接着ブリッジの維持力に関する研究

臼歯部ブリッジの引張剪断力について

荒木 繁 片田 博子 渡辺 英雄
黒田 拓治 高橋 純造* 丸山 剛郎

Study on the Retentive Strength of Adhesive Bridges

I. Shear Force of Posterior Bridges

Shigeru Araki, Hiroko Katada, Hideo Watanabe, Takuji Kuroda,
Junzo Takahashi* and Takao Maruyama

I. 緒 言

歯質のみならず金属にも強固に接着するレジンとして、1978年4-META含有MMA系レジンが¹⁾、続いて1982年リン酸エステル系コンポジットレジンが開発され、日常臨床に供されている。補綴分野においては、非貴金属合金との接着性が良好なことから、ブリッジ・スプリント等に幅広く利用されている²⁻⁶⁾。

これら接着性レジンの理工学的性質に関する研究は、多くの研究者^{7,8,17)}によって行われ、従来のセメントと同程度またはそれ以上であるとの結果を報告している。

しかし、歯質・金属に対する接着力に関しては種々研究報告がされているが、試験方法・使用金属(種類・厚さ・被着面積・被着面処理方法)・熱サイクルや長期水中浸漬の有無などの諸条件が異なっているため、400 kg/cm²以上から100 kg/cm²前後の幅広い結果となっており^{7-17,23-28)}、比較検討することが困難で、臨床的な判断を十分に行うことができない。さらに、接着材の操作性、歯牙の形成や処理方法、メタルフレームの形態、口腔内条件など様々な問題点が生じている。

接着力を有する本材料の特性を最大限に生かす修復や

補綴方法を考えるにあたり、現状を正しく分析、把握し、幅広い安全性を有する方法を科学的根拠に基づいて確立するためには、出来るだけ臨床的条件を考慮した実験を行う必要がある。

今回われわれは、これらの接着材の維持力の臨床的評価を明らかにするために、まず臼歯部ブリッジの支台装置をNi-Cr系陶材焼付用合金を用いて製作し、ヒトの抜去臼歯に4-META含有MMA系レジンとリン酸エステル系コンポジットレジンにより接着し引張剪断力の測定を行った。さらに臼歯ブリッジ自体に関して、上顎第2小臼歯欠損、上顎第1小臼歯・第1大臼歯支台の試料をヒトの抜去臼歯を用いて作製し、Ni-Cr系陶材焼付用合金による同部ブリッジを製作し、前記の二種類の接着材にて接着、引張剪断力を測定した。さらにこれら試料の破断面の観察も行い検討を行ったのでここに報告する。

II. 実験材料および方法

A. 引張剪断力試験

1. A・Bタイプ

ヒトのできるだけ新鮮な抜去臼歯を塩化ビニールパイプに即時重合レジンをういて包埋植立した。当教室にてパラロメーターにタービンヘッドを取り付けた切削器具を考案し、これを用いて塩化ビニールパイプの長軸方向に2度の傾斜をつけて植立した歯牙のエナメル質を一層削除し、さらに定位形態としてごく小さなレストシート(約2×1mm)を咬合面に付与した。つぎにシリコーンゴム印象材で印象採得し、超硬石膏を注入して作業用

大阪大学歯学部歯科補綴学第1講座

* 大阪大学歯学部歯理工学講座

Dept. of Prosthetic Dentistry I, Osaka University, Faculty of Dentistry

* Dept. of Dental Materials Science, Osaka University Faculty of Dentistry

昭和59年11月2日受付

図 1 引張剪断試験片の断面図
(Aタイプ, Bタイプ)

表 1 Ni-Cr 系陶材焼付用合金ネジムの組成および性質

Composition				
Ni	Cr	Mo	Fe	others
56.5	17.5	12.0	10.0	4.0

(%)

Properties

Hardness	260 Hv
Melting point	1310 °C
Specific gravity	8.7 g/cm ³

模型を得た。原型作製用常温重合レジン（パラビット G, クルツァー社製）を用いて被着面積約 30, 40, 50 mm² 厚さ約 0.5 mm のパターンを作製し、図 1 のようにスプルー（φ 3.0 mm）をパターンに接して植立した A タイプとその辺縁から 5 mm 離れた B タイプの二種類作製し、セラミゴールド（ウィップミックス社製）にてリングレス埋没を行った。鑄造操作は鑄型を 800°C まで加熱後 30 分間係留し、プロパンガースー酸素の混合炎で遠心鑄造機にて、Ni-Cr 系陶材焼付用合金ネジウム（表-1, トーワ技研社製）で鑄造した。鑄造後メタル被着面積の再計測を行った。

