原著論文

各種のリライニング材による裏装が加熱重合型床用レジン の機械的性質に及ぼす影響

高橋 裕 川口 稔* 宮崎 光治* 羽生 哲也

Effect of Reline Material on Mechanical Properties of Relined Heat-cured Denture Base Resin

Yutaka Takahashi, Minoru Kawaguchi*, Koji Miyazaki* and Tetsuya Habu

Abstract: Mechanical properties (ultimate transverse strength, transverse elastic modulus, transverse deflection) of heat-cured denture base resin relined with four different types of denture reline materials were tested. As a result, the ultimate transverse strength of the denture base material relined with the four denture reline materials deteriorated compared with that of the denture base material itself. In general, the mechanical properties of the relined denture base follow the mechanical properties of the bulk denture reline material. The proportion of thickness of the denture reline material affects the mechanical properties of the relined denture base.

Key words: reline, denture reline material, heat-cured denture base resin, mechanical property, ultimate transverse strength

I. 緒 言

床裏装法は、長期間の使用により床下組織が変化して不適合が生じた義歯や、抜歯窩の治癒に伴って顎堤の形態が変化し不適合になった即時義歯などに用いられることが多い。裏装法のなかでも直接裏装法は、患者の口腔内で直接裏装を行うことができるので操作が簡便であり、患者の義歯を預かる必要なく短時間で裏装できる利点がある。従来、直接リライニング材には化学重合型の即時重合レジンが用いられていたが、これらには重合時の発熱やモノマーの刺激による粘膜の不快感がある¹⁾ため、現在では、これらの問題点を改善した光重合型や、低刺激性の常温重合型レジンが臨床に広く応用されるようになった。

これらの直接リライニング材は、これまでに物性や適合性に関していろいろな研究が行われており、強度に関しては、リライニング材自体の曲げ強さを検討した報告²⁾や、裏装後の床用レジンの曲げ強さを検討した報告^{3~6)}がある。しかし、各種リライニング材で裏装した床用レジンの機械的性質を床用レジン単体と比較し、さらにリライニング材の機械的性質が裏装後の義歯に及ぼす影響を検討した研究はみられない。そこで、直接法で裏装したレジン床義歯の機械的性質に及ぼすリライニング材の影響を検討することを目的として、重合様式の異なる4種のリライニング材で裏装した加熱重合型床用レジンについて曲げ試験を行った。

II. 研究方法

実験材料には、直接リライニング材として、光重合型レジン2種類と常温重合型レジン2種類を、義歯床用レジンには加熱重合型レジンを使用した(表1)。

試料は、床用レジンで作製した板状片の上に、リライニング材をメーカー指示に従い裏装して作製した。裏装の方

福岡歯科大学歯科補綴学第一講座(主任:羽生哲也教授)

*福岡歯科大学歯科理工学講座(主任:宮崎光治教授)

Department of Removable Prosthodontics, Fukuoka Dental College (Chief: Prof. Tetsuya Habu)

*Department of Dental Materials and Devices, Fukuoka Dental College (Chief: Prof. Koji Miyazaki)

平成9年8月26日受付

表 1 Materials
実験材料

Materials	Manufacturer	Lot No.	Code
Reline materials			
Triad* ¹	Dentsply	1596	TR
Rebaron LC* ¹	GC	(P) 170151 (L) 041041	LC
Tokuso Rebase* ²	Tokuyama	(P) 034 (L) 600	TO
Rebaron* ²	GC	(P) 050151 (L) 221241	RE
Denture material			
Acron	GC	(P) 271141 (L) 180742	

