

歯冠修復物と固定性補綴装置の接着と合着

小峰 太, 松村 英雄

Adhesive Bonding and Luting of Restorations and Fixed Prostheses

Futoshi Komine, DDS, PhD, Hideo Matsumura, DDS, PhD

抄 録

ここ 10 年ほどの間にレジン系装着材料で修復物, 固定性補綴装置を接着する症例が増加している。この傾向は, ジルコニアセラミック修復システムの導入と, 歯質, セラミックス, 合金の接着に有効な種々の機能性モノマー, 重合開始剤の開発によるところが大きい。本稿では, 最近普及しつつあるセラミックスおよび金属製修復物と補綴装置の接着システムについて概観し, 合着と接着の使い分けについても解説する。

和文キーワード

金属, 合着, 修復物, 接着, セラミックス

I. はじめに

歯冠修復物と補綴装置の装着には接着と合着という異なる用語がある。合着 (luting) はセメントが支台歯とクラウンの隙間を封鎖して硬化することによってクラウンが保持される現象であり封泥という単語もある。これに対して接着 (adhesive bonding) は被着体に化学的に作用する化合物, 材料を用いる結合方法である。化学的に接着する材料は 1) 有効成分が目に見えない, 2) どの被着体に対し, どの成分が有効なのかがよくわからない, 3) 有効性がどの程度のレベルなのかわからない, などの理由で, 臨床の現場では普及に限界があった。しかしながら, 最近では象牙質に対する接着が改善され, 補綴装置の素材に応じた機能性モノマーと重合開始剤の開発も進んでいる。そこで, 本稿では, 歯冠修復物と固定性補綴装置の装着における材料選択の基本的考え方, 接着材料と合着材料の使い分けなどについて, 最近の研究成果をもとに紹介する。

II. セラミックスの接着と合着

従来からセラミック修復において, 陶材焼付冠による修復が主流であるが, 現在ではオールセラミック修復が急速に普及し, 数多くのオールセラミック材料やシステムが臨床で幅広く使用されている。その背景には, セラミックスに対する接着技術・材料の開発, 発展がある。セラミック修復物の支台歯への接着には, セラミックス-装着材, 装着材-支台歯, 装着材層の 3 つの要素が関与しており, セラミック表面および支台歯表面と装着材料との接着が重要となる。装着のための支台歯表面の処理方法は, エナメル質に対してはリン酸エッチング, 象牙質に対しては象牙質接着プライマー, ボンディング剤を使用することで, 安定した接着を獲得できる。ここでは, セラミックスと装着材料との接着および合着について紹介する。

長石質系陶材やガラスセラミックスに代表されるシリカを主成分とするセラミックス (silica-based ceramics) (表 1) を応用したオールセラミック修復物は, レジン系装着材料での支台歯への装着 (接着) が大原則である。それら修復物, たとえばポーセレンラミネートベ

表1 シリカを主成分とする歯科用セラミックス

セラミックス	システム
Feldspathic porcelain (長石質系陶材)	VITABLOCS MarkII (VITA) VITABLOCS Esthetic Line (VITA) VITA TriLuxe Bloc (VITA) ラミナポーセレン (松風) ヴィンテージハロー (松風)
Leucite-reinforced feldspathic porcelain (リユーサイト強化型ガラスセラミックス)	IPS Empress (Ivoclar Vivadent) IPS ProCAD (Ivoclar Vivadent) Optimal Pressable ceramic (Jeneric pentron)
Lithium-disilicate glass-ceramics (二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス)	IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent)

表2 シリカを主成分としないセラミックス

セラミックス	システム
Aluminum-oxide ceramics (酸化アルミニウムセラミックス)	In-Ceram Alumina (VITA) In-Ceram Spinell (VITA) In-Ceram Zirconia (VITA) Procera Alumina (Nobel Biocare)
Zirconium-dioxide ceramics (酸化ジルコニウムセラミックス)	Cercon (Dentsply) DC-Zirkon (DCS) Denzir (Decim) カタナ (クラレノリタケ) Lava (3M ESPE) Procera Zirconia (Nobel Biocare)

ニア¹⁻³⁾、セラミックインレー・アンレー^{4, 5)}、接着ブリッジ^{6, 7)}、オールセラミッククラウン^{8, 9)}に関する長期臨床研究では、良好な結果が報告されている。強力で、安定した接着力は、高いクラウンの保持力¹⁰⁾、マージンからの辺縁漏洩の防止¹¹⁾、支台歯およびクラウンの破折防止¹²⁾に有効である。

