁴

○佐久間恵子¹, 堀江 卓¹, 吉原久美子⁴, 辻本暁正^{1,2,3}

Hydroxide Ion Release and Surface Precipitation Behavior of Various Calcium Silicate-Based Materials

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University¹

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry²

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry³

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Health Research Institute⁴

○SAKUMA Keiko¹, HORIE Taku¹, YOSHIHARA Kumiko⁴, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【研究目的】

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) に代表されるケイ酸カルシウム系材料は、水和反応によって生成される水酸化カルシウムから水酸化物イオンおよびカルシウムイオンが周囲に徐放されることによって、抗菌作用や硬組織形成促進といった生物学的効果を発揮するとされている。最近では、これらの材料の用途や操作性の向上を目的としてレジン成分が添加された製品なども開発されている。このようにケイ酸カルシウム系材料は組成の異なる多様な製品が臨床応用されているものの、その組成や硬化機序の違いがイオンの溶出挙動に及ぼす影響については十分に検討されていないのが現状である。そこで本研究では、レジン添加型を含む各種ケイ酸カルシウム系材料を用いて、材料を水中浸漬した際における pH の経時変化およびリン酸緩衝溶液中に浸漬した際における材料表面の析出挙動を観察することによって、水酸化物イオンおよびカルシウムイオンの溶出挙動を検討した。

【材料および方法】

供試したケイ酸カルシウム系材料は、従来型 MTA である ProRoot MTA (Dentsply Sirona), 根管充填用シーラーである Canal Sealer BG (日本歯科薬品), レジン添加型のうち光重合型の TheraCal LC (Bisco) および D-Cavios MTA (ネオ製薬), ならびに化学重合型の Super MTA Paste (Sun Medical) の合計 5 製品とした。

供試した材料をシリコンモールド (φ 6 x 2 mm) に填塞し、光重合型の材料においては製造者指示に従って光照射を行った。これらの試料を 37℃環境湿度 100%の条件下で 4 時間保管した後モールドから取り出し、pH 測定用試片とした。これらの試片を 6 ml の 37℃蒸留水中に浸漬し保管後 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 および 28 日における交換液の pH を測定した (n=3)。得られた pH における統計学的検定は、1 要因反復測定×1 要因独立要因の混合分散分析 (mixed-design ANOVA) を用いて行った。また、pH 測定用試片と同様に作製した試片を pH 7.4 のリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 6 ml に 7 日間浸漬し、材料表面に形成された析出物を走査型電子顕微鏡 (SEM) にて観察した。

【結果と考察】

ケイ酸カルシウム系材料を蒸留水に浸漬後 1 日目の交換液における pH は、材料浸漬前の交換液の pH と比較していずれの製品においても向上し、ProRoot MTA で 11.0, Canal Sealer BG で 9.3, TheraCal LC で 10.2, D-Cavios MTA で 10.1, Super MTA Paste で 8.6 であった。また、供試した材料を交換液に浸漬した際における pH は製品の種類によって異なり、保管期間の延長によって変化した。交換液の pH の経時変化は材料の種類によって特徴があり、TheraCal LC では 9.6-10.2 を示しレジン添加型で光重合型のケイ酸カルシウム系材料であるにもかかわらず、従来型の MTA である ProRoot MTA (pH: 10.7-11.2) と同様に保管期間中 9.5 以上を維持するものであった。また、Canal Sealer BG および Super MTA Paste の 1 日目における交換液の pH は 8.6-9.3 を示し他の製品 (pH: 10.1-11.0) と比較して低かったものの、その後は 9.9 以上と安定した。一方、D-Cavios MTA では材料浸漬後 1-14 日目までの交換液の pH は 9.3-10.1 を示したものの、21 および 28 日目では 8.5-8.6 と低下する傾向が認められた。ケイ酸カルシウム系材料を PBS 溶液中に 7 日間浸漬後のセメント表面における SEM 観察では、すべての製品においてリン酸カルシウム様結晶の析出物が確認されたことから、いずれの製品においても材料からカルシウムイオンが経時的に放出され、それが PBS 溶液中のリン酸イオンと化学的相互作用を生じていることが示唆された。

【結論】

本実験の結果から、各種ケイ酸カルシウム系材料における水酸化物イオン溶出は製品の種類および浸漬期間によって異なることが明らかとなった。また、それぞれの材料を PBS 溶液に浸漬した後における材料表面にはリン酸カルシウム様結晶の析出物が観察され、その微細構造は異なることが判明した。

環境配慮型炭酸カルシウム-キトサン-アルギン酸ゲルを用いた歯髄被覆材の生体活性評価

¹⁾ 北海道医療大学歯学部 口腔機能修復・再建学系 う蝕制御治療学分野

²⁾ 北海道医療大学歯学部 口腔機能修復・再建学系 高度先進保存学分野

○油井知雄¹⁾, 松田康裕¹⁾, 伊藤修一²⁾, 泉川 昌宣¹⁾, 斎藤隆史¹⁾

Biological Activity Evaluation of Dental Pulp Capping Materials Using Environmentally Friendly CaCO₃-Chitosan-Alginate Gels

¹⁾ Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation

²⁾ Division of General Dental Sciences 1, Department of Oral Rehabilitation

School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

○YUI Tomoo¹⁾, MATSUDA Yasuhiro¹⁾, ITO Shuichi²⁾, IZUMIKAWA Masazobu¹⁾, SAITO Takashi¹⁾

I. 目的

近年の歯髄保存療法には、生体適合性と創傷治癒能を併せ持つバイオマテリアルが求められている。アルギン酸カリウム (Alg) は親水性に優れ、ゲル化により高い生体適合性を示す。キトサン (Cs) は抗菌性や生体活性を備え、Alg と架橋が可能である。炭酸カルシウム (CaCO₃) は Ca²⁺供給源として有用だが、難溶性のため安定ゲル化に課題がある。

我々の先行研究では、炭酸水 (H₂CO₃) を用いた簡便法によりホタテ貝殻由来の高コストパフォーマンス・環境配慮型 CaCO₃ (Scallop Shell-derived CaCO₃: SS-CaCO₃) と Alg を架橋させ、さらにアルカリ修飾 Cs (pH 9.5) を添加した SS-CaCO₃-Cs/Alg Gels (SCA-Gel) を設計した。このゲルは弱アルカリ性 (pH 9.4)、迅速なゲル化 (66s)、高い含水率と Ca²⁺溶出性を示した。そこで本研究では、SCA-Gel を用いた歯髄被覆材としての基礎的生体活性性能を評価することを目的とした。

II. 材料と方法

1. ゲルの作製工程：超純水 (20ml) に SS-CaCO₃ (0.1g) を懸濁し、Alg (0.4 g) を溶解させた。続いて交差結合は H₂CO₃ (30ml) を加えて SA-Gel (以下 A 群)、2.0 vol% の Cs を添加した SCA-Gel (以下 B 群) の両者を実験群とした。対照群は、CaCO₃ (030-00385, Wako) を用いた CA-Gel (以下 C 群)、Cs 添加の CCA-Gel (以下 D 群) を作製した。
2. 溶出液の作製：各群を PBS (37°C) で 7 日間浸漬、遠心後 (2500 rpm、15min) に濾過滅菌し、ゲル溶出液とした。
3. ゲル溶出液の元素分析：各元素 (Al, Ca, Mg, Sr, Si) 濃度は ICP 発光分光計 (Optima-5300-DV, PerkinElmer) で測定。
4. ゲル担持ローダミン B (RhB) の溶出挙動：各ゲルにローダミン B (20.0 µg) を担持させ、PBS (5 mL) に浸漬した。1, 3, 6, 24 時間後に Varioskan™ LUX (Thermo Fisher Scientific, Ex 540 nm/Em 580 nm) を用いて、各 RhB の溶出量を算出した。
5. 細胞毒性試験：hDPSCs (#PT-5025, Lonza) を約 3.1×10³ cells/cm² で 96 well プレートに播種し、培養 1 日目に各群の溶出液 (5, 10, 30, 50, 70 vol%) を 10% FBS 添加 DMEM 培地 (Gibco) に希釈、添加した。4 日目に CCK-8 アッセイ (同仁化学) から細胞生存率を算出した。
6. カルシウム沈着量の評価：同密度の hDPSCs を 6 well プレートに播種し、7 日目に分化誘導培地 (10 mmol/L の β-グリセロリン酸, 50 µg/mL のアスコルビン酸を添加) に切り替え、各群の溶出液 (10, 20, 30 vol%) を希釈、添加した。培養 28 日目にアリザリンレッド染色で可視化した。
7. ゲル抗菌性の拡散・接触評価：S. mutans (JCM 5175) を OD600 = 0.05 となるように寒天培地に均一に播種し、各群のゲルを寒天上に静置した。24 時間培養後、ゲル周囲の細菌増殖抑制域を観察した。

III. 結果と考察

各溶出液の元素分析から Ca 濃度は A 群で最も高く (29.42 mg/L)、Mg は B 群 (0.14 mg/L)、Sr は A 群 (0.05 mg/L) で高値を示した。Si 濃度は全群で同等 (0.25–0.28 mg/L) であった。RhB 徐放試験では、すべてのゲルで時間経過に伴い放出量の増加が認められた。B 群は初期溶出が最も低く、優れた徐放性を示し、C 群および D 群は 24 時間後に最大溶出量 (約 4 µg/ml) に達した。これはゲル組成が溶出挙動に影響を与え、制御可能性が示唆された。

細胞生存率と Ca 沈着量の評価では、全群の 10 vol% 添加群でいずれも亢進傾向を示し、低用量での生存率および石灰化の促進が示唆された。抗菌性評価では各群に阻止円は認められず、溶出性の抗菌作用は示されなかった。一方、ゲル接触下では細菌増殖の低下が観察され、接触依存的な抗菌作用が示唆された。

IV. 結論

SCA-Gel 群は、徐放性、細胞生存性、石灰化誘導能および接触依存的抗菌活性において優れた特性を示し、歯髄創傷被覆材としての応用可能性が示唆された。

半導体レーザー照射が象牙質共培養下における歯髄幹細胞の分化に及ぼす影響

¹ 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第1講座

² 日本歯科大学新潟病院 総合診療科

³ 日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科 硬組織機能治療学

○鎗田将史¹, 北島佳代子¹, 新井恭子^{1,3}, 清水公太², 池澤叡輔³, 小林真子³, 両角俊哉^{1,3}

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

¹Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life dentistry at Niigata

²Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University Niigata Hospital

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

○YARITA Masafumi¹, KITAJIMA Kayoko¹, ARAI Kyoko^{1,3}, SHIMIZU Kota²,

IKESAWA Eisuke³, KOBAYASI Mako³, MOROZUMI Toshiya^{1,3}

【目的】

低出力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。これは Photobiomodulation (PBM) としても知られており、組織再生分野において活用されている。歯科領域においては、レーザー切削や覆髄後のレーザー照射により修復象牙質の形成量が増加することが報告されている。臨床の有効性が認められる一方で、PBM における細胞レベルのメカニズムは未だ十分には解明されていない。本研究において我々は、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を用いた PBM 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 ALP 活性測定で評価した。

【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。96well プラスチックプレートに hDPSC を 8×10^2 Cells/mL の濃度で播種した。10%FBS、1%Penicillin-Streptomycin-Amphotericin B を含む DMEM を基本培地として、Ascorbic acid (50 μ g/mL), dexamethasone (0.1 μ M), β -glycerophosphate (5mM) および TGF- β (10ng/mL) を添加した OLC 分化誘導培地 (ODM) を使用した。ウシ下顎前歯の歯根象牙質を厚さ 200 μ 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を 30mW、連続波、照射時間を 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。ODM で単純培養を行った O 群、単純培養+レーザー照射を行った OL 群、ODM+共培養を行った OD 群、ODM+共培養+レーザー照射を行った ODL 群の 4 群を設定し、培養 2 および 3 週 (w) 後にタンパクの定量を行い、ラボアッセイ ALP を用いて、ALP の発現量を測定した。データは等分散性の検定結果に応じて Kuruskul-Wallis 検定と Steel-Dwass 検定を用いて各培養期間における実験群の検定と、t 検定を用いて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】

培養 2w で O 群は ODL 群に対し、OL 群は OD 群や ODL 群に対し、ALP 活性値が有意に高かった。培養 3w では O 群と OL 群が、それぞれ OD 群と ODL 群に対し有意に高かった。各群における経時的変化を比較したところ、OL 群の ALP 活性値だけが有意に増加していた。

【考察】

本研究の結果は、ALP 活性値がいずれの時点においても単純培養の群において高く、共培養の群では低かった。考えられる原因として、共培養した象牙質が分化誘導を抑制させた可能性が挙げられる。一方、単純培養で hDPSC にレーザー照射を行った OL 群のみが、経時的比較で ALP 活性値が有意に増加していた。これは、半導体レーザー照射が hDPSC から OLC への分化誘導促進に影響した可能性がある。現在、PBM の影響を明確にするため、免疫染色や Western Blotting を行っている。

【結論】

hDPSC に対する低出力半導体レーザー照射による PBM は、OLC への分化誘導を促進する可能性が示された。

う蝕治療ガイドラインに準拠して機能性修復材料を用いて 象牙質齲蝕治療を行った一症例

¹北海道医療大学歯学部口腔機能修復再建学系う蝕制御治療学分野、²医療法人社団こころ会
○佐藤 将洋^{1, 2}、泉川 昌宣¹、矢嶋 拓¹、中脇 和輝¹、斎藤 隆史¹

A case report of dentin caries treatment using the functional restorative material in accordance with clinical guidelines for treating caries

¹Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation, School of
Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido, ²Medical Corporation Kokorokai
○Masahiro SATO^{1, 2}, Masanobu IZUMIKAWA¹, Hiromu YAJIMA¹, Kazuki NAKAWAKI¹ and Takashi SAITO¹

【緒言】

歯髄は生物活性と再生能力が高い組織であり、長期にわたる歯の健康維持には極めて重要である。Dentin Pulp Complex の特性から、何らかの原因により象牙質が露出した時点で歯髄保護を考慮する必要がある、MID の理念に立脚したう蝕処置および修復処置が重要である。近年、機能性材料が開発されたことにより歯髄保護を考慮した治療を実践することが可能となった。そこで、う蝕治療ガイドライン第2版(2015年)および歯髄保護の診療ガイドライン(2024年)に準拠した象牙質齲蝕治療について、新規に上市された接着性修復材料を用いて検討した一症例を報告する。

【材料および方法】

本学歯学倫理審査委員会の承認を得て行われた(第255号)。BioactiveMonomer™ C-MET が配合されたバルクベース®ハードII(サンメディカル)を機能性材料として象牙質齲蝕治療に使用した。う蝕治療ガイドライン第2版 CQ6、CQ7、CQ8、CQ14、CQ15、CQ16、さらに、歯髄保護の診療ガイドライン CQ1 を考慮した治療を行い、経過観察後、考察を加えた。

【症例】

35歳の女性。#37の修復物破折と一過性の冷水痛を主訴として来院した。自発痛、打診痛など臨床的症状は認められないがエックス線検査で咬合面修復物直下に齲蝕が認められた。ラバーダム防湿下およびマイクロスコープ下で確実な齲蝕除去・修復操作が可能なることからコンポジットレジン修復を行うこととした。修復物を除去後、う蝕検知液(カリエスチェック、NISHIKA)による染色性を基準にして、鋭利なスプーンエキスカベーターと低回転スチールラウンドバーを用いて軟化象牙質を除去した。齲蝕を除去すると歯髄に近接した深い窩洞が形成されたが、バルクベース®ハードIIはベース材料および修復材料として使用できることから裏層は行わず、ノンベベルの窩洞形態で窩洞形成を完了した。メーカー指示どおりバルクベースライナー®IIで歯面処理、バルクベース®ハードIIミディアムフローを一括充填後光照射し、形態修正、研磨して処置を終了した。その後、6か月間経過観察を行った。

【結果】

修復直後、3か月、6か月後、患歯に冷水痛や打診痛等の症状はなく、視診においても修復物の着色、修復物辺縁の異常は認められなかった。さらにエックス線検査でも異常は認められず良好に経過していた。

【考察】

う蝕治療ガイドライン第2版 CQ6、CQ7、CQ8、CQ14、CQ15、CQ16、さらに、歯髄保護の診療ガイドライン CQ1 に従って象牙質齲蝕処置を行った。バルクベースライナー®IIのBooster BrushにはBioactiveMonomer™ C-METが配合されている。これまでのin vitro/in vivo研究で、C-METの石灰化誘導作用、抗脱灰作用、抗菌作用、さらに修復象牙質形成誘導作用が明らかになっている。また、LiquidへのHigh-PAモノマー™の配合により接着性が向上している。さらにバルクベース®ハードIIはLPSモノマーによる低重合収縮から一括充填が可能である。これらにより深在性象牙質齲蝕であっても不快事項の発現がなく、生物学的に機能的な齲蝕治療ができたものと推測された。これらのことからう蝕治療ガイドライン第2版・歯髄保護の診療ガイドラインに準拠してバルクベース®ハードIIによる確実な象牙質齲蝕治療ができたものと考えられる。

全顎的な Tooth Wear に対して接着修復治療を適用し機能回復を行った 1 症例

¹M デンタルクリニック, ²日本大学歯学部保存学教室修復学講座
○白土康司^{1,2}, 森健太郎¹, 宮崎真至²

A Case of Functional Rehabilitation with Adhesive Restorations for Generalized Tooth Wear

¹M Dental Clinic, ²Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry,
○SHIRATSUCHI Koji¹, MORI Kentaro¹, MIYAZAKI Masashi¹

【緒言】

咬耗症・磨耗症・酸蝕症などを含む Tooth wear は多因子的な疾患であり、その要因は複雑である。病的に進行すると歯冠幅径の低下を招き、咬合機能の維持が困難となるだけでなく、審美的な問題を併発することがある。近年、コンポジットレジン修復は適応範囲の拡大とともに、歯質接着性や材料の物性・審美性の向上により、機能的・審美的な回復を可能とした低侵襲な治療法として臨床応用されている。本症例では、全顎的な Tooth wear に対してコンポジットレジン修復を用いて機能回復を図り、良好な長期経過を得たため、その治療経過を報告する。