*¹: Light Cure Type, *²: Self Cure Type

法としては、Triad（以下、TRと略す）では、ボンディング剤（Triad VLC bonding agent, Dentsply 社）を板状片に塗布後、光照射器（Triad II, Dentsply 社）で2分間光照射し、その後、リライニング材を板状片に圧接し、10分間光照射して行った。Rebaron LC（以下、LC）は、リライニング材を粉液比1:0.67で混和して1分後に、ボンディング剤（Rebaron LC bonding agent, ジーシー社）を塗布した板状片に裏装した。そして、混和3分後に37°C恒温槽中に10分間保管し、光照射器（Labolite LV-1, ジーシー社）で10分間光照射して行った。Tokuso Rebase（以下、TO）は、粉液比1:1.6で混和したリライニング材を、混和1分後に、接着剤（Tokuso rebase aid）を塗布した板状片に裏装し、37°C恒温槽中に10分間保管して行った。Rebaron（以下、RE）は、粉液比1:0.67でリライニング材を混和後、1分後に裏装し、37°C恒温槽中に10分間保管して行った。

リライニング材と床用レジンの厚さの比は、0 mm/2.5 mm（床用レジン単体）、0.5 mm/2.0 mm、1.0 mm/1.5 mm、1.5 mm/1.0 mm、2.0 mm/0.5 mm、2.5 mm/0 mm（リライニング材単体）の6種類とし、試料の寸法は、長さが65 mm、幅が10 mm、厚さの総計が2.5 mmとした（図1）。各試料は、±0.05 mmの精度で作製した。なお、床用レジンで作製した裏装前の板状片および裏装後の各試料は、#600の耐水研磨紙で仕上げ研磨した。試料数は各10個とした。

すべての試料は、37°Cの水中に24時間浸漬した後に、3点曲げ試験を行った。支点間距離は50 mmで、試料は床用レジン面を引っ張り側、リライニング材面を圧縮側に設置し（図2）、万能試験機（ミネベア製、TCM-200）を用いてクロスヘッド2 mm/minで行った。

3点曲げ試験の結果から破断時の曲げ強さ、弾性係数（2 kg 荷重時）およびたわみ量（15 N, 35 N）を求めた。曲げ強さは以下の公式から計算した^{7,8)}。

$$UTS \text{ (MPa)} = 3 PL / 2 bd^2$$

 図 1 Specimen for three-point transverse test
3点曲げ試料

 図 2 Specimen set up for three-point transverse test
試料の設置

UTS=破断時の曲げ強さ、P=破断時の荷重、
L=支点間距離（50 mm）、b=試料の幅、
d=試料の厚さ

弾性係数は以下の公式から計算した⁸⁾。

$$EM \text{ (GPa)} = WI^3 / 4 Ybd^3$$

EM=弾性係数、W=荷重、

I=支点間距離（50 mm）、Y=たわみ量

b=試料の幅、d=試料の厚さ

測定結果は、リライニング材の厚さの割合の影響をみる目的で、リライニング材0 mm（床用レジン単体）から2.5 mm（リライニング材単体）まで、各リライニング材について、一元配置の分散分析（ANOVA）およびNewman-Keulsの多重比較検定（p=0.05）を行った。

III. 結 果

曲げ強さは、分散分析の結果、4種のリライニング材で裏装した床用レジンとも、リライニング材の厚さの割合の因子に対して有意差が認められた（p<0.01）。多重比較検定の結果、TRでは、0 mm リライニング材試料（床用レジン単体、以下0 mm 試料と略す）に対して、2.0 mm リライニング材試料（以下2.0 mm 試料）および2.5 mm リライニング材試料（リライニング材単体、以下2.5 mm 試料）が有意に低く、2.5 mm 試料は他の試料より有意に低い曲げ強さを示した。LC、TO、REでは、0 mm 試料が他の厚さの試料に対して有意に曲げ強さが高く、LCの1.5 mmと2.0 mm 試料間、TOの1.0 mmと1.5 mm 試料間、REの1.5 mmと2.0 mm 試料間には有意差はないが、その他の試料間ではリライニング材の厚さの割合が大きくなるに従い曲げ強さは有意に低下し、2.5 mm 試料が

