

Title	義歯床の強度および変形に対するリライン操作の影響について
Author(s)	多賀, 義晃
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/55540
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

学位論文

義歯床の強度および変形に対する
リライン操作の影響について

大阪大学大学院歯学研究科
統合機能口腔科学専攻
顎口腔機能再建学講座

多賀 義晃

義歯床の強度および変形に対する
リライン操作の影響について

大阪大学大学院歯学研究科
統合機能口腔科学専攻
顎口腔機能再建学講座

(指導：前田芳信 教授)

多賀 義晃

緒言

有床義歯の構成要素としての義歯床は口腔内で咬合力をはじめとする様々な機能に耐え、変形などを起こさないことが求められる。

一方、有床義歯治療において、義歯装着後の顎提は継続的に吸収が認められ、経年的には義歯の不適合が生ずる。義歯不適合への対応策として義歯床のリラインは頻繁に行われる補綴歯科治療のひとつである。

リラインには患者の口腔内で直接、圧接や筋圧形成などを行って操作をする直接法と動的印象などを行って義歯を預かり操作をする間接法がある¹⁾。直接法は、リライン材として従来使用されてきた常温重合型レジンを用いた場合、モノマーによる口腔粘膜への刺激や重合反応時の発熱による刺激が問題^{2~5)}とされていた。近年、この問題を軽減した常温重合型や光重合型の硬質裏装材が開発された^{6~12)}。これにより、直接法は診療室内で簡便に操作が行え、処置に要する時間も短く、義歯を預かる必要がないという利点から、広く用いられている。

この直接法に用いるリライン材については、これまでに強度に関するいくつかの報告^{13~16)}がある。例えば Arima ら¹³⁾は、リライン材自体の曲げ強さについて常温重合型硬質裏装材は加熱重合型レジンより有意に低いことを指摘し、Takahashi ら¹⁴⁾は、常温重合型硬質裏装材で裏装した加熱重合型レジンに曲げ強さが有意に低下し、義歯床に占める硬質裏装材の厚みの増加に伴い曲げ強さも低下することを示しており、リライン後の義歯床の強度低下を招く可能性を指摘している。

リライン操作が変形におよぼす影響についてもいくつかの報告^{17~20)}があるが、例えば Kim ら¹⁷⁾は加熱加圧重合型レジンの義歯床に対して、リライン材に用いるレジンを間接法による加熱重合型レジン、加熱加圧重合型レジン、常温重合型レジン、直接法による常温重合型レジン、光重合型レジンとした計5種類のリライン方法を想定した実験を行った結果、直接法による常温重合型レジンを使用した技法が最も変形量が小さく、間接法による加熱重合型レジンを使用した技法が最も変形量が大きいと報告している。

一方、義歯床用加熱重合型レジンおよび義歯床用常温重合型レジンに直接法に用いるリライン材より高い機械的強度を持つと考えられるが、間接法に使用するリライン材として義歯床用常温重合型レジンを用いることを検討した報告は見られない。

そこで本研究では、間接法リラインにおいて義歯床の強度低下に対応するためにリライン材として義歯床用加熱重合型レジンならびに義歯床用常温

重合型レジンの使用を検討すること、また、この場合にリライン材の違いや義歯床に対する厚さの比率が義歯床の強度や変形におよぼす影響についても検討することを目的として以下の実験を行った。

まず、実験 1-1 では平板型試料を用い、本研究において義歯床材やリライン材として用いる義歯床用加熱重合型レジンならびに義歯床用常温重合型レジンおよび常温重合型硬質裏装材の機械的強度について検討を行った。実験 1-2 では、リラインを想定した平板型積層試料において、リライン材として義歯床用加熱重合型レジンならびに義歯床用常温重合型レジンあるいは常温重合型硬質裏装材を用いた時の積層材の機械的強度の検討を行った。

次に、実験 2 では義歯床型試料を用いて、リライン材の違いならびに義歯床に対するリライン材の厚さの比率に影響を与えるリライン時の義歯床粘膜面の削除量の違いがリラインによる義歯床の変形におよぼす影響について検討を行った。

さらに、実験 3 では義歯床型試料を用いて、リライン材ならびにリライン時の義歯床粘膜面の削除量がリライン後の義歯床の強度におよぼす影響について検討を行った。

材料および方法

実験 1 平板型試料による実験

実験 1-1 義歯床用材料およびリライン材の機械的強度

1) 試料の製作

試料は JIS T6501:2005²¹⁾ に準じた形態(直方体)および寸法(3.3×10.0×64.0mm)とした(図 1)。試料数は各 6 個とした。

義歯床用レジンとして、義歯床用加熱重合型レジン(アクロン MC, ジーシー, 以下 AC と略す)、義歯床用常温重合型レジン(パラプレスバリオ, ヘレウス クルツァー, 以下 PP と略す)、リライン材として、常温重合型硬質裏装材(クラリベース, クラレノリタケデンタル, 以下 KR と略す)を用いた(表 1)。なお、本論文では常温重合型硬質裏装材を以下、硬質裏装材と略す。

試料の製作は次の手順で行った。まず、シリコンパテ(エクザファイン, ジージー)を用いて長さ 65.0mm, 幅 10.6mm, 厚さ 3.6mm のシリコンパターンを製作した。次に真空練和した超硬質石膏(混水比; W/P=20/100, ニューフジロック, ジーシー)をガラス板上に流して硬化させた石膏基板を

低膨張硬質石膏（混水比；W/P=24/100，ニュープラストーン LE，ジーシー）にてデンチャーフラスコ下部に一次埋没した後，シリコンパターンを一次埋没した石膏基板上にワセリンを用いて貼付した．二次埋没には真空練和した低膨張硬質石膏を用いた．石膏硬化後，シリコンパターンを取り出してできた石膏陰型内に表 1 に示した材料を填入した．なお，用いたデンチャーフラスコは，AC については FRP フラスコ（ジーシー）を，PP，KR についてはデンチャーフラスコ（モリタ）を使用した．填入したそれぞれの材料は表 1 に示した粉液比および重合条件により重合を行い，重合後は室温まで徐冷した．その後，デンチャーフラスコより試料を取り出し，耐水研磨紙を用いて各面を湿式研磨し長さ 64.0mm，幅 10.0mm，厚さ 3.3mm となるように調整し，最終的に#1200 まで仕上げた．また，それぞれの試料の厚さは JIS T6501:2005 に示された方法に準じ，長軸に沿って 3 か所計測し，その値の偏差が±0.02mm 以下となるようにした．

2) 曲げ試験

曲げ試験は JIS T6501:2005 に準じた 3 点曲げ試験を行った．

曲げ試験に先立ち，試料を 50±2 時間，温度 37.0±1.0℃の水中に保存した．曲げ試験は万能試験機（AGS-10kNG，島津製作所）を用い，支点間距離 50.0mm，クロスヘッドスピード 5.0mm/min にて 3 点曲げ試験を行った．

3 点曲げ試験の結果から，曲げ強さ（ σ ）および曲げ弾性率（E）を JIS T6501:2005 にて示された以下の公式を用いて算出し，計測値とした：

$$\sigma = 3FL/2bh^2$$

σ : 曲げ強さ (MPa)

F : 試料に加えた最大荷重 (N)

L : 支点間距離 (mm)

b : 水中保存直前に測定した試料の幅 (mm)

h : 水中保存直前に測定した試料の厚さ (mm)

$$E = F_1L^3/4bh^3d$$

E : 曲げ弾性率 (MPa)

F₁ : 荷重—変形曲線の直線部分中の適当な点における荷重 (N)

L : 支点間距離 (mm)

b : 水中保存直前に測定した試料の幅 (mm)

h : 水中保存直前に測定した試料の厚さ (mm)

計測結果は、一元配置分散分析（有意水準 5%）を行い、各群の母平均値が等しくなかったため、Scheffe 法（有意水準 5%）による多重比較検定を行った。

実験 1-2 義歯床用材料およびリライン材による積層試料の機械的強度

1) 試料の製作

試料は実験 1-1 と同様、JIS T6501:2005 に準じた形態および寸法とし、厚さ 2.3mm の AC あるいは PP のベース材に厚さ 1.0mm の材料を積層して厚さ 3.3mm とした平板型積層試料を製作した（図 2）。試料数は各 6 個とした。

試料の製作は次の手順で行った。まず、ベース材として実験 1-1 と同様の手順で表 1 に示した AC あるいは PP の平板型試料を製作し、その厚さのみ $2.3 \pm 0.02\text{mm}$ になるよう耐水研磨紙を用いた湿式研磨にて調整した。次に、実験 1-1 と同様のシリコンパターンを用いて製作したデンチャーフラスコ内の石膏陰型に、この厚さ 2.3mm の平板型試料を嵌入したのち、積層材となる表 1 に示した材料を填入した。なお、AC あるいは PP を積層する試料についてはレジンを填入する前に平板型試料表面にそれぞれのモノマーを塗布した。KR を積層する試料については、専用接着材（クラリベース接着材、クラレノリタケデンタル）を塗布した。それぞれの積層材料は表 1 の粉液比および重合条件により重合を行い、重合後は室温まで徐冷した。試料はデンチャーフラスコより取り出したのち、耐水研磨紙を用いて湿式研磨し長さ 64.0mm、幅 10.0mm、厚さ 3.3mm となるように調整し、最終的に #1200 まで仕上げた。それぞれの試料の厚さを調整するときは積層材の面のみを研磨し、実験 1-1 と同様に試料の長軸に沿って 3 か所計測し、その値の偏差が $\pm 0.02\text{mm}$ 以下となるようにした。

2) 曲げ試験

曲げ試験は実験 1-1 と同様に、JIS T6501:2005 に準じた 3 点曲げ試験を行った。

曲げ試験は万能試験機（AGS-10kNG、島津製作所）を用い、支点間距離 50.0mm、クロスヘッドスピード 5.0mm/min にて 3 点曲げ試験を行った。試料はベース材面が両支点に接するよう下側に、積層材面が万能試験機のプランジャに接するよう上側に置いた。

3点曲げ試験の結果から、実験 1-1 と同様に、曲げ強さおよび曲げ弾性率を JIST6501 : 2005 に示された公式を用いて算出し、計測値とした。

得られた計測結果に実験 1-1 より得られた AC および PP の単体試料の結果を加えたものについて、実験 1-1 と同様の統計処理を行った。

実験 2 義歯床型試料でのリライン操作による変形

1) 試料の製作

試料の製作は次に示す手順で行い、表 1 および 2 に示す材料、方法ならびに重合条件とした。試料数は各 6 個とした。

(1) 義歯床型試料用作業模型の製作

上顎全部床義歯実習用模型 (402U, ニッシン) の左右第一大臼歯部前頭断面を投影した形態を基本とした石膏模型 (図 3) を準備した。この模型を複模型用シリコーン印象材 (デュプリコーン, 松風) にて複印象を行い、真空練和した超硬質石膏 (混水比 ; W/P=20/100, ニューフジロック, ジーシー) を注入して複模型を製作し、義歯床型試料用作業模型とした。

(2) 義歯床型試料の製作

まず、義歯床型試料製作用の石膏陰型マスタを製作した。石膏陰型マスタは義歯床用加熱重合型レジン用ならびに義歯床用常温重合型レジン用の 2 種類を製作した。

義歯床用加熱重合型レジン用石膏陰型マスタの製作は次の手順で行った。

(1) の作業模型上に図 4 に示した義歯床型試料のワックスパターンを形成し、図 5 に示した位置 (X, Y) にラウンドバー (#1/4 ; コメット) にて直径 0.5mm, 深さ 0.25mm のディンプルを付与した後、デンチャーフラスコ (FRP フラスコ, ジーシー) に低膨張硬質石膏を用いて一次および二次埋没を行った。石膏硬化後、デンチャーフラスコを分離し、沸騰水にて脱蠟を行った後、埋没した石膏部分をフラスコより取り外した。取り外した石膏部分の基底部および周囲をモデルトリマーにてトリミングを行って、義歯床用加熱重合型レジン用石膏陰型マスタとした。

