

接着ブリッジに見る接着補綴臨床の歴史

田中 卓男

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科
先進治療科学専攻 顎顔面再建学講座 咬合機能補綴学分野

Prosthetic treatment utilizing current adhesion techniques

Takuo Tanaka

Department of Fixed Prosthetic Dentistry, Field of Oral and Maxillofacial Rehabilitation,
Advanced Therapeutic Course, Kagoshima University Graduate School of Medical
and Dental Sciences, 8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima 890-8544, Japan

Abstract

A new prosthetic restoration attracting many dentists is the adhesion-fixed partial denture. The adhesion-fixed partial denture requires minimal teeth preparation and is easier to construct and manipulate than are conventional fixed partial dentures.

To attach an adhesion-fixed partial denture to abutment teeth, resin material must be bonded to the teeth and metal framework. The tooth surfaces require etching with acid and the retainers are surface treated to enhance the adhesive bonding with resin. In addition to the conventional oxidation surface treatment, metal primer new bonding system applied organic compounds with a mercapto group was introduced recently.

Structure design of metal framework was improved and the framework possesses several times larger strength against distortion compared with its early design. Indication and contraindication cases of adhesion-fixed prostheses are clearly defined. These improvements have brought this prostheses remarkable elongation of life period in oral cavity and fairly acceptable prognoses.

This article describes a current method for adhesion retaining of dental alloys and presents examples of clinical application of adhesion-fixed partial denture.

Key words: Adhesion bridge, Adhesive resin cement, Surface treatment, Metal primer,
Design of adhesion retainer

緒言

接着ブリッジは接着補綴臨床の歴史そのものといっても過言ではない。本来であれば、接着インレー、接着アンレー、接着クラウン、そして接着ブリッジへと進化するはずである。ところが、それまでの歴史的経緯、すなわち、ロケットブリッジやメーランドブリッジの存在により、接着ブリッジは臨床導入された最初の接着性補綴修復装置となってしまった。当時の歯科用接着システムは研究室レベルでは優れた性能を発揮していたものの、咬合圧が複雑に加わる口腔内での基本的性格は十分に解明されていなかった。このため接着システムや設計に不備を生じて、リテーナーの剝離やブリッジの脱落が頻発し、臨床において顧みられることがなくなってしまった時期も存在した。しかし、より実用的な接着システムの開発や、ブリッジの設計の改良は地道に続けられ、MI (Minimal Intervention) のコンセプトの浸透とともに、それを具現する修復装置として再び評価されるに至っている。最近では健康保険にも導入されて、支台歯が健全であればインプラントとともにファーストチョイスに挙げられる機会が増えている。

接着ブリッジは症例の選択を的確に行い、適切に施術すれば、従来型ブリッジに比べて遜色のない耐用年数が得られることが知られている^{文献1,2,3}。また、多くの症例において形成時の麻酔が不要なこと、仮封操作の容易さ、装着後の歯髄症状に起因する違和感がほとんど発現しないことなど、MIのメリットが確実に活かされている。

接着ブリッジの歴史

フランス人のロケットは、1973年に若年者の暫間用ブリッジの手法を報告した。これが接着ブリッジの直系の元祖とされているロケットブリッジである^{文献4}。本ブリッジは、エナメルエッチングを施した支台歯に、維持孔を有する金属製リテーナーを充填用レジンを用いて装着した(図1)。したがって、支台歯歯質とレジンの結合だけに接着システムが応用され、リテーナーとレジンの結合は嵌合効力(機械的維持)に頼っていた。長期間の使用も試みられたが、リテーナーの強度不足から破折が多発した。また、装着操作にはかなりの熟練を必要とした。これらの理由から、1970年代の終わりにV.P. トンプソンによりメーランドブリッジが考案されると、使用される機会は減っていった。

