

硬さ試験機を用いた簡便な重合収縮応力測定法の提案

鶴見大学歯学部第一歯科保存学教室
○西出明史 山本雄嗣 桃井保子

Proposal of a Simple Method to Measure Polymerization Shrinkage Stress of Resin Composite Using a Hardness Tester

Department of Operative Dentistry, Tsurumi University School of Dental Medicine
○NISHIDE Akihito, YAMAMOTO Takatsugu, MOMOI Yasuko

【研究目的】 レジンの重合収縮によってレジン内、レジン歯質界面、周囲歯質内に重合収縮応力が発生し、この応力は修復物の予後に影響をおよぼすことがある。Yamamoto ら¹⁾は、ビッカース硬さ測定法(圧子圧入法)を応用し、窩洞周囲に生じた収縮応力を、局所的に測定する方法を報告した。また久保田ら²⁾は、その方法を用いて、抜去ウシ下顎前歯に接着修復を行った際のエナメル質内に生じる応力を算出、検討した。しかし両報告では、レジン-窩縁界面の接着が破壊されて収縮応力の解放が起き、重合収縮力の一部が歯質内へ伝播されていない状態となっている。そこで今回、本測定方法を確立させることを目的とし、レジンとの接着性が高いソーダガラス窩洞を使用して、レジン充填直後の窩洞周囲に生じる重合収縮応力を求めた。加えて、その応力値をもとにレジン-窩縁界面に生じる応力値を算出、その値の妥当性を検討した。

【材料および方法】 直径 12mm、厚さ 2mm のソーダガラス円盤($K_c = 0.61 \text{ MPa m}^{0.5}$)の中央に直径 3mm の円柱窩洞を形成して、ドーナツ型ガラス試料を製作した。ガラス試料を 510°C で 24 時間アニーリングし、加工時にガラス内部に発生した残留応力を解放した後、窩縁から圧痕中心までの距離(h)を 200, 300, 400, 500 μm としてビッカース圧子を圧入した。圧子圧入は、硬さ試験機(MVK-E, 明石製作所)で行ない、圧入条件は 9.8 N · 15 秒間とした。圧入後、ガラス試料をデシケーター中で 24 時間以上保管して、圧入によって発生した応力を解放してから、圧痕角から発生しているクラックの長さ(c : 圧痕中心からクラック端まで)を、測定顕微鏡(STM-UM, オリンパス)で測定した。各圧痕を粘着テープでカバーしてから、窩洞内面をシランカップリング処理(ポーセレンボンドアクティベーター+メガボンドプライマー, クラレメディカル)し、下表に示す 3 種のコンポジットレジンを充填した。なおこの円柱窩洞は窩底を有さないため、C-factor は 1.3 となる。照射は、ハロゲン照射器(VIP, Bisco)で 540 $\text{mW}/\text{cm}^2 \cdot 45$ 秒間(約 24000 mJ/cm^2)行なった。照射後、ただちに粘着テープを除去し、照射 2 分後に再びクラックの長さ(c)を測定した。各圧痕周囲に発生した応力(σ_{indent})^{1,2)}と、界面に発生した応力($\sigma_{\text{interface}}$)³⁾を求めた。

【成績】

h (μm)	Point 4 (sdsKerr)				Heliomolar (Ivoclar Vivadent)				Revolution Formula 2 (sdsKerr)			
	200	300	400	500	200	300	400	500	200	300	400	500
$c \cdot c$ (μm)	45.5 (8.1)	27.1 (6.2)	22.0 (3.3)	15.6 (2.2)	16.9 (4.5)	12.7 (4.1)	10.3 (2.0)	7.4 (3.2)	7.9 (3.3)	6.8 (1.7)	4.4 (1.5)	4.5 (0.7)
σ_{indent} (MPa)	10.3 (1.0)	7.9 (1.1)	7.2 (1.0)	5.5 (0.7)	5.3 (1.2)	4.5 (1.2)	3.8 (0.6)	2.9 (1.2)	2.8 (1.1)	2.6 (0.6)	1.8 (0.6)	1.8 (0.3)
$\sigma_{\text{interface}}$ (MPa)	13.4 (1.3)	11.7 (1.6)	12.2 (1.7)	10.9 (2.3)	6.9 (1.5)	6.6 (1.0)	6.4 (1.0)	5.4 (2.2)	3.6 (1.5)	3.9 (0.9)	3.2 (1.2)	3.3 (0.5)

【考察および結論】 3 種コンポジットレジンで窩縁部にギャップは形成されず、窩縁から圧痕までの距離(h)の増加とともに σ_{indent} は減少した。また、各コンポジットレジンの $\sigma_{\text{interface}}$ は、 h に関わらず同等の値を示し、過去の報告⁴⁾と同様な結果を得た。これより、本方法は特別な装置を必要とせず、臨床に類似した状態での重合収縮応力が測定できる方法であることが示唆された。

【参考文献】

- 1) Yamamoto T, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Swain MV: Calculation of contraction stresses in dental composites by analysis of crack propagation in the matrix surrounding a cavity; Dent Mater 25, 543-550, 2009.
- 2) 久保田祐, 山本雄嗣: 接着修復直後に窩洞周囲の歯質に生じる応力; 日歯保存誌 51, 700-715, 2008.
- 3) Young WC: Roark's formulas for stress and strain 6th ed.; McGraw-Hill Int'l Editions, 638, 1989.
- 4) Kleverlaan CJ, Feilzer AJ: Polymerization shrinkage and contraction stress of dental resin composites; Dent Mater 21, 1150-1157, 2005

405nm 青紫半導体レーザーが漂白効果に及ぼす影響

¹東京医科歯科大学大学院う蝕制御学分野、²GCOE プログラム歯と骨の分子疾患科学の国際教育研究拠点
○高岡 丈博¹、田野 絵里¹、岸 綾香¹、岸川 隆蔵¹、加藤 純二¹、大槻 昌幸¹、田上 順次^{1,2}

