原 著 論 文

セラミックアバットメントに関する研究

—表面処理の相違が接着強度に及ぼす影響—

檜山 礼秀 萩原 芳幸 村松 透 川本 善和
小峰 太 小泉 政幸 五十嵐孝義

A Study of Ceramic Abutment

—Influence of Various Surface Treatments for Bond Strength—

Norihide Hinokiyama, Yoshiyuki Hagiwara, Toru Muramatsu, Yoshikazu Kawamoto,
Futoshi Komine, Masayuki Koizumi and Takayoshi Igarashi

Abstract : CerAdapt (Nobel Biocare), the ceramic abutment made from densely sintered high-purity aluminium oxide, was developed for single unit implant restoration with good esthetics and biocompatibility. However, there have been few clinical reports in the literature about surface treatment and bond strength of CerAdapt.

The purpose of this study was to evaluate influence of various surface treatments on CerAdapt for shear bond strength of IPS Empress (IVOCAR) cemented with Variolink II (VIVADENT). The surfaces of CerAdapt were treated by sandblasting with aluminium oxide for 10 seconds, 37% phosphoric acid for 60 seconds and 5% hydrofluoric acid for 60 or 120 seconds. As a control, the surface was not treated. Shear bond test was carried out with Instron 5567 (Instron Japan) at a cross-head speed of 1.0 mm/min.

The results were as follows :

1. The highest bond strength was obtained with sandblasting (20.8 ± 1.85 MPa).
2. The treatment with 5% hydrofluoric acid for 120 seconds (11.4 ± 1.14 MPa) significantly decreased the bond strength of control (13.6 ± 1.62 MPa).

Key words : osseointegrated implant, ceramic abutment, surface treatment, resin cement

I. 緒 言

歯科インプラントに対する評価は、数多くの基礎的研究および臨床応用による長期経過観察によって広く実証され、予知性の高い治療として認められつつある^{1~5)}。

日本大学歯学部補綴学教室クラウンブリッジ学講座 (主任：五十嵐孝義教授)

Department of Crown and Bridge Prosthodontics, Nihon University School of Dentistry (Chief : Prof. Takayoshi Igarashi)
平成 12 年 3 月 31 日受付

オッセオインテグレーションの概念に基づく骨結合型インプラントが臨床に取り入れられた当初は、咀嚼をはじめとした機能の回復に重点が置かれていたが、今日では、機能性のみならず審美性の回復が必要とされてきている⁶⁾。これらの要求を満たすものとして、直接フィクスチャーに上部構造体がネジ止めされる Non-Segmented 型のアバットメントが数多く臨床応用されている^{7~10)}。しかし、ほとんどのアバットメントはチタン製^{7,8)}であるため、周囲の軟組織が金属色を透過してしまい、歯頸部歯肉を含め、十分な審美性の回復が望めないことがある。そこでこれらの欠点を

改善し、より天然歯に近似した審美性を回復するために、天然歯に類似した色調を有するセラミックアバットメントが開発された¹¹⁻¹⁴⁾。これらのなかでも Cer-Adapt (Nobel Biocare, 以下, CA と略す) は、天然歯の象牙質色に近似した色調を有し、エマージェンスプロファイルといった解剖学的形態の再現や天然歯の支台歯形成と同様なフィニッシュラインの設定を行うことができ、特に審美的要求が高い症例に応用されている¹⁵⁻¹⁷⁾。CA を用いた際の上部構造体としての歯冠修復物は、オールセラミックス等の透明性を有する材料を用いることが適切と考えられ、また、これらを装着する際には、補強効果および破折防止の観点からもレジンセメントを用いることが適切であると思われる。しかし、CA の使用に際しては、メーカーの推奨するセメントや CA に対する表面処理方法の指示はなく、それらに関する報告¹⁸⁾も少ないのが現状であり、CA に対する表面処理法の相違が接着強度に及ぼす影響については明らかにされていない。

そこで本研究では、審美的歯冠修復装置として広く臨床応用されてきているオールセラミック修復材料¹⁹⁻²¹⁾の 1 つである IPS Empress (IVOCLAR, 以下, エンプレスと略す) と、エンプレス専用のレジンセメントである Variolink II (VIVADENT, 以下, V-II と略す) を選択し、CA に対する表面処理法の相違が接着強度に及ぼす影響について、表面性状、剪断接着強度および SEM 像観察で比較検討を行った。

