原 著

人工臼歯の咬耗に関する実験的研究

野 下 昭 彦

東京医科歯科大学歯学部第3 歯科補綴学教室

(主任, 指導: 林都志夫教授, 指導: 長尾正憲助教授)

(1983年12月15日 受付)

Study on Occlusal Wear of Metal, Porcelain and Resin Artificial Posterior Teeth

Akihiko Noge

The Third Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director: Prof. Toshio Hayashi; Director: Associate Prof. Masanori Nagao)

Usually, the porcelain, resin and metal teeth are used as denture posteriors. However, few studies were reported on the occlusal wear of these posteriors.

This study was conducted to find the degree of attrition in these different kind of artificial teeth. The three kinds of pairs of the posteriors were: (1) metal to metal teeth pair, (2) metal to porcelain teeth pair and (3) metal to resin teeth pair, and the occlusal wear was studied under a 1-kg load by impact and sliding. The degree of attrition was measured in regard to the decrease of the vertical height caused by occlusion and of the volume.

Results obtained were as follows.

1. The characteristics were that in all pairs the occlusal wear in regard to the height occurred rapidly in the early stage and then progressed slowly.
2. In comparing the wear of volume in all kinds of artificial teeth, the metal teeth showed the least wear and the resin teeth the greatest wear.
3. The occlusal wear of the resin teeth paired with several metals was the greatest in the decrease of both the height and volume compared with other pairs.
4. The least wear in volume of these pairs of teeth was observed in the metal to metal teeth pair.

I. 緒 論

可撤性補綴装置は使用期間が長くなると咬合面が摩耗することは、臨床でたびたび経験することである。全部床義歯の場合咬合面が咬耗すると、咬合の不調和、咬合面形態の変化による咀嚼能率の低下、咬合高径の減少、前歯部の接触などの諸問題が生じる。人工臼歯のみならず各種修復材においても、咬耗、摩耗は修復後の機能、形態

の維持に大いに関与するので、これについては多くの研究が行われてきている。しかし従来の研究の多くは、すべり摩擦による摩耗試験¹⁻⁸⁾とか試料が板状や円柱状に単純化された状態での摩耗試験によるもので⁹⁻¹⁵⁾、臨床応用の上では必ずしも十分とはいえないものであった。

既製の人工臼歯を試料にその摩耗を報告したのは、池下¹⁶⁾、Thomson¹⁷⁾、辻¹⁸⁾、であるが、とくに臨床への応用を考慮し、衝突および滑走が円

滑に行え運動の再現精度もすぐれ、耐久性のある摩耗試験機を製作し、既製の陶材およびレジン人工臼歯の摩耗試験成績を報告したのは辻である。

しかし、臨床では既製人工臼歯は必ずしも既製

人工臼歯と咬合するだけでなく、金属で修復された歯と咬合させる場合、または咬耗を避ける目的で人工臼歯咬合面を金属に置き換える場合がある。このような場合の既製人工臼歯、または金属咬合面の咬耗問題は関心が持たれているのであるが、実験に基づいた報告はほとんど認められない。

そこで著者はこの問題を解明する目的で、市販の人工臼歯から複製した自家製金属歯と市販の人工臼歯を試料とし、辻が報告した摩耗試験機を用い、摩耗試験を行ったところ、興味ある知見が得られたので報告する。

II. 研究方法

1. 摩耗試験機

本実験に使用した摩耗試験機（図1，2）の特

図1 摩耗試験機本体（左）とコントロール・ユニット（右）

図2 摩耗試験機本体の各部名称

- ①駆動軸、②ベベルギア、③押し上げカム、④ローラー、⑤アーム、⑥ロッド、⑦上部試料固定器、⑧押し出しローラー、⑨台座、⑩下部試料固定器、⑪荷重、⑫ストッパー、⑬スプリング

徴は、

(1) 人工臼歯に咬耗を生じさせるのに、重要と考えられる機構である衝突、滑走を組み合わせた運動が連続反復して行え、またその運動のいずれか一方のみを単独で行うことも可能である。

(2) 設定された人工臼歯の咬頭嵌合条件で行われる衝突、滑走運動の再現精度が高く、運動を支える各部分のガタつきにより設定された条件が変わり、本来の上下人工臼歯の咬合接触点が変わり、破損するというような可能性がない。

(3) 人工臼歯の咬耗を実験的に発現させるためには長時間の作動が要求され、さらに作動中に加えられる振動や応力に耐えて設定された咬頭嵌合条件を、高い精度で保てる十分な耐久性が具備されている。

(4) 1 歯対 1 歯の咬頭嵌合条件では、既製の人工臼歯はすべて使用可能なように、試料取り付け部が設定されている。

(5) 上部試料取り付け装置は全体で 500 g になるように作られており、さらに別の荷重を用いることにより、荷重条件を変えることができる。

(6) コントロール・ユニットで試験機の運動回転数を 26 回/分から 168 回/分まで自由に変化でき、また任意の回転数で停止も可能などである。

試験機はモーターにより駆動軸が回転すると、上下回転円板に付いたカムにより、上部試料取り付け装置の取り付けられたアームが押し上げられ、落下し、その後下部試料取り付け装置の取り付けられた台座が押し出され、バネで元にもどるという作動順序をとる。これが 1 サイクルで駆動軸の 1 回転で 3 サイクルがくり返される。

