

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22592115

研究課題名(和文) レジン修復物の重合収縮応力緩和と接着性能同時向上効果を有する臨床技法の開発

研究課題名(英文) Establishment of simultaneous improvement method for resin bond strength and adaptation to the cavity wall

研究代表者

吉川 孝子 (Yoshikawa, Takako)

東京医科歯科大学・医歯(薬)学総合研究科・助教

研究者番号：00182733

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：光重合型コンポジットレジン修復物の重合収縮応力を緩和し、同時に接着強さを向上させる臨床技法について検討した。その結果、重合に伴いコントラスト比が増加するタイプの光重合型コンポジットレジンとボンディング層が厚くなるツーステップセルフエッチングシステムの接着材を併用し、Slow-start curing法により光照射法を行い重合硬化させることであることが判明した。

研究成果の概要(英文)：This research aimed to study a clinical technique which simultaneously improve light-cured resin composite adaptation and bond strength to the cavity wall. The clinical technique is the slow-start curing method that used light-cured resin composite, which had increased contrast ratios during polymerization, with a two-step self-etching adhesive system, which had a thick bonding layer.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：重合 重合収縮 窩壁適合性 接着強さ Slow-start curing法 コントラスト比 コンポジットレジン

## 1. 研究開始当初の背景

近年の高齢化社会の進展と摂食障害、逆流性食道炎による咬摩耗症や酸蝕症を含むtooth wearの増加、悪性腫瘍の増加による、口腔領域への治療用放射線照射によるradiation cariesと呼ばれる歯頸部齲蝕などの、歯の新たな欠損病態が見受けられる様になった。これら欠損は、従来のBlackの窩洞に対する金属を用いた修復法では解決できず、本邦で開発された接着性コンポジットレジンによる直接修復によってのみ保存的治療が可能である。これにより残存歯質を極力保存することが可能になり、従来の保存修復の概念が大きく変わろうとしている。しかしながら、コンポジットレジンでは重合硬化に伴い収縮し、この重合収縮はレジン修復物の窩壁とのギャップや辺縁漏洩を生じさせ、修復歯の予後に重要な影響を与えている。特に、光重合型レジンでは重合が急激に進むため、重合収縮によりレジンが窩底から引き剥がされ、エナメル質に比べ接着に不利な条件を備えている象牙質窩壁に対しては、未だ完全な窩壁適合性を獲得するまでには至っていない。さらに象牙質細管の走行によりレジンの接着性が異なることも報告されている。一方、重合収縮力よりもレジンの歯質への接着強さが大きい場合には、レジンと歯質との剥離は生じないが、修復物周囲の歯質に亀裂が生じたり、患歯に歪みが起こることが報告されている。また、レジンの重合収縮による応力は、 $C\text{-factor} = \frac{\text{レジンの接着面積}}{\text{レジンの自由面積}}$ と定義され、I級やV級の箱型窩洞で最大となる。また、近年ランプ寿命が長く照射器を軽量化できる、青色発光ダイオード（青色LED）照射器が開発され、既に臨床に使用されている。しかしながら、青色LED照射光の波長の範囲は狭く、低波長の光に反応するアシルフォスフィンオキサイド類の光増感剤を含有する接着材やレジンに使用すると、重合が不完全となり接着が低下すると考えられるが、詳細な

研究は認められないまま臨床使用されているのが現状である。申請者はこれまでに、光重合型レジンの重合収縮応力緩和法についての研究を多数行って来たが、一般に、重合収縮応力を緩和する材料や重合法、修復技法は、レジンの歯質への接着強さを低下させることを確認している。しかしながら、この両者の関係についての詳細な研究は未だ認められない。