メタル被着面は、粒径 50 μ の酸化アルミナ粒子にてサンドブラスト処理後、5 分間の超音波洗浄処理を行った。スーパーボンド C & B にて接着する場合は、電解酸化装置（イージーオキサー, トーワ技研社製）を用いて合金表面の酸化処理を追加した。

歯面はロビンソンブラシで清掃し乾燥後、各接着材付属のエッチング剤にて 1 分間のエナメルエッチング処理を行った。

歯面およびメタル被着面処理を行った後、4-META 含有 MMA 系レジン（スーパーボンド C & B, サンメディカル社製）とリン酸エステル系コンポジットレジン（パ

図 2-a 引張剪断試験片 (Aタイプ, Bタイプ)

図 2-b 引張剪断試験片 (Aタイプ, Bタイプ)

図 3 引張剪断試験

図 4 引張剪断試験片の断面図
(ブリッジタイプ)

ナビア EX, クラレ社製)を用いて A タイプ・B タイプの接着を行い試料とした(図 2-a, 図 2-b)。

完成した試料は室温水中に 24 時間浸漬し, その後 $4 \pm 1^\circ\text{C}$ と $60 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中にそれぞれ交互に 1 分間ずつ浸漬する熱サイクルを 300 回くり返した。

引張剪断力の測定は, インストロン万能材料試験機に固定後, クロスヘッドスピード 2.0 mm/min で行い, 破断あるいは剝離時の荷重を引張剪断力とした(図 3)。

2. ブリッジタイプ

上顎第 2 小臼歯欠損を想定し, ヒトの上顎第 1 小臼歯と第 1 大臼歯を欠損間隔 7 mm あけて, 塩化ビニールパイプに即時重合レジンを用いて包埋植立した。A・B タイプと同じ切削器具を用い, 塩化ビニールパイプの長軸方向に 2 度の傾斜をつけて歯牙のエナメル質を一層削除し, 欠損側咬合面に定位形態としてレストシート(約 $2 \times 1\text{ mm}$)を付与した。つぎにシリコンゴム印象材で印象採得し, 超硬石膏を注入して作業用模型とした。

原型作製用常温重合レジンを用いて被着面積を約小臼歯 20 mm^2 と大臼歯 20 mm^2 , 小臼歯 30 mm^2 と大臼歯 30 mm^2 , 小臼歯 40 mm^2 と大臼歯 40 mm^2 となるようにパターンを作製し, 欠損部を連結後その咬合面部にスプルー($\phi 3.0\text{ mm}$)を付け, Ni-Cr 系陶材焼付用合金(ネジウム)にて鑄造した。

歯面およびメタル被着面処理後, スーパーボンド C & B とパナビア EX にて接着を行った(図 4, 5)。

完成した試料は室温水中に 24 時間浸漬後, $4 \pm 1^\circ\text{C}$ と $60 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中にて熱サイクルを 300 回行って引張剪断力試験に供した(図 6)。

B. 破断面の観察

引張剪断力の測定に用いた試料(A タイプ, B タイプ,

図 5 引張剪断試験片(ブリッジタイプ)

図 6 引張剪断試験(ブリッジタイプ)

ブリッジタイプ)の破断面を実体顕微鏡を用いて倍率 5, 6.6, 20, 30 倍で詳細に観察を行った。

III. 結 果

A. 引張剪断力試験

1. A タイプ引張剪断力の測定

A タイプをスーパーボンド C & B で接着した場合の引張剪断力と接着面積の関係を図 7 に示す。測定値のバラツキが大きく面積の増加に伴う引張剪断力の増加は認められない。最大引張剪断力は面積にあまり左右されず約 50 kg を示している。また破断面の観察により歯牙の一部凝集破壊が認められた(図 7 ○印)。これらはすべて

図 7 Aタイプ、スーパーボンド C & B における引張剪断力
●：被着体破壊を伴わなかった試料
○：被着体（歯牙）破壊を伴った試料
△：非常に低い値で脱離した試料

