原 著 論 文

有機溶媒の床用レジンに対する表面処理効果

第3報 評価法の再検討ならびに加熱重合型と流し込み型 床用レジンに対する効果の比較

清水 博史 羽生 哲也 中 四良 森 宣昭
森山 尚子 新郷由紀子 白木 洋

Surface Treatment Agents for Denture Base Resin

Part 3 Evaluation by Shear Bond Strength Test and Three-Point Loading Test and Comparison of Effects between for Heat-cured Denture Base Resin and for Pour-type One

Hiroshi Shimizu, Tetsuya Habu, Shiro Naka, Nobuaki Mori,
Hisako Moriyama, Yukiko Shingo and Hiroshi Shiraki

Abstract : This study was conducted to investigate the bond strength of repair resin to heat-cured denture base resin or pour-type one. The repair surface of test specimens were treated with dichloromethane, methyl methacrylate and alumina air abrasive before self-curing resin was applied to the joint. A shear bond strength test and a three-point loading test were used to determine the shear bond strength and the transverse strength of the respective test specimens. Visual inspection was conducted to determine whether the failure mode was adhesive or cohesive.

The results were as follows :

1. Treating the surface of the denture base resin with dichloromethane and alumina air abrasive were effective to both heat-cured base resin and pour-type one.
2. Effects of both dichloromethane and alumina air abrasive treatments on pour-type base resin were superior than those on heat-cured one.
3. The variations of crosshead speed affected the values of shear bond strengths. This may be related to the failure modes of the specimens and physical properties of denture base resins.
4. A three-point loading test may be appropriate to determine the bond strength between base resin and repair resin.

Key words : denture surface treatment agent for repair, dichloromethane, alumina air abrasive, shear bond strength test, three-point loading test

I. 結 言

著者らは、義歯の修理やリライニングにあたり、修理用レジンあるいはリライニング用レジンなどの新たなレジンにより強固に接着させる目的で、有機溶媒の床用レジンに対する表面処理効果について検討を続けており、すでに数

種類の溶媒を用いた表面処理によって、加熱重合レジンと即時重合レジンとの接着強さの向上がみられた¹⁾こと、溶媒の種類ごとにそれぞれ異なる適切な処理時間がある²⁾ことを報告した。

ところで、表面処理効果についてのこれらの知見は、レジンのダンベル型試料を用いた引張り接着試験によって得られたものであるが、引張り接着強さを指標にした場合、条件によっては接合部以外の床用レジン本体での破断が生じる例³⁾が少なからずみられ、その結果、得られた測定値は、床用レジンに対する表面処理効果の指標としては、必ずしも実態を十分に反映しているとはいえないという感触を得た。

そこで、引張り接着試験に代わる適切な評価法を模索するため、剪断接着試験および3点曲げ試験による評価を試み、評価法の再検討を行った。今回は、2種類の溶媒と新たにアルミナサンドブラスト処理をとりあげ、これらの表面処理効果について検討した。併せて、加熱重合レジンと流し込みレジンに対する処理効果を比較したので報告する。

II. 材料と方法

1. 実験材料

床用レジンには、加熱重合型のアクロンクリアー（ジーシー社、ロット番号150722（粉）、230722（液））と流し込み型のポアーレジンPO（松風社、ロット番号079255（粉）、099201（液））を用いた。修理用レジンには、多目的即時重合レジンユニファスト#3（ジーシー社、ロット番号140722（粉）、211022（液））を用いた。

床用レジンの表面処理には、塩素系有機溶媒ジクロロメタン（ナカライテスク社、ロット番号V2P6474）、MMAとして上述のユニファストのモノマー、およびサンドブラスト処理用の平均粒径50 μ mのアルミナ粒子（パナヘラウスデンタル社、ロット番号930827）を用いた。

