人歯エナメル質と陶材との摩耗に関する基礎的研究

鳥 越 耕 二

A Basic Study of the Abrasion of Enamel and Porcelain

Koji Torigoe

<目 次>

第1章 緒 言

第2章 実験材料および方法

第1節 実 験 材 料

1. 唇面エナメル質試料の製作
2. 陶材試料の製作

第2節 実 験 方 法

1. 摩 耗 試 験 機
2. 摩耗量表示方法
3. 測 定 時 期
4. 摩耗表面の観察
 - 1) 表 面 あ ら さ
 - 2) 走査型電子顕微鏡による観察

第3章 成 績

第1節 摩 耗 量

1. 陶材基準試料対陶材被験試料
2. 陶材基準試料対エナメル質被験試料
3. エナメル質基準試料対陶材被験試料
4. エナメル質基準試料対エナメル質被験試料

第2節 表 面 あ ら さ

第3節 走査型電子顕微鏡による観察

1. 陶材被験試料の摩耗表面
2. エナメル質被験試料の摩耗表面
3. 抜去歯咬耗面の観察

第4章 考 察

第5章 結 論

第1章 緒 言

近年、臨床補綴において金属焼付陶材冠による修復物の占める割合は増加の一途をたどり、最近では前歯部のみならず臼歯部においてもフルベークタイプの金属焼付陶材冠が頻繁に使用されるようになってきている。会田¹⁾は、臼歯部フルベークタイプの架橋義歯でもその対合接触状態を人歯同様に回復できると述べたが、同時に、またこの対合接触状態が経時的にどのように変化していくかについての検討が必要であることを示唆した。

陶材は、現在使用されている修復材料のうちでは最も硬度の高い材料であり、その製作方法も術者により様々である。2つの物質が荷重を受けて相対運動を行う時、そこには必然的に摩耗という現象が発生し、その摩耗量

は使用された材料間の物理的諸性質により大きく影響される。このような状況において、新たに構成された咬合関係が、経時的にも安定し恒常性を保つということはきわめて重要である。摩耗が過度に進行すると、咬合関係の不調和を引き起こす原因となるばかりでなく、前歯においては審美性がそこなわれる恐れがある。

そこで人歯と陶材との間に生じる摩耗現象について解明することは臨床上きわめて重要な課題の1つと考える。

従来からこのような目的で修復材料間²⁻⁴⁾および歯ブラシによる摩耗⁵⁻⁷⁾に関する研究が報告されているが、人歯と金属焼付陶材との間の摩耗に関しては Monasky⁸⁾の研究があるのみである。

そこで著者はこの点に着目し、金属焼付陶材冠が口腔内に装着され、対合歯のエナメル質、あるいは金属焼付陶材冠と接触滑走した場合に、どのような摩耗状態を示すかについて究明する一手段として基礎実験を行った。すなわち、人歯と金属焼付陶材との間に生じる摩耗量の測定、表面あらさの測定および走査型電子顕微鏡での摩

日本大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻（指導：中澤靖教授）

Nihon University Graduate School of Dentistry, Major in Prosthodontics (Director: Prof. Yasushi Nakazawa)
昭和54年11月12日受付

図 1 人歯エナメル質試料

耗表面の観察とである。

第 2 章 実験材料および方法

第 1 節 実験材料

本実験に使用した材料は、人歯エナメル質（以後、エナメル質と称す。）と金属焼付用陶材とであり、それぞれについて被験試料と基準試料とを製作した。

1. 唇面エナメル質試料の製作

試料は、本学口腔外科において抜去された比較的新鮮な上顎中切歯について、まず唇面エナメル質の厚さをレントゲン撮影し、さらに実験に必要な広さ（近遠心的に約 5 mm，歯牙長軸的に約 7 mm）の平滑面が得られる唇面形態であることを目安として選択したもの 32 本である。次に、これらの唇面エナメル質をパラレロメーター（Metaux Precieux 社製マイクロパラレロメーター MP 68）を利用し、所定の平滑面が得られるように削合、研磨した。最終仕上げはガラス板を使用して行った。さらにその表面のあらさおよび硬度についても計測した。表面あらさは表面あらさ試験機（東京精密社製サーフコム 30 B）で計測し、 $0.4 \pm 0.1 \mu$ (Hz) であった。また、その表面の硬度をビッカース硬度計で測定し、 310 ± 10 Hv であった。半数の 16 本をエナメル質被験試料（図 1 A）とし、残り 16 本を図 1 B に示すように人歯唇面に形成された平滑面に対し、垂直方向に直径 3.0 mm，高さ約 2 mm の円柱状態を賦与し、これをエナメ

