原 著 論 文

注入型レジンと硬質レジン歯の接着強さについて

安井 栄 野首 孝祠 北森喜美恵 喜多 誠一

Bond Strength of Abrasion-Resistant Plastic Denture Teeth for Pour-type Denture Base Resin

Sakae Yasui, Takashi Nokubi, Kimie Kitamori and Seiichi Kita

Abstract : We have investigated pour-type acrylic denture base resin and are convinced that it is very useful in making removable dentures. Recently, abrasion-resistant plastic denture teeth have been used frequently in the clinic. In this study, we made a bond strength test for three kinds of abrasion-resistant plastic denture teeth and two kinds of pour-type denture base resin, in order to examine clinical treatment methods when using these materials. These artificial teeth consist of two or three layers. The basal layer made of PMMA for adhering to the denture base resin was removed in this study. The treatment methods in the bonding surfaces of artificial teeth were as follows : 1) no treatment, 2) treatment with a synthetic detergent, 3) treatment with a supplemental bonding agent, and 4) scraping off the basal surface of artificial teeth.

The results were as follows : 1. In no treatment, most of the teeth peeled completely or partially off the bonding surface, 2. The effect of the treatment with a synthetic detergent was found to be incomplete, 3. In the treatment with a supplemental bonding agent or the scraping off the basal surface of artificial teeth, we obtained a higher bond strength with all kinds of teeth and found fractures in artificial teeth or basal resin block, 4. These results show that proper treatments to the basal surfaces of artificial teeth before curing enable sufficient bonding to the denture base resin.

Key words : pour-type resin, abrasion-resistant plastic denture teeth, bond strength

I. 緒 言

義歯の構成要素の中で、人工歯は歯の欠損によって

大阪大学歯学部歯科補綴学第二講座（主任：野首孝祠教授）
The Second Department of Prosthetic Dentistry, Osaka
University Faculty of Dentistry (Chief : Prof. Takashi
Nokubi)

平成5年7月1日受付

損なった形態と機能の回復を目的としており、そのうち前歯部は審美性に、また臼歯部は咬合と咀嚼にそれぞれ重点がおかれている。しかし、前歯部と臼歯部のいずれの部位においても咬合時や咀嚼時に直接的、ならびに食物を介して間接的にも大きな衝撃を受ける部分である。したがって、それに抵抗し、長期間機能するためには人工歯自体の機能的強度を向上させるとともに、人工歯とレジン床との接着強さを高めることが

重要な課題である。現在市販されているレジン歯においては、硬さを増すためにポリメチルメタクリレート (PMMA) の中に通常架橋剤 (ジメタクリル酸グリコールなど) が添加されている¹⁾が、人工歯の組成によっては、レジン床との化学的な結合に対して影響を与え、さらにその人工歯を維持している義歯床の機械的強度にも影響を及ぼすものと考えられる。

これまで著者らは、注入型レジンに関する基礎的ならびに臨床的な一連の研究を行っており、その結果この種の床用材料が临床上十分使用できることが判明した²⁻¹⁴⁾。その中で、この重合法における臨床的な1つの問題点として挙げられる、レジン歯と注入型レジンとの接着強さを検討するために、レジン歯に対するいろいろな人工歯基底面の処理条件下でその接着強さを測定し、加熱重合レジンとの比較を行った。その結果、レジン歯では基底面の処理方法がレジン床との接着強さに大きく影響を及ぼし、基底面に対して一層削除するか、レジンモノマーによる表面処理を行うことによって、十分な接着強さが得られることを見出した⁷⁾。

一方近年、レジン歯の弱点である表面硬さや耐摩耗性を大幅に向上させる目的で、フィラーと多官能性モノマーを利用した硬質レジン歯が市販され、臨床に多用されるようになってきた¹⁵⁾。一般に、市販の硬質レジン歯は2層または3層構造を成しており、主にレジン床との接着を目的とした基底層と、審美性や耐摩耗性を目的とした唇面側や咬合面側の表層に分けられる。義歯製作においては、人工歯の排列スペースの不足のため、人工歯の基底面を削除する場合もあり、その結果硬質レジン歯とレジン床との接着強さに影響が生じ、臨床応用に際しての操作上の対応が問題となってくる。これまで、硬質レジン歯と注入型レジンとの接着強さを測定し、人工歯の基底面処理によって接着強さが向上するという報告^{16,17)}や、単位面積あたりの接着強さを測定した報告¹⁸⁾などが行われているものの、臨床的にどの程度の接着強さが必要であるかは明らかにされておらず、また硬質レジン歯の各層と床用レジンとの接着強さを測定した報告もみられない。さらに、接着強さは、人工歯と床用レジンとの互いに接着する面の材質や構成成分などによっても左右されることから、それぞれの症例に応じた材料の選択や義歯製作上の配慮が必要になるものと考えられる。