2. 実験方法

1) 剪断接着試験

(1) 試料の作製

アクリル製のリングの中空部分をパラフィンワックスで填塞したものを、超硬質石こうにて義歯重合用フラスコに埋没した。石こうの硬化後ワックスを除去し、この中にメーカー指定の粉液比で混和し、餅状となった加熱重合レジン填入後、油圧プレスで加圧し、70°Cで90分間、次いで沸騰水中で30分間加熱した後、室温に放冷し、12時間後にリングで囲まれた加熱重合レジンリングごととフラスコから割り出した。なお、レジン分離材としてアルギン酸系アイスラー（クルツァー社）を用いた。また、同型の

表 1 Experimental groups and surface treatment methods
処理群と表面処理法

処理群	表面処理法
DM 群	ジクロロメタン 5 秒処理
MMA 群	モノマー 180 秒処理
SB 群	50 μ m アルミナサンドブラスト 5 秒処理
研磨群	仕上げ研磨材による艶出し研磨

リングにメーカー指定の粉液比で混和した流し込みレジンを用いて、パイプレーターを利用して気泡が混入しないように流し込んだ。表面の艶がなくなってから、50°C、4気圧の条件下で、即重用加圧重合器（型式SSKJ-50、松風社）を用いて10分間重合させ、室温になるまで放冷した。各リングのいずれかの開放部に露出している平らなレジン面を被着面とし、これを流水下にて耐水ペーパーで順次研磨し、最終的に#1000で仕上げた。これらを37°C温水中に30日以上浸漬保管し、飽和状態まで吸水させたと考えられるものを使用時に取り出して実験に供した。

即時重合レジンに先立ち、軟毛ブラシに酸化亜鉛泥をつけて被着面を低速回転で粗研磨した。さらに、フェルトバフに樹脂専用光輝仕上げ研磨材レジンポリ（美須化学研究所）をつけて艶出し研磨を行い、表面が肉眼的に均質な鏡面状になった時点で研磨を完了した。一部の試料は表面の清掃等を行わず研磨材が付着した状態のまま用い、比較対照用として研磨群とした。残りの試料はこの面に対し、表1に示した各表面処理を行い、それぞれの処理群に分けた。なお、サンドブラスト処理に用いるアルミナの平均粒径は50 μ m、ノズル被着面間距離は2mmとし、4気圧で5秒間行った。その後、被着面の中央に直径6mmの円形の穴を開けたマスキングテープをはり、これに嵌合する外径6mm、内径5mm、高さ5mmのテフロン製チューブをはめこみ、被着面に接するまで押し込んで固定した。この中に粉液比0.8にて混和した即時重合レジンと気泡が混入しないよう流し込み、室温中に放置した。硬化後、接着面に可及的に外力が加わらないようテフロン製チューブとマスキングテープを注意深く除去し、試料を完成した。図1に、剪断接着試験用試料の形態を示した。

試料の個数は各条件ごとに7個とし、クロスヘッドスピードを2通りに設定したため、加熱重合レジン試料56個、流し込みレジン試料56個、計112個を作製した。

(2) 測定

すべての試料は完成後37°C温水中に24時間浸漬し、剪断接着試験を行った。測定には万能引張り圧縮試験機TCM 200（ミネベア社）を用い、固定ジグにリングを固定し、クロスヘッドスピード5mm/minの条件下で、接着界面にナイフエッジ型の圧子で圧縮荷重を加えて破断時の荷重を記録した。これを被着面積で除して剪断接着強さ

図1 Configuration of specimen for shear bond strength test
剪断接着試験用試料の形態

とし、平均値と標準偏差を求めた後、各表面処理ごとに平均値の差の検定を行った。さらに、クロスヘッドスピードを1 mm/minに変更した場合の剪断接着試験も同様に行った。