II. 材料と方法

1. 接着試料

1) 上部構造体のクラウンとしてのセラミック試料の製作

CA に対する上部構造体のクラウンとしてのセラミック試料 (以下, クラウン試料と略す) は、 $\phi 3.0 \times 2.0$ mm のペレット状となるよう調整を行ったアクリル材料を IPS Empress Working Procedure²²⁾ に従い埋没し、鋳型をリングファーネス (CF-IV, 千代田歯科器材) にて加熱し、エンプレスのレイヤリング用セラミックインゴットのうち CA の色調を考慮し A 3 インゴットを使用し、専用の圧入電気炉 (EP 500, IVOCLAR) にて加熱・軟化・圧入した。その後、粒径 50 μ m のガラスビーズ (GLASS BEADS, 松風)

を約 0.3 MPa の圧力でサンドブラスト処理を行い、クラウン試料を掘り出した。クラウン試料の接着面は、マルトラップ ML-100 平面研磨機 (マルトー) に #800 耐水カーボラダムペーパーを装着し、回転数 40 rpm で平滑に研磨を行い、精製水中で 10 分間超音波洗浄を行った。その後、河原ら²³⁾の方法に準じ、被接着面をガラスビーズにて約 0.2 MPa の圧力で 10 秒間サンドブラスト処理を行い、V-II のキット付属の etching gel (VIVADENT) で 60 秒間のエッチング処理、水洗、乾燥した後に、同じく付属のシランカップリング剤である Monobond-S (VIVADENT) にて 60 秒間のシランカップリング処理を行った。

2) CA セラミックアバットメント接着面の調整

CA セラミックアバットメント (以下, アバットメントと略す) は $\phi 6 \times 9$ mm の円柱形を呈しており、接着面の調整にあたり、アバットメント使用方法²⁴⁾に準じ、 4×9 mm の平面状の接着面となるようダイヤモンドディスク (61 E, 松風) にて平坦に切削し、接着面はマルトラップ ML-100 平面研磨機 (マルトー) に #800 耐水カーボラダムペーパーを装着し、回転数 40 rpm で平滑に研磨を行い、精製水中で 10 分間超音波洗浄を行い、アバットメント試料の接着面を調整した。

2. アバットメント試料の表面処理

セラミックスに対する表面処理方法としては、接着面積の増大とレジンセメントの機械的投錨効果を期待した表面粗糙化法として、サンドブラストによる機械的処理法と酸による化学的エッチング法とがあげられ²⁵⁻²⁷⁾、本研究では、製作したアバットメント試料接着面の表面処理方法としては以下の 5 条件とした。

条件 1 は、Control として接着面に対し表面処理を全く行わないもの (以下, Control と略す)。

条件 2 は、機械的処理法として接着面に対し粒径 50 μ m の酸化アルミニウム (HI ALUMINAS, 松風) を 0.3 MPa の圧力で 10 秒間サンドブラスト処理を行い、その後、精製水中で 10 分間超音波洗浄を行ったもの (以下, SB と略す)。

条件 3 は、化学的エッチング法として接着面に対し 37% 正リン酸水溶液 (etching gel, VIVADENT) にて 60 秒間処理を行い、その後、精製水中で 10 分間

表 1 Materials
使用材料

分類	製品名	製造会社	略号
アバットメント	CerAdapt	Nobel Biocare	CA
歯冠修復装置	IPS Empress A 3 Ingot	IVOCAR	エンプレス
接着剤	Variolink II Cem Kit base : transparent catalyst : low viscosity	VIVADENT	V-II

表 2 Methods of surface treatment on CA
CA の表面処理方法

条件 1 : 処理なし (Control)
条件 2 : 50 μm 酸化アルミニウムで 0.3 MPa の圧力にて 10 秒間サンドブラスト処理 (SB)
条件 3 : 37% 正リン酸水溶液にて 60 秒間処理 (HP)
条件 4 : 5% フッ化水素酸水溶液にて 60 秒間処理 (HF 60)
条件 5 : 5% フッ化水素酸水溶液にて 120 秒間処理 (HF 120)