【症例】

患者：36 歳，男性。主訴：歯の形が変化し前歯の見た目が気になる、噛みにくい。現病歴：以前より咀嚼しづらいことを自覚していたが、疼痛がなかったため経過観察していた。最近になって、上顎前歯部の形態変化が気になるようになり受診。既往歴：特記事項なし。現症：全顎的に Tooth wear を認め、上下顎臼歯部に軽度の冷水痛を訴えるが、自発痛は認められない。プロービングデプスは全顎的に 2～3 mm で、著明な歯周病所見はみられない。

【治療経過】

問診より生活習慣（ブラキシズム等）に起因する非齶蝕性的実質欠損と診断した。歯周基本治療の実施とともに、咬合高径の低下に対して咬合挙上を計画。健全歯質の保存を重視し、コンポジットレジンによる修復治療を提案し、患者の理解と同意を得た。フェイスボートランスファーを用いて半調節性咬合器に装着した研究模型から診断用ワックスアップを作製した。咬合挙上量は約 2.0 mm とし、上顎にスプリントを装着して咬合挙上後、顎口腔系に異常がないことを確認した。診断用ワックスアップをもとに透明シリコーン印象材（エクザクリアー，GC）でシリコーンインデックスを作製し、左右臼歯部から前歯部にかけて順次インジェクションテクニックにてコンポジットレジン修復を行った。修復後は破折防止のためナイトガードの使用を指示した。6 ヶ月後の経過観察では、修復物の破折や軟組織の炎症は認められず、良好な臨床結果を得た。その後約 5 年間の経過観察中に上顎前歯部および上下顎大臼歯部に一部コンポジットレジンの破折がみられたが、補修修復により良好な機能を維持している。

【考察】

広範囲にわたるコンポジットレジン修復は、健全歯質を保存できるという利点がある一方で、技術的難易度が高く、治療時間も長くなる傾向がある。本症例では、治療の簡便化と精度向上を目的にインジェクションテクニックを用いた。この手法は、テクニックセンシティブな要素やチェアタイムの大幅な削減に加え、ワックスアップが修復物へ精密に反映されるため、形態修正や咬合調整がほとんど不要という利点がある。一方で、コンポジットレジンには審美性や機械的性質においてセラミックスに劣るものの、患者は治療後の審美的・機能的結果に満足しており、破折や摩耗が生じた場合にも補修修復によって長期的な機能維持が可能であり、将来的に患者が間接修復への置換を希望した場合でも、比較的容易に移行することができる。

【結論】

本症例では、全顎的な tooth wear に対してコンポジットレジン修復による機能回復を図り、5 年経過時点で良好な経過を得ることができた。

積層充填における歯科充填用アクリル系レジンの応力緩和効果

日本大学松戸歯学部保存修復学講座¹, 日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻²
 ○神谷 直孝¹, 寺中 文子¹, 庫川 幸利¹, 内山 敏一¹, 久米 駿佑¹, 村上 裕雄貴¹,
 石川 豊², 今村 亮哉², 小峯 千明¹

Stress relaxation effect of acrylic resin for dental filling in the incremental filling technique

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry at Matsudo¹,
 Nihon University Graduate School of Dentistry at Matsudo²

○Naotaka Kamiya¹, Ayako Teranaka¹, Yukitoshi Kurakawa¹, Toshikazu Uchiyama¹, Shunsuke Kume¹,
 Hiroyuki Murakami¹, Yutaka Ishikawa², Ryoya Imamura², Chiaki Komine¹

【目 的】

コンポジットレジン修復の積層充填は、硬化様式が化学重合から光重合に転換した際、硬化深度の制限に対応する目的で実施されるようになった。現在では前歯部の色調適合性向上を主目的としたレイヤリングテクニックや、深い窩洞の修復時に発生する収縮応力を緩和する目的も加わり、日常的に積層充填が実施されている。我々は、139 回秋季学術大会において、充填用アクリル系レジンとは二官能性モノマーベースのコンポジットレジンと比較して収縮応力が有意に小さいことを報告した。そこで本研究は、積層充填の一層目に充填用アクリル系レジンをを用いた場合の収縮応力緩和効果を検討することとした。

【材料と方法】

歯科充填用アクリル系レジンとしてボンドフィル SB II (SB II, サンメディカル)、フロアブルレジンとしてクリアフィルムジェスティ ES フローLow A2 (MF, クラレノリタケ)を使用した。収縮応力はサーボ駆動式収縮応力測定装置で測定した。外形 10 mm, 内径 6mm, 深さ 3mm, C 値 3.0 の黄銅製窩洞型モールドは、被着面のサンドブラスト処理と超音波洗浄後にアセトン中で保管し、使用直前にリン酸ゲル(K-エッチャント, クラレノリタケ)を塗布し水洗・乾燥して使用した。接着処理について、MF 使用時は金属接着プライマー (アロイプライマー, クラレノリタケ) 塗布後に 2 ステップ接着システムのボンド (メガボンド 2, クラレノリタケ) を塗布, エアブローし LED 光照射器 (ペンキュア, モリタ) で 10 秒間光照射を行った。SB II 使用時は付属の液材 3 滴とキャタリスト V1 滴を混和した活性化液を塗布した。積層方法は、深さ 3 mm の窩洞を一層目 1.5 mm, 二層目 1.5 mm の厚みで二分割充填した。SB II は筆積み法が標準であるが、操作時間短縮と表層平坦化のため便宜的に混合法で充填した。充填方法は一層目と二層目に MF を用いた積層充填 (MF/MF), 一層目 SB II, 二層目 MF を用いた積層充填 (SB/MF) および SB II による一括充填 (SB) の 3 条件とした。収縮応力の測定は一層目充填直後から開始し、応力の変動がプラトーになった時点を最大値として平均値を算出した (n=5)。各充填方法における収縮応力の最大値について多重比較検定を行った (Tukey-Kramer, $P < 0.01$)。

【結果と考察】

深さ 3 mm の窩洞型モールドを異なる充填方法で充填した際に生じる収縮応力の比較を Fig. 1 に示す。収縮応力は MF/MF, SB/MF, SB の順に大きい値を示した。SB は一括充填でありながら積層充填と比較して有意に低い収縮応力を示した。これは充填用アクリル系レジンの特徴であるしなやかな硬化体特性と、硬化が比較的緩徐に進行する化学重合型であるためと考えられる。また、MF/MF と比較して SB/MF の収縮応力が有意に低いことから、積層充填一層目に SB II を使用することで収縮応力を大幅に緩和できることが判明した。

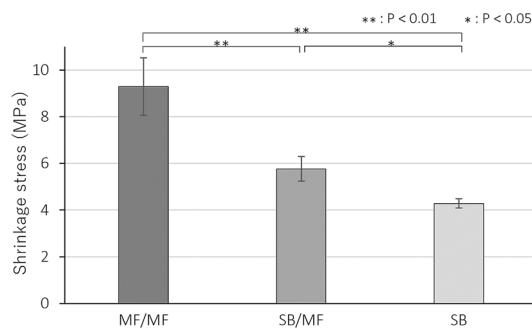


Fig.1 Shrinkage stress occurring in a 3mm deep cavity

【結 論】

深さ 3 mm の窩洞に発生する収縮応力は、充填用アクリル系レジンによる一括充填が最も低い値を示した。また、一層目、二層目ともにフロアブルレジンを使用した積層充填と比較して、一層目を充填用アクリル系レジンに置き換えた積層充填は有意に低い収縮応力を示した。

本研究に関連し、開示すべき COI 関係はありません。

本研究は JSPS 科研費 23K09174 の助成を受けたものです。

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 of 長期水中保管後の機械的性質について

¹ 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

² 関東学院大学 材料・表面工学研究所

³ 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^{1,2}, 片山裕太¹, 緑野智康¹, 三宅 香¹, 大橋 桂¹, 半田慶介³

Mechanical properties of the prototype resin composites containing filler treated with silane coupling agent having a long-chain alkyl group after long-term water storage

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

○Tomotaro NIHEI^{1,2}, Yuta KATAYAMA¹, Tomoyasu MIDONO¹, Kaori MIYAKE¹, Katsura OHASHI¹, Keisuke HANDA³

【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との界面の劣化により、接着強度やコンポジットレジン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¹⁻⁶⁾。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、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; γ -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も報告した⁷⁾。

本研究では、8-MOS 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を試作し、長期水中保管後の曲げ強さと吸水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、 γ -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)、 γ -メタクリロイルオキシメチルトリメトキシシラン (1-MMS, TORAY) と 8-MOS (KBM-5803, 信越シリコーン) の3種とした。各シランカップリング剤を平均粒径 $4.6\mu\text{m}$ のシリカフィラー (龍森) に対して 3 wt% で処理し、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、37℃ 脱イオン水中に 720 日まで保管、また 5℃ と 55℃ の各水槽に各 40 秒間とするサーマルサイクルを 10,000 回まで負荷した後に曲げ試験に供した。また、各コンポジットレジンの吸水量を 90 日保管まで測定した。

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 720 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 ($p>0.05$)。1-MMS 群は水中 180 日保管以降で室温 1 日保管と比べて有意に低い値となった ($p<0.05$)。また、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 ($p<0.05$)。各試作コンポジットレジンの吸水量は 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 ($p<0.05$)。

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では、高い疎水層のシランカップリング層を構築でき、マトリックスレジンとの相溶性も高いため⁷⁾、長期水中保管後においても耐久性が向上したと示唆された。

【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) 黒田哲郎ら, 接着歯学 42: 107-116, 2024.

なお、開示すべき COI 関係にある企業などありません。

新規インジェクタブルコンポジットレジンの基本的諸物性について

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

○武藤 玲¹⁾, 高見澤俊樹^{1,2)}, 石井 亮^{1,2)}, 渡部修平¹⁾, 竹腰尚正¹⁾,
杉浦真理¹⁾, 植原 亮¹⁾, 宮崎真至^{1,2)}, 坪田圭司^{1,3)}, 岩崎圭祐^{1,4)}

Study on mechanical properties and wear behavior of a new injectable resin composite

Department of Operative Dentistry¹⁾, Division of Biomaterials Science, Dental Research Center²⁾, Nihon
University School of Dentistry, Tsubota Dental Clinic³⁾, Iwasaki Dental Clinic⁴⁾

○MUTO Rei¹⁾, TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2)}, ISHII Ryo^{1,2)}, WATANABA Shuhei¹⁾, TAKEGOSHI Naomasa¹⁾,
SUGIURA Mari¹⁾, UEHARA Ryo¹⁾, MIYAZAKI Masashi^{1,2)}, TSUBOTA Keishi^{1,3)}, IWASAKI Keisuke^{1,4)}

【研究目的】

付形性ととも機械的性質の向上を図ったインジェクタブルコンポジットレジン、ユニバーサルタイプのコンポジットレジン同様に咬合負担域への応用も可能である。次世代インジェクタブルコンポジットレジンとして、full-coverage silane coating 技術の応用とともに、単一シェードで色調適合性を有する新規インジェクタブルコンポジットレジンが最近開発された。そこで、この新規インジェクタブルコンポジットレジン、基本的機械的性質を把握することを目的として、曲げ試験、曲げ疲労試験および微小硬さ試験を行った。また、摩耗試験からその摩耗挙動について検討した。

【材料および方法】

1. 使用材料

新規インジェクタブルコンポジットレジン GCR-01 (IC, GC) を供試材料とした。対照としたコンポジットレジン、ユニバーサルタイプの Filtek Supreme XTE (FS, Solventum) および Tetric Evoceram (TE, Ivoclar Vivadent), フロアブルレジンとして Clearfil Majesty ES Flow (CM, Kuraray Noritake Dental) および Omnichroma Flow bulk (OF, Tokuyama Dental) を用いた。

2. 3 点曲げ試験

曲げ強さ試験は、ISO 4049 に準じて行った。すなわち、25 × 2 × 2 mm の割型にレジンを充填し、計 180 秒間照射し、3 点曲げ試験用試片とした。次いで、37°C のインキュベーター内に 24 時間保管あるいはサーマルサイクル試験 10,000 回後に、万能試験機を用いて曲げ強さ (σ_F)、弾性係数 (E) およびレジリエンス (R) を求めた。なお、試片の数は 12 個とした。

3. 曲げ疲労試験

曲げ疲労強さ試験には、ElectroPuls E1000 machine を用いるとともに staircase method を応用した。すなわち、3 点曲げ試験から得られた各レジンの曲げ強さ値の約 15% の荷重を試片に 20 Hz の条件で、繰り返し 50,000 回負荷した。最終的に試験片の脱落個数および負荷荷重からその曲げ疲労強さ (MPa) を計算式から求めた。試片の数は 24 個とした。

4. ヌープ硬さ試験

円筒形テフロン型に供試レジンを充填、20 秒間照射したものをヌープ硬さ測定用試験片とした。微小硬さ試験機を用いて荷重 1.961 N、荷重保持時間 15 秒の条件でヌープ (KHN) 硬さを測定した。試片の数は 6 個とした。

5. 摩耗試験

Leinfelder-Suzuki (Alabama) 摩耗試験機を用いて耐摩耗性を検討した。すなわち、穴の開いたステンレス金型に供試レジンを充填、SiC ペーパーの 4,000 番まで順次研削後、荷重 78.5 N、周波数 2 Hz の条件で 400,000 回摩耗試験を行った。試験終了後、非接触型プロフィロメーターを用いて最大摩耗深さ (μm) および体積摩耗量 (mm^3) を求めた。

【成績および考察】

曲げ試験および曲げ疲労試験の結果から、用いた製品によってその曲げ特性は異なった。新規インジェクタブルコンポジットレジン IC は、FS との間に有意差は認められなかったものの、他の製品に比較して有意に高い σ_F を示すとともに、他の製品に比較して高いレジリエンスおよび曲げ疲労強さを示した。硬さ試験の結果からは、IC の KHN は FS に比較して有意に低い値を示したものの、TE との間に有意差は認められなかった。IC の耐摩耗性は、他のフロアブルレジンに比較して優れた結果を示すとともに FS と同等であった。

【結論】

新規インジェクタブルコンポジットレジン IC は、優れた機械的性質および耐摩耗性を示した。

PMMA 系レジンセメントを用いて装着した CAD/CAM 冠の予後に関連する要因

¹⁾九州大学大学院歯学研究院 総合歯科学講座 総合診療歯科学分野

²⁾富山歯科クリニック, ³⁾歯科池田医院

○井上昂也¹⁾, 池上龍朗²⁾, 池田充宏³⁾, 和田尚久¹⁾

Factors association with regarding the prognoses of CAD/CAM crowns bonded with PMMA resin cement

¹⁾Department of General Dentistry, Division of Interdisciplinary Dentistry,
Faculty of Dental Science, Kyushu University

²⁾Tomiya Dental Clinic, ³⁾IKEDA DENTAL OFFICE

○Subaru Inoue¹⁾, Tatsuo Ikegami²⁾, Mitsuhiro Ikeda³⁾, Naohisa Wada¹⁾

【目的】

CAD/CAM 冠は、審美性が高いことやメタルフリー治療を行うことができる利点があり、平成 26 年 4 月より小臼歯部の CAD/CAM 冠が保険収載されてから、近年その使用が増加している。一方で、冠の脱離や破折などによるトラブルが報告されており、従来の全部被覆冠と比較して短期の脱離率が高い報告がある。しかしながら、それらの臨床的要因については不明な点が多い。本研究では、PMMA 系レジンセメントを用いて装着した CAD/CAM 冠の短期間における予後評価を行い、脱離や破折による CAD/CAM 冠のトラブルとその要因について検討を行った。

【方法】

対象は、2017～2018 年に 14 施設の歯科医療機関で上顎または下顎の小臼歯に CAD/CAM 冠を PMMA 系レジンセメントで装着した 20 歳以上の患者の 212 歯とした。評価項目は、年齢、性別、歯種、観察日数、冠のトラブル（脱離、破折）、CAD/CAM 冠ブロックの種類、歯髄の生死、支台歯の状態、支台の前処理、冠内面の前処理とした。CAD/CAM 冠の予後は、エンドポイントを冠の脱離または破折の発生と設定し、予後に関与する要因の検討のため Cox 比例ハザードモデルを用いた。本研究は、九州大学観察研究倫理審査委員会の承認を得て実施した（許可番号 24095-00）。

【結果】

14 施設の歯科医療機関を受診した患者（20～91 歳）の上下顎小臼歯 212 歯を対象に CAD/CAM 冠の予後を検討した結果、冠の脱離や破折によるトラブルは 15 例（7.0%）であり、脱離 9 例（4.2%）、破折 6 例（2.8%）であった。 χ^2 検定を用いてトラブルの有無と各因子との比較を行った結果、支台歯が失活歯でレジンコアの群でのトラブルは 2.4%であり、失活歯でメタルコアの群（10.2%）や生活歯の群（9.1%）よりもトラブルの割合が少なかった。年齢、性別、患歯、CAD/CAM 冠のブロック種類、歯髄の生死、支台の前処理の有無、冠内面の前処理の有無において、有意な差は認められなかった。Cox 比例ハザードモデルを用いて、CAD/CAM 冠のトラブルに影響している要因を検討した結果、失活歯でレジンコアではメタルコアに比べてトラブルが少ない傾向が認められた。

【結論】

本研究では PMMA 系レジンセメントを用いて装着した CAD/CAM 冠の脱離率は 4.2%であった。これは先行研究で用いられた他のレジンセメントで装着されたものと比較して少ない脱離率であった。また、CAD/CAM 冠のトラブルに影響している要因として、支台歯の状態に関係性を認めた。臨床において CAD/CAM 冠の歯冠修復治療を行う場合は、支台歯の状態を考慮することや冠の接着に PMMA 系レジンセメントを選択することが長期的予後に繋がる可能性が示唆された。

CAD/CAM インレーのセメントライン部への表面コーティング材による保護が せん断接着強さに及ぼす影響

¹YAMAKIN 株式会社

²明海大学歯学部病態診断治療学講座総合臨床歯科学分野

○中野貴文¹, 加藤喬大¹, 菱川暁弘², 矢島琉美伊²

Influence of protection by the coating material on shear bond strength at interface of CAD/CAM inlays