そこで今回は、最近多用されている硬質レジン歯と注入型レジンとの接着強さを知る目的で、市販の硬質

レジン歯を中心にその基底層を除去した場合も含めて、各種人工歯と注入型レジンとの間の接着強さと肉眼的にみた破断状況から、義歯製作上の注意点について検討を加えた。

II. 実験材料および方法

1. 実験材料

本研究に使用した人工歯、注入型レジンならびに表面処理剤に関する各材料は、次の通りである。

1) 人工歯 (上顎中切歯)

(1) 陶 歯

エース陶歯 (形態およびサイズ: 514, 松風社製)

(2) レジン歯

リアルクラウン (形態: C, サイズ: #5, 松風社製)

(3) 硬質レジン歯

a. エンデュラアンテリオ (形態: C, サイズ: #5, 松風社製)

b. デュラデント (形態: CL, サイズ: #5, ジーシー社製)

c. SR ビボシット PE (形態およびサイズ: A 27, Ivoclar 社製)

なお、それぞれの人工歯については、市販されている各製品の中から、ほぼ同等の形態とサイズのものを選択した。

2) 注入型レジン

義歯床用注入型レジン材料としては、歴史的にも長く、また日本での使用頻度も比較的高いと思われる以下の国産1種と外国製品1種を選択した。

(1) ポアーレジン (松風社製)

(2) パラプレスバリオ (Kulzer 社製)

3) レジン歯表面処理剤

レジン歯と床用レジンとの接着効果を高める目的で、唯一市販されている接着助剤 (松風社製) を用い、硬質レジン歯に対するその接着効果について検討を加えた。

2. 試料の製作

本研究におけるレジン歯と床用レジンとの接着試験は、一般に行われている JIS T 6506¹⁹⁾ の方法に従って行った。すなわち、図1に示す形態と寸法に成型したパラフィンワックスの台座に各人工歯を歯軸が45°になるように固定した。次いで、ポアーレジンで重合

表 1 人工歯基底面の処理方法

無処理	: 熱湯による流蠟を行ったのみで、特別な処理を行わない
中性洗剤処理	: 流蠟後、中性洗剤を熱湯で 0.2% に希釈した液で洗い流す
接着助剤処理	: 流蠟後、人工歯の基底面を接着助剤にて清拭する
基底面一層削除	: 流蠟後、人工歯の基底面を一層削除し、新鮮面を露出する

図 1 人工歯を固定するワックスブロックの形態と寸法 (単位: mm)

する場合は、ポアープラスターで埋没し、パラプレスバリオで重合する場合、著者らが開発した重合システム¹⁴⁾に従って、低膨張硬石膏と普通石膏で二重埋没を行った。それぞれ石膏硬化後、100°Cの熱湯で流蠟したのち、埋没材中の人工歯の基底面に指定した処理法(表 1)を用い、コア材に分離材を塗布し、メーカー指定の重合条件で重合を行った。すなわち、ポアレジンの場合はポリマー90 g:モノマー50 mlの割合、またパラプレスバリオはポリマー100 g:モノマー70 mlの割合でそれぞれ混和して注入したのち、加圧釜の中で50°C温水中、4 kgf/cm²の空気圧下で20分間重合を行った。

次に、本研究に使用した人工歯は、製品のままの前述の人工歯に加えて、それぞれの基底層を除去したものとした。すなわち、エンデュラアンテリオ(以下エンデュラとする)とその基底層(PMMA層)を除去したエンデュラアンテリオ(以下エンデュラ基底層除去とする)、それにデュラデント、さらにSRビボシットPE(以下ビボシットとする)とその基底層(PMMA層)を除去したSRビボシットPE(以下ビボシット基底層除去とする)、その他対照としてレジン歯と陶歯の合計7種類とした。3種類の硬質レジン歯の正中断面と基底層除去の試料を図2に示しており、そのうちエンデュラとビボシットは、3層のうちの基底部の1層をすべて除去して、中間層を露出した

図 2 各硬質レジン歯試料とその断面

エンデュラとビボシットは3層構造から成り、基底層を除去して中間層を露出した基底層除去の試料も製作した。右側の2列がそれぞれ基底層を除去した状態を示している。なお、デュラデントは2層構造であるため、製品のままの状態を試料とした

図 3 重合が完了した試料

基底層を除去していない人工歯(右側)と、基底層を除去した人工歯(左側)を示している

ものを基底層除去の試料とした。しかし、デュラデントについては、硬質レジンから成る唇面側表層とPMMAから成る基底層の2層構造のみであり、他の2種との比較ができないため、本研究では基底層を除去した試料は用いなかった。

なお、陶歯については無処理のみとした。また、各試料は重合後37°Cの水中に浸漬して保管し、24時間後に引張り試験を行った。各条件についてそれぞれ10個ずつ製作し、その完成した試料を図3に示した。

3. 接着試験

各試料を人工歯接着試験機(図4)に固定し、直径1.5 mmの散弾を用い、12 kgf/minの速度にて人工歯の切端部に荷重を加えて、歯軸と45°の角度で引張り試験を行い、レジン床に相当する基底部レジンプロックから人工歯が離脱した時の荷重を接着強さとし