() : 略号

超音波洗浄を行ったもの (以下, HP と略す)。

条件 4 は, 化学的エッチング法として接着面に対し 5% フッ化水素酸水溶液 (フッ酸ジェル, ジーシー) にて 60 秒間処理を行い, その後, 精製水中で 10 分間超音波洗浄を行ったもの (以下, HF 60 と略す)。

条件 5 は, 条件 4 と同様の処理方法にて処理時間を 120 秒間としたもの (以下, HF 120 と略す)。

なお, 使用した材料および表面処理方法をそれぞれ表 1 および表 2 に略号とともに示す。

3. 表面性状の測定

各条件後のアバットメント試料の接着面の表面性状を調べるため, 接触式表面粗さ形状測定器 Surfcom 1400 A (東京精密) を用い, 算出規格 JIS'82, 測定長さ 2.5 mm, カットオフ波長 0.8 mm, 測定速度 0.3 mm/sec の条件下で中心線平均粗さ (Ra_{75}) を求め, それぞれの試料の接着面の表面粗さとした。さらに詳細な接着面の表面形状を把握するために粗さの傾きを表す算術平均傾斜 (Δa) を求めた (図 1)。試料数は各条件につき 9 個とし, 1 試料につき任意の 5 カ所を測定し, 平均値を求めた。

4. 剪断接着強度試験用試料の製作

剪断接着強度試験用試料の製作は, 各条件に従って表面処理を行ったアバットメント試料の接着面に対し, Monobond-S (VIVADENT) を塗布し 60 秒間

図 1 Arithmetical mean slope of profile (Δa)
算術平均傾斜 (Δa)

シランカップリング処理を行った後に, V-II の使用マニュアルに従いクラウン試料, アバットメント試料それぞれに V-II 付属のボンディング剤である Heliobond (VIVADENT) を付属の小筆にて薄く塗布し, エアブロー後に遮光保管した。接着には, catalyst (low viscosity) と base (transparent) を使用し, 等量練和した約 0.02 ml のセメント泥をクラウン試料の接着面のほぼ中央に塗布した。その後手圧にて圧接し定荷重器にて 5 N の静荷重を加えた。試料周囲より溢出してきた余剰セメントを小綿球で可及的に清拭し, 光重合器 XL 3000 (3 M) にて照射口を可及的に近接させ, それぞれ 12 時, 4 時および 8 時の 3 方向から 40 秒間ずつ計 120 秒間光照射を行い接着を行った。

接着操作は室温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 相対湿度 $50 \pm 5\%$ の恒温, 恒湿中で行い, 剪断接着強度試験用試料は 37°C の精製水中にて 24 時間保管し測定試料とした (図 2)。

5. 剪断接着強度試験

剪断接着強度の測定は、アルミブロックに低溶合金にて垂直に埋入したフィクスチャーレプリカ (DCC 084, Nobel Biocare) に測定試料をトルクコントローラー (Nobel Biocare) を用いアバットメントスクリューにて 32 Ncm の荷重で固定し、インストロン万能試験機 5567 (インストロンジャパン) を用い、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min にて剪断接着強度の測定を行った。試料数は各条件につき 9 個とし、それらの測定値から平均値を求めた。

6. 統計処理

アバットメントの接着面に対する表面処理の相違の影響について比較検討を行うにあたり、表面性状および剪断接着強度の測定で得られた平均値および標準偏差に対して一元配置分散分析および Fisher's PLSD を用い有意水準 5% にて、各条件間の統計学的有意差の検定を行った。

7. SEM 像観察

SEM 像観察は、各条件にて処理を行ったアバットメント試料の接着面と剪断接着強度試験後のクラウン試料およびアバットメント試料の破断面を通法に従い金蒸着し、走査型電子顕微鏡 JSM-T 100 (日本電子) を用い加速電圧 15 kV で行った。

図 2 Measurement sample for shear bond test
剪断接着強度試験の測定試料

III. 成 績

1. 表面性状

アバットメント試料の接着面に対して各処理条件を行った後の表面粗さ (Ra_{75}) の平均値と標準偏差および検定結果を表 3, 4 に示し、さらに詳細な形状を把握するために求めた粗さの傾きを表す算術平均傾斜 (Δa) の平均値と標準偏差および検定結果を表 5, 6 に示す。

