

臼歯部硬質レジン人工歯の滑走摩耗に関する実験的研究

阿部 泰彦, 山我 貴之, 田地 豪
 佐藤 裕二, 大川 周治, 津留 宏道

A Sliding-induced Wear of High-strength Posterior Denture Teeth

Yasuhiko Abe, Takayuki Yamaga, Tsuyoshi Taji, Yuuji Sato,
 Shuji Ohkawa and Hiromichi Tsuru

(平成 5 年 3 月 23 日 受付)

緒 言

臼歯部硬質レジン人工歯は、従来使用されてきたレジン人工歯に比較して、硬度が高い、審美性および耐摩耗性に優れるなどの特徴を有することから、臼歯部人工歯として頻用されるようになった¹⁾。一方、有床義歯における臼歯部人工歯は、咬合および咀嚼機能の改善に重要な役割を果たし、摩耗による咬合面形態の変化は、機能的咬合系に障害を引き起こす可能性がある。したがって、臼歯部硬質レジン人工歯の耐摩耗性を明らかにすることは、補綴臨床上極めて重要である。

臼歯部硬質レジン人工歯の耐摩耗性に関する報告はいくつか見られる²⁻⁴⁾。しかし、対合歯が異種材料である場合の各種硬質レジン人工歯の摩耗状態、および

硬質レジン人工歯同種間における摩耗状態を明らかにした報告は見あたらず、硬質レジン人工歯の耐摩耗性に関しては、不明な点が多く残されている。

本研究では、対合歯材料に金銀パラジウム合金および陶歯を選択した場合、ならびに硬質レジン人工歯同種間について、滑走摩耗試験を行い、各種硬質レジン人工歯の耐摩耗性について検討を加えた。

材料および方法

I. 材 料

本実験に用いた6種類の人工歯材料、各材料の省略コードおよびヌープ硬度 (Hk) を表 1 に示した。なお、ヌープ硬度 (Hk) については、後述の測定方法で測定した。

表 1 人工歯材料

材 料	コード	硬度 (Hk)	製造会社
硬質レジン人工歯			
試作A (UDMA 系有機複合フィラー)	HR	29.5 ± 0.3	ニッシン
試作B (TMPT 系有機複合フィラー)	HRC	37.0 ± 3.3	ニッシン
ENDURA POSTERIO	HRE	23.6 ± 0.4	松 風
DURADENT® POSTERIO	HRD	36.3 ± 3.4	ジーシー
12% Au-Ag-Pd 合金			
CASTWELL® MC	Pd	260.4 ± 10.1	ジーシー
陶歯 (長石/珪石 = 100 : 6 wt ratio)	Po	567.5 ± 19.5	ニッシン

広島大学歯学部歯科補綴学第一講座 (主任：津留宏道教授) 本論文の要旨は平成 4 年 9 月の第 70 回広島大学歯学会例会において発表した。

II. 試料作製法

1. 上部試料

上部の試料形態 (図1(a)) は, PMMA レジン人工歯 (SEMI-CROWN POSTERIOURS 32M, ニッシン社製) の左側下顎第一小臼歯頬側咬頭とした。下部の試料形態は平板 (後述) として, 上部試料の咬頭部と下部試料の平板部との接触状態に関しては, 臨床における左側下顎第一小臼歯頬側咬頭外斜面と左側上顎第一小臼歯頬側咬頭内斜面との咬合接触状態をシミュレートした。すなわち, 左側上顎第一小臼歯 (PMMA レジン人工歯) と左側下顎第一小臼歯 (PMMA レジン人工歯) とを通常に従って排列, 嵌合させ, スティッキーワックス (STICKY WAX, カー社製) にて両者を固定した。上顎第一小臼歯 (PMMA レジン人工歯) 頬側咬頭内斜面が水平になるように, 上顎第一小臼歯 (PMMA レジン人工歯) を固定したのち, サベヤー (SURVEYOR KM-I, ジーシー社製) を用いて下顎第一小臼歯 (PMMA レジン人工歯) と直径 2mm のプラスチックバー (PLASTIC CASTING BAR, 石福金属興業社製) とを即時重合型レジン (Miky, ニッシン社製) にて連結固定した。サベヤーとプラスチックバーによって採得された上部試料の固定方向を規定するため, 図2(a), (b) に示すような寸法および形態の 12% Au-Ag-Pd 合金製咬合面コアを作製した。咬合面コアの作製に関しては, まず, サベヤー上に固定した左側下顎第一小臼歯 (PMMA レジン人工歯) 咬合面をパラフィンワックス (BASE PLATE PARAFFIN WAX,