(3) 破断状況の肉眼的観察

剪断試験終了後の各試料の破断状況を肉眼的に観察した。

2) 3点曲げ試験

(1) 試料の作製

試料はJIS規格の抗折たわみ試験(JIS T 6501)に準じ、中の方法³⁾を参考にして作製した。加熱重合レジンの試料は、66×11×3 mmの寸法をもつ金属板を、義歯重合用フラスコ中に超硬質石こうにて埋没し、これを原型として板状の石こう陰型を作製した。この中に餅状となった加熱重合レジンを填入して、前述の条件で重合した。また、流し込みレジンの試料は、硬質石こうモールド上に上記の金属板を瞬間接着材で固定し、棒状のパラフィンワックスにて注入孔と溢出孔を設け、パテ状シリコンでコアーを採得し金属板を除去した後、復位させたコアーに流し込みレジンを注入して、前述の条件で重合した。重合後は室温まで放冷し30分後にコアーから取り出し、スブルー部を切断、整形した。

各床用レジン片は、流水下にて耐水ペーパーで最終的に#1000まで長軸方向に順次整形、研磨し、65×10×2.5 mmの寸法に仕上げた。剪断試験用試料と同様に37°C温水中に30日以上浸漬保管したものを使用時に取り出して実験に供した。

まず、レジン片の中央をバンド・ソー(BS 3000, イグザクト社)を用いて流水下で切断し、次いで長軸に対し90度の角度で#1000の耐水ペーパーにて整形、研磨し、新鮮面を出した。剪断試験用試料と同様に軟毛ブラシに酸化亜鉛泥をつけて、切断面とその周囲を低速回転で粗研磨した。さらに、フェルトパフに仕上げ研磨材をつけて艶出

し研磨を行った。一部の試料は研磨材が付着した状態のまま用い、比較対照用として研磨群とした。残りの試料には艶出し研磨した切断面に対し、表に示した各表面処理を行い、それぞれの処理群に分けた。その後、2つのレジン片を分離材を塗布した石こうモールド上に切断面間に3 mmのスペースを設けて戻し、即時重合レジンを筆積法で用いてこれを満たし、修理した。なお、この操作にはパイル用毛筆No.1(松風社)を用い、同一の術者が可及的に同一の混液比となるよう留意しながら室温下で行った。即時重合レジンの硬化後に、流水下で#1000の耐水ペーパーを試料の長軸方向に用い、修理部の過剰なレジンを研削しつつ所定の寸法に整形、研磨し、試料を完成した。

試料の個数は各条件ごとに7個とし、加熱重合レジン試料28個、流し込みレジン試料28個、計56個を作製した。

(2) 測定

すべての試料は完成後37°C温水中に24時間浸漬した後、3点曲げ試験を行い、破断時の荷重量と最大たわみ量を測定した。測定には前述の万能引張り圧縮試験機を用い、支点間距離50 mm、クロスヘッドスピード5 mm/minの条件下で、修理部中央に圧子で圧縮荷重を加えて破断時の荷重を記録した。これをJIS規格K 7203の公式に代入して3点曲げ強さを算出し、平均値と標準偏差を求めた後、各表面処理ごとに平均値の差の検定を行った。最大たわみ量は、チャートスピード50 mm/minで記録した荷重-時間曲線から算出し、平均値と標準偏差を求めた後、各表面処理ごとに平均値の差の検定を行った。また、加熱重合レジン、流し込みレジンそれぞれに対し、各表面処理ごとに修理後の3点曲げ強さの平均値を母材の床用レジン単体の3点曲げ強さの平均値で除して、曲げ継手効率を求めた。

(3) 破断状況の肉眼的観察

3点曲げ試験終了後の破断状況を肉眼的に観察した。

III. 結 果

1. 剪断接着試験の結果

図2, 3に、剪断接着試験の結果を各表面処理ごとに平均値と標準偏差で示した。

加熱重合レジンでは、クロスヘッドスピード5 mm/minの条件下において、DM群(38.0±6.0 MPa)とSB群(34.7±1.2 MPa)の両群が研磨群(24.1±9.0 MPa)に対し1%の危険率で有意に大きく、MMA群(24.9±4.0 MPa)には有意差がみられなかった。また、DM群とSB群の間に有意差はみられなかった。クロスヘッドスピード1 mm/minの条件下においては、DM群(27.5±1.4 MPa)とSB群(30.3±2.9 MPa)の両群が研磨群(20.4±1.7 MPa)に対し1%の危険率で有意に大きく、MMA群(21.7±3.1 MPa)には有意差がみられなかった。