1) 表面粗さ (Ra_{75})

表面粗さにおいては、Control と比較すると SB のみ有意差が認められたが、HP, HF 60 および HF 120 との間には有意差が認められなかった。また、作用時間の異なる HF 60 と HF 120 との間で有意差が認められた。

2) 算術平均傾斜 (Δa)

粗さの傾きを表す算術平均傾斜 (Δa) においては、Control と比較すると SB および HF 120 との間に有意差が認められたが、HP および HF 60 との間には有意差が認められなかった。また、HF 120 は HP および HF 60 との間においても有意差が認められた。

2. 剪断接着強度

各処理条件での剪断接着強度の平均値と標準偏差お

表 3 Surface roughness (Ra_{75}) of CA after surface treatment
表面処理後の CA の表面粗さ (Ra_{75})

表面処理方法	Ra_{75}
Control	0.21 (0.02)
SB	0.73 (0.02)
HP	0.21 (0.02)
HF 60	0.23 (0.03)
HF 120	0.20 (0.02)

unit: μm , () : SD, n=9

表 4 Results of one-way ANOVA (Fisher's PLSD) on surface roughness (Ra_{75})
表面粗さ (Ra_{75}) に関する検定結果 (Fisher's PLSD)

表面処理方法	Control	SB	HP	HF 60
HF 120	—	*	—	*
HF 60	—	*	—	
HP	—	*		
SB	*			

— : not significant, * : $p < 0.05$

表 5 Arithmetical mean slope of profile (Δa) of CA after surface treatment
表面処理後の CA の算術平均傾斜 (Δa)

表面処理方法	Δa
Control	0.059 (0.002)
SB	0.112 (0.002)
HP	0.058 (0.003)
HF 60	0.060 (0.002)
HF 120	0.054 (0.003)

() : SD, n=9

表 6 Results of one-way ANOVA (Fisher's PLSD) on arithmetical mean slope of profile (Δa)
算術平均傾斜 (Δa) に関する検定結果 (Fisher's PLSD)

表面処理方法	Control	SB	HP	HF 60
HF 120	*	*	*	*
HF 60	—	*	—	
HP	—	*		
SB	*			

— : not significant, * : $p < 0.05$

表 7 Results of shear bond strength
接着強さ

表面処理方法	接着強さ
Control	13.6 (1.62)
SB	20.8 (1.85)
HP	13.0 (1.61)
HF 60	13.6 (1.43)
HF 120	11.4 (1.14)

unit : MPa, () : SD, n=9

表 8 Results of one-way ANOVA (Fisher's PLSD) on shear bond strength
接着強さに関する検定結果 (Fisher's PLSD)

表面処理方法	Control	SB	HP	HF 60
HF 120	*	*	*	*
HF 60	—	*	—	
HP	—	*		
SB	*			

— : not significant, * : $p < 0.05$

よび検定結果を表 7, 8 と図 3 に示す。

Control と比較すると, SB および HF 120 との間に有意差が認められ, SB において接着強度が上昇したのに対して HF 120 では接着強度が低下した。一方, HP および HF 60 との間には有意差が認められなかった。また, 5% フッ化水素酸水溶液による処理においては, HF 60 と HF 120 との間で作用時間が長い HF 120 で接着強度が有意に低下した。

図 3 Results of shear bond strength
接着強さ

×1,500

図 4 SEM photograph of the abutment surface of Control after polishing
研磨調整後の Control のアバットメント接着面の SEM 像

3. SEM 像観察

各処理条件を行った後のアバットメント試料の接着面を図 4~8 に示す。

Control と比較すると, HP ではアバットメント試料表面にほとんど変化は認められなかった。一方, 他条件においてはそれぞれ特徴的な像が認められ, SB では凹凸が大きく粗大な面となり, 部分的にアンダーカットの形成が観察された。また HF 60 では, Control と比較すると若干粗大な面が観察されたが, アンダーカットと思われる像はほとんど観察されなかった。

フッ化水素酸の作用時間が異なる HF 60 と HF 120 とを比較すると, 強拡大像において HF 120 で CA に含有されているアルミナ粒子の表面の一部が溶解され, 若干丸味を帯びている (図 8 矢印) のが観察された。

×1,500

図 5 SEM photograph of the abutment surface after treatment with SB
SB 処理後のアバットメント接着面の SEM 像