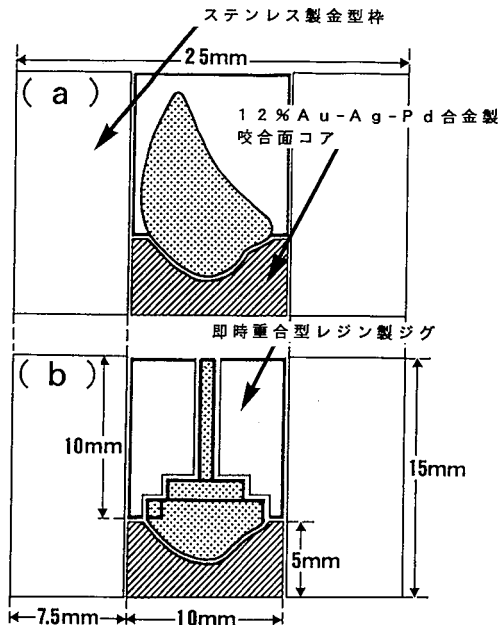


図2 試料作製用ジグ。

- (a) 人工歯試料作製用ジグ
(b) 金属試料作製用ジグ

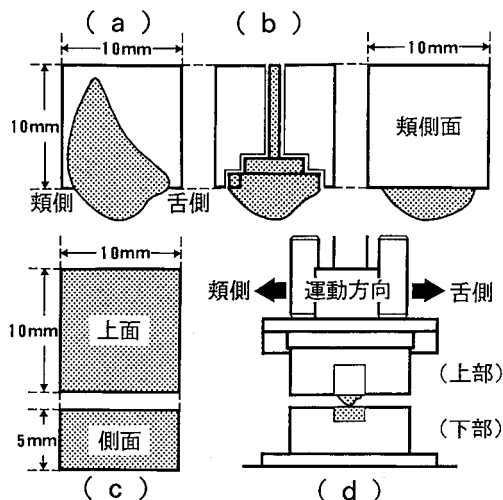


図1 試料形態。

- (a) 上部試料の形態 (人工歯試料)
(b) 上部試料の形態 (金属試料)
(c) 下部試料の形態
(d) 滑走運動方向

ジーシー社製) 上に軽く圧接することにより, ワックスアップを行った。ワックスパターンに表面活性剤 (SURCAST® SPRAY, ジーシー社製) を吹き付けたのち, クリストバライト埋没材 (CRISTOBALITE MICRO, ジーシー社製) を真空練和器 (VACUUM MIXER, モリタ社製) にて60秒間練和し, 乾アスベスト法にてワックスパターンをリング埋没した。リングファーンズ (ACCU-THERMII-100, 積水化学工業社製) を用い, 700°C でワックスを焼却したのち, 縦型遠心鑄造器 (CM-1, モリタ社製) にて 12% Au-Ag-Pd 合金 (CASTWELL® MC, ジーシー社製) を用いて鑄造した。鑄造後, 大気中に徐冷したのち, 埋没材を機械的に除去し, 清掃液 (PALLA-CLEAN, ジーシー社製) により10分間超音波洗浄を行った。以上の手順により作製した咬合面コアを用いて, 上部試料の固定方向を規定した。また, 下部試料を平板とすることにより, 臨床における左側下顎第一小臼歯頬側咬頭外斜面と左側上顎第一小臼歯頬側咬頭内斜面との咬合接触状態をシミュレートした。

上部試料として, 人工歯試料と金属試料とを用いた。以下, 各々の場合について, 試料の作製手順を述べる。

(1) 人工歯試料の場合

咬合面コアに被覆された部分のみが露出するように, 摩耗試験機に対する上部試料把持部を, 義歯床用

レジジン (ACRON CLEAR, ジーシー社製) にて作製した。すなわち, 図2(a)に示すように, 咬合面コアに人工歯を適合させた後, 人工歯をパラフィンワックスにて固定した咬合面コアが完全に内包されるように, ステンレス製の金型枠をセットした。人工歯が咬合面コアから離脱しないように, 把持部の約1/2まで人工歯をパラフィンワックスにて固定した。溶融したパラフィンワックスを金型枠内に流し込むことにより, 上部試料把持部をワックスアップした後, 通法に従って, ワックス部を義歯床用レジジンに置換した。HR, HRC, Po による上部試料は, この PMMA レジン人工歯 (SEMI-CROWN POSTERIOR 32M, ニッシン社製) の咬合面形態と全く同一となるように作製した。HRE および HRD については, この咬合面形態に可及的に近似した形態を選択した。各人工歯の表面性状は, 各材料における既製人工歯と同一の状態にした。

(2) 金属試料 (Pd) の場合

PMMA レジン人工歯 (左側下顎第一小臼歯頬側咬頭) と同一の形態を付与するため, 同人工歯をランダムに1歯選択し, この人工歯の頬側咬頭を石膏 (DIE STONE, マイルズ・モダンマテリアルズ社製) にて印象採得した。この石膏による陰型とカービングワックス (ジーシー社製) を用いて, 軟化圧接法によりワックスアップの後, 図1(b)の形態のごとく直径2.0mmのプラスチックバー (PLASTIC CASTING BAR, 石福金属興業社製) をワックスパターンの歯根側中央に植立した。ワックスパターンに表面活性剤 (SURCAST[®] SPRAY, ジーシー社製) を吹き付けた後, 埋没, 鑄造, 超音波洗浄までは, 咬合面コアの場合と同様に行った。洗浄後, 400°C, 20分間係留にて硬化熱処理を行った。最終表面仕上げとして, 1 μ m および 0.3 μ m の2種類のアルミナにてバフ研磨を行った。摩耗試験機に対する把持部は, 人工歯試料の場合と同様にして, 12% Au-Ag-Pd 合金製咬合面コアとステンレス製金型枠を用いて, 即時重合型レジジン (QUICKY, ニッシン社製) にて作製した。

