

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月29日現在

機関番号：17701  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2011～2012  
 課題番号：23792239  
 研究課題名(和文) 金属修復物直下のデュアルキュアレジンセメントの機械的性質に及ぼす光照射の影響  
 研究課題名(英文) Influence of light irradiation on Vickers hardness of dual-cure cement polymerized under restorations  
 研究代表者  
 塩向 大作 (SHIOMUKAI DAISAKU)  
 鹿児島大学・大学院医歯学総合研究科・助教  
 研究者番号：20535710

研究成果の概要(和文)：本研究は、照射光がダイレクトに到達できない部分のデュアルキュアセメントの硬化に関して検討したものであり、その結果、硬化促進剤を含有するセルフエッチングプライマー塗布の必要性、また余剰レジンの除去後に辺縁部には再度の光照射を行い、セメントの重合促進を図らなくてはならないこと、修復物を装着した当日には、外力が加わる作業は最小限に留めるべきであることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study evaluated the influence of the light transmittance of restoratives materials, the distance from the light irradiation area, and the lapsed time after light irradiation on the degree of polymerization of dual-cure cement (Panavia F2.0) which is placed to the area covered with restoratives by measuring Vickers micro hardness (Hv).

Within the limitations of this study, the following conclusions were drawn:

1. Application of the self-etching primer also improved the polymerization of dual-cure cement in areas covered by the restoration.
2. When installing a restoration to the abutment tooth using dual-cure resin cement in a clinical practice, an additional light irradiation to the marginal area is preferable to accelerate the polymerization of the cement.
3. It is highly recommended to keep to a minimum stresses on the bonding interface the day that a prosthetic restoration is installed.

交付決定額

(金額単位：円)

|       | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・補綴系歯学

キーワード：Dual-cure, Resin, Adhesive, Polymerization

## 1. 研究開始当初の背景

日常臨床において補綴修復物の装着にレジンセメントを用いる機会が増えている。その硬化方式は、従来の化学重合だけによるものから、光照射による硬化も可能なデュアルキュア方式に移行しつつある。デュアルキュアタイプは、装着直後で余剰セメントの化学重合による硬化が始まる前に、光照射をして硬

化させることにより余剰セメントを除去することを容易にし、これは、診療におけるチェアタイムの短縮につながる。また、余剰セメントの除去後、辺縁部に露出したセメントに光照射を追加すると、その部分の機械的性質が化学重合だけの場合よりも向上する。この光重合を併用した場合の効果については多くの報告に述べられているが、いずれもデ

デュアルキュアセメントにダイレクトに光照射をして、光照射をしない場合とのヌーブ硬さや引張り強さの違いを検討したものである。その結果、デュアルキュアセメントでは、光照射が行なった方が機械的性質を向上させることができることが明らかとなっている。

臨床においては、実際の修復物を装着する場合には、セメントは修復物に被覆されているため、光照射が直接的には到達しない領域がある。しかし、このような修復物で遮られた部分におけるデュアルキュアセメントの硬化に関する検討はほとんど行われたことがなく、その実態はいまだ不明である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、修復物を想定した遮蔽物で被覆された領域での、デュアルキュア型レジンセメントの光照射後の硬化の状況を把握することである。修復物の光透過性、修復物の辺縁からの距離、および、光照射後の経過時間が、セメントの硬化状態に与える影響を調べた。硬化状態の評価は、セメントのマイクロビッカース硬さを測定することによって行なった。

## 3. 研究の方法

修復物を想定した被着体は、12%金銀パラジウム合金 (CASTWELL M. C. 12, GC Corp., Tokyo, Japan) とジルコニア (Cercon, DeguDent, Hanau-Wolfgang, Germany) を使用して製作した。金銀パラジウム合金の被着体は鋳造により、直径8mm、厚さ3mmの円盤状に製作した。ジルコニアの被着体は、ジルコニアのブロックからCAD/CAM法により削り出して、同一の形状に作製した。いずれの材質の被着体においても、被着面を注水下において#2,000のシリコン・カーバイドペーパー (Carbimet Paper Discs, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) で研磨してから、平均粒径が50 $\mu$ mのアルミナ粉末 (Hi Aluminas, Shofu Inc., Kyoto, Japan) を用いて4気圧下、5秒間のサンドブラスト処理を行った。被着面は、圧縮空気を吹き付けて清浄にした後に、金銀パラジウム合金、ジルコニアともに、金属接着用プライマー (Alloy primer, Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japan) を塗布した。

牛歯唇面のエナメル質部分を#2,000のシリコン・カーバイドペーパーを用いて注水下で研削し、12x16mmの平坦面を形成した。その平坦面に分離剤として、エナメルの屈折率1.6に近い、屈折率1.5のワセリンをごく薄く塗布してから、スプレーとなる1x12mmで厚さ100 $\mu$ mの黒色のテフロンシートを4mmの間隔で設置した。スプレーの間にセルフエッチングプライマー (ED Primer, Kuraray Noritake Dental Inc.), をスポン