¹YAMAKIN CO., LTD, ²Meikai University School of Dentistry

○Nakano Takafumi¹, Kato Takahiro¹, Hishikawa Akihiro², Rubii Yajima²

【目的】

2022 年 4 月より保険適用となった CAD/CAM インレーは、従来の金属製のインレーと比べて審美性に優れており、金属アレルギー患者にも適用できる。CAD/CAM インレーはセット時に接着性レジンセメントを用いるが、金属と比べると強度が低く、マージン部を薄くすると破折のリスクが高くなるため、金属インレーのように辺縁封鎖性向上のための窩縁斜面（ベベル）の付与が出来ず、バットジョイント（ノンベベル）にする必要があり、その結果マージン部にレジンセメントが露出することになる。表層に露出したレジンセメントは、ブラッシングなどによる摩耗や吸水劣化が想定され、これらの原因により接着力が低下し、CAD/CAM インレーの脱離や破折が懸念される。そこで本研究では、CAD/CAM インレーのマージン部周囲に露出するレジンセメントおよび周辺（歯質、レジンプロック）を含む試験片を表面コーティング材で保護することが、せん断接着強さに及ぼす影響について評価を行ったので報告する。

【材料および方法】

レジンプロック（KZR-CAD HR ブロック 2 BGy, YAMAKIN）を用いて直径 5 mm、高さ 2.5 mm の円柱状のレジンプロック試験片を切削加工した。牛歯をエナメル質が平滑に露出するように耐水研磨紙 P600 で研磨し、接着用のエナメル質とした。エナメル質被接着面に対してエッチング材（ゼロフローエッチャント, YAMAKIN）を塗布し、10 秒間静置後、流水で 20 秒間洗浄し、エッチング処理を行った。レジンプロック試験片の接着面を P1000 の耐水研磨紙で研磨後、サンドブラスト処理、洗浄、乾燥し、シランカップリング材（マルチプライマーリキッド, YAMAKIN）を塗布し、60 秒間乾燥しシランカップリング処理をした後、レジンセメント（パーマセム 2.0, ヨシダ）を用いてエナメル質に添付文書の条件で光照射することにより接着し、せん断接着試験の試料①とした（コントロール群）。この試料①と同様の方法で作製した試料②に対して、レジンプロックおよび接着部（レジンセメント）の周囲 2 mm 以上のエナメル質に表面コーティング材（Nu:le コート, YAMAKIN）を塗布し添付文書の条件で光照射することにより表面保護したものを試験試料②とした。試料①、②をそれぞれ 10 個作製後、37℃の蒸留水に 24 時間浸漬した。24 時間後、試験試料を取り出し、試験試料①、②それぞれ 5 個はそのまません断接着試験を行い、残りの 5 つはサーマルサイクル試験（水槽 4℃-60℃、各 1 分 5000 回）を行った後にせん断接着試験を行った。また、表面コーティング材による保護の有無（試料①、②）のせん断接着強さの値について有意差検定（t 検定、有意水準 $p < 0.05$ ）を行った。

【結果および考察】

CAD/CAM インレーのセメントライン部を想定したレジンプロック、歯質およびレジンセメントからなるせん断接着試験片に対して、表面コーティング材で保護することで、1 日後、サーマルサイクル試験後ともに表面コーティングしない場合と比べてせん断接着強さが有意に増加した（Fig）。セメントライン部周辺を表面コーティング材で保護することで、レジンセメントの重合度の向上やレジンセメントの吸水の抑制によってせん断接着強さの向上が認められたと考えられる。

【結論】

表面コーティング材で CAD/CAM インレーのセメントライン部を保護することで、マージン部周囲に露出するレジンセメントのせん断接着強さを向上させることにより、CAD/CAM インレーの脱離や破折が低減する可能性が示唆された。

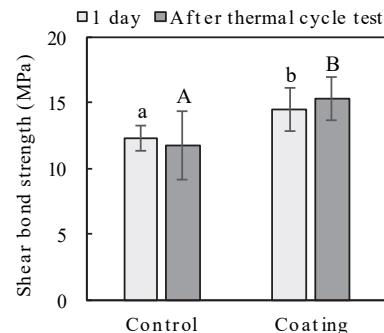


Fig. Shear bond strength after 1 day and thermal cycle test.

新規 CAD/CAM 冠用材料および象牙質に対する 接着性レジンセメントの剪断接着強さ

サンメディカル株式会社 研究開発部
○清水 考朗、紙本 宜久

Shear Bond Strength of Adhesive Resin Cements to New CAD/CAM Crown Material and Dentin
Sun Medical CO., LTD. Research and Development Dept.
○Takaaki Shimizu, Yoshihisa Kamimoto

【目的】

CAD/CAM 冠は 2014 年に保険適用されて以来、一般的な補綴装置として広く普及し、2020 年には前歯部に対して保険適用された。CAD/CAM 冠の装着には接着性レジンセメントを使用することが多く、各社で CAD/CAM 冠用材料および接着性レジンセメントを組み合わせたシステムが提供されている。

我々は、2024 年 3 月にデュアルキュア型の自己接着性レジンセメントである「ZEN ユニバーサルセメント」および歯質・補綴物に対する表面処理が可能な「ZEN ユニバーサルボンド」を上市した。さらに、2025 年 11 月には前歯用の CAD/CAM 冠用材料である「ZEN CAD-4」を新たに上市する。

本研究では、支台歯に CAD/CAM 冠を装着した場合を想定し、象牙質あるいは前歯用 CAD/CAM 冠用材料に対するレジンセメントの剪断接着強さを ZEN システムおよび既存の各社システム間で比較検討した。

【材料および方法】

材料は、接着性レジンセメント/メーカー推奨の表面処理材/前歯用 CAD/CAM 冠用材料を各社の推奨システムで評価した。具体的には、ZEN システムは ZEN ユニバーサルセメント/ZEN ユニバーサルボンド/ZEN CAD-4（クルツァージャパン、サンメディカル）とし、比較対象には A 社システム、B 社システムを使用した。

CAD/CAM 冠用材料は自動精密切断機（ISOMET1000、Buehler）にて厚さ 2.0 mm に切断し、即時重合レジンで包埋した。被着面を耐水研磨紙#400 で研磨後、アルミナサンドブラスト処理し、超音波洗浄を行った。象牙質は、牛歯象牙質が露出するまで研削し即時重合レジンで包埋した後、耐水研磨紙#400 で研磨した。以降の操作は、ISO/TS16506:2017 に準拠し、レジンセメントおよび表面処理材はメーカー指示通りに使用した。得られた試験体はサーマルサイクル（5℃-55℃、各 20 秒）を 5,000 回実施し、万能試験機（AUTOGRAPH AGS-X、島津製作所）にてクロスヘッドスピード 1 mm/min で剪断接着強さを測定した（n=5）。得られた結果は、One-way ANOVA および Tukey test にて有意水準 5% にて統計解析を行った。また、剪断接着強さを測定した試験体の破壊形態を観察した。

【結果および考察】

CAD/CAM 冠用材料に対する剪断接着強さは、ZEN は 32.8 ± 2.5 MPa、A 社は 28.3 ± 9.1 MPa、B 社は 23.1 ± 8.3 MPa で、ZEN が最も高い値を示したものの、各社システム間で統計的な有意差は見られなかった。なお、破壊形態は各社すべての試験体で被着体破壊であることを確認した。

象牙質に対する剪断接着強さは、ZEN は 26.1 ± 5.7 MPa、A 社は 9.5 ± 1.6 MPa、B 社は 34.8 ± 7.2 MPa であり、ZEN および B 社は A 社より有意に高い値を示した。一方で、ZEN と B 社間においては統計的な有意差は見られなかった。なお、破壊形態は、各社すべての試験体で界面破壊を確認した。

以上の結果から、サーマルサイクル負荷 5,000 回の条件において、ZEN ユニバーサルシステムは新規 CAD/CAM 冠用材料である「ZEN CAD-4」及び象牙質に対して、既存の各社システムと同等以上の剪断接着強さを示すことを確認した。

【結論】

「ZEN ユニバーサルセメント」および「ZEN ユニバーサルボンド」は、新規 CAD/CAM 冠用材料である「ZEN CAD-4」および象牙質に対して既存の各社システム同等以上の接着強さを示した。

ボンディング材の重合方式がレジンコア材料のサーマルサイクル負荷後の深部根管壁象牙質接着強さに及ぼす影響

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科歯科保存学分野
○星加知宏, 三浦滉毅, 三浦太聖, 勝俣愛一郎, 西谷佳浩

Effect of the Polymerization Method of Bonding Materials on the Bond Strength of Resin Core after thermal cycle loading.

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

○HOSHIKA Tomohiro, MIURA Koki, MIURA Taisei, KATSUMATA Aiichiro, NISHITANI Yoshihiro

【目的】

近年支台歯への応力集中の緩和を目的としたグラスファイバーなどを軸としたレジンコア材が普及している。直接法のレジンコア築造において、通常のう蝕窩洞への充填と比較して、より深く狭い窩洞内での重合硬化が望まれる。製品の重合様式によっては深いポスト孔の場合、照射時に深部十分な光量が得られず、重合反応への影響やそれによる物性、接着強さの低下が懸念される。本研究では各種レジンコアシステムの深部根管壁における象牙質接着強さの検討を行った。我々は第43回日本接着学会学術大会にて初期接着強さについて報告した。本研究では前回の研究に続き、長期経過における接着強さを検討するため、サーマルサイクル負荷が接着強さへ及ぼす影響について研究を行った。

【材料と方法】

ウシ下顎前歯に直径4mm、深さ10mmのポスト窩洞を形成し、ボンディング材とレジンコア材料は同一メーカーの組み合わせとした。ボンドマーライトレスⅡ&エステコア（トクヤマデンタル）（以下BE群）、ユニバーサルボンドQuick ER&DC コアオートミックス ONE（クラレノリタケデンタル）（以下UD群）、G プレミオボンド&G プレミオボンドDCA&ユニフィルコア EM（ジーシー）（以下GU群）の3種類のレジンコアシステムを各メーカーの指示に従い用いた。各試料は37℃水中に24時間保管後、歯軸に対し垂直方向に1mmずつ切断し、厚さ0.7mmのスライス状試料を接着試料体とした。

接着試料体作製直後（TC0条件）、あるいはサーマルサイクル（以下：TC）試験機を用いて5℃および55℃に設定された水中に10,000回（TC10000条件）および20,000回（TC20000条件）負荷した後、一部の接着試料体を棒状に切断し、窩洞表面から5mm～10mmの試料に対し、微小引張接着試験を行った。得られた結果はTwo-way ANOVA と Tukey's test を用いて有意水準5%にて統計処理を行った。

【結果】

引張試験結果を図に示す。TC0、TC10000、TC20000いずれの条件においてもBE群は他の2群をと比較し、有意に高かった。また、UD群-GU群間においてはいずれの条件でも統計的に有意差を認めず、各材料群ともにTC処理前後も統計的な有意差は認めなかった。

【考察および結論】

初期接着強さにおいて、ボンドマーライトレスⅡは3群のうち唯一光照射が不要な化学重合型のボンディング材であり、十分な光量が得られにくい深部根管壁の象牙質にも優れた接着性を発揮したと考えられる。

TC負荷後の結果では、いずれの製品もTC負荷前と比較して深部象牙質での引張試験結果に統計的に有意な差は認めなかったことから、いずれのレジンコアシステムも深部根管壁象牙質において安定した接着が得られていることが示唆された。

本研究ではレジン単独での試料であるが、臨床では既製ポストやファイバーポストの併用が窩洞深部への光の透過性に影響を与えることが予想されるため、今後の検討課題としたい。

【利益相反】

本演題に関連し、株式会社トクヤマデンタルより材料の提供を受けましたが、COI（利益相反）関係はありません。

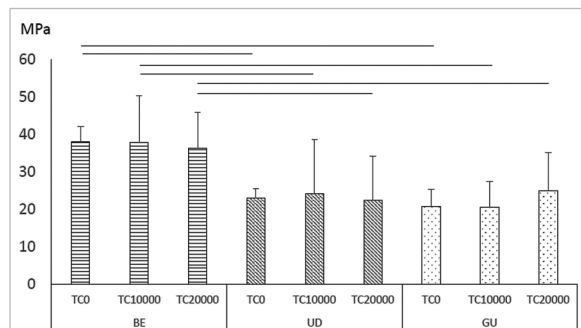


Fig. Results of resin core - dentin microtensile bond tests in deep cavities.
———— Significant difference (P<0.05)

新規 1 ステップボンディング材における歯面乾燥条件による接着性への影響

株式会社ジーシーR&D
○庄司拓未, 平野恭佑

Effect of Tooth Surface Drying Conditions on the Bond Strength of Trial One-Step Adhesive

GC R&D CORPORATION, TOKYO, JAPAN
○Takumi Shoji, Kyosuke Hirano

【目的】

従来の 1 ステップボンディング材は、歯面に塗布後、組成中の水や溶媒を除去するため十分にエアブローを行う必要がある。しかし、エアブローが不十分となりボンディング層に水分が残留した場合、接着強さや耐久性が低下する懸念がある。弊社では、エアブローが不十分、または無い場合でも安定した接着強さを有する、水を配合しない 1 ステップセルフエッチングボンディング材“AFB-00”を新たに開発した。

本研究では、歯面の水分を利用して歯質の脱灰・接着を促す機構である新規ボンディング材“AFB-00”における、歯面の乾燥状態による接着性能を評価したため報告する。

【材料及び方法】

接着試験は ISO 29022:2013 を参考とした。ウシ前歯歯冠部を用いて常温重合レジンに包埋し、#400 の SiC 耐水研磨紙で注水研磨し象牙質を露出させ、被着面とした。被着体は水中に保管し、接着操作直前に取り出し、(i)強圧にて 3 秒間のエアブロー(Control)、(ii)強圧にて 10 秒間充分にエアブロー(Overdry)、(iii)弱圧にて表面の水分を除く程度にエアブロー(Wet)、の 3 条件の歯面に対してボンディング材を塗布した。塗布後エアブローは行わず、LED 光照射機(G-ライトプリマ II Plus, ジーシー)を用いて 10 秒間光照射を行い、ボンディング材を硬化させた。内径 2.38 mm のモールドを被着面に固定し、コンポジットレジン(クリアフィル AP-X, クラレ)をモールド内に充填して 20 秒間光照射を行い硬化させた。37°C の恒温槽にて 24 時間水中浸漬させたのち、オートグラフ(EZ-SX, SHIMADZU)にてクロスヘッドスピード 1mm/min. でせん断接着試験を実施した(n=5)。結果について、一元配置分散分析にて統計処理を行った ($\alpha=0.05$)。

【結果及び考察】

せん断接着試験の結果を Figure 1 に示した。この結果から、AFB-00 は歯面乾燥条件に依らず安定した接着強さを示し、各条件間での有意差は認められなかった。過剰に乾燥させた条件において、わずかな水分により脱灰および接着を促進し、また逆に十分に乾燥させていない湿潤条件においても、脱灰性能に影響せず問題ない接着強さを示すことを確認した。

さらに、ボンディング材自体が水を含んでいないことにより、塗布後エアブローを行わずとも水を起因とした接着阻害が発生せず、安定した接着強さを示したと考えられる。

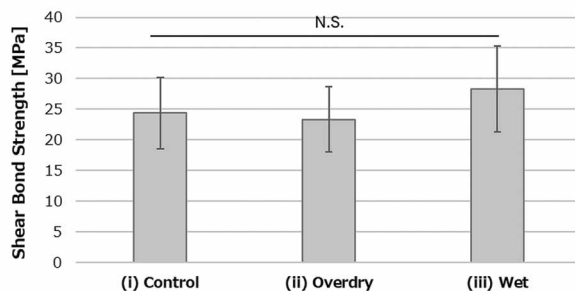


Figure 1 Bond strength of each drying condition in AFB-00

【結論】

新規 1 ステップボンディング材 AFB-00 は、歯質の乾燥状態に依らず安定した接着強さを示したことから、歯面に存在するわずかな水分でも充分に脱灰と接着に寄与でき、また塗布後エアブローが無くとも充分な接着性能を示したことから、臨床においてもエアブローによるテクニックエラーを軽減でき、口腔内環境でも安定した接着性能と良好な予後が期待できる。

象牙質規格窩洞に対するバルクフィルおよび従来型フロアブルレジンの接着性

愛知学院大学歯学部保存修復学講座¹

アイオワ大学歯学部保存修復学講座²

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座³

○小田切ゆかり¹, 堀江 卓¹, 長塚由香¹, 辻本暁正^{1,2,3}

Bonding Performance of Bulk-fill and Conventional Flowable Resin-based Composites Resin to Standardized Dentin Cavity

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University¹

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry²

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry³

○ODAGIRI Yukari¹, HORIE Taku¹, NAGATSUKA Yuka¹, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【研究目的】

近年、大型窩洞に対して一括で充填が可能なバルクフィルフロアブルレジンの臨床使用頻度が増加している。これらのレジンでは重合収縮を抑制するように設計されているものの、従来のレジンで併用されるレイヤリングテクニックを行わずに充填されるため重合収縮応力の影響を少なからず受ける可能性がある。一方、これまでのバルクフィルフロアブルレジンの歯質に対する接着性に関する検討は被着面として主に平坦な歯面が用いられているものの、より臨床を勘案した規格窩洞に対する接着性の評価は少ない。そこで本研究では、バルクフィルおよび従来型のフロアブルレジンを用いて規格窩洞および象牙質平坦面に対する微小引張強さを測定し、C-factorの異なる被着面形態が各レジンの接着性に及ぼす影響について検討した。

【材料および方法】

供試したバルクフィルフロアブルレジンには Bulk Base HARD II Medium Flow Multi (BBIIM, Sun Medical), Bulk Base HARD II Hi Flow Multi (BBIH, Sun Medical) および OMNICHROMA Flow Bulk (OCFB, Tokuyama Dental) の合計 3 製品、従来型のフロアブルレジンには A・UNO Flow Basic (AUF, Yamakin), Clearfil Majesty ES Flow Low Universal (CMEF, Kuraray Noritake Dental), Gracefil LoFlo Universal (GFL, GC), OMNICHROMA Flow (OCF, Tokuyama Dental) の合計 4 製品とした。また、象牙質に対する接着操作に際してはいずれのレジンに対しても Bulk Base LINER II (Sun Medical) を使用した。接着試験用試片の作製に際してはウシ下顎前歯歯冠部を用いて以下の 2 群を設定した。平坦群：歯髄腔より 1 mm 厚に調整した唇側象牙質平坦面に対し耐水性 SiC ペーパーの #80 まで研磨し製造者指示に従って接着処理を施した後、テフロンモールド (φ10 x 2 mm) を固定し各種フロアブルレジンで充填し光照射を行った。窩洞群：歯髄腔より 3 mm 厚に調整した唇側象牙質平坦面に対し 5 x 5 x 2 mm の規格窩洞を形成し接着処理を施した後、各種コンポジットレジンで充填し光照射を行った。これらの試片は、37°C 水中に 24 時間保管した後、被着面積を 1 mm² に調整した角柱試片を作製し微小引張試験用試片とした。引張試験用試片作製中あるいは引張試験前に脱落を起こした試片 (Pre-test failure) は除外し、残りの試片について引張試験を行った。引張試験に際しては、小型卓上試験機 (Ez Test EZ-SX, 島津製作所) を用いてクロスヘッドスピード 1.0 mm/min にて微小引張接着強さ (μTBS) を測定した。