2. 試 料

1) 被験人工臼歯

本実験には市販の人工臼歯と自家製金属臼歯を用いた。市販人工臼歯としてはリブデント FB20、モールド 32M (G-C 社製) の上下左側第 1 大臼歯を選び、その陶歯とレジン歯、自家製金属臼歯としては、前記の市販人工臼歯の咬合面部を 18K キャスティングゴールドタイプⅢに置き換えたものを使用した。

なお、市販人工臼歯には一切手を加えず、そのままの状態で使用した。金属臼歯は前記市販人工臼歯と同一形態のワックス歯を型起こしし、その咬合面部を最も薄い部位でも 1 mm の厚さが確保されることを基準にし、歯槽面部からトリミングし、これを前記金属で鑄造し得られたが、それらの中から、咬合面形態が市販人工歯のものを正しく再現しているもののみを選び、これを研磨、熱処理し、酸化膜は残したまま使用した。金属臼歯に続く人工臼歯歯冠の残りの部分は、前記市販人工臼歯の形態と同一になるようアクリリック・レジンで作成し、自家製金属臼歯とした。

2) 試料の製作

試料の製作に際しては、試料が摩耗試験機上でしめる位置関係と同一の位置関係が再現できる条件下で作られる必要がある。まず、上下一对の試料製作用アダプターとリングを咬合器に取り付け¹⁸⁾、リング内にはワックスを注入し、その上に被験人工臼歯を仮植立し、この咬合器上で図 3 に示す対合関係になるよう植立を調整した。すなわ

図 3 試料の大きさとその位置関係

試験機への取り付けは図の左側が外側となる。実線は静止あるいは衝突直後の状態を示し、下部試料は矢印の方向に 1 mm、すなわち点線で示した位置まで滑走する

ち、上下試料の中心軸は咬頭嵌合した上顎人工臼歯の近心舌側咬頭頂と下顎人工臼歯の中心窩を通るよう、そして咬合器上弓（上部試料）が水平に滑走したとき、円滑に1 mm以上滑走できることを基準とした。滑走運動方向は水平面内で下顎臼歯頬側溝の方向に一致させた（図3矢印）。被験人工臼歯の植立、調整が完了したら、被験人工臼歯および周囲ワックス表面を石膏泥で覆い、石膏コアを設けた。リングおよび石膏コアを利用して、ワックス部をレジン（Kulzer社製 Palapress）に置き換え、試料候補とした。以上のようにして得られた試料候補の中からレジン部が十分密に重合され、摩耗試験に使用できると判定されたものを選び、その基底面をエメリー・ペーパー（80～800番）で平坦に仕上げ、これを前記の咬合器に再装着し対合接触関係を入念に点検し、基準に合格したものを実験用試料とした。

3. 実験項目

本研究は、対顎歯が金属で修復されている場合、または対顎義歯に金属臼歯が用いられている場合、そこに設けられる義歯の人工臼歯は、どのような摩耗を示すかを実験的に究めることを目的としている。

そこで、摩耗試験のための上下人工臼歯の組み合わせは、

- 1) 金属臼歯対金属臼歯（Mu-ML）
- 2) 上顎金属臼歯対下顎陶材人工臼歯（Mu-Pl）
- 3) 上顎陶材人工臼歯対下顎金属臼歯（Pu-ML）
- 4) 上顎金属臼歯対下顎レジン人工臼歯（Mu-RL）
- 5) 上顎レジン人工臼歯対下顎金属臼歯（Ru-ML）

の5通りとした。

摩耗量は高さおよび体積で示すことにした。すなわち、

高さ：摩耗試験機ベース上面を基準面にし、上部試料取り付け装置上面の標点までの距離を各試験前後で計測する

体積：試料を各試験前後、後記の条件で秤量し、その差を体積に換算する

4. 測定方法

試料は1つの組み合わせについて10組ずつ用意し、重量および高さの測定はそれぞれ5回行い、その平均値をそれぞれの測定値とした。なお、体積換算のための各人工臼歯および金属臼歯の密度は、試料製作に先立って浮力法で求められた。

1) 体積摩耗量

前記のようにして作製された試料は実験に先立ち、2週間デンケータ内に保管された。実験開始直前に試料をデンケータから取り出し、直示天秤H-16型（Mettler社製）で1/100mgまで秤量し、これを試験前の重量とした。後記の条件で摩耗試験回数50,000回で試料を試験機より取りはずし、試料についた摩耗粉を十分除去し、再びデンケータ内に2週間置いた後、試料をデンケータから取り出し秤量し、これを試験後の重量とした。試験前後における変化重量をすでに求められているそれぞれの密度から体積に換算し、体積摩耗量とした。