ジペレットで塗布し、30秒間放置した後に清浄なエアを吹き付けて、余剰成分を除去した。

被着体の被着面に練和したデュアルキュアレジンセメント (PANAVIA F2.0, Kuraray Noritake Dental Inc.) を築盛した後に、スプレーを設置した牛歯エナメル質面に置き、500gの垂直荷重を負荷した。10秒後に荷重を取り除き、被着体周囲に溢出した余剰レジンセメントに、照射器 (G-Light, GC Corp.) を用いて5秒間の照射を行ない、硬化したレジンセメントは探針を用いて注意深く除去した。その後、スプレーの両開口部に光照射を各20秒間行ってから、直ちに、遮光した状態の37 $^{\circ}$ C蒸留水中に浸漬した。試験片は金銀パラジウム合金およびジルコニア製のものを各25個用意した。

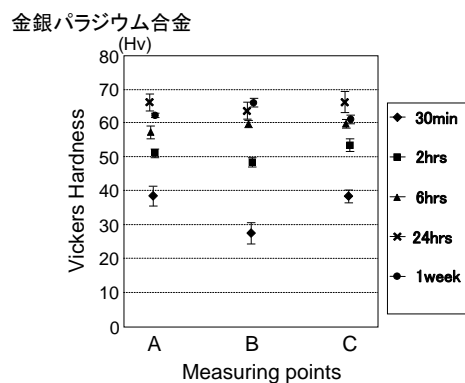
光照射してから30分後、2時間後、6時間後、24時間後、1週間後に、それぞれ5個の試験片を蒸留水中から取り出し、牛歯を注意深く剥離した。そして、牛歯に接していた面の表面硬さをマイクロビッカース硬さ試験機 (HM-102-SM, Mitutoyo Corp., Akashi, Kanagawa) により測定した。測定部位は、両辺縁部から1mmの部位と中央の3点とした。これらのなかで、光照射30分後の値をコントロールとして用いた。

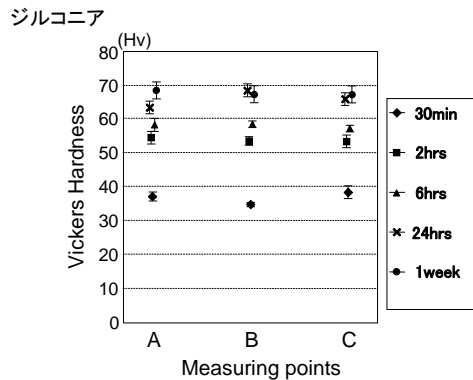
各測定部位の各測定時間における5個の測定値の平均値をその部位のマイクロビッカース硬さ (Hv) とし、修復物の種類、測定点および経過時間を独立要因とする3元配置分散分析を行った。さらに、多重比較は Bonferroni/Dunn 法により行ない、グループ間の有意差の検定を行った ( $\alpha=0.05$ )。

## 4. 研究成果

三元配置分散分析の結果、被着体、時間には有意差が認められ (被着体:  $p=0.006$ , 時間:  $p<0.001$ )、測定部位には有意差が認められなかった ( $p=0.308$ )。また、3つの要因の間には交互作用が認められた ( $p=0.04$ )。

被着体として金銀パラジウム合金およびジルコニアを用いた場合のビッカース硬さと統計分析の結果を、図にそれぞれ示した。





金銀パラジウム合金の場合のビッカース硬さは、光照射 30 分後において、それぞれ A 点と C 点が B 点より有意に高い値を示した。また、光照射 2 時間後以降においては、測定部位によるビッカース硬さに有意差は認められなかった。光照射 30 分後と 2 時間後とを比較すると、すべての同じ測定部位において 2 時間後のほうが有意に高い値を示した。2 時間後と 6 時間後を比較して、B 点において 6 時間後のほうが有意に高い値を示した。6 時間後と 24 時間後では A 点において 24 時間後のほうが有意に高い値を示した。24 時間後と 1 週間後の比較においては、いずれの測定部位においても有意差は認められなかった。

ジルコニアの場合、すべての測定時間において部位間のビッカース硬さに有意差は認められなかった。光照射 30 分後と 2 時間後とを比較して、すべての同じ測定部位において 2 時間後のほうが有意に高い値を示した。光照射 6 時間後と 24 時間後の比較では、C 点において 24 時間後のほうが有意に高い値を示した。2 時間と 6 時間後、24 時間後と 1 週間後においては同じ測定部位において有意に差は認められなかった。

本研究を遂行するにあつては、当初の段階では、現在の臨床における状況をできるだけ忠実に再現することを目指した。すなわち、被着体に対しては、サンドブラスト及び MDP 含有プライマー塗布を施した。牛歯に関しては、支台歯のエナメル質部分へ装着する場合に通常はリン酸エッチングが施されることから、セルフエッチングプライマーは使用しないでビッカース硬さの測定を試みた。この条件では、金銀パラジウム合金試験片では、光照射 30 分後の被着体中央部分のデュアルキュアレジンセメントの硬化は不十分で、ペースト状を示したため、圧子による圧痕が得られず、ビッカース硬さの測定には至らなかった。