2. 下部試料

下部試料の形態は, 図1(c)のごとく10×10×5mmの平板試料とした。

HR, HRC, HRE および HRD は, 各人工歯材料と全く同一の工程で, 形態のみ平板として作製した。

平板試料の表面は, すべて耐水ペーパー (#240, #400, #800, #1,200, #2,000) で研磨後, 小型自動研磨機 (69-1000 MINIMET[®] POLISHER/GRINDER, ビューラー社製) を用いて, 1 μ m および 0.3 μ m のアルミナにてバフ研磨を行い, 中心線平均アラサ (Ra) が $0.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$ になるように仕上げた。試料は

すべて, 実験に先立って, 60日間 37°C 蒸留水中に浸漬した。

III. 摩耗試験方法

今回の実験を行うために, 図3に示す衝突滑走摩耗試験機 H419 型 (東京技研社製) を試作した。本試験機は試料を5組セットすることが可能で, 試験運動は滑走運動による摩耗試験とし, 運動方向は上部試料の頬舌方向 (図1(d)) とした。試験条件は荷重を 1.0 kgf, 滑走距離を 4 mm, 滑走運動サイクルを毎分60回とし, 滑走回数 20×10^4 回まで, 37°C 循環恒温水中にて行った。

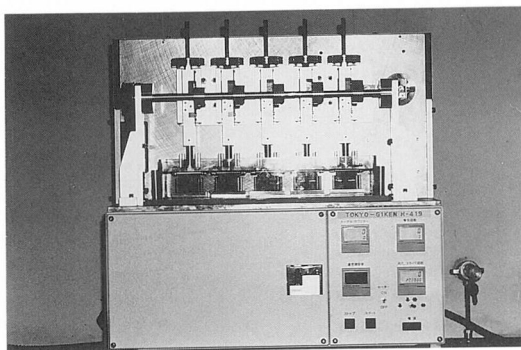


図3 試作摩耗試験機 (H419 型)。

IV. 摩耗組み合わせ

表2に上下部試料の摩耗組み合わせを示した。上部試料は Pd, Po, HR, HRC, HRE および HRD の6種類とし, 下部試料は HR, HRC, HRE および HRD の4種類とした。上部試料の Pd と Po は, 4種類の下部試料のすべてと組み合わせ, 上部試料 HR, HRC, HRE, HRD については, 下部試料4種類のうち同種の材料とのみ組み合わせた。したがって, 摩耗組み合わせは, 表2に示すように計12組として, 摩耗試験を行った。

V. 測定方法

本実験の手順を模式図として図4に示した。

1. ヌーブ硬度 (Hk) 測定

測定条件は, (a)荷重 100 g, 保持時間 30 秒 (HR, HRC, HRE, HRD), (b)荷重 200 g, 保持時間 30 秒 (Po, Pd) とした。ヌーブ硬度の測定は, 37°C 蒸留水中に60日間浸漬後, 微小硬度計 (HMV-2000, 島津製作所製) を用いて行った。なお, 試料は各材料ごとに5個ずつ作製し, 1試料につき3点の測定を行った。

表2 上下部試料の摩耗組み合わせ

		上 部 試 料					
		Pd	Po	HR	HRC	HRE	HRD
下 部 試 料	HR	○	○	○	—	—	—
	HRC	○	○	—	○	—	—
	HRE	○	○	—	—	○	—
	HRD	○	○	—	—	—	○

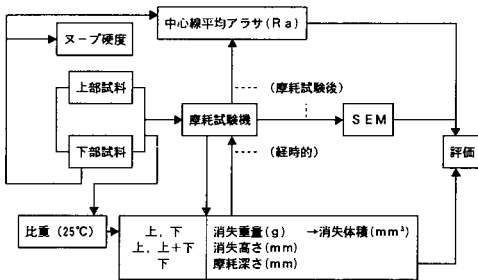


図4 実験手順の模式図.