Effect of 405nm diode laser on tooth bleach

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

²GCOE Program; International Research Center for Molecular Science in Tooth and Bone Diseases

○TAKAOKA Takehiro¹, TANO Eri¹, KISHI Ayaka¹, KISHIKAWA Ryuzo¹, KATO Junji¹,

MASAYUKI Otsuki¹, TAGAMI Junji^{1,2}

【研究目的】可視光応答型光触媒含有の漂白材（ピレーネ、三菱ガス化学）は、低い波長の可視光により強く反応するとされている。一方、波長 405nm 青紫半導体レーザーが開発され、歯科での応用が検討されてきている。本研究では、牛歯による変色歯モデルを作成し、それを用いて可視光応答型光触媒含有の漂白材（ピレーネ）の漂白効果に波長 405nm 青紫半導体レーザーが及ぼす影響について評価を行った。

【材料および方法】冷凍保管牛歯を流水で解凍し、歯根を切断して歯髄を除去した後、髓腔内を 5%次亜塩素酸溶液と 37%リン酸ゲル（K-etchant、クラレメディカル）にて処理した。歯面に付着した軟組織を除去後、唇側面のエナメル質が厚さ約 1mm になるように #280 耐水研磨紙で研削し、#1,500 まで順次研磨して被験面とした。煮出した紅茶を着色液とし、7 日間、被験歯を浸漬して変色させ、唇側面中央に直径 5mm の円形の穴を開けたテープを貼付して被験面を規定した。次いで、歯科用色彩計シェードアイ NCC（松風）で被験面を測色し、CIE L*a*b*を求めた。ピレーネの溶液 1 と 2 の混合液を被験面に塗布して、試作青紫半導体レーザー装置（HH-01、住友電気工業）を用いて各先端出力（200mW, 400mW, 600mW）にて、連続波で 5 分間照射した。その際、ファイバー先端と歯面を約 1cm 離して、レーザー光が規定した被験面すべて照射される様に調整した。照射後、水洗して漂白液を除去し、測色・写真撮影を行った。さらに、400mW については、3 分レーザー照射して 2 分放置した群、1 分照射して 4 分放置した群を加えた。また、ハロゲン光源とする可視光線照射器（オプテラックス 501、デメトロン）で 5 分照射した群をコントロールとした。いずれの実験群も、漂白操作と測色・写真撮影を 10 回繰り返した。なお、実験例数は各群 6 例とした。得られた CIE L*a*b*の値から、漂白前との色差値 ΔE を算出した。

【成績および考察】いずれの実験群も、漂白回数を増すごとに目視において漂白効果が確認されたが、その程度は照射条件により異なった。測色値においては、

漂白処置回数を増すごとに L*値が上昇し、それに伴って、色差値 ΔE も上昇した。各実験群の ΔE 値を図に示す。5 分間照射では出力の大きい方が漂白効果が大きく、また、400mW の照射では、1 回あたりの照射時間が長い方が高い漂白効果が得られた。ピレーネに含まれる可視光応答型二酸化チタン光触媒は、波長の低い光により強く反応するとされている。405nm の青紫光が可視光の下限に近く、本漂白材に用いる光源としては最適と考えられる。

【結論】405nm 青紫半導体レーザーを照射光源として、牛歯による変色歯モデルを用いて、可視光応答型光触媒含有の漂白材（ピレーネ）の漂白効果を評価したところ、高い漂白効果が得られたが、その効果に出力と照射時間が影響を及ぼした。

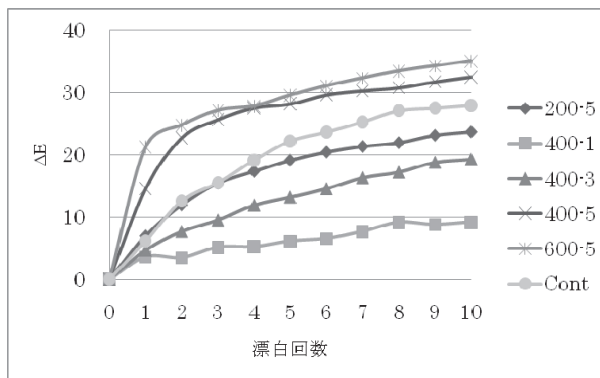


図. 漂白処置による色差 (ΔE) の変化

凡例の 400-3 は 400mW で 3 分間照射したことを示す。

本研究の一部は、GCOE プログラム歯と骨の分子疾患科学の国際教育研究拠点によって遂行された。

V-CAT を用いたオフィスブリーチ材により処理された歯質がレジン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

○河合利浩、渡辺俊之、劉 利恵、山田三良、富士谷盛興、千田 彰

Resin bond to tooth substance treated with a new in-office whitening system with V-CAT

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University
KAWAI Toshihiro, WATANABE Toshiyuki, RYU Toshie, YAMADA Mitsuyoshi, FUJITANI Morioki and SENDA Akira

【研究目的】

最近、光触媒として V-CAT を用いたオフィスブリーチ材 (TiON™、ジーシー) が日本にも紹介されつつある。本材は従来のオフィスブリーチ材 (Hi-Lite™、松風) よりも過酸化物の低濃度化が実現されている。したがって、漂白後の残留酸素濃度はより低いと考えられ、これがレジンの接着性に何らかの影響を与えるものと推察できる。本研究は、これらのオフィスブリーチ材がレジンの接着性に及ぼす影響を検索するため、これらによる漂白後のエナメル質および象牙質に対するレジンの接着強さを検討した。

【材料および方法】

実験 1) エナメル質の接着試験

アクリルレジンにて包埋されたヒト抜去中切歯の歯冠部にエナメル質平坦面 (#800) を調製し、TiON または Hi-Lite で各々3回漂白した (以下各々の試料を Ti 群、Hi 群とする)。これらの試料を漂白直後 (Ti-0、Hi-0 群)、7日間 (Ti-7、Hi-7 群)、あるいは14日間 (Ti-14、Hi-14 群) 37°C生理食塩水中に保管した後、直径3.6mm、厚さ2.0mmのシリコン製モールドを両面テープで固定し、Adper™ Single Bond/Filtek™ Supreme (3M ESPE) を填塞した。37°C生理食塩水中に24時間保管後、クロスヘッドスピード0.5mm/minにて圧縮剪断試験 (EZ Test、島津製作所) を行った。

