原著論文

基礎床用光重合レジンの開発

第1報 常温重合レジンとの比較

高橋 研省 岡崎 祥子 田中 貴信 星合 和基
山田 恒 若山浩一郎 長谷川 明*

Development of a Light-polymerized Resin for the Record Base Part 1 Comparison with Autopolymerizing Resin

Takahashi Kensei, Okazaki Sachiko, Tanaka Yoshinobu, Hoshiai Kazumoto,
Yamada Hisashi, Wakayama Kouichirou and Hasegawa Akira*

歯科補綴学的意義

義歯製作にあたって、咬合採得は重要な項目である。この際、使用する咬合床は基礎床と咬合堤で構成されるが、現在、基礎床用には常温重合レジンを用いることが一般的である。本研究は、この基礎床に光重合レジンを導入を目指したものである。光重合レジン操作性が良好で、技工環境からも優れたもので、この機械的性質と適合性を常温重合レジンと比較したものである。

抄 録

目的：有床義歯の咬合採得に用いられる咬合床は、口腔内環境で安定し、さらに、十分な機械的強度を有することが必要である。また、咬合堤を支える基礎床は、顎堤への適合性も良好でなければならない。そこで、臨床で用いられている光重合レジンに着目し、基礎床専用の光重合レジンを試作し、その機械的強度や適合性などを、常温重合レジンと比較検討した。

方法：基礎床用光重合レジン（SBPL-S3）と常温重合レジン（オストロンⅡ，ユニファストⅡ）を用い、3点曲げ試験，衝撃破壊試験，接着試験，適合試験を行った。

結果：3点曲げ試験の結果では、光重合レジン40.9MPaの曲げ強さを示したが、ユニファストⅡより小さい値であった。衝撃破壊試験では、光重合レジン2.81KJ/m²，オストロンⅡは2.35KJ/m²であり同程度の破壊強さであった。接着試験では、光重合レジン間にコンポジットプライマーを使用し、24時間後に測定したものが他のものより接着強さが強く5.25MPaであった。適合試験の結果では、光重合レジン最大0.20mm，オストロンⅡは0.15mmの間隙量を示したが、光重合レジンとオストロンⅡ間、加圧後の放置時間では、いずれも有意差は認められなかった。

結論：試作光重合レジン、基礎床用材料としての臨床応用可能な物性を有することが確認された。

和文キーワード

咬合床，基礎床，光重合レジン

愛知学院大学歯学部歯科補綴学第一講座

*ジーシーデンタルプロダクツ

The First Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University

*GC Dental Products

受付：2005年8月22日 / 受理：2006年2月6日

Received on August 22, 2005 / Accepted on February 6, 2006

I. 緒 言

有床義歯の咬合採得に用いられる咬合床は、歯牙欠損部および審美性の回復状態を確認することや、失われた下顎位の決定に必要な不可欠なものである。この咬合床は、口腔内環境で物理・化学的に安定していることはもちろん、咬合採得時に加わる咬合力によって変形を起こさないような、十分な強度を有することが必要である。特に、咬合堤を支える基礎床は、直接粘膜面に接するため、顎堤への適合性が良好であることも要求される。過去には専用のシェラック板を用いた咬合床を使用したこともあったが、これでは良好な適合精度を確保することが難しく、また成形後の咬合堤の付与や咬合採得時に変形しやすいことなどの理由で、近年は、個人トレー用の粉液タイプの常温重合レジンを利用することが一般的である。しかし、この常温重合レジンは、練和時にモノマーの揮発による刺激が強く、技工室の環境面からも問題があり、より適切な材料の開発が求められている。

そこでわれわれは、最近歯科臨床において多用されている光重合レジンに着目し、基礎床専用の光重合レジンを試作した。そして、この材料の臨床応用が可能か否かを確認するために、機械的強度や適合性などを、現在用いられている常温重合レジンのそれらと比較検討した。

