

注入法によるレジン床義歯の重合精度

—フラスコ製法の違いによる影響—

木村俊彦 小林康二 斎藤彰久
高橋直樹¹ 池田祐一 岡本真利
馬場園子 山森徹雄 清野和夫

Curing Accuracy of Acrylic Denture by Injection Molding Method —Influence by a Difference of Manufacturing Method of Flask—

Toshihiko KIMURA, Kohji KOBAYASHI, Akihisa SAITO
Naoki TAKAHASHI¹, Yuichi IKEDA, Masatoshi OKAMOTO
Sonoko BABA, Tetsuo YAMAMORI and Kazuo SEINO

A new FRP flask produced with a milling method was developed for SPAD system. This paper reports the strength of the new FRP flask was compared with the traditional one which was produced with an injection molding system. For flexural test, a universal testing machine was used with a crosshead speed of 1 mm/min. Ten trial dentures were fabricated to examine the displacement of artificial teeth and the adaptability of denture base. After measuring displacement of artificial teeth, the cast and denture were invested with plaster and cut in four segments at the frontal plane. Discrepancy between the denture base and plaster cast was measured with a reading microscope.

The results were as follows.

1. The flexural strength of the new flask was higher than the traditional one.
2. The vertical displacement of the artificial teeth was decreased by using the new flask.
3. The adaptability of denture base in the anterior section was improved by using the new flask, but there were no significant difference between the new flask and the traditional one in medial and posterior section.

It is concluded that this curing system with the new flask is useful for processing resin dentures.

Key words : SPAD system, strengthen flask, curing accuracy, displacement of artificial teeth

緒 言

全部床義歯の維持力向上をはかるには、義歯床

粘膜面と義歯床下粘膜との良好な適合が要求される。そのため、レジン床義歯の重合方法と適合精度の関連が追究され、これまでにレジン床義歯製

受付：平成15年1月7日，受理：平成15年1月8日
奥羽大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座
東北大学大学院歯学研究科発達加齢・保健歯科学講座
加齢歯科学分野¹

Department of Removable Prosthodontics, Ohu
University School of Dentistry
Division of Aging and Geriatric Dentistry, Tohoku
University Graduate School of Dentistry¹

作過程におけるレジン成形法として加圧填入法^{1,2)}、流し込み法³⁾、注入法⁴⁻⁶⁾および射出成形法^{7,8)}などが、レジン重合法として湿式および乾式の加熱重合法⁹⁾、マイクロ波重合法¹⁰⁻¹²⁾、常温レジン重合法^{13,14)}が考案されてきた。レジン成形法のなかでは、レジンの加熱を義歯床粘膜面から開始し、重合収縮分の補填を行うことが可能な注入法の有効性が報告されている⁵⁾。木村ら¹⁵⁾は、この注入法を各種レジン成形法および重合法と比較した結果、人工歯の移動量と義歯床の適合性は、加圧填入法より注入法の方が、また湿式加熱重合法よりもマイクロ波重合法の方が優れていることを報告した。このレジン成形法としての注入法とレジン重合法としてのマイクロ波重合法を採用した重合システムの構築は、レジン床義歯の重合精度の向上にとって有効であると考えられる。しかし、レジンの注入圧を保持したままマイクロ波重合を行うためには、フラスコ内の圧を保持することと、フラスコ自体がマイクロ波に影響を与えないことが要求される。一般に、マイクロ波重合用のフラスコにはfiber reinforced plastic (FRP) が使用される。このFRPフラスコはレジンの注入圧が高まるにつれて変形し、その結果として人工歯に移動の生じることが危惧される。

そこで、射出成形法により製作された従来のSPADシステム用フラスコと新たに製作した削り出し法によるフラスコの強度および人工歯の変位と適合精度について比較検討した。

材料と方法

1. 実験1：フラスコの強度

1) 材 料

従来の射出成形法にて製作されたフラスコ（以下、SMCと略記）と削り出し法にて製作したフラスコ（以下、AMCと略記）の蓋を用いた。

2) 方 法

SPADシステムにおけるフラスコの構造を模倣して、計測台に蓋の4隅をボルトで固定し、蓋が計測台から2 cm浮上した状態を設定した。SPADシステムによるレジン注入時に、最も注入圧の影響を受けやすいと思われるレジン注入口部に対して、注入口よりも一回り大きい金属板を付与した。