実験 2) 象牙質の接着試験

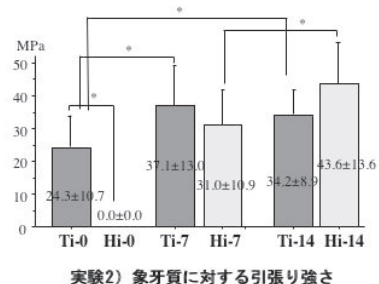
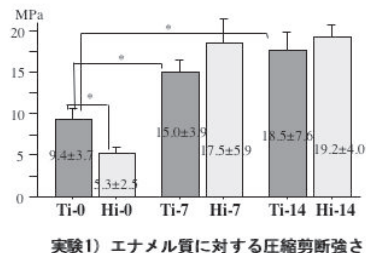
ヒト抜去大白歯の歯冠中央部に歯軸に垂直な象牙質平坦面 (#800) を調製した。これらの被着面において、実験 1) と同様の方法で試片を調製し、37°C生理食塩水中に24時間保管した。次いで、微小引張り試験用に接着面積が1.0mm²となるような棒状の試料を調製し、クロスヘッドスピード0.5mm/minにて引張り試験 (EZ Test) を行なった。

なお、漂白処理ならびに接着処理はメーカー指示通りに行ない、得られたデータは one-way ANOVA および Fisher's PLSD test を用いて、有意水準5%で統計処理を施した。

【結果および考察】

図に接着試験の測定結果を示す。実験 1)、2) とも Ti-0 群は Hi-0 群より有意に高い接着強さを示した (p<0.05)。この理由として、TiON は Hi-Lite より過酸化物の濃度が低く、さらに漂白時間が短いことが考えられる。また、生食中に浸漬しておくことと接着強さは有意に回復し (p<0.05)、エナメル質においては Ti-7、Ti-14、Hi-7、Hi-14 群間に有意差は認められなかった。しかし、有機成分に富む象牙質においては Ti-7、Ti-14 群間に有意差は認められなかったが、Hi-7、Hi-14 群間には有意に接着強さの違いがみられた

(p<0.05)。これらのことから、漂白材の残留酸素がレジンの重合性に何らかの影響を及ぼすことが考えられ、今後更なる検討を行なうことが必要であり、また臨床でも十分注意すべきことが明らかになった。



【結論】

V-CAT を用いたオフィスブリーチ材 (TiON) は従来のもの (Hi-Lite) よりレジンの接着性を低下させなかった。とくにこの効果は有機成分に富む象牙質において顕著であった。

各種光源が光触媒含有の漂白材 (TiON in Office) の漂白効果に及ぼす影響

¹東京医科歯科大学大学院 歯学専攻、²GCOE プログラム歯と骨の分子疾患科学の国際教育研究拠点
○岸綾香¹、大槻昌幸¹、田上順次^{1,2}

Influence of Various Light Units on the Bleaching effect of Bleaching Agent Containing Photo-catalyst (TiON in Office)

¹Tokyo Medical and Dental University, Graduate School, Cariology and Operative Dentistry

²GCOE Program; International Research Center for Molecular Science in Tooth and Bone Diseases

○KISHI Ayaka¹, OTSUKI Masayuki¹, TAGAMI Junji^{1,2}

【研究目的】 可視光応答型光触媒含有の漂白材 (TiON in Office、以下 TiON、GC America) の漂白効果には、照射光源の種類、強度、照射時間などが影響を及ぼすと考えられるが、その詳細は明らかではない。本研究では、牛歯による変色歯モデルを作成し、それを用いて TiON の漂白効果に、光触媒の有無および照射条件が及ぼす影響について検討を行った。

【材料および方法】 冷凍保管牛歯を解凍し、歯根を切断して歯髄を除去した後、髓腔内を 5%次亜塩素酸溶液と 37%リン酸ゲル (K-echant、クラレメディカル) にて処理した。唇側面のエナメル質を厚さ約 1mm になるように #280 耐水研磨紙で研削し、#1,500 まで順次研磨して被験面とした。煮出した紅茶を着色液とし、7 日間被験歯を浸漬した。変色した唇側面を歯科用色彩計シェードアイ NCC (松風製) で測色し、CIE L*a*b*を求めた。TiON の Reactor を塗布し軽圧のエアで乾燥させた後、Syringe A および B の混合ジェルを塗布し、ハロゲン照射器 (コービー、ジーシー)、高出力ハロゲン照射器 (ハイパーライテル、モリタ)、LED 照射器 (青色+青紫色、G-ライト、ジーシー) にて、それぞれ 1 分間照射後、5 分間放置した。また、漂白用 LED 照射器 (青紫色、コスモブルー、ジーシー) では、High の照射モードで 1 回の照射時間を 12 分とした。さらに、Reactor の塗布のみでジェルを塗布しない実験群とリアクターを塗布せずに、ジェルを塗布した実験群を設定し、それぞれ、ハロゲン照射器 (コービー) を用いて照射した。漂白処置後、水洗して Reactor とジェルを除去し、測色・写真撮影を行なった。いずれの実験群も、漂白操作と測色・写真撮影を 10 回繰り返した。なお、実験例数は各群 8 例とした。得られた CIE L*a*b*の値から、漂白前との色差値 ΔE を算出した。