×1,500

図 6 SEM photograph of the abutment surface after treatment with HP
HP 処理後のアバットメント接着面の SEM 像

×1,500

×3,500

図 7 SEM photograph of the abutment surfaces after treatment with HF 60
HF 60 処理後のアバットメント接着面の SEM 像

×1,500

×3,500

図 8 SEM photograph of the abutment surfaces after treatment with HF 120
HF 120 処理後のアバットメント接着面の SEM 像

図 9 SEM photograph of the surfaces of Control after shear bond test
Control の破断面の SEM 像
a : abutment side, b : crown side
a : アバットメント試料側, b : クラウン試料側

図 10 SEM photograph of the surfaces of SB after shear bond test
SB の破断面の SEM 像
a : abutment side, b : crown side
a : アバットメント試料側, b : クラウン試料側

各処理条件における剪断接着強度試験後のアバットメント試料およびクラウン試料の破断面を図 9～13 に示す。

すべての条件において、アバットメント試料側に凹状の (図 9-a～13-a 矢印)、クラウン試料側に凸状 (図 9-b～13-b 矢印) の形態の像が観察され、特にサンドブラスト処理のみを行った SB においては、他条件のものと比較するとクラウン試料側およびアバットメント試料側ともにその形態が著明に観察された。

一方 HF 120 においては、クラウン試料側およびアバットメント試料側ともに凹凸状の形態が他条件と比較して若干小さい像が観察された。また、すべての条

件においてアバットメント試料側に一部セメントと思われる像が観察された。

IV. 考 察

インプラント治療において前歯部などの審美的回復が要求される臨床症例に対し、従来のチタン製アバットメントに換わってオールセラミックアバットメントが開発された¹¹⁻¹⁴⁾。そのなかの 1 つである CA は、高密度に焼結された高純度の酸化アルミニウム製で、その形状および色調において上部構造にセラミック材料等を用いるとより好ましい審美的成果を得ることが

図 11 SEM photograph of the surfaces of HP after shear bond test

HP の破断面の SEM 像

a : abutment side, b : crown side

a : アバットメント試料側, b : クラウン試料側

図 12 SEM photograph of the surfaces of HF 60 after shear bond test

HF 60 の破断面の SEM 像

a : abutment side, b : crown side

a : アバットメント試料側, b : クラウン試料側

できる¹⁵⁻¹⁷⁾。臨床応用に際し、上部構造にオールセラミッククラウンを用いた場合は、装着の際に接着力が大きいレジンセメントを用いたほうが荷重時の強度が上がり補強効果が大きくなる²⁸⁾。そのため一般的に、レジンセメントを用いるのが適切と考えられる。また、修復装置とのより強固な接着を得るためにアバットメントに対する適切な表面処理を行うことも必要と考えられる。しかし、CA については、メーカーの推奨する表面処理方法はなく、それらに関する報告¹⁸⁾も少ないのが現状である。そこで本研究では、CA に対する表面処理の相違が接着強度に及ぼす影響について、表面性状、剪断接着強度および SEM 像観

察を行い比較検討した。

1. 各種表面処理方法による CA の表面性状について

材料の接着強さの向上を図るために、接着面に対する表面処理方法として、接着面積の増大と接着性レジンセメントの機械的投錨効果を期待することを目的とした接着面の粗雑化が行われている。これには、サンドブラストによる機械的処理法と酸による化学的エッチング法とがある²⁵⁻²⁷⁾。