2. 消失体積測定

試料の比重測定に、分析用電子天秤 (JL-180, 長計量器製作所社製) およびピクノメーター (Hubbard Type, 柴田科学器械工業社製) を用いた。ピクノメーターの標線まで蒸留水 (25°C) を満たした時の重量を W_0 、空気中の試料重量を W_1 、ピクノメーターに試料を入れ標線まで蒸留水を満たした時の重量を W_2 とすると、試料の体積に相当する蒸留水の重量 W は、 $W=(W_0+W_1)-W_2$ となる。試料の比重 (d ; 25°C) は $d=W_1/W$ であることから、消失体積 (V) は消失重量 (M) 測定後、 $V=M/d$ から求めた。

3. 消失高さおよび摩耗深さ測定

上下部試料合計の消失高さは、摩耗試験機の試料把持用ジグに上下部試料をセットし、測定精度 $1\mu\text{m}$ の簡易型デジタル測長器 (DIGIMICRO MU501, ニコン社製) を用いて測定した。下部試料の摩耗深さは直径 1.5mm の球形プローブを用い、上記のデジタル測長器にて測定した。

以上、2, 3の測定項目に関しては、滑走回数 0.5, 1, 3, 5, 10, 15, 20 ($\times 10^4$) 回の各回において、経時的に測定した。

4. 表面アラサ測定

表面アラサ測定機 (SURFCOM 100A, 東京精密社製) を用いて、下部試料における滑走摩耗試験前の初期表面および上下部試料における滑走回数 20×10^4 回後の摩耗面の中心線平均アラサ (Ra) を cut off 値

0.8mm 、基準長さ 2.4mm にて測定した。ただし、摩耗面の表面アラサについては、測定方向を運動方向に直角とし、摩耗面中央部およびその前後 1mm の部分を測定し、3部分の平均値を算出した。

5. 摩耗面の観察

滑走回数 20×10^4 回後の摩耗面を走査型電子顕微鏡 (JSM-5300LV, 日本電子社製) を用いて観察した。

VI. 統計学的処理

本研究におけるデータは、一元配置分散分析法および多重比較 Tukey 法を用いて統計学的処理を行った。以下、有意水準 5% 以下の場合、有意差があるとした。

結 果

I. 上部試料の Pd および Po と、下部試料である 4 種硬質レジン人工歯との組み合わせについて

1. 消失体積および表面アラサについて

図5に、滑走回数 20×10^4 回後の上下部試料の消失体積および表面アラサを示した。

図5 (左上図) において、上部試料 Pd の消失体積は、下部試料が HRD の場合に最も大きく、HR および HRE の場合に比較して有意に大きい値を示したが、値は 0.06mm^3 と極めて小さかった。上部試料 Pd の表面アラサは、下部試料が HRC の場合、HRE および HRD の場合に比較して有意に大きい値 $2.0\mu\text{m}$ を示した。

図5 (左下図) において、上部試料 Pd に対合する 4 種硬質レジン人工歯の消失体積には有意差は認められなかった。しかし、表面アラサでは、HRD が HR に比較して有意に大きい値 $2.7\mu\text{m}$ を示した。

図5 (右上図) において、上部試料 Po の消失体積は、下部試料 HRD の場合に最も大きい値 2.6mm^3 を示した (HR の場合と有意差なし)。上部試料 Po の表面アラサは、下部試料が HRC および HRD の場合、HR および HRE の場合に比較して有意に大きい値

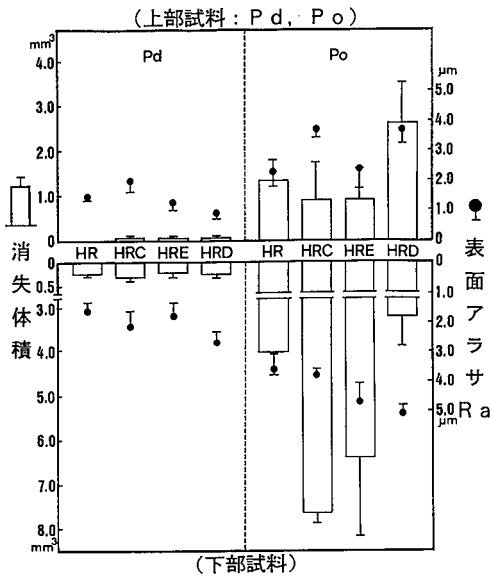


図5 滑走回数 20×10^4 回後の上下部試料の消失体積および表面アラサ (上部試料が Pd および Po の場合)。

3.7 μm を示した。

図5 (右下図) において、上部試料 Po に対合する4種硬質レジン人工歯の消失体積は、HRC および HRE の場合に、HR および HRD に比較して1.6~2.4倍と有意に大きい値を示した。表面アラサでは、HRE および HRD の場合に、HR および HRC に比較して有意に大きい値を示した。