2) 高さの摩耗量

試験前の秤量が完了した試料を試験機に取り付ける。上下試料の人工臼歯咬合面が、前もって設定した咬頭嵌合状態になっていることを確認したら、マグネットベースMB-B型（鐘通社製）に固定したダイヤルゲージ2046型（三豊製作所製、精度1/100mm）で標点の高さを測定する。測定が終わったら、摩耗試験機を作動させる。実験条件は荷重1,000 g、摩耗試験機回転数は70回/分、落差8 mm、水平滑走量1 mm（往復2 mm）、室温（22～26℃）、介在物として局方精製水を下部試料固定器に満たした。試験回数5,000, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000回の各時点で再び標点の高さを測定し、試験開始時の値との差を高さの摩耗量とした。

Ⅲ. 結 果

1. 体積摩耗量

表1、図4は体積摩耗量の測定結果を示したも

表 1 体積摩耗量

試	料	人 工 歯 の 組 み 合 わ せ				
		MU-ML	MU-PL	PU-ML	MU-RL	RU-ML
U	mean	0.48	0.28	2.52	0.40	5.63
	(S. D.)	(0.11)	(0.04)	(0.88)	(0.05)	(2.93)
L	mean	0.46	1.95	0.34	5.93	0.27
	(S. D.)	(0.12)	(0.37)	(0.14)	(0.70)	(0.14)

S. D. : 標準偏差

(単位 : mm³)

図 4 人工臼歯の各組み合わせにおける体積摩耗量 (略号は本文と同じ, ただし T は各組み合わせでの総量を表す)

のである。表中の数値は試料の秤量により求められた減少重量を, それぞれの密度で除して体積に換算したものである。図中の斜線柱は金属臼歯, 黒色柱は陶材人工臼歯, 黒点柱はレジン人工臼歯の体積摩耗量を, 白ぬき柱はそれぞれの組み合わせにおける体積摩耗量の和を示している。

上下試料別でみた場合, 摩耗量の平均値が最も小さかったのは, RU-ML の組み合わせでの金属臼歯の 0.27mm³, 最も大きかったのは MU-RL の組み合わせでのレジン人工臼歯の 5.93mm³ であった。

各組み合わせ上下部試料の体積摩耗量の和は平均 0.94 (MU-ML) ~ 6.33mm³ (MU-RL) であった。

金属臼歯 どうし (MU-ML) での体積摩耗量は平均 0.94mm³, 金属臼歯と陶材人工臼歯の組み合わせ (MU-PL, PU-ML) での体積摩耗量は平均 2.23~2.86mm³, 金属臼歯とレジン人工臼歯の組み合わせ (MU-RL, RU-ML) での体積摩耗量は平均 5.90~6.33mm³ で, 金属臼歯どうしでの体積摩耗量は金属臼歯と, レジン人工臼歯の組み合わせにより有意に小さく, また金属臼歯と陶材人工臼歯の組み合わせは金属臼歯とレジン人工臼歯の組み合わせより, 有意に体積摩耗量は小さかった。

金属臼歯と陶材人工臼歯, 金属臼歯とレジン人工臼歯の組み合わせにおいては, 金属臼歯の体積

表2 高さの摩耗量の変化

人工歯の組み合わせ		回数 (×10 ⁴ 回)					
		0.5	1	2	3	4	5
Mu-ML	mean	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08
	(S. D.)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.04)	(0.04)
Mu-PL	mean	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	(S. D.)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.04)	(0.04)
Pu-ML	mean	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05
	(S. D.)	(0.02)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)	(0.03)
Mu-RL	mean	0.11	0.15	0.18	0.19	0.21	0.22
	(S. D.)	(0.04)	(0.05)	(0.06)	(0.06)	(0.07)	(0.07)
Ru-ML	mean	0.11	0.15	0.18	0.20	0.22	0.22
	(S. D.)	(0.05)	(0.07)	(0.08)	(0.09)	(0.10)	(0.11)

S. D. : 標準偏差

(単位 : mm)

図5 人工臼歯の各組み合わせにおける高さの摩耗量の変化 (略号は本文と同じ)

摩耗量は平均 $0.27 \sim 0.40 \text{ mm}^3$ であるのに、陶材人工臼歯は平均 $1.95 \sim 2.52 \text{ mm}^3$ 、レジン人工臼歯は平均 $5.63 \sim 5.93 \text{ mm}^3$ で、これらの組み合わせにおいては、主として摩耗するのは陶材人工臼歯およびレジン人工臼歯であり、その体積摩耗量は材質間で有意差が認められた。すなわち、これらの組み合わせにおいては、金属臼歯は陶材人工臼

歯およびレジン人工臼歯より、陶材人工臼歯はレジン人工臼歯より、それぞれ有意に体積摩耗量が小さかった。

金属臼歯の体積摩耗量を対合させた人工歯別にみると、対合が金属臼歯の場合 (Mu-ML) は平均 0.47 mm^3 、対合が陶材人工臼歯の場合 (Mu-PL, Pu-ML) は平均 0.31 mm^3 、対合がレジン人工臼

歯の場合(Mu-RL, Ru-ML)は平均 0.34mm^3 で、対合が金属臼歯の場合は対合が陶材人工臼歯、レジン人工臼歯より有意に摩耗することが判明した。

2. 高さの摩耗量

表 2, 図 5 は高さの摩耗量についての測定結果である。グラフの縦軸には摩耗量 (mm), 横軸には摩耗試験回数をとってある。図中の ×印は Mu-ML, 白ぬき丸は Mu-PL, 白ぬき三角は Pu-ML, 黒丸は Mu-RL, 黒三角は Ru-ML を示している。

