総 説

オールセラミッククラウンの各種支台に対する接着

安田 登

Bonding of All-Ceramic Crowns to Abutments Consisting of Several Materials

Noboru Yasuda

Abstract : Although all-ceramic crowns have been recognized as very good esthetic restorations, they need a great deal of tooth substance elimination and a sufficient crown thickness because they are brittle. Many strong and tough ceramics have been developed to overcome this weak point such as a core-strengthened ceramics and a castable glass ceramics. The progress of adhesive dentistry has subsequently contributed so that all-ceramic crowns have been widely used in daily practice. Strong bondings between all-ceramic crowns and abutment teeth as a dentinoenamel junction of the natural tooth have reinforced the brittleness of all-ceramic crowns. Many adhesive resins have been developed to bond restorations to tooth substances (enamel, dentin and cementum), dental alloys, ceramics and composite resins. These bonding systems, however, are very technique-sensitive and can not demonstrate the ability if not applied properly. The most effective surface treatment of abutments for ceramic bonding are presented in this paper.

Key words : all-ceramic crown, ceramic bonding, adhesive dentistry, surface treatment

I. 緒 言

オールセラミッククラウンはポーセレンジャケットクラウンと呼ばれた昔から、類まれな美しさが得られる反面、破折しやすいことが最大の欠点としてあげられていた¹⁾。したがって、クラウンとしての強度を得るためには、支台歯の削除量を多くして十分な厚みを確保する必要があった。いかに審美性に優れているとはいえ、特に生活歯ではあまりにも大きな代償を払っているといわざるを得ない。

この欠点を改善するために最初にセラミック材料自体の改良が行われ、強度の優れたアルミナポーセレンやマイカ系、リン酸カルシウム系などのセラミックスを用い鋳造法で製作するキャストブルセラミックスなどが次々と開発された²⁾。

しかし、今日オールセラミッククラウンが臨床でも高い評価を得られるようになったのは、接着歯学の発展が大きな影響を与えていると考えられる。ガラスやセラミックス

と同じように脆弱さを有するエナメル質が、臼歯部においても立派に機能しているのは、下に存在する象牙質との強固な結合によることは周知の事実である。したがって、セラミックスと支台歯とを強固に接着することができるならば、セラミック材料の脆弱性を補強しうるものと考えられる。

接着性レジン³⁾の接着力は最初、エナメル質に対してのみ有効であったが³⁾、その後、象牙質に対しても再現性の高い接着が得られるようになり⁴⁾、さらには修復物側の歯科用金属⁵⁻⁷⁾、セラミックス⁸⁻¹²⁾、硬質レジン¹³⁻¹⁵⁾など、すべての歯冠修復材料に強固に結合することが可能になった。しかしながら、現在の接着性レジン¹⁶⁾は指示されたとおりに、しかも確実に行わないとその性能は著しく損なわれることも知られている。

本稿では、確実な接着力を得るためにセラミックス側のみならず、各種の材料で製作される支台歯に対して、それぞれ現在最も適切な処理方法と考えられるものを紹介し、重ねて臨床における注意点について考察してみたい。

II. オールセラミッククラウンの接着にかかわる問題点

オールセラミッククラウンの臨床における問題点のう

東京支部（第一生命保険日比谷診療所）
Tokyo (Health Promotion and Medical Center, The Dai-Ichi
Mutual Life Insurance Company)

ち、特に接着にかかわる項目を列挙した (表 1)。脱落や二次齲蝕はオールセラミッククラウンに限ったことではないが、他の修復物に比べて破折が圧倒的に多いのが大きな特徴である。それは、材料自体がメタルなどに比較してきわめて脆いことがあげられるが、むしろ修復物と支台歯が強固に結合せず、両者が一体化していないことが原因として考えられる。