メーランドブリッジでは、金属製のリテーナーの内面に電解エッチング処理が施されて、微細なアンダーカットが無数に存在した^{文献5}。このアンダーカットにコンポジットレジンが嵌合してリテーナーは機械的に維持された。支台歯にはエナメルエッチングが施された。本ブリッジのリテーナーは外面に達する穿孔がないため装着は容易で、十分な強度も有していた(図2)。このように実用性が向上したメーランドブリッジも、煩雑な電解エッチング操作を必要とし、Ni-Cr合金やCo-Cr合金に限られることから、接着ブリッジの登場とともに使われなくなっていった。

1970年代の後半になると、4-META接着性モノマーが合成され、歯質に対して強い接着性を有することが明らかとなった。その後、酸化表面処理を施した歯科用合金にも強固に接着することが発見され^{文献6,7,8}、

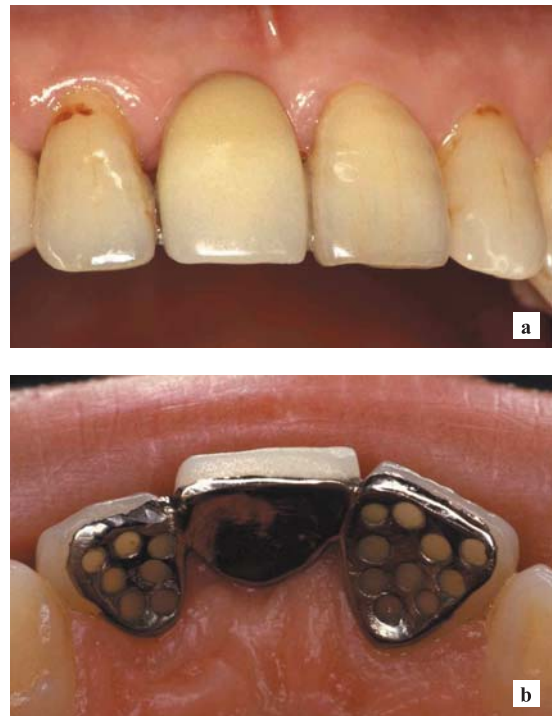


図1-a, b: 1970年代初期に考案されたロケットブリッジ。リテーナーには外開きの維持孔が付与されていた。支台歯にはエナメルエッチングが施され、充填用レジンを用いて装着した。

a: ロケットブリッジは若年者の暫間用修復装置として開発された。

b: リテーナーには機械的に維持するための外開きの維持孔が付与されていた。

これらの接着システムにメリーランドブリッジのリテーナーデザインを組み合わせて、1980年代前半に接着ブリッジが誕生した。初期の接着ブリッジでは、様々なリテーナーデザインと金属接着システムが考案され、百花繚乱の状態にあった（図3）。当時、多くの臨床家は、単純に嵌合維持を接着維持に置き換えることが可能と考えていた。しかし、大部分の接着ブリッジが1、2年で脱離するというショッキングな経験を経て、両者間の大きな違いに気付くこととなる。この後、リテーナーの接着面積の増加や嵌合維持の併用などの手技も行なわれた（図4）。しかし、接着ブリッジに期待されたMIの概念からはどんどんかけ離れたものとなり、1990年代に入ると臨床家の多くが接着ブリッジを実用性なしとして見捨てるようになっていった。しかし、その間も接着システムやブリッジリテーナーの形態な



図3：臨床導入された当初の白歯部接着ブリッジ。

- a：本ブリッジはメリーランドブリッジのリテーナーデザインを踏襲していた。
- b：初期の接着ブリッジでも、接着システムや構造が適切であれば比較的長期間の使用に耐えた（装着期間13年間）。

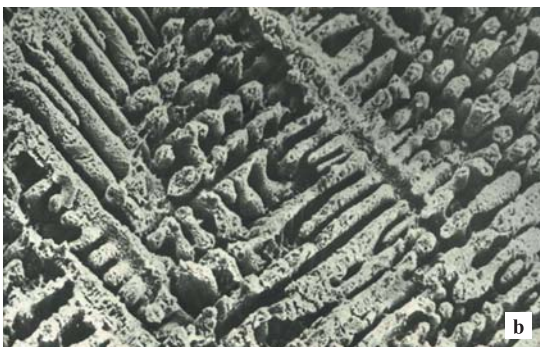


図2：1970年代の終わりに登場したメリーランドブリッジ。初期の接着ブリッジは本ブリッジのリテーナーデザインを流用した。

- a：メリーランドブリッジはロケットブリッジの改良型として開発された。
- b：リテーナーの内面は、電解エッチングが施されてアンダーカットを有する粗造面を呈していた。