次に、義歯床用常温重合型レジン用石膏陰型マスタの製作は、義歯床用加熱重合型レジン用石膏陰型マスタを製作したと同様に (1) の作業模

型上に義歯床型試料のワックスパターンを形成してディンプルを付与し、低膨張硬質石膏を用いて一次埋没した後、レジン注入用スプルーを設置した。ついで、低膨張硬質石膏にて二次埋没を行った。石膏硬化後、一次および二次埋没部を分離し、沸騰水にて脱蠟を行った。一次および二次埋没部の基底部および周囲をモデルトリマーにてトリミングを行って、義歯床用常温重合型レジン用石膏陰型マスタとした。

次に、複模型用シリコーン印象材（デュプリコーン、松風）を用いてこれら義歯床用加熱重合型レジン用および義歯床用常温重合型レジン用石膏陰型マスタの複印象を行い、真空練和した超硬質石膏（混水比； $W/P=20/100$ ，ニューフジロック，ジーシー）を注入してこれらの石膏陰型を複製した。

義歯床用加熱重合型レジンによる義歯床型試料については得られた複製の義歯床用加熱重合型レジン用石膏陰型をデンチャーフラスコに低膨張硬質石膏（ニュープラストーン LE，ジーシー）を用いて埋没し、表 1 に示した AC および重合条件にて重合を行い、室温まで徐冷した。

義歯床用常温重合型レジンによる義歯床型試料については得られた複製の義歯床用常温重合型レジン用石膏陰型を用いて表 1 に示した PP および重合条件にて重合を行い、室温まで徐冷した。

レジン重合終了後、試料を慎重に取り出してバリを除去し、側面に形成しておいたディンプルの部分を実体顕微鏡（20x，SM-5，ニコン）による拡大視野化でラウンドバー（#1/4；コメント）にて再度形成した。次に、このディンプルに黒色のカラーペイントで墨入れをして計測のための標点とした。この後、耐水研磨紙にて試料側面全体を湿式研磨し、最終的に#600 まで仕上げて義歯床型試料を完成した。

なお、本論文では義歯床型試料の各部位を次のように表記する。義歯床型試料の粘膜面に相当する部分を義歯床型試料粘膜面部または粘膜面部、人工歯咬合面部に相当する部分を義歯床型試料咬合面部または咬合面部とする。

(3) 義歯床型試料に対する咬合面コアおよびリライン用模型の製作

まず、リライン操作に先立ち、AC および PP による各義歯床型試料の咬合面部両側を超硬質石膏（混水比； $W/P=20/100$ ，ニューフジロック IMP，ジーシー）にて咬合面コアを採得した。続いて、(4) のリライン操作でリライニングジグを用いる試料については、コアを装着した状態で、シリコーンパテにて各義歯床型試料の周囲をボクシングした後、粘

膜面部に真空練和した超硬質石膏（混水比；W/P=20/100，ニューフジロック IMP，ジーシー）を注入し，各義歯床型試料それぞれのリライン用模型を製作した。

(4) 義歯床型試料に対するリライン操作

義歯床型試料に対するリライン操作は，リラインに使用する材料が PP，KR についてはリライニングジグ（EM リライナー，YDM）を用いた（表 2）。リライン操作に当たっては，義歯床型試料に（3）のリライン用模型および咬合面コアを装着した状態でリライニングジグに付着した。同様に，リラインに使用する材料が AC についてはフラスコ埋没（FRP フラスコ，ジーシー）をしてリライン操作を行った。フラスコへの一次埋没時は（3）の咬合面コアを装着した状態で低膨張硬質石膏を用いて義歯床型試料を埋没した。二次埋没は真空練和した超硬質石膏（混水比；W/P=20/100，ニューフジロック IMP，ジーシー）を使用して行った。

リラインに際しての義歯床型試料粘膜面部の削除量は，0.25mm，0.5mm，および 1.0mm とした。

粘膜面部の削除は，技工用エンジンハンドピース先端にバーの突き出し量を規定できるジグを装着し，これを用いてインバーテッドコーンバー（#37；コメット）で深さが一定のガイドグループを形成した後，タングステンカーバイドバー（H251E；コメット）で全体を均して行った（図 6）。

また，実験 1-2 と同様，AC あるいは PP を積層する試料についてはレジン填入する前に粘膜面部削除後に現れたレジン新鮮面にそれぞれのモノマーを塗布した。KR を積層する試料については，専用接着材（クラリベース接着材，クラレノリタケデンタル）を塗布した。

リライン操作の終了後は室温まで徐冷したのち，試料を取り出し，バリを取り除いた。試料側面は耐水研磨紙を用いて湿式研磨し，最終的に #600 まで仕上げた。

2) 変形量の計測

変形量の計測は，標点 XY 間の距離を計測して行った（図 5）。標点 XY 間の計測は，義歯床型試料側面をイメージスキャナ（GT-9400UF，エプソン）を用いて解像度 3200dpi にてイメージを取り込み TIFF 形式で保存し，画像処理ソフトウェア（ImageJ，1.44p，NIH）にて画像処理の後，標点 XY 間の距離を算出した。なお，変形量の計測に先立ち，基準点として試料

に記したものと同様の標点を 2 個付与した計測台をあらかじめ製作した。すべての試料側面部イメージ取り込みに際してこの計測台を同時に取り込み、この基準点間距離を既知の距離として画像処理時の距離校正に用いた。

計測はリライン操作前、粘膜面部削除後、およびリライン操作後に行った。ただし、粘膜面部削除後の計測については、フラスコ埋没を行わない、リライン材に PP あるいは KR を用いる場合のみとした。

リライン操作前と粘膜面部削除後の標点間距離 XY の変化量を削除による変形量とした。同様に、リライン操作前とリライン操作後の標点間距離 XY の変化量をリラインによる変形量とした。

なお、粘膜面部削除後およびリライン操作後の計測はそれぞれの操作完了後、可及的速やかに行った。

統計処理については、実験 1-1 と同様とした。加えて、リラインによる変形量を目的変数、ベース材、リライン材、削除量を説明変数とした重回帰分析による多変量解析を有意水準 5%で行った。

実験 3 リライン後の義歯床型試料の荷重負荷による変形

1) 試料の製作

実験 2 に用いたリライン操作終了後の義歯床型試料に加えて、リラインを行わないそれぞれのベース材単体による義歯床型試料を使用した。したがって、義歯床型試料の製作方法および材料は実験 2 と同様とした。試料数は各 6 個とした。

2) 荷重による変形量の計測

試料に荷重を負荷するに先立ち、試料を 50 ± 2 時間、温度 $37.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ の水中に保存した。荷重の負荷は試料を実験 2 において変形量を計測した時と同一の計測台に置き、新倉^{22~24)}の方法に準じ、図 7 に示したように万能試験機を用いて試料の口蓋正中最深部に相当する部分に 10N の定荷重を加えた。

変形量の計測は実験 2 と同様に行い、荷重を加える前後の標点間距離 XY の変化量を算出し、荷重による変形量とした。

統計処理については、実験 1-1 と同様とした。加えて、荷重負荷による変形量を目的変数、ベース材、リライン材、削除量を説明変数とした重回帰分析による多変量解析を有意水準 5%で行った。

結果

実験 1 平板型試料による実験

実験 1-1 義歯床用材料およびリライン材の機械的強度

平板型試料を用いた 3 点曲げ試験において、曲げ強さおよび曲げ弾性率は多重比較検定の結果、AC・PP 間、AC・KR 間、および PP・KR 間に有意差を認めた。

曲げ強さは AC が 131.45MPa、PP が 115.25MPa、KR が 65.08MPa を示し、曲げ弾性率は AC が 2904.81MPa、PP が 2731.85MPa、KR が 1296.97MPa を示し、曲げ強さおよび曲げ弾性率は AC、PP、KR の順に有意に低い値となった (図 8)。

実験 1-2 義歯床用材料およびリライン材による積層試料の機械的強度

実験 1-2 の結果に実験 1-1 より得られた AC および PP の単体試料の結果を加えたものを図 9 に示した。なお、本論文では積層を行った試料について、ベース材料と積層材料の組み合わせを次のように表記する。例えば、ベース材 AC に積層材 PP とした試料は (AC-PP) である。

平板型積層試料を用いた 3 点曲げ試験において多重比較検定の結果、曲げ強さにおいては (AC-AC) と AC 単体、(AC-AC) と (AC-PP)、(AC-PP) と AC 単体、(PP-AC) と PP 単体、(PP-PP) と PP 単体は有意差が認められなかった。これに対し、(AC-AC) と (AC-KR)、(AC-PP) と (AC-KR)、(AC-KR) と AC 単体、(PP-AC) と (PP-KR)、(PP-AC) と (PP-PP)、(PP-PP) と (PP-KR)、(PP-KR) と PP 単体に有意差が認められた。

曲げ弾性率では、(AC-AC) と AC 単体、(PP-PP) と PP 単体は有意差が認められなかった。これに対し、(AC-AC) と (AC-KR)、(AC-PP) と AC 単体、(AC-AC) と (AC-PP)、(AC-KR) と AC 単体、(AC-PP) と (AC-KR)、(PP-AC) と PP 単体、(PP-AC) と (PP-KR)、(PP-AC) と (PP-PP)、(PP-KR) と PP 単体、(PP-PP) と (PP-KR) に有意差が認められた。

すなわち、ベース材、積層材どちらも AC の試料は曲げ強さで 129.41MPa、曲げ弾性率で 2902.00MPa、PP の試料は曲げ強さで 110.23MPa、曲げ弾性率で 2762.45MPa を示し、それぞれのレジン単体試料と同等の強度を示した。また、ベース材が AC のものを PP で積層を行った試料およびベース材が PP のものを AC で積層を行った試料は曲げ強さにおいて 121.00MPa お

よび 124.32MPa を示し、それぞれのベース材単体試料と有意差が認められなかった。

一方、ベース材が AC, PP どちらの場合も積層材に KR を用いた試料は曲げ強さあるいは曲げ弾性率が有意に低下した。レジジン単体試料と比較すると、KR を用いた試料は曲げ強さではベース材が AC で 93.37MPa を示し 29%減, PP で 78.92MPa を示し 32%減, 曲げ弾性率ではベース材が AC で 2102.33MPa を示し 28%減, PP で 2085.08MPa を示し 24%減となった。

実験 2 義歯床型試料でのリライン操作による変形

義歯床型試料を用いたリライン操作による義歯床の変形の実験において多重比較検定の結果、リライン材として AC を用いた場合、リラインによる変形量はどちらのベース材も削除量の違いによる有意な差は認められず、ベース材が AC で-0.23~-0.22mm, PP で-0.09~0.11mm を示した。

これに対し、リライン材として PP あるいは KR を用いる場合、粘膜面部の削除により、標点間距離が短くなる変形が起こり、この削除による変形量はベース材が AC, PP どちらであっても粘膜面部の削除量が増すごとに有意に大きくなり、ベース材が AC では、0.25mm の削除時で-0.36~-0.35mm, 0.5mm の削除時で-0.62~-0.60mm, 1.0mm の削除時で-1.05~-1.01mm を示し、ベース材が PP では、0.25mm の削除時で-0.32~-0.31mm, 0.5mm の削除時で-0.52~-0.49mm, 1.0mm の削除時で-0.64~-0.63mm を示した。