図 4 接着試験

人工歯接着試験機に各試料を固定し、歯軸と45°の角度で、12 kgf/min の速度にて荷重を加えた。左側はその全景を、右側は荷重部分を拡大したものである

図 5 破断面の観察

接着試験にて破断した状態を肉眼的に観察し、5つのグループに分けた

た。

さらに、前報⁷⁾で述べた方法に従い、基底部のレジン床面と人工歯との破断面における肉眼的な観察を行った。すなわち、図5に示したように、人工歯とレジン床との接触面で人工歯そのものが完全に離脱したものを「完全離脱」、人工歯の表層が一部接着しているものを「一部剝離」、人工歯とレジン床が完全に接着している場合、人工歯の部分で破折したものを「人工歯破折」、またレジン床の部分で破折したものを「床破折」、さらに人工歯とレジン床が同時に破折したものを「人工歯と床の破折」の5つのグループに分けた。

なお、各条件間の接着強さの差の検定には Student の t 検定を用いた。

III. 結 果

1. ポアーレジンで重合した場合

ポアーレジンで重合した場合の各処理条件における人工歯とレジン床との接着試験の結果を表2および図6に示し、破断面の観察結果を表3に示した。

1) 陶 歯

接着試験の結果、接着強さは $17.8 (\pm 2.0)$ kgf で、破断面はすべて人工歯内部の維持ピン周辺における破折であった。

2) レジン歯

接着強さは、無処理では $15.1 (\pm 3.1)$ kgf、と陶歯よりわずかに低い値を示したが、接着助剤処理では $21.0 (\pm 1.7)$ kgf と陶歯より有意に大きい値を示し、

中性洗剤処理がこれに続き、この両者は無処理より有意に高い接着強さを示した。

次に、破断状況(表3)では、無処理で4個の試料に完全離脱が認められたが、他の条件では完全離脱はなく、一部剝離、人工歯破折、あるいは床破折にほぼ均等に分散していた。

3) 硬質レジン歯

(1) 人工歯の基底層を除去しない場合

人工歯の基底層を除去しない場合、3種類の人工歯のうち最も高い接着強さを示したのがエンデュラであった。そのエンデュラの接着強さは、無処理においても $20.2 (\pm 4.5)$ kgf と陶歯の場合を上回り、また他の3種類の基底面処理においても、平均値で $1.7 \sim 3.4$ kgf の接着強さの増加が認められたが、これら4条件の間には有意の差はみられなかった。

破断状況では、無処理において2個の試料で完全離脱と一部剝離が認められた以外は、すべて人工歯破折と床破折であった。

その他の人工歯の場合、無処理における接着強さは、デュラデントでは $14.3 (\pm 1.0)$ kgf、ビボシットでは $9.1 (\pm 2.6)$ kgf といずれも陶歯の場合よりも有意に小さい値を示したが、基底面一層削除でデュラデントでは $17.4 (\pm 1.2)$ kgf、ビボシットでは $17.1 (\pm 2.1)$ kgf と増加し、さらに接着助剤処理でデュラデントでは $21.4 (\pm 2.6)$ kgf、ビボシットでは $18.9 (\pm 1.9)$ kgf を示し、陶歯より高い接着強さを示した。

破断面では、デュラデント、ビボシットとともに無処理における全試料が完全離脱または一部剝離であ

図 6 ポアーレジンで重合した場合の接着強さの平均値と標準偏差

表 2 ポアーレジンで重合した場合の接着強さの平均値 (標準偏差)

(単位: kgf)

	陶歯	レジン歯	エンデュラ	エンデュラ 基底層除去	デュラデント	SR ビボシット PE	SR ビボシット PE 基底層除去
無処理	17.8(2.0)	15.1(3.1)	20.2(4.5)	8.1(3.7)	14.3(1.0)	9.1(2.6)	12.4(1.7)
中性洗剤処理	—	19.0(2.5)	23.6(2.5)	7.4(1.9)	14.7(1.1)	12.0(2.5)	18.9(6.0)
接着助剤処理	—	21.0(1.7)	21.9(2.6)	23.2(9.2)	21.4(2.6)	18.9(1.9)	16.4(4.6)
基底面一層削除	—	17.0(1.5)	22.5(3.1)	25.2(3.5)	17.4(1.2)	17.1(2.1)	16.7(4.6)

表 3 ポアーレジンで重合した場合の破断状況

		完全離脱	一部剥離	人工歯破折	床破折	人工歯と床の破折
レジン歯	無処理	4	3	1	2	—
	中性洗剤処理	—	3	4	3	—
	接着助剤処理	—	3	2	5	—
	基底面一層削除	—	3	4	3	—
エンデュラ	無処理	1	1	4	4	—
	中性洗剤処理	—	—	1	9	—
	接着助剤処理	—	—	6	4	—
	基底面一層削除	—	—	6	4	—
エンデュラ 基底層除去	無処理	10	—	—	—	—
	中性洗剤処理	1	9	—	—	—
	接着助剤処理	3	2	—	5	—
	基底面一層削除	—	—	4	6	—
デュラデント	無処理	—	10	—	—	—
	中性洗剤処理	—	10	—	—	—
	接着助剤処理	—	—	—	—	10
	基底面一層削除	—	—	—	—	10
SR ビボシット PE	無処理	7	3	—	—	—
	中性洗剤処理	2	8	—	—	—
	接着助剤処理	—	—	2	—	8
	基底面一層削除	—	—	—	—	10
SR ビボシット PE 基底層除去	無処理	10	—	—	—	—
	中性洗剤処理	5	5	—	—	—
	接着助剤処理	3	7	—	—	—
	基底面一層削除	—	10	—	—	—