図4：脱落が頻発した時期の接着ブリッジ。脱落防止のために接着面積の増加や機械的維持の併用などが試みられた。

どに関する研究は地道に続けられていた。20年を経た現在、接着ブリッジの耐用年数は全部被覆冠を支台装置とする従来型ブリッジに匹敵するようになっている。歯質削除量もメリーランドブリッジの時代よりは増えたものの、従来型ブリッジの1/4~1/5にとどめることができ、MIを実現した修復物として評価を回復するに至っている。

接着ブリッジが再び評価されるようになった理由として、酸化表面処理が不要の金属接着システムの導入^{文献9,10)}と、接着維持の特性を考慮したブリッジの設計^{文献1,11,12)}が挙げられる。新しい金属接着システムは、合金の新鮮面にダイレクトに反応する含硫黄(S)系モノマーの応用で実現した(図5)。このモノマーを含

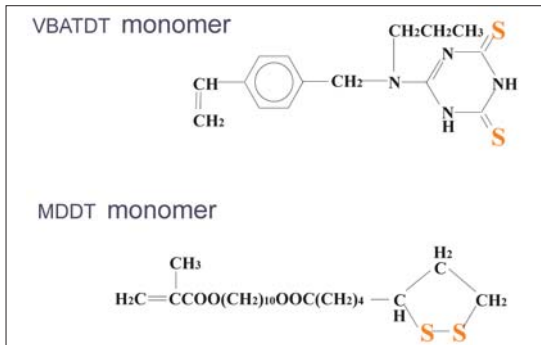


図5：貴金属合金に接着性を有する2種類のチオールモノマー。VBATDTモノマーは初期に開発され、金銀パラジウム合金に対して高い接着性を示す。MDDTモノマーは金含有率の高い合金に接着性を発揮する。

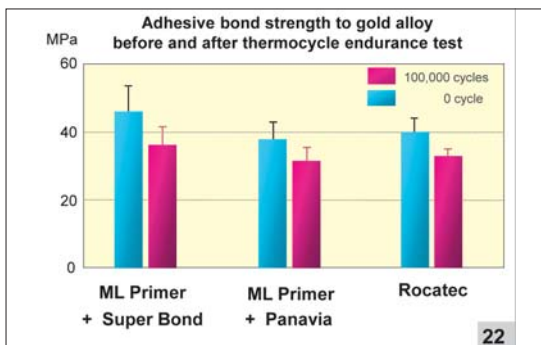


図6：Au 88%含有陶材焼き付け合金に対する剪断接着強度。いずれの接着システムも高い接着強度と接着耐久性を示している。

有するプライマーを塗布した金銀パラジウム合金や金合金はレジンセメントと強く接着する(図6)。設計面ではリテーナーを中心にメタルフレームの形状の見直しが行なわれた。最近の接着ブリッジは、初期のものに比べて剛性強度が格段に向上している^{文献1,11,12)}(図7)。

以上のように日本においては含硫黄系モノマーを応用した接着システムが採用されてきたが、海外では金属表面をシリカ(SiO₂)でコーティングした後、シランカップリング材を介して接着するシステムも使用されている。初期のシステムでは低かった接着強さや耐久性も、トリボケミカル反応を応用してシリカをコーティングするロカテックシステムになって性能向上が図られた。

