原 著 論 文

床用硬質レジン歯に関する基礎的研究

第2報 臼歯の金属材に対する耐摩耗性について

佐藤 吉則 永井 栄一 前島 健吾 森川 正朗
大谷 賢二 阿崎 正之 小野富寿雄
氏家 康敏 小林 栄作 松津 雅道
豊間 均 大木 一三 西山 實*

A Study on Hight-strength Denture Teeth

Part 2. Wear Resistance of Posterior Artificial Teeth against Metal

Yoshinori Satoh, Eiichi Nagai, Kengo Maejima, Masao Morikawa
Kenji Ohtani, Masayuki Azaki, Fujio Ono
Yasuhiro Ujiie, Eisaku Kobayashi, Masamichi Matsuzu,
Hitoshi Toyoma, Katsuzo Ohki and Minoru Nishiyama*

Abstract : Hight-strength denture teeth (hereafter referred to as HS teeth) were developed to improve hardness and wear resistance of the conventional plastic denture teeth, while retaining their feature of easy occlusal adjustment.

The objective of this study was to evaluate abrasive wear resistance of HS posterior teeth. We conducted the two-body abrasive wear test and measured teeth wear depth using eight types of posterior artificial teeth as one body, measured metal wear volume using Pd-Au-Ag alloy plates as another one body.

The result of the two-body abrasion wear test revealed that the HS teeth have 4.7 times grater abrasive wear resistance than conventinal plastic teeth, 0.7 times grater than porcelain tooth, 8.3 times grater than metal tooth. It was also found out that metal wear contact with HS teeth is smallest abrasion wear volume compare with another metal wear.

Key words : hight-strength denture teeth, two-body abrasion wear, wear resistance, posterior denture teeth.

日本大学歯学部歯科補綴学教室局部床義歯学講座 (主任 : 大木一三教授)

* 日本大学歯学部歯科理工学教室 (主任 : 西山 實教授)
Nihon University School of Dentistry Department of
Partial Denture Prosthodontics (Director : Prof. Katsuzo

Ohki)

* Department of Dental Materials (Director : Prof. Minoru Nishiyama)

平成2年11月30日受付

I. 緒 言

局部床義歯における人工歯は、当該患者の審美性および機能回復を担うきわめて重要な構成要素である。特に臼歯部補綴における臼歯部人工歯は、咀嚼機能の回復、顎間距離の維持および咬合不調和による顎関節への障害防止など、顎口腔系の機能的および形態的維持に関与している¹⁾。

臼歯部人工歯の材料には、従来より用いられているレジン歯および陶歯のほかに、使用が増加している²⁾ 硬質レジン歯がある。この硬質レジン歯は、レジン歯の持つ操作性および経済性の長所を有し、レジン歯に不足している硬さおよび耐摩耗性を向上させた人工歯として開発された³⁻⁶⁾。

硬質レジン歯に関しては、基礎的には人工歯の破折強さ⁷⁾、床用レジンとの結合力^{8,9)}、硬さ^{4-6,8,9)}および前歯部の耐摩耗性²⁾ などについて報告されている。しかし、市販の硬質レジン歯の臼歯部人工歯について、その耐摩耗性を検討した報告^{10,11)}はきわめて少ない。

そこで著者らは、硬質レジン臼歯部人工歯の耐摩耗性を *in vitro* で評価することを目的として実験を行った。試料には、硬質レジン歯 3 種、レジン歯 3 種、陶歯および金属歯の計 8 種の人工歯を選択し、これらを金銀パラジウム合金による金属板と対合させた。耐摩耗性は、人工歯の摩耗深さ、対合した金属板の摩耗量および摩耗面の断面曲線などを測定し、比較検討した。

II. 材料および方法

1. 材 料

実験に使用した臼歯部人工歯（以下、人工歯と記す）は、硬質レジン歯として Endura Posterio（松風）Dura-dent 臼歯（試作品、而至）および SR-Orthosit-Pe Posteriores（Ivoclar）の 3 種、従来型のレジン歯として Acrylic resin teeth（松風）、Wearless acrylic teeth（而至）および Biotone Bioblend（Dentsply）の 3 種、陶歯として Bioace（松風）、自家製金属歯として Bioace と同様な形態に金銀パラジウム合金（パラトップ 12、三金）で調製した金属歯の計 8 種である（表 1）。