その金属板に対して、SHIMADZU社製万能試験機UH-100kNAを用い、クロスヘッドスピード1 mm/minにて、20, 40, 60, 80, 100kg/cm²の荷重を加え、蓋のたわみ量を計測した。各蓋とも繰り返し5回計測し、平均値を算出した。平均値の差の検定にはStudent *t*-testを用いた。

2. 実験2：人工歯の変位量および適合精度

1) 材 料

実験には、SPAD専用マイクロ波重合型床用レジン（スパッドレジン：三金）を使用し、粉液比をメーカー指示に従い0.45ml/gとした。フラスコは実験1と同様SMCとAMCの2種類を用いた。

2) 方 法

(1) 実験用蠟義歯の製作

原型には上顎無歯顎模型（402-F：ニッシン）を用いた。この原型を複製模型用シリコーン印象材（デュプリコーン：松風）にて印象し、超硬質石膏（ニューフジロック：ジーシー）を注入し複製模型を製作した。この複製模型上にレジン歯（バイオフォーム：松風）を排列し蠟義歯を製作した。同一寸法の実験用蠟義歯を製作するために、この蠟義歯をシリコーン印象材（ラボシリコーン：松風）にて印象し、陰型を製作した。陰型に人工歯と石膏模型を固定し、その間隙に溶融したパラフィンワックスを注入することにより実験用蠟義歯を製作した。

(2) レジン成形方法と重合方法

SPADシステムを用い、小林¹⁶⁾の報告した方法でレジンの成形と重合を行った。

まず、SMC、AMCとも、実験用蠟義歯をフラスコ下盆に普通石膏（歯科用焼石膏：下村石膏）を用いて一次埋没した。普通石膏の混水比は0.40ml/gとした。石膏硬化後、右側第二大臼歯遠心口蓋側にレジン注入用のワックススプルー（φ5 mm）をフラスコ中央に向けて植立した。二次埋没には専用二次埋没材（スパッドベスト：三金工業）を用い、蠟義歯表面から均等に5 mmの厚さになるように盛り上げた。二次埋没後、フラスコ上盆をボルトでとめ、普通石膏を注入して三次埋没を行った。石膏硬化後、ボルトをはずし、回転式マイクロ波照射装置（BE-50C5-H：富士通）を用いて、周波数2450MHz、出力500Wにて

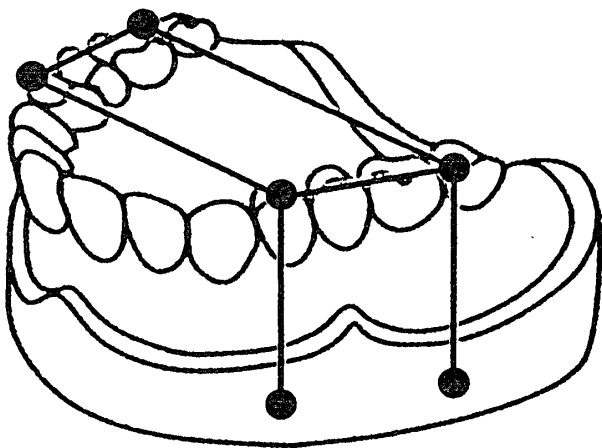


図1 人工歯変位量の計測部位

1分間加熱してから熱湯で流蠟した。室温になるまで放置した後、レジン分離材（アクロセップ：ジーシー）を薄く一層塗布し、フラスコの上下盆を専用のボルトを用いて固定した。マイクロ波重合型床用レジンのスパッドレジンを混和後、専用注入器（スパッドプレス：三金工業）を用いて注入圧 $40\text{kg}/\text{cm}^2$ にてフラスコに注入し、注入口のストッパーを押し込んで注入圧を保持した。レジン注入後は回転式マイクロ波照射装置を用いて2分間重合した。重合後は1時間大気中で放冷した後、30分間水冷し、重合体を割り出した。なお、試料は各条件とも5個とした。

(3) 人工歯変位量の計測

重合による人工歯の変位量を計測するため、石膏模型と実験用蠟義歯の人工歯に標点を付与した。人工歯では左右側の第一小臼歯頬側咬頭頂と第二大臼歯近心頬側咬頭頂に、石膏模型では人工歯に付与した各標点が模型基底線と直角する線分上で人工歯の各標点から 22mm の点に設けた。標点には尖端の鋭利な金属製ピンを使用し、その尖端のみが露出するように人工歯に埋入、固定した。