表 4 パラプレスで重合した場合の接着強さの平均値 (標準偏差)

(単位: kgf)

	陶歯	レジン歯	エンデュラ	エンデュラ 基底層除去	デュラデント	SR ビボシット PE	SR ビボシット PE 基底層除去
無処理	18.5(2.9)	7.4(0.8)	13.3(2.9)	7.2(3.2)	7.3(1.3)	8.5(4.2)	2.8(4.4)
接着助剤処理	—	18.1(1.6)	15.1(3.5)	21.2(4.9)	14.2(2.7)	16.8(1.1)	9.5(4.2)
基底面一層削除	—	13.2(3.2)	14.6(2.8)	18.7(4.8)	21.8(3.5)	18.3(2.8)	13.5(5.2)

図 7 パラプレスで重合した場合の接着強さの平均値と標準偏差

り、基底面一層削除と接着助剤処理では全試料が床または人工歯内での破折を示した。また中性洗剤処理においては、ビボシットで接着強さが無処理より有意に高くなったものの、その接着効果はやや不十分であり、すべて完全離脱または一部剥離であった。

(2) 人工歯の基底層を除去した場合

エンデュラ基底層除去における接着強さは、無処理において $8.1 (\pm 3.7)$ kgf、中性洗剤処理においても $7.4 (\pm 1.9)$ kgf を示し、いずれも他の条件と比較して著しく低く、しかも陶歯よりも有意に小さい接着強さを示した。このことは、無処理では10個の試料すべてに完全離脱がみられ、中性洗剤処理では9個の試料に一部剥離、1個の試料に完全離脱が認められたことと一致し、人工歯の基底層を除去した場合の処理方法として、両者ともレジン床との接着効果が不十分であることが示された。しかし、接着助剤処理では $23.2 (\pm 9.2)$ kgf、また基底面一層削除では $25.2 (\pm 3.5)$ kgf を示し、他の条件を上回るきわめて高い接着強さを示した。しかも、接着助剤処理の半数が床破折であり、基底面一層削除のすべての試料が床破折および人工歯破折であった。

一方、ビボシット基底層除去では、無処理における接着強さは、 $12.4 (\pm 1.7)$ kgf と陶歯より低い値を示したが、中性洗剤処理で $18.9 (\pm 6.0)$ kgf、接着助剤処理で $16.4 (\pm 4.6)$ kgf、基底面一層削除で $16.7 (\pm 4.6)$ kgf と、無処理より有意に高くなるものの、接着界面での完全離脱や一部剥離が多く、本研究で行った基底面の処理方法では、接着効果にややばらつく傾向が認められた。

2. パラプレスで重合した場合

パラプレスで重合した場合の各条件におけるレジン床と人工歯との接着試験の結果を表4および図7に示し、破断面の観察結果を表5に示した。なお、人工歯の基底面処理については、無処理と、前述のボアレジジンにおいて比較的接着効果が安定していた接着助剤処理と基底面一層削除の3種類について検討を行った。

1) 陶 歯

ボアレジジンの場合と同様、破断はすべて陶歯の維持ピン周辺での破折であり、接着強さは $18.5 (\pm 2.9)$ kgf であった。

表 5 パラプレスで重合した場合の破断状況

		完全離脱	一部剥離	人工歯破折	床破折	人工歯と床の破折
レジン歯	無処理	10	—	—	—	—
	接着助剤処理	—	—	10	—	—
	基底面一層削除	—	—	—	—	10
エンデュラ	無処理	2	8	—	—	—
	接着助剤処理	—	—	—	—	10
	基底面一層削除	—	—	—	—	10
エンデュラ 基底層除去	無処理	10	—	—	—	—
	接着助剤処理	—	9	—	1	—
	基底面一層削除	—	8	—	—	2
デュラデント	無処理	10	—	—	—	—
	接着助剤処理	—	—	—	—	10
	基底面一層削除	—	—	—	2	8
SR ビボシット PE	無処理	6	4	—	—	—
	接着助剤処理	—	—	—	—	10
	基底面一層削除	—	—	—	—	10
SR ビボシット PE 基底層除去	無処理	10	—	—	—	—
	接着助剤処理	7	3	—	—	—
	基底面一層削除	1	9	—	—	—

2) レジン歯

無処理における接着強さは、7.4 (± 0.8) kgf で、すべて接着界面での完全離脱が認められ、接着強さは不十分であったが、接着助剤処理あるいは基底面一層削除を行うことによって、接着強さは有意に高くなり、破断状況もすべての試料が人工歯破折あるいは人工歯と床の破折であり、特に接着助剤処理によって良好な接着効果が得られた。