## 2. 研究の目的

高齢化社会、摂食障害、逆流性食道炎によるtooth wearや悪性腫瘍の増加による放射線治療によるradiation cariesと呼ばれる歯の新たな欠損病態が見受けられる様になった。これらは、接着性レジンによる直接修復によってのみ治療が可能である。しかしながら、レジンでは重合硬化により収縮し修復物の予後に重要な影響を与えている。一方、重合収縮応力を緩和する材料や重合法、修復技法は、一般にレジンの歯質への接着強さを低下させる。そこで、各種被着体に対するレジンの重合収縮応力緩和効果と接着強さ発現過程との関係を解明し、窩壁適合性と窩洞内各部への接着強さを同時に向上させる臨床術式の確立に寄与することを目的としている。

## 3. 研究の方法

(1) ヒト大白歯の咬合面エナメル質を削除した象牙質平坦面にI級窩洞 ( $C\text{-factor} = 3.1$ ) を形成した。一方、コントロールとして、窩洞形成後に側壁周囲の壁を取り除いた平坦面 ( $C\text{-factor} = 0.2$ ) 試料を作製した。これらの窩洞と平坦面を3種の接着システムで処理した後、光重合型レジンを実塞もしくは築盛した。レジンで重合硬化させた後、試片を切り出し、微小引張り接着強さを測定した。

(2) ヒト抜去大白歯の咬合面エナメル質を削除し、スチールバーで仕上げた象牙質平坦面を作製した。3種の接着システムで処理した後、

光重合型レジンで築盛し、重合硬化させた。試片を切り出し残存象牙質厚さ（RDT）を測定した後、微小引張り接着強さを測定した。

（3）ヒト大白歯咬合面象牙質平坦面にI級窩洞を形成した。この窩洞の内面を2種のセルフエッチングシステムで処理した後、光重合型レジンを充填した。重合硬化させた後、窩底部と側壁部から試片を切り出し、微小引張り接着強さを測定した。

（4）ヒト大白歯咬合面象牙質平坦面にI級窩洞を形成した後、窩洞周囲の壁を取り除いた窩底平坦面試料と側壁平坦面試料を作製した。これら試料をセルフエッチングシステムとトータルエッチングシステムで処理した後、光重合型レジンを築盛した。重合硬化させた後、試片を切り出し、微小引張り接着強さを測定した。

（5）深さ2 mmのテフロンモールドに、Clearfil AP-X、Clearfil Photo BrightのVitaシェードのA3とB4に対応するおのおの2種類のシェードのレジンを充填し、Slow-start curing法と通常の光照射法により重合硬化させた。硬化物をモールドから取り出し、その表面と底面のヌーブ硬さを光照射終了直後に測定を行い、底面の硬さを表面の硬さで割ったHardness ratioを求めた。

（6）ヒト大白歯咬合面象牙質平坦面にI級窩洞を形成した後、頬舌側窩壁を取り除いた近心平坦面と遠心平坦面の側壁平坦面試片を1歯から各2試料作製した。これら側壁平坦面を2種の接着システムで処理し、光重合型レジンを築盛した。試片を切り出し、残存象牙質厚さ（RTT）を測定した後、微小引張り接着強さを測定した。

（7）ヒト大白歯頬舌側歯頸部に、円柱状窩洞を形成した。このエナメル質象牙質窩洞に、Clearfil Liner Bond を用い、光重合型レジンの Clearfil Photo Bright と

Palfique Estelite を充填した。重合硬化させた後、これら試料にサーマルストレスを与えた後、色素浸透試験を行った。これらの辺縁封鎖性ならびに窩壁適合性を測定評価した。その後、同一試料の、レジン—歯質接着界面を環境制御型電子顕微鏡により観察評価した。

#### 4．研究成果

（1）象牙質I級窩洞側壁部での接着強さは、Clearfil Mega Bond、Single Bond、Clearfil tri-S Bond共に、側壁平坦面試料より有意に低かった。I級窩洞側壁部におけるレジン修復物の接着強さは、C-factorの影響を受けることが判明した。

（2）全ての群でClearfil Mega Bondが最も高い接着強さを示した。Clearfil Mega BondとClearfil tri-S Bondの接着強さはRDTと相関があり、Single Bondの接着強さはRDTの影響を受けないことが明らかとなった。レジンの象牙質接着強さへ及ぼすRDTの影響は、ボンディングシステムにより異なる傾向を示すことが判明した。