【結果と考察】

平坦群における μTBS はバルクフィルレジンで 25.8-32.4 MPa、従来型のフロアブルレジンで 20.5-37.8 MPa を示し、製品によって異なる値を示した。また、窩洞群における μTBS はバルクフィルレジンで 26.7-30.1 MPa、従来型のフロアブルレジンで 18.5-29.5 MPa を示し、製品によって異なる値を示した。これらの値を平坦群と窩洞群とで比較した際には、OCF における窩洞群の μTBS は平坦群と比較して有意に低かったものの、その他のレジンにおいては有意差は認めなかった。平坦群における pre-test failure は、AUF のみで認められその発生率は 17% であったものの、その他のレジンにおいては認められなかった。一方、バルクフィルレジンを用いた際の窩洞群における pre-test failure は OCFB のみで認められその発生率は 44% であったものの、BBIIM および BBIH においては認められなかった (0%)。また、従来型を用いた際の窩洞群における pre-test failure は全てのレジンで認められ、その発生率はそれぞれ AUF で 22%, CMEF で 50%, GFL で 56% および OCF で 44% であった。

【結論】

本実験の結果から、バルクフィルおよび従来型のフロアブルレジンを用いた際の象牙質に対する接着性は、μTBS および pre-test failure の観点から検討した際に使用したレジンの種類によって影響を受けることが明らかとなった。特に、BBIIM および BBIH を用いた際には安定した接着性を示すだけでなく脱落試片も認めなかったことから、大型窩洞に対して一括充填を行うような臨床条件においてはその使用が有利に働く可能性が示唆された。

プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズの併用が ユニバーサルレジンセメントの PEEK ブロックに対する接着耐久性に及ぼす影響

愛知学院大学歯学部保存修復学講座¹
アイオワ大学歯学部保存修復学講座²
クレイトン大学歯学部総合歯科学講座³
○大鹿水由季¹, 岸本崇史¹, 辻本暁正^{1,2,3}

Influence of Use of Primer or Universal Adhesive on Bonding Durability of Universal Resin Luting Cement to PEEK Block

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University¹
Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry²
Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry³
○OSHIKA Miyuki¹, KISHIMOTO Takafumi¹, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【目的】

2023 年 12 月よりポリエーテルケトン (PEEK) 樹脂を主成分とする CAD/CAM 用材料 (V) が保険適用基準に適合した製品として新たに保険収載されたことにより、これらを用いた修復物の臨床使用頻度が増加している。PEEK ブロックは、高強度で破折リスクも少ない材料であるとされ大臼歯全般に対して適応可能な材料であり審美修復治療の選択肢を更に拡大したものの、その高い化学的安定性からレジンセメントとの良好な接着性を獲得することが困難とされている。現在、PEEK ブロックを用いて製作した修復物の装着に際してはユニバーサルレジンセメントが頻用されているが実臨床では脱離も散見されており、これらの修復物の装着に最良な接着材料および技法の探索は喫緊の課題とされている。そこで本研究は、PEEK ブロックを用いて製作した修復物の接着性の向上を検討する研究の一環として、プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズの併用がユニバーサルレジンセメントの PEEK ブロックに対する接着耐久性に及ぼす影響について剪断接着強さを指標として検討した。

【方法】

供試したユニバーサルレジンセメントは、BeautiLink SA (BS, Shofu), G-Cem One EM (GO, GC) および ZEN ユニバーサルセメント (ZU, Sun Medical) の合計 3 製品であり、それぞれの製品に付属するプライマーあるいはユニバーサルアドヒーズの CAD/CAM レジン用アドヒーズ (Shofu), CERASMART COAT (GC) および ZEN ユニバーサルボンド (Sun Medical) を併せて使用した。供試した CAD/CAM 用 PEEK ブロックは松風ブロック PEEK (Shofu) であり、これらを 14.5×12×2.5 mm のサイズに調製し常温重合レジンに包埋後、#320 の耐水性 SiC ペーパーを用いて研磨し被着面とした。これらの被着面に対してサンドブラスター (アドプレップ, モリタ) を用いて直径 50 μ m のアルミナ粉末を垂直方向から 10 mm の高さより 0.2 MPa で 10 秒間サンドブラスト処理を施した後、10 分間の超音波洗浄を行った。PEEK ブロックに対するレジンセメントを用いたジルコニア試片 (ϕ 2.3×3 mm) の装着に際しては、BS 使用時は BeautiBond Xtreme (Shofu), GO 使用時は G-Multi Primer (GC), ZU 使用時は ZEN ユニバーサルボンドを使用し製造者指示に従って接着操作を行い、接着試験用試片を製作した。これらの試片を 37 °C 精製水中に 24 時間保管した後、5,000 回 (5 °C-55 °C, 30 秒間浸漬) のサーマルサイクル試験を行い、万能試験機 (EZ Test, Shimadzu) を用いてクロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件で剪断接着強さを測定した (n=16)。

【結果と考察】

PEEK ブロックに対する各種自己接着性レジンセメントの温熱負荷後における剪断接着強さは、BS で 10.92 MPa, GO で 12.36 MPa および ZU で 10.94 MPa を示し、レジンセメントの種類の違いによる影響は認められなかった ($p > 0.05$)。本実験に供した自己接着性レジンセメントの PEEK ブロックに対する接着性は、いずれの製品においても一般に歯冠修復物の装着に最低限必要とされる 10 MPa 以上を示したことから、プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズを併用した際には臨床使用に十分耐えうる接着性を有しているものと考えられた。

【結論】

PEEK ブロックに対するユニバーサルレジンセメントの温熱負荷後における剪断接着強さを検討した結果、プライマーあるいはユニバーサルアドヒーズの併用によって製品の種類にかかわらず良好な接着耐久性を示すことが明らかとなった。

レジンセメント及びレジンコアによる 歯根象牙質及びファイバーポストへの長期接着耐久性の検討

1)岡山大学学術研究院医歯薬学域 生体材料学分野

2)東北大学大学院歯学研究科 歯科生体材料学分野

3)岡山大学病院 歯科 (総合歯科部門)

○入江正郎¹⁾, 岡田正弘²⁾, 矢部 淳³⁾, 武田宏明³⁾, 山本直史³⁾, 松本卓也¹⁾

Evaluation of the long-term bond durability of resin cement and resin core to root dentin and fiber posts

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

2)Department of Dental Biomaterials, Tohoku University Graduate School of Dental Sciences.

3)Department of Department of Comprehensive Dentistry, Dentistry, Division of Dentistry, Okayama University Hospital

○Masao IRIE¹⁾, Masahiro OKADA²⁾, Atsushi YABE³⁾, Hiroaki TAKETA³⁾, Tadashi YAMAMOTO³⁾, Takuya MATSUMOTO¹⁾

【 緒言 】

近年審美性が要求される根管処置後の修復処置において、隣接する天然歯とのシェードマッチングを向上させるため、ファイバーポストを用いたレジンコア築盛が行われている。今回は、種々のレジンセメント及びレジンコアのヒト小臼歯根象牙質とファイバーポストへの接着耐久性について検討した。

【 材料と方法 】

下記の Table に用いたレジンセメント及びレジンコアとその前処理材を示す。ヒト小臼歯根管 (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) を根管治療処置後と同様に処理をし、ファイバーポスト (メーカ指定のポスト φ 1.6 mm) をセット、光照射 (20 × 2 秒間) して硬化させた。24 時間 37℃蒸留水中浸漬後 (Base) とサーマルサイクル 20,000 回負荷後 (TC 20k) の各試験片を厚み 2mm に低速切断器 (ISOMET, BUEHLER) で切断した。その後、試作治具及び万能試験機 (AUTOGRAPH, AG-X, Shimadzu) を使用し 0.5 mm/min のクロスヘッドスピードでプッシュアウト試験を行った。破断時の値を kgf で表記し¹⁾、Base と TC 20k を比較検討した。

【 結果と考察 】

Table に圧縮荷重の値を示す。いずれのシステムにおいても TC 20k にて Base からの有意な低下はみられなかった。破断後の試料観察において、主要な破断部位はレジンセメントまたはレジンコアと歯根象牙質との界面であり、破断挙動における律速要因であることが示唆された。更なる改善のためには、歯根象牙質界面の接着性の向上が望まれる。

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 Push-out bond strength of a fiber post system using various resin cements (Base vs. TC 20k, kgf)

Resin, Pretreating agent, Post (Manufacturer)	Mean (S.D., N=10)		
	Base	TC 20k	t-Test ^a
ESTECORE Hand Type, BONDMER Lightless II, Tokuyama FR Post: 1.6 mm (Tokuyama Dental)	26.4 (2.9)	25.6 (3.2)	NS
ESTECER II, BONDMER Lightless II, Tokuyama FR Post: 1.6 mm (Tokuyama Dental)	26.7 (3.6)	23.1 (3.9)	NS
UniFil Core EM, G-Premio BOND + G-Premio BOND DCA, GC Fiber Post: 1.6 mm (GC)	23.4 (4.6)	20.1 (2.4)	NS
RelyX Universal Resin Cement, Scotchbond Universal Plus Adhesive RelyX Fiber Post: 1.6 mm (Solventum)	19.8 (4.2)	19.6 (3.1)	NS
Clearfil DC Core Automix ONE, Clearfil Universalbond Quick 2 + Clearfil Porcelain Bond Activator, Clearfil AD Fiber Post (1.6 mm) (Kuraray Noritake Dental)	24.5 (5.3)	23.0 (4.3)	NS
i-TFC system Post Resin, i-TFC bond, Luminous Fiber (1.6 mm) (Sun Medical)	21.0 (4.2)	22.7 (2.7)	NS
BeautiLink SA Automix, BeautiBond Xtreme, BeautiCore FiberPost (1.6 mm) (Shofu)	25.2 (3.6)	24.1 (3.1)	NS
Root dentin pretreated by SI-303062 (A + B), Cement: SI-300381, Post pretreated by BeautiBond Xtreme, BeautiCore FiberPost (1.6 mm) (Shofu)	28.7 (2.7)	28.0 (2.6)	NS

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

S: Significant difference (p<0.05), N=10

【 文献 】

¹⁾ Taketa M *et al.*, 日外傷歯誌 20 (1) : 1-8, 2024.

マテリアルズインフォマティクスを用いた 実験的グラスアイオノマーセメントのデータ駆動型分析

¹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,

²CEU カーデナルヘレラ大学 バイオマテリアル教室

○樋谷賢太^{1,2}、佐野英彦¹、星加修平¹、戸井田侑¹、福山麻衣¹、権藝智¹、長川直樹¹、三宅凜¹、友清淳¹

Data-Driven Insights into Experimental Glass Ionomer Cements Using Material Informatics

¹ Department of Restorative Dentistry, Division of Oral Health Science, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

²Dental Biomaterial and Minimally Invasive Dentistry, CEU Cardenal Herrera University

○Kenta Tsuchiya^{1,2}, Hidehiko Sano¹, Shuhei Hoshika¹, Yu Toida¹, Mai Fukuyama,

Geichi Gon¹, Naoki Nagakawa¹, Rin Miyake¹, and Atsushi Tomokiyo¹

【背景と目的】マテリアルズインフォマティクス (MI) は、人工知能 (AI) や機械学習などの情報科学的手法を用いて、蓄積された実験・計算データから有用な知見を抽出し、材料の構造-特性-性能の関係を理解・予測することで、材料設計を加速する学際的分野である。一方、歯科材料研究における MI の応用はまだ限定的である。本研究の目的は、グラスアイオノマーセメント (GIC) にフッ素含有リン酸カルシウム (FDCP)、または亜鉛含有バイオアクティブガラス (BAG-Zn) を配合した際の物理化学的性質の実験データに対して MI 解析を行い、適切な添加物の配合量の予測、及びそれぞれの添加物の GIC の性質に対する影響を分析・考察することである。

【方法】2 種類の GIC (フジIXGP、フジII LC) に対して、それぞれ FDCP、または BAG-Zn を 0、5、10、20% 配合したサンプルの pH、フッ素イオン放出量、カルシウムイオン放出量、及び圧縮強さを蒸留水浸漬して 1、7、28 日後に測定した。これらのデータに対して、2 変数線形性のマッピング、機械学習による重要度の測定、パラレルコーディネート分析、及び階層的クラスタリング分析を Python と Scikit-learn 及び SciPy を用いて行った。

【結果】2 変数線形性のマッピングの結果、BAG-Zn の配合量を増加させると pH とフッ素イオンの放出量が増加し、一方で FDCP の配合量を増加させると pH とフッ素イオンの放出量の低下、及びカルシウムイオンの放出量の増加することが分かった。FDCP は BAG-Zn よりも配合量を増加させることで圧縮強さを増加させることが示されたが、いずれも配合量を増加させ過ぎると圧縮強さが低下することが分かった。圧縮強さと最も正の相関があったのはフジII LC をベース材料として使用することであった。機械学習による重要度の測定結果は 2 変数線形性マッピングの結果と概ね一致した。パラレルコーディネート分析の結果、pH やカルシウムイオンの放出量はベース材料や添加物の種類による影響を受けにくい、フッ素イオン放出量は添加物の影響を受けやすく、圧縮強さはベース材料の影響を大きく受けることが明らかになった。階層的クラスタリング分析の結果、本研究の実験群は IXGP 10%/20% BAG-Zn と II LC 20% BAG-Zn で構成されるグループ X、その他の IXGP をベースとするグループ Y、その他の II LC ベースとするグループ Z の三つのグループに大別できることが分かった。

【考察】本研究の結果より、pH とフッ素イオン放出量の増加には BAG-Zn、カルシウムイオン放出量の増加には FDCP、圧縮強さの増加にはベースとして II LC を使用することが最も効果的でその際の添加物は FDCP が望ましいことが分かった。したがって BAG-Zn を配合した GIC は歯髄への高い生体親和性と抗菌性、FDCP を配合した GIC は従来の GIC の化学的な性質を大きく阻害することなくカルシウムイオン放出量や圧縮強さの増加が期待できる。ベース材料はいずれの場合にも II LC の使用が推奨される。階層的クラスタリング分析の結果より、II LC をベースとするグループ Z に着目すると、BAG-Zn を II LC に配合する場合の適切な配合割合は 0-10% の範囲であり、FDCP を配合する場合は 10-20% の範囲が適切であることが明らかになった。一方で本研究では GIC の歯質への接着強さや化学的な結合状態の分析を行っていないことから、今後これらの説明変数のデータを追加することでより詳細な適切な配合割合を同定することが期待される。

【結論】MI を用いることで効果的に、適切な添加物の配合割合を推定し、添加物やベース材料が改良された GIC の性質にどのような影響を与えているのかを明らかにし、今後の GIC の改良にどのような実験が必要であるのかを示された。MI を歯科材料設計に応用することでより効率的、低コスト、臨床に合わせた研究・開発が行うことが可能であることが明らかになった。

ガラスアイオノマーセメントの曲げ特性への抗菌性タンパク質の影響

鶴見大学歯学部 保存修復学講座

○河野通将, 佐々木里那, 黒澤祥世, 紅林和樹, 英 將生, 山本雄嗣

Influence of Antibacterial Proteins on Flexural Properties of Glass Ionomer Cements

Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine

○KONO Michisuke, SASAKI Rina, KUROSAWA Sachiyo, KUREBAYASHI Kazuki, HANABUSA Masao and YAMAMOTO Takatsugu

【研究目的】

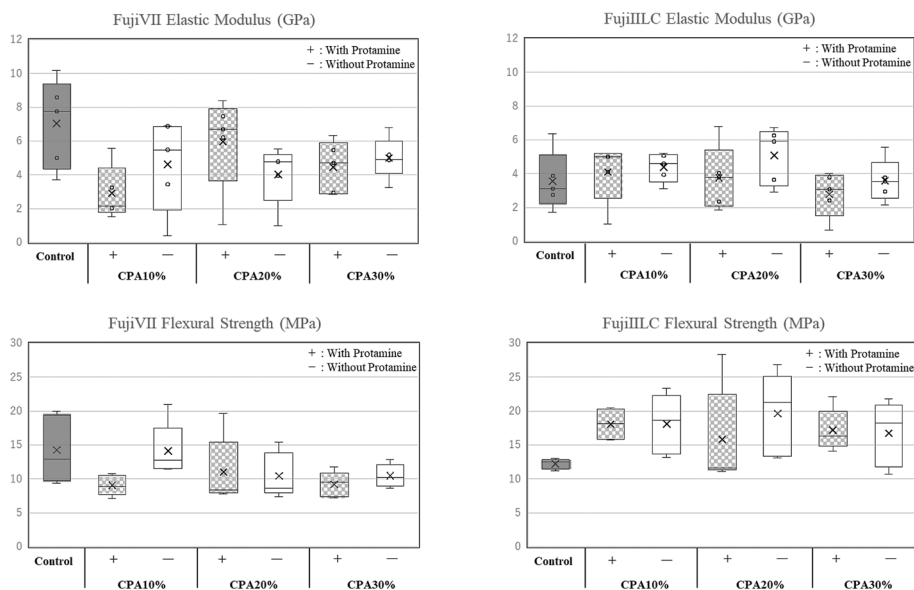
演者らはガラスアイオノマーセメント (GIC) への機能付与を目指して, 無水リン酸カルシウム (CPA) 粉末を配合した際の GIC の物性変化を, 本学会 2024 年度秋季大会で報告した. そこで今回は, 抗菌性タンパク質のプロタミンを担持させた CPA を GIC に配合し, GIC の曲げ特性への影響を検討した.

