原	著
---	---

口蓋部床用材料が上顎全部床義歯の 機械的特性に及ぼす影響

高山 義明

東京医科歯科大学歯学部第3 歯科補綴学教室（指導：長尾正憲教授）

（1988年 6 月30日 受付）

Influence of Denture Base Material Used for Palate on Mechanical Properties of Upper Complete Denture

Yoshiaki Takayama

The 3rd Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo
Medical and Dental University (Director : Prof. Masanori Nagao)

Denture bases are mainly classified into resin denture base and metal denture base according to the denture base material used. In this paper the influence of these material on the mechanical properties of the upper complete dentures was studied. The test denture bases were acrylic resin denture base, carbon fiber (CF)-cloth reinforced acrylic resin denture base, stainless steel swaged metal base using 4-META adhesive resin and Co-Cr alloy cast metal base. The mechanical properties of these denture bases were evaluated by the uniform-moment bending method, considering the loading in the occlusal situation.

The findings are as follows : Co-Cr alloy cast metal and stainless steel swaged metal have high Young's modulus and strength in comparison with those of acrylic resin and CF-cloth reinforced acrylic resin. But, the denture base as a construction had not large difference of the mechanical properties between these four denture base material. Therefore, it would be suggested that the denture base material used for palate had not more influence on the mechanical properties of the upper complete denture.

I. 緒 言

義歯床は使用される床用材料によりレジン床と金属床とに大別されるが、従来アクリリックレジンをベースとする前者は、後者に比べ操作性や経済性などの長所を有することから汎用されている。しかし、レジン床は金属床より剛性や強度が低いことから、レジン床の剛性および強度の向上を計る試みとして、ポリサルホン、ポリエーテル

サルホン、繊維強化樹脂などの応用が検討されてきた^{1~3)}。最近、4-META 含有の金属接着性レジが開発され、圧印床を含む金属床が再び注目されている^{4~6)}。一方、口蓋部床用材料の剛性や強度が義歯床の機械的特性に及ぼす影響について比較検討を行った報告は少ない⁷⁾。

本報では口蓋部床用材料が義歯床に及ぼす力学的効果を検討するため、口蓋部床用材料としてアクリリックレジ、カーボン繊維クロス強化樹

脂, ステンレス圧印床 および Co-Cr 系合金鑄造床について, 咬合時に義歯床に加わる荷重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ることによりその変形を測定し, 応力の解析を行った。実験は, 通常の口コミ形態を対象として製作した全部床義歯試験片について 4 点曲げ試験を実施し, そのときのたわみおよび床口コミ部に貼付した電気抵抗線ひずみゲージによりひずみ分布を同時に測定した。

II. 材料と方法

1. 材 料

本実験では, 応用材料として表 1 に示すとおり, 市販の義歯床用 アクリリク樹脂 (PMMA), カーボン繊維クロス (トレカクロス S742) を強化材とし床用アクリリク樹脂をマトリックスとした繊維クロス強化樹脂 (CFRP), ステンレス (SUS 304) 圧印床および Co-Cr 系合金鑄造床についておのおの 5 つずつ, 合計 20 の試験片を作製した。ただし, ステンレス圧印床試験片は樹脂の保持装置を付与せず⁸⁾, 4-META 含有 (5 wt%) の床用樹脂 (加熱重合タイプ, 色調: 無色) を使用し, 他の試験片は 4-META を含有しない床用樹脂 (加熱重合タイプ, 色調: 無色) を使用した。各試験片は図 1, 2 に示すように, 前歯部のみ既製の樹脂歯を排列し, 臼歯部に鋼製ウィング (厚さ 2.5 mm) を取り付けた左右対称な上

顎全部床義歯とし, 歯科の通法に従い加熱重合し作製した。図中, 破線および床後縁で囲む領域の厚さをマイクロメータにて測定し床口コミ部の厚さとした。なお, 各義歯床は表 1 に示すように略記号を与え, レジン床を RD, カーボン繊維クロスを埋入した義歯床を FD, ステンレス圧印床を PD, Co-Cr 系合金鑄造床を CD と示すことにする。

2. 方 法

図 3 は, 負荷装置の寸法を示したもので, 全部床義歯試験片に一様曲げモーメントが作用するよう 4 点曲げ試験方法を採用した。測定は, 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 で破壊点まで連続的に負荷し, 義歯床正中線上切歯乳頭部から床後縁まで等間隔に貼付した 5 枚のプラスチック用ひずみゲージ (共和電業製 KFP-2-CI-65) および万能ディ