1) サンドブラスト処理について

サンドブラスト処理の影響を検討する場合、使用す

図 13 SEM photograph of the surfaces of HF 120 after shear bond test

HF 120 の破断面の SEM 像

a : abutment side, b : crown side

a : アバットメント試料側, b : クラウン試料側

る粒子の種類と大きさ、空気圧、処理時間、ノズル・試料間距離など検討する点は多々ある。本研究で用いた CA は、組成が高密度に焼結された高純度 (99.5%) の酸化アルミニウム (アルミナ) の多結晶体である。そのため、サンドブラスト処理条件としては、使用する粒子は、硬さがビッカース硬度 15~20²⁹⁾ と大きい値を示し、高い切削効果が期待できるアルミナ (HI ALUMINAS, 松風) を選択した。空気圧および処理時間は、粒径 50 μm のアルミナを用いノズル・試料間距離を 10 mm と一定にし、空気圧 0.3 MPa で接着面に対し垂直に 10 秒間噴射した。この処理条件で接着面は、表面粗さ (Ra_{75}) で Control の平均 0.21 μm と比較し平均 0.73 μm と有意に大きな値を示し、SEM 像において Control と比較するとアルミナの結晶体が露出し、表面の凹凸が大きくなっているのが認められた。また、結晶の脱落によるアンダーカットの生成が認められたことなどから、CA に対し本研究で行った条件によるサンドブラスト処理が表面の粗酸化に大きな効果があるものと考えられた。

2) 化学的エッチング法について

一般にセラミック材料に対し酸処理を行うことにより表面を粗酸化し、レジンセメントとの接着強度を向上させる^{26,30,31)}ことが知られている。そこで本研究では、37% 正リン酸水溶液および 5% フッ化水素酸水溶液の 2 種類を用いて酸処理を行った。また、フッ化水素酸に関しては、セラミック材料などの無機物に対し効果的であるが³²⁶⁾、フッ化水素酸そのものの毒性が

強く口腔内で用いることは禁忌である。しかし、CA は、インプラント体から取り外し、口腔外でのフッ化水素酸処理が可能であるので、CA に対するその効果を検討するために処理条件の一種として選択した。本研究で用いた CA の主成分はアルミナであり、これは、高硬度、高耐摩耗性を有し、耐酸性に優れ、化学的に安定した材料である。工業界では、高純度のアルミナに対する化学的処理として、高温のリン酸を用いたフォトエッチング法が行われているが²⁹⁾、歯科用セラミックスに対する化学的処理では、アルミナセラミックスに対するフッ化水素酸の効果はほとんど期待できないとの報告^{18,32)}もある。今回の結果では、Control と比較すると HP では、SEM 像で著明な違いは観察されず (図 6)、CA の表面性状に与える効果はほとんど期待できない。しかし、フッ化水素酸を用いた条件の HF 60 および HF 120 では、SEM 像で表面性状の変化が観察され、HF 60 では # 800 耐水カーボランダムペーパーで注水研磨されたアルミナ結晶および結晶間の結合部が一部溶解され、個々の結晶体の形態が明瞭に観察された (図 7)。また、HF 120 の SEM 像において Control とほぼ同様な像に見えるが HF 60 と比較すると、若干の平坦化が認められ、強拡大像においては、HF 60 では認められなかった個々の結晶体表面の溶解が認められ、全体的に丸みを帯びているのが観察された (図 8)。表面性状の測定においても、表面の凹凸を平均化した通常表面粗さ (Ra_{75}) のみでは、詳細な表面形状および接着強度に

与える影響等は把握できない。そのため、Control と比較すると HF 60 および HF 120 で有意差は認められず、HF 120 で SEM 像で観察された表面性状の変化を表面粗さ (Ra_{75}) から読みとることが困難であった。そこで表面性状の詳細な形態を比較するために、別のパラメーターとして粗さの傾きを表す算術平均傾斜 (Δa) を用いて比較検討を行った。HF 120 では、ほかのすべての条件間で有意に低い値を示し、SEM 像でのアルミナ結晶体の溶解像を反映しているものと考えられ、算術平均傾斜 (Δa) は、表面性状の詳細な形態を把握するのに有効なパラメーターであると考えられた。

2. 接着強さについて

セラミックスとレジンセメントとの良好な接着を得るためにセラミックの接着表面をシランカップリング剤で処理する方法が好ましいことから^{33,34)}、本研究では接着操作において、すべての条件に対しシランカップリング処理を行い接着した。

CA に対する表面処理に関しては、機械的処理を行った SB では、Control を含むすべての条件と比較すると有意に高い値を示し、平均 20.8 MPa と最も大きな値を示した。これは SEM 像において Control と比較すると表面形状が著しく変化し、アルミナ結晶体の露出により表面が粗大化したのに加え、部分的にアルミナ結晶体の脱落によるアンダーカットの形成が認められ、機械的な投錨効果が向上したためと思われる (図 5)。このことは、Awliya ら¹⁸⁾がアルミナの接着前処理としてアルミナサンドブラスト処理が有効であると報告しており、今回の結果と一致した。また、SB の破断面の SEM 像において、エンプレス側で CA の表面形態を型取ったような陰型の像が観察され、破壊様式は CA とセメント間での界面破壊が主体であると考えられるが、一部エンプレス側にアルミナの結晶体が観察され、部分的に CA の被着体破壊が生じているもの (図 10-a, b) と考えられた。