図 8 Aタイプ、パナビア EX における引張剪断力
●：被着体破壊を伴わなかった試料
○：被着体（歯牙）破壊を伴った試料
△：非常に低い値で脱離した試料

エナメル質内での破壊ではなく、象牙質内におよぶ破壊であり、全 39 の試料中 5 試料 (12.8%) にみられた (表 2)。

引張試験機固定直後非常に低い値でメタルフレームが脱離した試料を△印で示している (図 7)。これは全 39 例中 6 例 (15.4%) に認められた (表 3)。

A タイプをパナビア EX で接着した場合の結果を図 8 に示す。測定値のバラツキが比較的少なく、面積の増加に伴い引張剪断力の最低値が上昇する傾向が認められる。

一試料で引張剪断力 86 kg、引張剪断強さ 168 kg/cm² の高い値を示しているが、それ以外はスーパーボンド C & B と同様に約 50 kg の最大引張剪断力で脱離している。引張剪断試験時歯牙の一部破壊を伴ってメタルフレームが脱離した試料は全 26 例中 10 例 (38.5%) にみられた (表 2)。

表 2 引張剪断試験における被着体（歯牙）破壊の数

material	type	enamel	enamel & dentin	total
Super-Bond	A-type	0 % (0/39)	12.8% (5/39)	12.8% (5/39)
	B-type	5 % (1/20)	10.0% (2/20)	15.0% (3/20)
	Br.-type	0 % (0/38)	13.2% (5/38)	13.2% (5/38)
Panavia	A-type	26.9% (7/26)	11.5% (3/26)	38.5% (10/26)
	B-type	11.1% (2/18)	27.8% (5/18)	38.9% (7/18)
	Br.-type	30.0% (9/30)	20.0% (6/30)	50.0% (15/30)

〔注〕 Br.-type は支台歯である 2 歯をそれぞれ観察し、被着体（歯牙）破壊を呈した支台歯の数で示している

表 3 引張剪断試験時、試験機固定直後非常に小さい値で脱離した数

material	type	frequencies
Super-Bond	A-type	15.4% (6/39)
	B-type	15.0% (3/20)
	Br.-type	15.8% (3/19)
Panavia	A-type	3.8% (1/26)
	B-type	0 % (0/18)
	Br.-type	0 % (0/15)

引張試験機固定直後非常に低い値でメタルフレームが脱離した試料は 26 例中 1 例にすぎない (表 3)。

2. B タイプ引張剪断力の測定

スーパーボンド C & B の結果を図 9 に、パナビア EX の結果を図 10 に示した。両接着材ともに面積の増加に伴い引張剪断力の増加する傾向がみられた。しかし A タイプに比べ両接着材とも最大引張剪断力は低く、約 35 kg 以下でメタルフレームが脱離した。

また A タイプと同様に歯牙での被着体破壊を含む試料がスーパーボンド C & B で 20 例中 3 例 (15.0%)、パナビア EX で 18 例中 7 例 (38.9%) 存在した (表 2)。

引張試験機固定直後非常に低い値でメタルフレームが脱離した試料は、スーパーボンド C & B で 20 例中 3 例 (15.0%) となったが、パナビア EX ではみられなかつ

図 9 Bタイプ、スーパーボンド C & B における引張剪断力

- : 被着体破壊を伴わなかった試料
- : 被着体 (歯牙) 破壊を伴った試料
- △ : 非常に低い値で脱離した試料

図 10 Bタイプ、パナビア EX における引張剪断力

- : 被着体破壊を伴わなかった試料
- : 被着体 (歯牙) 破壊を伴った試料

図 11 ブリッジタイプ、スーパーボンド C & B における引張剪断力

- : 被着体破壊を伴わなかった試料
- : 被着体 (歯牙) 破壊を伴った試料
- △ : 非常に低い値で脱離した試料

た (表 3)。

3. ブリッジタイプ引張剪断力の測定

図 11 はスーパーボンド C & B の、図 12 はパナビア

図 12 ブリッジタイプ、パナビア EX における引張剪断力

- : 被着体破壊を伴わなかった試料
- : 被着体 (歯牙) 破壊を伴った試料

図 13 スーパーボンド C & B における引張剪断強さ

EX の引張剪断力を示している。両接着材とも面積の増加に伴い引張剪断力の増加傾向が確認された。

被着体破壊が認められた歯牙個数はスーパーボンド C & B で 38 例中 5 例 (13.8%)、パナビア EX で 30 例中 15 例 (50%) となった (表 2)。