例えば、天然歯のエナメル質はきわめて脆いことが知られている。日常使用されているすべてのセラミックスよりも衝撃強さ、たわみ強さが劣っている¹⁶⁾。しかし、それでも臨床においてエナメル質が頻繁に割れて困るということはない。それは、エナメル質の下に存在する象牙質と強固に結合しているからと考えられている。その結合強さは人歯では引張り強さで 51.5 ± 13.0 Mpa の値を示し、界面の SEM 観察では象牙質方向に凸な波状構造を呈していて、エナメル質と象牙質由来のハイドロキシアパタイト結晶が互いに入りまじり、三次元的な接合層を形成していると考えられている¹⁷⁾。要するにそれだけ緊密に両者は結合しているからこそ、弱いエナメル質でも簡単に破折することがないと考えられる。

したがって、同じように脆い材料であるオールセラミッククラウンを歯質に装着するには天然歯のエナメル-象牙境 (dentinoenamel junction) と同じような構造体とする必要がある。しかし、オールセラミッククラウンの装着はエナメル質と象牙質のように単に 2 種類の異なる材質の結合とは違い、大きく分類してもオールセラミッククラウン-装着材-支台歯の 3 層構造になる。さらに細かく観察すればオールセラミッククラウンでは内面にオベーク構造を有する場合もあり、支台歯は象牙質をはじめとした歯質だけでなく、メタルコアやレジンコアなどの材料も考慮しなくてはならない。したがって、それぞれの界面で強固な結合を得ようとすれば、それぞれに最適な処理を行う必要がある。その処理面も結合界面と考えれば、多層、多面の複雑な構造をしていると考えられる¹⁸⁾。それだけオールセラミッククラウンの装着、あるいは接着は難しい要素をもつと考えられる。

III. セラミック材料への接着

接着性レジンの登場からしばらくしてセラミック材料への応用も検討され始めた⁸⁻¹²⁾。接着性レジンを使用することによって、接着強さ、辺縁封鎖性、補強効果のいずれも

が従来型セメントである燐酸亜鉛セメント、カルボキシレートセメント、グラスアイオノマーセメントなどに比較すると優れていることが報告されている^{19,20)}。したがって、オールセラミッククラウンの脱落や破折を防ぎ、なおかつ二次齲蝕を生じさせないためには、接着性レジンセメントの使用は不可欠と考えられる。

1. 主な接着性レジンセメントの種類

表 2 によく使用されている接着性レジンを示す²¹⁾。他にもセラミック材料付属のセメントも市販されているが、現在、評価の高い接着性レジンセメントとしてはいずれも国産のレジンセメントの 4 種類があげられる。単官能性のメチルメタクリレートを主成分としたスーパーボンド C & B を除けば、他の 3 種は多官能性メタクリレートに無機質フィラーを用いるコンポジットレジン型のセメントで別にボンディング剤を必要とする。

2. 焼成セラミックスとキャストابلセラミックスに対する接着強さ

図 1, 2 に数種類の市販接着性レジンセメントの焼成セラミックスとキャストابلセラミックスに対する接着強さを示す²²⁾。接着後 37°C 水中に 24 時間浸漬、4°C と 60°C の熱サイクルを付加した後の接着強さを示しているが、総体的にはキャストابلセラミックスより焼成セラミックスに対する接着強さのほうが高い値を示している。また、熱サイクル前はどの接着性セメントもある程度の接着強さを示すが、熱サイクル後は大幅に低下してしまうものも認められる。しかし、この研究報告からは適切な接着性レジンセメントを選択し、適切な処理を施せばセラミックスに対してもある程度の接着強さが得られることも理解される。

3. セラミックスと接着性レジンの接着機構

上述のように接着性レジンセメントを用いればセラミックスに接着することが可能である。しかし、周知のようにセラミックスは非常に不活性な物質であるため、結合にはセラミックス表面に対して各種の前処理が必要と考えられ、現存の接着性レジンではどれを用いても処理なしで接着することはほとんど期待できない。