実験は、各種人工歯について、上顎右側第 1 小臼歯をそれぞれ 5 歯ずつ選択し、計 40 歯を試料として行った。また人工歯に対合する金属板は、金銀パラジウム合金（パラトップ 12、三金）を使用し、15×15×2 mm の形状とし、試料と同数の 40 枚調製した。さらに金属板は硬化熱処理したのち、耐水サンドペーパーおよびバフ研磨により、表面アラサ（Ra）を 0.1 μm 以下の鏡面に仕上げた。

2. 方 法

1) 摩耗試験

硬質レジン歯およびレジン歯の試料計 30 歯は、摩耗試験を行う前に精製水中に 2 カ月間浸漬した。

摩耗試験は、図 1 に示したストローク式摩耗試験機（東京技研）を用いて行った。すべての試験機の上段の試料台に、治具（図 2）を用いて金属板を 1 枚固定し、同様に下段の試料台に、それと対合する 1 歯の試料を頬舌側咬頭頂ともに金属板と接触するように固定した。

摩耗試験は、上下試料台を精製水中に浸漬し、金属板

表 1 人工歯

材 料	形態	色	咬頭傾斜角	会社名	製造番号	略号
<u>硬質レジン歯</u>						
ENDURA POSTERIO	M28	S 56	20°	松風	0489	E D
DURADENT 臼歯	28M	A 3	20°	而至		D D
SR-ORTHOSIT-PE POSTERIORES	MN2	1 C	20°	IVOCCLAR		S R
<u>レジン歯</u>						
ACRYLIC RESIN TEETH	M28	S 8	30°	松風	128907	A R
WEARLESS ACRYLIC TEETH	29M	R 6	20°	而至	150284	W L
BIOTONE BIOBLEND	30M	U 65 P	33°	DENTSPLY		B B
<u>陶歯</u>						
BIOACE	M28	S 58	20°	松風	108923	B A
<u>金属歯</u>						
Au-Pd-Ag Alloy	M28		20°	三金	A 60016	M T

図1 ストローク式摩耗試験機

図2 試料固定用治具

を固定した上段の試料台をストローク数300回/分、滑走距離3.0mm および荷重1kg/歯の条件で、試料に対して近遠心方向に 20×10^4 回滑走させて行った。

2) 試料の摩耗深さの測定

摩耗深さの測定時期は、摩耗試験前(以後、摩耗回数0回と記す)と摩耗試験1, 5, 10および 20×10^4 回終了時とした。

摩耗深さの測定は、次のように行った。まず、各試料の各測定時期における舌側咬頭の輪郭形状を、表面アラサ測定機(サーフコム 2000A, 東京精密)を用い、プローブ $\phi 50 \mu\text{m}$ 、駆動速度0.3mm/secの条件で、頬舌方向に20倍拡大でトレースした。ついで各トレース像は、CCDテレビカメラ(PX-370, 画素数H512 $\times$ V512, PIAS)により画像解析装置(CA-500, PIAS)に画像入力した¹²⁾。入力した各試料の各摩耗回数における画像は、2値化処理したのち、各試料について摩耗回数0回の画像と各摩耗回数それぞれの画像とを幾何変換による画像移動処理して、画像合成した(図3)。

摩耗深さは、画像合成された2枚のトレース像について、摩耗試験0回の舌側咬頭頂部から各摩耗試験回数それぞれにおける舌側咬頭頂部に対して、頬舌的に2画素間隔の測定線を描記し、すべての線の長さを測定して平均値を算出し、これをトレースの拡大倍率である20で除したものを測定値とした。

3) 金属板の摩耗量の測定

8種の人工歯と対合した金属板の摩耗量の測定時期

図3 幾何変換による画像合成

は、摩耗試験1, 5, 10および 20×10^4 回終了時とした。

摩耗量は、摩耗試験前(以後、摩耗回数0回と記す)および各摩耗回数における金属板の重量を測定(AT 250, Metter)し、摩耗した重量を比重で除した体積として算出し、これを摩耗量とした。

4) 金属板の断面曲線

8種の人工歯と対合した金属板の断面曲線は、表面アラサ測定機を用い、プローブ $\phi 5 \mu\text{m}$ 、測定距離4.0mm、測定荷重0.5gにより、摩耗回数 20×10^4 回だけについて測定した。