図 2 陶材試料

ル質基準試料とした。

それらのうち、被験試料、基準試料各 6 本について電子顕微鏡観察用の試料とした。

人歯は抜歯後、直ちに水中に保存し、試料の製作およ

表 1 実験の組合せ

基 準 試 料	被 験 試 料
陶 材 16 (6)	陶 材 8 (3)
	エナメル質 8 (3)
エナメル質 16 (6)	陶 材 8 (3)
	エナメル質 8 (3)

数値は各試料総数を示し、()の数値はその
円の電顕用試料数である。

び実験時においても可及的に湿潤状態を保つように留意した。

2. 陶材試料の製作

陶材試料は、金属焼付用陶材 Vita VMK 68 のエナメル質陶材 558 と松風社製金属焼付用メタル Extra Hard とを使用し、試料製作にあたっては佐藤ら⁹⁾の製作方法に従った。その後、パラレロメーター上で陶材部を、直径約 7 mm、厚さ約 2 mm の陶材被験試料 (図 2 A) と、直径 3.0 mm、厚さ約 2 mm の陶材基準試料 (図 2 B) とをそれぞれ 16 本ずつ調製した。これらの実験面の最終仕上げはエナメル質試料と同様な方法で行い、平滑面を得た。これらの面の表面あらさは $0.4 \pm 0.1 \mu$ (Hz) であった。また、表面の硬度は 520 ± 10 Hv であった。

第2節 実験方法

摩擦実験は、繰り返し往復滑走摩擦運動によるものとした。その摩擦量を知るには大別して2つの方法がある。1つは2つの試料間の相対的摩擦量をそれぞれについて同時に測定する方法であり、他の方法はある一定の基準試料に対する各種の被験試料の摩擦量を測定し、比較する方法である。今回著者が行った実験方法は後者である。すなわち、エナメル質および陶材に一定の形態および滑走面積を与えた基準試料を、エナメル質および陶材の被験試料に滑走させて摩擦試験を行った。

実験は表1の組合せで行った。

1. 摩擦試験機

摩擦試験には、増原ら¹⁰⁾の考案した MH 衝撃滑走式摩擦試験機を用いた。これは咀嚼の基本運動と考えられる垂直運動と側方滑走運動に相応する2つの運動機能を有している。本実験においては陶材およびエナメル質の試料が小さく、試験片が実験中に破砕する危険が伴うことと、さらに摩擦機構を単純化するために押し上げカムを除去し、純粹な滑走運動のみの摩擦試験機として使用した。この試験機には、試料をとりつける上部および下部試験片とりつけ器があり、下部試験片とりつけ器が常に

図 3 試料の固定

滑走体となり、2.0 mm の範囲を水平に往復滑走する機構となっている。試験片とりつけ器への各試料の固定は図3に示すようである。すなわち、エナメル質試料については即時重合レジンとモデリングコンパウンドによって (図3 A)、また、陶材試料については特に製作した金属アダプターによって固定した (図3 B)。固定にあたっては各試料の平滑面がとりつけ器の上縁と平行になるように、また被験試料と基準試料との平滑面が密着するように、それぞれの試験片をとりつけ器に固定した。

摩擦試験は、荷重 300 g、摩擦速度 60 回/分、水平滑走距離 2.0 mm、装置内室温 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、装置内湿度 80~90%、介在物として精製水を滴下して行った。

2. 摩擦量表示方法

摩擦量の測定には東京精密社製表面あらさ試験機サーフコム 30B を用いた。滑走方向に対し直角な摩擦面の縦断形態を縦倍率 1,000 倍、横倍率 5 倍で拡大、再現し、摩擦開始前の同一部位での試料の被験面に対して、次項で述べる各測定時期における最大摩擦深さ (単位 μmm) で表わし、摩擦量とした。

- XY : 基準試料の中心Oを通る滑走方向
 A : Oを通り, XYに対し直角に交わる直線
 B : 基準試料が滑走運動方向に2.0mm動いた時の中心O'を通り,
 XYに対し直角に交わる直線
 C : AとBの中点を通る直線
 P,Q : A上の標識点
 R,S : B上の標識点
 T,V : C上の標識点

