

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24792018

研究課題名(和文) コンポジットセラミック併用修復による低侵襲な即時欠損修復法の確立

研究課題名(英文) Minimally invasive restoration with composit-ceramic combination

研究代表者

風間 龍之輔 (KAZAMA, RYUNOSUKE)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：50387429

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：各種CAD/CAM用歯冠色材料介在下においてはコンポジットレジンセメントの硬化度が低下すること、および照射時間の延長により硬化度の低下を回避できることが示された。硬化度の減弱は介在するブロックの種類および厚さに影響を受けることが示された。臨床においてはCAD/CAMセラミック修復物の接着に際し、修復物の厚さや組成に応じたデュアルキュア型コンポジットレジンセメントの重合効率の相違に留意する必要があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the effect of CAD/CAM material kinds and thickness, light intensity and light curing time on the Knoop hardness in the dual-cured resin cements. Under the present experimental condition, light curing through a CAD/CAM material plate kinds and thickness were significantly decreased the micro hardness of dual-cured resin cements. The decrease of the micro hardness was abolished by the extension of the light irradiation time.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学

キーワード：CAD/CAM レジンセメント

1. 研究開始当初の背景

近年、超高齢化を迎えた我が国において健全な咀嚼能力を維持することは生活の質を確保する上で必要不可欠である。特に歯科分野においては、う蝕に罹患した歯牙における実質欠損を適切に修復することが咀嚼能力の回復および維持に必須である。これまで歯冠部の修復には様々な材料が応用されてきたが、特に金属アレルギーや患者の審美的要求の高まりから、近年歯冠色の非金属材料による修復が注目されている。歯冠修復の方法は、その適応方法より直接法および間接法と分けられる。直接法に分類される光重合型コンポジットレジン充填は材料の進歩に伴い、近年では歯質削除量を低減しながら欠損部の修復を可能とする低侵襲治療として評価されている。しかし、最新のコンポジットレジン材料を用いたとしても、材料の体積に比例して大きくなる重合収縮が依然問題として挙げられ、同収縮のコントロールを誤った場合、接着界面の剥離や歯質の亀裂等を生じる。また、同材料は熱膨張係数が歯質と異なるために、窩洞内部に多量の体積を占めた場合、冷熱ストレスにより接着界面に大きな負荷がかかり、結果的に重合収縮と同様の各種臨床的不快症状を避けられない。

そのためコンポジットレジン材料を一定量以上使用する必要がある場合は、複雑な積層充填法による操作を行うか、他の間接法修復を選択せざるをえない。

一方、近年のコンピュータ技術の進歩により歯科用CAD/CAMシステムが開発され、臨床応用がはじまっている。本法では、う蝕を除去した窩洞をCCDカメラにより写真撮影し、撮影画像よりコンピュータで修復物の設計を行い、規格生産されたセラミックブロックをダイヤモンドバーで切削加工することで修復物を製作する。一連の術式は1時間程度で完了するため、従来の間接法による製作では二回以上の通院の必要があった修復治療を、本

法により一度の通院で短時間に完遂できるようになったことが特徴としてあげられる。本法では接着材料としてレジンセメントを用いるが、コンポジットレジン充填と比して重合収縮量が極めて小さく、接着界面に負担をかけない利点を有する。一方、レジンセメントの確実な重合操作が必要不可欠であるが、直接光重合型コンポジットレジン充填と比較してセラミック材料を介在させた重合操作を行うため、介在する修復物の厚み、色調あるいは種類によって光強度が減弱されるため、修復物下のレジンセメントに到達する光強度が不足することが懸念されている。

デュアルキュア型レジンセメントの化学重合反応は不十分であるという報告や、重合を完全に進行させるためには照射時間の延長が必要であるという報告もある。一方、デュアルキュア型レジンセメントは、高い機械的性質や接着性を有する反面、接着性を獲得するためには被着面に応じた前処理が必要であり、接着操作が煩雑であった。近年開発されたセルフアドヒーシブレジンセメントは、セメント自体に様々な接着性モノマーが配合されており、被着面に対する前処理なしで高い接着性が得られるとされている。このため、接着操作のステップが簡略され、従来のレジンセメントを使用する場合と比較してテクニカルエラーを減少できることが期待されている。しかしながら、セルフアドヒーシブレジンセメントは、前処理を必要とする従来型レジンセメントと比較して機械的性質や接着耐久性が劣るとした報告や、セメントに含まれる酸性モノマーによって化学重合反応が阻害され重合度が低下するとの報告もある。レジンセメントの重合が不十分な場合、レジンセメントの機械的性質が低下するとされている。