III. 結 果

1. 人工歯の摩耗深さ

摩耗回数1, 5, 10および 20×10^4 回における摩耗深さ

表 2 人工歯の摩耗深さ

回数($\times 10^4$ 回)	1	5	10	20
<u>硬質レジン歯</u>				
E D	0	0	0	66 (5.6)
D D	0	0	0	50 (4.8)
S R	0	0	0	73 (14.5)
<u>レジン歯</u>				
A R	87 (15.5)	140 (7.3)	212 (5.4)	364 (7.4)
W L	76 (6.1)	129 (10.0)	176 (12.7)	314 (6.1)
B B	85 (5.7)	126 (5.6)	151 (9.3)	220 (8.9)
<u>陶 歯</u>				
B A	0	0	0	42 (2.8)
<u>金属歯</u>				
M T	132 (6.3)	301 (27.9)	306 (22.5)	527 (11.0)

0 : 0.0以下 単位: μm (): SD

図 4 人工歯の摩耗深さ

表 3 金属板の摩耗量

回数($\times 10^4$ 回)	1	5	10	20
<u>硬質レジン歯</u>				
E D	0.30 (0.04)	1.01 (0.05)	1.89 (0.09)	2.21 (0.05)
D D	0.22 (0.04)	0.51 (0.05)	1.17 (0.27)	1.65 (0.18)
S R	0.45 (0.09)	1.08 (0.14)	2.23 (0.15)	2.67 (0.24)
<u>レジン歯</u>				
A R	0.84 (0.10)	2.07 (0.56)	3.84 (0.18)	7.62 (0.50)
W L	1.05 (0.22)	1.77 (0.10)	3.79 (0.18)	6.90 (0.19)
B B	0.96 (0.36)	1.44 (0.54)	3.08 (0.37)	5.61 (0.14)
<u>陶 歯</u>				
B A	1.29 (0.27)	7.03 (0.56)	9.94 (0.57)	13.01 (0.45)
<u>金属歯</u>				
M T	4.17 (1.35)	32.33 (1.02)	65.51 (0.87)	143.50 (1.80)

単位: $\times 10^{-5} \text{cm}^3$ (): SD

図 5 金属板の摩耗量

図 6 断面曲線の測定例 (金属板)

は表 2 および図 4 に示した。

2. 金属板の摩耗量

摩耗回数 1, 5, 10 および 20×10^4 回における摩耗量は、表 3 および図 5 に示した。

3. 金属板の断面曲線

摩耗回数 0 回および 3 種の硬質レジン歯と対合した金属板の人工歯舌側咬頭に対する断面曲線の測定例 (摩耗回数 20×10^4 回) は図 6 に、3 種のレジン歯、陶歯および金属歯と対合した金属板の断面曲線の測定例 (摩耗回数 20×10^4 回) は図 7 に示した。

IV. 考 察

人工歯としてレジン歯を用いた義歯は、咀嚼および嚥下などにより¹³⁾、咬合面が他の材料に比較して早期に大きな摩耗を起こしやすく、一方、陶歯ではそのもの自身の摩耗は少ないが、対合歯を摩耗させることは臨床上也よくみかけることである¹⁴⁾。

そこで著者らは、臨床応用が増加している硬質レジン歯の耐摩耗性を評価することは意義あることと考え、臨

床で用いられているレジン歯、陶歯および自家調製した金属歯を対照として選定し、実験を行った。これら人工歯の咬頭傾斜角は、局部床義歯に一般的に用いられている機能的形態を可及的に選択した。

1. 摩耗量の測定法

人工歯の耐摩耗性を評価するために用いる摩耗試験機は、研究目的および研究者によって異なることが多い。前歯部の人工歯あるいは修復材料については、審美性を検討するために歯ブラシと歯磨剤とによる歯ブラシ摩耗試験機が広く応用されている^{2,15)}。他方、臼歯部の人工歯あるいは修復材料については、咀嚼運動による対合歯との咬合接触を考慮して、平沢¹⁶⁾、辻¹⁷⁾および地挽^{18,19)}らは咬合運動が衝撃と滑走との組合せであるとの考えから、これらの動きを模倣した摩耗試験機を用いて報告を行っている。

しかし、口腔内で起こる摩耗は、咬合力²⁰⁻²²⁾、食物による擦れ²³⁾、個々の咀嚼力、咬合様式および支台装置の種類など¹⁴⁾、多くの因子によって影響を受ける。したがって佐藤²⁴⁾は、現在のところ正確で再現性のよい、簡易な *in vitro* 試験法は確立されていないとしている。

そこで著者らは、摩耗試験機およびそれによる評価を

図 7 断面曲線の測定例 (金属板)