現在、セラミックスと接着性レジンの接着機構としては、機械的結合と化学的結合の 2 つが考えられ、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。

表 1 接着が関与すると考えられる
オールセラミッククラウンの問題点

・クラウンの破折
・クラウンの脱落
・支台歯の二次齲蝕

表 2 主な接着性レジンセメントの種類²¹⁾

商品名	製造	形態	重合法
スーパーボンド C & B	サンメディカル	粉液	常温
パナビア 21	クラレ	ペースト	常温
ビスタイトレジンセメント	トクヤマ	ペースト	常温・光
インバーバデュアル	松風	粉液	常温・光

図1 焼成セラミックスと接着性レジンセメントの接着強さ²²⁾ 図2 キャスタブルセラミックスと接着性レジンセメントの接着強さ²²⁾

1) 機械的結合

機械的結合はセラミックスの表面に微細な凹凸を付与し、その孔の中にレジンセメントが侵入、硬化して、セラミックスとレジンとの機械的嵌合力によって結合力を発揮するものである。そのためにはセラミックスの表面に確実に孔を開ける方法と、確実に浸透していく接着性レジンの組合せが必要となる。現在考えられている処理方法は、表3に示すように酸処理、アルミナによるサンドブラスト、また口腔内使用を目的として他の方法の適応が困難な場合には、ダイヤモンドポイントをはじめとして各種切削器具で表面を粗糙にすることも有効である。

酸処理については、フッ化水素酸は取り扱いが危険なこと、他のものはあまり効果的ではないこと、そして、酸処理を施さずに同等の効果をえられる方法、接着性レジンが開発され、現在では使用しない傾向にある。しかし、確実に機械的結合を得るためにはやはり効果的であることは間違いない²³⁾。

2) 化学的結合

(1) 歯科で用いるシランカップリング剤

化学的結合に関しては、セラミックスと接着性レジンが無機質と有機質、いわば水と油のような関係と理解されることから、その両者を仲立ちする物質が必要となる。それ

表3 接着性レジンとセラミックスとの結合

機械的結合	化学的結合
<ul style="list-style-type: none"> ・酸処理 フッ化水素酸 10% フッ化水素アンモニウムリン酸 ・アルミナサンドブラスト 粒径 50 μm, 2~4 気圧 ・回転切削 ダイヤモンドポイント カーボラダグポイント 	<ul style="list-style-type: none"> ・シランカップリング剤 加熱処理 pH を下げる

図3 γ-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン (γ-MPTS)

図4 シランカップリング剤の接着作用機序

がシランカップリング剤と呼ばれるもので、1つの構造式の中に無機質と反応する部分と有機質と反応する部分の両方を合わせもつ。現在では、どんなに優れた接着性レジンでもセラミックスと接着させるためにはシランカップリング剤の使用が不可欠である。歯科で用いられるシランカップリング剤は図3に示すγ-メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン (γ-MPTS) で、左の部分のメタクリロイル基が歯科用のメタクリルレジンと類似の構造をして、メタクリルレジンと共重合できる形になっている。また、右の部分のトリメトキシシリル基によって陶材表面と化学的に結合すると考えられている。

(2) シランカップリング剤の接着作用機序

γ-MPTSの作用機序についてはさまざまな説が提唱され、いまだ確定されたものはないが、現在、最も広く受け入れられているメカニズムが図4である。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) がセラミックス表面の OH 基と反応してシロキサン結合 (Si-O-Si) を生成する。この結合によって、セラミックス表面はシランカップリング剤のメタクリル基で覆われた格好になり、水になじむセラミックスの表面が逆に水をはじく性質に変化する。すなわち、表面の性質はレ

ジンに類似したものになり、その結果レジン系セメントで接着させることが可能になる。

(3) シランカップリング剤の活性化

接着性レジンとセラミックスとの間で良好な接着を得るためのポイントは、いかにシランカップリング剤が有効にセラミックス表面を覆うか、いい換えれば、いかにシランカップリング剤をセラミックスと効率よく反応させるかにある。この反応促進のための操作をシランカップリング剤の活性化と呼ぶ。