2. 研究の目的

CAD/CAMシステムの発展により、セラミック系あるいはレジン系歯冠色材料から修復物を製作することが可能になった。これらの修復

物はデュアルキュア型レジンセメントによって接着することが推奨されている。しかし、修復材の組成や厚さにより光透過性は異なり、修復物の介在によって光強度が減弱すると、セメントの重合性に影響を与えることが懸念される。そこで本研究では、CAD/CAM材料の種類と介在の有無、コンポジットレジンセメントの種類、および光照射時間が、各種デュアルキュア型レジンセメントに与える影響について以下の評価を行った。

(1) 各種デュアルキュア型レジンセメントの長石系マシーナブルセラミック介在下における硬化度の検討

本研究では、セラミック介在の有無および照射時間が、各種デュアルキュア型レジンセメントのヌーブ硬さに与える影響について評価を行った。

(2) 各種CAD/CAM用マシーナブルブロックの厚さが光透過性に与える影響

本研究では各種CAD/CAM用マシーナブルブロックの厚さが光透過性に与える影響について評価を行った。

(3) CAD/CAM用修復材料の組成と厚さがデュアルキュア型レジンセメントの硬化度に与える影響

本研究では組成の異なる各種CAD/CAM用マシーナブルブロックの厚さの違いが、レジンセメントの硬化度に与える影響について評価を行った。

3. 研究の方法

(1) 各種デュアルキュア型レジンセメントの長石系マシーナブルセラミック介在下における硬化度の検討

長石系セラミックブロックより、0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 mm厚さのセラミック板を作製した。試片の片面を修復物表面と想定して耐水研磨紙#2400まで、反対側を被着面と想定して耐水研磨紙#600まで研磨した。本研究では、従来型レジンセメントとしてVariolink (以下VL)、Panavia F2.0 (以下PF)、

Clearfil Esthetic Cement (以下ES)、NX3 (以下NX)を使用した。また、セルフアドヒーズレジンセメントとしてRelyX Unicem 2 Automix (以下UN)、Maxcem Elite (以下ME)、およびClearfil SA Cement Automix (以下SA)を使用した(表1)。

表1本実験で採用したレジンセメント

Material	Manufacture	Type of Cement	Filler Content (wt %)	Shade	Abbr.	Lot No.
Variolink II	Ivoclar Vivadent	Total-etch	75	Transparent	VL	Base : F34712 Catalyst : F41782
Panavia F2.0	Kuraray Noritake Dental	Self-etch	78	Light	PF	A : 00527A B : 00098A
Clearfil Esthetic Cement	Kuraray Noritake Dental	Self-etch	70	Clear	ES	016ABA
NX3 Nexus Third Generation	Kerr	Self-etch	68	Clear	NX	4412262
RelyX Unicem 2 Automix	3M ESPE	Self-adhesive	70	A2	UN	460882
Maxcem Elite	Kerr	Self-adhesive	67	Clear	ME	4676815
Clearfil SA Cement Automix	Kuraray Noritake Dental	Self-adhesive	66	Universal	SA	046AAA

試料の作製方法を図1に示す。重合は以下に示す条件にて行った。

- (1) 光照射なし(化学重合単独群)
- (2) セラミック板を介在させずに 20 秒間光照射(対照群)
- (3) 厚さ 2.0 mm のセラミック板を介在させて 20 秒間光照射(セラミック板介在・光照射 20 秒群)
- (4) 厚さ 2.0 mm のセラミック板を介在させて 40 秒間光照射(セラミック板介在・光照射 40 秒群)

ヌーブ硬さの測定は、微小硬度計を用いて荷重 50g 保持時間 15 秒の条件で、照射側から 150 μm, 試料中心部および両側 1.0mm の位置で計 3 カ所測定し(図1)、3 点の平均値を求めた(n=5)得られたデータは、光照射条件についてレジンセメントごと一元配置分散分析および Tukey の多重比較によって統計処理を行った(α=0.05)

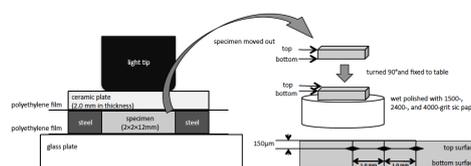


図1 試料作製方法

(2) 各種CAD/CAM用マシーナブルブロックの厚さが光透過性に与える影響

表2に示した4種の組成および2種のシェードのCAD/CAM用マシーナブルブロックより、厚さ1.0、2.0および3.0 mmの板状試片を作製した。試片の片面を修復物表面と想定して耐水研磨紙#2400まで、反対側を被着面と想定して耐水研磨紙#600まで研磨した。