それぞれの値は, 実験開始時の高さから各測定時点における高さを減じて得られたものである。各試料とも共通して 5,000 回の時点で急激な摩耗を呈し, 以後, 漸次摩耗が進行する傾向を示している。金属臼歯と陶材人工臼歯, 金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせにおいては, 上部が金属臼歯の場合と, 下部が金属臼歯の場合とでは差が認められず, それぞれ同様の減少傾向を示している。50,000 回の時点での高さ摩耗量をみると, Mu-ML は平均 0.083mm , Mu-PL は平均 0.037mm , Pu-ML は平均 0.046mm , Mu-RL は平均 0.223mm , Ru-ML は平均 0.224mm であった。そして金属臼歯どうしの組み合わせの場合 (Mu-ML) の高さ摩耗量は, 金属臼歯と陶材人工臼歯との組み合わせ (Mu-PL, Pu-ML), および金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせ (Mu-RL, Ru-ML) とは有意に差があり, すなわち, 金属臼歯どうしの場合の高さ摩耗量は金属臼歯と陶材人工臼歯との組み合わせより有意に大きく, また金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせより有意に小さい。さらに自家製金属臼歯と陶材人工臼歯との組み合わせの場合の高さ摩耗量は, 金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせより有意に小さい値を示した。この金属臼歯と陶材人工臼歯との組み合わせの場合の高さ摩耗量は, 試験回数 50,000 回のときだけでなく, すべての測定時において金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせの場合より有意に小さい値を示した。すなわち, いずれの時期においても, 金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせの場合が, 高さ摩耗量は有意

に大きいという結果が得られた。

IV. 考 察

全部床義歯補綴の臨床で一般に用いられている人工臼歯は既製の陶歯, レジン歯である。陶材人工臼歯はレジン人工臼歯より摩耗, 咬耗は少ないというすぐれた利点があるが, 咬合面の調整には時間がかかること, 上下顎とも陶材人工臼歯を適用すると時として咬合音が問題になること, 時として破折すること, 人工歯配列のスペースが十分でないと適用できないなど欠点もある。一方, レジン人工臼歯は陶歯の欠点を補えるが, 臨床では摩耗, 咬耗が生じやすい。このようなことから, かなり複雑な術式を経て完成される義歯では, 臼歯部咬合面を上下顎ともまたは片顎だけ金属に置き換える方法が採用されることがある。これは金属咬合面だと陶歯の場合のような咬合音があまり生じない, 破折も生じない, このような利用では咬耗も臨床的にはほとんど認められていないことにあるようである。しかし, 金属咬合面だけでなく, これと咬合接触する人工臼歯などの咬耗の実態は, いまだ明らかにされていない。さらに片顎全部床義歯または部分床義歯では, 対顎臼歯が金属で修復されている場合がたびたびある。このような場合臨床では, 人工臼歯にレジン歯を用いることが推奨されているが, 義歯の人工臼歯に既製のものを用いると, 対顎の金属部分および人工臼歯には, どのような咬耗を示すかについても明らかにされていない。したがって, 金属歯と既製人工臼歯との摩耗に関するこの問題は, 臨床応用を十分考慮した上での実験により解明されるべきものである。

以上のことから判明するように, 本研究は全部床義歯補綴学において, 究明されるべき重要な課題の一つと考えられる。

1. 実験方法

1) 摩耗試験機

本実験に用いた摩耗試験機は, 当教室の辻 (1981) が報告したもので, 複雑な下顎運動は再現できないが, 運動の再現性と機械の耐久性はす

ぐれている。運動様式は衝突と滑走からなり、衝突運動は上部試料取り付け装置の自然落下、滑走運動は下部試料取り付け装置の水平往復運動で営まれる。

この摩耗試験機を本実験に使用しようとした主な理由は、①特製試験片でなく咬頭を有する人工臼歯を試料にするときは、試料が衝突する打点が正確であることがとくに必要であること、②上部試料取り付け装置の重量は500gになるよう作られているが、別に荷重を加えると1,500gまで荷重条件が変えられること、③すでに100万回に及ぶ衝突と滑走運動をくり返したのにもかかわらず、損耗、ガタつきが認められないこと、④下部試料取り付け装置には水を貯え試験ができること、⑤単位時間あたりの運動回数は26~168回/分と選択でき、所定回数で自動停止が可能であることなどである。

そこで実験に先立ち、この摩耗試験機を整備し、試験運転を行い、上部試料取り付け装置の落下精度などを点検したが、前記と同様の結果が得られたので、今回の人工臼歯の摩耗実験にこの摩耗試験機を用いることにした。