【材料と方法】

2 種類の GIC (フジVII, フジIILC, ジーシー) を対象とし, それぞれの粉末にプロタミン担持 CPA 粉末を 0, 10, 20 および 30 wt.% の割合で配合した. それぞれメーカー指定の粉液比で混和し, 2 mm × 2 mm × 25 mm の棒状試験片をステンレス金型を用いて製作した. フジVIIは混和 60 分後, フジIILC は照射後に金型から撤去し, 60 分間湿潤状態にて 37°C 環境下にて保管, その後 37°C 水中に 24 時間保管したのちに 3 点曲げ試験に供した. 試験は万能試験機 (EZ-LX, Shimadzu) を用いて, クロスヘッドスピード毎分 1.0 mm, 支点間距離 20 mm で行い, 曲げ弾性率および曲げ強さを求めた. 各条件につき 5 試料を測定し, 前回は報告したプロタミン未担持の CPA 配合 GIC の値と統計学的に比較した (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.05$).

【結果および考察】

結果を下のグラフに示す. 弾性率と曲げ強さにおいて, 両セメントともグループ間に有意差は認められなかった.



フジVII, フジIILC ともに 10~30 wt.% のプロタミン担持 CPA を配合しても, 弾性率と曲げ強さは無配合のものと同等であり, 加えてプロタミンによる曲げ特性の低下も見られなかった.

【まとめ】

抗菌性タンパク質のプロタミンは GIC の曲げ特性に影響しなかった. 今後, これらのプロタミン含有試作 GIC の抗菌性, 再石灰化能, 歯質接着性を評価していく予定である.

本研究は JSPS 科研費 JP24K12938 の助成を受けたものである.

バイオアクティブモノマー含有レジンセメントのカルシウム及び フッ素イオンの徐放性に関する評価

サンメディカル株式会社 研究開発部
○伊丹修平、紙本宜久

Evaluation of release of calcium and fluoride by dental adhesive resin cement containing bioactive monomer.

SUN MEDICAL CO., LTD. Research and Development Dept.
○Shuhei Itami, Yoshihisa Kamimoto

【緒言】

近年、クルツアージャパンからユニバーサルアドヒーズ併用型セルフアドヒーズブレジンセメント「ZEN ユニバーサルセメント (クルツアージャパン、サンメディカル)」が発売された。この ZEN ユニバーサルセメントは、4-methacryloxyethyl trimellitic acid (4-MET) にカルシウム塩を付加した Calcium salt of 4-methacryloxyethyl trimellitate (C-MET) を含有しており、C-MET にはハイドロキシアパタイト形成を誘導することが報告されている。

本検討では、再石灰化及び脱灰抑制効果が報告されているカルシウムイオンとフッ素イオンの徐放量について、ZEN ユニバーサルセメント (ZEN) を、セルフアドヒーズブレジンセメントの2製品 (製品A、製品B) と比較評価した。

【材料と方法】

〈試験溶液の作成〉

セメントを直径 15 mm、高さ 3 mm のテフロンモールドに充填し、速やかに 37 °C 恒温槽に入れ、10 分間静置した。その後、恒温槽から取り出し室温に戻した後、モールドから外し、円盤状のセメント硬化物を得た。遠心管に、得られた硬化物と 10 mL の蒸留水を入れ、硬化物が蒸留水に十分浸漬していること、硬化物表面に空気が付着していないことを確認し、37 °C 雰囲気下で 1 日静置した。所定の時間が経過したサンプルを浸漬液と硬化物に分け、浸漬液をメンブレンフィルターユニット (DISMIC 13CP、ADVANTEC 製) にて濾過し、浸漬液中の不純物を除去した。

〈カルシウムイオンの測定〉

ろ過後の浸漬液 9 mL に 10 % 硝酸水溶液を 1 mL 加え、1% の硝酸を含む測定溶液を作成した。カルシウムイオンの測定は誘導結合プラズマ質量分析法 (ICPE-9000、SHIMADZU 製) を用い、各調製サンプルのカルシウムイオンの定量を行った。

〈フッ素イオンの測定〉

ろ過後の浸漬液 50 µL を測定用のチューブにとり、キャピラリ電気泳動法 (Agilent7100、大塚電子製) を用い、各溶液中のフッ素イオンの定量を行った。

【結果と考察】

カルシウムイオンの徐放量について、浸漬 1 日経過後の数値を比較すると、ZEN は 0.5 ppm、製品A 及び製品B は 0 ppm であり、ZEN が浸漬後の初期からカルシウムを徐放していることが確認された。

フッ素イオンの徐放量について、浸漬 1 週間経過後の数値を比較すると、ZEN が 3.5 ppm、製品A は 1.4 ppm、製品B は 1.7 ppm という結果になり、ZEN の徐放量が比較的多い傾向を示した。

ZEN ユニバーサルセメントは、カルシウムイオンとフッ素イオンを徐放し、フィニッシュライン周辺の歯質の脱灰抑制等に期待できる可能性が示唆された。

Bioactive ボンドの吸水率および溶解率の評価

北海道医療大学口腔機能修復・再建学系 高度先進保存学分野¹
北海道医療大学 歯学部 口腔機能修復・再建学系 歯周歯内治療学分野²
北海道医療大学 歯学部 口腔機能修復・再建学系 う蝕制御治療学分野³
○伊藤修一¹, 佐藤幸平², 油井知雄³

Evaluation of water sorption and solubility rate of Bioactive Bond

¹Division of General Dental Sciences I, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

² Division of Periodontology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

³ Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Dentistry, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

○Shuichi ITO¹, Kohei SATO², Tomoo YUI³

【目的】

近年、修復材料では、単に歯の形態や機能を回復するだけでなく、歯科治療や口腔内環境の変化に対応しながら様々な機能を発揮できる「バイオアクティブ機能」の付与が注目されている。これまで我々は、接着修復材料の耐久性を向上させる目的として、象牙質再石灰化誘導活性を有する新規接着性モノマー4-MET-Ca (calcium 4-Methacryloxyethyl trimellitate, 以下 CMET) を開発した。CMET は象牙質への再石灰化能を有し、レジン系シーリングコーティング材に添加した場合、象牙質に対する接着強さが向上したことを報告した。また、これまで我々は、CMET を 1-step ボンディング材に添加した際にも、健全象牙質に対する初期接着強さが向上したことを報告した。さらに、同様にう蝕象牙質に対しても 2-step ボンディング材と同等の接着性能を発揮できることを報告した。そこで本研究では、吸水率と崩壊率を測定し、これらと接着性との比較検討することを目的とした。

【材料と方法】

本研究には、北海道医療大学病院に来院し、本研究の内容を説明し、同意を得た治療上抜歯が必要と診断された患者で、う蝕のないヒト抜去大臼歯 12 本を用いた。なお本研究は、北海道医療大学歯学倫理審査委員会に承認されている (承認番号 第 203 号)。Bioactive ボンドとして、バルクベースライナーII (DP-023; 以下 BBLII), 比較対象にスコッチボンドユニバーサルプラスアドヒーズ (SB), オプチボンドユニバーサル (OB), クリアフィルメガボンド 2 (MB) の計 4 種類を用いた。歯冠部歯質から歯髄方向と垂直に厚さ 1mm 象牙質ディスク状試料を精密低速切断器 (Isomet) で切り出した。被着面側は#600 の耐水ペーパーで研磨し、裏面はトップコート処理を行った。その後、試料は蒸留水中で 24 時間保存した。各々のボンディング材を添付文書に従って歯面処理した。試料の初期重量を計測後、12well プレートを用いて 4 mL/well の蒸留水中に試料を浸漬した。初期の 60 分は 5 分毎に計測した。60 分以降は 10 分毎に計測した。重量の変動が小さくなってきた際には、1 時間毎に計測した。計測後 9 時間から 11 時間後の 3 回の計測において、連続して値が変わらなかったため、飽和に達したと判断し、その時点での重量を最大吸水量とした。溶解率の測定は、蒸留水の入っていない 12well プレート内に試料を入れ、ホットプレート (37℃) 上で乾燥させ、経時的に重量を測定した。計測の間隔は吸水量測定時と同様に行った。計測後 20 時間後から値の変動が認められなかったため、21 時間後の重量を最大溶解量とした。吸水率/溶解率の算出は、Donnelly らの報告に従い以下の計算式で算出した。初期重量 (M1), 吸水後の最大重量 (M2), 乾燥後の最小重量 (M3) として、吸水率 = $(M2-M1) / M1 \times 100$, 溶解率 = $(M1-M3) / M1 \times 100$ として計算した。得られた測定値は、1-way ANOVA および Tukey's test を用いて、有意水準 5%にて統計処理を行った。

【結果と考察】

BBLII の接着強さは 54.4 MPa であった。これは、SB, OB と比較して同等もしくは有意に高い値であったが ($p < 0.05$), MB とは有意差を認めなかった。吸水率の測定では、すべての試料間で有意差を認めなかったが、溶解率の測定においては、BBLII と MB は低く、SB と OB との比較において有意差を認めた ($p < 0.05$)。これらの結果は、象牙質に対する接着強さの結果と一致した。また、以前に報告したう蝕象牙質に対する接着強さの測定において SB および OB の接着強さは、MB に対して有意に低かったが ($p < 0.05$), BBLII とは有意差が認められなかった ($p > 0.05$) と一致する結果となった。BBLII は CMET が配合されたことによりボンディング層が強化され、接着性が高められただけでなく、崩壊し難い良好な樹脂含浸層が形成されたと考えられた。

【結論】

1-step ボンディング材 BBLII は、象牙質に対して安定した初期接着性だけでなく、崩壊しにくい接着界面を形成する。

支台築造の際の象牙質接着におけるライニングの効果 ーイオンエッチング技術による評価ー

デンタルクリニック K
○渥美克幸

Evaluation of advanced lining method to root canal dentin with composite resin core and bonding agent
Dental Clinic K
○Katsuyuki Atsumi

【背景および目的】

失活歯に対する支台築造には高い精度と長期耐久性が求められるが、一般的に根管象牙質に対する接着は難易度が高いことが知られている。2024 年 8 月に上市された i-TFC ルミナスⅡ（サンメディカル株式会社）は、低重合収縮率を特徴とする光重合型のレジンコアと、水分が存在する歯質界面から重合を開始する触媒を有し、かつデュアルキュア性をもつボンドを構成品として含む。接着性材料の長期耐久性においては、界面の化学的結合に加え、材料間の物理的特性の差異が影響を及ぼす因子となり得る。本研究では、上記材料においてライニング法を応用的に適用することで、ボンドとレジンコアの間に中間層を形成し、材料間の物理的特性にグラデーションを付与することを試みた。応用的に適用したライニング層が接着性能に及ぼす影響を微小引張試験にて確認するとともに、イオンエッチング法により接着界面の物理的特性を視覚的に評価した。

【材料および方法】

1. 微小引張試験

牛下顎切歯の根管曲面が平らになるまでエコメットにて研削し、厚さ 1 mm 程度の根管象牙質片を 4 片得た。各根管象牙質片に、以下①～④の処理を施した。使用したレジンコアは i-TFC ルミナスコアⅡ LC フローS、ボンドは i-TFC ルミナスボンドⅡ（液材 2 滴に対しキャタブラシ 1 本使用、塗布時間 10 秒）である。①ボンド塗布（ボンドへの光照射なし）/レジンコア充填・LED20 秒 ②ボンド塗布・LED5 秒/レジンコア充填・LED20 秒 ③ボンド塗布（ボンドへの光照射なし）/応用ライニング法（ボンド塗布に使用したキャタブラシでレジンコアを一層薄く塗布・LED5 秒）/レジンコア充填・LED20 秒 ④ボンド塗布・LED5 秒/応用ライニング法（ボンド塗布に使用したキャタブラシでレジンコアを一層薄く塗布・LED5 秒）/レジンコア充填・LED20 秒

サンプルを 37℃水中に 24 時間保管し、被着面が 1 mm²の短冊状に切り出し、クロスヘッドスピード 1 mm/min にて微小引張接着試験を行った。得られた結果の統計処理は、一元配置分散分析にて実施した。また、引張試験後のサンプルは、走査電子顕微鏡(SEM)にて破断面の観察を行った。

2. イオンエッチング法による界面の評価

上記①～④と同様に作成した試料から長軸方向に約 1 mm 幅のスライスを切り出し、断面の歯質表面を一層溶解後、ろ紙を敷いたシャーレにて 1 晩静置した。乾燥後のサンプルにイオンエッチング処理を行い（イオンエッチング装置 SEDE-GE/メيوفォーシス、大気導入、8 Pa、3 mA、30 秒間）、電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) (JSM-6701F/日本電子、1.5 kV) を用いて観察した。

【結果および考察】

1. 微小引張試験の結果、いずれの条件においても 20 MPa 以上の良好な接着強さであった。破断面観察においては、ボンドに光照射を行った群においてボンド/歯質間での破壊が減少する傾向がみられた。
2. イオンエッチング処理後の FE-SEM 観察の結果、処理区①、②、④においては、いずれもボンド/レジンコア界面付近に直線状の亀裂がみられた。処理区③においてのみ明確な亀裂が観察されなかった要因として、ボンドに光照射を行わないことがレジンコアとのなじみを向上させ、また中間層が傾斜機能材料として働いた可能性が考えられる。

【結論】

ボンドとレジンコアの間に中間層を設けることにより、界面における局所的な物理的性質変化を緩和する可能性が示唆された。

リン酸処理の有無がインターナルブリーチ後の 象牙質微小引張接着強さに与える影響

日本歯科大学 生命歯学部 接着歯科学講座

○河本 芽 杉山怜央 古木健輔 伊藤立紀 越田美和 前野雅彦 柵木寿男

Effect of phosphoric acid etching on the microtensile bond strength of dentin after internal bleaching

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

○KOMOTO Mei, SUGIYAMA Reo, FURUKI Kensuke, ITO Tatsuki,

KOSHIDA Miwa, MAENO Masahiko, MASEKI Toshio

【目的】

従来、失活歯の漂白にはウォーキングブリーチ法が一般的に用いられてきたが、近年では、髄腔内象牙質および唇側歯面にオフィスブリーチ用薬剤を作用させるインターナルブリーチ法が新規手法として注目されている。ウォーキングブリーチ法では、漂白効果の向上を目的として、術前に髄腔内象牙質へのリン酸処理を行う手法があるが、インターナルブリーチ法における同処理が象牙質の接着強さに及ぼす影響については、十分に検討されていない。本研究では、リン酸処理の有無およびインターナルブリーチ法が象牙質の接着強さへ及ぼす影響を、微小引張接着強さ(μTBS)の観点から評価・検討した。

【材料および方法】

本学部倫理審査委員会の承認(NDU-T-2022-31)を得て、抜去後6か月以内の健全なヒト上顎中切歯36歯を使用した。各歯を頬舌的に切断後、唇側の髄腔内象牙質面を平坦に調整・研磨し、被着体とした。これらの被着体に対し、まず40秒間のリン酸処理を行った群(E+)と、無処理の群(E-)に分類した。さらに各群を、インターナルブリーチを行った群(B+)および未処置群(B-)に分け、計4群を設定した。インターナルブリーチは、オパールエッセンス BOOST(Ultradent)を唇側および象牙質面に5分間塗布後、3分間光照射し、さらに2分間静置する一連の工程を3サイクル実施した。漂白材を水洗した後、被着体は14日間蒸留水中に保管した。すべての試験片に対し、G2-ボンドユニバーサル(GC)で歯面処理を行い、GRACEFIL ZeroFlo(GC)を築盛した。24時間保管後、ビーム状試料を作製し、万能試験機を用いてクロスヘッドスピード1.0mm/min条件下にてμTBS値を測定した(n=18)。得られたデータは、二元配置分散分析、TukeyのHSD検定およびt検定により統計解析を行った。

【結果および考察】

Fig. 1に、インターナルブリーチおよびリン酸処理の有無による微小引張接着強さの平均値および標準偏差(s.d.)を示す。分析の結果、4群間で有意差は認められなかった。インターナルブリーチ法は、薬剤が象牙細管を介して象牙質内部にまで浸透し、着色物質を分解することを目的とするが、その際、リン酸処理によるスミヤー層の除去が薬剤の浸透性や漂白効果を高める可能性が考えられる。また、漂白後の歯質にはフリーラジカルが一時的に残存し、接着性レジンの重合反応を阻害することにより接着強さを低下させるとの報告もある²⁾。本研究では、漂白後14日間の蒸留水中保管期間を設けることで、残存フリーラジカルの影響を軽減した状態で接着評価を行った。その結果、リン酸処理およびインターナルブリーチの有無にかかわらず、μTBS値には有意な差が認められなかった。今回使用したG2-ボンドユニバーサルはセルフエッチングおよびエッチ&リンスに対応した2液性のユニバーサルボンディング材であるが、リン酸処理および漂白処置による象牙質への影響を受けることなく、ある程度の接着強さを維持できることが示された。

【結論】

インターナルブリーチ前のリン酸処理は、漂白時の前処置として臨床応用が可能であることが示唆された。また、G2-ボンドユニバーサルはインターナルブリーチ後の修復処置において有効な接着システムであることが示された。

1) Casey et al, 1989 2) Miyazaki et al, 2004

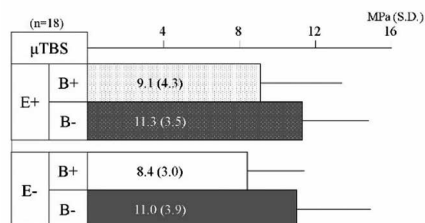


Fig. 1 Mean values of μTBS with/without etching before internal bleaching

フッ化ジアンミン銀による根面齲蝕抑制後の接着修復処置における歯面処理法の検討 —金属接着性プライマー併用の効果について—

岡山大学学術研究院医歯薬学域 歯科保存学分野

○大原直子, 小野瀬里奈, 孟心悦, 横山章人, 高橋圭, 神農泰生, 山路公造, 鈴木茂樹

Surface Conditioning for Adhesive Restoration after Root Caries Suppression with Silver Diamine Fluoride : Effect of Metal Priming Agent Application

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

○OHARA Naoko, ONO Serina, MENG Xinyue, YOKOYAMA Akihito, TAKAHASHI Kei,

SINNO Yasuo, YAMAJI Kozo, SUZUKI Shigeki

【緒言】

近年、フッ化ジアンミン銀 (SDF) は、高い齲蝕進行抑制効果と簡便な応用性から、根面齲蝕への管理において再評価されている。しかし、SDF 塗布後に生じる象牙細管の閉鎖や銀化合物の残留は、その後の接着反応を低下させる。本研究では、フッ化ジアンミン銀を塗布し根面齲蝕を進行抑制した後にレジン添加型グラスアイオノマーセメント修復を行うことを想定し、歯面に対する金属接着性プライマー併用効果の検討を行ったので報告する。