接着ブリッジのリテーナーを含むメタルフレームは、加工性の良さや剛性の確保しやすさから金属が多用されてきた。しかし、審美性の問題からセラミックスの応用も試みられている。1990年代始めには、ガラス浸透強化型セラミックス(インセラム)を使用した接着ブリッジが試みられた。最近では、ジルコニアでメタルフレームを製作する接着ブリッジが紹介され、接着システムについてはMDPや4-METAなどの金属酸化物と反応性が高いモノマーの応用やロカテックシステムなどが有効とされている。課題としては、ジルコニアの靱性が歯科用合金の1/2程度にとどまることから、剛性の確保が難しいことである。金属を使用した従来のリテーナーとは異なったデザインの開発が必要となる。現状では、リテーナーの厚さが確保しやすい下顎前歯部が適応とされるが、臼歯部での応用も試み



図7：最近の典型的リテーナーデザインの接着ブリッジ。MIのコンセプトに則り、支台歯の隣在歯接触点などの歯質は削除せずに温存されている。

られ、長期臨床成績の報告が待たれるところである。

適応症例

欠損歯数からは、上下顎臼歯部および上顎前歯部の1歯欠損が適応症例となる。このような少数歯欠損に限るのは、リテーナーを含むメタルフレームの全長をできるだけ短くして、咬合圧下でも撓まないようにするためである。従来型ブリッジでは、欠損歯数が増加すればリテーナー数の増加で対応する。しかし、接着ブリッジではリテーナー数を増して接着維持力を強化しても、メタルフレームの全長が増えて撓みやすくなることで相殺となってしまう。すなわち、アスペクト比（縦横比）の大きいメタルフレームは撓みやすく、リテーナーの接着部分には挺楯作用も働いて大きな応

力が集中する。ここを起始点とする剝離は急速に拡大してブリッジが脱離する（図8）。

下顎前歯部については2～3歯欠損でも適用可能な場合が多い。下顎前歯部ではリテーナーを装着する舌側面が咬合に関与しないため、リテーナーはメタル厚さの確保が容易で、変形を生じさせないだけの剛性が得やすい。また、下顎前歯のリテーナーは比較的縦長の形状であり、リテーナー数を増しても上顎ほどアスペクト比が大きくなる場合も多い。このことも有利に働いていると思われる。

接着ブリッジの限界

先の項でも述べたように、接着ブリッジの場合にはリテーナー数の追加が、必ずしも維持力の増強にはならないことを十分に認識すべきである。同様に個々のリテーナーについても、メタル厚さが対合歯を削除しない限り、最大でもエナメル質の厚さを超えることができない接着リテーナーでは、いたずらに被覆部分を拡大しても相対的なメタル厚さの低下に繋がりがやすく、変形の可能性が高くなる。また、削除部分の拡大で咬合時のセントリックストップが消失すると、ブリッジの装着までの支台歯の移動や挺出防止といったメリットが失われることとなる。したがって、臼歯部や上顎前歯部における2歯以上の欠損への応用はリテーナー数の増加や被覆面積の拡大での対応は困難である。ピンホールやグループなどの機械的補助維持の併用は、リテーナーの接着面積の単純な増加よりも装着強さ改善を期待できることは確かである。しかし、あまりにも大胆に補助維持を付与すると、エナメル質の被着部分が減少して接着維持が不足する。また、エナメル質を対象とする接着維持とデンティンを対象とする機械的維持は、被着体の変形に対する挙動特性が大きく違っている。このため、全部被覆冠の支台歯におけるグループ付与ほどの効果は期待し難く、接着リテーナーの補助維持の効果は限定的と考えるべきである。したがって、補助維持の付与で欠損歯数の増加に対応できるとは考えない方が良い。