2) 試料

本研究は、臨床にできるだけ近い条件下で人工臼歯の摩耗を観察することを目的としている。したがって試料には既製人工臼歯および自家製金属臼歯を用いた。それは人工臼歯が口腔内に適用される状況をみると、必ずしも既製人工臼歯どうしで対合する場合ばかりでなく、既製人工臼歯が修復歯とか金属歯と対合することも、たびたび認められるからである。このようなことから試料は咬合面部のみを金属にしたものと既製人工臼歯とし、それらを組み合わせることにした。しかも咬合面金属は、口腔内で最も好ましいとされている18K金合金製とし、形態は相互比較の便から今回の実験に用いた既製人工臼歯の複製形とした。また既製人工臼歯の咬合面などには、一切加工を施さず使用することにした。これは既製人工臼歯咬合面に加工を施すと、摩耗現象が複雑になることが予測されたこと、基礎的データを得るのには

試料咬合面の形態、および性状を同一にしておくことが必要であったからである。一部にはこのような条件で人工臼歯を使用することもあるが、一般の日常臨床からは、少し逸脱したきらいがあることは否定できない。既製人工臼歯が割合された状態での摩耗については、今後明らかにされるべきである。

咬合面部を金属にする人工臼歯の製法には、既製レジン臼歯の咬合面部を必要量だけ削除し、さらに金属部分の維持のための孔などを設け、その上で蠟型を作り、これを金属に置き換えてから接着し人工金属臼歯を完成するという方法^{19,20)}などがあるが、本実験では既製人工臼歯の印象面に蠟を注入し蠟型を作り、これに連結用突起を設けてから金属に置き換え、先に金属咬合面部を作り、残余の人工臼歯部は即時重合レジンで可及的に既製人工臼歯と同形態になるように作り、一塊の人工臼歯とした。いずれにしても、このようにして得られる人工臼歯は、金属とレジンという異種のものからできているので、接合部の摩耗などが懸念される。さらに即時重合レジンでは慎重に操作を進めても、微少気泡の残存が考えられる。そこで、この点については自家製金属人工臼歯としての候補が完成したとき入念に点検し、少しでも疑いの抱かれる自家製候補人工臼歯は除き、さらに予備実験において摩耗試験後の自家製金属臼歯試料を入念に点検したところ、接合部でのゆるみ、摩滅が生じていなかったもので、前記のようにして作られた自家製金属歯試料は、摩耗試験に十分使用できるものと考えた。

3) 荷重と落差

本実験に用いた摩耗試験機を報告した辻¹⁸⁾は、既製人工臼歯の摩耗実験を荷重500g、落差10mmで行った。そもそも口腔内で人工歯どうしがどれくらいの力、頻度で咬合接触しているかについては、見解が統一されていない。しかも本研究では、臨床で摩耗が生じにくいとされている自家製金属臼歯も試料に含まれている。そこでこれらの実験条件を設定するのに際し、まず予備実験を行い、どれぐらいの荷重、落差が本摩耗試験

表 3 金属臼歯どうしの組み合わせにおける荷重を変えた場合の高さの摩耗量の変化

人工歯の組み合わせ		回 数 (×10 ⁴ 回)					
(荷 重)		0.5	1	2	3	4	5
Mu-ML	mean	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
(500g)	(S. D.)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.03)	(0.03)	(0.04)
Mu-ML	mean	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.08
(750g)	(S. D.)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)
Mu-ML	mean	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.08
(1000g)	(S. D.)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.04)	(0.04)

S. D. : 標準偏差

(単位 : mm)

法には適しているかを調べた。荷重を大きくして行くと摩耗量は増大した。しかし、自家製金属人工臼歯と既製陶材人工臼歯との組み合わせにおいては、荷重 1,000 g, 落差 10mm になると陶材人工臼歯にチップングなどが生じる場合もあることが観察された。一方、落差の方を少し減じると陶材人工臼歯になら異常が生じないことも認められた。表 3 は上下部試料とも自家製金属人工臼歯, 落差 8 mm, 摩耗試験速度 70 回/分, 上下部試料水平滑走量 1 mm, 室温, 介在物として局方精製水を下部試料固定器に満たした状態で荷重を 500 g, 750 g, 1,000 g にしたときの高さ摩耗量の測定値を示したものである。これらのことを総合的に考え、試料が自家製金属人工臼歯, 既製陶材人工臼歯, 既製レジン人工臼歯である本実験では、荷重は 1,000 g, 落差は 8 mm が適しているものと考えに至った。

4) 摩耗量の判定, 測定

本実験での摩耗量の算出に際し、批判を受けるとしたら、試料と試料固定器間の摩耗についてであろう。しかし、辻¹⁸⁾も報告しているように、試験後の試料維持部表面には固定器による傷痕などは、なら認められなかった。したがって、この試料固定法による試料台座部分の摩耗は、無視できるものと考えた。

人工臼歯咬合面の摩耗の程度は、摩滅した重量, 摩滅した体積, 咬合接触面積の変化, 咬合時の高径の減少などで知ることができる。口腔内に

適用されている人工臼歯の咬合面部の摩耗で、とくに関心が持たれている点は、まずは咬合高径の減少, ついで咬合接触点および咬合接触面積の変化などである。これは咬合関係の変化, 咬合圧などの配分の変化に連がるからである。そこで本実験では、人工臼歯咬合面の摩耗による変化が比較的初期から観察でき、試料も摩耗試験機から取り外すことなく任意の時点で測定でき、しかも臨床的に重要な意義を持つこの高径の変化は、摩耗試験機上での高さの実測により経時的に測定することにした。咬合接触面積についての測定も極めて重要であるが、これについては今後の研究が待たれる。