シリカを主成分とするセラミックスに対する接着については、数多くの論文が報告されており、適切なガイドラインに従うことにより安定した接着を得ることができる。一方、酸化アルミニウムセラミックス（アルミナセラミックス）、酸化ジルコニウムセラミックス（ジルコニアセラミックス）に代表されるシリカを主成分としないセラミックス（non silica-based ceramics, 高強度型セラミックス）（表2）は、シリカを主成分とするセラミックスとは接着方法が異なる。

1. シリカを主成分とするセラミックス(silica-based ceramics)の接着

セラミックスとレジン系装着材料の確実な接着には、微小機械的嵌合（micromechanical interlocking）と化学的結合（chemical bonding）が必要であり、この両方の結合力によって接着が成立していると考えられている。そのためには、適切なセラミック表面の処理が必須となる。

1) 微小機械的嵌合

セラミック表面に微細な凹凸を付与し、その凹凸にレジン系装着材料が侵入、硬化することで、微小機械的嵌合による結合力を発揮する。セラミック表面に微細な凹凸を付与する代表的な表面処理方法として、アルミナ粒子によるサンドブラスト（アルミナブラスト）処理^{13, 14)}、酸によるエッチング^{15, 16)}、回転切削器具¹⁷⁾がある。シリカを主成分とするセラミックス、特にポーセレンラミネートベニアに対するアルミナブラスト処理は、0.1~0.2 MPaの弱圧で行われる。弱圧のためセラミック表面を十分に粗造にすることが難しく、一方でアルミナブラスト圧を強くすると陶材が削合あるいは亀裂の発生などの弊害が生じる。そのため、ポーセレンラミネートベニアへのアルミナブラスト処理は機械的維持の付与ではなく、微細な模型材の除去などの清掃を目的としている。

酸によるエッチングは、セラミック表面に機械的維持の付与に有効な方法であり、その中でもフッ化水素酸（HF）はシリカを主成分とするセラミックスに対して広く用いられている。酸エッチングにより、ガラスマトリックスが選択的に除去され、結晶構造が露出する。これまでの研究では、5%のフッ化水素酸ゲルにより焼成陶材には60秒¹⁸⁾、CAD/CAM用セラミックブロックには60~120秒¹⁹⁾の処理が有効であると報告されている。さらに、リユーサイト強化型ガラスセラミックス（IPS Empress, Ivoclar Vivadent）に対しては、9%のフッ化水素酸ゲルで60秒間の処理が最も効果的であるとの報告がある²⁰⁾。二ケイ酸リチウム含有ガラスセラミックス（IPS Empress 2, Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein）は結晶構造を多く含んでいるため、IPS Empressに比較し高い接着強さを示している²¹⁾。フッ化水素酸は医薬用外毒物であり、取り扱いが危険であるため、技工室にて十分換気をしながら処理をし、処理後は超音波洗浄を行うことなどの注意が必要である。

2) 化学的結合

セラミックスとレジン系装着材料は無機質と有機質であるため、それらを化学的に結合させるための物質が必

要である。その物質がシラン処理剤であり、シリカを主成分とするセラミックスの接着には不可欠なものであり、 γ -メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン (γ -MPTS) が代表的である²²⁾。 γ -MPTS のメトキシ基あるいはメトキシ基が加水分解したシラノール基 (Si-OH) がセラミック表面の OH 基と反応して、ケイ酸酸化物との間にシロキサン結合 (Si-O-Si) が生成され、接着が完了する¹⁾。

Lacy ら²³⁾ は、フッ化水素酸処理のみ (シラン処理なし) では、シリカを主成分とするセラミックスとの接着には有効でなく、シラン処理剤の併用が必要であると報告している。また、カルボン酸系やリン酸系の酸性機能性モノマーを含有し、シランを活性化させるシラン処理剤 (プライマー) がセラミック接着に有効であることが明らかになった^{24, 25)}。現在は、1 液性 (例; セラミックプライマー, クラレノリタケ, 東京, 日本), 2 液性 (例; ポーセレンライナー M, サンメディカル, 守山, 日本), 3 液性のプライマー (例; クリアフィルフォトボンドとポーセレンアクチベータ, クラレノリタケ) が発売されている。使用直前に混和する 2 液性のものは一方にシラン処理剤, 他方に酸性モノマーが含まれており, 3 液性のものはさらに重合開始剤を含む。混和不要の 1 液性プライマーは使用するには簡便であるが, 保存可能期間に制限があり貯蔵性に問題がある²⁶⁾。