化学的エッチング処理を行った HP、HF 60 および HF 120 における接着強さは、それぞれ平均 13.0、13.6 および 11.4 MPa であり、Control の平均 13.6 MPa と比較すると、HP および HF 60 とでは、ほとんど同様な接着強さを示し、有意差は認められなかったのに対し、HF 120 では、すべての条件と比較する

と有意に低い値を示した。これらのことから、アルミナの多結晶体である CA に対する酸処理群においては、リン酸を用いたものでは、破断面の観察から破壊様式は CA とセメント間での界面破壊を生じ、酸処理による接着面の粗大化の効果はほとんど期待できず、接着強度に対する影響は少ないと思われた。また、フッ化水素酸を用いた HF 60 では、Control と比較すると表面粗さおよび接着強さとともに有意差は認められなかったのに対し、作用時間が 2 倍の HF 120 では、結晶間の結合部の溶解のみではなく、結晶自体の表面も溶解されたため (図 8)、表面の凹凸が平坦化になり接着面積が減少し、その結果、接着強度が有意に低下したものと考えられた。また、算術平均傾斜 (Δa) においても、HF 120 が有意に低い値を示し、表面の平坦化が読みとれたことなどから、接着強度との相関が認められ、有効なパラメーターと思われる。セラミックスの接着に効果的と考えられ用いられることがあるフッ化水素酸は、CA のようなアルミナの多結晶体のセラミック材料に対しては接着効果の向上が期待できないだけでなく、作用時間によっては接着強度が低下することが示唆された。

V. 結 論

CA に対してエンプレスクラウンを用いて歯冠修復を行う際に、CA に対する接着面の表面処理の相違がレジンセメントの接着強度に及ぼす影響について比較検討を行い、合わせて SEM 像観察を行った結果、以下の知見を得た。

1. 機械的処理法のサンドブラスト処理において、接着強度が最も高い値を示し、他条件と比較して有意差を生じ、CA の接着に対して、最も有効であることが明らかとなった。

