接着性レジンに応用した圧印床義歯の 機械的特性に関する研究

高山 義明

Mechanical Properties of Swaged Stainless Steel Denture with 4-META Adhesive Resin

Yoshiaki Takayama

Abstract : Recent advances in adhesive resin materials containing 4-META have broadened the technique used in prosthodontic dentistry. Hayakawa et al. have developed a new method for a swaged metal plate system using 5 wt% 4-META resin. This system eliminated the need to build in retention of acrylic resin in customary swaged dentures and also eliminated difficult and time consuming laboratory procedures. In this study, mechanical properties of stainless steel dentures using that system were investigated. This type of denture was also compared with a Co-Cr alloys cast denture and an acrylic denture, using an uniform bending test of upper complete denture with steel wings exerting stress. Findings are as follows : The apparent flexural rigidity and bending strength of stainless steel dentures are superior to those of acrylic resin dentures, but are inferior to those of Co-Cr alloys cast dentures. At the breaking point, acrylic resin with 4-META completely breaks away from the metal surface in stainless steel dentures, but not in Co-Cr alloys cast dentures with regular resin and its retention. Therefore, stainless steel dentures need to have retention of acrylic resin for reinforcement.

Key words : swaged metal plate, adhesive resin, flexural rigidity, bending strength

I. 緒 言

金属床は一般的に圧印床と鑄造床とに分けられるが、精密鑄造法の進歩¹⁾により高融点合金の鑄造床が現在汎用されている。金属床義歯はレジン床義歯に比較し、吸水性が低く汚れにくいこと、剛性および強度が優れているため床を薄くすることができ異物感が少ないこと、熱伝導性が良いこと、床の清掃性が良好であること等の長所があげられている。しかし、製作過程において技工操作が複雑であり、高度の技術や設備を必要とし、また高

価でもある。

一方、近年、優れた接着性レジンが開発され、歯科補綴学の領域でも歯と補綴物との接着材として、また金属床との接着力を期待した義歯床用材料として普及するようになった^{2,3)}。

このような背景から、成形加工の高速かつ簡便化、および加工精度の向上を目指した圧印床成形法^{4,5)}が再び注目されるようになり、接着性レジンを用いた圧印床義歯成形システムが開発された⁶⁾。金属床とレジンとの強固な接着性を期待し、レジンの保持装置を不用としたそのシステムでは、圧印床として18-8ステンレス鋼を小型圧印床成形装置を用いて低い圧力で精密加工し、4-METAを含有した接着性床用レジン(加熱重合タイプ)を用いている。これによって、圧印床の製作工程の簡便化と保持装置の蠟着操作を不用とし、床材の機械的性

東京医科歯科大学歯学部第3 歯科補綴学教室
The 3rd Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Director : Prof. Masanori Nagao)
昭和62年3月30日受付

図 1 4点曲げ試験片の形状およびゲージ貼付位置

質、耐蝕性の低下および変形の改善を図れるとしている。

そこで、本研究では、この接着性レジンを用いた圧印床義歯の強度特性について力学的検討を行ったので報告する。

II. 実験材料および試験片

本実験では、試験片として圧印床のほかに、比較検討を行うため Co-Cr 系合金を用いた鑄造床およびレジン床を作製した。

1. 圧印床

圧印床として接着性レジンが強い接着力を示す 18-8 ステンレス鋼 (SUS 304, 厚さ 0.4 mm 板) を使用し、床用樹脂として市販の 5 wt% の 4-META を含む接着性床用レジン (色調: 無色) を用いて加熱重合した。なお、圧印床のレジン接着部はサンドブラスト処理を行った。

2. 鑄造床およびレジン床

鑄造床として Co-Cr 系合金を使用し、レジンと金属床との機械的連結をするため床連結子の形状は網状とした。鑄造床はレジン床とともに 4-META を含まない通常の義歯床用レジン (色調: 無色) を用いて加熱重合した。

3. 試験片

4点曲げ試験を行うにあたり、前歯部には既製のレジン歯を排列し左右の臼歯部には幅 30 mm, 厚さ 2.5 mm, 長さ 45 mm の銅製ウイングを取り付けた上顎全部床義歯試験片を各々 5 つずつ作製した。