通常、化学反応を促進させるために最も有効な手段は加熱処理であるが、シランカップリング剤の活性化も同じように加熱処理が効果的である。したがって、シランカップリング剤を塗布した後に何らかの方法で加熱するとよいと考えられている。図5に高橋らによるシランカップリング剤の加熱条件の違いによる接着強さの変化を示したが、130°C、3分間加熱した場合が最も優れた接着強さを示している²⁴⁾。

また、酸によってシランカップリング剤を活性化する方法もあり、市販の表面処理剤の多くがこの方法を用いている。

(4) 主な市販シランカップリング剤

表4に主な市販のシランカップリング剤を示すが、前述のごとく歯科で用いられるシランカップリング剤はすべて同じγ-MPTSを用いており、製品間の差はシランカップリング剤をいかに効率よく活性化するか、あるいは操作の簡便さを求めるかによって異なる。

1液性から3液性まで形態が異なっているが、2液性のものは一方にシランカップリング剤、他方にそれを活性化

する酸性モノマーが入っているのが一般的である。3液性のものはさらに重合触媒が入って、それだけで重合が完結する形式になっている。1液性は簡便ではあるものの、効果が安定しない、貯蔵性が悪いなどで高い評価はない²⁴⁾。

すべての接着性レジンセメントにシランカップリング剤が必要であると同様、現在臨床に用いられている全種類のセラミックスの接着にシランカップリング剤が必要とされている。すなわち、現在ではシランカップリング剤なくしてはセラミックスの接着は成り立たないといえる。

IV. 口腔内の各種支台に対する接着

表5に示すように口腔内の支台歯を構成する材質には多くのものがあげられる。歯質（エナメル質、象牙質、セメント質）のみならず、歯科用合金（貴金属、非貴金属、アマルガム）、コンポジットレジン、セラミックスなど数種類に及ぶ。さらにこれらが複雑に絡み合って1つの支台を構成することが少なくない。したがって、最適の接着を求めるならば用いられている材質ごとに、最適の処理を行う必要がある。

1. 接着性レジンセメントの種類と各種材質に対する接着強さ

表6に接着性レジンの種類とメーカーが公表している各種材質に対する接着強さを示した²²⁾。メーカーの公表値であって接着性レジンセメント間の比較はここではできないが、適切な処理を行うことによって、口腔内に存在するすべての材質に対してある程度の接着力が得られるということは理解される。

2. 各種支台材料に対する最適の前処理法

1) 歯質

エナメル質支台にはリン酸エッチングが最適で、リン酸

図5 シランカップリング剤の加熱条件による接着強さの変化²⁴⁾

表4 主な市販シランカップリング剤

・ 1液性：未活性化，即活性化
(インパーバポーセレンプライマー：松風)
・ 2液性：シランカップリング剤＋酸性モノマー
(ポーセレンライナーM：サンメディカル
セラミックプライマー：トクヤマ)
・ 3液性：シランカップリング剤＋酸性モノマー＋重合触媒
(クリアフィルポーセレンボンド：クラレ)

表5 口腔内の支台歯を構成する材質

・ 歯質：エナメル質，象牙質，セメント質
・ 歯科用合金：貴金属，非貴金属
・ コンポジットレジン
・ セラミックス

表6 接着性レジンセメントの種類と接着強さ (MPa)²²⁾

商品名	エナメル質	象牙質	貴金属合金	非貴金属合金	セラミックス
スーパーボンド C & B	15	13	29	31	20
パナビア EX	29	20	37	48	38
ビスタイトレジン セメント	16	10	22	25	20
インパーバデュアル	34	20	32	35	21