表2 使用したマシーナブルブロック

製品名	組成	製造者	Lot No.
VITABLOCS Mark II	長石系セラミック	Vita Zahnfabrik	A2: 26630 A3: 912281
IPS Empress CAD	リューサイト強化型セラミック	Ivoclar Vivadent	A2: M68863 A3: N02104
Gradia Block	コンポジットレジン	GC	A2: 1011051 A3: 1011122
Lava™ Plus	イットリア系安定化ジルコニアセラミック	3M ESPE	A2: 461045 A3: 461045

本実験ではハロゲン照射器1種とLED照射器1種を使用し、LED照射器は標準モードおよび高出力モードの2条件で光強度を測定した(表3)。作製した試片を各照射器の照射口先端と歯科用ラジオメーター(図3)の受光部の間に介在させて光照射を行った(図4)。計測は使用したラジオメーターに表記されている数値および中間値に最も近い値を読み取り、計測値とした。得られたデータはそれぞれブロックの種類および厚さについて二元配置分散分析およびBonferroniの多重比較により統計処理を行った($\alpha=0.05$)。

表3 使用した光照射器

表2. 使用した光照射器

光照射器	光源 (照射モード)	製造者	光強度* [mW/cm ²]	Serial No.
Jetlite 3000	QTH		800	2010889
Pencure 2000	LED (標準)	モリタ	1000	2B0085
	LED (高出力)		2000	



図3. 使用した光強度測定装置 (LED Radiometer, Demetron)



図4. 光強度測定方法

(3) CAD/CAM用修復材料の組成と厚さがデュアルキュア型レジンセメントの硬化度に与える影響

表4に示した4種の組成で同一シェードのCAD/CAM用マシーナブルブロックより、厚さ1.0、2.0および3.0 mmの板状試片を作製した。試片の片面を修復物表面と想定して耐水研磨紙#2400まで、反対側を被着面と想定して耐水研磨紙#600まで研磨した。

表4 使用したマシーナブルブロック

製品名	組成	製造者	Lot No.
VITABLOCS Mark II	長石系セラミック	Vita Zahnfabrik	26630
IPS Empress CAD	リューサイト強化型セラミック	Ivoclar Vivadent	M68863
Gradia Block	コンポジットレジン	GC	1011051
Lava™ Plus	イットリア系安定化ジルコニアセラミック	3M ESPE	461045

本実験ではLED照射器 (Demi、カボデンタルシステムズ) について各試片介在下の光強度を測定した。作製した試片を各照射器の照射口先端と歯科用ラジオメーター(図3)の受光部の間に介在させて光照射を行い光強度を測定した(図4)。計測は1条件につき5回ずつ行い、ラジオメーターに表記されている数値および中間値に最も近い値を読み取り、計測値とした。デュアルキュア型レジンセメント(クリアフィルエステティックセメント、クラレノリタケデンタル)をステンレス金型に填塞し、透明ポリエチレンフィルムおよび板状試片(厚さ; 1.0、2.0、3.0 mm)の介在下あるいは非介在下(0 mm; コントロール群)で、光照射器の照射口を密着させて40秒間光照射した。全ての試料を暗室中で37℃蒸留水に24時間浸漬保管後、微小硬度計を用いて、荷重50g保持時間15秒の条件にてヌーブ硬さを計測した(図5)。得られたデータは各ブロックごとに試片の厚さについて一元配置分散分析およびTukeyの多重検定により統計処理を行った($\alpha=0.05$)

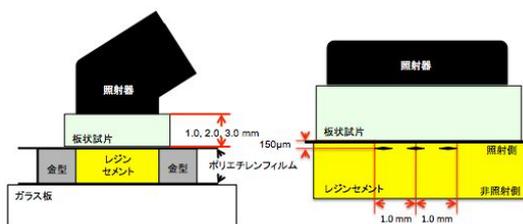


図5 ヌーブ硬さ測定方法

4. 研究成果

(1) 全てのレジンセメントにおいて光照射条件間に有意差を認めた ($p < 0.05$)。化学重合単独群は対照群と比較した場合、全てのレジンセメントで有意に低いヌーブ硬さを示した ($p < 0.05$)。また、セラミック板介在・20秒群は、対照群と比較して、SAを除く全てのレジンセメントで有意に低いヌーブ硬さを示した ($p < 0.05$)。一方、セラミック板介在・光照射40秒群は、セラミック板介在・20秒群と比較して、SAを除く全てのレジンセメントで有意に高いヌーブ硬さを示し ($p < 0.05$)。対照群と比較して、全てのレジンセメントで有意差を認めなかった ($p > 0.05$)。