II. 材料および実験方法

表1に実験に使用した材料を示す。試作基礎床用光重合レジン SBPL-S3 (以下 SP) は約 10×8 cm のシート状の形態である。SP はウレタンジメタクリルレート (UDMA) を基材として、コロイダルシリカ (SiO_2)、有機複合フィラー、カンファーキノンなどを配合したものである。これに対して常温重合レジンには、トレー用の常温重合レジンオストロン II (ジーシー、以下 OS) と修理用常温重合レジンユニファスト II (ジーシー、以下 UF) を用い、これらの機械的強度について比較検討するために、3点曲げ試験、衝撃破壊試験、接着試験を行い、さらに、作業用模型への適合性を検討するために適合試験を行った。今回の実験の主目的は、基礎床用材料としての SP と OS の比較を行うこ

表1 Materials
実験材料

Material type	Material	Lot No.	Code
Light-curing	Base plate LC	402051 G	SP
Self-curing	Ostron II	502071	OS
	UNIFAST II	503011	UF

とことであるが、これらに対して修理用の常温重合レジンがどの程度の強さを示すかを参考にするために、3点曲げ試験と接着試験には UF を追加して比較検討を行った。

試料の作製に関しては、光重合レジンでは ラボライト II (ジーシー) を用いて光重合した。光照射時間は3点曲げ試験および衝撃破壊試験は片面5分間で両面、適合試験では治具上から3分間、剪断接着試験では光照射時間1分間を3回行った。常温重合レジンでは粉液比・重合方法などをメーカーの指示に従って行った。

1. 3点曲げ試験

試料の形態は $2 \times 2 \times 25$ mm の直方体とし、各6個作製した。試料表面を #1000 のエメリーペーパーまで研磨し、 37°C の水中に24時間浸漬したものについて測定を行った¹⁾。測定は、引張り圧縮試験機オートグラフ AGS-5000G (島津製作所) を用いて、支点間距離 20.0 mm、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min の条件で行った。

2. 衝撃破壊試験

試料の形態は $15 \times 10 \times 2.5$ mm の直方体とし、各11個作製した。試料表面を #1500 のエメリーペーパーまで研磨し、 $5 \mu\text{m}$ のアルミナ懸濁液で研磨した後に、 37°C の水中に24時間浸漬したものについて測定を行った。測定はダインシュタットテスタ (東洋精機) を用いて、ウェイトを取り付けず、ハンマーの持ち上げ角度 90° (ハンマーの有するエネルギー: $5 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$) で衝撃破壊試験を行った (図1)。この際、試料は下端から 8 mm までを固定し、試料下端から 12 mm の部分の耐衝撃性値を測定した。

3. 接着試験

接着強さの確認として、剪断接着試験を行ったが、被着体が SP の場合には、これに SP, UF を接着した。

図1 Impact breaking test
衝撃破壊試験

図2 Shear bond test
剪断接着試験

図3 Accuracy test
適合試験

合性を検討した。すなわち、長谷川²⁾の用いたコの字型の金属原型を複製（フレキシコーン、ジーシー）採得後に模型材（フジロック、ジーシー）を注入し実験用模型として作製した。この模型に各材料を用いた基礎床を作製したが、試料作製後模型と基礎床とを適合させたまま包埋（SCANDIQUICK, SCANDIA）後、正中矢状断面を規定して切断し（FINE CUT, 平和テクニカ）、両者の間隙量を計測することにより比較検討した（図3）。上顎を模した形態の原型および模型の概略の寸法は、顎堤部は高さ約 10 mm、臼歯部上部幅約 10 mm：底部約 13 mm：前歯部上部幅約 5 mm、顎堤部長径上部約 45mm：底部外側約 48mm：内側約 40 mm、顎堤間は上部約 35mm：底部約 31 mm である。

実験用模型に試料を圧接して基礎床を作製したが、その際の加圧条件は鈴木ら³⁾の方法を参考にしてEZTest（島津製作所）を用いて 2.0kgf、5 分間に規定して、圧接した。また、SP 試料は透明の加熱重合レジン（アクロン・No5, ジーシー）を用いて、試料の厚みを確保した一定の間隙量を有する加圧治具を作成して圧接し、除圧後、治具上で 3 分間光重合した。光重合後治具を撤去し、樹脂にて包埋し試料とした。その際、包埋する時期の影響も確認するために、治具撤去後 10 分放置後に包埋するものと、試料を 24 時間常温放置後包埋するものの、2 種類を作製した。OS も同条件で包埋した。