2. 消失高さについて

図6に、滑走回数 20×10^4 回後の上下部試料合計の消失高さを示した。

上部試料 Pd と4種硬質レジン人工歯との組み合わせにおいて有意差は認められず、すべて0.15 mm 以

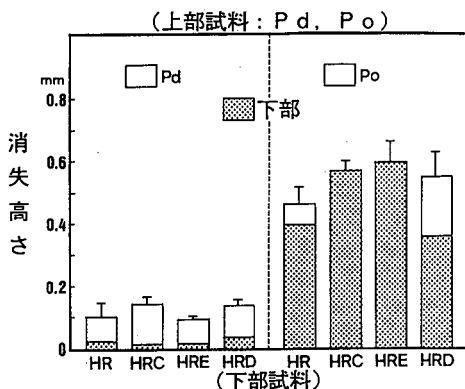


図6 滑走回数 20×10^4 回後の上下部試料合計の消失高さ (上部試料が Pd および Po の場合)。

下と小さい値を示した。また、上部試料 Po との組み合わせでは、下部試料 HR の場合において最も小さい値 0.46 mm を示し、HRE の場合との間においてのみ有意差を認めた。しかしながら、上部試料 Po と4種硬質レジン人工歯との組み合わせでは、上部試料 Pd との組み合わせに比較して約3~6倍と有意に大きい値を示した。

II. 4種硬質レジン人工歯同種材料間の組み合わせについて

1. 消失体積、表面アラサおよび消失高さについて
図7に、滑走回数 20×10^4 回後の消失体積、表面アラサおよび上下部試料合計の消失高さを示した。

図7 (左上図) において、上部試料 HRD の消失体積は、他の3種の上部試料 HR, HRC および HRE に比較して有意に小さい値 0.7 mm^3 を示した。また、HRD における上部試料と下部試料の消失体積は、他の3種の硬質レジン人工歯とは逆の摩擦傾向を示した。上部試料 HRC の表面アラサは最も小さい値 2.3 μm を示し、上部試料 HRD との間に有意差を認めた。

図7 (左下図) における下部試料の消失体積では、HRD が HR, HRC および HRE に比較して1.6~2.6倍と大きい値を示したが、4種硬質レジン人工歯間で有意差は認められなかった。下部試料の表面アラサにおいて、下部試料 HRE (5.2 μm) および HRD (5.2 μm) が、HR (3.7 μm) および HRC (3.2 μm) に比較して有意に大きい値を示した。

図7 (右図) における上下部試料合計の消失高さで

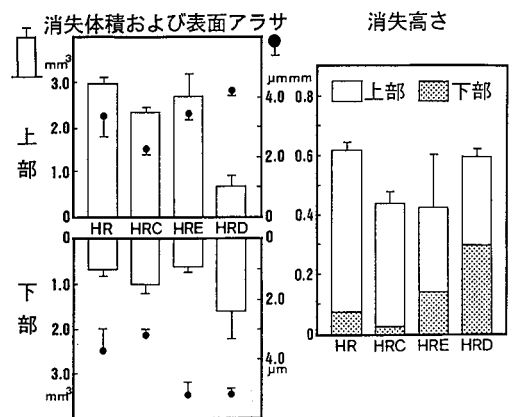


図7 硬質レジン人工歯同種材料間の組み合わせについて。

(左図) 滑走回数 20×10^4 回後の上下部試料の消失体積および表面アラサ

(右図) 滑走回数 20×10^4 回後の上下部試料合計の消失高さ

は、HRC と HRE が同程度の値を示し、HR および HRD に比較して小さい値を示した。特に HRE は、HR (0.63 mm) および HRD (0.60 mm) に比較して有意に小さい値 0.43 mm を示した。HRC は、HR に比較して有意に小さい値 0.44 mm を示したが、HRD とは有意差は認められなかった。

2. 摩耗面の観察

各組み合わせにおける、滑走回数 20×10^4 回後の摩耗面の SEM 像を図 8～11 に示した。

図 8 の上部試料 HR の摩耗面では、フィラーの確認ができるが、マトリックスとの境界は明瞭でなく、両者がよく結合していることが観察された。図 9 の上部試料 HRC では、フィラーは確認されず、フィラーとマトリックスとが一体となって摩耗していた。図 10 の上部試料 HRE では、線状の摩耗痕に沿って、多数の摩耗粒子の形成が認められた。図 11 の上部試料 HRD では、フィラーとマトリックスとの境界が明瞭で、両者の摩耗状態に相違が認められた。