図4 摩耗量測定方法の原理図

測定部位は図4に示す。すなわち、滑走方向をXYとし、基準試料の中心Oを通り、このXYに対し直角に交わる線をAとする。同様に基準試料が2.0mm滑走した時の中心O'を通る線をB、OO'間の中点を通る線をCとする。このA、B、Cのそれぞれの線上に2点の標識点を設け、それぞれP、Q、R、S、T、Uとした。測定にあたっては、あらさ試験機の針先が標識点PとQ、RとS、TとU間をそれぞれ通過するように試料を固定し行った。予備実験の結果、標識点TとU間において常に最も大きな摩耗量を示したので、測定は全て標識点TとU間で行った。

3. 測定時期

上記の摩耗量の測定は、摩耗回数5,000, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000, 60,000, 70,000, 80,000, 90,000, 100,000回の各時点で、各試料それぞれ5回行い、その平均値を求め測定値とした。

4. 摩耗表面の観察

摩耗表面の観察には、その表面あらさの測定および走

査型電子顕微鏡による観察を併せ行った。

1) 表面あらさ

表面あらさの測定においても、標識点TとU間において、縦倍率1,000倍、横倍率50倍、cut off値0.8mmであらさ波形を得た。あらさの表示は10点平均あらさHzとした。

表面あらさの測定は摩耗量測定時点と同一時点において5回行い、その平均値をもって測定値とした。

2) 走査型電子顕微鏡による観察

走査型電子顕微鏡による観察のためには試料の脱水、coating等を行わなければならない。そのために同一試料で最後まで観察することは不可能となる。したがって摩耗試験とは別に各摩耗回数ごとに試料を作製し観察を行った。すなわち走査型電子顕微鏡による観察では、摩耗回数0回、5,000回、50,000回の各時点で行い、摩耗試験終了後28kHzで超音波洗浄を行ったのち、ethanol列で脱水、自然乾燥を行い、エナメル質および陶材試料の観察面にgold-palladiumによるion sputter coating

表 2 摩耗量

基準 試料	被験 試料	回数 ($\times 10^4$)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
陶 材	陶 材		4.9 (0.6)	6.7 (0.6)	9.3 (0.4)	11.6 (0.9)	13.6 (0.8)	15.5 (0.8)	17.2 (1.2)	18.8 (1.7)	19.8 (2.2)	21.3 (3.0)	24.0 (3.2)
	エナメル質		0.5 (0.1)	0.6 (0.1)	0.8 (0.1)	1.0 (0.1)	1.5 (0.3)	1.6 (0.4)	1.9 (0.4)	2.6 (0.8)	3.1 (0.5)	3.5 (0.6)	3.8 (0.5)
エナ メル 質	陶 材		3.7 (0.9)	5.4 (0.9)	8.9 (0.9)	12.4 (0.5)	14.6 (0.6)	16.8 (1.4)	19.9 (1.4)	22.4 (1.6)	23.8 (1.7)	25.0 (2.4)	26.7 (2.3)
	エナメル質		4.1 (0.3)	5.5 (0.4)	6.5 (0.8)	7.2 (0.7)	7.9 (0.5)	8.8 (0.3)	9.4 (0.4)	10.0 (0.3)	10.7 (0.5)	11.4 (0.4)	12.0 (0.5)

単位 μmm ()内はS.D.

図 5 摩耗量

を施した。使用した走査型電子顕微鏡は、日立 HHS-2R 走査電子顕微鏡で加速電圧 20 kV で、倍率 100 倍、500 倍、2,000 倍で観察した。

ちなみに、本実験におけるエナメル質の摩耗面との比較のために、抜去歯エナメル質の摩耗面の走査型電子顕微鏡による観察をも併せ行った。

第 3 章 成 績

第 1 節 摩耗量

摩耗量の成績は表 2 および図 5 に示した通りである。

1. 陶材基準試料対陶材被験試料

陶材基準試料に対する陶材被験試料の摩耗量は、5,000 回で 4.9μ であり、以後 10,000 回から 100,000 回までは $0.8 \sim 2.7 \mu$ の範囲で増加し、100,000 回で 24.0μ であった。

2. 陶材基準試料対エナメル質被験試料

陶材基準試料に対するエナメル質被験試料の摩耗量は、5,000 回で 0.5μ であり、以後 10,000 回から 100,000 回まで $0.1 \sim 0.6 \mu$ の範囲で増加し、100,000 回で 3.8μ であった。