3) 硬質レジン歯

(1) 人工歯の基底層を除去しない場合

エンデュラは、無処理で 13.3 (± 2.9) kgf、接着助剤処理で 15.1 (± 3.5) kgf、基底面一層削除でも 14.6 (± 2.8) kgf と、いずれも陶歯より接着強さはやや低い傾向を示した。しかし、破断面は、無処理では完全離脱か一部剥離であったのに対して、接着助剤処理や基底面一層削除では、すべて人工歯と床の破折であった。

一方、デュラデントとビボシットでは、いずれも無処理で 10 kgf 以下の値を示し、完全離脱または一部剥離を認めたが、基底面に対して接着助剤処理あるいは一層削除を行うことによって、接着強さは有意に高くなり、破断面もすべてが床破折あるいは人工歯と床の破折となり、良好な接着効果が得られた。

(2) 人工歯の基底層を除去した場合

無処理における接着強さでは、エンデュラ基底層除去が 7.2 (± 3.2) kgf、ビボシット基底層除去が 2.8 (± 4.4) kgf と低く、しかも破断面はすべて完全離脱であった。特に、ビボシット基底層除去においては、埋没用石膏から重合完了した試料を取り出し、接着試験機上で荷重を加えた瞬間に、10 個の試料のうち 6 個の人工歯が離脱したため、これらについては、接着強さを 0 kgf とし、平均値と標準偏差を算出した。

一方、両者とも、接着助剤処理や基底面一層削除を行うことで接着強さは有意に高くなり、特にエンデュラの方が著しく増加し、21.2 (± 4.9) kgf と 18.7 (± 4.8) kgf を示した。しかし、ビボシットにおける破断面は、完全離脱あるいは一部剥離を示し、その接着効果はやや不十分であることが示された。

IV. 考 察

著者らの教室において行った注入型レジンとレジン歯との接着に関する研究⁷⁾では、陶歯とレジン床との接着強さは、加熱重合レジンと注入型レジンとの間で差はなく、15.6~18.1 kgf であったのに対して、レジン歯では注入型レジンとの接着強さに人工歯基底面

の処理方法が大きく影響を及ぼすという結論を得た。すなわち、無処理では、加熱重合レジンの場合や、陶歯を用いた場合と比較して有意に小さい接着強さ(3.5~5.5 kgf)を示したのに対して、基底面一層削除やモノマー浸漬、あるいはメチレンクロライド・モノマー浸漬などの処理によって接着強さは著しく増加し、加熱重合レジンの場合に匹敵することがわかった。

今回の研究においても、陶歯の接着強さはポアーレジンで17.8 (± 2.0) kgf, パラプレスで18.5 (± 2.9) kgfを示し、前述した前回の結果⁷⁾とほぼ一致し、またすべての試料で維持ピン周辺の破折であったことも前回と一致している。したがって、陶歯とレジン床との接着強さは、陶歯自体の破折強度の値を示す結果となった。

人工歯とレジン床との接着について、著者らはあくまでも臨床的な条件にあった実験方法のもとで臨床的示唆が得られることを最大の目標としており、前回においても今回においても同様に、実際の義歯の製作過程に準じて得た試料に対して、接着試験を行ったものである。したがって、ほぼ同形態と同寸法の陶歯、レジン歯、硬質レジン歯を用い、臨床操作でも行っているように、人工歯のカラー部分を被覆させ、その中でレジン床との化学的な接着が期待できない陶歯から本試験の基準値を求めることにした。すなわち、前回ならびに今回の結果から、加熱重合レジンにおいても注入型レジンにおいても、15.6~18.5 kgfの範囲を示し、ほぼ一定の値が得られたと同時に、すべての陶歯において人工歯内部(ピン周辺)で破折が生じた。これに対して、注入型レジンによって製作した義歯250症例の経過観察では⁴⁾、陶歯を使用した前歯部において脱落も破折も認められなかったことから、臨床的にはほぼこの範囲を接着強さの基準値と設定してよいと考えている。

一方、接着強さと共に、接着面の破断状況も接着効果を裏付けるための重要な指標となるものと考え、著者らは前回⁷⁾に提示した4段階の破断状況に加えて、新たに人工歯と床の破折の項目を設けて検討を行った。本実験の結果から、接着強さと破断状況との関係において、特に8 kgf以下のきわめて低い接着強さを示した場合、その条件下では、ほとんどが人工歯の完全離脱の様相を呈した。

以上のことから、本実験では臨床的な方法に準じ、機械的な把持を向上させることを目的として、人工歯

のカラー部分を被覆させたが、完全離脱のような接着効果が全く得られない条件下においては、このカラー部分の被覆が接着効果そのものにさほど影響を与えないことが示された。このことは、接着試験で荷重を加えた直後に完全離脱を示した、いわゆる接着強さ0 kgfの試料がその条件下においてかなり含まれていることから容易に理解できる。