（3）窩洞内面に対するClearfil Mega Bondの接着強さは、窩底、側壁共にClearfil tri-S Bondより有意に高い値を示した。また、Clearfil Mega Bondでは、窩底面、側壁面に対する接着強さに有意差は認められなかったが、Clearfil tri-S Bondでは、窩底面におけるレジンの接着のほうが側壁面より有意に低い接着強さを示した。コンポジットレジン修復物の接着強さは、窩洞内の部位、接着システムの影響を受けることが判明した。

（4）象牙質側壁平坦面に対するClearfil Mega Bondの接着強さが全ての群で最も高い接着強さを示した。側壁平坦面に対する接着強さは、Clearfil Mega Bond、Single Bond共に、窩底平坦面に対する接着強さより有意に高かった。コンポジットレジン修復物の接着強さは、象牙質の部位、象牙細管走行の影響を受けるこ

とが判明した。

(5) 通常の光照射法で光重合型コンポジットレジン硬化すると、レジン材料、シェードにかかわらず、全ての群で重合直後のレジン試片の表面が底面に比べ有意にヌーブ硬さが高くなった。Slow-start curing法により重合すると、窩底部レジンの重合促進効果が認められることが確認された。Clearfil Photo Brightの様にレジンの重合に伴いコントラスト比が増加する(レジンの重合に伴い不透明度が増す)光重合型レジンのほうが、Clearfil AP-Xの様にコントラスト比が大きく減少する(レジンの重合に伴い透明度が大きく増す)レジンよりも窩底部レジンの重合促進効果が高く、重合収縮応力を緩和する可能性が示唆された。

(6) Clearfil Mega Bond は、RTT が2mm未満、2mm以上のどちらにおいても接着強さに有意差は認められなかった。一方、Clearfil tri-S Bond は、RTT2mm以上の方がRTT2mm未満より接着強さが有意に高くなった。ツーステップセルフエッチングシステムのClearfil Mega Bondの接着強さは、残存歯質厚さの影響を受けなかったが、ワンステップセルフエッチングシステムのClearfil tri-S Bondは残存歯質厚さの影響を受けることが判明した。

(7) 色素浸透試験の結果から、Slow-start curing法を用いるとClearfil Photo Bright、Palfique Estelite どちらのレジン修復物においても、窩壁適合性が通常照射法に比べ有意に向上した。また、Clearfil Photo Brightでは、Slow-start curing法を用いると辺縁封鎖性も通常照射法に比べ有意に向上した。辺縁封鎖性はコントラスト比が増加する光重合型レジンのほうが、コントラスト比の減少するレジンよりも重合収縮応力を緩和し良好となることが明らかとなった。さらに、環境 SEMの観察からも同様の結果が

確認された。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 12件)

Takako YOSHIKAWA, Makoto MORIGAMI, Alireza SADR, Junji TAGAMI. Effects of light-curing method and resin composite composition on composite adaptation to the cavity wall. Dental Materials Journal, 2014. in press. 査読有

吉川孝子, SADR Alireza, 田上順次. 大白歯咬合面窩洞の残存歯質厚さとレジン接着性の影響. 日本歯科保存学雑誌 57(1): 67-72, 2013. 査読有

Takako YOSHIKAWA, Makoto MORIGAMI, Alireza SADR, Junji TAGAMI. Acceleration of curing of resin composite at the bottom surface using slow-start curing methods. Dental Materials Journal, 32(6): 999-1004, 2013. 査読有

吉川孝子, 森上 誠, 趙 永哲, 田上順次. Slow-start curing法による窩底部レジン重合促進効果. 日本歯科保存学雑誌 56 (3): 208-214, 2013. 査読有