試験片は実習用上顎無歯顎模型をもとに、同型の試験片を複数作製するためろう型をシリコン型枠より作製し、JIS T 6501 に準じて加熱重合した。また、銅製ウイングは重合後、試験片にウイング取り付け用治具を用いて、常温重合レジンにて固着した。図 1, 2 は圧印床、

a

b

図 2 (a) 圧印床
(b) 鑄造床

鑄造床、およびレジン床試験片の形状およびゲージ貼付位置を示したものである。試験片の正中線上、切歯乳頭部から床後縁までを 4 等分し、研磨面および粘膜面にゲージを貼付した。なお、図 1 の破線で示す床口蓋部の内側の平均の厚さは順に、0.35, 0.56, 1.64 mm であった。

III. 実験方法

機能時の義歯床に働く咬合状態を想定して、義歯床正中部に一様な垂直応力が作用するよう 4 点曲げ試験を行った。図 3 は 4 点曲げ試験装置の概略および荷重装置の寸法を示したものである。曲げ試験は FRP 用ひずみゲージ (共和電業製 KFP-2-C 1-65), 万能デジタル測定器 (共和電業製 UCAM-8 BL) および万能材料試験機 (島津製 IS-5000 型) を使用して、クロスヘッド速度 1 mm/min で曲げモーメント $M=3.9 \text{ N}\cdot\text{m}$ まで連続して負荷し、その時のたわみおよびひずみを測定した。

表 1 義歯床を構成する材質の機械的性質

床用材料	縦弾性係数(GPa)	引張強さ(MPa)
4-META 無添加 床用レジン (加熱重合タイプ)	2.8	68
4-META 含有 床用レジン (加熱重合タイプ)	2.8	69
SUS 304	1920	490—1080
Co-Cr 系合金	2550	940

a

b

図 3 4点曲げ試験装置の概略および荷重装置の寸法

- ①: 万能材料試験機
- ②: 荷重装置
- ③: 万能デジタル測定器

IV. 実験結果および考察

1. 義歯床の曲げ剛性

表 1 は義歯床を構成する材質の機械的性質を示したもので⁷⁾、義歯床としての曲げ剛性について検討を行った。図 4 は圧印床、鑄造床およびレジン床の 4 点曲げ試験により得られた曲げモーメント—たわみ線図を示し、

 図 4 曲げモーメント $M=3.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ まで負荷した時の各義歯試験片における曲げモーメント—たわみ線図

荷重点部の変位量をたわみ量として測定した。3 義歯床とも曲げモーメント $M=3.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ までの負荷領域では、曲げモーメント—たわみ線図はほぼ直線的に推移し、曲げ剛性は鑄造床が最も高く、圧印床は鑄造床とレジン床との中間的な曲げ剛性を示した。圧印床は床の構成材料である SUS 304 の縦弾性係数が Co-Cr 系合金の約 75 %、レジン床の約 68 倍であるが、義歯床としての曲げ剛性は鑄造床の約 89 %、レジン床の約 108 % を示す結果を得た。したがって、上顎全部床義歯の口蓋部は床全体の曲げ剛性にはあまり大きな効果を持たないと考えられる部位⁸⁾ではあるが、圧印床は鑄造床には劣るものの、レジン床より優れた曲げ剛性を示すことが示唆された。

2. 義歯床のひずみ分布

図 5 は曲げモーメント $M=3.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ を負荷したときのひずみ分布を示したもので、横軸はゲージ位置を、縦軸は床の正中線上に生じるひずみを表している。3 義歯床とも、全体的に同様なひずみ分布を示している。すなわち、切歯乳頭部付近では顕著な引張ひずみを、床後縁部では低いながら研磨面に引張ひずみ、粘膜面に圧縮ひずみを示した。しかし、レジン床義歯の床後縁部では研磨面、粘膜面とも圧縮ひずみを生じ、他の 2 義歯床とは異なる挙動を示した。5 測定点のうち最大ひずみを生じる切歯乳頭部付近では、圧印床はレジン床に比較して約 91 %、鑄造床は約 78 % のひずみを示した。また、唇側中切歯間乳頭部下では切歯乳頭部につぐ比較的大きなひずみを生じた。そこでは 3 義歯床中レジン床が最大の圧縮ひずみを生じ、圧印床、鑄造床の順であった。