重量, 体積による摩耗量の測定法には個々の試料が、どのように摩耗したかを知ることができるという利点がある。これは臨床での人工臼歯の材質の選択などの面からすると、好都合な表示法である。しかし、種類の異なる試料間の摩耗量の表示には重量より体積による方が、利用価値が高いと考えられるので、本実験では試験前後に一定条件下で各試料を秤量し、これを体積に換算して示すことにした。

5) 結 果

義歯を口腔内に装着し使用し始めると、その使用期間を通じ咬合面の摩耗という問題は避けることのできないものである。

摩耗とは組み合わせられる相手材料により変化し、その材質の強度で決まるものではない²¹⁾とい

うことであるので、対合材料になにを選択するかということが重要となってくる。そのために材質に関しては、これまで多くの研究が行われてきているが、臨床の実態を考慮に入れて人工臼歯を用いた研究となると著しく少ない。

本研究は、自家製金属臼歯と既製人工臼歯の陶歯とレジン歯を用いて、その組み合わせを変えた場合の摩耗量の変化を実験、観察したものである。

(1) 人工臼歯の高さ摩耗の進行

高さ摩耗の進行状態は図5から判明するように、各試料とも早期の5,000回試験までが急激で、そしてそれ以後は比較的ゆるやかに進行している。これは辻¹⁸⁾の報告と同じ結果である。この原因としては、試料には既製人工臼歯およびそれと同形の金属臼歯をそのまま用い咬頭嵌合させたので、咬合接触は初めは多くの点状であったが、摩耗試験回数が進むにつれ、点状接触が比較的早く面接触に変わったこと、しかも荷重は一定であったので、摩耗の進行により咬合接触面積が増加するのに比例して咬合接触圧が減少し、高さ摩耗の進行が鈍ったものと考えられる。

(2) 自家製金属臼歯どうしの咬合面摩耗

自家製金属臼歯どうしを50,000回咬合、および接触滑走させた場合の体積摩耗量は、上下部金属歯合計でみると平均 0.94mm^3 であった。これは他の組み合わせである自家製金属臼歯と既製陶材人工臼歯との組み合わせでの平均 $2.23\sim 2.86\text{mm}^3$ 、自家製金属臼歯と既製レジン人工臼歯との組み合わせでの平均 $5.90\sim 6.33\text{mm}^3$ より、有意に小さかった。すなわち同種である金属臼歯どうしは咬合、接触滑走に対し、体積的には最も摩耗しないということである。これは既製人工臼歯を用いて同様の実験を行った辻の報告¹⁸⁾にある体積摩耗量は、陶材人工臼歯どうしの組み合わせ、レジン人工臼歯どうしの組み合わせの場合、すなわち同種の人工臼歯どうしの場合多くなる傾向とは異なっている。もちろん、荷重、落差条件が異なること、さらに同種材質といっても金属と陶材、およびレジンを同様に扱えるかに問題は残される。し

かし、ここで得られた結果は臨床でいわれていることに合致している。すなわち、咬耗を避けるには、義歯の咬合面を金属に置き換える方が良いということである。

一方、自家製金属臼歯どうしを組み合わせた場合の高さ摩耗量では、体積摩耗量での結果とは異なった傾向が認められた。すなわち、40,000回試験までは自家製金属臼歯どうしの組み合わせは、自家製金属臼歯と陶材人工臼歯との組み合わせと同様の变化傾向を示し、50,000回では逆に自家製金属臼歯どうしの組み合わせの場合の方が、高さ摩耗量が大きくなったことである。これには自家製金属臼歯と、その直下の人工臼歯部分との摩擦による影響の可能性も考慮に入れなければならないが、金属臼歯に用いた18K金合金の展延性による咬合面形態の僅少な変化も考えられる。

このように体積摩耗量と高さ摩耗量の測定で一部異なった結果が認められたことについては、今後究明されなくてはならないが、実験を通じ、また総合的に判断を下すとすれば、金属臼歯どうしの組み合わせが最も摩耗が少ないように思われる。

(3) 自家製金属臼歯と既製人工臼歯を組み合わせた場合の摩耗

自家製金属臼歯と陶材人工臼歯を組み合わせた場合の、50,000回試験での上下試料合計の体積摩耗量は平均 $2.23\sim 2.86\text{mm}^3$ 、自家製金属臼歯とレジン人工臼歯では平均 $5.90\sim 6.33\text{mm}^3$ 、高さ摩耗量はそれぞれ $0.037\sim 0.046\text{mm}$ 、 $0.223\sim 0.224\text{mm}$ であった。体積摩耗量および高さ摩耗量いずれにおいても、自家製金属臼歯と陶材人工臼歯との組み合わせの場合の方が、自家製金属臼歯とレジン人工臼歯との組み合わせの場合より、摩耗量は有意に少なかった。換言すると、レジン人工臼歯と金属臼歯を咬合させると摩耗量が多くなるということである。これについては、実験方法、条件が異なるが、同様の結果が報告されている^{22,23)}。