【成績および考察】 Reactor 塗布のみの実験群を除いて、漂白回数を増すごとに目視において漂白効果が確認された。漂白操作を繰り返すことによって、L*値が上昇し、それに伴って色差値 ΔE も上昇した。各実験群における ΔE の変化を図に示す。コスモブルーでは他に比べて著しい漂白効果が認められた。TiON の光触媒は低い波長の可視光に、より大きく反応するとされている。コスモブルーの光源は 405nm をピークとする青紫 LED であり、また、製造業者の指示に従って、他の実験群に比べて長い照射時間を設定したために、高い漂白効果が得られたものと思われる。光触媒を含む Reactor を塗布せずに、過酸化水素を含むジェルを貼付してコービーで照射したところ、Reactor を塗布したものには劣るものの漂白効果が認められた。これは、照射光によるジェルの温度上昇によって、漂白作用が促進されたものと考えられる。一方、Reactor を塗布してジェルを塗布せずにコービーで照射したところ、漂白効果はほとんど認められなかった。

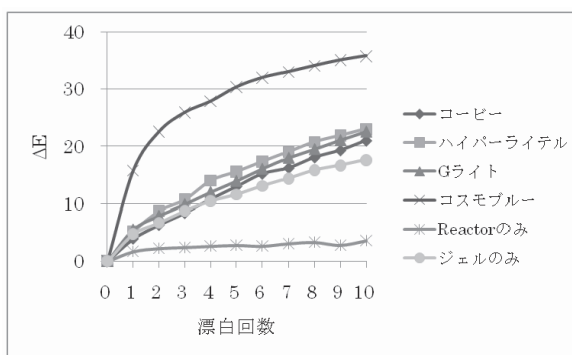


図. 漂白処置による色差 (ΔE) の変化

TiON に採用された可視光応答型酸化チタン光触媒自体に、照射によるセルフクリーニング効果があるとされているが、本研究ではこのセルフクリーニング効果は漂白に影響を及ぼさなかったものと考えられる。

【結論】 牛歯による変色歯モデルを用いて、可視光応答型光触媒含有の漂白材 (TiON in Office) の漂白効果を評価したところ、光触媒は過酸化水素との共存下で漂白に有効に作用し、その漂白効果は照射光源の種類、照射光強度、および、照射時間の影響を受けることが明らかとなった。

本研究の一部は、GCOE プログラム歯と骨の分子疾患科学の国際教育研究拠点によって遂行された。

ホームホワイトニング材 (ティオン ホーム) の臨床評価についての報告
東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究分野¹ 東京医科歯科大学歯学部附属歯科技工士学校²
GCOE プログラム歯と骨の分子疾患学の国際教育研究拠点³
○岸川隆蔵¹、大槻 昌幸¹、趙 永哲¹、池田 正臣²、三浦 宏之²、田上 順次^{1,3}

Clinical evaluation of home bleaching agent (Tion Home)

Tokyo Medical and Dental University Graduate School, Cariology and Operative Dentistry¹
Faculty of Dentistry School for Dental Technology, Tokyo Medical and Dental University² Global Center of
Excellence Program; International Research Center for Molecular Science in Tooth and Bone Diseases³
○Ryuzo Kishikawa¹, Masayuki Otsuki¹, Eitetsu Cho¹, Masaomi Ikeda², Hiroyuki Miura², Junji Tagami^{1,3}

【研究目的】

本研究は、10%過酸化尿素を主成分とするホームホワイトニング材 (ティオン ホーム、ジーシー) の有効性を臨床的に評価することを目的として行った。

【材料および方法】

東京医科歯科大学歯学部附属病院むし歯外来に来院したホームホワイトニング処置の適応である患者 20 人に本研究の趣旨を説明し、同意を得て研究を行った。PMTC 後にシェードガイド (VITAPAN Classical Shade Guide, VITA) を用いて、上顎 6 前歯のシェードを記録した。既成トレーとアルジネート印象材を用いて印象採得を行い、模型作製後、真空加熱成形器 (プロフォーム、ジーシー) を用いてトレーを作成した。トレーおよびホームホワイトニング材 (ティオンホーム) を被験者に渡し、使用方法を説明した後ホワイトニングを開始した。使用時間は 1 日 2 時間までとし、延べ 14 日間行った。開始 1 週間後、また 2 週間後に、トレーのチェック、シェードの記録、有害事象の確認を行った。有効性の評価は明度順に並べたシェードガイドを用いた視感比色法で行った。患者を 20 歳から 31 歳までの層 (12 名)、44 歳から 70 歳までの層 (8 名) に分け、また年齢に関係なく前歯を中切歯、側切歯、犬歯の 3 群 (各群 40 歯) に分け、明度の移動ステップ数を測定し、それぞれ比較検討を行った。得られた結果は Mann-Whitney test with Bonferroni correction を用いて有意水準 5% にて統計処理を行った。以上は東京医科歯科大学歯学部附属病院倫理審査委員会の承認のもとに行われた。

【成績】

いずれの患者においても漂白効果が得られたが、その程度には個人差が認められた。また今回の臨床試験においてそれぞれの年齢層における漂白効果には有意差は認められなかったが ($p > 0.05$)、歯種別において中切歯群、側切歯群に対して犬歯群は有意に漂白効果が認められる結果となった ($p < 0.05$)。施術中、施術後に 2 例の軽度の一過性知覚過敏症状が見られたが重篤な有害事象は認められなかった。

【考察】

本研究に用いたホームホワイトニング材 (ティオン ホーム) は、10%過酸化尿素を主成分としていることから国内で認可されている他のホームホワイトニング材と同等な効果が期待でき、本研究からもそれが確認できた。犬歯の漂白効果が高かった理由として他の歯に比べもとの色調が濃く、そのため色調変化が大きく表れたものと考えられる。

【結論】

ホームホワイトニング材 (ティオン ホーム) を用いて 20 名の患者にホームホワイトニング処置を行ったところ、その漂白効果が確認され、またこれによる副作用は認められなかった。中切歯と側切歯に比べて犬歯では漂白効果が高い傾向が認められた。今回の臨床試験では、漂白効果に対する年齢の影響は認められなかった。