2. シリカを主成分としないセラミックス (non silica-based ceramics) の接着

1) 微小機械的嵌合

前述したシリカを主成分としたセラミックスでの接着で有効な、酸エッチング後にシラン処理を行う表面処理方法は、シリカを主成分としないセラミックスには効果的でない^{27, 28)}。酸エッチングはアルミナセラミックス、ジルコニアセラミックスに対して、十分に表面を粗造にすることができない²⁸⁻³⁰⁾。一方、アルミナブラスト処理は、それらセラミックスの表面を粗造にし、接着強さを向上させることが報告されている^{29, 31)}。また、アルミナセラミックス、ジルコニアセラミックスはシリカの含有率が低いので、シラン処理剤の効果は期待できない。

2) 化学的結合

アルミナセラミックスは、シラン処理剤よりも酸性機能性モノマーを含有するプライマーによる処理が接着に有効である^{25, 27, 32)}。アルミナブラスト処理後に、酸性機能性モノマーを含有するレジン系装着材料の使用、あるいはトライボケミカル処理後に Bis-GMA 系のレジン系装着材料の使用により、安定した接着強さが獲得され

た^{27, 33)}。ジルコニアセラミックスに対してもアルミナセラミックスと同様の報告が多く、フッ化水素酸でのエッチングが困難であり³⁴⁾、酸性機能性モノマー、特にリン酸エステル系モノマーが有効である^{28, 35)}。1998 年に Kern ら²⁸⁾ は、アルミナブラスト処理 (110 μ m アルミナ粒子, 圧力 0.25 MPa) 後に、ジルコニアに対してリン酸系機能性モノマーを含むレジン系装着材料で装着した場合に、150 日間の水浸漬においても安定した接着強さを示すことを明らかにした。さらに、2 年間の水浸漬および 37,500 回のサーマルサイクル負荷においても、安定した接着強さが示されている³⁵⁾。一方で、アルミナブラスト処理後、シラン処理および Bis-GMA 系レジン系装着材料で接着した場合、150 日間の水浸漬により接着強さは 0 MPa (脱落) で、ジルコニア接着には有効でなかった²⁸⁾。Blatz ら³⁶⁾ は、ジルコニアの接着におけるボンディングあるいはシラン処理剤などの影響を検討した。その結果、疎水性リン酸エステル系モノマーである MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) を含むプライマーでの処理後に、レジン系装着材料で装着することにより、ジルコニアに対する安定した接着が得られることが明らかになった。現在では、ジルコニア表面をアルミナブラスト処理後、リン酸エステル系モノマーを含むプライマーによる処理を行い、レジン系装着材料の使用により確実な接着を得ることが可能であると考えられている³⁶⁻³⁹⁾。

3. セラミック修復物の合着

シリカを主成分とするセラミックスは機械的強度の面から、支台歯への装着にはレジン系装着材料を使用することが必須である。しかしながら、機械的強度が格段に向上したシリカを主成分としないセラミックスにおいては、接着は必須ではないと考えられている^{40, 41)}。

臨床において、セラミック修復物をより審美的にするために、支台歯のフィニッシュラインを歯肉縁下に設定することが多い。フィニッシュラインを歯肉縁下に設定することにより、修復物と支台歯の境界が検出されにくい、歯肉縁付近の歯肉の色が明るい、歯肉縁下から修復物のカントウアを設計することが可能であるなどの審美的な利点が生じる。シリカを主成分とするセラミックスの場合は、レジン系装着材料の使用が必須のため、装着後の残余セメントの除去が困難であり、支台歯フィニッシュラインは歯肉頂縁あるいは縁上に設定される。一方、従来型の歯科用セメント (グラスアイオノマーセメントなど) での装着が可能なシリカを主成分としないセラミックスを用いた場合は、残余セメントの除去は容易になり、フィニッシュラインを歯肉縁下に設定すること



図 1 Facial view of two abutment teeth for a cantilever zirconia-based fixed partial denture (FPD). The finish line of these abutments was prepared at the subgingival area.
延長ジルコニアブリッジの支台歯の唇側面観。歯肉縁下に支台歯フィニッシュラインが設定された。



図 2 Facial view of the cantilever zirconia-based FPD seated with glass-ionomer cement
グラスアイオノマーセメントで装着された延長ジルコニアブリッジの唇側面観