包埋後切断した試料は、切断面を #1000 のエメリーペーパーまで研磨し、模型と試料との間隙量をマイクロスコプ（オリンパス）を用いて測定し間隙量とした。試料は各 5 個作製し、測定部位は模型顎堤部から 10 mm 間隔で 4 箇所を規定して（図3）、同一測定者がそれぞれ 3 回測定し、その平均値を測定値とした。統計処理としては一元配置および二元配置分散分析を

UF を接着する理由は、実際の臨床で SP に UF を追加して基礎床を製作することも想定して、SP にプライマーを使用しないで UF を接着するもの、2 種類のプライマーを塗布した後 UF を接着するものの 3 条件について検討した。被着体が OS の場合には OS を接着して試料とした。被着体は 10 × 10 × 20 mm の立方体試料であり、試料表面を #1000 のエメリーペーパーまで研磨し、37℃ の水中に 24 時間浸漬したものをを用いた。試料の接着は、接着面積をマスキングテープを用いて φ 6.0 mm に規定し、さらに接着する量を規定するために、内径 8.0 mm、高さ 5.0 mm のプラスチックチューブを固定したものに接着材料を填入・重合した（図2）。さらに、接着後の放置時間の影響も観察するため、接着後 10 分経過後に接着強さを測定するものと、24 時間常温放置し測定するものを用意した。試料はそれぞれ 5 個作製し、オートグラフ AGS-5000G を用いて、クロスヘッドスピード 1.0mm/min で剪断接着強さを測定した。

4. 適合試験

適合試験は、上顎を想定した模型に対する基礎床を作製し、その両者間の間隙量を測定することにより適

図4 Transverse strength
曲げ強さ

行い、各水準間の検定には、Turkeyの多重比較を採用した。

III. 結 果

3点曲げ試験の結果では、SPは平均40.9MPaを示し、UFおよびOSより有意に小さい値であった(図4)。衝撃破壊試験の結果では、SPは平均2.81KJ/m²、OSは平均2.35KJ/m²と、同程度の破壊強さであった(図5)。接着試験の結果では、SPとSPの間にコンポジットプライマーを使用し、24時間後に測定したものが5.25MPaと他のものより大きい値を示した。SPのプライマーを使用しない場合およびOS間では、約2MPa程度の接着強さであった(図6)。しかし、衝撃破壊試験および接着試験の結果からは、材料間および放置時間の影響については統計的な有意差は認められなかった。

適合試験の結果では、間隙量はSPが最大約0.20mm、OSが約0.15mmであり、SP、OSとも測定部位がa, b, c, dの順に間隙量が少なくなった。また、SP試料で10分後に包埋した試料では、顎堤部に近いa部およびb部に対して後縁のd部のほうが、有意に間隙量が少なかった。24時間後に包埋した試料では、10分後の試料と同様な傾向を示したが、統計的な有意差は認められなかった(図7, 8)。

IV. 考 察

1. 強度試験について

曲げ強さに関しては、常温重合レジンについて星合ら⁴⁾は80MPa、中⁵⁾、Beyliら⁶⁾は70~80MPaと報

図5 Impact breking strength
衝撃破壊強さ

図6 Shear bond strength
剪断接着強さ

告している。これらの報告と同様に、SPとUFとは差が認められ、OSとも差が認められた。しかし、SPの示した値は、今回のOSの値とは差があるものの報告されているOSの値とは近似しており³⁾、現在用いられている基礎床用材料と比較して同程度の強さを有するものと思われる。

衝撃破壊試験の結果では、SPとOSの強さは同程度であった。光重合レジンの基本的特性として、強さが増すと衝撃破壊強さは小さくなり、破折しやすくなることが報告されている^{9~13)}。これらの報告は床用光重合レジンに対してのものであるが、開発当初のSPでも同様の傾向がみとめられたので¹⁴⁾、SPの硬化後の靱性を向上させたり、常温で固体のモノマーを使用することで手指へのベタ付き感をなくすなど、操作性の改善を図った結果、粘り強さが増し、結果としてOSと同程度の衝撃破壊強さを獲得することができた。

一方、部分床義歯の咬合床には、維持安定のためにクラスプ形態の補助的な維持装置様の小片を付与することがあるが、この際に問題となるのが被着体と追加部の接着強さである。今回の実験では、SP間でコンポジットプライマーを使用し、長時間放置したものがほかの条件のものと比較して最も大きな値を示し、SP間でも臨床使用時には問題ない接着強さが得られることが確認された。これはコンポジットプライ