つぎに、摩耗試験機の上部、すなわち落下部に金属臼歯、対合部を陶材人工臼歯またはレジン人工臼歯にした場合と、その逆の組み合わせにおけ

る摩耗の実態をみると、高さ摩耗量においては、金属臼歯と陶材人工臼歯では Mu-PL が平均 0.037 mm, Pu-ML が 0.046mm で有意差は認められず、金属臼歯とレジン人工臼歯でも Mu-RL は平均 0.223mm, Ru-ML は平均 0.224mm と同じく両者間に有意差は認められず、さらに体積摩耗量においても Mu-PL は平均 2.358mm³, Pu-ML は平均 2.853mm³ で有意差は認められず、Mu-RL は平均 6.325mm³, Ru-ML は平均 5.903mm³ で同じく有意差は認められなかった。すなわち、これらの組み合わせにおいては、金属臼歯が落下側におかれても、その逆になっても摩耗量に差が生じないということである。これは、テストピースが円柱状のものと板状のものと組み合わせ、球状のものと板状のものと組み合わせと異なり、標準的に作られている人工臼歯を試料にしたことによるものと考えられる。

つぎにこのような組み合わせでの、それぞれの人工臼歯材別体積摩耗量をみると、金属臼歯は平均 0.27~0.40mm³, 陶材人工臼歯は平均 1.95~2.52mm³, レジン人工臼歯は平均 5.63~5.93mm³ であった。しかし、臨床では金合金修復物などに対合させる既製人工臼歯には陶歯ではなく、レジン歯を用いるのが一般である。それは陶歯を用いると、金合金が摩耗するからとされているからである。これについてはつぎの項で考察することにする。本実験の結果は金属臼歯、または金属修復物にレジン臼歯に対合させた場合は、レジン臼歯の咬合面摩耗が著明なので、時期をみて咬合面摩耗の手当てを施す必要があることを示唆しているものと考えられる。

(4) 自家製金属臼歯の対合歯の種類による摩耗
金属臼歯に金属臼歯、金属臼歯に陶材人工臼歯、金属臼歯にレジン人工臼歯を咬合させた場合の金属臼歯の摩耗、換言すると対合歯材別にみた金属臼歯部分のみの摩耗を比較検討すると、これは本研究では体積摩耗量でのみ検討することになるが、対合歯も金属臼歯の場合は平均 0.47mm³, 対合が陶材人工臼歯の場合は平均 0.31mm³, 対合がレジン人工臼歯の場合は平均 0.34mm³ で、

対合が同種の金属臼歯の場合が有意に摩耗することが判明した。組み合わせ全体、すなわち、上下部試料全体とすれば、すでに前項で示したように金属臼歯どうしが最も摩耗が少なく、ついで金属臼歯と陶材人工臼歯、最も咬耗したのが金属臼歯とレジン人工臼歯の組み合わせであった。しかし、これらの中で金属臼歯部分のみの摩耗をみると、同じ金属臼歯と咬合させた場合が、陶材人工臼歯とかレジン人工臼歯と咬合させた場合より有意に摩耗した。ここで関心がもたれることは、金属臼歯と陶材人工臼歯を咬合させたときの金属臼歯部分の摩耗である。臨床では陶歯を金属と咬合させると、金属部の摩耗が進むので好ましくないとされているが、本実験結果では陶材人工臼歯と咬合させた場合、金属部分がとくに摩耗することにはならなかった。この理由の一つは本実験では陶材臼歯には一際手を加えず、すなわち咬合面を削合した状態で用いていないので、削合面による鉤効果が生じなかったことにありと考えられる。これは陶材臼歯とレジン臼歯を咬合させる場合、陶歯の咬合面を削合しない状態で使用すると、レジン歯の摩耗はそれほど進行しないと報告²⁴⁾されていることに通じるものと考えられる。

本実験結果から判明することは、金属臼歯になんら加工を施さない既製人工臼歯を咬合させると、咬耗は既製人工臼歯の方に大きく生じ、金属臼歯自体はそれほど摩耗しないこと、そしてむしろ金属臼歯に金属臼歯を咬合させる場合の方が、金属臼歯は摩耗するということである。しかし、咬合させた上下部の合計での摩耗体積量になると、対合歯分の摩耗量が加算されるので、金属臼歯とレジン臼歯との咬合の場合が最も摩耗し、金属臼歯と陶材臼歯との咬合の場合がついで摩耗し、最も摩耗が少ないのは金属歯対金属歯ということになる。

V. 結 論

18K 金合金を用いて作製した自家製金属臼歯と既製人工臼歯の陶歯、レジン歯を試料にし、

① 金属臼歯対金属臼歯

② 金属臼歯対陶材人工臼歯

③ 金属臼歯対レジン人工臼歯

の組み合わせについて、荷重 1,000 g, 試験機運転回数 70 回/分, 落差 8 mm, 室温の条件で辻が報告した摩耗試験機を用い実験を行い、摩耗量を実験の前後の重量差より換算した体積の減少量と、試験回数 5,000, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000 の各時点での高さの減少量とで判定し、以下の結果を得た。