また引張試験機固定直後非常に低い値でメタルフレームが脱離した試料はスーパーボンド C & B で 19 例中 3 例 (15.8%) であり、パナビア EX ではみられなかった (表 3)。

4. 引張剪断強さ

A タイプ・B タイプ・ブリッジタイプの引張剪断強さを被着面積により分類し図示した (図 13, 14)。図中平均値の上下の幅は標準偏差を示している。

スーパーボンド C & B の A タイプでは標準偏差が大きいのが約 100 kg/cm² 前後の値となり、B タイプでは約 50 kg/cm² 前後の値であり、ブリッジタイプでは約 100

図 14 パナビア EX における引張剪断強さ

図 16-a Aタイプ, パナビア EX

図 15-a Aタイプ, スーパーボンド C & B

図 16-b 矢印部の拡大像

図 15-b 矢印部の拡大像

kg/cm² 前後の値となった。またパナビア EX でも同様の結果となったが、わずかにパナビア EX の方が高い傾向を示した。

両接着材ともに A タイプの方が B タイプより高い値となり、ブリッジタイプは A タイプに近似した値を示した。

B. 破断面の観察

破断面の観察結果の代表的なものを付図に示した。

図 15-a は、A タイプ・スーパーボンド C & B で引張剪断強さの最も高かった試料の破断面である。被着面積 30 mm²・引張剪断力 49 kg・引張剪断強さ 163 kg/cm²を示した。この場合、メタル面にレジンが一面に残っており、レジン層での凝集破壊および歯面側での剝離がみられた。図 15-b はその拡大像であるが、わずかに気泡の混入が認められた。

図 16-a は、A タイプ・パナビア EX で引張剪断強さの最も高かった試料の破断面である。フレームの被着面積 25 mm²・引張剪断力 55 kg・引張剪断強さ 218 kg/cm²を示した。歯面側のレジン剝離とレジン層での凝集破壊像を呈している。図 16-b は同試料の拡大像である。メタル面に強固なレジンの付着が観察される。

図 17-a は、B タイプ・スーパーボンド C & B の中でも引張剪断強さの高かった試料の破断面で、フレームの被着面積 39 mm²・引張剪断力 28 kg・引張剪断強さ 72 kg/cm²を示した。被着面部位によって、メタル側での

図 17-a Bタイプ、スーパーボンド C & B

図 18-a Bタイプ、パナビア EX

図 17-b 矢印部の拡大像

図 18-b 矢印部の拡大像

界面剝離と歯面側での界面剝離が混在している。図 17-b は、同試料の拡大像であり、メタル面で剝離している部分は、レジン層の付着が認められない。

図 18-a は、B タイプ・パナビア EX で、フレームの被着面積 35 mm^2 ・引張剪断力 34 kg ・引張剪断強さ 97 kg/cm^2 という高い値を示した場合である。レジン層での凝集破壊像を呈している。図 18-b は同試料の拡大像である。メタル面へのレジンの強固な付着が観察された。

図 19-a は A タイプ・スーパーボンド C & B で引張剪断力が測定できない程低い値を示した場合の破断面である。メタル面にレジンの付着が全くみられず、メタル界面での完全剝離を呈している。図 19-b は同試料の拡大像であるが、サンドブラスト処理後のメタル面の状態(図 19-c)と変わらない。

図 20-a は B タイプ・スーパーボンド C & B でフレーム被着面積 51 mm^2 ・引張剪断力 14 kg ・引張剪断強さ 28 kg/cm^2 と低い値を示した場合の破断面である。残存レジンが樹枝状を呈しており、レジンの付着していないメタル部分に対応した歯面にもレジンの付着がなく、レ

ジンの硬化時固定が不安定なため、このような状態になったと推測される。図 20-b は同部の拡大像である。

図 21-a は A タイプ・スーパーボンド C & B 使用の試料の破断面であり、フレームの被着面積 51 mm^2 ・引張剪断力 26 kg ・引張剪断強さ 51 kg/cm^2 の低い値を示した。レジン層の厚いことが観察された。図 21-b は同試料の拡大像である。