また、リラインによる変形量はリライン材として PP を用いた場合、どちらのベース材であっても削除量 0.25mm, 0.5mm ではリライン材として AC を用いた場合よりリラインによる変形量は小さくなり、ベース材が AC では削除量 0.25mm で-0.02mm, 0.5mm で-0.12mm, ベース材が PP では削除量 0.25mm で-0.05mm, 0.5mm で 0.00mm を示した。

一方、リライン材として KR を用いた場合、リラインによる変形量はベース材が AC, PP どちらであっても削除量 0.5mm, 1.0mm ではリライン材として PP を用いた場合より変形量が大きくなり、ベース材が AC では削除量 0.5mm で-0.20mm, 1.0mm で 0.29mm, ベース材が PP では削除量 0.5mm で-0.16mm, 1.0mm で 0.23mm を示したのに対し、リライン材が PP では、ベース材が AC では削除量 0.5mm で-0.12mm, 1.0mm で 0.18mm, ベース材が PP では削除量 0.5mm で 0.00mm, 1.0mm で 0.14mm を示した (図 10)。

また、リラインによる変形量を目的変数、ベース材、リライン材、削除量

を説明変数とした重回帰分析の結果、0.05以下の有意確率(p)を示した因子はリライン材としてのPP(p=0.035)および削除量(p=0.026)となり、これらはリラインによる変形量との間に有意な関連が認められた。

実験3 リライン後の義歯床型試料の荷重負荷による変形

義歯床型試料を用いたリライン後の義歯床への荷重負荷による変形量の実験において多重比較検定の結果、リライン材にベース材と同一のレジンを用いた試料における荷重負荷による変形量は、削除量の違いにかかわらず、それぞれのレジン単体試料の荷重負荷による変形量と比べて有意差は認められず、両者がACの場合、単体試料の0.84mmに対し0.74~0.81mm、PPの場合、単体試料の1.14mmに対し、1.09~1.16mmを示した。

また、ベース材がAC、リライン材がPPの場合、AC単体試料と比較して荷重負荷による変形量は粘膜面部の削除量が増すごとに有意に大きくなり、削除量0.25mmで0.93mm、0.5mmで1.03mm、1.0mmで1.13mmを示した。ベース材がPP、リライン材がACの場合、PP単体試料と比較して荷重負荷による変形量は粘膜面部の削除量が増すごとに有意に小さくなり、削除量0.25mmで1.00mm、0.5mmで0.93mm、1.0mmで0.84mmを示した。

これに対し、どちらのベース材もリライン材にKRを用いた試料の荷重負荷による変形量は、粘膜面部の削除量が増すごとに有意に大きくなり、ベース材がACでは削除量0.25mmで1.04mm、0.5mmで1.20mm、1.0mmで1.39mm、ベース材がPPでは削除量0.25mmで1.27mm、0.5mmで1.50mm、1.0mmで1.81mmを示した(図11)。

また、荷重負荷による変形量を目的変数、ベース材、リライン材、削除量を説明変数とした重回帰分析の結果、0.05以下の有意確率(p)を示した因子は、リライン材であるKR(p=0.009)のみとなり変形量との間に有意な関連が認められた。

考察

義歯不適合に対する処置の一つとして、義歯床に対するリラインは頻繁に行われる補綴歯科治療であり、その指針として、社団法人日本補綴歯科学会は「リラインとリベースのガイドライン」(以下、ガイドラインと略す)を策定している¹⁾。同ガイドラインにも記されているように、リラインには口

腔内で直接、圧接や筋圧形成（筋形成、辺縁形成）を行いながら処置をする直接法と、ダイナミック印象（動的印象）などを行ったのちに義歯を預かって技工室で操作を行う間接法とがある。

直接法は診療室内で簡便に操作が行え、処置に要する時間も短く、義歯を預かる必要がないという利点があるが、リライン材として常温重合型レジンをを用いた場合、モノマーの刺激や重合時の発熱による粘膜の不快感が問題^{2~5)}とされていた。しかし、近年これらの問題点を軽減した常温重合型や光重合型の硬質裏装材が開発された^{6~12)}ことにより、直接法によるリラインは広く用いられている。

このような背景から、近年のリラインに関する研究では、間接法に関する研究はほとんど見られず、直接法に用いるリライン材を対象として、リライン材の理工学的性質や耐変色性^{25~31)}、義歯床との接着性についての報告^{32~39)}など数多くの研究がなされており、リライン材としては常温重合型リライン材である硬質裏装材が検討の対象として多く用いられている。

また、義歯床には咬合力をはじめとする様々な機能力に耐え、変形などを起さない強度が求められるが、リライン後の義歯床においても同様である。このような観点から、リラインによる義歯床の強度への影響についても検討がされており、リライン材自体の強度について、Arimaら¹³⁾は、常温重合型硬質裏装材は加熱重合型レジンより曲げ強さにおいて低いことを指摘しており、Takahashiら¹⁴⁾は、常温重合型硬質裏装材で裏装した加熱重合型レジンは曲げ強さが有意に低下し、義歯床に占める硬質裏装材の厚みの増加に伴い、曲げ強さも低下することを示している。さらにリラインによる義歯床の強度への影響について長期間経過による評価では、Archadianら¹⁵⁾は、サーマルサイクル試験 20000 回後においても、裏装した義歯床材の曲げ強さは義歯床材単体と硬質裏装材単体の間の値を示したことで、Takahashiら¹⁶⁾は、4 か月間の水中保存後の曲げ強さについても、リライン後の試料は義歯床材と硬質裏装材の強度に依存すると報告している。

このように、リライン後の義歯床の強度低下を考慮すると使用するリライン材の機械的強度が重要であり、現在の直接法に用いるリライン材では対応が困難であると考えられる。

一方、間接法によるリラインに着目すると、使用するリライン材としては直接法に用いる硬質裏装材をはじめ、義歯床用加熱重合型レジン、義歯床用常温重合型レジンをその範疇とすることができる。特に義歯床用加熱重合型レジンおよび義歯床用常温重合型レジンは当然、リライン材として義歯床と同等の機械的強度を示すものと考えられることから、リライン後の義歯床の

強度低下を防止できるものと期待される。

そこで本研究では間接法によるリラインに着目し、間接法リラインにおける義歯床の強度低下への対応としてリライン材として義歯床用加熱重合型レジン、義歯床用常温重合型レジンを用いることを検討した。

また、義歯床の適合性について影響をおよぼすと考えられる、リライン操作による義歯床の変形について検討することも重要である。この点について、Kim ら¹⁷⁾ は、リライン後の義歯床の変形はリライン材や技法により影響を受け、直接法による常温重合型レジンを使用した技法が最も変形量が小さく、間接法による加熱重合型レジンを使用した技法が最も変形量が大きくなったと報告している。Breeding ら¹⁸⁾ は、加熱重合型レジンの義歯床に対し、リライン材として加熱重合型レジン 2 種類と光重合型レジン 1 種類を用いた場合の比較で加熱重合型レジンはどちらも 0.3% 収縮した値を示し、光重合型レジンでは 0.7% 収縮した値を示したと報告し、Pow ら¹⁹⁾ も加熱重合型レジンの義歯床に加熱重合型レジンによるリラインを行った場合に 0.3% の収縮が認められたと報告している。また、小柳²⁰⁾ は、5 種類のリライン材を用いたリライン後の全部床義歯粘膜面部の寸法変化について三次元的に計測し、リライン材の重合方法の違いにより異なった形態変化を示すとし、上顎全部床義歯の歯槽部および口蓋部においては、加熱重合型レジンを用いた間接法では義歯床の中心部に向かって収縮する傾向が見られ、常温重合型レジンおよび光重合型レジンを用いた直接法では形態変化に明確な方向性が見られなかったと報告している。

このように、リライン材やその操作方法がリライン後の義歯床の変形に影響をおよぼすことから、本研究においてもリライン材やその操作方法が義歯床の変形に与える影響についても検討を加えることとした。

1. 実験方法について

1) 平板型試料および試験方法について

実験 1-1 では、本研究に用いる義歯床用材料およびリライン材の機械的強度を検討すること、実験 1-2 では、リラインを行った状態のレジンの機械的強度を検討することを目的とした。このような歯科用アクリルレジンの機械的強度を検討するこれまでの報告では、平板型試料を用いた曲げ試験を行う例が多く^{13~16, 25, 40~42)}、本研究においてもこれらに倣い平板型試料を用い、試験方法についても曲げ試験を行うこととした。

また、平板型試料の寸法については、JIS T 6501 : 2005 に準じ、試料の

形態および寸法は長さ 64.0mm、幅 10.0mm、厚さ 3.3mm の平板型とし、試験方法についても同様に JIS T 6501 : 2005 に準じた曲げ試験を行った。

2) 義歯床型試料について

試料間の形態や寸法の変動を抑えるために義歯床用加熱重合型レジンあるいは義歯床用常温重合型レジンによる義歯床型試料はどちらも一つの石膏陰型マスタの複製を使用し、かつ、実際の臨床におけるレジン重合方法になるべく近似させるために、石膏型によるレジンの重合操作を行った。

また、各試料間で計測に用いる標点の相対的な位置の差異を抑えるために、標点となるディンプルは、義歯型試料原型から転記されたディンプルを#1/4 ラウンドバーにて再度形成して作製した。この作業は正確性を期すために実体顕微鏡による 20 倍の拡大視野化にて作業を行った。さらに、形成したディンプルに黒色のカラーペイントにて墨入れを施すことにより、スキャナにて読み込んだ試料側面の画像処理を行う際に、標点部の境界を明瞭にして画像処理ソフトによる計測の正確性に配慮した。

リライン操作を行う義歯床型試料について、咬合面コアおよびリライン用模型を製作するために用いる石膏は、その硬化膨張率になるべく小さく安定したものとして、インプラントや CAD/CAM 用に開発された硬化膨張早期安定型の超硬質石膏ニューフジロック IMP を採用し、硬化膨張による標点間距離の移動やリライン用模型の変形を防止した。

また、この咬合面コアを義歯床型試料に装着することで、左右咬合面部の位置関係が固定されるため、計測のために設置した標点の位置も固定できることになる。これにより、あらかじめ咬合面コアを製作して、これを義歯床型試料に装着した状態でリライン用模型の製作あるいはフラスコ埋没を行うことで、操作中の外力による試料の変形すなわち標点の移動を防止した。

リライン操作は、常温重合型のリライン材についてはガイドラインに記載された間接法による操作方法に準拠した。したがって、表 2 に示したようにリライン材が PP, KR についてはリライニングジグによる方法を、AC についてはフラスコ埋没による方法を用いてリライン操作を行った。なお、フラスコ埋没による方法では二次埋没に用いる石膏はリライン用模型を製作するときと同様に、硬化膨張になるべく小さく安定したものとして硬化膨張早期安定型の超硬質石膏ニューフジロック IMP を使用した。

リライン操作においてリライン材と義歯床の接着性を向上するために新鮮面を得る目的^{33, 34, 37)}やリライン材が入るスペースを確保する目的で義歯床の粘膜面部を削除する行為は通常行われるが、その削除量については明確