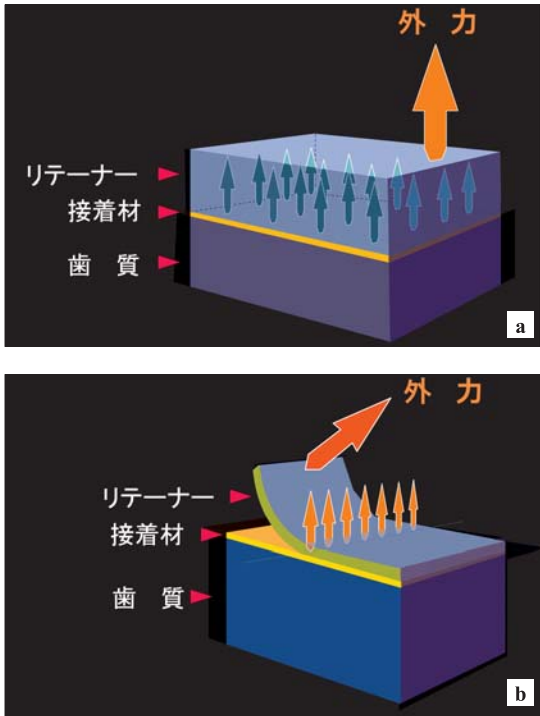


図8：接着ブリッジのリテーナーには咬合圧に耐えて変形しないだけの剛性確保が不可欠である。

a：メタルが荷重時にも変形を生じなければ、応力は接着界面全体に分散する。特定の部位への集中がないため、大きな荷重にも耐えることが可能となる。

b：メタルが荷重時に変形すると応力は変形部位にだけ集中して剝離が生じる。そこから周囲へと変形が連続して、剝離部分が拡大する。

接着ブリッジの装着まで

支台歯形成は、すべての充填物の除去から始める。これは、充填物と歯質で接着性レジンセメントの接着挙動が異なるためである。歯質削除は原則として無麻酔下で行なう。これは歯質削除の大部分がエナメル質に局限されるため、形成中に疼痛を生じることが少ないことに加えて、エナメル質の過剰削除を防止するた

めでもある。患者が疼痛を訴えた場合にはデンティンが露出する可能性が高く、それ以上の削除は控える。その際に、1 mm 程度のクリアランスが確保できていなければ対合歯を削除して対処する。欠損側隣接面の削除は、ポンティックとリテーナーの結合部の剛性強度を高めるために省略してはいけない。図9、10は前歯部および臼歯部における典型的なデザインの支台歯形成を示している^{文献1,13}。印象採得後の仮封は水硬性セメントを用いて行う。上顎前歯であれば、舌面の歯質削除部分に接着性レジンセメントをエッチングなしで築盛して仮封する。ポンティックがレジン前装の場合にはメタルフレームを12%金銀パラジウム合金で製作する。陶材前装の場合にはできるだけ金(Au)の含有率の高い焼付け用合金を使用する^{文献14}。完成したブリッジは、試適や咬合調整を終えた後、リテーナーの被着面にアルミナ粉末を使用してサンドブラストを行なう。続いて、チオールモノマー含有のプライマーを

塗布する。すべての合金にオールマイティーなプライマーは存在せず、効果的なプライマーは合金の種類により異なる^{文献14}。

装着において、支台歯のエナメル質部分にはリン酸エッチングを行う。レジンセメントをリテーナーに築盛してから支台歯に圧接する。コンポジット系のデュアルキュアタイプのレジンセメントでは、余剰セメントの除去後にもリテーナーの辺縁部にしっかりと光照射を行なう。この照射により、初期の装着強さが格段に向上する^{文献15}。

図11は金パラ合金製の接着ブリッジを装着した臨床例を示している。また、図12は陶材焼き付け用合金で製作した接着ブリッジで、ポンティックは陶材による前装がなされている。図13に示すように、金合金製のインレー装着においても接着システムは効果を発揮する^{文献14}。図14に前歯部における長期臨床例を示した。