表 2 Ultimate transverse strength (MPa)
曲げ強さ (MPa)

	Thickness of reline materials					
	0 mm	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
TR	117.85 ^a (1.53)	115.58 ^a (4.39)	116.88 ^a (3.00)	113.52 ^{ab} (2.99)	109.72 ^b (3.88)	97.25 (4.14)
LC	117.85 (1.53)	92.27 (3.23)	84.23 (2.50)	80.33 ^a (1.36)	79.10 ^a (2.35)	60.88 (2.12)
TO	117.85 (1.53)	87.73 (1.48)	75.40 ^a (3.42)	73.17 ^a (2.45)	66.82 (2.55)	46.67 (2.80)
RE	117.85 (1.53)	88.55 (2.73)	83.05 (0.55)	74.88 ^a (2.94)	72.32 ^a (1.70)	56.87 (4.45)

() : standard deviation ; ^a or ^b denotes no significant differences among the thicknesses for the same reline material ($p > 0.05$)

図 3 Ultimate transverse strength (MPa)
曲げ強さ (MPa)

最も低い曲げ強さを示した (表 2, 図 3)。

弾性係数も、4 種のリライニング材のすべてに、厚さの因子に対して有意差 ($p < 0.01$) が認められた。TR では、0 mm 試料が他の試料に対して有意に低く、1.5 mm と 2.0 mm 試料間に有意差はないが、その他の試料間ではリライニング材の厚さが厚くなるに従い弾性係数は高くなり、2.5 mm 試料が最も高い弾性係数を示した。LC, TO, RE の 3 種で裏装した試料は、0 mm 試料が他の試料に対して有意に高い弾性係数で、LC の 0.5 mm と 1.0 mm 試料間、TO の 1.0 mm と 1.5 mm 試料間、RE の 0.5 mm と 1.0 mm 試料間および 1.5 mm と 2.0 mm 試料間に有意差はないが、リライニング材の厚さの割合が大きくなるに従い弾性係数が有意に低下し、2.5 mm 試料が最も低い弾性係数を示した (表 3, 図 4)。

15 N のたわみ量でも、厚さの因子に対して有意差 ($p <$

表 3 Transverse elastic modulus (GPa)
弾性係数 (GPa)

	Thickness of reline materials					
	0 mm	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
TR	3.26 (0.05)	3.63 (0.06)	3.83 (0.03)	4.20 ^a (0.12)	4.25 ^a (0.08)	4.41 (0.08)
LC	3.26 (0.05)	2.74 ^a (0.07)	2.69 ^a (0.05)	2.62 (0.05)	2.44 (0.05)	1.97 (0.04)
TO	3.26 (0.05)	2.62 (0.06)	2.35 ^a (0.04)	2.38 ^a (0.10)	2.22 (0.04)	1.52 (0.02)
RE	3.26 (0.05)	2.62 ^a (0.04)	2.54 ^a (0.04)	2.41 ^b (0.05)	2.36 ^b (0.06)	1.92 (0.17)

() : standard deviation ; ^a or ^b denotes no significant differences among the thicknesses for the same reline material ($p > 0.05$)

図 4 Transverse elastic modulus (GPa)
弾性係数 (GPa)

0.01) が認められた。TR では、0 mm 試料が最も大きなたわみ量で、0.5 mm と 1.0 mm 試料間、1.0 mm と 1.5 mm 試料間、1.5 mm と 2.0 mm 試料間、2.0 mm と 2.5 mm 試料間に有意差はないが、その他の試料間ではリライニング材の厚さの割合が大きくなるに従いたわみ量は小さくなった。LC, TO, RE では、LC の 0 mm, 0.5 mm, 1.0 mm 試料間および 1.5 mm と 2.0 mm 試料間に有意差がなく、TO の 0 mm と 0.5 mm 試料間、0.5 mm と 1.0 mm 試料間、1.0, 1.5, 2.0 mm 試料間と、RE の 0 mm と 0.5 mm 試料間、1.0, 1.5, 2.0 mm 試料間も有意差はないが、その他の試料間ではリライニング材が厚くなるに従ってたわみ量は大きくなり、2.5 mm 試料が最も大きなたわみ量を示した (表 4, 図 5)。