な規定がなく、ガイドラインにおいても、「一層削除」との記述があるのみである。

しかし、この削除量の違いは、リライン後の義歯床に占めるリライン材の厚みに対しても影響を与えるため、リライン後の義歯床の強度への影響が考えられる。そこで、リライン材の厚みの違い、すなわち削除量の違いがリライン後の義歯床の強度におよぼす影響についても検討を加えることとした。

さらに、リライン材の厚みの違いがリライン後の義歯床の変形におよぼす影響についても不明であるため、本研究では、リライン材の厚みの違い、すなわち削除量の違いがリライン後の義歯床の変形におよぼす影響についても検討を加えることとした。

そこで本研究では、リライン後の義歯床の厚みが 2.0mm となるようにし、リラインに際しての義歯床型試料粘膜面部の削除量は 0.25mm, 0.5mm, および 1.0mm とした。

また、試料間における削除量の差異を抑えるため、技工用ハンドピースに装着したジグにより深さを規定したガイドグループを形成し、これを指標として粘膜面部の削除を行った。

なお、粘膜面部の削除時における切削熱により、切削時の温度がレジンの熱変形温度（約 74℃）⁴³⁾ を超えて義歯床型試料が変形することを避ける必要がある。この点について、寺岡⁴⁴⁾ は、シリコーンポイントを用いた研磨で、同一箇所の場合、約 65 秒後に 70℃に達したと述べており、シリコーンポイントを使用した場合でも、同一箇所を 65 秒以上研磨しなければレジンの熱変形温度に達しないと考えられる。従って、シリコーンポイントよりも発熱量が少ないと考えられる、インバーテッドコーンおよびタングステンカーバードバーを用いて、回転数、切削圧および切削箇所にも注意を払いながら作業を行うことで、切削熱による義歯床型試料の変形は回避できるものと考えられる。

3) 変形量の計測について

リライン操作を終えた義歯床の変形あるいは適合性を評価する方法として、山形模型あるいは臨床的な形状の義歯床型試料を用いて重合後の試料粘膜面と模型面の間隙や標点間距離を読み取り顕微鏡や万能投影機で計測する方法^{18, 19, 45~49)}、三次元座標測定機を用いて義歯床粘膜面に設置した標点間の距離を計測する方法²⁰⁾、試料と模型の間にシリコーン印象材を注入し、その厚みや重量を計測する方法^{17, 50)}がある。

一方、リライン操作による義歯床の変形あるいは適合性への影響について、

これまでの報告では、リライン操作過程の一つである、義歯床粘膜面部を削除した時の変形について検討した例は見られないことから、本研究では、義歯床粘膜面部を削除した時の変形について検討することも目的の一つとした。

試料粘膜面部を削除した場合の変形を評価するための計測方法については、試料粘膜面と模型面の間隙を計測する方法や試料粘膜面の標点間の距離を計測する方法では試料粘膜面部の削除により計測点そのものが消失することや、試料と模型の間にシリコン印象材を注入する方法では試料粘膜面部の削除による削除量そのものがシリコン印象材の量に付加されるため計測ができない。そこで、試料の形態を上顎全部床義歯の左右第一大臼歯部前頭断面を模した形状とし、試料粘膜面部の削除が影響しない試料側面に標点を設置して、その標点間距離の変化量を変形量として評価することとした。

標点間距離の計測方法はイメージスキャナで試料側面部を読み込み、画像処理ソフトウェアにて画像処理の後、標点間の距離を計測し、その距離の変化量を算出する方法とした。

この計測方法の読み取り精度は用いたイメージスキャナの読み取り解像度に依存し、今回使用したイメージスキャナの場合読み取り解像度は3200dpiであるので、1pixelあたり約8 μ mとなる。したがって、得られた計測値の最小単位は0.01mmとした。また、読み取り精度を確保するためにすべての取り込み画像において同時に取り込んだ同一の計測台の基準点間距離を用いて距離の校正を行った。

計測は各試料のリライン操作における操作過程について順次行うこととした。加えて、今回用いた計測方法では、試料に対する荷重負荷の有無にかかわらず計測が可能であることから、リライン操作前、粘膜面部削除後、リライン操作後および義歯床に荷重を加える前後に計測を行うこととした。

4) 義歯床型試料に加える荷重について

義歯床型試料に加える荷重については以下の通りとした。

まず、荷重の位置および方向については、新倉^{22~24)}の方法に準じて試料の口蓋正中最深部に相当する部分に10Nの定荷重を粘膜面方向より加えた。宮入⁵¹⁾は、応力塗料を用いた上顎全部床義歯のひずみ分布の解析結果から、義歯床に一樣な咬合力を加えた場合に正中口蓋部上面に最大の圧縮応力、下面に最大の引張り応力が発生することを示し、この時の床口蓋後方部の義歯床の変形パターンについて、両側の臼歯部に咬合力を加えた時の義歯床の変形パターンと口蓋部より圧縮荷重を加えた時の変形パターンは類似する

としている。さらに新倉^{22~24)}はストレイン・ゲージを用いた応力解析の結果から、上顎全部床義歯に受圧模型を介して等分布荷重を加えた場合では、口蓋側部分で大きな値を示し、口蓋正中矢状線に対してほぼ直角の引張り応力が生じたこと、また、受圧模型を曲げポンチに変えて、口蓋正中最深部に粘膜方向より荷重する一点集中荷重を加えた場合も、同様に口蓋側部分で大きな値を示し、口蓋正中矢状線に対してほぼ直角の引張り応力が生じたと報告している。

従って、本実験の試料形態についても上顎全部床義歯の左右第一大臼歯部前頭断面を模した形状としていることから、試料の口蓋正中最深部に相当する部分に粘膜面側から咬合面方向に荷重を負荷することにより、義歯床に一樣に咬合力を加えた場合に近似した応力分布となるものと考えられる。

次に荷重量については予備実験を行い、各条件による応力ひずみ曲線において直線を示す荷重範囲を求め、各条件に共通する適当な値として 10N とした。

2. 試料に用いた材料について

義歯床材料として最も多く使用されているのはアクリルレジンであり、その重合形式の違いにより加熱重合型レジンと常温重合型レジンに大別される。

義歯床用加熱重合型レジン^{52, 53)}は粉末と液で構成され、粉末はポリマーのポリメチルメタクリレート (PMMA) と重合開始剤の過酸化ベンゾイル (BPO)、液はモノマーのメチルメタクリレート (MMA) からなっている。成型・重合は、粉末と液を混合して得られる餅状レジン^{52, 53)}を型に填入したのち、加圧下で加熱することで BPO の熱分解によって生じるベンゾイルオキシラジカルにより MMA が PMMA に変化することによって行われる。各社から市販されている義歯床用加熱重合型レジンの製品は、基本組成がほぼ同一で、添加されている微量成分に若干の差異はあるものの、理工学的性質はほとんど差がないものと考えられる。本研究では、義歯床用加熱重合型レジンとして AC を選択した。

また、義歯床用常温重合型レジンについても義歯床用加熱重合型レジンと同様に粉末と液で構成され、粉末については義歯床用加熱重合型レジンとほぼ同様のものであるが、液の組成が異なり、主成分の MMA の他、重合促進剤を含んでいる。この重合促進剤は粉末に含まれる BPO と反応してベンゾイルオキシラジカルを発生し、重合が進行する^{52, 54)}。また、この重合促進

剤については、芳香族第3級アミンを使用したものとバルビツール酸系のものがあるが、近年、芳香族第3級アミンを用いたものは重合後の変色の問題がある^{55, 56)}ことから、バルビツール酸系のもものが多く用いられるようになってきており、各社より市販されている。本研究では、義歯床用常温重合型レジンとしてバルビツール酸系の重合促進剤が使用されている PP を選択した。

一方、間接法によるリライン操作を想定したリライン材には義歯床用材と同一のレジン、すなわち AC および PP をそれぞれ選択した。これは、リラインによる義歯床の強度低下への対応としてリライン材に義歯床と同等の機械的強度を持つ材料として義歯床材の適用を検討することを本研究の目的の一つとしているからである。

この他、リラインに用いるレジン材料としては専用の硬質裏装材が市販されており、比較のために、これも本研究の対象に加えた。硬質裏装材には化学重合型と光重合型があり、化学重合型のもものは主に常温重合型のもものが用いられている。この常温重合型の硬質裏装材は光重合器など特別な器具を必要とせず、比較的刺激性で重合時の発熱が少ないタイプのモノマー成分が用いられており、直接法、間接法どちらにも使用できることから、リラインに際して広く用いられている。本研究では、硬質裏装材としてフッ素系モノマーを用いた KR を選択した⁵⁷⁾。

3. 実験結果について

1) レジン材料の機械的強度について

(1) 平板型試料によるレジンの機械的強度

現在、臨床に用いられる義歯床用レジンの機械的強度について、一般に義歯床用常温重合型レジンと義歯床用加熱重合型レジンに比べて曲げ強さが20～30%低い値を示し、これは義歯床用常温重合型レジンの重合が比較的低い温度で行われるため、義歯床用加熱重合型レジンに比べて重合が十分進行しないためとされている⁵⁴⁾。また、JIS T6501 に示された基準では曲げ強さは義歯床用加熱重合型レジンでは 65MPa 以上、義歯床用常温重合型レジンでは 60MPa 以上を満たすものとされている。曲げ弾性率についても同様に、義歯床用加熱重合型レジンで 2000MPa 以上、義歯床用常温重合型レジンで 1500MPa 以上となっている。

今回の平板型試料を用いた実験 1-1 において、曲げ強さは義歯床用加熱重合型レジンである AC に対し、義歯床用常温重合型レジンである PP は 12%

低い値となった。曲げ弾性率については AC に対し、PP は 6%低い値となった。なお、これらの値は、JIS T6501 に示された曲げ強さあるいは曲げ弾性率において、義歯床用加熱重合型レジンや義歯床用常温重合型レジンの基準値をそれぞれ上回る値を示した。

一方、硬質裏装材については JIS T6521⁵⁸⁾ において規格が定められているが曲げ強さや曲げ弾性率については示されていない。今回の実験では、硬質裏装材 KR は、AC や PP などの義歯床材と比較して曲げ強さで 44~50%、曲げ弾性率で 53~55%低い値となり、Arima ら¹³⁾ が義歯床材に比べて硬質裏装材は曲げ強さが低いとした報告と一致した。

以上のように、曲げ強さ、曲げ弾性率ともに各レジン間で有意差が認められ、義歯床用加熱重合型レジン AC や義歯床用常温重合型レジン PP は硬質裏装材 KR よりも高い機械的強度を示した。

(2) 平板型積層試料によるレジンの機械的強度

実験 1-2 におけるリラインを行った状態を想定した平板型積層試料による曲げ試験の結果では、積層材に KR を用いた試料はベース材が AC、PP どちらの場合も曲げ強さあるいは曲げ弾性率が有意に低下し、リライン材に硬質裏装材を用いる直接法は義歯床の強度を低下させることが示唆され、これまでの報告^{13~16)} と一致した。

一方、ベース材が AC のものは AC で、PP のものは PP で積層を行った試料は曲げ強さおよび曲げ弾性率においてそれぞれのベース材単体試料と比べて有意差が認められず、これらはベース材単体試料と同等の機械的強度を示した。また、ベース材が AC のものを PP で、PP のものを AC で積層を行った試料は曲げ強さにおいてそれぞれのベース材単体試料と有意差が認められなかった。

実験 1-1 の結果より、AC あるいは PP は KR より高い機械的強度を有し、これらを積層材として用いることで、ベース材単体と同等の機械的強度を示したものと考えられる。