表 7 貴金属接着性モノマーを含むプライマー²⁹⁾

プライマー	接着性モノマー
V-プライマー (サンメディカル)	VDT*
メタルプライマー (ジーシー)	MEPS**
アロイプライマー (クラレ)	VDT+MDP***
メタルタイト (トクヤマ)	MTU-6****

*VDT: トリアジンチオール誘導体, **MEPS: チオ燐酸エステル, ***MDP: 燐酸エステル, ****MTU-6: チオウラシル誘導体

によって生じたエナメル質表面の凹凸に接着性レジンが侵入して生成されるタグによって接着力が発現すると考えられている。

また、象牙質支台とセメント質支台には各種象牙質接着システムが有効であり、象牙細管内のレジntagに加えて管間象牙質、管周象牙質に生成する樹脂含浸層が重要な役割を担っている。

2) 金属

(1) 貴金属合金支台

金合金、金パラ合金、銀合金などの貴金属に対して、古くは強酸処理、加熱酸化処理²⁵⁾があり、さらにはSn電析処理²⁶⁾、シリコーターシステム²⁷⁾などが推奨されたが、現在では操作の簡便さから表7に示すような貴金属接着性モノマーを含むプライマー処理が広く行われている^{28,29)}。接着機構は十分解明されているとはいえないが、分子内の硫黄(S)が接着に関与しているといわれ、表7に示されるプライマーにもすべて硫黄(S)が含まれている。

金属に対する接着も前述のセラミックスに対するのと同様、機械的結合と、化学的結合に整理すると理解しやすい。アルミナの粒子が散乱するため口腔内の環境においては使用が困難だが、プライマー処理の前に機械的結合を得るため50 μ mアルミナ粒子によるサンドブラストを施すことがより効果的である。

(2) 非貴金属合金支台

アマルガム、Co-Cr、Ni-Crなどの非貴金属合金に対する接着には50 μ mアルミナサンドブラスト処理の後、表8に示す各種プライマーを塗布することによって接着性が付与される²⁹⁾。金属表面に生じた酸化皮膜と機能性モノマーとによる水素結合が接着の主因子であると考えられている。しかし、非貴金属合金に対するプライマーはその多くが口腔内での使用を前提としていないので、口腔内の支台に対しては注意が必要である。現在、口腔内の使用が認可されているのは、スーパーボンド液剤と貴金属合金にも効果があるとされるアロイプライマーだけである。

3) コンポジットレジン

コンポジットレジン支台と接着性レジンとの結合は同じレジンであることから容易であると考えられている。しかし、マトリックスに多官能性メタクリレートを用い、強度を得るために多量に含有された無機質フィラーによって成

表 8 非貴金属接着性モノマーを含むプライマー²⁹⁾

プライマー	接着性モノマー
スーパーボンド液剤 (サンメディカル)	4-META*
トクソーリベース MR ボンド (トクヤマ)	MAC-10*
アクリルボンド (松風)	4-AET*
セシードオベークプライマー (クラレ)	MDP**
アロイプライマー (クラレ)	VDT+MDP
メタルプライマー (ジーシー)	MEPS***

*4-META, MAC-10, 4-AET: カルボン酸誘導体;

MDP: 燐酸エステル; *MEPS: チオ硫酸エステル;

り立っている現在のコンポジットレジンでは、同じレジン同士といっても化学反応による結合はあまり期待できない。特に、表層の未重合層を形成によって切削してしまったコンポジットレジンや、長期間口腔内に存在していたコンポジットレジンでは接着がきわめて困難である。そこで、現在では少量のマトリックスよりもむしろ、多量に混入されている無機質のフィラーに照準を合わせて接着させることのほうが多い。

したがって、セラミックスと同様、50 μ mアルミナサンドブラストで表層を1層削除して機械的嵌合力を得ると同時に、内部に存在する無機質フィラーを表面に出して、シランカップリング剤を応用する方法が推奨されている¹⁵⁾。