切歯乳頭部付近は臨床的にも義歯破折の好発部位と考

表 2 各義歯試験片の破壊モーメントおよびその時の変形量

	破壊モーメント (N・m)	破壊時の変形 (mm)
圧印床	9.51	1.56
鑄造床	10.20	1.52
レジン床	8.34	1.45

図 5 曲げモーメント $M=3.9 \text{ N} \cdot \text{m}$ を負荷した時の各義歯試験片における正中線上のひずみ分布

えられており、本実験においても3義歯床とも最大の引張ひずみを生じていた。圧印床では全体的にひずみは小さく、この部位においても鑄造床とレジン床との中間的な値を示し、ひずみは減少し義歯床の応力集中が緩和され、強度の向上が示唆された。

3. 義歯床の曲げ強さ

図6は圧印床、鑄造床およびレジン床についての曲げモーメント-たわみ線図を、表2はその結果を示したものである。3義歯床とも曲げモーメント $M=5.90 \text{ N} \cdot \text{m}$ まではほぼ直線的に経過し、その後わずかながら傾きの減少がみられ破壊点に至った。破壊時の曲げモーメントは鑄造床が最大 ($M=10.20 \text{ N} \cdot \text{m}$) で、圧印床 ($M=9.51 \text{ N} \cdot \text{m}$)、レジン床 ($M=8.34 \text{ N} \cdot \text{m}$) の順であり、曲げ強さはレジン床に比較して圧印床では約14%、鑄造床では約22%の向上が認められた。また、たわみ量は3義歯床と

図 6 破壊点まで負荷した時の各義歯試験片における曲げモーメント-たわみ線図

図 7 圧印床の破壊様相

- ①: 人工歯 (レジン歯)
- ②: 床用レジン
- ③: ひずみゲージ
- ④: 圧印床接着面

も1.5 mm前後で破壊点に達し、圧印床および鑄造床はレジン床に比べ顕著な差は認められなかった。

破壊は3義歯床とも破折線が、上唇小帯切り欠き部および切歯乳頭を含む前歯部正中付近に生じていた。図7

図 8 铸造床の破壊様相

- ①: 人工歯 (レジン歯)
- ②: 床用レジン
- ③: 網状の床連結子
- ④: 網目に残存する床用レジン

は圧印床試験片の破壊様相を示している。破折線が金属とレジンとの接着面にそってウイング部まで進み破断していた。その破断面には 4-META 含有の接着性レジンの残存は肉眼的に認められず、接着性レジンが金属表面から完全に剝離していた。安田ら⁹⁾によれば、SUS 304 と 4-META 含有の接着性レジンとの接着強度は床用レジンの引張強さの約 1/7 であり、また、試験片のなかには、明らかに圧印床とレジンの剝離が最大ひずみを示す前歯部正中付近の破壊に先行したものもあることから、圧印床義歯では前歯部付近での破壊と圧印床表面からのレジン剝離が、相前後して生じたと考えられる。図 8 は铸造床試験片の破壊様相を示したものである。通常の義歯床用アクリリックレジンを使用した铸造床では、破折線が前歯部レジンおよび網状の床連結子部にとどまり、完全な破断は生じなかった。また、レジン床義歯では正中線にそって破断していた。

義歯床用材料として SUS 304 や Co-Cr 系合金のような剛性、強度がレジンに比べ著しく高い材質を、顎堤頂を越える口蓋全体に用いた圧印床義歯や铸造床義歯では、レジン床義歯より優れた曲げ強さを示したが顕著な差異は認められなかった。この理由として、咀嚼状態を想定した一様曲げモーメントを上顎全部床義歯に加えた場合、前歯部レジン、人工歯部および床翼部が応力の大部分を負担し、床口蓋部は義歯床全体の剛性、強度には影響の少ない領域であるためと考えられる。