図 22-a は B タイプ・パナビア EX 使用の破断面である。フレームの被着面積 40 mm^2 ・引張剪断力 26 kg ・引張剪断強さ 66 kg/cm^2 と B タイプとしてはそれ程低い値を示していないが、レジン層が厚いことが観察された。図 22-b は同試料の拡大像であるが、メタル面にレジンの付着が一層認められた。

A タイプ・B タイプ・ブリッジタイプでの差は両接着材ともに認められなかった。しかしスーパーボンド C & B とパナビア EX との比較では、スーパーボンドではメタル側・歯面側での剝離がみられたが、パナビア EX では歯面およびメタル面にレジンの付着がみられた。

図 19-a Aタイプ, スーパーボンド C & B

図 19-b 矢印部の拡大像

図 19-C サンドブラスト処理面の拡大像

IV. 考 察

接着ブリッジに使用する接着材として現在 4-META 含有 MMA 系レジンとリン酸エステル系コンポジットレジンの2種類が市販されている。両接着材はそれぞれ異なった成分により成っているが従来のセメント類と比

図 20-a Bタイプ, スーパーボンド C & B

図 20-b 矢印部の拡大像

較して理工学的性質はすぐれている^{7,8,17)}。

歯質との接着に関しては、エナメル質とは安定した接着力を示しており、4-META 含有 MMA 系レジンは歯質との酸素結合や水素結合の可能性もいわれているが、接着性レジンとエナメル質との主な接着機構はエッチングした歯面とのメカニカルな結合によるものと考えられる。本実験試料の破断面の観察においても、メタル被着面での完全剥離とみられる試料は確認されたが、歯面側での界面剥離は少なく、その他には混合破壊とレジンの凝集破壊であった。

メタルとの接着に関しては、合金の種類やその表面処理によって接着強さに差がある。スーパーボンドの場合、Co-Cr 合金を用いるとエメリー 220 番で研磨またはアルミナ粒子によるサンドブラスト研磨ただけで強く接着するといわれている¹⁴⁾。Ni-Cr 系合金では、硝酸浸漬あるいは電解エッチングによる金属の不動態化によって接着力の向上することが田中ら¹²⁾、山下ら¹⁶⁾によって報告されている。しかしその接着力は、人の摂取する飲食物の温度範囲 (4~60°C)¹⁹⁾での熱サイクルや 37°C 水中長期浸漬するなどかなり苛酷な条件を加えることにより接着力が低下するといわれている¹⁴⁾。柳原ら²⁰⁾は、Ni-Cr

図 21-a Aタイプ、スーパーボンド C & B

図 22-a Bタイプ、パナビア EX

図 21-b 矢印部の拡大像

図 22-b 矢印部の拡大像

系合金をオルソマイト S.B. で接着し硝酸処理を行った試料では熱サイクル後に接着力が低下し、電解エッチング処理をした試料では逆に増加したと報告している。

またパナビア EX に関しては、情報が少なく不明点が多いが、Ni-Cr 系合金に対しては粒径 50μ の酸化アルミナ粒子によるサンドブラスト処理だけで強い接着力を有するといわれている。

機械的な接着強さの測定は、引張接着強さ、引張剪断強さ、圧縮剪断強さ、剝離接着強さなどがあり、同じ接着材と被着体の系であっても試験法によって値は異なる²²⁾。さらに前記したように金属の種類と前処理方法によっても接着力は異なる。これまでに Ni-Cr 系合金を用いて剪断強さを測定した報告がある。山下¹⁶⁾は、Ni-Cr 系合金を 4-META 含有 MMA 系レジンを用いて接着した場合金属被着面をサンドブラスト処理し、300 回の熱サイクル後約 200 kg/cm^2 前後の剪断接着強さを示し、サンドブラスト処理に電解酸化処理を追加すると約 260 kg/cm^2 前後の値を得ている。また荒木¹⁰⁾は、Ni-Cr 系合金 (Unimetal, Rexillum III) をサンドブラスト処理し、歯牙と 4-META 含有 MMA 系レジン