以上のことから、積層材に AC あるいは PP を用いた試料は、ベース材の元の機械的強度をほぼ回復し、リライン材として義歯床用加熱重合型レジンあるいは義歯床用常温重合型レジンを用いる有用性が示唆された。

2) リラインによる変形について

まず、リライン材として常温重合型の PP あるいは KR を用いた場合について考察する。今回の実験 2 において、リライン材として PP あるいは KR

を用いる場合は義歯床型試料のフラスコ埋没を行わないため、粘膜面部削除後の計測が可能であるので、これらについて計測を行った。その結果、ベース材が AC, PP どちらも粘膜面部の削除により標点間距離が短くなるような変形がおこり、削除量が増すにつれてその変形量も大きくなった。

Woelfel ら⁵⁹⁾, Takamata ら⁶⁰⁾によると、重合が完了したレジンはレジンと石膏の熱膨張係数の違いに起因する内部応力を持っているとされている。また、西村⁶¹⁾は鑄造体の表面切削により鑄造応力が解放され、そのために寸法変化が生じるとしている。さらに川畑⁶²⁾が鑄造体の表層がサンドブラストによって削除される際に砥粒が大きいほど表層が多量に削除され、その結果鑄造応力の解放も大きくなり、変形も大きくなると述べているように、今回の義歯床型試料においても粘膜面部を削除して内部応力を解放すると、同様に変形が生じるものと考えられ、その削除量が増すごとに変形量も大きくなったものと考えられる。

リライン操作終了後には、粘膜面部の削除による変形は回復し、リラインによる変形量として現れ、この変形量は削除量やリライン材によりその大きさが異なる結果が得られた。

PP および KR をリライン材に用いた場合では、粘膜面部削除後の義歯床型試料すなわちベース材側は咬合面コアに適合させてリライニングジグに装着されるため、削除した粘膜面部以外のベース材側の形状はリライン操作前の状態でリライン操作が行われる。さらに重合後のリライン材の剛性とその重合収縮および熱収縮による新たな内部応力がリライン材側に発生することにより、ベース材側の変形が回復されたものと考えられる。また、削除量やリライン材の違いから、ベース材側とリライン材側、それぞれの剛性と内部応力の大きさに差があり、リラインによる変形量にも差が生まれるものと考えられる。

今回の実験では同一のベース材および削除量においては、PP より KR の方がリライン後の変形量が大きくなる結果となった。そこで、これらのレジンの重合収縮率を線収縮率で計測した結果、KR が-0.50%、PP が-0.87% となり、KR の方が小さい値を示した。この結果、同一の削除量では、KR の方が重合収縮による内部応力は小さいものと考えられる。

一方、今回の実験では粘膜面部削除後のレジン表面に KR では専用接着剤、PP ではそのモノマーを塗布している。KR 専用接着剤の主成分はジクロロメタンであり、寺岡⁴³⁾によれば、ジクロロメタンやモノマーをアクリルレジんに塗布した場合、変形や硬さの低下を招くとしており、これらの塗布によってもベース材側の内部応力の解放および剛性の低下が起るものと考えられる。

えられる。特にジクロロメタンは多くの種類の有機化合物を溶解する有機溶剤であり、レジン表面を溶解する作用が強く、これらの効果がモノマーよりも大きく発生しているものと考えられる。

したがって、粘膜面部削除後のレジン表面に KR 専用接着剤を塗布した場合、ベース材側はより大きく応力解放がされていると考えられ、KRの方がリライン材側の内部応力は小さくてもより大きな変形量を示したものと考えられる。

次に、リライン材として加熱重合型の AC を用いた場合について考察すると、リライン材として AC を用いた場合、リラインによる変形量はベース材が AC、PP どちらも削除量の違いによる有意な差は認められなかった。

この場合、リライン材として AC を用いるため、義歯床型試料はプラスチック埋没された状態で粘膜面部の削除などの操作を行っている。この粘膜面部削除後においても義歯床型試料の内部応力は存在した状態にあるものと考えられる。一方、義歯床型試料は重合時に加熱されるが、その温度について考えてみると、箕浦ら⁶³⁾によれば、本実験のように超硬質石膏を模型に、硬質石膏 (α 半水石膏) を 3 次埋没に用いてマイクロ波照射を 3 分間行った場合、レジン重合時の FRP プラスコ内石膏温度については超硬石膏の模型部分では 100°C を超えるとされる。この状態では、義歯床型試料部分は重合熱と合わせるとレジンのガラス転移温度 (約 105°C)⁶⁴⁾ を超えており、義歯床型試料のレジンが軟化しているものと考えられる。したがって、この時に義歯床型試料に当初存在した内部応力は一旦解放されるものと考えられる。また、平澤^{53, 54)}によれば、加熱重合型レジンの重合収縮と熱収縮を合わせた硬化収縮の実測値は 0.3~0.5% であり、レジンの熱収縮率にほぼ等しい。これは、重合収縮は余分に填入されたレジンによって補償され、硬化収縮の要因とはならないためと述べている。このことから、今回の実験においてリライン材として加熱重合型レジンを用いた場合は、重合完了後、リライン材と一体になった義歯床型試料がガラス転移温度を超えた温度から冷めていく時の熱収縮が変形の大きな要因となるため、削除量の違いによる変形量の有意な差は認められなかったものと考えられる。

次に、リラインによる変形量に有意に影響を与える因子について分析するために、リラインによる変形量を目的変数、ベース材、リライン材、削除量を説明変数とした重回帰分析を行った結果、リラインによる変形量に有意に影響を与える因子はリライン材としての PP と削除量となったことから、削除量を 1.0mm のように大きくしない限り、リライン材として義歯床用常温重合型レジンを用いれば、リラインによる変形量が少ないことが示唆され

た。

3) 荷重による変形について

義歯床には咬合力をはじめとする様々な機能力に耐え、変形などを起さない強度が求められるが、リライン後の義歯床においても同様である。本研究では、義歯床に荷重を負荷した時の変形量を比較することにより、義歯床の機械的強度を検討した。

本研究においては、実験 1-1 の結果より、義歯床材料である AC あるいは PP は KR より高い機械的強度を有していることが確認された。実験 1-2 では平板型積層試料を用いた結果から、リライン材に義歯床材料である AC あるいは PP を用いる有用性が示唆された。

そこで、実験 3 では義歯床型試料において、リライン材として AC、PP および KR を用い、荷重を負荷した時の変形量を義歯床とリライン材の比率を変化させて比較検討した。

この時、試料の形態は実際の義歯床に近い湾曲した形状を持つ形態とし、負荷する荷重については、義歯床に一様に咬合力を加えた場合に近似した応力分布となるようにした。また、粘膜面部の削除量の違いから、義歯床とリライン材の比率を変化させた。

その結果、リライン材とベース材が同一の試料における荷重負荷による変形量は、削除量の違いにかかわらず、それぞれのレジン単体試料の荷重負荷による変形量と比べて有意差は認められないことから、リライン材としてベース材と同一のレジンを用いた場合はリライン操作による義歯床の強度低下は見られないものと考えられる。

また、ベース材 PP に対しリライン材として AC を用いた試料は削除量の増加と共に変形量は減少し、元の義歯床の強度より高い強度が得られていることが示唆された。

これに対し、ベース材 AC に対しリライン材として PP を用いた試料およびベース材 AC あるいは PP に KR を用いてリラインを行った試料の荷重負荷による変形量は、削除量が増すごとに有意に大きくなり、それぞれのベース材の単体試料より強度が低下することが示され、義歯床の強度低下が示唆された。

そこで、荷重負荷による変形量に有意に影響を与える因子について分析するために、荷重負荷による変形量を目的変数、ベース材、リライン材、削除量を説明変数とした重回帰分析を行った結果、荷重負荷による変形量に有意に影響を与える因子は、リライン材である KR となったことから、リライン

材として KR を用いると、リライン後の義歯床の強度低下を招くことが示された。

これらのことから、義歯床用加熱重合型レジンや義歯床用常温重合型レジンをリライン材として用いることで、リライン後の義歯床の強度低下を防止できることが示唆された。

4. 本研究に対する臨床的な考察

実験 2 の結果より、義歯床型試料の粘膜面部を削除すると変形が起こり、その削除量が増すごとに変形量も大きくなることが示された。このことは、臨床においても義歯床のリラインや調整時の義歯床粘膜面の削除によって義歯床の変形が惹起される可能性を示唆していると考えられ、今後このような変形に対する検討も望まれる。

次に、義歯床材をリライン材として用いる場合について考察すると、間接法によるリラインは直接法に比べて適切な義歯床の厚みを得ることができること、唾液との接触がないため安定した操作が行えることなどの利点がある反面、特に加熱重合型レジンをリライン材に用いた場合、フラスコ埋没やレジン重合および重合後の冷却時間など技工操作に多くの時間を要するため、義歯を預かる必要があるなどの欠点もある²⁾。しかし、ガイドラインによれば、間接法であっても、リライニングジグおよび常温重合型レジンを用いることによって操作を数時間で行うことができるため、義歯を預かる時間を短くできるとの指摘もある。

リライン材として義歯床用加熱重合型レジンを用いる場合と義歯床用常温重合型レジンを用いる場合を比較すると、義歯床用加熱重合型レジンを用いる場合は技工操作上の観点からは、フラスコ埋没などの操作に必要な時間の他、レジンの加圧填入時にリラインに不必要な部分にレジンが流入したりするエラーが発生しやすく、これらを回避するための手段などにさらに技工操作時間を要することがある。これに対し、義歯床用常温重合型レジンを用いる場合はリライニングジグを用いることで、フラスコ埋没などの操作を必要とせず、レジン填入時の加圧の必要はなく、リラインに不要な箇所や模型の修正はワックス等で容易に対応が可能であるなど、技工操作が簡便かつ迅速であり、短時間で終了する。このような点からも義歯床用常温重合型レジンをリライン材に用いる方が有利と考えられる。

一方、近年の義歯床用常温重合型レジン耐変色性を考慮してバルビツール酸系の重合促進剤を用いた製品が多く、本研究にも用いた。リラインに際

しこのような義歯床用常温重合型レジンをを用いることは、リライン後にリライン部が変色したりする可能性が低く、審美的にも良好な結果が得られるものと考えられる。

以上のことから、間接法リラインでリライン材として義歯床用常温重合型レジンをを用いることは、技工操作時間も比較的短く、義歯床の強度を確保し、かつ変形を少なくできる臨床的にも意義のある技法であることが示唆される。

総括ならびに結論

本研究の結果より、以下のことが明らかとなった。

1. 平板型試料を用いて、義歯床用材料あるいはリライン材の機械的強度を検討した結果、各レジン間で有意差を認め、義歯床用加熱重合型レジンは義歯床用常温重合型レジンは硬質裏装材よりも曲げ強さ、曲げ弾性率ともに高い値を示した。リライン材に義歯床用加熱重合型レジンあるいは義歯床用常温重合型レジンをを用いた試料はベース材とほぼ同等の機械的強度を示し、リライン材としてこれらの義歯床用材料を用いる有用性が示唆された。一方、リライン材に硬質裏装材を用いた試料はベース材の機械的強度より低い値を示し、リライン材に硬質裏装材を用いる直接法は義歯床の強度を低下させることが示唆された。
2. 義歯床型試料を用いて、義歯床用材料およびリライン材ならびにリライン時の義歯床粘膜面部の削除量がリラインによる義歯床の変形におよぼす影響について検討を行った結果、リライン材として義歯床用常温重合型レジンを使用した場合、削除量が 0.25mm, 0.5mm ではリライン材として義歯床用加熱重合型レジンをを用いた場合よりリラインによる変形が少ないことが示された。
3. 義歯床型試料を用いて、義歯床用材料およびリライン材ならびにリライン時の義歯床粘膜面部の削除量がリライン後の義歯床の強度におよぼす影響について検討を行った結果、リライン材として、義歯床用加熱重合型レジンや義歯床用常温重合型レジンをを用いることで、削除量にかかわらずリライン後の義歯床は元の強度を回復することが示された。一方、リライン材に硬質裏装材を使用した場合は、リライン後の義歯床の強度低下を招くことが示された。