4) セラミックス支台

審美歯科の高まりとともにメタル色を可及的に避ける目的で、特に前歯部ではセラミックスを用いて支台築造を行うこともある。その場合には、すでに述べてきたようにセラミックスに対する処理を行う。すなわち、50 μ mアルミナサンドブラスト処理に、シランカップリング剤の塗布を行ってから接着性レジンを応用する。

V. 臨床経過観察と臨床における注意点

上述のようにオールセラミッククラウンの接着は多くの困難を伴う。しかし臨床においては、接着がオールセラミッククラウン成功の鍵を握っていることも間違いのない事実である。

オールセラミッククラウンの臨床成績は選択したセラミック、セメントの種類によってもさまざまである^{12,18,30-32)}。図6, 7に示す東京都内の一歯科医院で行ったセメント別の観察期間別生存数と事故数の報告は、一般臨床に最も即して興味深い¹⁸⁾。図6はBTというセメントでキャストフルセラミックスを装着したときのものです。75症例中、46例に破折や脱落のトラブルがあり、事故率は61%にものぼっている。図7はSBというレジンセメントで164例中、23例、事故率14%という成績が示されている。観察期間がBTで2年から2年半、SBは3年から3年半であるので比較的短期間の経過観察である。この数値が高いのか低いのかは評価の分かれるところであ

図 6 観察期間別生存数と事故数 (BT)¹⁸⁾ 図 7 観察期間別生存数と事故数 (SB)¹⁸⁾

るが、金属に比べればトラブルの率が高いことは間違いなく、審美性獲得の代償としてはあまりにも大きいといわざるをえない。したがって、オールセラミッククラウンを選択した以上、現時点においては以下に示す臨床上的の注意点を守り、少しでも寿命を長くするように努めることが必要である。

1. 適応症の選択

オールセラミッククラウンを成功に導くために最も重要なことは、適応症を選択することにあると考えられる。そして、現時点におけるオールセラミッククラウンの適正な評価を患者に伝え、理解を得るインフォームド・コンセントが大切である。つまり、審美性に優れて、生体適応性の高い材料ではあるが、金属による修復よりも破折しやすいこと、脱落しやすいことを患者に十分理解させる必要がある。どんな修復法でもそれぞれ利点欠点があり、修復法を決定するのに考慮しなくてはならない因子も数多いので、それらを踏まえた上で選択する必要がある。

2. 適切な材料の選択

次に大切な事は適切な材料の選択で、そのための情報収集には極力努めるように心がける。少なくともメーカーによる公表値を鵜呑みにすることは避けなくては行けない。信頼できる研究機関などによる臨床的な評価が出ていない段階では、その修復法を選択すること自体が大きなリスクを背負っていると考えるべきではない。セラミックス、接着システムいずれもそうだが、発売してまだ臨床評価の固まらない1年か2年間で次々とバージョンを変更していく製品の使用に当たっては、さらに大きなリスクを伴うことを覚悟しておかなくてはならない。

3. 確実な接着操作

以上の2点を十分考慮し、理解した上でオールセラミッククラウンを修復処置に選択したならば、1日でも口腔内で長く機能を営むように、現在考えられている最善の処置

を施さなくてはならない。

接着に関することでは、接着を阻害する因子を十分に排除する、そして、先程述べた最適な前処理を適切に行うことなどがあげられる。接着阻害因子には唾液、血液があり、これらが接着界面に付着しないように努める。その意味ではラバーダムの装着は有効である。しかし、オールセラミッククラウンが適切な位置に装着されたかを確認するのに咬合させる場合にはその限りではない。

タービン、あるいはスプレーからもれるオイルの汚染、およびシリコン系の適合試験材を用いた場合には、そのシリコンオイルの汚染が考えられる。これらはすべて接着にとっては阻害因子、場合によっては分離剤として働くものもあるので、これらが触れた場合には新たに溶剤中での超音波洗浄から処理し直すことが重要と考えられる。