次に、今回比較対照のために使用したレジン歯と注入型レジンとの接着強さについては、無処理でもポアーレジンで15.1 (± 3.1) kgf, パラプレスで7.4 (± 0.8) kgfと、前回の無処理の場合よりも高い値を示したが、破断面はほとんどの試料で完全離脱または一部剥離が認められ、接着強さが不十分であることが示された。しかし、接着助剤処理または基底面一層削除によって有意に接着強さが向上し、破断面の状況においても、接着界面の剥離はなくなり、十分な接着効果が認められた。

一方、硬質レジン歯においても、床用レジンとの接着効果を高めるために、その基底層がPMMAで構成されていることから、レジン歯の場合とほぼ類似した結果が得られた。しかし、エンデュラについては、ポアーレジンで重合した場合の無処理でも20.2 (± 4.5) kgfと高い接着強さを示し、基底面処理を行った場合とほぼ同様の値であり、有意差は認められなかった。この傾向は、パラプレスで重合した場合でも同様であった。レジン歯とエンデュラの基底面の大きさはほぼ同じであり、無処理の場合の接着強さに差がみられたことは、一般のレジン歯のPMMAには機械的強度や耐摩耗性が要求されるが、もともとこれらの性質を備えているエンデュラにおける基底層のPMMAには接着強さの向上に重点がおかれており、エンデュラに使用されているPMMAと、レジン歯に使用されているPMMAの架橋構造の違いによるものと考えられる。しかし、エンデュラにおいても、無処理の場合は、接着界面で剥離している試料が多く認められたことから、臨床的には基底面の処理が必要であることが明らかとなった。

一方、人工歯の基底層を除去し、中間層を露出させたエンデュラとビボシットの場合、無処理では、基底層を除去していない場合と比較して接着強さが著しく低く、すべての試料で完全離脱を認めたことから、レジン床との接着効果が不十分であったことが示された。しかし、ポアーレジンで重合した場合のエンデュラ基底層除去においては、接着助剤処理または基底面

一層削除を行うことによって、接着強さが向上し、接着界面からの人工歯の完全離脱や一部剥離を生じた試料が接着助剤処理によって半分に減少し、基底面一層削除では皆無となった。このことから、これらの処理方法は接着強さを向上させるための効果が十分であることが示された。

また、エンデュラアンテリオの中間層（高密度架橋アクリル樹脂）は、通常のレジン歯よりも多くの架橋剤が含まれている（メーカー資料より）ことから、人工歯の PMMA の架橋構造が複雑になるほど床用レジンとの接着強さは低下するものと考えられる。したがって、今回の実験結果にもみられるように、この中間層に対しても注入型レジンとのぬれ性を向上させる処理を行うことによって、十分な接着が得られることが明らかとなった。接着助剤処理や基底面一層削除の場合、エンデュラ基底層除去の方が、製品のままのエンデュラよりも高い接着強さが得られているが、これは、今回の試料の形態では、基底層除去の方が接着面の面積が大きくなった（図 2）ことにも起因するものと考えられる。

一方、ビボシットの中間層のように、PMMA 以外の多官能性モノマーとフィラーよりなる硬質レジン²⁰⁾に対しては、注入型レジンの種類によって十分な接着効果が得られないことが考えられる。

今回、2 種類の注入型レジンと人工歯との接着強さについて比較検討を行った結果、接着強さでは、パラプレスを使用した場合のほとんどの条件において、陶歯の接着強さより低い値となった。また破断面の状況から、ポアーレジンとビボシット基底層除去、パラプレスと基底層を除去したエンデュラとビボシットの組合せの場合においては、今回設定したいずれの基底面処理によっても、接着界面での剥離が多く認められ、十分な接着効果が得られなかった。このことから、実際の臨床においてそれぞれに適した組合せを考慮して使用する必要があるとともに、今後さらに最適な処理方法を見い出す必要性も示唆された。

前回の研究結果⁷⁾においても、中性洗剤処理には、多少の接着効果はあるものの、他の処理方法と比べて必ずしも十分な効果とはいえなかった。今回のポアーレジンで重合した結果においても、接着強さは高くなるものの、接着界面における人工歯の完全離脱や一部剥離が多く認められ、同様に十分な接着効果は得られなかった。これは、中性洗剤はワックスを完全に除去できないため、新鮮なレジン面が露出されないことに

よって、人工歯基底面と注入型レジンとのぬれ性が得られにくかったものと考えられる。

一方、接着助剤処理はいずれの人工歯においても接着強さの向上が認められた。この接着助剤の主成分であるジクロロメタンそのものは、一般工業界のプラスチック用表面処理剤であり、レジン歯と床用レジンとの接着強さの向上に有効であることが松尾²¹⁾によっても紹介されている。レジン歯表面、また硬質レジン歯の PMMA 部分を接着助剤で清拭すると、滑沢さが消失し、さらに繰り返し清拭すると一層溶解してくることが肉眼的にも容易に観察できる。高橋¹⁷⁾は、位相差顕微鏡にて、PMMA 部表面が、接着助剤塗布によって粗糙になった状態を観察している。このように、接着助剤によって PMMA の表面積が増加し、その凹凸になった状態に床用レジンが入り込んで重合するために、接着強さが向上するものと考えられる。しかし、接着助剤処理を行った、エンデュラにおける基底層除去の試料の半数に、不完全な接着状態を示す完全離脱と一部剥離が認められ、接着助剤の効果もややばらつく傾向が認められた。これは、流蠟後に人工歯基底面に付着しているワックスや油脂成分が、接着助剤の清拭によって完全に除去しきれていないことを示しており、PMMA の表面に対する接着助剤の効果が不確実になったものと考えられる。したがって、人工歯の基底面を一層削除して、ワックスを完全に除去したのちに本剤を使用することによって、より確実な接着効果が得られるものと考えられる。