35 N のたわみ量も 15 N のたわみ量と同様の傾向で、厚さの因子に対して有意差 ($p < 0.01$) が認められた。TR

表 4 Transverse deflection at 15 N (mm)
15 N 荷重時のたわみ量 (mm)

	Thickness of reline materials					
	0 mm	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
TR	0.89 (0.02)	0.74 ^a (0.05)	0.74 ^{ab} (0.02)	0.70 ^{bc} (0.03)	0.67 ^{cd} (0.04)	0.65 ^d (0.03)
LC	0.89 ^a (0.02)	0.92 ^a (0.04)	0.98 ^a (0.07)	1.28 ^b (0.12)	1.28 ^b (0.13)	1.45 (0.05)
TO	0.89 ^a (0.02)	1.04 ^{ab} (0.04)	1.20 ^{bc} (0.05)	1.32 ^c (0.12)	1.39 ^c (0.04)	2.23 (0.37)
RE	0.89 ^a (0.02)	0.96 ^a (0.08)	1.12 ^b (0.04)	1.16 ^b (0.10)	1.23 ^b (0.04)	1.48 (0.20)

() : standard deviation ; ^a or ^b or ^c or ^d denotes no significant differences among the thicknesses for the same reline material (p>0.05)

 表 5 Transverse deflection at 35 N (mm)
35 N 荷重時のたわみ量 (mm)

	Thickness of reline materials					
	0 mm	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
TR	2.08 (0.05)	1.76 ^a (0.08)	1.84 ^a (0.06)	1.82 ^a (0.07)	1.64 ^b (0.14)	1.63 ^b (0.05)
LC	2.08 ^a (0.05)	2.17 ^a (0.08)	2.43 (0.08)	2.85 ^b (0.10)	2.90 ^b (0.20)	3.73 (0.15)
TO	2.08 (0.05)	2.60 (0.05)	2.94 (0.21)	3.47 ^a (0.15)	3.48 ^a (0.22)	5.93 (0.28)
RE	2.08 ^a (0.05)	2.20 ^a (0.09)	2.56 ^b (0.05)	2.74 ^{bc} (0.08)	3.02 ^c (0.16)	3.68 (0.61)

() : standard deviation ; ^a or ^b or ^c denotes no significant differences among the thicknesses for the same reline material (p>0.05)

 図 5 Transverse deflection at 15 N (mm)
15 N 荷重時のたわみ量 (mm)

 図 6 Transverse deflection at 35 N (mm)
35 N 荷重時のたわみ量 (mm)

では、0 mm 試料が最も大きく、リライニング材の厚さの割合が大きくなるに従いたわみ量は小さくなる傾向を示し、LC、TO、RE では、リライニング材が厚くなるに従ってたわみ量は大きくなり、2.5 mm 試料が最も大きなたわみ量を示した (表 5、図 6)。

IV. 総括と考察

レジン床義歯を裏装すると、義歯は床用レジンとリライニング材が積層した構造体となり、裏装後のレジン床義歯の強度は、リライニング材自体の機械的性質や裏装部分の厚さに影響を受けることが考えられる。そこで、本研究では、直接法で裏装したレジン床義歯の機械的性質に及ぼすリライニング材の影響を検討する目的で、4 種のリライニング材で裏装した加熱重合型床用レジンの曲げ強さ、弾性