図 1 上顎全部床義歯試験片の形状および寸法

表 1 各種試験片口コミ部を構成する材料

Denture base	Symbol of denture base	Material of denture base		Thickness of palatal area (mm)
		Palatal area	Another area	
Resin denture base	RD	PMMA	PMMA	1.6
Carbon fiber cloth reinforced resin denture base	FD	CFRP	PMMA	0.9
Swaged metal denture base	PD	SUS304	PMMA (contained 4-META)	0.4
Cast denture base	CD	Co-Cr alloys	PMMA	0.6

図2 各種試験片のゲージ貼付状況

(a): レジン床(RD), (b): 繊維強化樹脂床(FD),
(c): ステンレス圧印床(PD), (d): Co-Cr系鋳造床(CD)

図3 4点曲げ試験装置の概略と寸法

デジタル測定機（共和電業製 UCAM-8 BL）を用いてそのときのたわみおよびひずみを測定した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 義歯床の曲げ剛性

表2は、本実験に使用した口蓋部床用材料の機

械的性質^{9,10)}を示したものである。本実験では、これらの床用材料が上顎全部床義歯の曲げ剛性にどの程度影響を及ぼすかについて検討を行った。図4は RD, FD, PD および CD について4点曲げ試験を実施した結果を示すものである。縦軸に曲げモーメント、横軸に荷重点部の変位量すなわちたわみ量を表している。

各義歯床とも曲げモーメント $M=400 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$ までの荷重領域では、口蓋部床用材料が異なるにもかかわらず両者の関係はほぼ直線的に推移し、義歯床の曲げ剛性は CD が最も高く、ついで PD, FD, RD の順であった。各口蓋部床用材料の縦弾性係数を比較すると、PMMA の縦弾性係数に比べ CFRP では約4倍、SUS 304 では約73倍、Co-Cr 系合金では約90倍を示しているが、義歯床の

表2 各種試験片口蓋部を構成する材料の機械的性質

Material	Elastic modulus E (kgf/mm ²)	ratio E/E_{PMMA}	Tensile strength σ (kgf/mm ²)	ratio σ/σ_{PMMA}
PMMA	290	1.0	6.9	1.0
CFRP	1,150	4.0	8.3	1.2
SUS304	21,300	73.4	50~110	7.3~15.9
Co-Cr alloys	26,000	89.7	95.6	13.9

図4 上顎全部床義歯試験片の曲げモーメント (M)-たわみ (δ) 線図 ($M=0$ to 400 kgf·mm)

曲げ剛性はRDに比較して順に、約21%、11%、8%の増加となっている。また、床口蓋部の平均の厚さはPDが最も薄く、RDと比較して約25%、CDでは約38%、FDでは約53%であった。したがって、上顎全部床義歯の口蓋部全体にPMMAより弾性係数の高い床用材料を用いた場合でも、臨床上用いられている床の厚さでは義歯床全体の曲げ剛性を大きく向上させることは期待できない。

FD、PDおよびCD間では、FDはCFRPの縦弾性係数がCo-Cr系合金の約4%、SUS304の約5%であるが、義歯床全体の曲げ剛性はCDの約89%、PDの約97%を示し、カーボン繊維クロスによる補強効果が義歯床の曲げ剛性の向上に寄与していることが示される。