図 2 Effect of surface treatments on the shear bond strength between heat-cured base resin and repair resin

各表面処理が加熱重合レジンと修理用レジンの剪断接着強さに及ぼす影響

図 3 Effect of surface treatments on the shear bond strength between pour-type base resin and repair resin

各表面処理が流し込みレジンと修理用レジンの剪断接着強さに及ぼす影響

た。また、DM 群と SB 群の間に有意差はみられなかった。

流し込みレジンでは、クロスヘッドスピード 5 mm/min の条件下において、DM 群 (29.1 ± 0.6 MPa), MMA 群 (25.0 ± 2.3 MPa), SB 群 (26.4 ± 1.8 MPa) の 3 群とも研磨群 (21.6 ± 1.8 MPa) に対し 1% の危険率で有意に大きかった。また、DM 群は MMA 群に対し 1% の危険率で、SB 群に対し 5% の危険率で有意に大きく、MMA 群と SB 群の間に有意差はみられなかった。クロスヘッドスピード 1 mm/min の条件下においては DM 群 (29.8 ± 1.1 MPa), MMA 群 (25.8 ± 1.9 MPa), SB 群 (24.2 ± 1.3

図 4 Effect of surface treatments on the transverse strength of heat-cured base resins after repair

各表面処理が修理後の加熱重合レジンの 3 点曲げ強さに及ぼす影響

図 5 Effect of surface treatments on the transverse strength of pour-type base resins after repair

各表面処理が修理後の流し込みレジンの 3 点曲げ強さに及ぼす影響

MPa) の 3 群とも研磨群 (18.9 ± 3.0 MPa) に対し 1% の危険率で有意に大きかった。また、DM 群は MMA 群、SB 群の両群に対し 1% の危険率で有意に大きく、MMA 群と SB 群の間に有意差はみられなかった。

一方、加熱重合レジンと流し込みレジンに対する各表面処理ごとの値を比較すると、いずれのクロスヘッドスピードにおいても、DM 群と SB 群において加熱重合レジンのほうが 1% の危険率で有意に大きく、MMA 群と研磨群においては有意差はみられなかった。

2. 3 点曲げ試験の結果

図 4, 5 に 3 点曲げ試験の結果を示した。加熱重合レジンでは DM 群 (73.6 ± 3.5 MPa) と SB 群 (83.9 ± 0.5 MPa) の両群が研磨群 (48.9 ± 7.7 MPa) に対し 1% の危険率で有意に大きく、MMA 群 (51.9 ± 7.5 MPa) には有意差がみられなかった。また、DM 群と SB 群の間に

図 6 The maximum deflections of heat-cured base resins after repair
修理後の加熱重合レジンの最大たわみ量

図 7 The maximum deflections of pour-type base resins after repair
修理後の流し込みレジンの最大たわみ量

有意差はみられなかった。参考のために測定した加熱重合レジンの板状試料の3点曲げ強さは、 138.7 ± 5.8 MPaであった。これに対し、流し込みレジンはDM群 (57.2 ± 2.7 MPa), SB群 (65.5 ± 2.8 MPa) の両群が研磨群 (28.0 ± 2.8 MPa) に対し1%の危険率で有意に大きく、MMA群 (36.8 ± 4.9 MPa) には有意差がみられなかった。また、SB群はDM群に対し5%の危険率で有意に大きかった。参考のために測定した流し込みレジン単体の板状試料の3点曲げ強さは、 71.3 ± 10.3 MPaで、加熱重合レジンに比べ危険率1%で有意に小さかった。加熱重合レジンと流し込みレジンに対する各表面処理ごとの値を比較すると、すべての条件で加熱重合レジンのほうが有意に大きいという結果を得た。