係数、たわみ量を測定した。

まず、リライニング材自体の機械的性質について検討を行った。一般に、直接裏装法には常温重合型レジンや光重合型レジンを用いるので、加熱重合型床用レジンに比べるとリライニング材自体の曲げ強さが低い^{2,7)}。今回使用した直接リライニング材も同様で、床用レジン単体に比べて曲げ強さは有意に低い値を示した。しかし、弾性係数については、LC、TO、RE の 3 種のリライニング材が床用レジン単体よりも小さな値を示したが、TR のみは床用レジン単体より大きな値を示した。また、たわみ量は、TR のみが床用レジン単体よりも小さな値で、他のリライニング材は有意に大きなたわみ量であった。これらのことから、光重合型の TR は、光重合型の LC、常温重合型で低刺激性の TO、従来型で常温重合型の RE の 3 種とは、機械的

性質が異なる傾向が認められた。この機械的性質には、リライニング材の重合様式よりは、むしろその組成が大きく影響していると考えられる。すなわち、TR は、ジメタクリレートに無機質マイクロフィラーを配合したプレミックスのコンポジットタイプである⁹⁾ため、重合後に三次元的に架橋された硬化物になり、さらにフィラーの補強効果により硬い構造体となった。これに対して、他の 3 種は、粉液タイプで、液のモノマー成分中に若干量のジメタクリレートやトリメタクリレートを含むものもあるが、主成分はブチルメタクリレートやメチルメタクリレートなどのモノメタクリレートであり^{2,10)}、重合後は TR に比べて軟質の重合体になった。このように、リライニング材自体の機械的性質は組成によって異なるため、裏装した床用レジン¹¹⁾の機械的性質もリライニング材に大きく依存し、ひいては裏装したレジン床義歯の機械的性質にも影響を及ぼすことが考えられる。

このような観点から、リライニング材で裏装した加熱重合型床用レジン¹²⁾の機械的性質に及ぼす影響について検討した。まず、曲げ強さについては、今回使用したリライニング材はいずれも床用レジンよりも有意に低く、それらによって裏装した試料は、TR の一部を除き、床用レジンよりも有意に低い曲げ強さを示した。また、リライニング材の厚さの影響については、LC、TO、RE の 3 種で裏装した試料は、一般に、リライニング材の厚さの割合が大きくなるほど曲げ強さは低下し、リライニング材単体の強度に近づく傾向を示した。次に、弾性係数については、TR は床用レジンに比べてリライニング材単体が有意に高いので、これで裏装した試料も床用レジンより有意に高く、リライニング材単体が床用レジンよりも有意に低い LC、TO、RE の 3 種で裏装した試料は、いずれも有意に弾性係数が低かった。さらに、リライニング材の厚さの割合が大きくなるほど、4 種のリライニング材で裏装した試料ともリライニング材単体の弾性係数に近づく傾向を示した。また、たわみ量も、床用レジンより有意に小さなたわみ量を示した TR で裏装した試料は、床用レジンと同様か有意にたわみ量が小さくなり、床用レジンより有意に大きなたわみ量の LC、TO、RE で裏装した試料は、床用レジンと同様か有意にたわみ量が大きくなった。そして、リライニング材の厚さの割合が大きくなるほど、4 種のリライニング材で裏装した試料ともリライニング材単体の弾性係数に近づく傾向を示した。

以上のことから、裏装した床用レジン¹³⁾は、裏装するリライニング材の機械的性質に影響を受け、リライニング材の厚さの割合が大きくなるほどリライニング材の機械的性質に近づくことが明らかになった。

本研究から臨床的な考察を加えると、まず、口腔内でのいわゆる義歯の強度は、義歯の形態や顎堤粘膜との適合度、咬合関係、そして義歯床用材料などに影響を受けるこ

とが考えられる。裏装後の義歯は、床粘膜面との適合性の改善により床への応力集中が緩和され、裏装前よりは破折しにくくなることが予想される。ところが、本研究結果では、加熱重合型床用レジン¹⁴⁾を直接リライニング材で裏装すると、床用レジン単体に比べて曲げ強さが低下する傾向を示し、特に粉液型のリライニング材を用いた場合は強度の低下が著しく、裏装部分の厚さがわずか 0.5 mm でも床用レジン単体に比べて曲げ強さが約 25% 低下した。したがって、義歯床用材料から義歯の強度を考察すると、裏装後の加熱重合型レジン床義歯は、裏装していない義歯と比較して同等の強度を保持できない可能性を念頭におかなくてはならない。