が可能となる。したがって、支台歯の状態や咬合関係などに制限がない症例であれば、シリカを主成分としないセラミックスを用いた修復物では、従来型の歯科用セメントでの装着が可能である(図 1, 2)³⁹⁾。しかしながら、歯冠高径あるいは修復物の維持力が不足している症例においては、レジン系装着材料の装着が推奨される。シリカを主成分としないセラミックスを使用した接着ブリッジも臨床応用されているが、その場合は支台歯への確実な接着が必要となる(図 3~5)⁴²⁾。

III. 金属の接着と合着

1. 微小機械的嵌合

金属とレジンの機械的維持としては、前装冠の前表面に適用されるリテンションピース、バー、アンダーカット、ホールなどがあるが、クラウン等の接着面において



図 3 Facial view of a framework of single-retainer zirconia-based resin-bonded FPD at try-in procedure
試適時の片側リテーナージルコニア接着ブリッジの唇側面観



図 4 Finalized single-retainer zirconia-based resin-bonded FPD
完成した片側リテーナージルコニア接着ブリッジ



図 5 Facial view of the single-retained zirconia-based resin-bonded FPD placed with adhesive resin
レジン系装着材料で装着された片側リテーナージルコニア接着ブリッジの唇側面観

はアルミナによるブラスト処理が行われる。ブラスト処理の主な目的は 1) 試適後の接着面を機械的に清掃することと、2) 表面の粗造化による接着面積の増加の 2 点である。ブラストにおける砥粒の種類、噴射のための器

表3 接着歯冠修復, 補綴で使用する主な金属材料と機能性モノマー

非貴金属	適用される機能性モノマー
Co-Cr 合金	カルボン酸誘導体 4-META, 4-AET, MAC-10
Ni-Cr 合金	他
チタン	リン酸エステル MDP
Ti-6Al-7Nb 合金	ホスホン酸 MHPA
貴金属合金	
金銀パラジウム合金	有機硫黄化合物
ADA タイプ4 金合金	VBATDT (または VTD), MTU-6, MDDT

械, 空気圧等について多角的検討がなされたが, 現在では平均粒径 50 μm 前後のアルミナをなるべく高い圧力で噴射する, という手法がブリッジの接着面処理として広く用いられている⁴³⁾.

2. 非貴金属に対する化学的結合

補綴装置に使用される非貴金属としては, Co-Cr 合金, Ni-Cr 合金, チタン, チタン合金, ステンレス鋼などがある. ステンレス鋼は主に磁性アタッチメントの素材として用いられるが, その他の合金は各種補綴装置本体に用いられている (表3). クラウン・ブリッジ接着の観点から述べれば, クロム含有量が多いほど酸性機能性モノマーを含む装着材料による接着効果が大きく, チタンは若干接着耐久性に劣る傾向にある⁴⁴⁻⁴⁹⁾.

非貴金属の接着に有効な酸性機能性モノマーとしてはカルボン酸誘導体 (4-META, MAC-10), 疎水性リン酸エステル (MDP), ホスホン酸 (MHPA) などがある. X線光電子分光分析によれば, チタンの表面にはリン酸基が吸着しやすい⁵⁰⁾. この結果は, チタンの接着において, 二価のリン酸基をもつ MDP の接着促進効果が高いことの間接的証明とも言える.

エナメル質に修復物を接着する症例においては歯質と修復物が面で接着でき, 剥離に対する抵抗性が高い. 一方, 接着ブリッジのように接着面から離れた位置にポンティックが存在すると, 接着界面に対し, 咬合圧が剥離荷重として加わることがある. したがって, 接着ブリッジの支台装置に関しては機械的維持力も確保できるよう, 保持形態を付与するか, 形態を被覆型に近いものとする必要がある (図6, 7)⁵¹⁾.

3. 貴金属合金に対する化学的結合

接着を生かした補綴装置に使用される貴金属合金は金



図6 Facial view of four-unit resin-bonded FPD made of Ti-6Al-7Nb alloy
Ti-6Al-7Nb 合金製4ユニット接着ブリッジの唇側面観



図7 A D-shaped retainer on the premolar abutment
図6に示すブリッジの小白歯支台歯におけるD字型支台装置

銀パラジウム合金とタイプ4金合金が主たるものである. 陶材焼付用金合金, パラジウム合金, 銀合金は機械的強度, 接着耐久性などのどれかに問題があることが多いため, 接着ブリッジ支台装置への応用例は少ない (表3).