図7 Discrepancy (10 minutes)
間隔量 (10 分後)

図8 Discrepancy (24 hours)
間隔量 (24 時間後)

マーがコンポジット材料の硬化体表面と馴染みの良いアクリルモノマーを使用しているため、コンポジット材料への接着性が向上したと思われる。SPはコンポジット材料であるため高い接着性を示したと思われる。また、SPにUFを追加する場合はプライマーの効果は少ないが、接着後の時間の経過とともに強さが増加することが示された。星合ら⁴⁾は修理用の常温重合レジンの接着強さを測定し、その最も妥当な使用法を示唆しているが、修理用の常温重合レジンの接着強さは10MPa程度で凝集破壊が起こることを示して、この値が接着の目安であると述べている。今回の実験では、SPがコンポジットプライマーを使用し、長時間放置した場合にこの値に近い値を示したことにより、SPの部分床義歯用咬合床への使用も可能であることが確認された。しかし、この値は、南ら¹⁵⁾の報告で示されている加熱重合レジンと常温重合レジンとの接着強さの1/3程度であり、実際の臨床での維持用の装置は、咬合床の横揺れに対応する形態に留め、大きな維持力は負荷させないことが望ましいものと思われる。今後さらなる改良が必要と考える。

2. 適合試験について

適合試験では、上顎を想定したコの字型の顎堤を有した模型を実験に使用した。これは、臨床的に下顎咬合床より上顎咬合床の吸着状態の良否が重要であるとの認識によるものである¹⁶⁾。これまでの報告^{3, 13)}のような単純な2つの山型をもつ模型は、顎堤部のみで口蓋部を省いたような形態であり、単に顎堤間の中央部が浮き上がることのみが指摘され、上顎基礎床の口

蓋部の適合状態を検討するには困難であると判断したためである。そこで、今回の実験では、上顎を模した形態の模型を使用して、適合性の検討を行った。これにより、SPおよびOSとも、これまでの報告^{3, 13)}より模型と試料の間隙量が少ない傾向を示したと思われる。しかし、今回の実験では模型と試料を間隙量の測定まで、一度も取り外さなかった。これが今回の結果の間隙量が少なくなったもう1つの大きな原因と考えられる。

一方、板状試料を圧接後成形するSPに対して、粉液材料を練和して軟らかい状態で圧接後成形するOSは、より少ない間隙量を示すことが考えられた。これは、試料作製時の加圧時間や光照射時間も影響する¹⁷⁾ものと思われるが、板状試料のSPでは、模型隅角部に圧入できず間隙のできたものもみられ、適度のフローのあるOSが、適合性に有利であることが推定された。そこで測定点は辺縁部と隅角部を省いた可能なかぎり多くの測定点を1cm間隔で4箇所を規定し測定を行った。その結果、間隙量は両者間で有意差がみられず、SPはOSと同程度の適合性を有するものと判断された。さらに、基礎床は長期間安定した適合性を有していることが望ましいが、今回の実験では、包埋時機を変化させたSPおよびOSのいずれに関しても、経時的に安定していることが示された。

今後の実験目標としては、現在市販されている基礎床用光重合レジンとの比較を行う予定であるが、模型と試料を一定時間撤去・放置した状態のものがどのような傾向を示すかも検討することも含めて行う予定である。

V. 結 論

試作した基礎床用光重合レジンの機械的強度・適合性などについて、従来の常温重合レジンと比較・検討し、以下の結論を得た。

1. 曲げ強さは、常温重合レジンよりわずかに小さい値であった。
 2. 衝撃破壊強さは、常温重合レジンと同程度の値であった。
 3. 剪断接着強さは、常温重合レジンと同程度であったが、コンポジットプライマーの適用により強さが向上した。
 4. 適合性は、常温重合レジンと差がみられなかった。
- 以上より、試作光重合レジン、基礎床用材料としての臨床応用可能な物性を有することが確認された。