図9：前歯部における典型的形状の支台歯形成。

a：オーソドックスなデザインで、グループは必要としない場合もある。

b：ドーナツ型のデザインは咬合が緊密な症例で用いられる。

図10：臼歯部における典型的形状の支台歯形成。

a：隣在歯との接触点を避けて形成が行われる。

b：舌側咬頭を削除せずに残す形成は、様々な臨床的メリットを有している。



図11：最近の金銀パラジウム合金製接着ブリッジ。ポンティックはハイブリッドレジンで前装されている。

リテーナーが剥離した症例への対応

金属接着用プライマーシステムが採用され、リテーナーデザインに改良が加えられた現在も、接着ブリッジのリテーナーが剥離する事故は完全にはなくなってはいない。

リテーナーのすべてが剥離してブリッジが脱離した症例では、支台歯に齶蝕を生じていなければ再装着が試みられることが多い。しかし、脱離にはフレームの剛性不足などブリッジ側に原因があることも多く、そのような場合には比較的短期間で再度の脱離を生じるため、再製作が必要となる。

ブリッジの複数のリテーナーの一部にだけ剥離を生じて、残りのリテーナーが固着したままという症例も存在する。その場合には、固着しているリテーナーを切削により除去してブリッジ全体を再製作する方法と、剥離したリテーナーだけを除去して、その部分だけを



図12：陶材焼き付け用金合金を用いて製作した接着ブリッジ。

a：高カット金含有焼き付け用合金（IFK-88，石福金属）の接着に有効な種類のチオール含有プライマー（ML プライマー，松風）を用いて装着した。

b：ポンティックの前装は陶材で行った。



図13：タイプ 金合金で製作したアンレー。

a：チオール含有プライマーは金合金にも有効である。

b：インレーとの強固な接着が期待されるため、舌側咬頭の歯質を保存した。

製作する2種類の方法がある。くれぐれも、固着しているリテーナーをリムーバーで除去する方法を試してはならない。図15に示したように、リテーナーに支台歯のエナメル質が付着したまま外れる例が多発するためである。

剝離したリテーナーだけを再製作する術式を紹介する。図16は、 を支台歯とする金銀パラジウム合金製の5ユニットの接着ブリッジである。装着2年後に、 のリテーナーの一部が破折し、ここだけにリテーナーの剝離を生じた(図17)。患者がブリッジ全体の再製作に応じなかったため、 のリテーナーだけを除去してから再製作し、キー&キーウェで既存の部分と連結することとした。剝離した のリテーナーを切断除去した後、再度のメタル破折が生じないように に修正の形成を施した。続いて、 のポンティックにキーウェを形成した(図18)。印象採得して得



図14：チオールモノマー含有プライマーで装着して21年間を経過した金銀パラジウム合金製の接着ブリッジ。

a：支台歯に強固に接着したリテーナーに剝離箇所は認められない。

b：ポンティックの硬質レジン前装部は磨耗が著しく原形を留めていない。



図15：接着ブリッジの除去時にリムーバーを使用してはならない。a, bいずれの症例においても、槌打の衝撃で破壊したエナメル質がリテーナーに付着している。



図16： の接着ブリッジを金銀パラジウム合金で製作して装着した。



図17：2年後にvcが破折して剝離を生じた。患者は全体を除去しての再製作を希望しなかった。このため、 部のリテーナーのみ再製作することとした。



図20： 部のキーウェー内面にも口腔内でアルミナブラストを行ってから、貴金属接着プライマーを塗布した。



図18：剝離した 部のリテーナーを切断除去して再形成した後、 6のポンティックにキーウェーを形成した。その後、精密印象採得を行った。



図21： 部の支台歯にはリン酸エッチングを施した。



図19： 部のリテーナーと、 6のポンティック部に挿入するキーを金銀パラジウム合金で製作した。この後、アルミナブラストを施してから、貴金属接着プライマー（アロイプライマー、クラレノリタケメディカル）を塗布した。



図22：コンポジットレジン系レジンセメント（エステティックセメント、クラレノリタケメディカル）で装着を行った。2年経過した時点で再剝離などの事故は生じていない。

られた模型上で、キー付きのリテーナーを金銀パラジウム合金で製作した。通法にしたがって、キーとリテーナーにはアルミナサンドブラスト後に、貴金属接着用プライマーを塗布した(図19)。口腔内の、6部のキーウェー内面にもアルミナブラストを行ってから、貴金属接着プライマーを塗布した(図20)。□の支台歯にはエナメルエッチングを施した(図21)。コンポジットレジン系レジンセメントを用いて再製作部分の支台歯への装着を行った(図22)。本法はブリッジ全体を除去する必要がなく、患者に与える苦痛も少ないことから実用性に優れた修理方法と思われる。