貴金属合金接着に有効な機能性モノマーは有機硫黄化合物である. 岩手大学工学部の森 教授ら⁵²⁾は, 1983年にVBATDT (または VTD) という化合物が銅板のコーティング材として有望であることを高分子化学の雑誌に報告した. 小島ら⁵³⁾は, このVBATDTをプライマーとして用い, MMA-TBB レジン (スーパーボンド, サンメディカル) の素材を接着材料として使用すると貴金属および銅が接着できることを見いだした. この1液型のプライマーは臨床試験を経てV-プライマー (サンメディカル) として発売され, 現在に至っている. その後, VTD と MDP を併用したプライマー (アロイプライマー, クラレノリタケ), チオウラシル (MTU-6, メタルタイト, トクヤマ, 東京, 日本)⁵⁴⁾, スルフィド (MDDT, メタルリンク, 松風, 京都, 日本) を含むプ



図 8 Abutment teeth of anterior resin-bonded FPD
前歯接着ブリッジの支台歯



図 9 A three-unit resin-bonded FPD made of silver-palladium-copper-gold alloy
金銀パラジウム合金製 3 ユニットの接着ブリッジ

ライマーも上市されて現在に至っている。なお、VBATDT モノマーは金、銀、銅などに吸着することがラマンと赤外線吸収スペクトルによって確認されており、この現象が貴金属合金に対する硫黄化合物接着の根拠とみなすことができる⁵⁵⁾。最近、V-プライマー-スーパーボンド接着システムの長期臨床成績が相次いで報告され、10 年以上経過した症例の報告も蓄積されつつある (図 8~11)⁵⁶⁻⁵⁸⁾。

4. 金属製修復物および補綴装置の合着

保持形態が確保できる金属製修復物および補綴装置の合着は従来型セメントで合着できる。一方で、こうした症例にも接着性能を備えた材料を用いる方が良いのではないか、という考え方から生まれたのがレジン強化型ガラスアイオノマーとセルフアドヒーシブセメントである。いわゆる合着用セメントは粉液混和型であるため、レジン重合に多少なりとも影響がある有機硫黄系機能性モノマーを場合により組成物に添加できる。このよう



図 10 Facial view 10 years after seating
装着 10 年後の唇側面観



図 11 Occlusal view 10 years after seating
装着 10 年後の咬合面観

な材料設計に基づき、MTU-6 を含むレジン添加型ガラスアイオノマーが発売された。この材料(イオノタイト、トクヤマ)は従来品に比して貴金属への接着性能が向上した⁵⁹⁾。

セルフアドヒーシブは組成物中に機能性モノマーを含む材料で、スーパーボンド (サンメディカル) とパナビア EX (クラレノリタケ) は見方によってはその先駆けとも言える。現在市販されているセルフアドヒーシブは 2 ペースト型コンポジットレジンが大多数で、合着用セメントと同じ術式で使用できることが特徴となっている。大河ら⁶⁰⁾は、セルフアドヒーシブセメントである SA ルーティング (クラレノリタケ) と Maxcem (Kerr, Romulus, USA), 比較対照としてパナビア F 2.0 (クラレノリタケ) とレジセム (松風) を用い、口腔内の接着操作を想定し、湿度環境 3 条件、術者 5 名による接着性能評価を行った。その結果、セルフアドヒーシブの方が操作環境条件と術者依存性が少なかった、と報告している。

橋本ら⁶¹⁾は、デュアルキュア型の 2 ペースト装着材料クリアフィルエステティックセメント (クラレノリタケ) と、ガラスアイオノマーの成分をも含むレジン系装

着材料のレジセム（松風）を用いて金銀パラジウム合金に対する水中1日保管後のせん断接着強さを測定した。その結果、後者の方が高い接着強さを示す結果となった。デュアルキュア型の材料で金属を接着する場合、被着面に対してどの程度光線照射ができるかの見極めも重要と思われる。

現状においては、成分がレジンのみのセルフアドヒーズセメントに有機硫黄系モノマーを添加することは難しい。したがって、リン酸エステルを含むセルフアドヒーズセメントの評価を行うと、エナメル質、非貴金属、ジルコニアなどに対し良好な接着性能を示す、という実験結果になるものと推定される⁶²⁻⁶⁴⁾。