本研究の一部は、GCOE プログラム歯と骨の分子疾患科学の国際教育研究拠点によって遂行された。

耐水性に優れたコンポジットレジンの開発 —疎水性シランカップリング剤の効果—

¹神奈川歯科大学口腔治療学講座保存修復学分野, ²総合歯科学講座,

³ミュンヘン大学歯学部, ⁴東京理科大学工学部工業化学科

○二瓶智太郎¹, クンツェルマン・カール・ハインツ³, 大橋 桂¹, 森 梨江¹,

田中隆博¹, 山口真一郎², 近藤行成⁴, 好野則夫⁴, 寺中敏夫¹

Development of restorative composites having water resistance -Effect of hydrophobic silanes-

¹Div. of Restorative Dentistry, Dept. of Oral Medicine, and ²Dept. of Comprehensive Dentistry,

Kanagawa Dental College, ³Dental School of LMU, ⁴Tokyo Univ. of Science

NIHEI T¹, Kunzelmann KH³, OHASHI K¹, MORI R¹, TANAKA T¹,

YAMAGUCHI S², KONDO Y⁴, YOSHINO N⁴ and TERANAKA T¹

【研究目的】

我々が合成、開発した重合性基含有芳香族系シラン(*p*-MBS), あるいは撥水性、撥油性、および耐酸性が高いフッ化炭素鎖のシランカップリング剤を 3-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)に特定の割合で混合したシランで処理したフィラーを用いて試作したコンポジットレジンの摩耗量は、3-MPS 単独処理と比べて有意に低いことを報告した¹⁾。今回は同様に疎水性シランカップリング剤で改質したフィラーを用いた試作コンポジットレジンの引張り試験によりカップリング効果の有効性と耐水性について検討した。

【材料および方法】

実験に供したシランカップリング剤は、3-MPS、フッ化炭素鎖が4つの4Fと8つの8F、および合成した *p*-MBS の4種とし、フッ化炭素鎖と3-MPSとの混合割合(wt%)は4Fと3-MPSを20:80、8Fと3-MPSを10:90に調製した。

1. 試作コンポジットレジン

ベースレジンには、Bis-GMAとTEGDMAを50:50(容量比)の割合で混合し、光重合触媒にはカンファークイノン²⁾を1.0wt%配合し用いた。フィラーには平均粒径0.04 μ mの球状型シリカと3 μ mの粉碎型バリウムガラスを1:15(重量比)の割合で混合し用いた。シラン処理はフィラー重量比で3.0wt%の各シランをトルエン中に溶解してフィラーを懸濁し、130 $^{\circ}$ Cで2時間還流し、エバポレーターにて溶媒を減圧留去し、恒温恒湿器中(45 $^{\circ}$ C, 80%)で18時間静置し乾燥させた後、90 $^{\circ}$ Cで3時間加熱処理を施した。シラン処理後、処理フィラーをベースレジンに85wt%となるように複合し、試作光重合型コンポジットレジンを作製した。また、シラン処理していないフィラーを含有させたコンポジットレジン(Unmodified)も作製した。

2. 引張り試験

各コンポジットレジン³⁾を長さ25mm、幅2mm、厚さ2mmのダンベル型分割金型モールド内に充填し、60秒間光照射し硬化させ、室温1日保管後、試料表面を#2,000のシリコンカーバイドペーパーで研磨した。研磨後、1日室温保管群、37 $^{\circ}$ C蒸留水中に7, 30, 90, 180, および360日保管した群、設定温度5 $^{\circ}$ Cと55 $^{\circ}$ Cで各水槽保持時間30秒間のサーマルストレスを30,000回まで与えた群に分け、引張り試験の試料とした。各保管後、インストロン型万能試験機 MCE2000ST quick Test (Prüfpartner GmbH)を用いて、クロスヘッドスピード0.5mm/minで引張り強さを求めた。市販コンポジットレジンの AP-X (クラレメディカル)も同様に試料を作製し試験を行った。なお、試料数は各群10個とし、得られた値はそれぞれ平均値と標準偏差を求め、一元配置分散分析および Post-Hoc Tukey multiple comparison tests の多重比較検定を行った。

【成績および考察】

Controlの3-MPS群の引張り強さは、室温1日保管で64MPaであったが、水中7日保管で44MPa、180日で36MPa、そして360日で35MPaと有意に低下し(p<0.05)、サーマルストレス30,000回においても27MPaと室温1日保管の約40%の強度であった。また、シランカップリング未処理のUnmodified群は、室温1日保管で38MPaと3-MPS群と比較して有意に低い値であり(p<0.05)、水中保管およびサーマルストレス後では10MPa以下と室温1日保管と比べて有意に低い強さであった(p<0.05)。疎水性シランカップリング剤を用いた4F/3-MPS群と *p*-MBS群は、室温1日保管でそれぞれ76MPaと77MPa、水中360日保管で74MPaと73MPa、サーマルストレス30,000回で73MPaと71MPaとなり、各保管後においてControl群と比較して有意に高い引張り強さであり(p<0.05)、しかも初期強度と比べても有意な低下は認められなかった(p>0.05)。しかしながら、長鎖のフッ化炭素鎖を含む8F/3-MPS群と市販コンポジットレジンのAP-X群の強さは、水中保管とサーマルストレス後でControl群と同様に初期強度に比べて有意な低下傾向を示した(p<0.05)。

以上の結果より、短鎖のフッ化炭素鎖を混合したシランカップリング剤、3-MPSの分子骨格にベンゼン環を導入したシランカップリング剤で処理したフィラーを含むコンポジットレジンの引張り強さは、Control群と比較して有意に高く、しかも水中保管ならびにサーマルストレス後においてもほとんど低下することがなかったことから、疎水性基を導入したシランカップリング剤を用いるとシランカップリング層にベースレジンとの優れた相溶性^{2, 3)}と高い疎水層が構築され耐水性も向上したと考えられた。

【参考文献】

- 1) 二瓶ら: 日本歯科保存学会雑誌 51, 12, 2008.
- 2) 二瓶ら: 歯材器 24, 1-8, 2005
- 3) Nihei *et al.*: *J Dent Res* 81, 482-486, 2002.