で接着し圧縮剪断強さを測定した結果、 100 kg/cm^2 以上の値を得たと報告している。さらに野口¹⁷⁾は、Ni-Cr 系合金 (Sumalloy Ni-soft) を用いて圧縮剪断試験を行い、金属と金属の接着の場合、スーパーボンド C & B では #600 研磨でも $400\sim 800^\circ\text{C}$ の熱処理でも約 200 kg/cm^2 前後であり、パナビア EX では同様に約 150 kg/cm^2 前後であり、歯牙との接着でも両接着材ともに同程度の圧縮剪断強さを報告している。また当教室の黒田¹⁸⁾により 4-META 含有 MMA 系レジンとリン酸エステル系コンポジットレジンを用いてヒトの抜去歯に Ni-Cr 系合金 (S.B. ボンドロイとネジウム) をサンドブラスト処理し、4-META 含有 MMA 系レジンを用いた場合は電解酸化処理を追加し、接着し 300 回の熱サイクル後に引張接着強さを測定し、4-META 含有 MMA 系レジンでは S.B. ボンドロイで 150 kg/cm^2 前後、ネジウムでは 100 kg/cm^2 前後の値を、リン酸エステル系コンポジットレジンでは S.B. ボンドロイで 150 kg/cm^2 前後、ネジウムでは 180 kg/cm^2 前後の値を示した。

このように接着力を左右する金属処理方法が確立されておらず、試験方法により接着力に差が出る現段階

で、臨床的条件を考慮した実験で安定した結果を得ることが難しいことは当然予想されたが、すでに臨床に幅広く利用されている現状を考え、接着ブリッジの維持力を測定する本研究を行った。

支台装置としての A タイプ・B タイプにおいてスーパーボンド C & B、パナビア EX とともに接着面積の増加に伴う引張剪断力の増加が明確に示されなかった。この原因として、300 回の熱サイクルを与えたため熱膨張係数の差に起因する強い内部応力が接着界面に存在するレジン気泡等の欠陥部分から剝離を引き起こさせる剪断応力が働く¹⁴⁾ことが考えられる。

また天然歯を用いたことで、個々のメタルフレームの形態、特に円弧の半径などが異なっており、このことも引張剪断力がばらついた原因と考えられる。しかしこのフレームの形態の影響がどの程度存在するかは不明であり今後の研究対象と考えている。

さらに被着面積の増加に伴う引張剪断力の増加が明確に現れなかった理由として、歯牙の一部破壊が起こり本来の接着力が測定できなかったことがあげられる。歯牙の引張強度はエナメル質で 105 kg/cm^2 と報告されている²¹⁾。そのためエナメル質と金属の接着力が大きい場合に歯牙の一部が先に破壊することは当然考えられる。しかしこのことから臨床上でも同様に歯牙の一部凝集破壊が起こりうると考えるのは早計である。なぜなら口腔内に装着された補綴物では引張力より主に圧縮力が作用する。エナメル質の圧縮強さは $3,920 \text{ kg/cm}^2$ の高い値となっており、金属と歯牙を接着した場合の圧縮剪断強さを測定するなら歯牙の破折は起こりにくいと考えられる。

われわれは臼歯部ブリッジの維持力を測定するため今回 A タイプ・B タイプ・ブリッジタイプの引張剪断試験を行った。支台装置を想定した A・B タイプでは、A タイプでスーパーボンド C & B とパナビア EX とともに約 100 kg/cm^2 の値となり、B タイプでは両接着材ともに約 50 kg/cm^2 の値となった。また最大引張剪断力では A タイプで約 50 kg 、B タイプで約 35 kg となり、B タイプの方が低い値を示した。A タイプはメタルフレームと引張軸を近接させており、引張剪断力に近似した値が測定されている。一方 B タイプではメタルフレームと引張軸が離れており引張剪断力以外に剝離を引き起こすモーメントも加わっている。本実験ではブリッジタイプの引張剪断強さは約 100 kg/cm^2 前後の値であり A タイプに近い結果となった。これはブリッジタイプでは第 1 小臼歯と第 1 大臼歯支台の両方に力がかかり、ポンティック

部の強度が大であるため同部の変位がほとんど生じないためモーメントはかからず、ほぼ引張剪断力だけが作用したと考えられる。しかし長い歯牙欠損部を有する場合や、延長ブリッジ、そして動揺歯の固定スプリントの場合では、ポンティック部の大きな変位によるモーメントがかかり剪断力だけでなく剝離力も作用すると推察されるため、メタルフレームの被着面積を広くするとともに抵抗維持形態を設ける必要があると考えられる。