また、ジクロロメタンは有機溶媒であることから、人工歯の唇面への影響も考える必要がある。レジン歯と各硬質レジン歯を接着助剤に浸漬したところ、レジン歯と硬質レジン歯の PMMA 部分は、数分でその表層から溶解し、軟化し始めたが、硬質レジンの層においては、5 分間の浸漬においても、滑沢さの消失は認められず、比較的表面の安定性を示した。したがって、本剤は揮発性物質であるが、特にレジン歯に用いる場合には、人工歯唇面に本剤が流れ込まないように注意が必要である。

以上のことから、前歯部において人工歯排列のスペースが不足し、硬質レジン歯の基底層を除去しなければならない場合、あるいは基底層を大きく除去して、シェル状の形態にしなければならない場合においても、流蠟後、基底面を一層削除して残留したワックスを完全に除去したのちに、接着助剤処理を行うことによって、注入型レジンとの接着効果が十分期待でき

表 6 加熱重合レジンで重合した場合の接着強さの平均値（標準偏差）

	エンデュラ	エンデュラ 基底層除去	デュラデント	SR ビボシット PE	SR ビボシット PE 基底層除去
無処理	21.4(4.1)	22.2(3.6)	12.3(5.9)	15.1(1.4)	1.5(3.4)

(単位: kgf)

表 7 加熱重合レジンで重合した場合の破断状況

	完全離脱	一部剝離	人工歯破折	床破折	人工歯と 床の破折
エンデュラ	—	2	2	4	2
エンデュラ 基底層除去	—	9	—	1	—
デュラデント	2	5	—	—	3
SR ビボシット PE	—	5	2	3	—
SR ビボシット PE 基底層除去	10	—	—	—	—

るものと考えられる。

一方、硬質レジン歯の臼歯部では、人工歯の咬合調整時の削合量が多くなることを想定して、中間層にも硬質レジンが使用されている。そのため、基底層を除去することによって、床用レジンとの接着効果が低下することから、基底層の削除に際しては、本研究の結果を十分考慮した対応策が必要と考えられる。

また一般的に、加熱重合レジンを使用した場合には、レジン歯との接着不良による人工歯の完全離脱が問題視されることは少ないが、今回の実験と同じ条件で、加熱重合レジン（アーバン：松風社製）を用いて重合した場合の人工歯 5 種類（すべて無処理）とレジン歯との接着試験を行い、その結果を表 6, 7 に示した。

エンデュラならびに基底層を除去したエンデュラでは、接着強さは 21.4 (±4.1) kgf と、22.2 (±3.6) kgf と高い値を示したが、デュラデントとビボシットにおける無処理では注入型レジンよりやや高い値を示したものの、基底面処理を行った場合より低い値を示した。特に、基底層を除去したビボシットにおいては、接着強さ 0 kgf を示した試料が 10 個のうち 7 個を占め、ほとんど接着していないことが確認された。また、破断面の観察結果においても、エンデュラでは、人工歯や床の破折を認め、接着界面における一部剝離は少なかった。しかし、基底層を除去したエンデュラ、あるいはデュラデントやビボシットにおいては、一部剝離が多く認められ、接着効果が不十分であ

ることが示された。

山内ら²²⁾も、硬質レジン歯と加熱重合レジンの接着強さについて報告している。その結果、破断面の観察結果でも、無処理では一部剝離が認められているが、基底面にモノマー塗布などの処理を行うことで、剝離する試料がなくなり、人工歯や床の破折が認められたと述べている。このことから、硬質レジン歯と加熱重合レジンを用いる場合でも、今回の研究結果などを参考にして、より確実な接着強さが得られるよう、人工歯基底面に対する適切な処理の必要性が示された。

V. 結 論

本研究は、注入型レジンと硬質レジン歯を用いた場合の接着強さを知る目的で、市販の硬質レジン歯 3 種類に対して、重合前の基底面処理方法 4 条件を組合せて接着試験を行った結果、以下の結論を得た。

1. 2 種類の注入型レジンと陶歯の接着強さは、17.8 (±2.0) kgf と 18.5 (±2.9) kgf を示し、20 個の試料すべてにおいて陶歯内での破折が認められ、レジン床との結合よりも人工歯の強度に影響されることが示された。