V. 総 括

本研究では、18-8 ステンレス鋼と 5 wt% 4-META 含有の床用レジン (加熱重合タイプ) との接着性を期待し、レジンの保持装置を不用とした圧印床義歯の強度特性について力学的検討を試みた。得られた結果について考察を加え、以下の結論に達した。

1. 圧印床口蓋部の厚さは、铸造床の約 63%、レジン床の約 21% と最小であった。

2. 床口蓋部にステンレス鋼を使用した圧印床の曲げ剛性は Co-Cr 系合金を使用した铸造床には劣るものの、レジン床より優れた曲げ剛性を示した。

3. 機能時、義歯床に加わる応力を想定した 4 点曲げ試験を行った結果、圧印床、铸造床およびレジン床では、床口蓋部においてともに同様な応力分布状態が認められた。すなわち、切歯乳頭部では顕著な応力集中がみられ、他は低い応力を示した。

4. ひずみ分布は、圧印床および铸造床ではレジン床に比べ全体的に小さな値を示すとともに、臨床的にも義歯破折の好発部位と考えられている切歯乳頭部付近でも応力の緩和が認められた。

5. 義歯床の曲げ強さは 3 義歯床間に大きな差は認められないものの、レジン床に比較して圧印床では約 14%、铸造床では約 22% 向上し義歯床の強化が認められた。

6. 4-META を含有する接着性レジンのステンレス鋼に対する接着強度は床用アクリリックレジンの引張強さの約 1/7 であり、臨床的にも前歯部正中付近だけではなく金属接着面に応力が集中することが考えられる。これは、レジンとの保持装置の付与の必要性を示唆するものとも考えられる。

今後、さらに金属と接着性レジンとの接着力に対する経時的な影響について、疲労試験等により検討を行う予定である。

稿を終るにあたり、ご指導とご校閲を賜りました長尾正憲教授、ならびに東京医科歯科大学医用器材研究所 宮入裕夫教授に心から感謝致します。また、本実験にご助言とご援助を戴いた東京医科歯科大学医用器材研究所福田秀昭助手に深謝致します。

なお、本研究は昭和 61 年度科学研究費補助金 (No. 61570924) により行ったものである。

文 献

- 1) 亀田 務：義歯床用金属材料，歯科時報，18：2～5，1964.
- 2) 茂木知治：メタクリルレジンと床用 Co-Cr 合金の接着に関する基礎的研究，補綴誌，23：660～676，1979.
- 3) 安田 登，佐々木三男，藍 稔：Co-Cr 系金属床義歯の Finishing Line における金属とレジンの結合状態について，第 6 報 4-META dough system の臨床経過観察，補綴誌，26：224～227，1982.
- 4) 黒岩整治：放電成形法による金属床の製作に関する研究，九州歯会誌，28：55～77，1974.
- 5) 野首孝祠，奥野善彦，山賀 保，前田芳信，遠藤泰則，大番敏行，多賀義晃：高速飛翔体の突入により発生した衝撃水圧を利用した圧印床成形法の臨床的応用について，補綴誌，24：442～450，1980.
- 6) 早川 巖，今井基泰，高山義明，辻 善之，守澤正幸，安藤秀二，米田 豊：接着性レジンを用いた圧印床義歯製作法に関する研究，補綴誌，28：19～25，1984.
- 7) 平林 茂，中西 敏，立野治雄，三宅裕昭，平澤 忠：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の物理的性質について，歯材器，3：350～358，1984.
- 8) 高山義明：上顎レジン全部床義歯の薄床化にする研究，(第 2 報) 口蓋形態の差異がレジン薄床義歯に及ぼす影響について，歯理工誌，21：48～63，1980.
- 9) 安田 登，佐々木三男，小笠原浩一，岡部善博，藍 稔：補綴応用を目的とした 4-META 含有常温重合レジンの研究，(第 1 報) 試作品 MB-1，MB-2 の接着強度と理工学的性質について，補綴誌，28：224～230，1984.