吉川孝子, 森上 誠, 田上順次. コンポジットレジンの窩底部重合促進効果. 日本歯科保存学雑誌 56 (1): 63-68, 2013. 査読有

Takako YOSHIKAWA, Nipaporn WATTANAWONGPITAK, Eitetsu CHO, Junji TAGAMI, Effect of remaining dentin thickness on bond strength of various adhesive systems to dentin, Dental Materials Journal, 31(6): 1033-1038, 2012. 査読有

吉川孝子, WATTANAWONGPITAK Nipaporn, 田上順次. コンポジットレジン<sup>1</sup>の接着強さに及ぼす象牙細管の影響. 日本歯科保存学雑誌 55 (1): 103-108, 2012. 査読有

吉川孝子, WATTANAWONGPITAK Nipaporn, 田上順次. 窩洞内各面に対するコンポジットレジン<sup>1</sup>の接着強さ. 日本歯科保存学雑誌 55 (1): 97-102, 2012. 査読有

Eitetsu Cho, Alireza Sadr, Norimich Inai, Junji Tagami. Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation. 27, 1070-1078, 2011. 査読有

吉川孝子, WATTANAWONGPITAK Nipaporn, 趙永哲, 田上順次. コンポジットレジン<sup>1</sup>の接着強さに及ぼす残存象牙質厚さの影響. 日本歯科保存学雑誌 54 (6): 442-447, 2011. 査読有

吉川孝子, WATTANAWONGPITAK Nipaporn, 田上順次. I 級窩洞側壁部への接着強さに及ぼす C-factor の影響について. 日本歯科保存学雑誌 54 (1): 20-25, 2011. 査読有

吉川孝子. コンポジットレジン<sup>1</sup>の重合収縮応力. 日本歯科保存学雑誌 53 (5): 492-494, 2010. 査読無

〔学会発表〕（計 8 件）

吉川孝子, 趙永哲, 田上順次. 光重合型コンポジットレジン<sup>1</sup>の窩底部重合促進効果. 第 138 回 日本歯科保存学会秋季学術大会, 福岡, 2013 年 6 月 27, 28 日

T. Yoshikawa, N. Wattanawongpitak. Effect of Remaining-Tooth-Thickness on Bond Strength to Dentin Wall. 91th, IADR, Seattle,

USA, March 20-23, 2013.

吉川孝子, 趙永哲, 田上順次. コンポジットレジン<sup>1</sup>の窩底部重合促進効果について. 第 60 回 日本歯科理工学会学術講演会, 福岡, 2012 年 10 月 13, 14 日

吉川孝子, Nipaporn Wattanawongpitak, 趙永哲, 田上順次. レジン<sup>1</sup>の象牙質接着強さに及ぼす残存象牙質厚さの影響について. 第 135 回 日本歯科保存学会秋季学術大会, 大阪, 2011 年 10 月 20, 21 日

T. Yoshikawa, N. Wattanawongpitak, E. Cho and J. Tagami. Effect of Remaining Dentin Thickness on Bond Strength. 4th, IAD, Seoul, Korea, April 15-17, 2011.

T. Yoshikawa, N. Wattanawongpitak, J. Tagami. Effect of C-factor on Bond strength to Cavity Floor / Wall. 88th, IADR, Balcerona, Spain, July 14-17, 2010.

吉川孝子, Nipaporn Wattanawongpitak, 田上順次. I 級窩洞窩壁への接着における C-factor の影響. 第 132 回 日本歯科保存学会春季学術大会, 熊本, 2010 年 6 月 4, 5 日

吉川孝子, Nipaporn Wattanawongpitak, 田上順次. I 級窩洞窩底部におけるコンポジットレジン<sup>1</sup>修復物の接着強さについて. 第 28 回接着歯学会, 松江, 2010 年 1 月 23, 24

## 6 . 研究組織

### (1) 研究代表者

吉川孝子 ( YOSHIKAWA TAKAKO )

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・助教

研究者番号 : 00182733

(2) 研究分担者

趙 永哲 (CHO EITETSU)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：50431929