1 の成績と 2 の成績とのそれぞれの摩耗量を比較して

みると、前者は後者の7~10 倍の摩耗量を示している。

3. エナメル質基準試料対陶材被験試料

エナメル質基準試料に対する陶材被験試料の摩耗量は、5,000 回で 3.7μ であり、以後 10,000 回から 100,000 回まで $1.2\sim 3.5\mu$ の範囲で増加し、100,000 回で 26.7μ であった。

4. エナメル質基準試料対エナメル質被験試料

エナメル質基準試料に対するエナメル質被験試料の摩耗量は、5,000 回で 4.1μ であり、以後 10,000 回から 100,000 回まで $0.5\sim 1.3\mu$ の範囲で増加し、100,000 回で 12.0μ であった。

3 の成績と 4 の成績とのそれぞれの摩耗量を比較してみると、前者は後者の約 2 倍の摩耗量を示している。

すなわち、摩耗量は総体的には陶材に対しエナメル

質の場合が、最も少なかった。

第2節 表面あらさ

表 3 表面あらさ

基準 試料	被験 試料	回数 ($\times 10^4$)			
		0	0.5	1 ~ 10	
陶 材	陶 材	0.4	1.6 (0.2)	1.5 ~ 2.1 (0.6) (0.3)	
	エナメル質	0.4	1.0 (0.2)	0.9 ~ 2.0 (0.3) (0.3)	
エナ メル 質	陶 材	0.4	1.2 (0.3)	1.5 ~ 2.9 (0.3) (0.9)	
	エナメル質	0.4	1.2 (0.1)	1.0 ~ 2.4 (0.3) (0.3)	

単位 $\mu\text{mm}(\text{Hz})$
() 内は S.D.

A

A 1 ($\times 100$)

A 2 ($\times 500$)

A 3 ($\times 2000$)

B

B 1 ($\times 100$)

B 2 ($\times 500$)

B 3 ($\times 2000$)

C

C 1 ($\times 100$)

C 2 ($\times 500$)

C 3 ($\times 2000$)

図 56 陶材被験試料

D

D 1 (×100)

D 2 (×500)

D 3 (×2000)

E

E 1 (×100)

E 2 (×500)

E 3 (×2000)

F

F 1 (×100)

F 2 (×500)

F 3 (×2000)

図 7 エナメル質被験試料

G

G 1 (×100)

G 2 (×500)

G 3 (×2000)

図 8 抜去歯咬耗面

各摩耗回数時の試料の表面あらさの成績は、表3に示した通りである。

摩耗実験開始前のすべての試料表面 あらさは $0.4 \pm 0.1 \mu$ である。陶材基準試料ならびにエナメル質基準試料に対する陶材被験試料の表面あらさは、5,000回でそれぞれ $1.6, 1.2 \mu$ を示し、以後10,000回から100,000回までそれぞれ $1.5 \sim 2.1 \mu, 1.5 \sim 2.9 \mu$ の範囲でその表面あらさが変化している。

陶材基準試料ならびにエナメル質基準試料に対するエナメル質被験試料の表面あらさは、5,000回でそれぞれ $1.0, 1.2 \mu$ を示し、以後10,000回から100,000回までそれぞれ $0.9 \sim 2.0 \mu, 1.0 \sim 2.4 \mu$ の範囲でその表面あらさが変化している。

第3節 走査型電子顕微鏡による観察

陶材被験試料の摩耗面は、基準試料が陶材、エナメル質いずれの場合においても、きわめて類似した表面像を呈した。また、エナメル質被験試料の摩耗面も、基準試料の別にかかわらず同様な表面像を呈した。

1. 陶材被験試料の摩耗表面

図6に示すように、Aは実験開始前の試料表面、Bは摩耗回数5,000回およびCは50,000回での走査型電子顕微鏡像である。

A1($\times 100$)においては、かなり平滑で均一な試料表面を呈しているが、陶材焼成時のものと思われる比較的大きな気泡(a)が点在している。A2($\times 500$)では、全体像としての表面は比較的平滑であるように思われるが、小さな凹窩(b)が多数認められる。A3($\times 2,000$)では、比較的深い不規則な小窩(c)の点在する粗造な面が認められる。