このため、最終的に本研究では、牛歯エナメル質面に分離剤を塗布した後、レジンセメ

ントの硬化促進剤として DEPT を含有するセルフエッチングプライマーを塗布する操作を追加した。すなわち、この硬化促進剤含有セルフエッチングプライマーを追加することで、光照射してから 30 分後の金銀パラジウム合金被着体の中央部分においてもビッカース硬さの測定が可能なだけの硬化を得ることができた。

本実験では、平らな歯質上に、平らな修復物を載せているため、辺縁から光照射を行なった場合には、エナメルを介した反射や屈折により、修復物の中央部でも多少の光は到達しているのではないかと予測した。しかし、プライマー無しでは照射 30 分後でも Hv の測定は不可能であったことから、辺縁からの照射光の到達は困難であると考えられる。したがって、光照射直後のセメントの重合状態を改善するために、実際の臨床においても、エナメル質のリン酸エッチング後に硬化促進剤を含有するセルフエッチングプライマーを追加することが望ましい。

金銀パラジウム合金を被着体にした場合には、装着 30 分後のビッカース硬さは、被着部分の辺縁では中央のよりも有意に高い値となった。これは被着体が金銀パラジウム合金の場合には、光透過性がないため中央部では照射光が到達しないか、反射や屈折により到達してもごく弱いことから、主に化学重合で硬化したものと思われる。これに対して、辺縁部では照射光がダイレクトに到達するため、化学重合と光重合が同時に進行して、中央部よりも高い値になったものと思われる。もし、余剰レジンの除去後に追加の光照射を行わなければ、辺縁部も中央部と同様に Hv は低く、補綴物の接着強さも劣るものと思われる。したがって、臨床において修復物を支台歯にデュアルキュアレジンセメントで装着する際には、余剰セメント除去後に辺縁部には再度の光照射を行ない、セメントの重合促進を図らなくてはならない。

しかし、照射 2 時間後以降では、辺縁部と中央部での Hv に有意差は認められなくなった。このことは、30 分後から 2 時間程度までの間に化学重合による硬化が急速に進行して、光照射併用の場合と同じ程度の硬さに追いついたものと思われる。もしも、このデュアルキュアレジンセメントを光照射なしに化学重合だけで硬化させた場合には、光照射併用の場合と同じ程度に重合するためには、2 時間程度要するものと考えられる。

ジルコニアを被着体にした場合には、装着 30 分後でも、辺縁部と中央部でのビッカース硬さに有意な差は認められなかった。これは、ジルコニアが光透過性を有することに起因すると思われる。本研究においても、金銀パラジウム合金の場合とは違って、ジルコニアでは被着体を通過して照射光がセメント層

に到着したため、辺縁部分だけではなく中央部分においても光重合による硬化が生じたものと思われる。

両方の被着体で、Hv は 6 時間以降は変化が無くなり、光照射してから 24 時間後の値は、30 分後の値の約 2 倍にまで上昇した。これは従来の化学重合だけで硬化するレジンセメントの場合と同様に、デュアルキュアレジンセメントにおける化学重合は短時間では終了せず、かなり長時間に渡って持続することを示している。従来から、修復物をレジンセメントで装着した当日には、余剰セメントの除去や研磨など修復物に外力が加わる作業は最小限に留めて、後日に行なうことが推奨されてきた。本実験の結果はこれを裏付けるものとなり、24 時間以降に行なうことが望ましい。

本研究では、修復物に遮蔽された部分での、光照射直後のデュアルキュアレジンセメントの硬化の状況を評価した。しかし、これは臨床での状況を十分に再現しているとは言いがたい。なぜならば、光照射時間、照度、修復物の光透過性の有無・厚み・シェードなどもセメントの硬化に影響を与える可能性があるからである。したがって、硬化の実態を明らかにするためには、より臨床の状況を再現したさらなる研究が必要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

(1) 塩向大作、南弘之、鈴木司郎、田中卓男  
Influence of light irradiation on Vickers hardness of dual-cure cement polymerized under restorations, Dental Materials Journal、査読有、Vol. 32、No. 3、2013、pp. 1-7

〔学会発表〕(計 2 件)

① 第 30 回日本接着歯学会学術大会  
修復物直下のデュアルキュアレジンセメントにおける光照射後の硬度の短時間的変化  
塩向大作、南弘之、迫口賢二、村原貞昭、村口浩一、嶺崎良人、柳田廣明、峰元里子、鈴木司郎、田中卓男 2012. 1. 21~22 北海道(函館)

② 日本補綴歯科学会第 120 回記念学術大会  
装着時の光照射が各修復物直下のデュアルキュアレジンセメントの硬化に及ぼす影響  
塩向大作、南弘之、迫口賢二、村原貞昭、村口浩一、嶺崎良人、鬼塚雅、鈴木司郎、田中卓男 2011. 5. 20~22 広島(広島市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

塩向 大作 (SHIOMUKI DAISAKU)

鹿児島大学・大学院医歯学総合研究科・助教

研究者番号：20535710