以上のことより、間接法リラインでは、粘膜面部の削除量を少なくする限

りにおいては、リライン材として義歯床用常温重合型レジンをを用いることで、義歯床の強度を確保し、変形を少なくできることが示唆された。

謝辞

稿を終えるにあたり、本研究を行う機会を与えて頂き、かつ終始変わらぬ御指導、ご高閲を賜りました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座前田芳信教授に謹んで感謝の意を表します。また、本研究を遂行するにあたり、御便宜と御協力を頂いた大阪大学歯学部附属病院総合技工室ならびに医療情報室の諸兄に心から謝意を表します。

最後に本研究に際し、終始御理解と御協力を頂きました大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座各位に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 日本補綴歯科学会 (2007) : リラインとリベースのガイドライン. 補綴誌, 51, 151-181.
- 2) Smith,D.E.,Lord,J.L. and Bolender,C.L. (1967) : Complete denture relines with autopolymerizing acrylic resin processed in water under air pressure. J.Prosthet.Dent.,18,103-115.
- 3) Wyatt,C.C.L.,Harrop,T.J. and MacEntee,M.I. (1986) : A comparison of physical characteristics of six hard denture reline materials. J.Prosthet.Dent.,55,343-346.
- 4) Bunch,J.,Johnson,G.H. and Brudvik,J.S. (1987) : Evaluation of hard direct reline resins. J.Prosthet.Dent.,57,512-519.
- 5) 安藤雅康, 山内六男, 川野襄二, (1989) : リベース用常温重合レジンの重合時の温度変化について. 補綴誌, 33, 106-113.
- 6) Ogle,R.E.,Sorensen,S.E. and Lewis,E.A. (1986) : A new visible light-cured resin system applied to removable prosthodontics. J.Prosthet.Dent.,56,497-506.
- 7) 大江陽一郎, 門磨義則, 今井庸二 (1989) : 残留モノマーの極めて少ない新しいアクリル系レジンの. 歯材器, 8, 546-550.
- 8) Arima,T., Murata,H. and Hamada,T. (1996) : Analysis of composition and structure of hard autopolymerizing reline resins. J.Oral Rehabil.,23,346-352.
- 9) 川口 稔, 高橋 裕, 宮崎光治, 羽生哲也 (1998) : 化学重合型直接リライニング材からの残留モノマーの溶出性. 歯材器, 17, 304-308.
- 10) 玉置 洋 (1999) : 残留モノマーを低減したアクリル系レジンの研究. 歯材器, 18, 20-28.
- 11) 堺 誠, 岩堀正俊, 西澤政剛, 山内六男, 長澤 亨 (1995) : 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.
- 12) 鈴木恭典, 栗原大介, 福井里枝, 大久保力廣, 花谷重守, 滝新興生, 宮田孝義, 尾花甚一 (1994) : 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.
- 13) Arima,T.,Murata,H. and Hamada,T. (1995) : Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resins. J.Prosthet.Dent.,73,55-59.

- 14) Takahashi, Y., Kawaguchi, M. and Chai, J. (1997) : Flexural strength at the proportional limit of a denture base material relined with four different denture relining materials. *Int.J. Prosthodont.*, 10, 508-512.
- 15) Archadian, N., Kawano, F., Ohguri, T., Ichikawa, T. and Matsumoto, N. (2000) : Flexural strength of rebased denture polymers. *J.Oral Rehabil.*, 27, 690-696.
- 16) Takahashi, Y., Chai, J. and Kawaguchi, M. (2000) : Strength of relined denture base polymers subjected to long-term water immersion. *Int.J.Prosthodont.*, 13, 205-208.
- 17) Kim, Y., Michalakos, K.X. and Hirayama, H. (2008) : Effect of relining method on dimensional accuracy of posterior palatal seal. An in vitro study. *J.Prosthodont.*, 17, 211-218.
- 18) Breeding, L.C., Dixon, D.L. and Lund, P.S. (1991) : Dimensional changes of processed denture bases after relining with three resins. *J.Prosthet.Dent.*, 66, 650-656.
- 19) Pow, E.H.N., Chow, T.W. and Clark, R.K.F. (1998) : Linear dimensional change of heat-cured acrylic resin complete dentures after relining and rebase. *J.Prosthet.Dent.*, 80, 238-245.
- 20) 小柳進祐 (1995) : リライニングによる総義歯粘膜面部の形態変化について. *福岡歯大誌*, 22, 73-90.
- 21) JIS T 6501-2005 (2005) : 義歯床用アクリル系レジン. 日本規格協会
- 22) 新倉久市 (1983) : 総義歯の変形・破折現象における構造力学的研究 第1報 咬合堤状モデルによる吟味試験. *補綴誌*, 27, 101-113.
- 23) 新倉久市 (1983) : 総義歯の変形・破折現象における構造力学的研究 第2報 上顎総義歯におけるひずみ・応力分布の挙動. *補綴誌*, 27, 114-128.
- 24) 新倉久市 (1983) : 総義歯の変形・破折現象における構造力学的研究 第3報 上顎総義歯口蓋面におけるひずみ・応力分布と, 義歯適合性の及ぼす影響について. *補綴誌*, 27, 215-229.
- 25) Chai, J., Takahashi, Y. and Kawaguchi, M. (1998) : The flexural strength of denture base acrylic resins after relining with a visible-light-activated material. *Int.J.Prosthodont.*, 11, 121-124.
- 26) Reis, J.M.S.N., Vergani, C.E., Pavarina, A.C., Giampaolo, E.T. and Machado, A.L. (2006) : Effect of relining, water storage and cyclic

- loading on the flexural strength of a denture base acrylic resin.
J.Dent.,34,420-426.
- 27) 平野博英, 大江陽一郎, 門磨義則, 今井庸二 (1992) : フッ素系ポリマーを利用した新しいアクリル系床用裏装材に関する研究. *歯材器*, 11, 423-429.
- 28) 平野博英, 大江陽一郎, 門磨義則, 今井庸二 (1992) : フッ素系ポリマー/MMA系床用裏装材に関する研究. *歯材器*, 11, 947-954.
- 29) Yatabe,M.,Yasuda,N.,Ai,M. and Okabe,Y. (1999) : Unpolymerized Layer on autopolymerizing,hard reline materials.
Int.J.Prostodont.,12,129-134.
- 30) 秋葉徳寿, 柯 恩生, 早川 巖, 畑中憲司 (2002) : フルオロカーボン鎖を導入した新しい義歯床用裏装材. *歯材器*, 21, 323-327.
- 31) Hayakawa,I.,Akiba,N.,Keh,E. and Kasuga,Y. (2006) : Physical properties of a new denture lining material containing a fluoroalkyl methacrylate polymer. *J.Prosthet.Dent.*,96,53-58.
- 32) Takahashi,Y.,Chai,J. and Kawaguchi,M. (1998) : Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture reline materials.
Int.J.Prostodont.,11,49-54.
- 33) 安川宏美 (1995) : 義歯床に対するリライニング材の接着性に影響する因子. *鶴見歯学*, 21, 73-90.
- 34) 清水博史, 吉永正治, 羽生哲也, 高橋 裕 (1998) : 義歯修理におけるバルビツール酸誘導体を用いた常温重合レジンと床用レジンとの接着性. *補綴誌*, 42, 815-822.
- 35) Takahashi,Y.,Chai,J. and Kawaguchi,M. (1999) : Equilibrium strength of denture polymers subjected to long-term water immersion. *Int.J.Prostodont.*,12,348-352.
- 36) Takahashi,Y. and Chai,J. (2001) : Shear bond strength of denture reline polymers to denture base polymers.
Int.J.Prostodont.,17,271-275.
- 37) Takahashi,Y. and Chai,J. (2001) : Assessment of shear bond strength between three denture reline materials and a denture base acrylic resin. *Int.J.Prostodont.*,14,531-535.
- 38) Minami,H.,Suzuki,S.,Minesaki,Y.,Kurashige,H. and Tanaka,T. (2004) : In vitro evaluation of the influence of repairing condition of

- denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins.
J.Prosthet.Dent.,91,164-170.
- 39) Seo,R.S.,Murata,H.,Hong,H.,Vergani,C.E. and Hamada,T. (2006) :
Influence of thermal and mechanical stresses on the strength of
intact and relined denture bases. *Prosthet.Dent.*,96,59-67.
- 40) 高橋 裕, 川口 稔, 宮崎光治, 羽生哲也 (1998) : 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。
補綴誌, 42, 214-219.
- 41) Takahashi,J.M.F.K.,Machado,F.M.,Nunez,J.M.C.,Consani,R.L.X.
and Mesquita,M.F. (2009) : Relining of prosthesis with
auto-polymerizing hard denture reline resins:effect of
post-polymerization treatment on flexural strength.
Gerodontology.26,232-236.
- 42) Vergani,C.E.,Seo,R.S.,Pavarina,A.C. and Reis,J.M.S.N. (2005) :
Flexural strength of autopolymerizing denture relineresins with
microwave postpolymerization treatment.
J.Prosthet.Dent.,93,577-583.
- 43) 寺岡文雄 (1999) : 変形しない義歯づくりのための徹底検証レジン床の
すべて. 126-134 平成 11 医歯薬出版 東京
- 44) 寺岡文雄 (1999) : 変形しない義歯づくりのための徹底検証レジン床の
すべて. 116-125 平成 11 医歯薬出版 東京
- 45) Cucci,A.L.M.,Giampaolo,E.T.,Leonardi,P. and Vergani,C.E.
(1996) : Unrestricted linear dimensional changes of two hard
chairside reline resins and one heat-curing acrylic resin.
J.Prosthet.Dent.,76,414-417.
- 46) Machado,A.L.,Vergani,C.E.,Giampaolo,E.T. and Pavarina,A.C.
(2002) : Effect of a heat-treatment on the linear dimensional change
of a hard chairside reline resin. *J.Prosthet.Dent.*,88,611-615.
- 47) Seo,R.S.,Vergani,C.E.,Pavarina,A.C.,Compagnoni,M.A. and
Machado,A.L. (2007) : Influence of microwave disinfection on the
dimensional stability of intact and relined acrylic resin denture
bases. *J.Prosthet.Dent.*,98,216-223.
- 48) 椿 幸雄 (1981) : リライニング時における義歯床の変形に関する基礎
的研究. 九州歯会誌, 35, 416-430.
- 49) Sadamori,S.,Siswomihardjo,W.,Kameda,K.,Saito,A. and Hamada,T.