図6, 7に最大たわみ量を示した。加熱重合レジンでは研磨群 (1.7 ± 0.3 mm) に対しDM群 (2.9 ± 0.1 mm) が5%の危険率で、SB群 (3.4 ± 0.1 mm) が1%の危険率で有意に大きかった。MMA群 (2.0 ± 0.2 mm) には

図 8 Percent of transverse strength recoverys of heat-cured base resins and pour-type resins
加熱重合レジンと流し込みレジン自体の曲げ強さに対する各表面処理後の曲げ継手効率

有意差はみられなかった。また、DM群とSB群の間に有意差はみられなかった。参考のために測定した加熱重合レジン単体の板状試料の最大たわみ量は、 5.7 ± 0.8 mmであった。これに対し、流し込みレジンは研磨群 (1.9 ± 0.1 mm) に対しSB群 (6.2 ± 0.1 mm) が1%の危険率で有意に大きく、DM群 (2.7 ± 0.4 mm) とMMA群 (1.5 ± 0.2 mm) には有意差はみられなかった。参考のために測定した流し込みレジン単体の板状試料の最大たわみ量は 7.4 ± 1.1 mmで、加熱重合レジン単体より大きな値であった。

図8に加熱重合レジン、流し込みレジンに対する各表面処理ごとの曲げ継手効率を示した。

3. 破断状況の肉眼的観察の結果

1) 剪断接着試験

加熱重合、流し込みレジンともに特徴的な傾向を示した。すなわち、両者ともDM群およびSB群のほとんどの試料で、床用レジ内部で破断を生じたいわゆる被着体破壊の様相を呈しており、即時重合レジとの界面は破断しなかった。破断部の形状は、ほとんどが非荷重側に底辺をもつ三角形の角を丸めたような独特の外形を示し、内部が凹面状にえぐり取られていた。

2) 3点曲げ試験

加熱重合、流し込みレジンともに特徴的な傾向を示したが、剪断接着試験とはその傾向は異なっていた。すなわち、SB群のほとんどで荷重の負荷された即時重合レジンの中央で破断が生じていた。これに対し、DM群の一部に床用レジ側に即時重合レジンの薄い層が残っていた例がみられたものの、他の群では界面のいずれか一方で破断していた。

IV. 考 察

ジクロロメタン 5 秒処理²⁾は、溶媒の種類および処理時間が引張り接着強さに及ぼす影響を検討した結果、クロロホルム 20 秒処理²⁾などとともに有効であり、その機序も比較的明らかであること、処理時間が短時間で済み、処理範囲が視覚的に確認できるので、臨床的にも応用しやすいと思われることなどから、今回とりあげた。MMA 180 秒処理は、即時重合レジン¹⁾の添加に先立ち、修理部を MMA で種々の時間湿潤させ、3 点曲げ試験と SEM 観察によって検討した結果、180 秒間の湿潤で 3 点曲げ強さが向上した⁹⁾という報告に基づいて検討した。アルミナサンドブラスト処理については、アクリリックレジン人工歯と PMMA レジンとの接着強さを向上させなかった⁵⁾という報告や、硬質レジン歯と即時重合レジンとの接着強さとその耐久性を向上させた⁹⁾という報告がみられる。これらはそれぞれ対象が異なっているので安易に比較できないが、それぞれの結果は全く逆の印象を受けるものである。修理に先立つ床用レジン¹⁾の表面処理としての効果については不明であるため、今回検討することにした。サンドブラスト処理を長時間行くと、金属より柔らかいため床用レジンがアルミナ粒子によって過剰に研削され、表面が凹面となって適切な剪断試験が行えないことから、処理時間は 5 秒に設定した。また、臨床的には接着阻害因子となる可能性が高い種々の物質が表面に付着していることが多いことを想定し、被着面に清掃等は行わず、研磨材が付着したままの状態とした。したがって、今回は既報^{1,2)}より即時重合レジンが接着しにくい過酷な条件となっている。