各種コンポジットレジンの耐摩耗性ならびに対合歯摩耗量の評価

¹東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 摂食機能保存学講座 う蝕制御学分野

²東京医科歯科大学歯学部附属 歯科技工士学校

³アラバマ大学歯学部 補綴学教室

⁴歯と骨の GCOE

○高垣 智博¹、二階堂 徹¹、池田 正臣²、鈴木 司郎³、田上 順次^{1,4}

Wear evaluation of latest composite resins and antagonistic tooth enamel

¹Cariology and Operative Dentistry, Graduate school, Tokyo Medical and Dental University

²Dentistry School for Dental Technology, Tokyo Medical and Dental University

³University of Alabama, School of Dentistry, Department of Prosthodontics

⁴Global COE Program; International Research Center for Molecular Science in Tooth and Bone Diseases

Tomohiro Takagaki¹, Toru Nikaido¹, Masaomi Ikeda², Shiro Suzuki³, Junji Tagami^{1,4}

【研究目的】

コンポジットレジン修復は近年飛躍的な進歩を遂げ、臼歯部の修復においても一般に定着してきている。口腔内における歯冠修復物の多くは、エナメル質との機械的接触に長期にわたってさらされることとなる。その耐摩耗性ならびに対合するエナメル質の摩耗量は、良好な咬合関係を維持する上で重要である。本研究では、配合フィラーの特徴が異なるコンポジットレジンの耐摩耗性ならびに対合エナメル質の摩耗量を評価した。

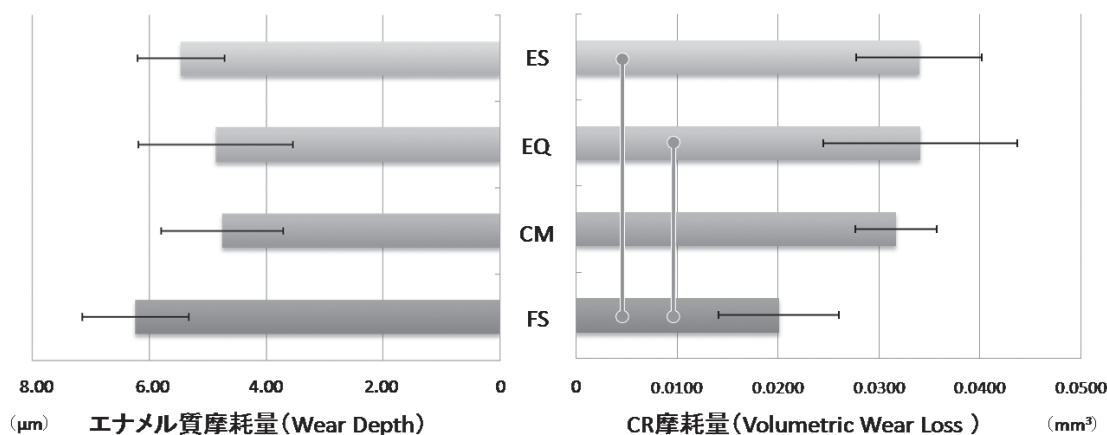
【材料と方法】

上部試料は直径 5 mm の半球状の凹型の石英モールド(イシカワテクノ社製)にそれぞれ 4 種類のコンポジットレジン、Estelite Σ (ES, トクヤマデンタル)、Estelite Σ Quick (EQ, トクヤマデンタル)、Clearfil[®] Majesty[®] (CM, クラレメディカル)、Filtek[™] Supreme (FS, 3M ESPE) を充填し、砲弾型 SUS 製スタイラスを垂直に押し付け作製した。その後、光照射器 (Optilux501, Kerr) を用いて垂直方向より 30 秒、水平方向より 10 秒×4 光照射後、37°C 水中に 24 時間保管し、上部試料とした。下部試料は内径 22 mm のアクリルチューブ中央に即重レジンを用いて、ヒト抜去小白歯を頬側エナメル質中央に露出するよう包埋した後、耐水研磨紙を用いて 1500 番まで研磨し、エナメル質平坦面を露出して下部試料とした。衝突摩耗試験機 (K655-05, 東京技研) を用い、37°C 水中において荷重 0.58 MPa、距離 1 mm より衝突 1 回、スライド 1 回、ストローク幅 1 mm、50000 サイクルで試験を行った。

レーザー顕微鏡 (1 LM15, レーザーテック) を用いて上部サンプル摩耗痕断面の直径を 2 点平均で読み取り、コンポジットレジン体積損失量 (mm³) を算出した。下部サンプルでは、表面粗さ計 (サーフコム 570A, 東京精密) を用いて、摩耗痕の深さを測定し、平均値をエナメル質摩耗深さ (μ m) とした。試料数は各群 5 とし、得られた結果は Bonferroni 補正した t-検定を用いて有意水準 5% にて統計処理を行った。

【結果および考察】

人歯エナメル質摩耗量において、各群差はみられなかったものの、CR 摩耗量においては FS 群が ES 群、EQ 群に比較して有意に摩耗量が少なかった。またレーザー顕微鏡像においても FS 群は大きなクレーター上の欠損は見られず、比較的均等な研磨面を示した。FS に含まれるフィラーの平均径は 5 nm~75 nm と他群と比較して小さく、この性質が摩耗量を減少させたと思われる。



S-PRG フィラー含有常温重合レジンの抗菌性

朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯冠修復学

○作 誠太郎 森川貴史 中川豪晴 堀田正人 山本宏治

Anti-bacterial effect of chemical polymerized resin containing S-PRG filler

Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Department of Operative Dentistry

Asahi University School of Dentistry

○Saku Seitaro, Morikawa Takashi, Nakagawa Takeharu, Hotta Masato, Yamamoto Kohji

【緒言】

近年, Minimal Intervention の概念の普及から, 最小限の侵襲で修復することのできるコンポジットレジンが臨床で広く用いられている. 当教室では, これまでに酸反応性フッ素含有ガラスフィラー (S-PRG フィラー) を配合したコンポジットレジンに抗プラーク性を確認し, 修復後の二次う蝕発症を予防する可能性を報告してきた.