計測項目は、垂直的変位量の計測には人工歯に付与した各標点と石膏模型の標点間距離、水平的変位量の計測には左右側それぞれの小臼歯と大臼歯間距離および左右側の小臼歯間距離、左右側の大臼歯間距離とした（図1）。人工歯の変位量は蠟義歯における計測値と重合1日後の計測値の差として表した。なお、重合体の計測に先立ち、重合体を石膏模型に一定の手指圧で復位し固定した。

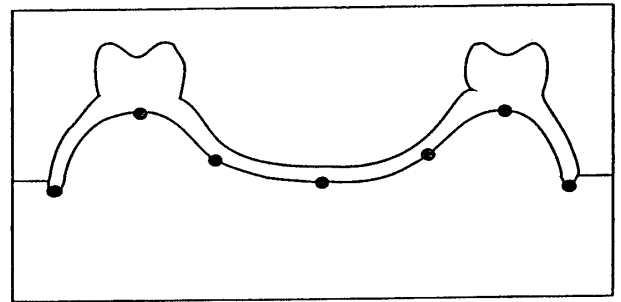


図2 義歯の浮き上がり量の計測部位

標点間距離の計測には精度 0.001mm の読み取り顕微鏡（Measurescope SC-112：ニコン）を使用した。

(4) 適合精度

適合精度は重合体と石膏模型の間隙を前述の読み取り顕微鏡で計測し浮き上がり量として表した。計測に先立ち、重合体を固定した石膏模型を超硬質石膏で包埋し、高速切断機（ラボカッターMC-120：マルトー）を用いて前頭断にて4分割した。分割部位は第一小臼歯近心部、第一大臼歯近心部および第二大臼歯中央遠心部とし、切断面の近心面における重合体と石膏面との間隙を読み取り顕微鏡で計測した。各切断面の計測部位は、左右側の義歯床辺縁部、顎堤頂部、顎堤頂と正中の中間部、正中部の7カ所とした（図2）。

(5) 統計処理法

人工歯の変位量と適合精度における平均値の差の検定にはStudent *t*-testを用いた。

結 果

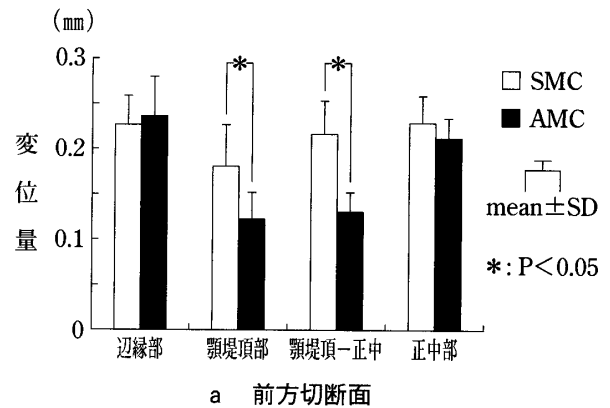
1. フラスコの強度

SMCとAMCとも荷重を加えるにしたがいたわみ量は増加し、荷重が $20\text{kg}/\text{cm}^2$ の時にはSMCが $0.215 \pm 0.022\text{mm}$ 、AMCが $0.158 \pm 0.037\text{mm}$ と有意差がみられなかったが、 $40\text{kg}/\text{cm}^2$ の時にはSMCが $0.347 \pm 0.058\text{mm}$ 、AMCが $0.249 \pm 0.040\text{mm}$ とAMCの方が有意に小さな値を示した。また、荷重が大きくなるにつれ、AMCのたわみ量はSMCに比較して増加する割合が小さくなること示された。

表1 フラスコたわみ量の計測値

(単位: mm)

フラスコ kgf/cm ²	SMC		AMC	
	平均	SD	平均	SD
20	0.215	0.022	0.158	0.037
40	0.347	0.058	0.249	0.040
60	0.516	0.033	0.336	0.045
80	0.658	0.046	0.419	0.044
100	0.806	0.054	0.502	0.044