【材料と方法】

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科の倫理審査委員会の許可 (承認番号 189 号) を得て本研究を実施した。歯根象牙質に達する根面齲蝕のあるヒト抜去前歯を用いた。SDF による根面齲蝕進行抑制としてサハライド液 (歯科用 38% (ビーブランド・メディコーデンタル)) を、1 回 4 分間、2 日間隔で計 3 回塗布し、37℃水中保管した。その後、罹患歯質の除去は軟化歯質のみをラウンドバーで削合 (30000rpm) し、硬化した黒変歯質は残した。病変部をキャビティーコンディショナー 10 秒間塗布、水洗・乾燥後、金属接着性プライマーにて歯面処理を行った。金属接着性プライマーとしてメタルリンク (松風)、メタルタイト (トクヤマデンタル)、V-プライマー (サンメディカル)、アロイプライマー (クラレノリタケデンタル)、メタルプライマー-Z (GC) の 5 種を使用した。その後、厚さ 1mm のシリコンテープに直径約 1.3mm の円孔を穿孔し、穿孔部が病変直上に位置するようにテープを歯面に接着した。病変上に形成された円筒状空間にレジン添加型グラスアイオノマーセメントを填入し、接着試料とした。各群試料数は $n=20$ とし、1 歯あたり近遠心面に齲蝕を認める歯は中央で縦断し試料数 2 として使用した。その後、クロスヘッドスピード 1.0mm/min にて微小剪断接着強さを測定した。破断面観察は実体顕微鏡により行った。統計分析は、一元配置分散分析および Turkey 法にて有意水準 5% で行った。

【結果と考察】

各群の微小剪断接着強さの平均値±標準偏差は、コントロール 10.5 ± 5.3 MPa、メタルリンク 10.7 ± 4.5 MPa、メタルタイト 10.4 ± 3.8 MPa、V-プライマー 9.8 ± 4.0 MPa、アロイプライマー 11.3 ± 3.8 MPa、メタルプライマー-Z 11.8 ± 4.2 MPa であった。各群の比較では、統計学的有意差を認めなかった。破断面観察において歯と接着界面の混合破壊が多く認められた。

本研究での齲蝕除去は、明らかに軟化した部分の除去にとどめ、臨床的に残置可能と判断できる硬さの着色部分は残した。残した部分は、金属接着性プライマーとの反応部分となりうると考えたが、罹患歯質の除去範囲については、検討の余地がある。

【結論】

フッ化ジアンミン銀塗布の根面齲蝕に対し、齲蝕除去後の歯面に金属接着性プライマーを塗布することによる接着強さ向上を試みたが、有意差は認められなかった。

本研究において開示すべき利益相反関係にある企業などはありません。

歯冠部および根管上部窩洞に対するユニバーサルボンディング材の窩洞適合性の評価

サンメディカル株式会社 研究開発部
○竹部真希、紙本宜久

Evaluation of the cavity compatibility of universal bonding agents applied to crown or upper root canal cavities

SUN MEDICAL CO., LTD. Research and Development Dept.

○Maki Takebe, Yoshihisa Kamimoto

【緒言】

近年、審美的要求の高まりや保存的治療の概念の広まりにより、歯科用充填材料を用いた修復治療が広く臨床で行われている。特に、う蝕を除去した歯冠部の窩洞や歯頸部におけるくさび状欠損に対しては、ボンディング材およびコンポジットレジンによる直接修復が選択されることが多い。コンポジットレジン修復における安定した接着性や審美性に重要な要素として、接着界面のボンディング層の適度な膜厚や均一性が挙げられる。本研究では、う蝕を除去した歯冠部窩洞およびくさび状欠損を想定した窩洞へコンポジットレジンによる直接修復を行った際のボンディング材の膜厚および層の均一性による窩洞適合性の評価を目的とした。方法として、牛歯歯冠部および根管上部に形成したボックス窩洞に対してボンディング材を適用した接着界面の状態を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察し評価を行った。材料として、間接修復のみならずコンポジットレジンを用いた直接修復にも使用可能な材料である ZEN ユニバーサルボンドを選定した。

【材料と方法】

本研究では、ボンディング材に ZEN ユニバーサルボンド (販売元クルツァージャパン、製造販売元サンメディカル) およびグルーマボンド CA (販売元クルツァージャパン、製造販売元サンメディカル)、製品 A を使用し、コンポジットレジンにバルクベースハード II (サンメディカル) を用いた。まず、カーバイドバーおよびダイヤモンドバーを用いて、牛歯歯冠部および根管上部に深さ 1 mm のボックス窩洞を形成した。次に、各ボンディング材およびコンポジットレジンメーカー指示に従って適用した。エアブローは、スリーウェイシリンジの吐出孔からボンディング材適用部位まで 2 cm 離して実施した。その後、厚さ 1 mm の切片になるように歯軸に対して垂直方向に ISOMET で切り出し、切片表面を 0.05 μm のアルミナ粉末でパフ研磨した。続いて、表面研磨した試験片を 50%~100% まで段階的に希釈したエタノールで 10 分ずつ処理し、室温のデシケーター内で一晚乾燥させた。試験片を SEM (JSM-IT200、日本電子) で観察し、形成した窩洞の窩底部、左右の窩壁部、左右の隅角部におけるボンディング材の膜厚を各 3 点ずつ測定した平均値によって均一性の評価を行った。

【結果と考察】

牛歯歯冠部および根管上部に形成したボックス窩洞に ZEN ユニバーサルボンド、グルーマボンド CA、製品 A を適用した接着界面を SEM で観察したところ、いずれのボンディング材を使用した場合も接着界面におけるギャップは観察されなかった。ZEN ユニバーサルボンドは、歯冠部窩洞では平均膜厚 $3.22 \pm 1.67 \mu\text{m}$ 、根管上部窩洞では平均膜厚 $2.58 \pm 1.64 \mu\text{m}$ のボンディング層を形成していた。一方、グルーマボンド CA および製品 A は、歯冠部窩洞ではそれぞれ平均膜厚 $6.77 \pm 4.45 \mu\text{m}$ 、 $4.54 \pm 3.44 \mu\text{m}$ 、根管上部窩洞ではそれぞれ平均膜厚 $3.44 \pm 2.72 \mu\text{m}$ 、 $3.11 \pm 1.92 \mu\text{m}$ のボンディング層を形成しており、ZEN ユニバーサルボンドと比較すると特に歯冠部窩洞で膜厚が厚くばらつきがある傾向が見られた。

これらの結果から、ZEN ユニバーサルボンドはより均一で薄膜なボンディング層を形成し、歯冠部窩洞やくさび状欠損に対するコンポジットレジン修復時に良好な接着性および審美性が期待できる材料であると示唆された。

ファイバーポストに対するデュアルキュア型セルフアドヒーシブレジンセメントの 接着性評価について

サンメディカル株式会社
○奥村 麻理亜、紙本 宜久

Evaluation of Bond Strength of Dual-Cure Type Self-adhesive Resin Cement to Fiber Posts

SUN MEDICAL CO., LTD.
○Maria Okumura, Yoshihisa Kamimoto

【目的】

支台築造において、ファイバーポストとレジンの接着性を向上させ一体化を図ることは、補綴物の長期的な維持および歯根破折リスクの軽減において不可欠な要素の一つであると考えられる。光透過性の高いファイバーポストを選択し高い機械的強度が得られるレジン系材料を使用することで、ファイバーポストと歯質との一体化が進み、安定した支台形成が期待される。

支台築造にてファイバーポストと併用するレジンにデュアルキュア型の材料を選択する場合には、象牙質およびファイバーポストとの強固な接着性、光照射の届きにくい根管深部においても確実に硬化が得られる化学重合性および口腔内の高湿度環境においても、良好な接着性が得られる特性などが求められる。本研究では、上記性能を満たすデュアルキュア型材料を探索することを目的とし、デュアルキュア型セルフアドヒーシブレジンセメントの ZEN ユニバーサルセメント（クルツァージャパン、サンメディカル）を選定した。

本発表では、ファイバーポストとデュアルキュア型のセルフアドヒーシブレジンセメントの接着性を打ち抜き強さで評価し、既存のデュアルキュア型支台築造用レジンと比較検討を行った。

【材料および方法】

本研究では、i-TFC ルミナスファイバーII（サンメディカル）および、デュアルキュア型のセルフアドヒーシブレジンセメントの ZEN ユニバーサルセメント（クルツァージャパン、サンメディカル）を用いて打ち抜き試験を実施した。比較対象として、本製品に加え、既存のデュアルキュア型支台築造用レジン2製品を使用した。

透明チューブ（内径 4.5 mm、高さ 15 mm）の中心にファイバーポストを植立後に ZEN ユニバーサルセメント又は支台築造用レジンを充填し、①37℃10 分保管（化学重合）、②37℃湿度 95% 10 分保管（高湿度下での化学重合）、③光重合の3条件にて硬化させた。その後、37℃水中に一晩浸漬させ、自動精密切断機（IsoMet, BUEHLER 製）で厚み 0.6 mm に切り出し、測定試料とした。測定は万能試験機（Ez test, 島津製作所製）を用いて、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min にて打ち抜き試験を行った。試料数は各サイズにつき 15 個とし、得られた測定値は、one-way ANOVA および多重比較として Tukey 法を用いて有意水準 5%にて統計処理を行った。

【結果】

i-TFC ルミナスファイバーII および ZEN ユニバーサルセメントを組み合わせた場合の打ち抜き強さは、光重合の条件では他社材料2種と同等であった。一方、化学重合および高湿度環境下の化学重合の2条件では、既存の支台築造レジン2製品に比べて有意に高い値を示した。さらに、既存の支台築造レジン2製品は光重合条件に比べ化学重合条件で有意に値が低下する傾向を示したが、ZEN ユニバーサルセメントは重合条件による有意差を認めなかった。

【結論】

本研究の結果、i-TFC ルミナスファイバーII と ZEN ユニバーサルセメントの併用は、重合条件に関わらず安定した接着性を示し、支台築造における有用な選択肢となる可能性が示された。

各種フロアブルレジンの重合収縮応力の経時的变化および 咬頭間距離の寸法変化量に関する検討

愛知学院大学歯学部保存修復学講座¹
アイオワ大学歯学部保存修復学講座²
クレイトン大学歯学部総合歯科学講座³
○前迫真由美¹, 松井 渚¹, 辻本暁正^{1,2,3}

Investigation of Chronical Changes for Polymerization Shrinkage Stress and Cuspal Deflection of Various Flowable Resin-Based Composites

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University¹

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry²

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry³

○MAESAKO Mayumi¹, MATSUI Nagisa¹, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【研究目的】

本邦では、小窩裂溝部に限局した小型窩洞だけでなく咬合面を含む大型窩洞までフロアブルレジンのみを用いた直接修復が頻用されており、一括充填が可能なバルクフィルタイプやシェードテイキングが不要なユニバーサルシェードタイプなど様々なフロアブルレジンの市販されている。これらのレジンは、咬合力などに耐え得る強度を有する必要があるため従来のフロアブルレジと比較して機械的強度が改善されているものの、未だ重合収縮率はベースタイプのコンポジットレジと比較して大きいとされている。そのため、一般にレジンの機械的強度と重合収縮率の積で表される重合収縮応力は従来のレジと比較して大きくなるものと考えられている。そこで、各種フロアブルレジンの重合収縮応力の経時的变化とこれをアルミブロックに充填した際における咬頭間距離の寸法変化量を検討した。

【材料および方法】

供試したフロアブルレジンは、バルクフィルタイプのバルクベースハードII ミディウムフロー マルチ (BBH II, サンメディカル), オムニクロマフローバルク (OCFB, トクヤマデンタル), ユニバーサルシェードタイプのア・ウーノフロー ベーシック (AUF, ヤマキン), クリアフィルマジスティ ES フロー Low ユニバーサル (CMEF, クラレノリタケデンタル), グレースフィルローフロー ユニバーサル (GFL, ジーシー), オムニクロマフロー (OCF, トクヤマデンタル) の合計 6 製品である。これらのフロアブルレジにおける重合収縮応力の経時的变化については、ガラス板の上に設置したテフロンリング (φ10 x 1 mm) にレジンを填入し、応力測定用プローブをレジン表面に静置させた後、ガラス板の下から照射器 (VALO Grand, ウルトラデント) を用いて照射後 1, 20, 40, 60, 100 および 300 秒における重合収縮応力を樹脂硬化収縮率・収縮応力測定装置 (Custron, アクロエッジ) を用いて測定した。また、咬頭間距離の寸法変化量の検討に際しては、8 x 4 x 4 mm のスロット窩洞を形成したアルミブロックに対しバルクフィルタイプは一括、ユニバーサルシェードタイプは積層充填にてレジンを充填した後、照射後 600 秒における咬頭間の寸法変化量を高精度デジマチックマイクロメータ (MDH-25MC, Mitutoyo) を用いて測定した。統計学的検討に際しては、得られた値の正規性および等分散性を確認し一元配置分散分析を用いて分析するとともに、重合収縮応力と咬頭間距離の寸法変化量の相関を検討した。

【結果および考察】

供試したフロアブルレジンの重合収縮応力の経時的变化は、照射後 20 秒まで急激に上昇し、その後 300 秒までの上昇勾配は緩やかなものであった。照射後 300 秒におけるフロアブルレジンの重合収縮応力は、バルクフィルタイプにおいて BBH II で 0.039 MPa, OCFB で 0.047 MPa であり、ユニバーサルタイプにおいて AUF で 0.056 MPa, CMEF で 0.058 MPa, GFL で 0.070 MPa, OCF で 0.050 MPa であり、値の小さい順に BBH II < OCFB < OCF < AUF < CMEF < GFL であった。また、スロット窩洞を形成したアルミブロックに対してフロアブルレジンを充填した際における咬頭間距離における寸法変化量は、バルクフィルタイプにおいて BBH II で 0.0065 mm, OCFB で 0.0085 mm であり、ユニバーサルタイプにおいて AUF で 0.0077 mm, CMEF で 0.0088 mm, GFL で 0.0080 mm, OCF で 0.0101 mm であり、値の小さい順に BBH II < AUF < GFL < OCFB < CMEF < OCF であった。供試したフロアブルレジンの重合硬化後における重合収縮応力とアルミブロックの咬頭間距離の寸法変化量は製品の種類によって異なり、それぞれの値に弱い相関 ($r=0.224$) を認めたことから、様々な観点から重合収縮挙動を検討する必要性が考えられた。

【結論】

本実験の結果から、各種フロアブルレジンの重合収縮応力は製品によって異なり、その挙動は照射直後に急激に上昇した後、緩やかに向上することが明らかとなった。また、アルミブロックを用いた咬頭間距離の寸法変化量はレジンの種類によって影響され、重合収縮応力との相関は弱い相関を示すことが判明した。

シングルシェードコンポジットレジン of 機械的強度

株式会社 ジーシー R & D
○茂手木 透哉, 荻谷 周司

Mechanical strength of single shade composite resins

GC R&D CORPORATION, TOKYO, JAPAN

○Toya Motegi, Shuji Kariya

[研究目的]

近年、幅広い色調の歯に適合した窩洞修復が可能なシングルシェードコンポジットレジンが各社から販売されており、今回、弊社は新たに“G-フロー ONE”を開発した。年々、コンポジットレジンの物性は著しく向上しており、前歯、臼歯、咬合面問わず広範囲に適用可能となっている。そのような状況の中、臨床において、臼歯部を修復する充填材料には日々の咬合力に耐えられるような高強度が求められる。そこで、本研究では三点曲げ試験によって G-フロー ONE 及び各種シングルシェードコンポジットレジンの機械的強度を評価した。

[材料と方法]

試験には G-フロー ONE (GFO, ジーシー) 及び各種シングルシェード (あるいはユニバーサルシェード) コンポジットレジン製品 A, B, C を使用し、JIS T 6514:2024 に準拠して三点曲げ試験を実施した。25 mm×2 mm×2 mm の曲げ試験用金型に各コンポジットレジン を充填し、G-フロー ONE は添付文書によって指定された光量を満たす光照射器であるスリムライト (ジーシー) を用いて 10 秒間、他の製品は製造業者又は製造販売業者が指定する時間及び光量にて、いずれも表と裏の各 9 点を光照射することによって曲げ試験体を作製した。試験体は SiC 耐水研磨紙 #320 にて研磨した後、37℃ の水中で 24 時間保管した。試験は精密万能試験機 (AGX-V, 島津製作所) を用いて行い、支点間距離 20 mm, クロスヘッドスピード 1 mm/min で三点曲げ強さを測定した (n=5)。測定結果は Tukey-Kramer の検定によって統計解析を行った。(p<0.01、異なるアルファベット間には有意差あり)

[結果と考察]

Figure 1 より、G-フロー ONE は他のシングルシェードコンポジットレジン製品と比較して有意に高い曲げ強さを有することが分かった。G-フロー ONE には、弊社独自の「FSC テクノロジー」によって均一にシラン処理されたバリウムガラスナノフィラーが含有されており、フィラーとレジンの化学的結合がより強固になっている。この技術によって、G-フロー ONE は高い曲げ強さを示しているのだと考えられる。

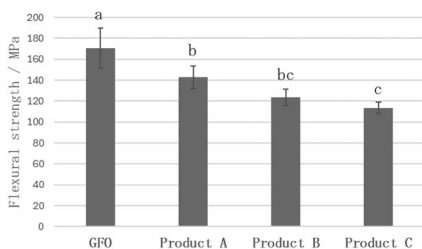


Figure 1 Three-point flexural strength of single shade composite resins

[結論]

本研究より、G-フロー ONE は高い曲げ強さを有しており、口腔内で最も負荷がかかりやすい臼歯部の咬合面の治療においても、他のシングルシェードコンポジットレジンと比較して破折のリスクの低減が期待できることが示唆された。

ハンディー硬さ測定器 (試作器) の構造と評価

兵庫医科大学歯科口腔外科学講座
○清水明彦

The Construction and an Evaluation of Handy Hardness Tester

Department of Dentistry and Oral Surgery, Hyogo College of Medicine
○Akihiko Shimizu

【研究目的】

う蝕の治療においてう蝕象牙質削除の終了点 (end point) は、スプーンエキスカベーターの切削抵抗感による硬さで判断する¹⁾とされている。しかし切削抵抗感は、術者個人の感覚 (力加減など) や、臨床経験の多寡、さらに使用する器具の切れ味によっても大きく異なる。そのため、指導医がう蝕除去の end point を臨床研修医に教示することも、また研修医がそれを習得することも、極めて難しい。