簡素化するために、摩耗試験を衝撃と滑走とに分けて考える²⁵⁾こととし、本研究では滑走摩耗のみを再現するストローク式摩耗試験機を用いた。

摩耗試験に際しては、2つの対合する材料間に介在物が存在しない two-body abrasion による方法²⁵⁻²⁷⁾と、歯磨剤や食品等の介在物が存在する three-body abrasion による方法^{16, 18, 19, 27)}とが行われている。本実験では、2つの対合する材料が滑走中は緊密に接触しているので介在物の侵入が困難である²⁸⁾との考えに従い、さらに介在物による摩耗挙動への影響を考慮し、two-body abrasion による方法で行った。

摩耗試験の設定条件に関しては、滑走距離は従来の報告および咀嚼運動の報告を参考^{25, 29)}にして 3.0 mm とし、摩耗回数については、臨床上約 1 年間の咀嚼回数に相当する³⁰⁾ 20×10^4 回とした。また荷重については、Harrison ら³¹⁾および河村の報告³²⁾を参考に 1.0 kg とした。

摩耗量の測定は、従来より重量の減量を計量する方法³³⁻³⁵⁾、体積の減量を算出する方法^{17, 19)}および輪郭形状を描記する方法^{24, 36)}などが用いられている。著者らは、上顎の機能咬頭である舌側咬頭について、臨床的に人工歯の摩耗が咬合高径の減少につながることを考慮し、咬頭頂の高さの減少を摩耗深さとして算出した。

2. 人工歯の摩耗深さ

摩耗深さについて (表 2 および図 4 参照) は、硬質レジン歯 3 種および陶歯ともに、摩耗回数 1, 5 および 10×10^4 回では $0.0 \mu\text{m}$ 以下であり、比較評価はできなかった。そこで、摩耗回数 20×10^4 回における各種の人工歯の成績を平均値と比較した。硬質レジン歯 3 種は、摩耗深さ $50 \sim 73 \mu\text{m}$ を示し、レジン歯は $220 \sim 364 \mu\text{m}$ で、硬質レジン歯の 4.7 倍の値を示した。陶歯は $42 \mu\text{m}$ で硬質レジン歯の 0.7 倍の値であり、金属歯は $527 \mu\text{m}$ で同様に 8.3 倍の値を示した。

硬質レジン歯間の比較では、3種ともにそれぞれモノマーの組成やフィラーの性状⁴⁻⁶⁾が異なっていることが考えられ、さらに歯冠形態の違いなどにより、3種の成績に影響したものと考ええる。

硬質レジン歯3種を他の人工歯と比較すると、レジン歯に対しては4.7倍の耐摩耗性を示したが、この耐摩耗性は前報の前歯部人工歯における耐摩耗性の成績²⁾と同様であった。

陶歯との比較では、0.7倍の耐摩耗性を示した。これは硬質レジン歯の咬耗変化は、陶歯よりいくぶん多く、レジン歯に比べれば格段に少ないという横山の臨床報告¹⁴⁾や、金属およびレジンなど対合する材料のビッカース硬さが小さい場合では、陶歯の摩耗は少ないとの報告²⁵⁾と一致している。

金属歯との比較では、8.3倍の耐摩耗性を示したが、金属歯は同種の金属とによる接触摩耗が多いことが報告されており³⁷⁾、これは金属間に凝着摩耗 (adhesive wear)^{27,37)} が強く起こっていたことが考えられる。すなわち、本研究における滑走摩耗試験では、金属歯と対合した金属板表面の300 Å程度のよごれ膜³⁷⁾や100~200 Å程度の酸化膜³⁷⁾が滑走中に削り取られ、両者の金属間に凝着が強く起こった³⁷⁾ものと考ええる。

しかし口腔内においては、上下顎臼歯が常時緊密に対合接触していることはなく、金属修復補綴装置の表面は、唾液あるいは食物の油脂などの付着が存在する。したがって、これら付着物が対合する両者間の潤滑膜として働き³⁷⁾、本研究の耐摩耗性の傾向とは異なることが考えられる。

3. 金属板の摩耗量および断面曲線

金属板の摩耗量 (表3および図5) と断面曲線の測定例 (図6および図7) とは、人工歯の摩耗深さとの関連により、摩耗回数 20×10^4 回についてそれぞれ比較することとした。

硬質レジン歯3種と対合した金属板の摩耗量は、 $1.65 \times 10^{-5} \sim 2.67 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ であり、レジン歯と対合したその $5.61 \times 10^{-5} \sim 7.62 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ と比較して、約1/3の値を示した。