著者らは、接着強さを直接測定できる点で優れていると思われた引張り接着試験によって、有機溶媒の床用レジンに対する表面処理効果を検討してきた。しかしながら、引張り接着強さを指標にした場合、ジクロロメタン処理とクロロホルム処理を施した試料において、床用レジンと修理用レジン¹⁾の界面や修理部ではなく、床用レジン本体の破断が生じる²⁾という説明の困難な例が少なからずみられ、界面の引張り接着強さと床用レジン本体の引張り強さが混在する結果となった。すなわち、大まかな傾向は把握できても表面処理の効果を厳密に評価したことになっていないことが問題点として残されていた。また、臨床的には重要な因子と思われる柔軟な床用レジン¹⁾の機械的性質の影響が、測定値に反映していなかった可能性も懸念される。さらに、この方法はジグの精度や加わる加重の方向の規制が技術的に容易ではなく、これらのわずかなズレが結果に大きく影響する⁷⁾といわれており、この観点からも再検討の余地が残されている。以上のように、床用レジンと即時重合レジン¹⁾の接着を評価するのに、引張り接着試験のみでは不十分であり、他の評価法により検討が必要であると思われ

た。

そこで、被着体の機械的性質をも包含した測定値が得られると考えられた剪断接着試験を行ってみた。予備実験において試行錯誤した結果、各条件ごとの差異が明確に表れたことから、まず、クロスヘッドスピードを 5 mm/min に設定した。その結果、加熱重合レジンに対してはジクロロメタン処理とアルミナサンドブラスト処理が効果的であり、流し込みレジンに対してはジクロロメタン処理とアルミナサンドブラスト処理および MMA 処理が効果的であると思われた。しかしながら、破断状況から剪断接着試験には問題があるものと思われた。床用レジン内部で生じた破断様式は、包埋されたディスク状の陶材にシリンダー型のコンポジットレジン¹⁾を接着させた試料の剪断接着試験後の半数にみられたとされる様式⁸⁾と類似している。また、床用レジン本体で破断する様式^{1,2)}は前述のように引張り接着試験においてもみられた。これに対し、MMA 群と研磨群のほとんどの試料では表面に亀裂を伴う界面剥離であった。本報告では、被着体破壊例も破断に要した荷重の大きさを、破断面の面積ではなく被着面積で除した値を便宜的に剪断接着強さとした。したがって、引張り接着試験と同様に正しい接着強さは得られなかったことになる。設定された 5 mm/min というクロスヘッドスピードは、歯科材料の剪断試験としては比較的速く、このことによって短時間のうちにレジン内部に破断を生じさせるのではないかと推測した。そこで、クロスヘッドスピードを遅くすれば界面で破断しやすいのではないかと予想し、次に 1 mm/min の条件下で剪断接着試験を行ってみた。その結果、測定値の絶対値はやや変動したが、値の優劣の順位や破断の様式はクロスヘッドスピード 5 mm/min の場合と同様であった。この時点で、剪断接着試験による表面処理の評価は適切ではないと判断した。

結果的に剪断接着試験において、設定されたクロスヘッドスピードが得られる測定値に影響を及ぼした。レジン同士の接着の系の中では、値の優劣の順位が変わるほどの影響は及ぼさないものの、加熱重合レジンが被着体になった場合には、クロスヘッドスピードが速いほうが大きな値が得られる傾向がみられた。掛谷ら⁹⁾は、市販アクリル角棒を切り出した試料を用いて、曲げ試験における種々の測定条件が曲げ強さの測定値に及ぼす影響について検討し、クロスヘッドスピードが速いほど大きい値を示したと報告しており、これは加熱重合レジンを用いた場合の本実験の結果と同様の傾向である。一方、流し込みレジンにはそのような傾向はみられなかった。この理由の考察は困難であるが、前述の破断の様式と床用レジン¹⁾の機械的性質の違いの両方が関与しているのではないかと推測される。このことと流し込みレジン¹⁾の MMA 処理によって、みかけ上測定値の平均値が向上したことなどを考え合わせても、レジン同士の接着の系では、設定したクロスヘッドスピード如何