このような現状に鑑み、う蝕象牙質の硬さを数値で評価できる「ハンディー型硬さ測定器」を試作し発表した²⁾。今回はいくらかの部品を新規設計し新たに試作器を作製したので、構造と測定原理、そして評価について報告する。

【試作ハンディー硬さ測定器 (以後「本器」と呼ぶ) の構造 (Fig) と測定原理】

本器の構造 (概略): タングステンカーバイド製の圧子 (Indenter, 円錐角 50 度、先端曲率半径 18 μm) をパイプ (Pipe) の先端からわずかに露出させ、他端は軸受け (Bearing) と点接触させた (軸受け、パイプなど新規設計)。

測定原理 (概略): 圧子を試料面に垂直に当てたのち、パイプが試料面に接触するまで押し付ける。すると、圧子は試料の硬さに応じてパイプ内に押し込まれ、その時の圧子の変位量がロードセル (Rode cell、歪みゲージが取り付けられている) でグラム値の大小として表示される。

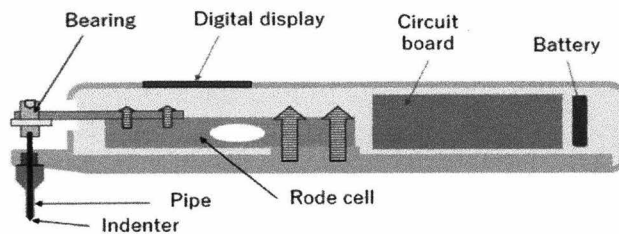


Fig. The Basic Structure of the Handy Hardness Tester

【本器の初期設定とう蝕象牙質による評価】

本器の圧子をガラス面に垂直に押し当て加圧していくとグラム値も増大するが、パイプがガラス面に接触するとグラム値はプラトーになる。その値が 200~210 なるように圧子の露出量を調整した (初期設定)。ヒト抜去歯 (兵庫医科大学倫理審査委員会 第 2259 号) の象牙質う蝕の断面を鏡面研磨した。う蝕面に複数の微小領域を設定し、それらの領域ごとに「本器のグラム値」と「ビッカース硬さ (MVK-E, 明石社)」を測定し、両者のペアデータを得た。

【結果】

「本器のグラム値」と「ビッカース硬さ」に関する計 48 のペアデータから散布図を作成し、指数近似曲線を求めた。その数式 $y=0.2796e^{0.0238x}$, $R^2=0.8766$ (x: グラム値、y: ビッカース硬さ) にグラム値を代入すれば、必要に応じてビッカース硬さを求めることができる。

【まとめ】

今回のハンディー硬さ測定器の試作と評価から、臨床でう蝕象牙質の硬さがリアルタイムに数値 (ビッカース硬さ) で評価できる小型・軽量・コードレスの硬さ測定器の作製の可能性が示された。

- 1) Schwendicke F, et al. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Removal, Advances in Dental Research 2016; 28(2): 58-67.
- 2) 清水明彦 ハンディー型硬さ測定器の開発 (試作)、日本歯科保存学会 2024 年度春季学術大会 (第 160 回) プログラム、ポスター発表 (P25) ; p. 71。

新規モノマー技術を活用した CAD/CAM 冠用材料の開発および評価

サンメディカル株式会社 研究開発部
○柿沼直志, 佐藤雪絵, 石川蓮珠

Development and evaluation of CAD/CAM crown materials utilizing novel monomer technology

SUN MEDICAL CO., LTD. Research and Development Dept.

○Naoyuki Kakinuma, Yukie Sato, Renju Ishikawa

【緒言】

CAD/CAM 冠用材料は 2014 年に小臼歯用が上市されてから適用範囲の拡大と共に市場も成長してきた。また、従来の(メタ)アクリル系モノマーに無機充填材を加えたハイブリッドレジン材料だけでなく、PEEK といった新しい材料も生み出されている。しかしながら、レジン材料の特性上、セラミック材料に比べて、経年劣化による変色や着色、耐摩耗性および耐衝撃性の低さという機能面での課題も持ち合わせている。

構成成分のうち無機充填材が組成の多くを占めることは明らかである。各社、粒径および形状の規定、充填率や成型方法など様々な手法で材料特性を発揮している。一方でモノマー成分も材料特性に寄与する因子であるが、一般的にこちらを特異的に差別化している例は決して多くない。本研究では、合成した新規モノマー技術:AEGISyn を使用した CAD/CAM 冠用材料について、各種物性評価をしたため報告する。

【材料と方法】

本研究では、モノマー成分のうち所謂機械物性を発現する機能を担う主モノマーについて比較を各種物性評価により行った。具体的には歯科汎用モノマーUDMA および Bis-GMA、合成した AEGISyn モノマーである。無機充填材の粒径および充填量、希釈モノマー種および成分量、開始剤やその他添加剤量については固定とした。モノマー別にペーストを作製し、加圧/加熱重合によりブロック成型体を得た。

前述のブロック成型体の評価については曲げ物性試験、吸水試験、破折強さ試験、LED 光透過性試験を行った。曲げ物性および吸水試験は JDMAS245:2020 に準拠する方法にて行った。破折強さ試験はブロック成型体を右上 1 形状の CAD/CAM 冠にミリング加工し、ZEN ユニバーサルセメント(クルツァージャパン, サンメディカル)を用いて、樹脂台座と接着させた。所定の高さから 23g の 鋼球を CAD/CAM 冠切端に自然落下させ、破折の有無を目視にて確認し、その際の高さを測定した。LED 光透過性試験は最初にブロック成型体を 2~4mm の厚みに切断し板状サンプルを作製した。次にバルクベースハード II ミディアムフロー(BBH II, サンメディカル)を充填した金型の上に PET フィルムを乗せ、その上に板状サンプルを置いた後に 20 秒間光照射を行った。最終的に光照射後の金型内 BBH II 硬化深度を見ることにより、ブロック成型体の LED 光透過性を評価した。

【結果と考察】

曲げ物性試験の結果として各サンプルの曲げ強度は、AEGISyn モノマー組成は 283MPa、UDMA 組成は 188MPa、Bis-GMA 組成は 193MPa であった。吸水試験の結果として各サンプルの吸水量は、AEGISyn モノマー組成は $13 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 、UDMA 組成は $17 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ 、Bis-GMA 組成は $16 \mu\text{g}/\text{mm}^3$ であった。破折試験の結果として各サンプルの破折時の高さは、AEGISyn モノマー組成は 70cm、UDMA 組成は 50cm、Bis-GMA 組成は 40cm であった。LED 光透過性試験の結果として 2mm 厚みの各サンプルを用いた際の BBH II の硬化深度は、AEGISyn モノマー組成は 9mm、UDMA 組成は 5mm、Bis-GMA 組成は 6mm であった。4mm 厚みの各サンプルを用いた際の BBH II の硬化深度は、AEGISyn モノマー組成は 6mm、UDMA 組成は 1mm 未満、Bis-GMA 組成は 2mm であった。

【結論】

本試験の結果から、AEGISyn モノマーを使用した CAD/CAM 冠用材料は、各種評価において汎用モノマー使用材料よりも優位な数値を示した。特に曲げ強度は UDMA に比べて 100MPa 程度高いものとなっていた。破折試験においても優位な衝撃性が測定されており、硬度が高いだけでなく一定の弾力性が保有されることも示唆された。また、LED 光透過性試験により、修復物を接着する際にも有用であることが期待される。

PEEK に対する PMTC が光沢度と表面粗さに及ぼす影響

¹松本歯科大学歯科保存学講座 (修復), ²東京歯科大学保存修復学講座,

³東京科学大学大学院医学総合研究科歯制御学分野

○甲田訓子¹, 宮下 彩¹, 春山亜貴子^{1,2}, 高坂怜子¹, 中村圭吾¹,

小松佐保¹, 小町谷美帆¹, 大槻昌幸^{1,3}, 亀山敦史¹

Effect of professional dental prophylaxis on surface gloss and roughness of PEEK-based CAD-CAM blocks

¹Dept. of Cariology, School of Dentistry, Matsumoto Dental University, ²Dept of OCP, Tokyo Dental College, ³Cariology and Operative Dentistry, Graduate School, Institute of Science Tokyo

○KOHDA Kuniko¹, MIYASHITA-KOBAYASHI Aya¹, HARUYAMA Akiko^{1,2}, KOHSAKA Reiko¹,

NAKAMURA Keigo¹, KOMATSU Saho¹, KOMACHIYA Miho¹,

OTSUKI Masayuki^{1,3}, KAMEYAMA Atsushi¹

【緒言】

近年, メタルフリー材料による歯冠修復治療のニーズが高まってきている。その中で, 2023 年 12 月にスーパーエンジニアリングプラスチックの一種であるポリエーテルエーテルケトン (PEEK) 樹脂を用いた歯冠修復が保険収載された。PEEK による歯冠修復の臨床応用は始まったばかりであり, 装着後の表面性状の変化についての検討は十分でない。本研究では, CAD-CAM 用 PEEK ブロックの表面に機械的清掃を行った場合が表面の光沢度や表面粗さに及ぼす影響について, CAD-CAM 用コンポジットレジンブロックと比較した。また, 機械的清掃時の荷重による影響についてもあわせて検討した。

【材料および方法】

CAD-CAM 冠用材料には松風ブロック PEEK WHITE 14 (松風, 以下 PEEK) および松風ブロック HC スーパーハード A2-LT/M (松風, 以下 HC) の 2 種類を用いた。各材料を 3 mm の厚さに切断後, 切断面を耐水研磨紙 #400, #800, #1200 で順次研削し, さらに MicroCloth® Polishing Cloth (Buehler) と MicroPolish® アルミナ懸濁液 (Buehler) の 0.3 μm, 0.05 μm を順次用いて研磨を行い, これを試料として使用した (n=5)。各試料表面を PMTC 用ブラシ (メルサージュブラシ, 松風) と 1 ステップ型 PMTC ペースト (プロフィーペースト Pro, Directa) を用いて非注水, 2,500 rpm の条件下で, 研磨荷重 100 gf または 300gf で 10 秒間, 各 4 サイクルの機械的清掃を行った。各サイクル間では清掃表面をスリーウェイシリンジで水洗, 乾燥を行い, 次のサイクルの機械的清掃では新たなペーストを用いた。機械的清掃前後の試料表面について, 微小面積光沢計 (GM-26DS, 村上色彩技術研究所) を用いて光沢度 (60°) を計測した。また, 機械的清掃前後の試料を 3 次元測定レーザー顕微鏡 (LEXT OLS4100, エビデント) で観察, 撮影し, 算術平均高さ (Sa) をあわせて計測した。カットオフ値 (λc) は 80 μm に設定した。なお, 光沢度は 1 試料あたり 4 回ずつ, Sa は 1 試料あたり 5 回ずつ計測し, この平均値を試料の光沢度および Sa の値とした。

【結果および考察】

PEEK に対する機械的清掃後の光沢度は荷重 100gf, 300gf のいずれも機械的清掃前に比べて有意に低下した (p<0.05)。また Sa は荷重 100gf, 300gf のいずれも機械的清掃前に比べて有意に上昇した (p<0.05)。一方, HC に対する機械的清掃後の光沢度は荷重 100gf で有意差を認めなかった (p>0.05)。荷重 300gf では有意な低下を認めた (p<0.05) が, 機械的清掃前後の光沢度低下の程度は PEEK に比べて小さかった。また Sa は荷重 100gf で機械的清掃前後での有意差を認めなかった (p>0.05) が, 荷重 300gf では機械的清掃後で有意な上昇を認めた (p<0.05) が, 機械的清掃前後の Sa 上昇の程度は PEEK に比べて小さかった。

【結論】

PEEK は機械的清掃によって光沢度が大幅に低下し, 表面粗さは大幅に上昇することが明らかとなった。

【利益相反】

本演題に関し, 開示すべき利益相反関係にある企業はありません。

Table 1 Difference in surface gloss (%) measured before and after prophylaxis (mean ± S.D., n=5)

	Before	After	Statistics
PEEK 100gf	94.0±2.5	33.0±6.8	p<0.05
PEEK 300gf	98.7±1.9	22.0±2.3	p<0.05
HC 100gf	77.5±3.9	73.8±4.4	NS
HC 300gf	74.7±2.4	65.4±3.3	p<0.05

Table 2 Difference in surface roughness (Sa, μm) measured before and after prophylaxis (mean ± S.D., n=5)

	Before	After	Statistics
PEEK 100gf	3.025±0.513	6.179±0.313	p<0.05
PEEK 300gf	2.417±0.287	6.542±0.276	p<0.05
HC 100gf	3.109±0.590	3.286±0.619	NS
HC 300gf	3.318±0.256	5.002±0.193	p<0.05

2 級メタルインレー窩洞形成技能評価

—rubric アナログ評価を基にした、既存三次元形状計測システムの分析検討—

神奈川歯科大学 歯科保存学講座 保存修復学分野

○椎谷 亨, 武村幸彦, 乙幡勇介, 富山 潔, 向井義晴

Evaluation of Class II Metal Inlay Cavity Preparation Skills: An Analysis and Examination of Existing 3D

Measurement Systems Based on Rubric-based Analog Assessment

Department of Restorative Dentistry, Kanagawa Dental University

○SHIYA Toru, TAKEMURA Yukihiro, OPPATA Yusuke, TOMIYAMA Kiyoshi, MUKAI Yoshiharu

【目的】現在歯学部学生は臨床参加型の臨床実習を指導歯科医のもと行っているが、以前と比較し、実際の患者において窩洞形成を行う機会は減っているものと思われ、そのためシミュレーション学修であるスキルスラボ実習の果たす役割は大きい。採点には非接触型高速三次元形状システム（VMS-10XR 型株式会社ユニスン製；以下、システム、と略す。）を用いているが、結果をアナログ評価と比較分析した研究は見当たらない。今回我々は、2023 および 2024 年度の歯学部学生スキルスラボにおいて計測された総合点、外形点、深さ点と、rubric の評価基準を用いてアナログ的に形成窩洞の採点を行った各点数の比較を行い、種々の分析を行ったので、その結果を報告する。

【方法】本学におけるスキルスラボ実習は臨床実習の一環として歯学部 5 年生に対して行っている。本実習では、右上第 1 大臼歯のスライス式 2 級メタルインレー MO 窩洞形成を計 2 本行うが、1 本目は 1 人の保存指導医の指導のもと練習を行い、2 本目は学生独力で窩洞形成を完成させ、その 2 本目を本システムに投入し、客観的な採点を行っている。また、アナログ評価にて利用した rubric は、①歯の選択、②形成位置（MO）、③窩洞の深さ、④窩洞の平坦さ（窩壁の整理）、⑤窩洞のテーパ、⑥線角、点角の有無、⑦窩洞外形（裂溝追及、鳩尾形）、⑧窩洞外形（幅）、⑨窩洞の歯軸の関係、⑩スライス（量）、⑪スライス（テーパ）、⑫スライス面（凹面）、⑬側室、⑭側室（傾き）、⑮窩縁斜面の採点項目から成り立っており、各項目に対して 0, 1, 2 点の基準（数字が大きくなるほど評価が高く、一部の項目については 3 点の基準もあり）が設定されている。（1）総合点：各年度において、システムと rubric における点数（＝上記 rubric 項目のうち、③～⑮を合算した合計点を 100 点換算したもの）の相関（Spearman の順位相関係数）の評価を行った。（2）外形点：各年度において、システムと rubric における点数（＝上記 rubric 項目のうち、⑦⑧⑩⑪⑫を合算した合計点を 100 点換算したもの）の相関（Spearman の順位相関係数）の評価を行った。（3）深さ点：各年度において、システムと rubric における点数（＝上記 rubric 項目のうち、③の点数を 100 点換算したもの）の相関（Spearman の順位相関係数）の評価を行った。なお、rubric の点数（＝③の点数）である 0,1,2,3 を連続変数ではなく、順位変数、として取り扱くと、rubric の 4 群として見ることができ、その 4 群における“システムの点数”についての比較検討も行った。統計分析には、Kruskal-Wallis test および Steel-Dwass test ($p < 0.05$) を用いた。また、(1)～(3) について、システムと rubric の各年度における点数に対し Wilcoxon 符号付順位和検定 ($p < 0.05$) を行った。なお、本研究は、神奈川歯科大学研究倫理審査委員会の承認（第 1085 番）を得て、実施された。

【結果および考察】システムと rubric の評価において、(1)総合点について：2023 年度：相関係数 $r = 0.18$ （ほとんど相関なし； $P = 0.0609$ ）、2024 年度： $r = 0.38$ （有意な弱い相関あり； $P = 0.000087$ ）、(2)外形点について：2023 年度：相関係数 $r = 0.17$ （ほとんど相関なし； $P = 0.08$ ）、2024 年度： $r = 0.16$ （ほとんど相関なし； $P = 0.114$ ）、(3)深さ点について：2023 年度：相関係数 $r = 0.42$ （有意な相関あり； $P = 0.00000414$ ）、2024 年度： $r = 0.54$ （有意な相関あり； $P = 0.000000182$ ）。なお、各年度とも rubric 評価が 1 と 2 の間では“システムの点数”に有意差が認められ ($p < 0.05$)、3 と 2 の間などには有意差は見られなかった ($p > 0.05$)。深さにおいて rubric のアナログ評価はシステム評価と相関が見られるものの、rubric 評価を 3 としたもののシステム評価点数が低めの形成窩洞を分析したところ、咬合面窩洞の幅がわずかに頬側に広がっただけでシステム点数が低くなった可能性があることがわかった。また、総合点、外形点、深さ点は、各年度とも、両評価において有意差は見られなかった ($p > 0.05$)。窩壁にアンダーカットや凹凸が多くありワックスアップを行うことが明らかに困難なケースであってもシステムの総合点 70 点と計測されている一方で、上記の様に、咬合面窩洞幅がわずかに広がっただけで、アンダーカットが無く、窩壁も平坦な窩洞の総合点が 69 点と計測されるケースもあることから、今後のこのようなスキャンシステムの開発においては、ワックスアップのやりやすさの要素も考慮に入れるべきであると考えられた。

FGP テクニックを組込んだ審美性と機能性を備えたデジタル間接修復法の紹介

鶴見大学歯学部保存修復学講座¹, 鶴見大学歯学部歯科技工研修科²
○山本雄嗣¹, 川嶋梓月香², 瀬野陽萌¹, 金 鎮佑¹, 英 將生¹, 河村 昇²

Introduction of Digital Aesthetic/Functional Indirect Restoration Processed with FGP Technique

Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine¹,
Dental Technician Training Institute, Tsurumi University School of Dental Medicine²

○YAMAMOTO Takatsugu¹, KAWASHIMA Shizuka², SENO Harumo¹, KIM Jinwoo¹, HANABUSA Masao¹ and
KAWAMURA Noboru²

【緒 言】

歯冠修復へのデジタル技術の応用により修復ステップは大きく変化している。特に間接修復では光学印象が導入され、患者の負担軽減や模型材が不要となることでの材料消費の削減などが達成されている。現時点での一般的な光学咬合採得は中心咬合位での上下歯列位置の記録であり、機能運動の記録は、実験的には行われているものの、広く臨床で実施されるには至っていない。このことから、現在のデジタル技術で製作される歯冠修復では機能運動に適合した咬合接触付与の面に弱点があると言える。そこで演者らは、対合歯の機能運動路を記録する FGP テクニックをデジタル歯冠修復に取り入れ、審美性と機能性を備えた間接修復を行ったのでここに紹介する。

【患者概要】

患者は 42 歳の女性。下顎左側第二小臼歯が歯根骨折したため、近隣の口腔外科にて抜歯。後続する欠損補綴を希望して来院した。歯の欠損による咀嚼機能低下を認めるものの、顕著な歯周疾患や顎運動機能障害は認めなかった。全歯にわたり咬耗が顕著でブラキシズムによる過大な咬合力負荷が疑われた。欠損に隣在する #34 は MO インレー脱離、#36 はメタルアンレー修復がなされていた。

【診断および診療方針】

診断：#35 喪失歯ならびに #34 インレー脱離、象牙質う蝕。

診療方針：患者は歯冠色修復を希望したため、ブラキシズムを考慮して #34 #36 支台のモノリシックジルコニアブリッジを計画した。

【治療方法】

#34 の象牙質う蝕と #36 メタルアンレーを除去した後、両歯をベースを兼ねたコンポジットレジンで仮封した。歯髓症状が無いことを確認してから、両歯とも部分的にフィニッシュラインを歯肉縁上に設定したアンレー形態の支台歯形成を行った。上下歯列ならびに中心咬合位での光学印象採得を行い、ブリッジ形態の PMMA 製 FGP テーブルを CAD で設計し、切削加工を行った。FGP テーブルに即時重合型レジンを築盛して口腔内で対合歯の機能運動路を記録したのちに、その運動路の光学印象を採得した。加えて FGP テーブルを装着したまま中心咬合位での光学印象採得を行った。CAD 上で FGP の形状を表裏反転し機能運動時の対合歯列の咬合面形態とした。これに合わせてブリッジの形態を設計、CAM にてミリング後、焼結ならびにシェーディングを行った。完成したジルコニアブリッジを口腔内に試適したところ、色調適合性、中心咬合位ならびに機能運動路の咬合接触状態は良好であり、わずかな調整で装着可能と判断した。支台歯とブリッジ被着面の接着処理をした後にコンポジットレジンセメントで装着した。現時点で、患者は違和感や機能障害を何ら認めず、経過良好である。

【考察】

本法は、一般的な CAD/CAM 歯冠修復物の製作工程に機能運動路の記録を組み込み、患者の機能運動に適合した修復物の製作を試みたものである。全歯にわたり咬耗を認めることから、患歯に機能運動時の咬合接触を付与することが適切と判断し、本法にてそれが実現できたと考える。咬合状態や咀嚼機能評価を含めた経過観察を継続し、本法の評価を行う予定である。今後、デジタル技術の更なる発展によって機能運動路の記録が簡便に行われるようになれば、試適時の咬合調整が少なく、患者の口腔機能により適合した修復物の製作が実現されるであろう。

厚さの異なる歯根象牙質に半導体レーザーを照射した際の透過性に関する研究

1) アキおやこ歯科医院
2) 東京科学大学大学院医歯学総合研究科 口腔制御学分野
○中根 晶^{1,2)}, 陳 雪霏²⁾, 大槻昌幸²⁾, 島田康史²⁾

A study on the transmittance of Diode laser through root dentin with different thicknesses

1) Aki Parent and Children Dental Clinic
2) Department of Cariology and Operative Dentistry, Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Institute of Science Tokyo
○Akira Nakane^{1,2)}, Xuefei Chen²⁾, Masayuki Otsuki²⁾, Yasushi Shimada²⁾

緒言

半導体レーザーは口腔内軟組織の切開、止血、凝固、および、蒸散の効果・効能を期待して口腔外科処置や歯周治療処置で使用されている。しかしながら、これらの処置を施す際に、偶発的に歯質に照射をしてしまうこともある。また、歯周治療処置において歯周ポケット内に照射をする際には、歯質への照射を避けることができない場合もある。そこで、本研究では厚さの異なる根面象牙質に半導体レーザーを照射した際のレーザー光の透過性について検討を行った。

材料と方法

ヒト抜去小臼歯歯根部から歯軸と水平方向に 5.0mm×5.0mm、厚さ約 2.0mm のディスクを切り出した。ディスクは、耐水研磨紙（三共理化学，埼玉）を用いて研削し、厚さを 0.5、1.0 および 1.5mm に調整した試料を作製した。本研究は東京科学大学歯学部倫理審査委員会によって承認され遂行された（D2013-022-02 号）。使用したレーザー発振装置は、半導体レーザー（ダイオードレーザ Sheep810, 株式会社ユニタック，広島），ファイバーは、石英ファイバー（光プローブ M400, 株式会社ユニタック，広島）を用いた。照射条件は、照射モードは連続波、パルス波とし、連続波においては照射出力 1W（パネル値），照射時間 1 秒，パルス波においては照射出力 1W，（ピーク出力，パネル値）照射時間 1 秒，パルス幅 100ms，duty 比 10%とし，定点照射を行った。象牙質を透過したレーザー光の出力はパワーセンサー（Power Max USB-LM-3, COHERENT, USA）を用いて測定を行った。得られた出力は，連続波は One-way ANOVA および Tukey の HSD を用いて，パルス波は Kruskal-Wallis および Bonferroni を用いて，有意水準 5%にて統計学的検討を行った。

結果と考察

連続波における根面象牙質の厚さ 0.5，1.0 および 1.5mm を透過したレーザー光の出力の平均値は，0.32，0.21 および 0.19W であった。根面象牙質の厚みが増加をすると，透過したレーザー光の出力の平均値は有意的に減衰を示した。また，パルス波における根面象牙質の厚さ 0.5，1.0 および 1.5mm を透過したレーザー光の出力の平均値は，0.30，0.22，0.20W であった。連続波と同様に，根面象牙質の厚みの値が増加をすると，透過したレーザー光の出力の平均値は有意的に減衰を示した。

レーザー光は生体に照射されると，反射，吸収，拡散，および透過をする。そのため，根面象牙質に照射されたレーザー光の出力に対して，透過したレーザー光の出力が減衰をしたのは，照射されたレーザー光の全てが透過をしなかったことが原因であると考えられる。また，象牙質の厚みの違いにより透過したレーザー光の出力の減衰が異なるのは，レーザー光が根面象牙質を透過する際に吸収されたレーザー光の量が異なると考えられる。そのため象牙質の厚みが増加をすると，透過したレーザー光の出力が減衰をしたと考えられる。

結論

象牙質の厚さが増加すると透過する半導体レーザーの出力は減衰をした。

構造色を応用したコンポジットレジン表面性状と耐着色性評価

株式会社トクヤマデンタル
○木下 佳奈、松尾 拓馬

Evaluation of Surface Properties and Stain Resistance of Structural Colored Resin Composites
Tokuyama Dental Corporation
○Kana Kinoshita, Takuma Matsuo

【緒言】

近年、コンポジットレジン（以下「CR」と略す）は、前歯から臼歯までの幅広い症例の修復に用いられており、特に前歯の修復で用いる場合には機械強度だけでなく、審美性が求められる。一方、CRは特に審美領域の修復において十分な表面光沢が得られないことなどに起因する経年的な着色が問題となる場合がある。トクヤマデンタルでは顔料を含まず、均一な球状フィラーからなる構造発色により、幅広い歯の色調に適合するCR「オムニクロマ」を開発し、フィラー充填率が異なる3種類のペースト性状のCRを上市した。オムニクロマシリーズは粒子径の揃った均一な球状フィラーを採用することで、構造発色だけでなく、短時間の研磨でも良好な表面光沢、滑沢な表面性状が得られるといった特徴がある。本研究ではオムニクロマシリーズの硬化体の表面性状と耐着色性に関する評価を行った。

【材料および方法】

材料:「オムニクロマ」(以下「OC」と略す。株式会社トクヤマデンタル) および「オムニクロマフロー」(以下「OCF」と略す。株式会社トクヤマデンタル)、「オムニクロマフローバルク」(以下「OCFB」と略す。株式会社トクヤマデンタル)を用いた。

方法1: 表面光沢度の測定

φ10mm×厚さ2mmの孔を有するポリアセタール製の型にペーストを充填し、PETフィルムで圧接した後に各推奨時間光照射することでCRの硬化体を得た。硬化体を型から外し、37℃蒸留水中で24時間浸漬した。硬化体の表面と側面をSof-Lex(粗さCoarse, Medium, Fine, Superfine, Solventum社製)を用いて、乾式で回転数15,000rpmにて各20秒間研磨を行った。次いで、光沢度計(VG-8000、日本電色工業株式会社製)を用いて入射光角度60°での光沢度を測定した。試験は5個の硬化体でそれぞれ3点、計15点ずつ測定を行い、平均値および標準偏差を求めた。

方法2: コーヒー着色試験

方法1と同じ硬化体を、色差計(SE7700、日本電色工業株式会社製)を用いて白背景下で、 L^* 、 a^* 、 b^* を測定し、初期色調とした。37℃下で1.2wt%のコーヒー水溶液に浸漬した。コーヒー浸漬1日後と14日後に硬化体を蒸留水で洗浄し、初期色調と同様に色差計を用いて L^* 、 a^* 、 b^* を測定した。初期色調とコーヒー浸漬後の色調の色差CIEDE2000(ΔE_{00})を算出した。試験は5個の硬化体でそれぞれ3点、計15点ずつ測定を行い、 ΔE_{00} の平均値および標準偏差を求めた。

【結果】

結果をTable 1に示した。OCFおよびOCFBはOCと比較してフィラー充填率が低いにも関わらず、色調変化 ΔE_{00} の増加は見られなかった。

Table 1. Initial surface gloss units and color change after coffee staining test

		OC	OCF	OCFB
Filler loading [wt%]		79	70	69
Glossiness [%]		69.2 (2.0)	69.8 (2.8)	70.0 (2.7)
ΔE_{00}	1日	1.7 (0.04)	1.7 (0.2)	1.5 (0.2)
	14日	5.2 (0.2)	4.4 (0.1)	4.0 (0.3)

色調遮蔽材の厚みがユニバーサルシェードコンポジットレジンの色調適合性に及ぼす影響

日本大学歯学部保存学教室修復学講座

○高橋奈央, 黒川弘康, 林 佳奈, 池田琴音, 植原亮, 進藤久美子, 安達英一, 宮崎真至

Impact of Opaquer Material Thickness on the Shade Adaptation Properties of Universal Shade Resin Composite

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

○TAKAHASHI Nao, KUROKAWA Hiroyasu, HAYASHI Kana, IKEDA Kotone, UEHARA Ryo, SHINDO Kumiko, ADACHI Eiichi, MIYAZAKI Masashi

【研究目的】

人工歯に規格窩洞を形成し、色調遮蔽材（OP）およびユニバーサルシェードコンポジットレジン（USRC）を異なる厚さで充填した際の、レジン充填部と人工歯との色調適合性について評価した。

【材料および方法】

USRC としてオムニクロマ（トクヤマデンタル）を用いた。また、OP としてトクヤママスキングオペカー（トクヤマデンタル）、ア・ウーノオペカー（ヤマキン）、ビューティフィルオペカー（松風）およびクリアフィル ST オペカー（クラレノリタケデンタル）を用いた。

人工歯として硬質レジン歯（ゼンオパール、シェード A4、ジーシー）の上顎左側中切歯を用いた。

1. 測定用試片の作製

人工歯の唇側面中央付近に直径 4.0 mm で、深さ 2.0 mm の規格円形窩洞を、窩縁形態をバットジョイントとして形成した。窩洞内面に、サンドブラスト（アルミナ粒子：平均粒径 50 μm ）を 5 秒間、0.2 MPa の噴射圧で行った。次いで、窩洞内にボンドマーライトレスII（トクヤマデンタル）を塗布、エアブローした後、歯科充填用色調調整材（エステライトカラーダークブラウン、トクヤマデンタル）を塗布する条件と塗布しない条件を設定した。

OP を異なる厚さで充填して各製造者指示条件で光照射した。次いで、USRC を充填し、透明マトリックスとスライドガラスを用いて圧接して光照射した。なお、OP および USRC の厚さの組み合わせは、以下の通りとした（Table 1）。

Cavity depth	OP thickness	USRC thickness
2.0 mm	0.0 mm	2.0 mm
	0.5 mm	1.5 mm
	1.0 mm	1.0 mm

これらの試片を 37°C 精製水中に 24 時間した後、レジンペーストの表面を耐水性シリコンカーバイドペーパーの #2,000 を用いて注水下で研削した。

2. 色調適合性の評価

色調適合性の評価には、高速分光光度計（CMS-35F S/C, 村上色彩）を用いた。測定用試片のレジンペースト充填部および窩洞形成がなされていない人工歯の唇側面中央付近を測色し、各部位の色を CIE L*a*b* を用いて表示した。得られた測色値をもとに、計算式を用いて各測色部位間における色差（ ΔE^*ab ）を算出した。

3. Translucency parameter (TP) 値の算出

各レジンペーストを内径 8.0 mm で、厚さが 4.0 mm のテフロン型に充填した後、光照射して重合、硬化させた。これらの試片を 37°C 精製水中に 24 時間保管した後、高速分光光度計を用いて、標準黒色板および標準白色板上で測色し、計算式から TP 値を算出した。

【成績および考察】

USRC の色調適合性は、窩洞の明度が低い場合、単独で充填した条件と比較して OP を併用した条件で向上する傾向が認められたが、その程度は使用する OP の種類および厚さによって異なった。

【結論】

窩洞の明度が低い条件では、OP と USRC を併用することで色調適合性が向上することが明らかとなった。

新規ユニバーサルバルクフィルコンポジットレジン GCR-01 の色調適合性評価

昭和医科大学歯学部歯科保存学講座保存修復学部門

○新妻由衣子, 原田優, 林遥佳, 菅井琳太郎, 小林幹宏

Evaluation of Color Matching in a Novel Universal Bulk-Fill Resin Composite (GCR-01)

Department of Conservative Dentistry, Division of Operative Dentistry,

Showa Medical University School of Dentistry

○NIIZUMA Yuiko, HARADA Yu, HAYASHI Haruka, SUGAI Rintaro, KOBAYASHI Mikihiro

【目的】

近年, 単一または少数のシェードで多様な歯冠色を再現できるユニバーサルコンポジットレジン(以下, URC)が広く臨床に用いられている. URC の色調再現メカニズムは, 光透過性や光拡散性, 構造色の応用など製品ごとに異なり, その色調適合性や臨床的有用性については, 未だ検討段階にある. 本研究では, 光拡散性フィラーとレジンマトリックスの屈折率の調整により光学特性を最適化し, カメレオン効果を発揮するよう設計, 開発された新規ユニバーサルバルクフィルコンポジットレジン GCR-01 の色調適合性を評価した.

【材料および方法】

本研究では, 5 種類の URC と人工歯を用いた. URC は GCR-01 (GCR, GC), マジェスティ ES フローLow U (MJF・クラレノリタケデンタル), オムニクロマフローバルク(OMF・トクヤマデンタル), Venus PURE Bulk Flow ONE (VBF・KULZER), SDR flow Bulk Fill Flowable (SBF・Dentsply Sirona), 人工歯はサーバス(GC)の上顎左側中切歯 A1, A2, A3, A3.5, A4 を使用した. 窩洞形態はⅢ級窩洞(遠心中央), Ⅳ級窩洞(近心), Ⅴ級窩洞(深さ 2.0mm)の 3 種類とした. URC を填塞後, マイジンガーポリッシャー (GC)にて研磨を行い, 24 時間後に分光測色計 RAYPLICKER COBRA (BOREA)を用いて測色した. Ⅲ級およびⅣ級窩洞は人工歯 3 点・URC 3 点, Ⅴ級窩洞は人工歯 3 点・URC 1 点を測色した. 得られた $L^*a^*b^*$ 値から各窩洞における人工歯と URC の色差 CIELAB (ΔE^*ab) および CIE2000 (ΔE_{00}) を算出した. さらに, 臨床経験 10 年以上かつ日本歯科保存学会認定医および専門医である歯科医師 3 名が単盲検下で 5 段階視覚評価(0: Excellent match 1: Very good match 2: Not so good match 3: Obvious mismatch 4: Huge mismatch)を行なった. 評価スコアについて 3 名の歯科医師の評価一致度を Fleiss' kappa 係数により算出した.

【結果】

GCR は A1 のすべての窩洞において ΔE 値 3.0 以下を示し, 明度の高い色調に対して優れた適合性を示す傾向が認められた. さらに, Ⅳ級窩洞においては他の URC と比較して低い ΔE 値を示し, 高い色調適合性が認められた. MJF は A1 から A4 のすべての窩洞について ΔE 値は 2.0~6.0 であった. OMF は A1, A2, A3 では 4.5~10.0, A3.5 と A4 では 2.5~6.5 であり, 明度の低い色調に適合する傾向が認められた. VBF はⅢ級およびⅣ級窩洞と比較してⅤ級窩洞で比較的良好な色調適合性を示す傾向があった. SBF は A1 から A4 のすべての窩洞において ΔE 値は 3.3~10.3 であった.

歯科医師 3 名による視覚評価では, Fleiss' kappa 係数により評価者によらず一貫していること示した. 視覚評価では GCR-01 は A1, A2, A3, A3.5 において高い色調適合性が認められた.

【結論】

本研究条件下において, 新規ユニバーサルバルクフィルコンポジットレジン GCR-01 は, A1 から A3.5 までの幅広い歯冠色に対して優れた色調適合性を有することが示された.