- (1995) : Dimensional changes of relined denture bases with heat-cured, microwave-activated, autopolymerizing, and visible light-cured resins. A laboratory study. *Aust.Dent.J.*, 40, 322-326.
- 50) Barco, M.T., Moore, B.K., Swartz, M.L., Boone, M.E., Dykema, R.W. and Phillips, R.W. (1979) : The effect of relining on the accuracy and stability of maxillary complete dentures -An in vitro and in vivo study. *J.Prosthet.Dent.*, 42, 17-22.
- 51) 宮入裕夫 (1976) : 義歯床の変形と破折. *DE*, 39, 33-39.
- 52) 平澤 忠 (1982) : 床用レジンの化学. 歯科技工別冊/義歯床用レジンと歯科技工, 医歯薬出版, 東京, 21-27, 昭和 57.
- 53) 平澤 忠 (1982) : 義歯床用加熱重合アクリルレジン. 歯科技工別冊/義歯床用レジンと歯科技工, 医歯薬出版, 東京, 28-37, 昭和 57.
- 54) 平澤 忠 (1982) : 義歯床用常温重合アクリルレジン. 歯科技工別冊/義歯床用レジンと歯科技工, 医歯薬出版, 東京, 38-47, 昭和 57.
- 55) 長谷川 明, 勝 誠, 星合 和基, 平沼 謙二 (1997) : バルビツール酸誘導体を用いた歯科用常温重合レジンにおける触媒の影響. *補綴誌*, 41, 613-619.
- 56) 長谷川 明, 勝 誠, 星合 和基, 平沼 謙二 (1998) : バルビツール酸誘導体を用いた歯科用常温重合レジンの変色に関する検討. *補綴誌*, 42, 11-19.
- 57) 村田 比呂司, 黒木 唯文, 加納 拓 (2009) : 硬質リライン材「クラリベース」. *Dental magazine*, 129, 10-15.
- 58) JIS T 6521-2005 (2005) : 義歯床用硬質裏装材. 日本規格協会.
- 59) Woelfel, J.B. and Paffenbarger, G.C. (1960) : Dimensional changes occurring in dentures during processing. *J.Am.Dent.Assoc.*, 61, 413-430.
- 60) Takamata, T., Setcos, J.C., Phillips, R.W. and Boone, M.E. (1989) : Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *J.Am.Dent.Assoc.*, 119, 271-276.
- 61) 西村文夫 (1966) : 歯科鑄造の仕上げと熱処理による寸法変化について. *口腔病学会誌*, 33, 5-29.
- 62) 川畑直嗣 (1981) : コバルト・クロム合金鑄造体におけるサンドブラストについて. *阪大歯学誌*, 26, 148-167.
- 63) 箕浦正孝, 寺岡文雄, 北原一慶, 高橋純造, 野首孝祠 (1995) : マイクロ波照射時のプラスチック内石こう温度に関する研究—添加剤の影響につ

いて一. 齒材器, 14, 205-212.

- 64) McCabe,J.F. and Wilson,H.J. (1980) : The use of differential scanning calorimetry for the evaluation of dental materials. Part II Denture base materials. J.Oral Rehabil.,7,235-243.

図表の説明

- 図 1 平板型試料の形態と寸法（JIS T6501 に準拠）
- 表 1 実験に使用した材料
- 図 2 平板型積層試料の形態と寸法
- 表 2 リラインに使用した材料と技法
- 図 3 義歯床型試料用作業模型の形態と寸法
- 図 4 義歯床型試料の形態と寸法
- 図 5 義歯床型試料の形態および計測部位
- 図 6 粘膜面部削除時のガイドグループ形成に使用したジグ
バー先端の突き出し量を調整できるジグをハンドピースに装着し、ガイドグループの深さを規定した。
- 図 7 定荷重（10N）の負荷と計測部位
- 図 8 各種レジンの機械的強度
- 図 9 平板型積層試料の機械的強度
- 図 10 義歯床型試料のリライン操作による変形量
- 図 11 義歯床型試料の荷重負荷による変形量

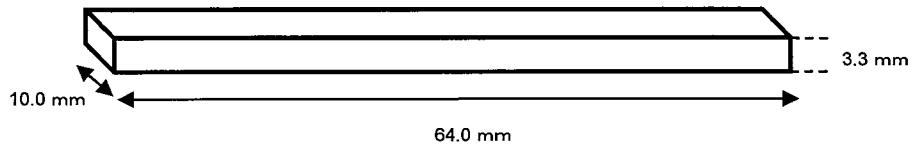


図1 平板型試料の形態と寸法 (JIS T6501に準拠)

表1 実験に使用した材料

種類	商品名	メーカー	粉液比 (P/L=g/mL)	重合条件	略号	シンボル
義歯床用 加熱重合型レジン	アクロンMC	ジーシー	100/43	マイクロ波500W 3分間	AC	AC
義歯床用 常温重合型レジン	パラプレスバリオ	ヘレウス クルツァー	10/7	55°C, 2気圧 30分間	PP	PP
常温重合型 硬質裏装材	クラリベース	クラレノリタケデンタル	1/0.60	55°C, 2気圧 30分間	KR	KR

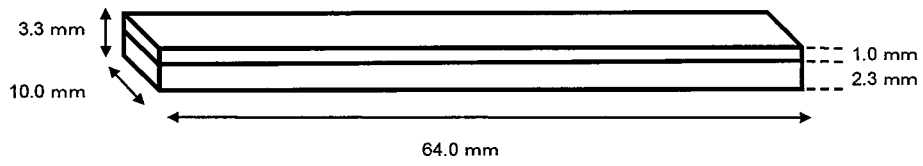


図2 平板型積層試料の形態と寸法

表2 リラインに使用した材料と技法

種類	商品名	技法	粘膜面部削除量(mm)	略号	シンボル
義歯床用 加熱重合型レジン	アクロンMC	フラスコ埋没	0.25, 0.5, 1.0	AC	AC
義歯床用 常温重合型レジン	パラプレスバリオ	リライニングジグ	0.25, 0.5, 1.0	PP	PP
常温重合型 硬質裏装材	クラリベース	リライニングジグ	0.25, 0.5, 1.0	KR	KR