文 献

- 1) ISO 10477. 歯科—ポリマー系クラウンブリッジ材料. 日本歯科材料器械研究協議会, 2004.
- 2) 長谷川幸洋. 鑄造床の適合度に関する研究—全部床について—. 補綴誌 20: 423-447, 1976.
- 3) 鈴木哲也, 織田展輔, 内田光春ほか. 光重合型基礎床用レジンの基礎的物性. 歯材器誌 21: 165-170, 2002.
- 4) 星合和基, 金澤 毅, 平沼謙二ほか. 常温重合レジン“ユニファスト II”の物性, 適合度について. 補綴誌 39: 494-500, 1995.
- 5) 中 四良. 曲げ強さからみたレジン床義歯修理の研究. 福岡歯大誌 19: 293-317, 1992.
- 6) Beyli MS, Von Fraunhofer JA: Repair of fractured acrylic resin. J Prosthet Dent 44: 497-503, 1980.

- 7) 山本 滋, 柳沢晴彦, 福島正敏: 有床義歯 (レジン床) の修理について. 歯科技工 4: 60-65, 1976.
- 8) 星合和基, 田中貴信, 只腰哲章ほか. パルビツール酸誘導体を用いた常温重合レジン of 最適使用条件の検討. 補綴誌 42: 233-239, 2002.
- 9) 平林 茂, 中西 敏, 立野治雄ほか. 歯科用メタクリルレジンに関する研究 (第 10 報) 加熱重合レジン, ヒートショックレジン, 流し込みレジンおよび常温重合レジン of 物理的性質について. 歯材器 3: 350-358, 1984.
- 10) 後藤ひろみ, 宇美隆生, 青山芳博ほか. 可視光線重合型床用レジン of 基礎的検討—第一報 機械的性質について—. 補綴誌 30: 387-391, 1986.
- 11) JIS T 6501. 義歯床用アクリル系レジン. 日本工業標準調査会, 1993.
- 12) JIS K 7110. プラスチック—アイゾット衝撃強さの試験方法. 日本工業標準調査会, 1993.
- 13) 郡司和彦. 新たに開発された光重合型床用レジンについての基礎的研究. 口病誌 72: 7-12, 2005.
- 14) 岡崎祥子, 田中貴信, 星合和基ほか. 基礎床用光重合レジン of 開発. 補綴誌 48・112 回特別号: 176, 2004.
- 15) 南 弘之, 倉茂尚徳, 嶺崎良人ほか. 床用レジンと常温重合レジン of 接着強さの改善に関する研究—第一報 床用レジン of 水分含有状態が接着強さに及ぼす影響—. 補綴誌 42: 625-632, 1998.
- 16) 細井紀雄, 平井敏博編. 無歯顎補綴治療学 47-53. 東京: 医歯薬出版, 2004.
- 17) 苦瓜明彦. 光重合型リライニング用レジン of 性質改善のための重合条件. 補綴誌 43: 559-567, 1999.

著者連絡先: 星合 和基

〒464-8651 愛知県名古屋市中種区末盛通
2-11

TEL・FAX: 052-759-2152

E-mail: kazumoto@dpc.aichi-gakuin.ac.jp

Development of a Light-polymerized Resin for the Record Base Part 1 Comparison with Autopolymerizing Resin

Takahashi Kensei, Okazaki Sachiko, Tanaka Yoshinobu, Hoshiai Kazumoto,
Yamada Hisashi, Wakayama Kouichirou and Hasegawa Akira*

The First Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Aichi-Gakuin University

*GC Dental Products

J Jpn Prosthodont Soc 50 : 238-244, 2006

ABSTRACT

Purpose : The record block for maxillomandibular registration of the denture is absolutely necessary in order to decide the mandibular position. This record block must provide sufficient strength so as not to cause deformation in the oral cavity. It must also fit the alveolar ridge well in order to keep accurate registration. Since most of the conventional materials for this purpose are not sufficient, a new specific light-polymerized resin was experimentally developed for the record base.

Methods: The mechanical strength and suitability of the new material were examined in comparison with a conventional autopolymerizing resin.

Results: 1) The transverse strength was equivalent to that of the autopolymerizing resin. 2) Although the shear bond strength was equivalent to the autopolymerizing resin, the intensity was drastically improved by the application of composite primer. 3) The light-polymerized resin and the autopolymerizing resin did not show any difference in suitability, and it was a clinical value without problem.

Conclusions: From these findings, it was confirmed that the new light-polymerized resin had the physical property for clinical application as a material for the record base.

Key words

record block, record base, light-polymerized resin