1) 体積摩耗量

(1) 個々の人工臼歯の摩耗量は金属臼歯が最も少なく、ついで陶材人工臼歯、レジン人工臼歯の順に多かった。

(2) 金属臼歯のみの摩耗量は対合人工臼歯が金属臼歯の場合最も多く、ついでレジン人工臼歯、陶材人工臼歯の場合の順に少なかった。

(3) 各組み合わせにおける摩耗量の和は、金属臼歯対レジン人工臼歯が最も多く、ついで金属臼歯対陶材人工臼歯、そして最も少ないのが金属臼歯対金属臼歯であった。

(4) 金属臼歯対既製人工臼歯の組み合わせにおいては、金属臼歯を上部試料にしても、下部試料にしても摩耗量には有意差は認められなかった。

2) 高さの摩耗量

(1) すべての組み合わせにおいて高さの摩耗は初期に比較的大きく生じた。

(2) 金属臼歯対陶材人工臼歯、および金属臼歯対レジン人工臼歯の組み合わせにおいては、組み合わせを上下変えても、その高さの摩耗量には有意の差は認められなかった。

(3) すべての測定時点で金属臼歯対陶材人工臼歯の組み合わせは、金属臼歯対レジン人工臼歯より有意に高さの摩耗量は小さい値を示した。

(4) 50,000 回での高さ摩耗量は金属臼歯対陶材人工臼歯の組み合わせが最も少なく、ついで金属臼歯対金属臼歯の組み合わせ、そして金属臼歯対レジン人工臼歯の組み合わせが最も大きかった。

本研究の結果から、金属臼歯にレジン人工臼歯を咬合させると、他の場合より全体的に咬合面摩耗は生じやすく、しかも主としてレジン人工歯部

分に生じるので、早目にそれを正す必要があることが示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤な指導と校閲を賜りました林都志夫教授に深甚なる謝意を表します。また、種々ご教示をいただきました長尾正憲助教授に厚くお礼申し上げます。本研究の完成には長友辻喜之君の援助によるところがはなはだ多く、感謝の意を表します。また日頃より種々ご援助下さいました教員各位、ならびに試料の製作に関しご協力いただきました而至歯科工業㈱に感謝の意を表します。

本論文の一部は昭和 58 年 6 月、日本補綴歯科学会関東支部学術大会において発表した。

文 献

- 1) Boddicker, V. S.: Abrasion tests for artificial teeth. J. Am. Dent. Assoc. 35: 793-797, 1947.
- 2) Myerson, R. L.: The use of porcelain and plastic teeth in opposing complete dentures. J. Prosthet. Dent. 7: 625-633, 1957.
- 3) 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: 56-60, 1962.
- 4) Monasky, G. E., Taylor, D. F.: Studies on the wear of porcelain, enamel and gold. J. Prosthet. Dent. 25: 299-306, 1971.
- 5) 鳥越耕二: 人歯エナメル質と陶材との摩耗に関する基礎的研究. 補綴誌 24: 29-40, 1980.
- 6) 渡辺文彦, 他: ブラッシングによるマージンの変化に関する研究. 補綴誌 24: 506-525, 1980.
- 7) 高桑雅宣, 他: 歯冠修復用合金のブラッシング摩耗に関する研究. 補綴誌 27: 689-698, 1983.
- 8) 藤井孝一: 歯科用レジンの耐摩耗性に関する基礎的研究. 補綴誌 27: 168-172, 1983.
- 9) Skinner, E. W., Lasater, R. L.: Abrasion of dental gold alloys. J. Dent. Res. 21: 103-106, 1942.
- 10) 鈴木義彦, 糟谷唯男: レジンの硬度と磨耗についての一考察. 歯材器誌 2: 19-21, 1953.
- 11) Cornell, J. A., et al.: A method of comparing the wear resistance of various materials used for artificial teeth. J. Am. Dent. Assoc. 54: 608-614, 1957.
- 12) 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の摩耗について. 口病誌 40: 404-419, 1973.

- 13) 田代 安：歯科用レジンの耐摩耗性改良に関する研究. 歯材器誌 31 : 269-287, 1974.
- 14) Harrison, A. : Wear of combinations of acrylic resin and porcelain on an abrasion testing machine. J. Oral Rehabil. 4: 111-115, 1978.
- 15) 木村 博, 他 : 複合人工歯の摩耗に関する研究. 歯材器誌 35 : 86-94, 1978.
- 16) 池下辰次郎 : 合成樹脂の耐摩耗性の向上について. 歯材器誌 1 : 16-19, 1952.
- 17) Thomson, J. C. : Attrition of acrylic teeth. Dent. Pract. Dent. Rec. 15 : 233-236, 1965.
- 18) 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.
- 19) Morrow, R. M., et al. : Dental laboratory procedures vol. 1 (complet dentures). 185-208 : Mosby, St. Louis. 1980.
- 20) 小林賢一 : 全部床義歯の咀嚼時における咬合接触の動態. 補綴誌 27 : 150-167, 1983.
- 21) 遠藤吉郎 : 表面工学. 63-101, 養賢堂, 東京. 1976.
- 22) 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 衝撃滑走摩耗試験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.
- 23) 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.
- 24) Mehringer, E. J. : Physiologically generated occlusion. J. Prosthet. Dent. 30 : 373-379, 1973.