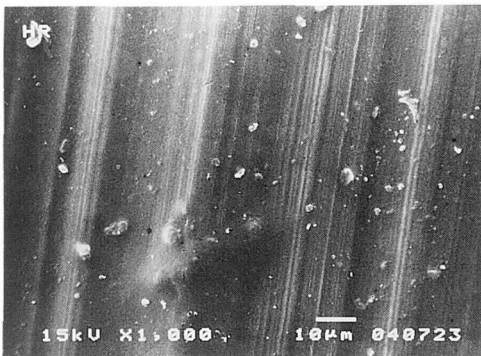


図 8 上部試料 HR の摩耗面 ($\times 1,000$, 同種材料間の場合)。

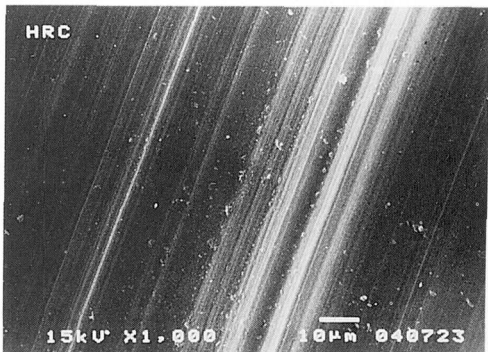


図 9 上部試料 HRC の摩耗面 ($\times 1,000$, 同種材料間の場合)。

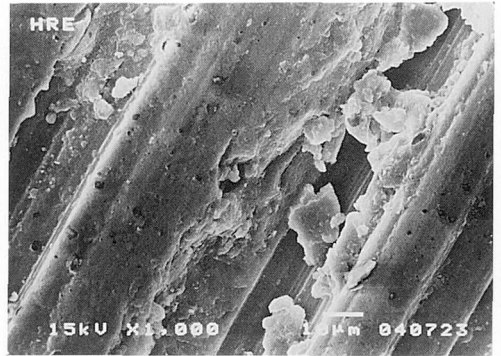


図 10 上部試料 HRE の摩耗面 ($\times 1,000$, 同種材料間の場合)。

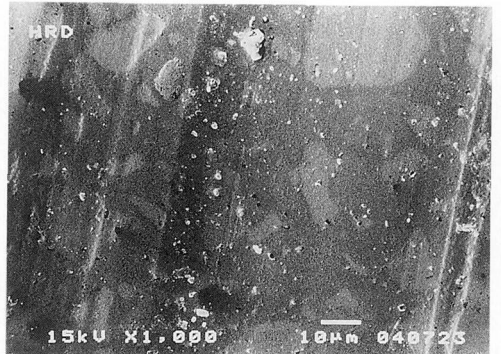


図 11 上部試料 HRD の摩耗面 ($\times 1,000$, 同種材料間の場合)。

考 察

I. 研究方法について

1. 材料選択について

硬質レジン人工歯は、多官能性モノマーであるウレタンジメタクリレート (UDMA) をベースモノマーとし、超微粒子フィラーを含有した有機複合フィラーが配合されている^{1,5-7)}。この組成から同タイプの範疇に入る臼歯部硬質レジン人工歯には、イボクラール社製オーソシット、松風社製エンデュラポステリオ (HRE) およびジーシー社製デュラデントポステリオールズ (HRC) の 3 種類がある⁸⁾。今回、UDMA をベースモノマーとし、UDMA 系有機複合フィラーおよびトリメチロールプロパントリメタクリレート (TMPT) 系有機複合フィラーの 2 種類を各々配合した硬質レジン人工歯 A および B を試作した。そこで、本実験における硬質レジン人工歯として、試作硬質レジン人工歯 2 種、ならびに既に臨床で使用されている硬質レジン人工歯の代表として HRE および HRD を

選択した。

日常臨床において、対合歯が歯冠修復を施されている症例は多く認められる。そこで今回、臨床上頻用されている歯冠修復材料 12% Au-Ag-Pd 合金を対合歯材料として選択した。

陶歯は対合歯の摩耗を促進させると考えられているが、削合しないで用いた陶歯にレジン人工歯を咬合させた場合、レジン人工歯はそれほど摩耗しないという報告がある⁹⁾。このように削合しないで用いた滑沢な面をもつ陶歯に硬質レジン人工歯を対合させた場合も、レジン人工歯と同様に良好な耐摩耗性を示すかについても検討した。

2. 実験方法について

これまで多くの研究者は¹⁰⁻²⁰⁾、臼歯部人工歯材料の耐摩耗性を評価するために、咬合摩耗を対象として、対合する咬合面上での衝突と滑走という2つの運動を組み合わせ、摩耗試験機に再現している。しかし、Powellら²¹⁾は、修復材料について、衝突摩耗と滑走摩耗とを分けて評価し、衝突による摩耗は、ほとんど発現せず測定不能であったと報告している。財部²²⁾は、衝撃力と滑走を適正に組み合わせることが困難である以上、両者に対する抵抗性は別々に測定することが妥当であると述べている。山本²³⁾は、歯牙の咬耗面上の線状痕を観察した結果、咬耗は下顎運動のなかでも特に側方運動と密接に関係していることを明らかにしている。以上より、本研究においては、従来の試験法の中で最も明確に摩耗現象を比較検討しうると考えられる滑走運動のみによる摩耗試験法を採用した。

可及的に歯牙接触関係の単純な組み合わせを選択することが、摩耗現象をシミュレートする上で適切であると考えられる。臼歯部において歯牙接触関係が最も単純な組み合わせは、咀嚼およびガイドともに1咬頭のみが機能する下顎第一小臼歯、およびこれに対合する上顎第一小臼歯である。また、対合状態に関しては、口腔内における咬耗面が、点接触から咬耗の進行に従って、面接触に変化するという形成過程を経ることから、図1(d)に示すように、下顎第一小臼歯頰側咬頭外斜面と、対合する上顎第一小臼歯頰側咬頭内斜面(平板試料)との滑走運動をシミュレートした。なお、下顎が咀嚼時における可動側であることから、下顎第一小臼歯頰側咬頭を試験機の可動側、すなわち上部試料とし、平板試料を不動側、すなわち下部試料とした。