a 前方切断面

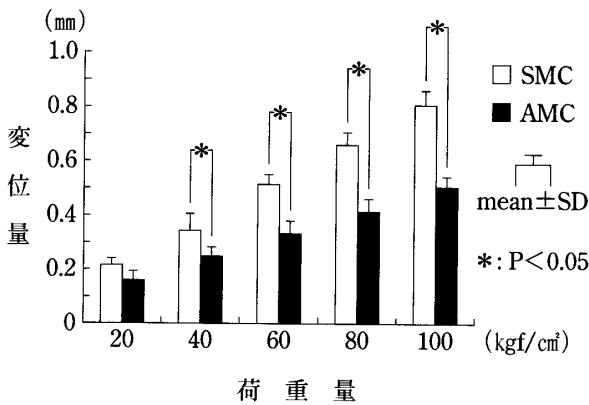
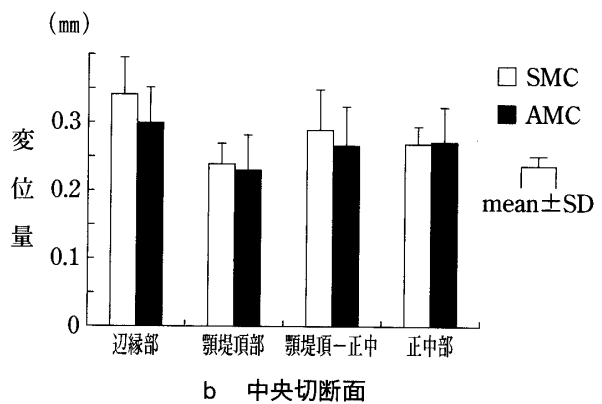


図3 フラスコのたわみ量



b 中央切断面

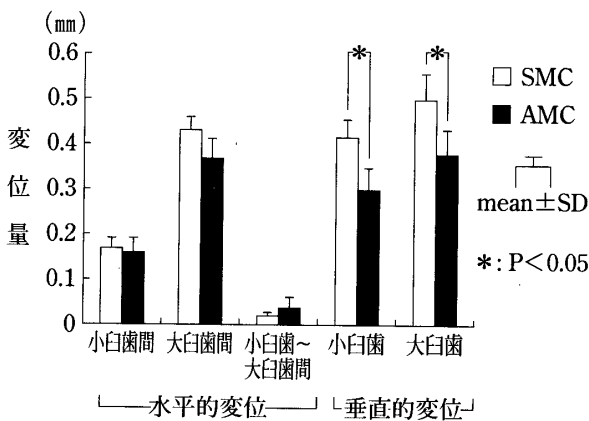
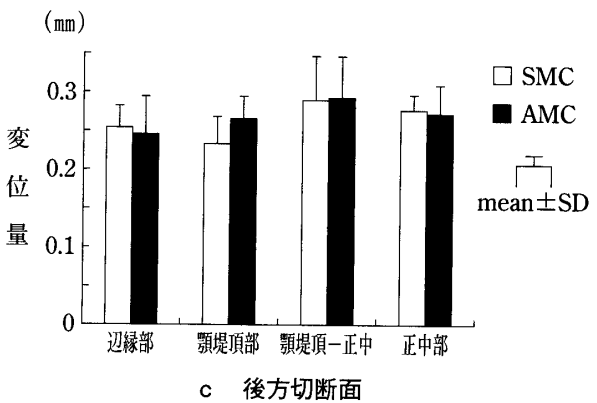


図4 人工歯の変位量



c 後方切断面

図5 義歯の浮き上がり量

(表1, 図3)。

2. 人工歯の変位量および適合精度

1) 人工歯の変位

垂直的変位量は, AMCが小白歯部で 0.297 ± 0.047 mm, 大白歯部で 0.379 ± 0.054 mmと, SMCにおける小白歯部の 0.412 ± 0.042 mm, 大白歯部の 0.498 ± 0.059 mmに比較して有意に小さな値を示した。また, 水平的変位量は大白歯間でAMCの平

均値が 0.370 ± 0.042 mmと, SMCの 0.431 ± 0.026 mmよりも小さな値を示したが, 統計的に有意な差は認められなかった(図4)。

2) 適合精度

前方切断面の浮き上がり量は, 顎堤頂部および顎堤頂と正中の中間部でAMCがSMCよりも有意に小さな値を示し, AMCがそれぞれ 0.123 ± 0.030 mm, 0.130 ± 0.019 mmの値に対して, SMCが