次にどの材料を選択したとしても、選択した材料に習熟しなくては材料の特性を生かすことはできない。とくに接着性レジンセメントはまだ technique-sensitive の高い材料であるので、適切な前処理、適切な操作を重ねてはじめて効果を発揮するものと考えべきである。しかも、臨床においては実験室で得られるような接着強さは、最適な条件が揃ったとき以外は期待できないと考えたほうがよい。

VI. 総 括

材料の進歩が治療法に革新をもたらすことは事実である。機能回復が優先していた時代からいつそうの審美性が重要視される現代では、オールセラミッククラウンに対する期待は大きい。近年の接着技術の向上でオールセラミッククラウンに一筋の光明がみえ始めたことも確かである。しかしながら、現時点では確実に成功する、すなわちメタルクラウンと同様の耐用年数を保証でき得るオールセラミッククラウンはない。しかも、審美性が得られる代償として歯質の多量削除、オールセラミッククラウンの破折に対するリスクを背負わなければならないことは十分理解しておく必要がある。

歯科における接着は実験室においては歯質にも、セラミックスに対しても、おそらく実用に耐えうるであろう接着強度は示されるようになった。しかし、口腔内という過酷な条件下で同程度の接着信頼性が示されるかどうかは疑問である。オールセラミッククラウンの脆弱性を補うために接着性レジンセメントが導入されたが、同時にこれはオールセラミッククラウンの成否がひとえに接着に委ねられていることに他ならない。したがって、接着に関する知識、訓練を十分に重ねた上で、オールセラミッククラウンに取り組むことが重要であると考えられる。