結論

本研究では以下に示す結論を得た

1. セラミック板の介在により光強度は大きく減少した
2. デュアルキュア型レジンセメントを化学重合単独で重合させた場合、使用した全てのレジンセメントで硬化度は低下した
3. 厚さ 2.0 mm のマシーナブルセラミック板を介在した場合、照射時間が 20 秒では 7 種中 6 種のレジンセメントで硬化度が有意に低下したが、照射時間を 40 秒に延長した場合には全てのレジンセメントで硬化度の有意な低下を認めなかった

(2) 全ての照射器について、試片の介在によって光強度は減弱し、試片の厚さが増加するに伴って減弱度は有意に大きくなった ($p < 0.05$)。また、厚さとシェードの同じ試片では、透過光の光強度は、Lava™ Plus < Gradia Block < VITABLOCS Mark < IPS Empress CAD

であり、VITABLOCS Mark と IPS Empress CAD は A2シェードではいずれの照射条件においても有意差を認めなかったが、A3シェードで Pencure 2000を用いて標準モードおよび高出力モードで光照射を行った場合に有意差を認めた ($p < 0.05$)。

本実験条件では、CAD/CAMマシーナブルブロック試片の介在により光照射器の透過光の光強度は低下し、試片の厚さおよびブロックの組成が光の減弱度に影響を与えることが示された。

(3) 透過光の光強度は、1.0 mm厚さの板状試片介在下では非介在条件の約20-40%まで低下しており、試片の厚さの増加に伴いさらに減弱した。また、同じ厚さの板状試片では、透過光の光強度はIPS Empress

CAD > VITABLOCS Mark □ > Gradia Block > Lava™ Plusであった。

板状試片介在下のレジンセメントのヌーブ硬さは、全てのブロックで厚さに有意な影響を受けた ($p < 0.05$)。VITABLOCS Mark □およびIPS Empress CADでは厚さ3.0 mm、Lava™ PlusおよびGradia Blockでは厚さ1.0 mm以上の板状試片を介在した場合に、コントロール群と比較してヌーブ硬さが有意に低下した(図8)。

結論

本実験条件では、CAD/CAMマシーナブルブロック試片介在下で光照射されたレジンセメントの硬化度は低下傾向を示し、試片の厚さの影響はマシーナブルブロックの組成によって異なった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

渡部平馬、浅井哲也、風間龍之輔、福島正義、興地隆史、各種デュアルキュア型レジンセメントの長石系マシーナブルセラミック介在下における硬化度の検討、日歯保存誌、

査読有り、56 巻、2013、223-230

風間龍之輔、High-Quality なセラミック修復のための最新 CAD/CAM テクニック、北海道歯科医師会雑誌、査読無し、69 巻、2013、19-24

〔学会発表〕(計 5 件)

Watanabe H, Kazama R, Asai T, Ishizaki H, Fukushima M, Okiji T: Efficacy of High-intensity LED Curing-units on Polymerization of Resin Cement, The 5th International Congress on Adhesive Dentistry, Philadelphia, USA, June 14-15, Compendium of Continuing Education in Dentistry vol 34 special issue 9: P.40, 2013

渡部平馬, 風間龍之輔, 浅井哲也, 石崎裕子, 渡邊孝一, 福島正義, 興地隆史: 高出力 LED 照射器がデュアルキュア型レジンセメントの硬化度に与える影響. 新潟歯学会総会, 2013 年 4 月 20 日 新潟歯学会雑誌, 43(1), 75 頁, 2013

渡部 平馬, 風間龍之輔, 浅井哲也, 金谷史夫, 石崎裕子, 福島正義, 興地隆史: 各種 CAD/CAM 用マシーナブルブロックの厚さが光透過性に与える影響. 第 24 回日本歯科審美学会学術大会, 東京, 2013 年 7 月 20-21 日, 第 24 回日本歯科審美学会学術大会プログラム・抄録集: 48 頁, 2013

渡部平馬, 風間龍之輔, 浅井哲也, 石崎裕子, 福島正義, 興地隆史: CAD/CAM 用修復材料の組成と厚さがデュアルキュア型レジンセメントの硬化度に与える影響. 第 32 回日本接着歯学会学術大会, 福岡, 2013 年 11 月 30 日-12 月 1 日, 接着歯学 31(3), 2013

風間龍之輔: High-Quality なセラミック修復のための最新 CAD/CAM テクニック. 第 66 回北海道歯科学術大会(招待講演) 札幌、

2013 年 8 月 10 日-8 月 11 日

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

風間龍之輔 (KAZAMA RYUNOSUKE)
東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師
研究者番号: 50387429