0.181±0.048mm, 0.295±0.035mmであった。

中央切断面と後方切断面では、各計測部位ともSMCとAMCの間に統計的有意差が認められなかった(図5a, b, c)。

考 察

全部床義歯の維持力は義歯床粘膜面と義歯床下粘膜との間に生じる付着力と陰圧¹⁷⁾が主体といえる。そのため、維持力を向上させるには義歯床辺縁と義歯床粘膜面の適合を高める必要がある。しかし、レジン床義歯においてはレジンの重合収縮と熱収縮が生じ、義歯の変形は避けられない。平沼¹⁸⁾の報告によると従来の湿式法による加熱重合法では上顎全部床義歯後縁中央部の浮き上がり量は0.4mmから0.5mmといわれている。加熱重合法における変形の要因は、レジンの重合収縮と熱収縮のほか、重合時におけるレジンに加わる圧力不足が挙げられている¹⁹⁾。すなわち、レジン填入時には試圧バリ取り操作のため約40kg/cm²の圧力をレジンに加えるが、バリ取り操作が完了してプラスチックをボルトあるいはクランプで締めた時点ではレジンにほとんど圧力が加わっていない。このような状態では加熱重合時にプラスチック内でレジンが熱膨張と重合収縮を起こし、その結果として重合体は収縮することになる。このようなレジンの重合収縮を抑制するためには、加圧状態で重合することが要求される。そこで、木村ら⁵⁾は模型側プラスチックを人工歯側プラスチックよりも数10度高めに加熱し、加圧注入したレジンを模型側から均一に片面加熱重合する方法を考案した。この注入法の採用により、義歯床の適合精度は従来の加熱重合法に比較し格段に向上した。今回の実験に用いたSPADシステムは専用のレジンと埋没材を使用することにより、注入圧を保持したまま義歯床粘膜面側から選択的に加熱しながら重合することが可能である。また、填入法のような試圧バリ取り操作が不要なこと、揮発したモノマーを吸引する危険性がないこと、マイクロ波重合であるため迅速に重合ができることなど、多くの長を有している。しかし、本システムはプラスチックにFRPを使用しているため、注入圧に対するプラスチックの剛性やボルトとナットとのすべり等が問題となる。し

たがって、本システムの使用に際しては、注入圧の影響を最も受けるプラスチックの蓋の強度と、人工歯の変位および義歯床粘膜面の適合精度との関連を把握しておく必要がある。

今回、製法の異なるプラスチックの蓋のたわみ量を比較したところ、各荷重値においてAMCがSMCよりも有意に小さな値を示した。従来の射出成形法はFRPを高温で軟化し、型に高圧で流し込むことから密度が粗になるのに対して、新たな削り出し法では積層板の緻密なFRPブロックから規格化した形態に削り出していくため密で均一な状態のプラスチックを製作できる。このことが、AMCのたわみ量が減少した理由として考えられる。

プラスチック製法の違いが、人工歯の変位と適合精度に及ぼす影響について比較した結果、人工歯の変位では垂直的変位量の全ての計測項目においてAMCの方が有意に小さな値を示した。SPADシステムはプラスチック内部に生じた注入圧がプラスチックの蓋側に影響して、人工歯がプラスチックの蓋側に変位するものと想定できる。AMCではプラスチックの蓋を削り出し法にて製作し強度を向上したことで、従来の射出成形法で製作されたプラスチックの蓋よりも人工歯の変位量を抑制することができたものと思われる。

以前にSPADシステムと加熱重合法との人工歯の変位量を比較し、加熱重合法の方がSPADシステムよりも人工歯の変位量が小さいことを報告した²⁰⁾。SPADシステムではプラスチック内のレジンが加圧状態にあり、重合収縮分がスプルー部から補充されることから、人工歯は埋没材側に押しつけられたまま重合が完了する。そのため、人工歯は注入圧に対するプラスチックの変形に応じて変位することが推察される。そこで人工歯の垂直的変位量と蓋のたわみ量との関連を見ると、SMCとAMCの測定値の差が蓋のたわみ量と同等の値であることから、蓋の強度が直接的に人工歯の垂直的変位量に影響を及ぼしていることが示された。

次に、適合精度においては前方切断面の顎堤頂部および顎堤頂と正中の中間部に統計的有意差を認めたものの、その他の測定点では明らかな計測値の差は認められなかった。これはSMC、AMCの両者とも重合体研磨面側の温度上昇を抑制する

専用埋没材を使用していることから、同様な浮き上がり量の傾向を示したものと考える。

注入法を採用した木村ら⁹⁾の方法では0.1mm前後の適合精度を示していることから、本システムは注入法のなかではやや大きな浮き上がりを示すといえる。その理由としてはフラスコの材質的要因が大きいと考えている。今回、強度を増したフラスコの蓋を用いて適合精度を検討したが、義歯床全体における浮き上がり量の減少は認められなかったことから、より良好な適合精度を得るにはさらなる検討が必要であると考えている。

結 論

削り出し法で製作したフラスコを使用することにより人工歯の垂直的変位量と前方切断面での浮き上がり量を抑制することができた。したがって、新しいフラスコを使用したSPADシステムは重合収縮による義歯の咬合への影響を抑制できることから、臨床における咬合調整に要する時間が短縮でき、技工操作の簡便さともあいまって、臨床的に有用な重合システムであるといえる。