本実験結果の中で比較的剪断力に近い値を示したと考えられる A タイプ、さらに近似した値を示したブリッジタイプの引張剪断強さはこれまで報告されている接着強さと比べ低い値となっているが、試験方法・使用金属(種類・厚さ・被着面積・被着面処理方法)・熱サイクルや長期水中浸漬など諸条件が異なっており単純には比較できない。しかし、われわれは今回天然歯を用いた臨床モデルで実験を行ったことにより低い値となったのであろう。その理由は、先に述べた被着面積の増加に伴う引張剪断力の増加が明確に示されなかった原因と一致する点が多い。作業用模型を作製しそれから原形採得し鋳造体を作製する方法をとったため結果的に適合度が低くなった場合がありレジン層が厚くなったことで、熱サイクルを与えたことによる熱膨張係数に起因する内部応力がより大きく働いたこと、天然歯を用いたことによりメタルフレームが円弧の形態となったため剝離のモーメントがわずかに働いたこと、メタルフレームの厚さを臨床に用いる場合と同様に薄くしたため引張試験時メタルフレームに変形が生じやすくなったこと、歯牙の一部破壊が起こり本来の接着力が測定できなかったことがあげられる。しかし臨床に用いる場合はさらに多数の接着力を低下させる因子が働くと考えられる。

本実験結果では、A タイプ・B タイプ・ブリッジタイプすべてにおいてわずかではあるが引張剪断強さがスーパーボンド C & B よりパナビア EX の方が高い値となった。さらにエナメル質および象牙質の破壊を伴った試料数でも各タイプすべてパナビア EX で接着した場合に多くみられ、仮に歯牙の強度が大で歯牙破壊を伴わずに剪断剝離が生じたならばなお一層パナビア EX の方がスーパーボンド C & B より高い引張剪断強さを示すであろうことが示唆される。しかし野口ら¹⁷⁾の報告では同じ Ni-Cr 系合金 (Sumalloy, Ni-soft) を用い圧縮剪断強さを測定し逆にスーパーボンド C & B の方がパナビア EX より高い値となっている。これは一つに同じ Ni-Cr 系合金でも成分が異なっていることが影響していると考えられる。前述したようにわれわれは、ネジウムと S.B.

ボンドロイを今回用いた二種の接着材で歯牙に接着し引張接着強さを測定した結果、S.B. ボンドロイでは両接着材ともに約 150 kg/cm^2 前後の値を得たが、ネジウムでは 4-META 含有 MMA 系レジンでは 100 kg/cm^2 前後、リン酸エステル系コンポジットレジンでは 180 kg/cm^2 前後の値を得ていた¹⁸⁾。このことから同じ Ni-Cr 系合金においても接着力が異なることは十分考えられる。ところで今回被験金属としてネジウムを用いたのは、S.B. ボンドロイに比べて硬度がまざっておりブリッジの引張剪断試験時メタルフレームの変形をできるだけ防止したいと考えたためである。

パナビア EX の方がスーパーボンド C & B より引張剪断力がまざっていたもう一つの原因は、パナビア EX の方がスーパーボンド C & B より機械的強度がまざっているため、引張試験でメタルフレームが脱離する時レジン内での凝集破壊が起こりにくかったと考えられる。

破断面の観察で A タイプ・B タイプ・ブリッジタイプでの差は両接着材ともに認められなかった。しかしスーパーボンド C & B とパナビア EX を比較するとスーパーボンド C & B では引張剪断力の低い試料にメタル側で剝離したケースが多く、パナビア EX では破断面の観察からは引張剪断力の高低に差はみられず歯面側・メタル側ともにレジンの付着が観察された。この理由として先に述べたレジンの機械的強度の差、熱膨張係数の差、メタルとの接着力の差などがあげられるが、この結果だけでは確認できなかった。

V. 結 論

臨床的条件を考慮し、臼歯部ブリッジの維持力を評価するために引張剪断力を測定するとともに破断面の観察を行いつぎの結果を得た。

1) メタルフレーム被着面積が増加するに従って引張剪断力が増加する傾向は、A タイプ・スーパーボンド C & B 以外において認められた。

2) 両接着材ともに B タイプの方が A タイプより低い引張剪断力を示した。

3) 一歯欠損のブリッジタイプは、A タイプに近似した引張剪断強さを示した。

4) 破断面の観察では、スーパーボンド C & B では、歯面またはメタル面での界面剝離がみられたが、パナビア EX ではレジン層内での凝集破壊が多く、両者の接着機構の違いが示唆された。