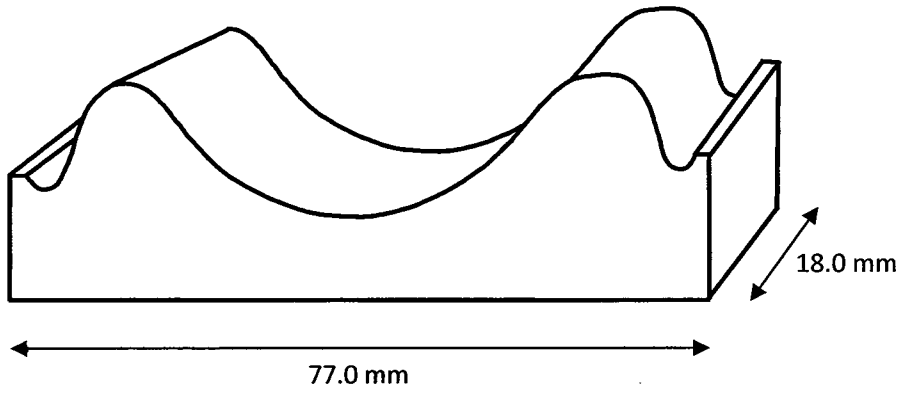


図3 義歯床型試料用作業模型の形態と寸法

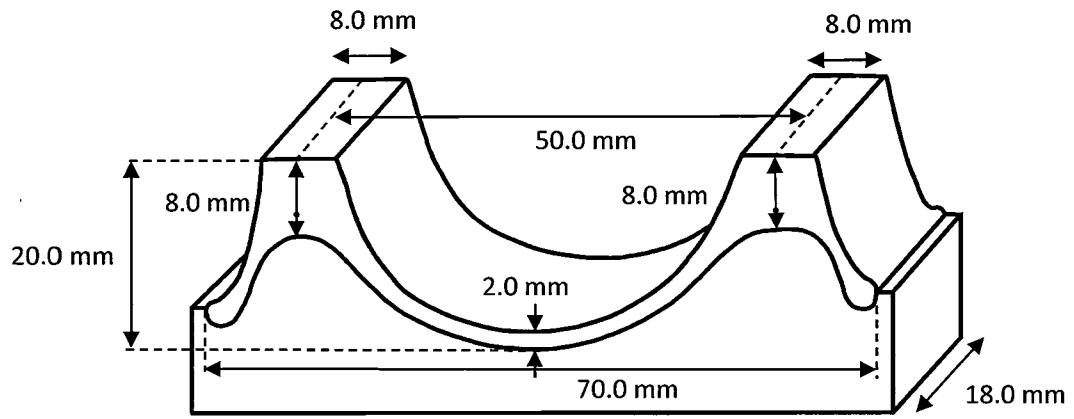


図4 義歯床型試料の形態と寸法

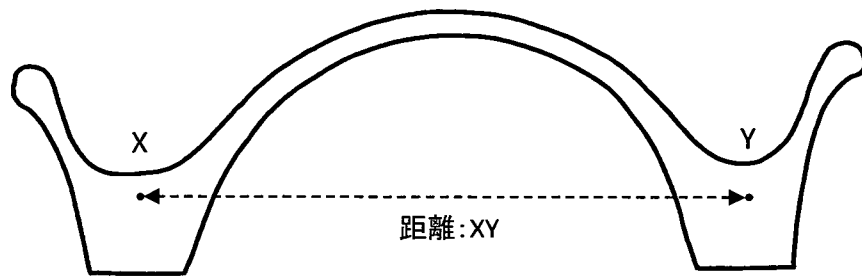


図5 義歯床型試料の形態および計測部位

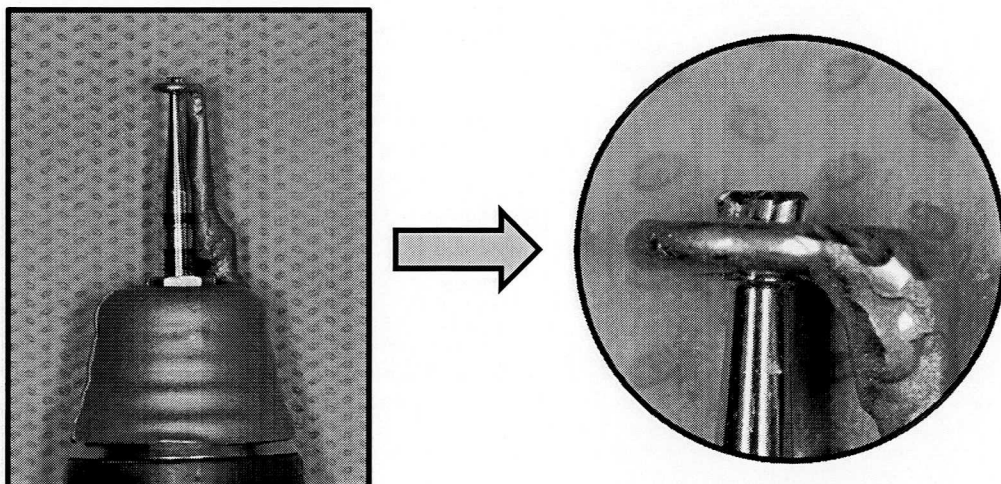


図6 粘膜面部削除時のガイドグループ形成に使用したジグ

バー先端の突き出し量を調整できるジグをハンドピースに装着し、ガイドグループの深さを規定した。

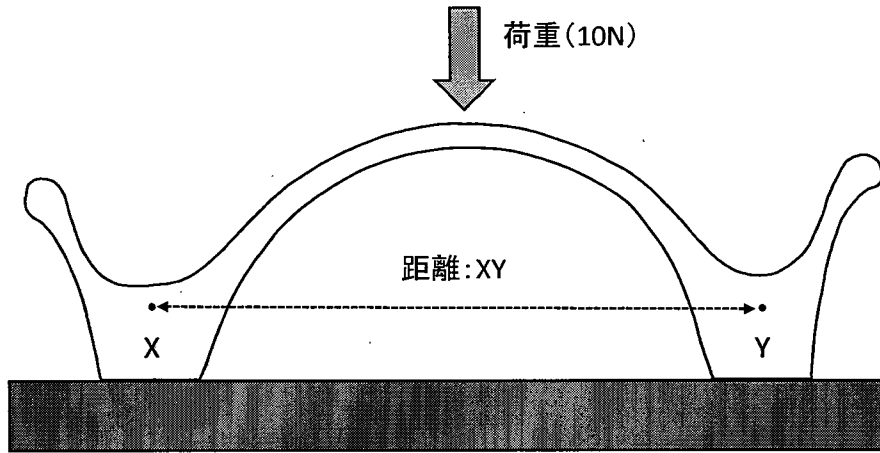


図7 定荷重 (10N) の負荷と計測部位

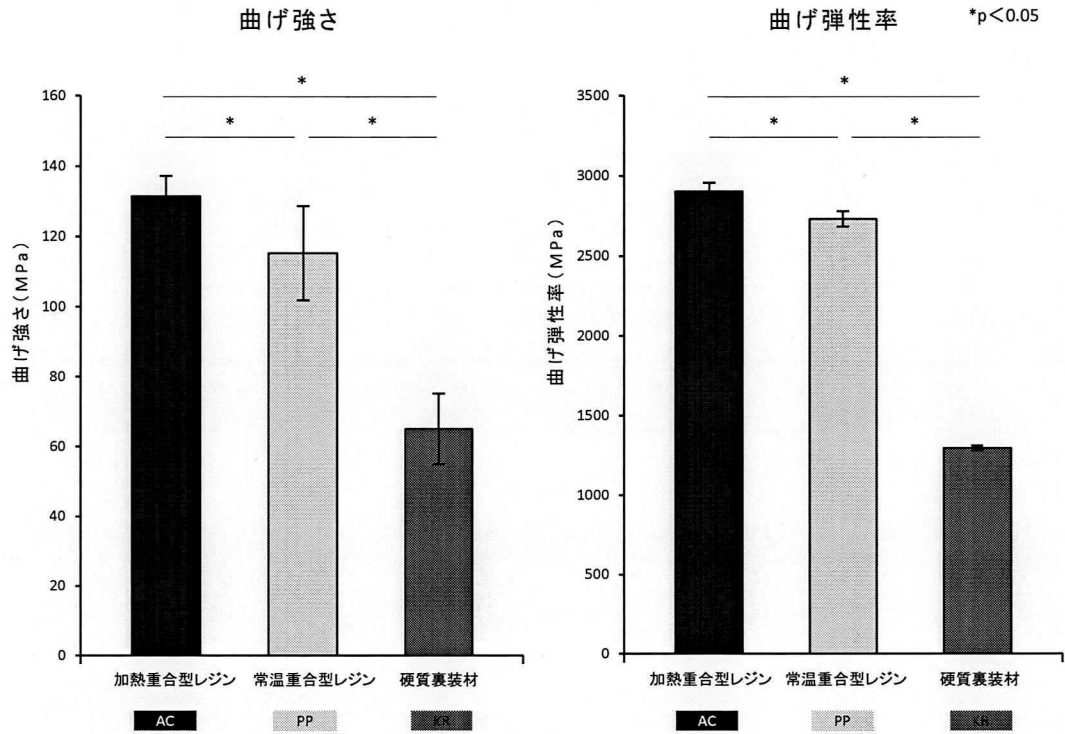


図8 各種レジンの機械的強度

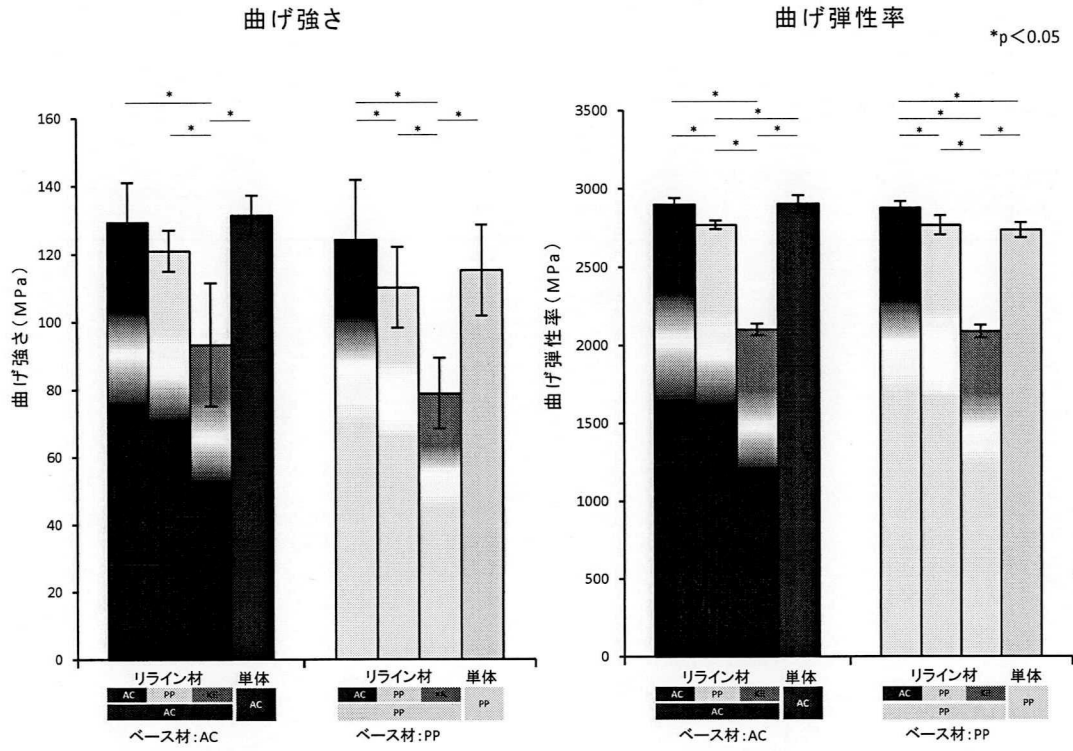


図9 平板型積層試料の機械的強度

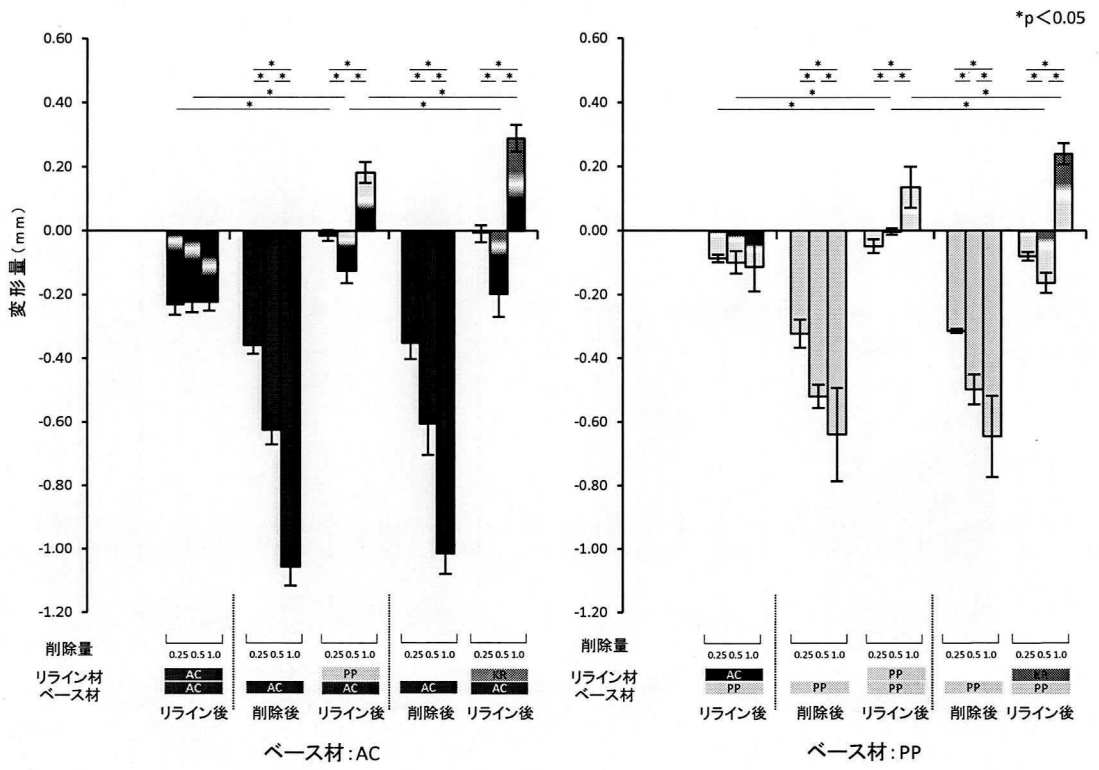


図10 義歯床型試料のリライン操作による変形量

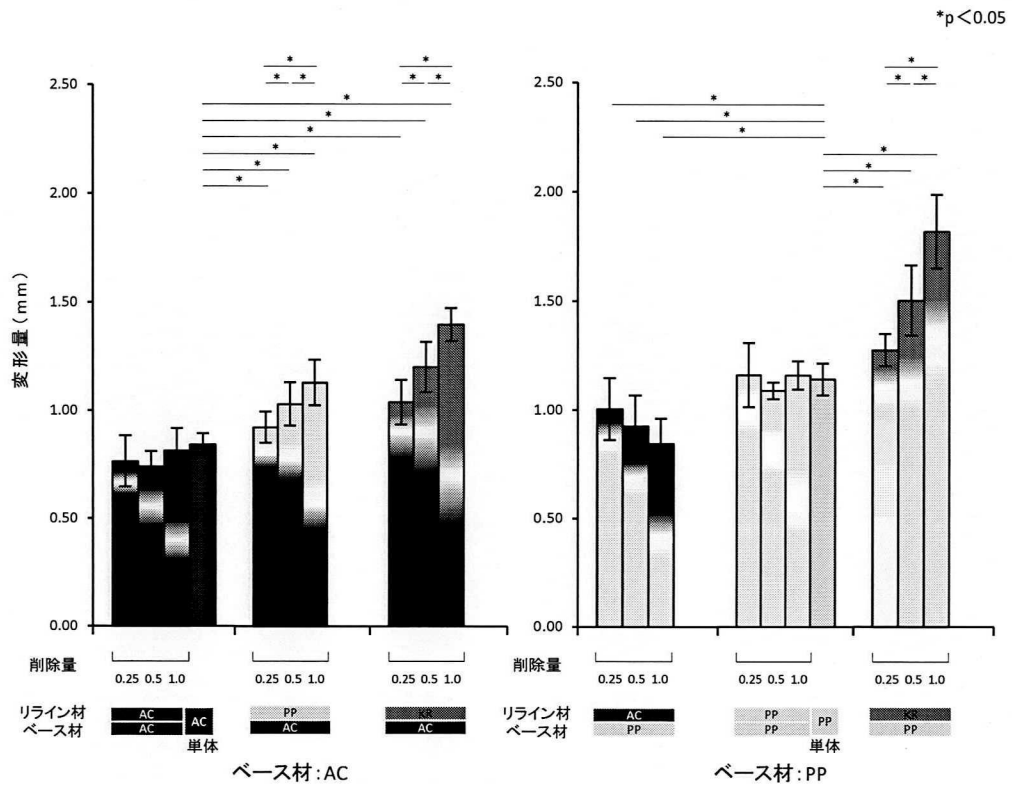


図11 義歯床型試料の荷重負荷による変形量