この傾向は、両者の断面曲線からも裏づけられる。すなわち硬質レジン歯3種と対合した金属板は、摩耗試験0回と 20×10^4 回との断面曲線に著明な変化がみられなかったが、レジン歯と対合したそれは、摩耗試験0回と 20×10^4 回との比較および硬質レジン歯のそれと比較し、著明な変化がみられた。これは、レジン歯と対合した金

属板は、硬質レジン歯のそれよりも広い面積でレジン歯と接触しており、これによって摩耗量が多くなったものと考ええる。

陶歯と対合した金属板の摩耗量は $13.01 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ であり、硬質レジン歯と比較して約6倍の値を示した。この傾向を両者の断面曲線で比較すると、陶歯自身の摩耗は表2から明らかなようにほとんどみられないが、陶歯と対合した金属板は狭い面積だが深く著明に摩耗していた。

またその金属板の摩耗量は、摩耗試験によって陶歯の咬頭頂部の表面アラサが大きくなり、それによって金属板が大きく摩耗したもの¹⁸⁾と考える。したがってこの金属板の摩耗量は、滑走回数が多くなればさらに増大するものと考ええる。

金属歯と対合した金属板の摩耗量は、 $143.50 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ であり、硬質レジン歯と比較して約66倍の値を示した。これは、前述したように、対合した同種金属間に adhesive wear が強く起こったためと考えられ^{27,37)}、この傾向は断面曲線にも著明にみられた。

V. まとめ

本研究は、臼歯部硬質レジン歯の耐摩耗性を評価することを目的として、金銀パラジウム合金で調製した金属板を対合材とし、硬質レジン歯3種、レジン歯3種、陶歯および自家製金属歯の滑走摩耗実験を行った。

8種の人工歯については、摩耗量を摩耗深さとして測定し、また人工歯と対合する金属板については、摩耗量と断面曲線の測定とを行い、これらによって人工歯の耐摩耗性を総合的に評価して、以下の結論を得た。

1. 硬質レジン歯の耐摩耗性は、レジン歯3種の4.7倍、陶歯の0.7倍、金属歯の8.3倍であった。
2. 金属板の摩耗量は、対合する人工歯が硬質レジン歯の場合は $1.65 \times 10^{-5} \sim 2.67 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ で最も小さく、レジン歯の場合は $5.61 \times 10^{-5} \sim 7.62 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ 、陶歯の場合は $13.01 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ 、金属歯の場合は $143.50 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$ であった。

文 献

- 1) 池田 直：人工歯排列と削合，松尾悦郎，大木一三編，標準パーシャルデンチャー，139~140，医学書院，東京，1990。
- 2) 佐藤吉則，大谷賢二，前島健吾ほか：床用硬質レジン歯に関する基礎的研究 第1報 前歯の耐摩耗性について，補綴誌，34：996~1001，1990。