文 献

- 1) 竹山守男, 他: 歯科用即硬性レジンに関する研究 (第 17 報), 歯理工誌, 19 (47): 179~185, 1978.
- 2) 増原英一: 新しい 4-META 接着性レジン, 歯界展望, 59: 661~670, 1982.
- 3) 増原英一: 歯質とメタルに接着する 4-META レジン接着剤とその臨床応用, The Quintessence, 1 (3): 19~34 1982.
- 4) 山下 敦: 新しい 4-META 接着性レジンを用いた Adhesion Bridge (Adhesion Splint) の臨床応用, 歯界展望, 59: 671~682, 1982.
- 5) 山下 敦, 他: 架工義歯における接着性レジンへの応用, その 2, 補綴誌, 26: 592~598, 1982.
- 6) 真坂信夫: 4-META 接着性レジンへの臨床応用, 補綴臨床, 15: 53~77, 1982.
- 7) 永田勝久, 他: 4-META を含む接着性レジンへの理工学的性質について, 歯理工誌, 22 (58): 143~146, 1981.
- 8) 増原英一, 他: 新しい接着性コンポジットレジンへの理工学的性質に関する研究, 歯科材料機械, 2 (8): 486~492, 1983.
- 9) 中村光夫, 他: 4-META 接着性レジンセメントの試作, 歯科材料機械, 2: 368~374, 1983.
- 10) 荒木章純, 他: 歯科用接着材の補綴臨床応用に関する基礎的研究, 愛大院大歯誌, 21: 192~198, 1983.
- 11) 田中卓男, 他: 鑄造用ニッケルクロム合金に接着するオペークレジンの研究 第 1 報, 歯理工誌, 20 (50): 74~84, 1979.
- 12) 田中卓男, 他: 鑄造用ニッケルクロム合金に接着するオペークレジンの研究 第 2 報, 歯理工誌, 20 (52): 221~227, 1979.
- 13) 田中卓男, 他: 歯科用合金に接着するオペークレジンの研究, 歯理工誌, 21 (54): 95~102, 1980.
- 14) 茂木知治: メタクリルレジンと床用 Co-Cr 合金の接着に関する基礎的研究, 補綴誌, 23: 600~676, 1979.
- 15) 山下 敦, 他: 架工義歯における接着性レジンへの応用 その 1, 補綴誌, 26: 584~591, 1982.
- 16) 山下 敦, 他: 架工義歯における接着性レジンへの応用 その 3, 補綴誌, 26: 1118~1127, 1982.
- 17) 野口八九重: 最近の歯質接着性セメントをテストする, DE, 69: 18~29, 1984.
- 18) 黒田拓治, 他: メタルとレジンの接着強さと破断面の観察, 接着歯学, 1: 50~59, 1983.
- 19) Seltzer, S.: The penetration of microorganisms between the tooth and direct resin filling, J. Amer. Dent. Ass. 51: 560~566, 1955.

- 20) 柳原敏之, 他: 歯科用 Ni-Cr 合金と 4-META 接着性レジンとの接着界面観察, 広大歯誌, 15: 353~357, 1983.
- 21) Robert, G. Craig: Restorative dental materials, The C.V. Mosby Company, 77, 1980.
- 22) 増原英一: 「接着強さ」と「接着力」, DE, 62: 38~40, 1982.
- 23) 田中卓男, 真坂信夫: “接着” を臨床に生かすために, The Quintessence, 2 (8): 68~80, 1983.
- 24) 近藤康弘, 他: 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 1, 補綴誌, 28: 587~598, 1984.
- 25) 高木明夫, 他: 接着性レジンと金銀パラジウム合金の接着強さに関する研究, 補綴誌, 28: 775~780, 1984.
- 26) 篠原直幸, 他: 放電爆発法にて表面処理を施した各種金属と接着性レジンの接着強さに関する研究 第 2 報, 補綴誌, 28: 931~935, 1984.
- 27) 篠原直幸, 他: 放電爆発法にて表面処理を施した各種金属と接着性レジンの接着強さに関する研究 第 3 報, 補綴誌, 28: 936~938, 1984.
- 28) Von, A. Renk., et. al.: Untersuchungen über die Haftfestigkeit Von Palliag M-Komposite-Atzbücken nach Vorbehandlung der Metalloberfläche, Dtsch. zahnärztl. Z. 37: 957~960, 1982.