B1($\times 100$)においては、摩耗によって平滑になった部分(d)が滑走方向にそって認められる。B2($\times 500$)、およびB3($\times 2,000$)では、対向試料が接触滑走してきた平滑面(e)と本来存在していた粗造な面(f)の境界部で、摩耗によって陶材がチップングされてできた鋭利な刃状部(g)が認められる。この刃状部は、滑走方向に対しほぼ直角な方向でできている。この像は摩耗開始前の試料面には認められない。

C1($\times 100$)においては、摩耗によってできた平滑面(h)がかなり広範囲に認められるが、摩耗方向にそった粗造面(i)も観察される。C2($\times 500$)では、摩耗によってできた面がきわめて平滑な面(j)を呈しているが、陶材のチップング現象によってできた粗造面(k, l)も見られる。C3($\times 2,000$)は、激しいチップング

によって出来た刃状面(m)であり、この刃状面の走向はすべて滑走方向に対してほぼ直角である。陶材はこのチップングによって破壊されていくという現象を如実に示している。

2. エナメル質被験試料の摩耗表面

図7に示すように、Dは実験開始前の試料表面、Eは摩耗回数5,000回およびFは50,000回での走査型電子顕微鏡像である。

D1($\times 100$)、D2($\times 500$)、D3($\times 2,000$)においては、試料面はかなり平滑であるが、試料作製時のものと思われる線状痕(n)が数多く見られ、それらはほぼ一定方向に認められる。

E1($\times 100$)においては、実験開始前の平滑な面が失われ、滑走方向にそってちいさく剝離してウロコ状となった粗造面(o)として観察される。E2($\times 500$)では、この粗造面がやや平滑な部分(p)とはっきりとしたウロコ状に認められる部分(q)が認められるが、やや平滑な部分でもわずかの凹凸が認められる。また両者の境界部には、大きく剝離した像(r)が認められる。この剝離像は繰り返し摩耗による凝着現象によるものと考えられる。E3($\times 2,000$)では、この状況がより明確に観察される。

F1($\times 100$)においては、滑走方向に平行に摩耗された平滑な面(s)と摩耗による粗造面(t)とが混在している。F2($\times 500$)では、摩耗によってできた平滑面(u)が広範囲に認められるが、集中的に荷重が加わったと思われる部位には、繰り返し摩耗による一層の表面の剝離状の像(v)が認められる。この像はE2、およびE3で認められた大きな剝離像と異なり、剝離した部分がさらに大きく明瞭になっている。F3($\times 2,000$)では、この剝離像がより一層明瞭に認められる。この剝離の現象は走査型電子顕微鏡観察時のエッジ効果により確認できる。

3. 抜去歯咬耗面の観察

抜去歯エナメル質の咬耗面の走査型電子顕微鏡像は図8に示すとおりである。本試料は40歳男性の上顎第2小臼歯の舌側咬頭内斜面に存在した咬耗面である。

G1($\times 100$)においては、全体像としてはほぼ平滑であるが、その表面には深く長い線状痕(w)が存在し、それらは一定の方向性を示している。G2($\times 500$)では、平滑面の中に浅い、多数の不規則な線状痕(x)が認められるが、本摩耗実験の図E、Fで観察されたような剝離層は見られない。G3($\times 2,000$)においても、その面はほぼ平滑でなだらかな線状痕(y)が存在する

のみで剝離層は見られない。

第 4 章 考 察

人歯あるいは修復物は、咀嚼運動を主体とした接触滑走、閉口時の衝突によって生じる表面構造の破壊、歯ざしりやかみしめ、人為的な歯ブラシおよび歯磨剤により、必然的に摩耗現象が生じてくる。このような口腔領域での摩耗の主役は、ひっかき摩耗と凝着摩耗¹¹⁾であると思われる。

従来から修復材料間の摩耗に関しては多くの研究が報告されているが、修復材料と人歯との間での摩耗に関する研究は補綴上きわめて重要であるにもかかわらず少ない。

そこで著者は今回、人歯エナメル質と陶材との間での摩耗の様相を明らかにする目的で基礎実験を行った。

人歯エナメル質を試料として使用するためにはエナメル質が厚く存在し、かつエナメル質にかなりの広さの平滑面が必要となる。したがって本実験では上顎中切歯の唇側エナメル質を利用することにした。

一般に摩耗量の表示方法には、重量減法¹²⁾、トレースあるいは写真撮影によるシルエット法^{13,14)}、ラジオアイソトープ法^{15,16)}、表面あらさ計による表面プロファイル法^{17~20)}などが採用されている。本実験では、表面あらさ計を使用し摩耗面の形態を再現して、摩耗実験前の試料面からの最大摩耗深さで表わす表面プロファイル法を用いることにした。