- 3) 鈴木司郎, 酒匂充夫, 芝 燁彦: ハイブリッド型人工歯の耐摩耗性について, 補綴誌, 34: 519~530, 1990.
- 4) 高橋好文, 長谷川二郎, 平沼謙二ほか: 試作硬質レジン人工歯の歯科理工学的性質について, 愛院大歯誌, 28: 271~281, 1990.
- 5) 斉藤秀夫: 硬質レジン歯, Dental Diamond, 2: 146~149, 1990.
- 6) 長谷川二郎: 陶歯の耐久性に挑む硬質レジン歯, Dental Diamond, 3: 104~107, 1987.
- 7) 鈴木司郎, 酒匂充夫, 芝 燁彦: 硬質レジン人工歯の破折に関する研究, 補綴誌, 32: 780~786, 1988.
- 8) 鈴木司郎, 久根下斉, 芝 燁彦: 硬質レジン歯と床用レジンの結合性について, 補綴誌, 32: 37~42, 1988.
- 9) 山内六男, 奥村清和, 堺 誠ほか: 硬質レジン歯と床用レジンとの結合性について, 補綴誌, 32: 1278~1282, 1988.
- 10) Fraunhofer, J.A.V., Razavi, R. and Khan, Z.: Wear characteristics of high-strength denture teeth, J prosthet dent, 59: 173~175, 1988.
- 11) Whitman, D.J., McKinney, J.E., Hinman, R.W. et al: In vitro wear rates of three types of commercial denture tooth materials, J prosthet dent, 57: 243~246, 1987.
- 12) 佐藤吉則, 大木一三, 木村一之: 画像解析システムの歯科補綴学への応用, 補綴誌, 32: 1063~1066, 1988.
- 13) 覚道幸男: 床義歯の生理学, 6~29, 学建書院, 東京, 1986.
- 14) 横山政高: 臼歯レジン歯の使用を考える, 補綴臨床, 19: 163~171, 1986.
- 15) 的野良次, 常岡正広, 堀江照章: コンポジットレジンの摩耗について 第1報 歯ブラシによる摩耗面の走査型電子顕微鏡による観察, 歯材器誌, 31: 95~102, 1974.
- 16) 平沢 忠, 増原英一, 地挽英彦: MH 衝撃滑走式摩耗試験機の製作, 歯理工誌, 15: 96~100, 1974.
- 17) 辻 喜之: 人工臼歯の咬耗に関する基礎的研究, 補綴誌, 26: 63~70, 1982.
- 18) 地挽英彦: 人工歯ならびに歯冠修復材料の衝撃滑走摩耗に関する基礎的研究 第I報 衝撃滑走式摩耗試験機によるアクリリックレジン歯の摩耗について, 口病誌, 40: 404~419, 1973.
- 19) 地挽英彦: 人工歯ならびに歯冠修復材料の衝撃滑走摩耗に関する基礎的研究 第II報 衝撃滑走式摩耗試験機による各種材料を組み合わせた場合の摩耗について, 口病誌, 41: 109~128, 1974.
- 20) Lambrecht, P., Braem, M. and Vanherle, G.: Evaluation of clinical performance for posterior composite resins and dentin adhesive, Operative Dentistry, 12: 53~78, 1987.
- 21) Lutz, F., Phillips, R.W., Roulet, J.F. et al: In vivo and in vitro wear of potential posterior composite, J Dent Res, 63: 914~920, 1984.
- 22) 堀江恭一: 臼歯用コンポジットレジン歯の咬耗に関する研究 第2報 臨床評価, 口病誌, 51: 45~65, 1984.
- 23) Jørgensen, K.D. and Asumussen, E.: Occlusal abrasion of a composite restorative resin with ultra-fine filler—an initial study, Quintessence international, 6: 73~78, 1978.
- 24) 佐藤暢昭: 臼歯修復用レジン歯の咬耗に関する研究—臨床試験および in vitro 試験による評価—, 日歯保誌, 33: 345~346, 1990.
- 25) 財部正治: 天然歯および歯冠修復材の滑走摩耗に関する実験的研究, 歯科学報, 82: 949~1004, 1982.
- 26) McKinney, J.E. and Wu, W.: Relationship between subsurface damage and wear of dental restorative composites, J Dent Res, 61: 1083~1088, 1982.
- 27) Roulet, J.F.: Degradation of Dental Polymers, 60~66, S. Karger, Basel, 1987.
- 28) 鈴木司郎, 芝 燁彦, 安田 登ほか: 新しい硬質レジン歯の臨床への応用 第2報 耐摩耗性の検討, 補綴誌, 30: 1419~1425, 1986.
- 29) 藍 稔: 切歯点部における咀嚼運動の解析, 補綴誌, 6: 164~200, 1962.
- 30) Soltész, V.U., Klaiber, B., Pergande, ch. et al: Vergleichende untersuchungen über das abtragsverhalten von composite-füllungsmaterialien, Dtsch zahnärztl Z, 34: 406~412, 1979.
- 31) Harrison, A. and Lewis, T.T.: The machine for dental materials, J Biomed Mater Res, 9: 341~353, 1975.
- 32) 河村洋二郎: 歯科学者のための口腔生理学, 226~227, 永末書店, 京都, 1973.
- 33) 佐竹義昌, 田中康夫: 陶歯とレジン歯間の摩耗についての観察, 歯材器誌, 8: 55~60, 1962.
- 34) 佐竹義昌, 田中康夫, 浅田 力ほか: ポリカーボネート樹脂製人工歯について, 歯材器, 13: 38~42, 1966.
- 35) Manasky, G.E., Commander, U.S.N. and Taylor, D.F.: Studies on the wear of porcelain, enamel, and gold, J prosthet Dent, 25: 299~306, 1971.
- 36) 大内和憲, 下河辺宏功, 岡田泰紀ほか: 歯ブラシ式摩耗試験機による各種の人工歯の摩耗について, 北海道医師会誌, 32: 66~77, 1977.
- 37) 曾田範宗: 摩擦の話 (岩波新書), 121~180, 岩波書店, 東京, 1971.