2. 義歯床のひずみ分布

図5は、各義歯床に貼付した5点のゲージ位置に生じたひずみを、曲げモーメント $M=0$ から

400 kgf·mm まで $M=50$ kgf·mm 間隔で測定したものである。横軸は曲げモーメントを、縦軸は義歯床正中線上に生じたひずみ量を表している。

義歯床のひずみ分布は口蓋部床用材料が異なるにもかかわらず、全体的に同様な傾向を示している。すなわち、①の切歯乳頭部では顕著な引張ひずみを示し、他の4部位では低い値を示した。また、唇側中切歯歯間乳頭部下では各義歯床とも同様に低い圧縮ひずみを示した。次に、床口蓋部に用いた床用材料が義歯床のひずみ分布に及ぼす影響について観察すると、義歯床全体で顕著な引張ひずみを示す①の切歯乳頭部付近では各義歯床とも両者の関係は直線的に推移し、RDが最大で、FD、PD、CDの順に小さい値を示した。これをRDと比較した場合、CFRPを口蓋部床用材料として用いたFDでは約13%の減少、SUS304のステンレス圧印床を用いたPDでは約17%の減少、Co-Cr系合金の鑄造床を用いたCDでは約23%の減少を示し、剛性の高い床用材料ほど切歯乳頭部ではひずみ量が減少する傾向を示した。②および③では研磨面側、粘膜面側ともに低い圧縮ひずみを生じ、③では剛性の高い床用材料を用いた義歯床はひずみ量が減少した。④、⑤の床後縁付近では、剛性の高いPD、CDにおいて研磨面側では引張ひずみ、粘膜面側では圧縮ひずみを示し、義歯床縁が粘膜面から離れる方向に曲げ挙動を示した。一方、剛性の比較的低いFDおよびRDでは研磨面側、粘膜面側ともに圧縮を示した。

上顎全部床義歯の床口蓋部全体に剛性の異なる床用材料を用いた場合、顕著な差は認められないものの剛性の高い材料ほど義歯床のひずみは全体

図5 上顎全部床義歯口蓋部正中線上の曲げモーメント(M)-ひずみ(ϵ)線図 (M=0 to 400 kgf·mm)

的に減少する。特に、義歯正中線上で顕著な引張ひずみを生じる切歯乳頭部付近は臨床的にも義歯床破損の好発部位といわれているが、この部位においても、剛性の高い床用材料を用いた義歯床ではひずみが減少して応力集中が低減し、義歯床の強度を改善するうえで有効であると考えられる¹¹⁾。

3. 義歯床の曲げ強さ

図6はRD, FD, PD およびCD についての曲げモーメント-たわみ線図を、表3はその結果を示したものである。各義歯床とも両者の関係は曲げモーメント $M=500$ kgf·mm 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CDが最大 ($M=1,060$ kgf·mm) で、PD ($M=980$ kgf·mm), FD ($M=930$ kgf·mm), RD

図6 各種試験片の破壊時における曲げモーメント(M)-たわみ(δ)線図

表3 破壊時の曲げモーメントおよびたわみ量

Symbol of denture base	Bending moment in fracture M(kgf・mm)	Deflection δ (mm)
RD	850	1.48
FD	930	1.50
PD	980	1.56
CD	1,060	1.52

($M=850 \text{ kgf}\cdot\text{mm}$) の順であり、曲げ強さは RD に比較して FD では約10%、PD では約15%、CD では約25% 増加し 義歯床の 強度向上が 認められた。破壊時の変形量(たわみ量)は各義歯床とも 1.5 mm 前後であり、義歯床間の顕著な差は認められなかった。破壊は各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のレジン部に生じていた。RD, FD では切歯乳頭部を含む正中線方向に床後縁まで破折線が進み破断していた。PD では、図7に示すようにステンレス-レジン境界に沿って破折線が進み破断していた。また、破断したステンレス 表面には 4-META 含有の接着性レジンは、肉眼的に残存していなかった。図8はCDの破壊様相を示したものである。破折線が前歯部レジンおよび床連結子部にとどまり、網状の床連結子では 4-META を含まない通常の PMMA が残存し、PD の場合のような完全な破断は生じなかった。

口蓋部床用材料として、SUS304 および Co-Cr 系合金のように剛性、強度がレジンに比べ著しく高い材料を顎堤頂を越える口蓋全体に用いたPD, CDでは、RD に比べ優れた曲げ強さを示したが、顕著な強度の向上は認められなかった。また、各義歯床とも曲げ強さは、5 測定点の中で最大ひずみを示す切歯乳頭部を含む前歯部レジンのひずみ量との関連性が示唆された。また、破壊も同部位から開始する様相を示すなどから、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では応力が集中し、床口蓋部は義歯床全体の剛性、強度の影響が比較的少ない領域であると考えられる。