2. レジン歯ならびに硬質レジン歯においては、無処理の場合、十分な接着強さは得られなかったが、基底面に対して接着助剤処理あるいは基底面一層削除を行うことによって十分な接着強さが得られた。

3. 硬質レジン歯の基底層を除去した場合、その基

底面に対して接着助剤処理,あるいは一層削除を行うことによって,接着強さが有意に向上し,人工歯の離脱の可能性が少なくなることが示された。

4. 注入型レジンの種類によって,レジン歯や硬質レジン歯における接着強さに差が認められ,人工歯接着面の材質によっては,床用レジンを選択する必要性が示唆された。

以上の結果,注入型レジンと硬質レジン歯を用いて重合を行う場合,両者間の接着強さを高めるためには,流注後に人工歯基底面を一層削除するか,接着助剤処理を行う必要性が明らかとなった。また,本研究結果を考慮して,各症例に応じた人工歯と床用レジンの組合せを選択することの重要性も示された。

なお,本研究の要旨は,平成4年度日本補綴歯科学会関西支部学術大会(1993年3月,神戸)において発表した。

文 献

- Phillips, R.W. (三浦維四, 林 一郎, 川上道夫ほか): Skinner's Science of Dental Materials (スキナー-歯科材料学(上), 173, 205, 医歯薬出版, 東京, 1978), 1973.
- 河合庄治郎, 野首孝祠: 注入型レジンによる補綴について, 歯科時報, 24: 12~19, 1970.
- 吉田龍三, 丸岡寛昭, 野首孝祠ほか: 注入型レジンの生体組織反応, 補綴誌, 14: 127~134, 1970.
- 奥野善彦, 野首孝祠, 松代浩明ほか: 注入型レジンによる補綴の予後に関する臨床的研究, 補綴誌, 16: 380~386, 1973.
- 奥野善彦, 佐野敬一, 尾形和彦ほか: 注入型レジン重合法における人工歯の移動について, 阪大歯学誌, 19: 1~5, 1974.
- 奥野善彦, 野首孝祠: 注入型レジン床義歯の経過観察からみた問題点とその対策, 歯界展望, 44: 219~227, 1974.
- 奥野善彦, 野首孝祠, 佐野敬一: 注入型レジンとレジン歯との接着に関する研究, 補綴誌, 17: 445~453, 1974.
- 奥野善彦, 佐野敬一, 野首孝祠ほか: 注入型レジン重合法における人工歯の移動と咬合高径の変化について—特殊石こう埋没材を使用した場合—, 補綴誌, 18: 403~409, 1975.
- 奥野善彦, 野首孝祠: 特殊石こうを使用した新しい注入型レジン重合法—Tru Pour Fluid Resin System—, 歯界展望, 47: 182~196, 1976.
- 奥野善彦, 野首孝祠, 西山 暉ほか: 注入型レジン重合法における人工歯の移動について—シリコン・コア・システムおよび特殊石膏法を局部床義歯に応用した場合—, 補綴誌, 22: 697~704, 1978.
- 奥野善彦, 野首孝祠, 藤井克典ほか: 注入型レジンに関する基礎と臨床 (I) (II) (III) (IV), Quintessence International Dental Digest, 7: 21~31, 8: 35~42, 9: 33~46, 10: 29~41, 1978.
- 野首孝祠 奥野善彦: 流し込みレジンによる義歯の予後観察, DE, 66: 8~15, 1983.
- 吉岡 宏, 能勢浩行, 野首孝祠ほか: 上下顎蠟義歯一塊埋没法による注入型レジン重合法について, 歯科技工, 12: 819~833, 1984.
- 野首孝祠, 中村 栄, 喜多誠一ほか: 注入型レジン石膏コア重合システム, the Quintessence, 10: 113~121, 1991.
- 溝上隆男, 森 博史: 新しい硬質レジン人工歯の理論的背景と効果的使用, 歯科技工, 16: 771~790, 1988.
- 山本 滋, 竹内貴康, 清水洋一ほか: 人工歯と床用レジンの接着強さ—市販硬質レジン歯について—, 歯科技工, 18: 197~203, 1990.
- 高橋 裕, 武内哲二, 西原浩平ほか: 義歯床用流し込み型レジンと硬質レジン歯の結合強さについて, 補綴誌, 37: 543~551, 1993.
- 立井大介, 高橋 裕, 羽生哲也ほか: 流し込み型レジンとレジン歯の結合強さについて, 補綴誌, 36・88回特別号: 154, 1992.
- 日本規格協会編: JDMA 1992 GUIDE BOOK, 日本工業規格 レジン歯 T 6506, 177~182, 日本歯科材料工業協同組合, 東京, 1992.
- 平澤 忠, 原嶋郁郎, 野本理恵ほか: 歯冠用硬質レジンの組成と物性の比較, DE, 85: 16~27, 1988.
- 松尾智昭: 前歯部レジン人工歯の脱落を防止するためには, 歯科技工, 12: 214~217, 1984.
- 山内六男, 奥村清和, 堺 誠ほか: 硬質レジン歯と床用レジンとの結合力について, 補綴誌, 32: 1275~1282, 1988.