一方, 広範囲にわたる修復処置においては, 色調の問題などからラミネート修復や全部被覆冠に移行せざるを得ない症例もある. これらの場合, 切削した象牙質表面を感染させないことや咬合確保の観点から, 最終修復物や最終補綴物の装着まで, 暫間被覆冠を装着する. しかしながら, 印象採得後に装着した暫間被覆冠の表面にプラークが多く付着し, 時にマージン部の歯肉炎症を認めるケースが見られるのも事実である.

そこで, 本研究では暫間被覆冠に抗プラーク性を付与することを目的として, S-PRG フィラーを 5, 10, 15, 20wt% 含有させた試作常温重合レジンを作製し, *in vivo*での抗プラーク性および *in vitro*での抗菌性を検討した.

【材料および方法】

1. 供試材料

本実験では S-PRG フィラーをそれぞれ 5,10,15,20wt%含有する常温重合レジンを使用した. また, コントロールとしてはユニファストトラッド (GC 社製, 東京) を用いた.

2. 抗プラーク性試験

各供試材料 (2×2×0.5mm) を被検歯である上顎第一大臼歯の歯頸部に決められた時間に装着した. 8 時間経過後に歯表面から供試材料を取り出し, 通法により固定, 乾燥, 蒸着を行い, 走査電子顕微鏡 S4500 (SEM) にて試料表面を二次電子で観察した.

3. 抗菌性試験

供試細菌は *Streptococcus oralis* ATCC35037 を用いた. 調整した菌液中に各試料片を入れ, 24 時間, 37°C 嫌気条件下で抗菌効果を検討した. 次に RTF を用いて 10 倍連続希釈を行った後, 各希釈液の 0.1ml を TSBY 平面培地に滴下し, 37°C にて 4 日間嫌気培養を行った. 培養後 100 個前後のコロニーの発育が認められた平面板を選んで生菌数を測定して抗菌性を評価した.

【結果】

in vivo における抗プラーク試験の結果, S-PRG フィラーの含有量が増加するにしたがって細菌の付着を抑制する傾向にあった. すなわち, 5wt%の試料表面では亀裂と思われる部位に細菌付着が認められたものの, その付着は局在性であり, S-PRG フィラー含有量が多くなるに従い, 細菌付着は減少する傾向にあった. *in vitro*での抗菌性試験では抗プラーク性試験と傾向が類似していた. すなわち, S-PRG フィラー含有量が増加するに従い, 生菌数が減少する傾向にあった.

【考察およびまとめ】

本研究で試作した S-PRG フィラー含有常温重合レジンには抗プラーク性および抗菌性を有しており, 暫間被覆冠として臨床に応用することにより, プラークコントロールの一助となることが示唆された.

PRG フィラー含有コーティング材が歯質の石灰化に及ぼす影響

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

○川本 諒¹， 植草智史¹， 安田源沢¹， 天野紫乃¹，
高見澤俊樹^{1,2}， 瀧川智義¹， 宮崎真至^{1,2}， 植原俊夫³

Effect of PRG Filler Contained Coating Material Application on Remineralization of Tooth Substrate

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

Nihon University School of Dentistry, Uehara Dental Clinic³

○ KAWAMOTO Ryo¹, UEKUSA Satoshi¹, YASUDA Genta¹, AMANO Shino¹,
TAKAMIZAWA Toshiki^{1,2}, TAKIGAWA Tomoyoshi¹, MIYAZAKI Masashi^{1,2}, UEHARA Toshio³

【緒言】

齲蝕は、脱灰と再石灰化との動的平衡が崩れた結果として生じる病変であることが判明している。この脱灰病変に対しては、病巣を早期に発見して早期に治療するという考え方から、齲蝕リスクを低減化させ、脱灰と再石灰化の動的平衡をいかにしてコントロールするかが重要であるという考え方に変化している。その潮流のひとつとして歯質の積極的な再石灰化を目的とし、多種のイオンを徐放する PRG フィラーを含有したコーティング材が試作された。今回演者らは、PRG フィラー含有試作コーティング材を歯質に塗布して、歯質に生じた脱灰あるいは再石灰化という変化を、非破壊的に物質の状態変化を測定可能である超音波パルス法を用いて検討した。また、走査電子顕微鏡 (SEM) 観察を併せて行い、考察資料とした。

【材料および方法】

1. 超音波測定用試片の製作

ウシ抜去下顎前歯を用い、その唇側エナメル質および象牙質を 4×4×1 mm のブロックとして切り出した。次いで、耐水性 SiC ペーパーの #2,000 まで順次研磨し、これを試片とした。試片の数は各条件についてそれぞれ 5 個とした。

2. PRG コートの塗布

以下の条件を設定し、PRG フィラー含有歯質コーティング材 (PRG コート，松風) を塗布した。

- 1) PRG コート長期用を塗布したもの (以後、Lo 群)
- 2) PRG コート短期用を塗布したもの (以後、Sh 群)
- 3) PRG コートを塗布しないもの (以後、Control 群)

3. 脱灰および保管条件

それぞれの試片を 0.1 M 乳酸緩衝液 (pH 4.75) に 10 分間浸漬し、その後 37°C 人工唾液 (pH 7.0) に浸漬保管した。なお、脱灰操作は 1 日 2 回行い、これを 28 日間継続した。

4. 超音波伝播時間の測定および FE-SEM 観察

保管期間が終了した後、PRG コートを探針を用いて除去し、超音波測定装置 (Model 5900, Panametrics) を用いて、縦波で発せられる超音波の伝播時間を測定した。また、各試片の厚みから縦波音速を求めた。さらに所定期間の浸漬が終了した試片について、通法に従って SEM 観察用試料を製作し、FE-SEM (ERA-8800FE, Elionix) を用いて加速電圧 10 kV で観察を行った。