文 献

- 1) Crispin BJ (安田 登). Contemporary esthetic dentistry : practice fundamentals (最新審美と接着 155-163, 東京 : クインテッセンス出版, 1995), 1994.
- 2) 青木秀希. 歯科に登場したファイン・セラミックス. デンタル・ファイン・セラミックスの現況を探る 131-136, 東京 : クインテッセンス出版, 1986.
- 3) Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. J Dent Res 34 : 849-853, 1955.
- 4) 中林宣男. 接着界面の象牙質側に生成した樹脂含浸象牙質について. 歯材器 1 : 78-81, 1982.
- 5) 安田 登, 佐々木三男, 茂木知治ほか. Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について 第 2 報 新しい接着性レジンモノマー 4-META の Finishing Line への応用. 補綴誌 22 : 525-531, 1978.
- 6) 竹山守男, 檀刈信郎, 中林宣男ほか. 歯科用即硬性レジンに関する研究 (第 17 報) 歯質および歯科用合金に接着するレジン. 歯理工誌 19 : 179-185, 1978.
- 7) 田中卓男, 永田勝久, 竹山守男ほか. 歯科用合金に接着するオパークレジンの研究. 歯理工誌 21 : 95-102, 1980.
- 8) Newburg R, Pameijer CH. Composite resins bonded to porcelain with silane solution. J Am Dent Assoc 96 : 288-291, 1978.
- 9) 窪田敏之. 歯科用接着性レジンのセラミックスに対する接着挙動について (第 1 報). 歯材器 3 : 739-746, 1984.
- 10) Matsumura H, Nakamura M, Nakabayashi N et al. 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 6 : 135-139, 1987.
- 11) Morikawa T, Matsumura H, Atsuta M. Bonding of a mica-based castable ceramic material with a tri-n-butylborane-initiated adhesive resin. J Oral Rehabil 23 : 450-455, 1996.
- 12) 畑 好昭, 飯島 浩, 多和田泰之ほか. オリンパス・キャストابل・セラミックス (OCC) の接着. 補綴誌 41 : 888-894, 1997.
- 13) Chan KC, Boyer DB. Repair of conventional and microfilled composite resins. J Prosthet Dent 50 : 345-350, 1983.
- 14) Matsumura H, Hisamatsu N, Atsuta M. Effect of unfilled resins and silane primer on bonding between layers of a light-activated composite resin veneering. J Prosthet Dent 73 : 386-391, 1995.
- 15) 田中卓男, 吉田圭一, 松村英雄ほか. レジン人工歯に応用した接着ブリッジの研究 硬質レジン歯の接着強度について. 接着歯学 12 : 270-275, 1994.
- 16) 畑 好昭, 鈴木 基, 飯島 浩ほか. キャスタブル・セラミックス (OCC) の材料合成と物性. 補綴誌 32 : 52-61, 1988.
- 17) 浦部 功, 佐野英彦, 猪越重久ほか. エナメル象牙境におけるエナメル質と象牙質の生物学的接着強さ—エナメル象牙境の引っ張り破壊強さ—. 接着歯学 16 : 1-6, 1998.
- 18) 萩原 治, 鎌田 敦, 菅野秀実ほか. 新しいセラミックスへの期待と蹉跌 (3). 歯界展望 87 : 617-632, 1996.
- 19) 吉田圭一, 舟木和紀, 棚川美佳ほか. 各種合着用セメントの諸性質. 補綴誌 39 : 35-40, 1995.
- 20) 吉田圭一, 熱田 充. 合着と接着. 安田 登, 田上順次編, 新しい齲蝕学・修復学を求めて 171-176, 東京 : 医歯薬出版, 1997.
- 21) Kato H, Matsumura H, Tanaka T et al. Bond strength and durability of porcelain bonding systems. J Prosthet Dent 75 : 163-168, 1996.
- 22) 森川達也, 加藤英材, 松村英雄ほか. オールセラミックス系補綴物の接着について. QE 14 : 179-189, 1995.
- 23) 松村英雄. セラミックスの接着に関する最近の進歩. 真坂信夫, 安田 登編, 接着の臨床—治療を補う歯科治療— 113-122, 東京 : 医歯薬出版, 1996.
- 24) 高橋英登, 山瀬 勝, 新谷明喜. 接着歯学への疑問に答える. 歯界展望 85 : 1404-1406, 1995.
- 25) 田中卓男, 熱田 充. 4-META 系接着材による金合金の接着理論と臨床への応用. 日本歯科評論 479 : 50-61, 1982.
- 26) 山下 敦, 近藤康弘, 藤田元英. 歯科接着性レジン・パナビア EX' の歯科用合金に対する接着強さ その 2 貴金属合金との接着について. 補綴誌 28 : 1023-1033, 1984.
- 27) Tiller HJ. シリコーターシステムによる金属とレジンの新接着技術. 接着歯学 4 : 6, 1986.
- 28) 小島克則. SH 基を有する官能性モノマーの歯質および歯科用合金への接着に関する研究. 歯材器 5 : 92-105, 1986.
- 29) 松村英雄. 接着歯学への疑問に答える. 歯界展望 85 : 1395-1399, 1995.
- 30) Eden GT (山本裕子, 丸山剛郎). The current study of Dicor castable ceramic crown (マイカクリスタル系キャストابل・セラミックスの歯冠修復物への応用研究の現在. デンタル・ファイン・セラミックスの現況を探る 141-150, 東京 : クインテッセンス出版, 1986), 1986.
- 31) 新谷明喜. リン酸カルシウム系結晶化ガラス (CPCC) クラウンの基礎と臨床応用. デンタル・ファイン・セラミックスの現況を探る 167-172, 東京 : クインテッセンス出版, 1986.
- 32) 六人部慶彦, 日野年澄, 中村隆志ほか. 新しいポーセレンシステム IPS EMPRESS を用いた審美補綴の臨床. QE 11 : 38-44, 1992.

著者連絡先 : 安田 登

〒100-8411 東京都千代田区有楽町 1-13-1

第一生命保険日比谷診療所

TEL 03-5221-3369