2. 化学的エッチング法のリン酸処理では、接着強度は Control と比較して有意差はなく、フッ化水素酸処理では作用時間によって有意に低下した。

3. 接着強さと算術平均傾斜について有意な相関が認められた。

4. SEM 像観察では、サンドブラスト処理およびフッ化水素酸処理でそれぞれ特徴的な像が観察され、それぞれの表面性状が接着強度に影響を与えていることが確認された。

本論文の要旨は第51回日本大学歯学会総会（平成11年5月22日，東京），第29回日本口腔インプラント学会学術大会（平成11年7月17日，札幌）にて発表した。

本研究の一部は平成11年度日本大学歯学部佐藤研究費，平成12年度日本大学学術研究助成金（奨励研究，課題番号 奨00-046）にて行った。

文 献

- 1) Adell R, Eriksson B, Lekholm U et al. A long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* 4 : 347-359, 1990.
- 2) Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C et al. The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism : A prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 5 : 272-281, 1990.
- 3) Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T et al. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Impl Res* 7 : 329-336, 1996.
- 4) Henry PJ, Laney WR, Jem T et al. Osseointegrated implants for single-tooth replacement : A prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 11 : 450-455, 1996.
- 5) Lazzara R, Siddiqui AA, Binon P et al. Retrospective multicenter analysis of 3i endosseous dental implants placed over a five-year period. *Clin Oral Impl Res* 7 : 73-83, 1996.
- 6) 小宮山彌太郎. インプラントの審美性. 古本啓一, 高森等, 小林規雄編, 口腔インプラントの臨床 150-159, 東京 : 医学情報社, 1998.
- 7) Sutter F, Weber HP, Sorensen J. The new restoration concept of the ITI dental implant system : Design and Engineering. *Int J Periodont Rest Dent* 13 : 409-431, 1993.
- 8) Lewis S, Beumer III J, Hornburg W et al. The "UCLA" abutment. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2 : 183-189, 1996.
- 9) 山下恒彦, Baldwin WM, Christopher BM. インプラントアバットメントの変遷に移る上部構造の変化. *歯科技工* 24 : 421-439, 1996.
- 10) 森本啓三, 木原昭 裕. 現在のアバットメントの潮流を知る. *Quintessence Dent Implantol* 3 : 599-608, 1996.
- 11) Prestipino V, Ingber A. Esthetic high-strength implant abutments part I. *J Esthet Dent* 5 : 29-35, 1993.
- 12) Prestipino V, Ingber A. Esthetic high-strength implant abutments part II. *J Esthet Dent* 5 : 63-68, 1993.
- 13) Andersson B, Ödman P, Boss A et al. Mechanical testing of superstructures on the CeraOne abutment in the Brånemark system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9 : 665-672, 1994.
- 14) Tripodakis APD, Strub JR, Kappert HF et al. Strength and mode of failure of single implant all-ceramic abutment restorations under static load. *J Prosthet Dent* 8 : 265-272, 1995.
- 15) Prestipino V, Ingber A. All-ceramic implant abutments. Esthetic indications. *J Esthet Dent* 8 : 255-262, 1996.
- 16) Marchack CB, Yamashita T. A procedure for a modified cylindric titanium abutment. *J Prosthet Dent* 77 : 546-549, 1997.
- 17) 山下恒彦, Marchack BW, Marchack CB. インプラントを用いた審美修復の米国西海岸におけるトレンド. *Quintessence Dent Implantol* 5 : 57-72, 1998.
- 18) Awliya W, Odén A, Yaman P et al. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. *Acta Odontol Scand* 56 : 9-13, 1998.
- 19) 新谷明喜, 千葉栄一, 岡田智雄. 各種ポーセレン・システムの特徴 (I). *QDT* 17 : 828-854, 1992.
- 20) 三善由高, 堀内辰紀, 田上 薫ほか. 各種ポーセレン・システムの特徴 (II). *QDT* 17 : 981-1023, 1992.
- 21) 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 を用いた審美修復の臨床. *QE* 11 : 1568-1574, 1992.
- 22) IPS Empress Working Procedure, Liechtenstein : IVO-CLAR, 1991.
- 23) 河原一茂, 杉澤 肇, 高見澤太郎ほか. IPS Empress 陶材の接着面に対する処理条件が接着強度に及ぼす影響. *日大歯学* 69 : 489, 1994.
- 24) セラダブトアバットメント使用方法, 東京 : ノーベル・バイオケア・ジャパン, 1997.
- 25) 山本 秀, 宗像清貴, 関口正二ほか. 接着性セメントの陶材に対するせん断接着強さ一陶材の種類とその表面研削法が接着性に及ぼす影響一. *補綴誌* 30 : 207-215, 1986.
- 26) Chen JH, Matsumura H, Atsuta M. Effect of different etching periods on the bond strength of composite resin to a machinable porcelain. *J Dent* 26 : 53-58 1996.
- 27) 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 (3Y 20A) に対する接着効果. *歯学* 86 : 92-104, 1998.
- 28) 増原英一, 窪田敏之. フルセラミック・クラウンと支台の接着による補強効果. *QDT 別冊/デンタルファイン・セラミックスの現況を探る* 61-64, 東京 : 医歯薬出版, 1986.
- 29) セラミック加工ハンドブック編集委員会. セラミック加工ハンドブッケー基礎から応用事例まで一, 東京 : 建設産業調査会, 1987.
- 30) Simonsen RJ, Calamia JR. Tensile bond strength of etched porcelain. *J Dent Res* 62 : 297, (Abstract # 1154), 1983.
- 31) Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Effect of ceramic surface treatments on the four resin luting agents to a ceramic material. *J Prosthet Dent* 79 : 503-513, 1998.
- 32) 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2報). *歯材器* 5 : 162-172, 1986.
- 33) 高橋英登. セラミックス用接着剤の臨床応用. *接着歯学* 5 : 135-144. 1987.
- 34) 安田 登. オールセラミッククラウンの各種支台に対する接着. *補綴誌* 43 : 225-231. 1999.

著者連絡先：檜山 礼秀

〒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