【成績および考察】

脱灰溶液に浸漬した Control 群では、他の条件と比較して経時的にその音速が減少する傾向が認められた。一方、PRG コートを塗布した試片では、エナメル質および象牙質試片ともに音速が増加する傾向が認められ、その傾向は Lo 群で顕著であった。この歯質を透過する音速の変化は、PRG コートが脱灰抑制に影響を及ぼしたことを示すものと考えられた。また、エナメル質の SEM 観察からは、PRG コートを塗布した群では脱灰を示す像は観察されず、De 群と明らかに異なる像を呈したが、Lo 群および Sh 群間で大きな差は認められなかった。一方、象牙質の SEM 像においては De 群で象牙細管の漏斗状拡大が観察されたが、Lo および Sh 群では形態学的な変化は認められなかった。

【結論】

PRG フィラーを含有した歯質コーティング材は、歯質に生じる脱灰を抑制し再石灰化を促進する効果が期待できることが示された。

歯面への低温シリカ薄膜コーティング法の応用

神奈川県立歯科大学口腔治療学講座保存修復学分野, ¹⁾コンタミネーション・コントロール・サービス,

²⁾ミュンヘン大学歯学部, ³⁾東京理科大学工業化学科

○田中隆博, 山口益司, 進藤豊彦¹⁾, 二瓶智太郎, 大橋 桂, 森 梨江,
クンツェルマン・カール・ハインツ²⁾, 近藤行成³⁾, 好野則夫³⁾, 寺中敏夫

Application of low-temperature silica film coating on tooth surface

Div. of Restorative Dentistry, Dept. of Oral Medicine, Kanagawa Dental College, ¹⁾Contamination Control Services,

²⁾Dental School of the LMU., ³⁾Tokyo University of Science

TANAKA Takahiro, YAMAGUCHI Masuji, SHINDO Toyohiko¹⁾, NIHEI Tomotaro, OHASHI Katsura, MORI Rie,

KUNZELMANN Karl-Heinz²⁾, KONDO Yukishige³⁾, YOSHINO Norio³⁾, TERANAKA Toshio

【研究目的】

エナメル質の抗齶蝕性を向上させることは齶蝕予防の観点から重要であり、歯面を水素イオンの透過を遮断できるようなシリカ薄膜でコーティングできれば優れた抗齶蝕性を期待できると考え、エナメル質に塗布したペルヒドロポリシラザン (PHPS) に過酸化水素水 (H₂O₂) を滴下し、炭酸ガスレーザーを照射するとシリカ薄膜を形成することができると報告した。また、当教室では Yoshino らと開発した撥水、撥油性に優れた長いフッ化炭素鎖を有するシランカップリング剤 1H,1H,2H,2H-henicosafluorododecyltriisocyanatosilane (10F2S-3I) を用いてコンポジットレジンならびにエナメル質表面を改質することにより、著明なブランク付着抑制効果を得られることを報告した。しかしながら、10F2S-3I により改質されたエナメル表面は 7 日間の水中保管により、接触角の減少および表面自由エネルギーが上昇することから、長期間の水中保管に対する耐久性には改善の余地がある。

本研究の目的は、シリコンウエハおよびエナメル質上に成膜したシリカ薄膜に 10F2S-3I を適応し、水中保管による接触角および表面自由エネルギーの経時的変化より耐水耐久性を検討した。

【材料および方法】

基材には単結晶シリコンウエハを 15×15mm, およびウシエナメル質を 7×7mm に切り出して使用した。コーティング溶液として 2 種の PHPS 溶液 (10%NP-110 (NP) および 5%NL-120 (NL); AZ エレクトロニックマテリアルズ) を用いた。シリカへの転化方法は、基材表面に NP もしくは NL を塗布、5 分間自然乾燥後、3%H₂O₂ にコーティング面を 1 分間浸漬し、親水化処理を行った。その後、H₂O₂ を滴下し、炭酸ガスレーザー (OPELASER 03S II, ヨシダ製作所) を 1.0W, ジャストフォーカス (照射筒先端と試料照射面の距離: 10mm) で 1 分間照射を行った。10F2S-3I は, hydrofluoroether にて 3mM に調製し、小筆にて 1 分間隔で 3 回塗布し、室温下で自然乾燥した。試験群を以下に示す。

基 材: シリコンウエハ

- ① PHPS/10F2S-3I 処理群
- ② PHPS 処理群 (10F2S-3I 未処理)

基 材: エナメル質

- ① PHPS/10F2S-3I 処理群
- ② 10F2S-3I 処理群
- ③ PHPS 処理群
- ④ エナメル質研磨面

以上の試験群に対し、蒸留水およびジヨードメタンを滴下し、自動接触角計 (DCA-VZ 型, 協和界面化学) を用いて、それぞれの接触角を 1 試料につき 3 回ずつ測定した。また、試料は 37°C の蒸留水中に、1, 3, 7, 14, 21, 28, 60 および 90 日間保管後、同様に接触角を測定した。得られた値より表面自由エネルギーを算出した。得られた結果は、平均値および標準偏差を求め、一元配置分散分析および Tukey's Test により有意水準 5% で統計学的分析を行った。

【結果および考察】

シリコンウエハに NP を塗布・シリカコーティングした場合、PHPS/10F2S-3I 処理群の蒸留水に対する接触角および表面自由エネルギーは、処理直後でそれぞれ 115.8° および 11.3mN/m, 14 日間水中保管で 108.6° および 12.0mN/m であった。水中保管によりわずかながら接触角の低下が認められるものの、依然として高い撥水性および低い表面自由エネルギーを維持していた。一方、PHPS 処理群は、処理直後でそれぞれ 6.3°, 73.9mN/m, 14 日水中保管で 8.7°, 73.5mN/m であり、有意に高い親水性および表面自由エネルギーが認められた。

以上より、シリカ薄膜表面に 10F2S-3I を応用することにより、耐久性に優れた高い撥水性と極めて低い表面自由エネルギーを長期間付与することが可能であることが示唆された。