今後の課題

接着性レジンセメントの接着強さは30年前と変わらず、300kgf/cm²前後の強度にとどまっている。これは接着性モノマーが進歩して金属や歯質との接着界面での接着強さが向上しても、接着性レジンセメントのベースとなっているレジン材料の材質強度が300kgf/cm²前後のため、レジンセメント層の中で破断(凝集破壊)してしまい、接着強さが向上しないという事態になっている。今後、接着性レジンセメントが、レジンセメントのベース材料にポリイミドやメタルプラスチックなどのような高強度プラスチックを採用できるようになれば接着性能の飛躍的な向上が実現する。リテーナーの菲薄化やロングスパン接着ブリッジにとどまらず、リテーナーレスやセラミックス製接着ブリッジの臨床導入など、実用性向上のためにも高強度接着性レジンセメントの実現が望まれる。

謝 辞

これまでの17年に渡ってお世話になりました、歯学部先輩、後輩の諸先生方に心より御礼申し上げます。先生方のご健勝と歯学部のますますの発展を祈念いたしております。

参考文献

- 1) 田中卓男, 田上直美, 永野清司, 松村英雄: 新素材による接着ブリッジの臨床/テクニックのすべてと保険適用への効果的対応. 第1版, ヒョーロン・パブリッシャーズ, 東京, 2008, 14~21.
- 2) 松村英雄, 田中卓男: コバルト-クロム合金製接着ブリッジ10症例の長期臨床成績. 接着歯学, 20(3): 205-209, 2002.
- 3) 社団法人日本補綴歯科学会: 接着ブリッジのガイドライン. 補綴誌, 51(3): 437-483, 2007.
- 4) Rochetto AL.: Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. J Prosthet Dent, 30(4): 418-423, 1973.
- 5) Livaditis GJ, Thompson VP.: Etched casting: an improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. J Prosthet Dent, 47(1): 52-58, 1982.
- 6) 田中卓男, 永田勝久, 竹山守男, 中林宣男, 増原英一: 鑄造用 Ni-Cr 合金に接着するオパークレジンの研究(第2報) 不動態被膜による接着耐久性の向上. 歯理工誌, 20(52): 221-227, 1979.
- 7) 田中卓男, 永田勝久, 竹山守男, 中林宣男, 増原英一: 金合金に接着するオパークレジンの研究. 歯理工誌, 21(54): 95-102, 1980.
- 8) Tanaka T, Atsuta M, Nakabayashi N, Masuhara E: Surface treatment of gold alloys for adhesion. J Prosthet Dent, 60(3): 271-279, 1988.
- 9) 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, 6(5): 702-707, 1987.
- 10) 松村英雄, 中村光男: 貴金属用プライマーの特性と臨床応用法. 日歯評論, 675: 103-116, 2001.
- 11) 真坂信夫: 接着ブリッジの臨床(2)接着ブリッジの診断から装着までの実際(上). 日歯評論, 490: 159-178, 1983.
- 12) 真坂信夫: 接着ブリッジのシステム化. 接着歯学, 3(9): 77-86, 1987.
- 13) 嶋倉道郎, 田中卓男: 支台歯形成のかんどころ. クインテッセンス出版, 東京, 2012, 107-122.
- 14) Okuya N, Minami H, Kurashige H, Murahara S, Suzuki S, Tanaka T.: Effects of metal primers on bonding of adhesive resin cement to noble alloys for porcelain fusing. Dent Mater J., 29(2): 177-187, 2010.
- 15) 塩向大作, 南弘之, 嶺崎良人, 田中卓男, 鈴木司郎: 修復物直下のデュアルキュアレジンセメントにおける照射後の硬度の短時間変化. 接着歯学, 29(4): 29, 2012.