藍²⁴⁾は、切歯点部における咀嚼運動時の側方滑走運動量は、1.5~6.0 mmの範囲で平均 4.0 mmであり、臼歯部においては、この半分程度であると報告し

ている。しかし、臼歯部において最前方位に位置する第一小臼歯部では、前歯部とほぼ同程度の側方滑走運動を行っていると考えられる。そこで本研究では、滑走距離として 4 mm を採用した。

滑走運動方向は、咬耗面に生じる線状痕の走行が全体的に頬舌方向であるとの報告から、上部試料である下顎第一小臼歯頰側咬頭の頬舌方向とした。

Harrisonら¹³⁾は、咀嚼時に歯牙に加わる力は 0.2~2 kg であると報告している。Brudevold²⁵⁾は、上下顎総義歯装着者における各食品の平均咀嚼力を測定した結果、第一小臼歯~第一大臼歯部で、1歯当たり 0.51~1.56 kg であると報告している。以上の報告から、1歯当たりの平均咀嚼力は、約 1 kg と考えられることから、本実験では、垂直荷重量として 1 kgf を選択した。

咀嚼運動サイクルは、毎分60~80回で、平均毎分60回と報告されていることから¹³⁾、滑走運動サイクルは毎分60回とした。なお、試験回数 20×10^4 回の滑走距離は、Soltészら²⁶⁾の報告によれば、約1.3~2.7年における人工歯材料の摩耗状態を観察したものと推察される。

II. 実験結果について

1. 上部試料 Pd および Po と 4 種硬質レジン人工歯との組み合わせについて

(1) 上部試料が Pd の場合

いずれの組み合わせにおいても、上下部試料ともに消失体積は、極めて小さい値を示した。しかし、上部試料 Pd は、 $0.01 \sim 0.06 \text{ mm}^3$ という極めて小さい消失体積を示したのに対し、消失高さでは約 0.1 mm の変化が生じた。Pd のような延性材料では、滑走運動により、摩耗面における塑性流れおよび摩耗粒子の溶着が生じたため、消失体積が小さいにもかかわらず、消失高さが大きく減少したと考えられる。

(2) 上部試料が Po の場合

上部試料が Pd の場合に比較して、4種類の硬質レジン人工歯は、いずれも大きい消失体積 $3.2 \sim 7.6 \text{ mm}^3$ を示した。硬質レジン高密度架橋構造を有するとともに、有機複合フィラーが配合されている。それゆえ、強度および硬度が向上しているが、その反面、脆弱となる傾向を有する。すなわち、Poのように塑性変形を生じにくい材料に対しては、硬質レジン中の無機フィラーによって生じる摩耗痕がアブレイブ摩耗の誘因となることから、硬質レジンの摩耗が脆性破壊を主体に進行し、大きい消失体積を示したものと考えられる。また、硬質レジン人工歯の表面アラサにおいても、対合が Pd の場合の値 $1.6 \sim 2.7 \mu\text{m}$ に比

較して、3.6~5.1 μm と大きい値を示しており、この考察を裏づけていると考えられる。

3. 4種硬質レジン人工歯同種材料間の組み合わせについて

上下部試料合計の消失高さ(図7(右図))は、対合がPdの場合の値0.09~0.15mmと比較して、0.43~0.63mmと大きい値を示した。一般に、レジン系材料の同種間の摩擦実験では、両者間の摩擦抵抗が大きく、塑性変形を伴った延性破壊が生じるといわれている²⁷⁾。したがって、硬質レジン人工歯同種間においても延性破壊による摩擦が進行し、さらに、硬質レジン中の無機フィラーによる摩擦の助長も伴って、上下部試料合計の消失高さは大きい値を示したと考えられる。

摩擦試験後の表面アラサでは、HRCが4種硬質レジン人工歯の中で最も小さい値を示した。この点は、フィラーとマトリックスとの良好な結合状態を示したHRCの摩擦面のSEM像(図9)と、特に、摩擦粒子が多く形成されたHREおよびフィラーとマトリックスとの摩擦状態の相違が認められたHRDのSEM像(図10, 11)との比較において理解される。

総 括

試作2種を含めた計4種の硬質レジン人工歯(HR, HRC, HRE, HRD)を選択し、対合歯材料が12%金銀パラジウム合金(Pd)および陶歯(Po)の場合、また、硬質レジン人工歯同種材料間について滑走摩擦試験を行い、以下の結果を得た。

1. 上部試料がPdの場合、いずれの組み合わせにおいても、上下部試料とも消失体積は極めて小さい値を示した。
2. 上部試料がPoの場合、いずれの硬質レジン人工歯も、消失体積は3.2~7.6 mm^3 と大きい値を示した。
3. 硬質レジン人工歯同種材料間では、対合がPdの場合に比較して、大きい摩擦量を示した。

謝 辞

本研究を行うにあたって、試料を提供して頂いた株式会社ニッシンに厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 中林宣男, 熱田 充, 安田 登, 鈴木司郎: 硬質レジンの世界—その基礎・臨床・技工—. QDT別冊, クインテッセンス出版, 東京, 1989.
- 2) 鈴木司郎, 芝 燦彦, 安田 登, 藍 稔, 友田浩三, 中林宣男: 新しい硬質レジンの臨床へ

の応用 第2報 耐摩擦性の検討. 補綴誌 30, 1419-1425, 1986.