IV. おわりに

本稿に関連の深い事項であるが、鶴見大学歯学部の実験室におけるクラウンブリッジ合着材料についての調査結果がある⁶⁵⁾。その報告によると、1889年時点において、リン酸亜鉛セメントによる合着が過半数の58%であったが、急速に減少、1999年において使用がなくなっている。レジン添加型を含むグラスアイオノマーは1995年が84%で最高で、2003年では22%に減少している。使用が増加したのはレジン系装着材料で、1995年に6%であった比率が、2000年に58%、2003年には67%まで上昇している。術者が合着材と接着材料の特性を十分理解し、適材適所の材料選択を行うことにより、修復物および補綴装置を効果的に装着できると考えられる。

文 献

- 1) Friedman MJ. A 15-year review of porcelain veneer failure—a clinician's observations. *Compend Contin Educ Dent* 1998; 19:625-636.
- 2) 加藤英材, 田上直美, 松村英雄, 熱田 充, 鳥巢哲朗, 藤井弘之. 焼成陶材を応用したラミネートベニアの臨床成績. *補綴誌* 2001; 45:787.
- 3) Fradeani M, Redemagni M, Corrado M. Porcelain laminate veneers: 6-to 12-year clinical evaluation—a retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005; 25:9-17.
- 4) Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 2002; 33: 415-426.
- 5) 矢谷博文. ポーセレンアンレーの製作法および長期臨床予後成績. 新谷明喜, 松村英雄, 中村光夫編, 実践・新素材による歯冠色修復とその技法, 東京: ヒョーロン・パブリッシャーズ; 2003, 21-33.
- 6) Behr M, Leibrock A, Stich W, Rammelsberg P, Rosen-tritt M, Handel G. Adhesive-fixed partial dentures in anterior and posterior areas. Results of an on-going prospective study begun in 1985. *Clin Oral Investig* 1998; 2: 31-35.
- 7) Kern M. Clinical long-term survival of two-retainer and single-retainer all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures. *Quintessence Int* 2005; 36: 141-147.
- 8) Malament KA, Socransky SS. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 16 years. Part III: effect of luting agent and tooth or tooth-substitute core structure. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 511-519.
- 9) Fradeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: A retrospective study. *Quintessence Int* 2002; 33: 503-510.
- 10) El-Mowafy O. The use of resin cements in restorative dentistry to overcome retention problems. *J Can Dent Assoc* 2001; 67: 97-102.
- 11) Sorensen JA, Kang SK, Avera SP. Porcelain-composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. *Dent Mater* 1991; 7: 118-123.
- 12) Jensen ME, Sheth JJ, Tolliver D. Etched-porcelain resin-bonded full-veneer crowns: in vitro fracture resistance. *Compendium* 1989; 10: 336-338, 340-341, 344-347.
- 13) Calamia JR. Etched porcelain veneers: the current state of the art. *Quintessence Int* 1985; 16: 5-12.
- 14) 山本 秀, 宗像清貴, 関口正二, 鈴木修一, 潤田和好, 越中 優ほか. 接着性セメントの陶材に対するせん断接着強さ陶材の種類とその表面研削法が接着性に及ぼす影響. *補綴誌* 1986; 30: 207-215.
- 15) Horn HR. Porcelain laminate veneers bonded to etched enamel. *Dent Clin North Am* 1983; 27: 671-684.
- 16) Bailey LF, Bennett RJ. DICOR surface treatments for enhanced bonding. *J Dent Res* 1988; 67: 925-931.
- 17) Jochen DG, Caputo AA. Composite resin repair of porcelain denture teeth. *J Prosthet Dent* 1977; 38: 673-679.
- 18) Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. *Oper Dent* 1998; 23: 250-257.
- 19) Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of a composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 1998; 26: 53-58.
- 20) Estafan D, Dussetschleger F, Estafan A, Jia W. Effect of prebonding procedures on shear bond strength of resin composite to pressable ceramic. *Gen Dent* 2000; 48: 412-416.
- 21) Della Bona A, Anusavice KJ, Shen C. Microtensile

- strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. *J Adhes Dent* 2000; 2: 305–313.
- 22) Bailey JH. Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. *J Prosthet Dent* 1989; 61: 174–177.
- 23) Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellinges M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent* 1988; 60: 288–291.
- 24) 中村光夫, 阿部義人, 中林宣男. 歯質・歯科用合金・ポーセレンに接着するボンディングライナーの試作 TMPT フィラー/MMA 系レジンセメントへの応用. *歯材器* 1984; 3: 250–255.
- 25) 松村英雄, 田中卓男, 熱田 充, 中村光夫, 中林宣男. シランカップリング剤とカルボン酸系モノマーによる陶材, 石英, アルミナの接着. *補綴誌* 1987; 31: 1494–1498.
- 26) 後藤治彦. 1 液性セラミックプライマーの保管が接着強さに及ぼす影響. *補綴誌* 2008; 52: 107–116.
- 27) Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent* 1995; 73: 240–249.
- 28) Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998; 14: 64–71.
- 29) Awliya W, Oden A, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. *Acta Odontol Scand* 1998; 56: 9–13.
- 30) Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, Sobrinho LC, Chan DCN. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 479–488.
- 31) Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 453–461.
- 32) Matsumura H, Nakamura M, Nakabayashi N, Tanaka T, Atsuta M. Effect of a silane coupling agent and ferric chloride on the bonding of porcelain, quartz and alumina with 4-META/MMA-TBB resin. *Dent Mater J* 1987; 6: 135–139.
- 33) Kern M, Strub JR. Bonding to alumina ceramic in restorative dentistry: clinical results over up to 5 years. *J Dent* 1998; 26: 245–249.
- 34) 高桑雅宣, 飯島 浩, 畑 好昭. 接着性レジンセメントのジルコニア・アルミナ複合セラミックス (3Y20A) に対する接着効果. *歯学* 1998; 86: 92–104.
- 35) Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2000; 2: 139–147.
- 36) Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang B. In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 356–362.
- 37) Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 430–436.
- 38) 村原貞昭, 梶原浩忠, 堀 沙弥香, 嶺崎良人, 鬼塚 雅, 田中卓男. セラミックス用市販接着システムの歯科用ジルコニアに対する接着耐久性. *補綴誌* 2007; 51: 733–740.
- 39) Komine F, Blatz MB, Matsumura H. Current status of zirconia-based fixed restorations. *J Oral Sci* 2010; 52: 531–539.
- 40) Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 231–238.
- 41) Rosentritt M, Behr M, Thaller C, Rudolph H, Feilzer A. Fracture performance of computer-aided manufactured zirconia and alloy crowns. *Quintessence Int* 2009; 40: 655–662.
- 42) Komine F, Tomic M. A single-retainer zirconium dioxide ceramic resin-bonded fixed partial denture for single tooth replacement: a clinical report. *J Oral Sci* 2005; 47: 139–142.
- 43) 山下 敦. 歯科接着性レジンの基礎と臨床(下巻). 東京: クインテッセンス出版; 1983, 58–60.
- 44) 竹山守男, 榎瀬信郎, 中林宣男, 増原英一. 歯科用即硬性レジンに関する研究 (第 17 報) 歯質および歯科用金属に接着するレジン. *歯理工誌* 1978; 19: 179–185.
- 45) 山下 敦, 山見俊明. 架工義歯における接着性レジンの応用その 1. 歯科用非貴金属合金の種類と金属被着面処理が接着力に及ぼす影響について. *補綴誌* 1982; 26: 584–591.
- 46) 田中卓男, 藤山えり子, 清水博史, 熱田 充. アドヒージョン・ブリッジ用金属の表面処理法に関する研究—非貴金属系合金の場合—. *補綴誌* 1983; 27: 706–712.
- 47) Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M. Adhesive bonding of titanium with a titanate coupler and 4-META/MMA-TBB opaque resin. *J Dent Res* 1990; 69: 1614–1616.
- 48) Taira Y, Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M. Adhesive bonding of titanium with a methacrylate-phosphate primer and adhesive resins. *J Oral Rehabil* 1995; 22: 409–412.
- 49) Shimizu H, Kurtz KS, Tachii Y, Takahashi Y. Use of metal conditioners to improve bond strengths of autopolymerizing denture base resin to cast Ti-6 Al-7 Nb and Co-Cr. *J Dent* 2006; 34: 117–122.
- 50) Tsuchimoto Y, Yoshida Y, Takeuchi M, Mine A, Yatani H, Tagawa Y, et al. Effect of surface pre-treatment on durability of resin-based cements bonded to titanium.