たわみ量については、JIS規格の抗折たわみ試験(T 6501)では、1.5, 3.5, 5 kgf 荷重負荷時のたわみ量を求めることになっている。しかしながら、本実験では3点曲げ試験における破断時の荷重量が3.5 kgf や5 kgf に満たないことが多いことを考慮して、中の方法³⁾に従い荷重-時間曲線から破断時のたわみ量を算出し、これを最大たわみ量として修理後の床用レジン¹⁾の機械的性質を判断する資料とした。最大たわみ量は、一般に試料の3点曲げ強さが大きいほど大きくなり、3点曲げ強さの結果と同様の傾向がみられた。参考のため測定した加熱重合レジン単体と流し込みレジン単体の試料の最大たわみ量を比較すると、後者のほうが大きく、外力に対し柔軟でたわみやすいが、破断に至るまで粘り強くたわみ続けるという流し込みレジンの性質をよく反映していた。流し込みレジンにおけるSB群の最大たわみ量が顕著に大きく、流し込みレジン

本報告の要点は図8に集約される。加熱重合レジン、流し込みレジンともにDM群とSB群の効率が高く、特に後者のDM群とSB群はそれぞれ80.2%と91.9%であった。これはStanfordら¹¹⁾が報告している加熱重合レジんで修理した時に近い、あるいはそれを凌ぐ値であり、その効果は優れているといえる。

3. レジン同士の剪断接着試験では、値の優劣の順位は変わらないもののクロスヘッドスピードの違いが測定値に影響した。これには破断の様式と床用レジンの機械的性質

が関与しているものと思われる。

4. レジン同士の接着を評価する場合、3 点曲げ試験が引張り接着試験や剪断接着試験より適切と思われる。

本論文の要旨は、第 94 回日本補綴歯科学会学術大会 (1995 年 10 月 27 日、倉敷) において発表した。

文 献

- 1) 清水博史, 羽生哲也, 中 四良ほか. 有機溶媒の床用レジンに対する表面処理効果 第 1 報: 各種溶媒が結合強さに及ぼす影響. 補綴誌 38: 119-125, 1994.
- 2) 清水博史, 中 四良, 井上弘明ほか. 有機溶媒の床用レジンに対する表面処理効果 第 2 報: 処理時間が引張り結合強さに及ぼす影響. 補綴誌 38: 706-713, 1994.
- 3) 中 四良. 曲げ強さからみたレジン床義歯修理法の研究. 福岡歯大誌 19: 293-317, 1992.
- 4) Vallitu KP, Lassila PV, Lappalainen R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. J Prosthet Dent 72: 639-643, 1994.
- 5) Rupp NW, Bowen RL, Paffenbarger GC. Bonding cold-curing denture base acrylic resin to acrylic resin teeth. J Am Dent Assoc 83: 601-606, 1971.
- 6) 田中卓男, 松村英雄, 熱田 充ほか. レジン歯をポンティックとして用いた接着ブリッジの研究—硬質レジン歯の応用について—. 補綴誌 38: 507-514, 1994.
- 7) 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.
- 8) Della Bona A, van Noort R. Shear VS. tensile strength of resin composite bonded to ceramic. J Dent Res 74: 1591-1596, 1995.
- 9) 掛谷昌弘, 深瀬康公, 石川陽一ほか. 材料試験に関する一考察—測定条件が曲げ強さに及ぼす影響—. 歯材器 15: 29-37, 1996.
- 10) 清水博史, 羽生哲也, 森 宣昭ほか. 金属と床用レジンおよび床用レジンと修理用レジンの剪断接着試験法. 接着歯学 14: 111-122, 1996.
- 11) Stanford JW, Burns CL, Paffenbarger GC. Self-curing resins for repairing dentures: some physical properties. J Am Dent Assoc 51: 307-315, 1955.