- 3) 阿部泰彦, 梶山俊一, 櫻井裕也, 大川周治, 長澤 亨, 津留宏道: 各種レジンとAu-Ag-Pd合金との滑走摩擦に関する実験的研究. 補綴誌 35, 161-166, 1991.
- 4) 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: 床用硬質レジン歯に関する基礎的研究 第2報 白歯の金属材に対する耐摩擦性について. 補綴誌 35, 331-338, 1991.
- 5) 鈴木司郎: 有機質複合フィラーを用いた歯冠用硬質レジンの研究. 口病誌 48, 261-276, 1981.
- 6) Smalley, W.M. and Nicholls, J.I.: In vitro two-body wear of polymeric veneering materials. *J. Prosthet. Dent.* 56, 175-181, 1986.
- 7) Winkler, S., Monasky, G.E. and Kwok, J.: Laboratory wear investigation of resin posterior denture teeth. *J. Prosthet. Dent.* 67, 812-814, 1992.
- 8) 高橋好文, 長谷川二郎, 平沼謙二, 森 博史, 長谷川 明: 試作硬質レジン人工歯の歯科理工学的性質について. 28, 271-281, 1990.
- 9) 長尾正憲, 辻 喜之, 野下昭彦: 人工白歯咬合面の摩擦を考える—実験的研究結果からの対比—. 補綴臨床 19, 172-178, 1986.
- 10) Cornell, J.A., Jordan, J.S., Ellis, S. and Rose, E.E.: A method of comparing the wear resistance of various materials used for artificial teeth. *J. Am. Dent. Assoc.* 54, 608-614, 1957.
- 11) Mahalick, J.A., Knap, F.J. and Weiter, E.J.: Occlusal wear in prosthodontics. *J. Am. Dent. Assoc.* 82, 154-159, 1971.
- 12) Monasky, G.E. and Taylor, D.F.: Studies on the wear of porcelain, enamel and gold. *J. Prosthet. Dent.* 25, 299-306, 1971.
- 13) Harrison, A. and Lewis, T.T.: The development of an abrasion testing machine for dental materials. *J. Biomed. Mater. Res.* 9, 341-353, 1975.
- 14) Harrison, A.: Wear of combinations of acrylic resin and porcelain, on an abrasion testing machine. *J. Oral Rehabil.* 4, 111-115, 1978.
- 15) 平沢 忠, 増原英一, 地挽英彦: MH 衝撃滑走式摩擦試験機の試作. 歯理工誌 15, 96-100, 1974.
- 16) 辻 喜之: 人工歯の咬耗に関する基礎的研究. 補綴誌 26, 63-70, 1982.
- 17) Coffey, J.P., Goodkind, R.J., DeLong, R. and Douglas, W.H.: In vitro study of the wear characteristics of natural and artificial teeth. *J. Prosthet. Dent.* 54, 273-280, 1985.
- 18) 地挽英彦: 人工歯ならびに歯冠修復材料の衝撃滑走摩擦に関する基礎的研究 第1報 衝撃滑走式摩擦試験機によるアクリリックレジンの摩擦につ

- 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。口病歯 41, 109-128, 1974.
- 20) 野下昭彦：人工歯の咬耗に関する実験的研究。口病歯 51, 124-136, 1984.
- 21) Powell, J.M., Phillips, R.W. and Norman, R.D.: In vitro wear response of composite resin, amalgam, and enamel. *J. Dent. Res.* 54, 1183-1195, 1975.
- 22) 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, 949-1003, 1982.
- 23) 山本 章：歯牙咬耗面の形態学的機能的検討。口病誌 49, 73-102, 1982.
- 24) 藍 稔：切歯点部における咀嚼運動の解析。補綴誌 6, 164-200, 1962.
- 25) Brudevold, F.: A Basic Study of the Chewing Forces of a Denture Wearer. *J. Am. Dent. Assoc.* 43, 45-51, 1951.
- 26) Soltész, von U., Klaiber, B., Pergande, Ch. and Richter, H.: Vergleichende Untersuchungen über das Abrasionsverhalten von Composite-Füllungsmaterialien. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 34, 406-412, 1979.
- 27) 田中久一郎：摩擦のおはなし。日本規格協会，東京，1985.