本論文の要旨は、第30回奥羽大学歯学会（2000年11月郡山市）において発表した。

文 献

- 1) 中沢 勇：全部床義歯学；391-397 永末書店 東京 1960.
- 2) Heartwell, Jr. C. M. and Rahn, A. : Syllabus of complete dentures 2nd ed. ; 337-344 Lea & Febiger Philadelphia 1974.
- 3) 安田 登, 佐藤 浩, 中林宣男, 増原英一：流し込みレジンによる正確な義歯床の作製法（スプルー形態と重合収縮について）. 歯理工誌 **15** ; 205-210 1974.
- 4) 木村 博, 寺岡文雄, 杉田順弘：注入法によるレジン床義歯の作製 第1報 保圧と適合性の関係について. 歯材器 **10** ; 404-409 1991.
- 5) 木村 博, 寺岡文雄, 杉田順弘：注入法によるレジン床義歯の作製 第2報 DS-Trusterシステムで作製した義歯の適合性と人工歯の移動. 歯材器 **11** ; 544-548 1992.
- 6) Anderson, G. C., Schulte, J. K. and Arnold, T. G. : Dimensional stability of injection and conventional processing of denture base acrylic resin. J Prosthet Dent **60** ; 394-398 1988.
- 7) 井上 淳, 柿本和俊, 小正 裕, 安形和晃ほか：ポリエーテルサルホン樹脂を用いた上顎総義歯の水平的変化. 補綴誌 **35** ; 7-12 1991.
- 8) 柿本和俊, 柏村武司, 松山博史, 柴田正子ほか：上顎総義歯におけるポリサルホン樹脂とポリカーボネート樹脂の成形による変形. 補綴誌 **35** ; 968-976 1991.
- 9) 三浦維四, 川上道夫, 林 一郎, 塩川延洋訳：スキンナー歯科材料学上；150-173 医歯薬出版 東京 1969.
- 10) 木村 博, 寺岡文雄, 齊藤隆裕, 大西寛保ほか：マイクロ波の歯科への応用（その1）レジンのドゥ化とキュアリング. 歯材器 **2** ; 253-257 1983.
- 11) 木村 博, 寺岡文雄, 大西寛保, 齊藤隆裕ほか：マイクロ波の歯科への応用（その2）レジンの適合性. 歯材器 **2** ; 451-457 1983.
- 12) Levin, B., Sanders, J. L. and Reitz, P. : The use of microwave energy for processing acrylic resins. J Prosthet Dent **61** ; 381-383 1989.
- 13) Smith, D. E., Lord, J. L. and Bolender, C. L. : Complete denture relines with autopolymerizing acrylic resins processed in water and air pressure. J Prosthet Dent **18** ; 103-115 1967.
- 14) Goodkind, R. J. and Schulte, R. C. : Dimensional accuracy of pour acrylic resin and conventional processing of cold-curing resin bases. J Prosthet Dent **24** ; 662-668 1970.
- 15) 木村 博, Pen-Yuan Yu, 寺岡文雄：義歯床用レジンの開発に関する研究（第1報）人工歯の移動と適合性について. 歯材器 **6** ; 888-893 1987.
- 16) 小林康二, 木村俊彦, 高橋直樹, 池田祐一ほか：注入法によるレジン床義歯の重合精度—注入圧による影響—. 奥羽大歯学誌 **28** ; 311-318 2001.
- 17) 林都志夫編：全部床義歯補綴学 第3版；15-17 医歯薬出版 東京 1999.
- 18) 平沼謙二：義歯床用レジンの理工学的試験，とくに人工歯の変位よりみた寸法精度の検討. 日歯医師会誌 **36** ; 849-856 1983.
- 19) 木村 博, 寺岡文雄, 齊藤隆裕：床用レジンの重合過程の圧力に関する研究（その2）フラスコ内でのレジンの内部応力. 歯材器 **4** ; 580-583 1985.
- 20) 清野和夫, 小林康二, 山森徹雄：レジン床義歯の適合性向上のための総合的アプローチ. 補綴臨床 **33** ; 418-426 2000.

著者への連絡先：木村俊彦，（〒963-8611）郡山市富田町字三角堂31-1 奥羽大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座
Reprint requests : Toshihiko KIMURA, Department of Removable Prothodontics, Ohu University School of Dentistry
31-1 Misumido, Tomita, Koriyama, 963-8611, Japan