図7 ステンレス圧印床の破壊様相

①: 人工歯(レジン歯), ②: 床用レジン,
③: 圧印床表面

図8 Co-Cr系鋳造床の破壊様相

①: 人工歯(レジン歯), ②: 床用レジン,
③: 網状の床連結子

カーボン繊維をレジンに埋入した FD では RD より床口蓋部の厚さを薄くしたにもかかわらず義歯床の曲げ強さは向上し、補強効果が示唆された。したがって、義歯床全体の曲げ強さは床口蓋部にレジンより剛性、強度の高い材料を使用することにより、顕著な向上は期待できないが切歯乳頭部を含む前歯部の応力集中の緩和が計られ、RD より比較的優れた機械的特性を示すものと推察される。

IV. 総 括

本報では、上顎全部床義歯を対象に口蓋部床用材料が義歯床全体の剛性や強度に与える影響について検討を行った。義歯床口蓋部に使用される床用材料のうち、アクリリックレジン (PMMA)、カーボン繊維クロス強化樹脂 (CFRP)、18-8ステンレス鋼 (SUS 304) および Co-Cr 系合金を用いてレジン床および金属床の上顎全部床義歯試験片を作製し、機能時の義歯床に加わる応力を想定した 4 点曲げ試験を実施した。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) 義歯床口蓋部の厚さ

義歯装着時の違和感との関連性が示唆される義歯床口蓋部の厚さは、レジン床と比較してステンレス圧印床が最も薄く約 25%、Co-Cr 系合金鋳造床約 38%、カーボン繊維クロス強化樹脂床約 56% であり、レジン床より優れた装着感が期待できる。

2) 義歯床のひずみ分布

義歯床正中線上のひずみ分布は、口蓋部床用材料が異なるにもかかわらず各義歯床とも切歯乳頭部付近において顕著な引張ひずみを示し、床後縁を含む他の口蓋部では低いひずみ量を示した。剛性の高いステンレス圧印床や Co-Cr 系合金鋳造床では床後縁を含む義歯床口蓋部後方において剛性の低いレジン床とは異なり、義歯床が粘膜面から離れる方向に曲げ挙動を示した。臨牀的にも義歯床破損の好発部位といわれる切歯乳頭部付近では、剛性の高い床用材料を義歯床口蓋部に使用することにより顕著な差は認められないもののひず

み量が減少して応力集中の緩和傾向を示し、義歯床の強度を改善するうえで有効であると推察される。

3) 義歯床の曲げ剛性および曲げ強度

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義歯床に加わる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と考えられる。しかし、アクリリック樹脂より剛性や強度の高い義歯床用材料を使用した場合、臨床上用いられている床の厚さでは義歯床全体の剛性や強度の著しい改善は認められないものの、レジン床より比較的優れた機械的特性を示すことが示唆される。

謝 辞

本論文を終えるにあたり、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 62 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) 宮入裕夫, 永井正洋, 村松篤良: 義歯床の FRP 強化と曲げ強度特性. 材料 26: 1153-1159, 1977.
- 2) 木村 博, 寺岡文雄, 斉藤隆裕: レジン床の溶接に関する研究 (その 5), ポリサルホンのソルベント溶接について. 歯材器 1: 351-359, 1982.
- 3) 永井正洋, 宮入裕夫, 高山義明: CF クロス強化材による上顎全部床義歯の薄床化への応用. 強化プラスチック 29: 60-65, 1983.
- 4) 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, 4-メタクリロキシエチルトリメリット酸無水物の効果. 補綴誌 23: 660-676, 1979.
- 5) 安田 登, 斉藤良一, 小笠原浩一, 岡部良博, 飯田倫照, 谷田部 優, 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 2 報 試作品 MB-3 (補修用) と MB-4 (リライニング用) の理工学的性質と接着強度. 補綴誌 30: 307-314, 1986.
- 6) 中平良基, 前田芳信, 岡田政俊, 大谷隆之, 野

- 首孝祠, 奥野善彦: 常温重合型接着性レジンの有床義歯への応用, 補強線埋入による流し込みレジン床の補強効果. 補綴誌 30: 235-241, 1986.
- 7) 高山義明: 上顎レジン全部床義歯の薄床化に関する研究, (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.
- 8) 早川 徹, 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.
- 9) 茂木正邦: 4-META/MMA-TBB レジンの歯科矯正学的研究(Ⅱ), メタルに対する接着性について. 日矯歯誌 41: 272-282, 1982.
- 10) 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.
- 11) 高山義明: 接着性レジンを応用した圧印床義歯の機械的特性に関する研究. 補綴誌 31: 985-990, 1987.