- Dent Mater 2006; 22: 545-552.
- 51) Matsumura H, Yoneyama T, Shimoe S. Veneering technique for a Ti-6 Al-7 Nb framework used in a resin-bonded fixed partial denture with a highly filled indirect composite. J Prosthet Dent 2002; 88: 636-639.
 - 52) Mori K, Nakamura Y. Study on triazine thiols V Polymerization of 6-(4-vinylbenzyl propyl) amino-1,3,5-triazine-2,4-dithiol on copper plates and their corrosion resistance. J Polym Sci Polym Lett Ed 1983; 21: 889-895.
 - 53) 小島克則, 門磨義則, 今井庸二. トリアジンジチオン誘導体モノマーを利用した貴金属の接着. 歯材器 1987; 6: 702-707.
 - 54) Matsumura H, Kamada K, Tanoue N, Atsuta M. Effect of thione primers on bonding of noble metal alloys with an adhesive resin. J Dent 2000; 28: 287-293.
 - 55) Suzuki M, Yamamoto M, Fujishima A, Miyazaki T, Hisamitsu H, Kojima K, et al. Raman and IR studies on adsorption behavior of adhesive monomers in a metal primer for Au, Ag, Cu, and Cr surfaces. J Biomed Mater Res 2002; 62: 37-45.
 - 56) Matsumura H, Koizumi H, Tanoue N. Resin-bonded casting used as an anterior fixed partial denture retainer: a clinical report. Int Chin J Dent 2004; 4: 80-84.
 - 57) Shimizu H, Takahashi Y. Resin-bonded overcasting to salvage a long-span fixed prosthesis: a clinical report. J Prosthodont 2008; 17: 420-422.
 - 58) Matsumura H, Shimizu H, Tanoue N, Koizumi H. Current bonding systems for resin-bonded restorations and fixed partial dentures made of silver-palladium-copper-gold alloy. Jpn Dent Sci Rev 2011; 47: 82-87.
 - 59) 小石良和, 柳田廣明, 田上直美, 松村英雄, 熱田 充, 中村光夫. チオウラシル系モノマーを含むレジン強化型グラスアイオノマーセメントの金銀パラジウム合金に対する接着強さ. 接着歯学 2003; 21: 62-67.
 - 60) 大河貴久, 小正 聡, 藤野智子, 藤井孝政, 田中昌博, 川添堯彬. 口腔内での接着操作における金銀パラジウム合金に対するセルフアドヒーシブセメントの接着性能の評価. 接着歯学 2010; 28: 53-60.
 - 61) 橋本 興, 深川菜穂, 佐々木圭太, 時庭由美子, 坪田有史, 福島俊士. 金銀パラジウム合金に対する接着性レジンセメントの初期接着強さの検討. 接着歯学 2009; 27: 70-75.
 - 62) Nakamura T, Wakabayashi K, Kinuta S, Nishida H, Miyamae M, Yatani H. Mechanical properties of new self-adhesive resin-based cement. J Prosthodont Res 2010; 54: 59-64.
 - 63) 米沢弥生, 林 捷, 新谷明喜. セルフアドヒーシブレジンセメントの歯冠修復用金属に対する接着強さ. 日補綴会誌 2011; 3: 18-25.
 - 64) 岡本和彦, 飯塚知明, 猪野照夫, 岩瀬直樹, 佐藤雅介, 藤澤政紀. ジルコニアに対するセルフアドヒーシブレジンセメントの剪断接着強さ. 日補綴会誌 2011; 3: 32-39.
 - 65) 坪田有史, 西村 康, 深川菜穂, 橋本 興, 北村 茂, 高瀬英世ほか. 鶴見大学歯学部での臨床実習におけるクラウンブリッジの合着材料: 15 年間 (1989~2004 年) の経年的観察. 接着歯学 2009; 27: 106-110.

著者連絡先: 小峰 太
 〒101-8310
 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13
 Tel: 03-3219-8145
 Fax: 03-3219-8351
 E-mail: komine@dent.nihon-u.ac.jp

Adhesive Bonding and Luting of Restorations and Fixed Prostheses

Futoshi Komine, DDS, PhD, Hideo Matsumura, DDS, PhD

Department of Fixed Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry

Ann Jpn Prosthodont Soc 4: 343-352, 2012

ABSTRACT

Over the last decade, applications of resin-based luting agents for seating restorations and fixed partial dentures have increased substantially. This trend is attributed mainly to development of zirconia ceramic restorative systems as well as varying functional monomers and initiation systems compatible to enamel, dentin, ceramic materials, and casting alloys. This review article takes a general view of currently available luting and bonding systems applicable for cementing restorations and dentures made of ceramics and dental alloys.

Key words

adhesive bonding, ceramics, dental alloy, luting, restoration