それから、裏装した部位でもリライニング材の厚さにより強度が異なるということも考慮しなければならない。実際の義歯は形態が複雑であり、部位により義歯床の厚さが異なるため本研究の結果をそのまま裏装した義歯にあてはめることはできないが、リライニング材を厚く裏装しなければならない部位は義歯の強度が低下することを予測したうえで、適切な裏装操作を行う必要があると考えられる。

最後に、裏装した加熱重合型床用レジン¹⁵⁾の機械的性質に関して、今回は床用レジン面を引っ張り側、リライニング材面を圧縮側として 3 点曲げ試験を行ったが、さらに床用レジン面を圧縮側、リライニング材面を引っ張り側にした場合の 3 点曲げ試験や、また、吸水の影響、床用レジンとリライニング材との接着状態が強度に及ぼす影響についても検討する必要があると考えられる。

V. 結 論

裏装したレジン床義歯の機械的性質に及ぼすリライニング材の影響を検討する目的で、4 種のリライニング材で裏装した加熱重合型床用レジン¹⁶⁾の曲げ強さ、弾性係数、たわみ量を測定し、以下の結論を得た。

1. 裏装した床用レジン¹⁷⁾の機械的性質は、リライニング材自体の機械的性質に影響を受けた。
2. 裏装した床用レジン¹⁸⁾の機械的性質は、リライニング材の厚さの割合が増すほど、リライニング材の機械的性質に近づいた。
3. 今回使用したリライニング材は、加熱重合型の床用レジンよりも強度が低く、その結果、裏装した床用レジン¹⁹⁾は、一般に裏装前の義歯よりも強度が低下することが示唆された。

本論文の要旨は、第 93 回日本補綴歯科学会学術大会（平成 7 年 6 月 9、10 日、横浜）において発表した。

文 献

- 1) 西浦 恂. 最新総義歯補綴学 259, 東京: 医歯薬出版, 1989.
- 2) Arima T, Murata H, Hamada T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing relining acrylic resins. *J Prosthet Dent* 73 : 55-59, 1995.
- 3) Hayakawa I, Nagao M, Matsumoto T et al. Properties of a new light-polymerized relining material. *Int J Prosthodont* 3 : 278-284, 1990.
- 4) 津久井淳人. 光重合型リライニング材に関する研究—試作リライニング材のリライニング後の曲げ強さ—. *日大歯学* 65 : 997-1007, 1992.
- 5) 鈴木恭典, 栗原大介, 福井里枝ほか. 粉液型光重合リライニングレジンの曲げ強さに関する実験的研究. *補綴誌* 38 : 1005-1014, 1994.
- 6) 堺 誠, 岩堀正俊, 西澤政剛ほか. 低発熱型リライニング用常温重合型レジンの理工学的性質の再検討. *補綴誌* 39 : 180-188, 1995.
- 7) Smith LT, Powers JM. In vitro properties of light-polymerized relining materials. *Int J Prosthodont* 4 : 445-448, 1991.
- 8) Smith LT, Powers JM, Ladd D. Mechanical properties of new denture resins polymerized by visible light, heat, and microwave energy. *Int J Prosthodont* 5 : 315-320, 1992.
- 9) Al-Mulla MAS, Huggett R, Brooks SC et al. Some physical and mechanical properties of a visible light-activated material. *Dent Mater* 4 : 197-200, 1988.
- 10) 川口 稔, 高橋 裕, 福島忠男ほか. 光重合型リライニング材からの溶出モノマーについて. *歯材器* 12 : 211-214, 1993.