一般に、摩耗実験においては、摩耗の初期には摩耗量の増加率が大きい、時間の経過とともに次第に減少して、ある時点で定常摩耗の状態に達する¹¹⁾ことは広く認められている。今回著者の実験においても、図 5 に見られるように各々の組合せにおいて、0 回から 5,000 回で急激な摩耗量の増加を示し、5,000 回から 100,000 回まではほぼ直線的な摩耗量を示した。したがって、5,000 回までは初期摩耗で、5,000 回から 100,000 回までは定常摩耗を示しているものと思われる。

実験結果を総括してみると、陶材基準試料に対する摩耗量は陶材被験試料の方がエナメル質被験試料よりも大きく、エナメル質基準試料に対する摩耗量は陶材被験試料の方がエナメル質被験試料よりも大きかった。また、陶材と陶材、エナメル質とエナメル質相互間における摩耗量を比較してみると、陶材どうしの方が大きかった。

しかし、Monasky⁸⁾ らは、エナメル質、陶材および

ゴールド Type III のそれぞれに同じ試料形態を施し、それぞれの組合せにおける摩耗実験を行い、その相対摩耗量を重量減法により表わしているが、その結果、人歯は陶材の 4~8 倍の摩耗量であり、また、人歯間の摩耗量は陶材間の摩耗量の 4~9 倍であったとしている。すなわち、人歯は陶材よりも常に大きな摩耗量を示している。このことは著者の実験結果とは相反しているが、Monasky らの実験においては、詳細な実験条件が不明であり、また、測定方法が異なるので、直ちに比較することは困難である。

表面あらさが摩耗量におよぼす影響について、水野²¹⁾ は表面あらさの大きいほど摩耗量が増大することを報告しており、E. Finkin²²⁾ は、同じ材質を組合せた場合の摩耗において、初め両者の摩耗面をどんなになめらかに仕上げて、摩耗の進行につれて表面あらさが大となり、摩擦条件に応じたある一定のあらさに近づくことを報告している。

本実験においても、すべての組合せにおいて、摩耗実験開始前の試料面の表面あらさは $0.4 \pm 0.1 \mu$ から、初期摩耗の時期である 5,000 回で表面あらさは 2~4 倍に増加し、以後、定常摩耗を示す 100,000 回まで著しい変化はなく、ほぼ一定のあらさを示す傾向にあり、摩耗量についても 5,000 回で、摩耗量の著しい増加率を示し、以後 100,000 回までは、徐々に増加する傾向を示す。

本実験における試料面を走査型電子顕微鏡で観察すると、陶材被験試料の摩耗面は基準試料がエナメル質、陶材の別なく同様の摩耗様相、すなわち、チップング現象を主体とした摩耗が観察された。

工業界で使用される切削工具であるセラミックバイトの刃先の摩耗に関する研究^{23~26)} では、セラミックの摩耗はチップングが主因であると報告されている。今回の著者の実験においてもこれと同様な結果が得られた。すなわち、陶材は硬度は高いが脆性物質であるためと思われる。

一方エナメル質被験試料における摩耗面の観察では、基準試料が陶材でもエナメル質でも同様な摩耗様相を示した。すなわち、エナメル質被験試料の試料面は、繰り返し摩耗による表面の凝着による剝離現象を主体とした摩耗であった。このエナメル質の摩耗面の剝離層は、Skinner ら²⁷⁾ がエナメル質も研磨により金属のつや出しの時にできる Beilby 層に相当するようなものができるらしいと述べていることと符合しているとも考えられる。しかし、抜去歯におけるエナメル質の咬耗面を同様に観察した結果、どの歯においても、その表面は滑沢

で、顎運動の方向を思わせるほぼ一定方向の線状痕が存在するのみで、本実験でみられたような凝着剝離層は見られなかった(図8)。また、本実験における摩耗実験開始前のエナメル質の表面は、平滑にするために研磨を行っているが、この段階では凝着剝離層は見られない。したがって本実験における実験条件は滑走速度、摩耗回数、荷重などの点で口腔内とは異った条件であったかもしれない。

日常の臨床において、口腔内に装着された陶材冠により対合歯である人歯や金属冠が陶材冠よりも極端に摩耗されている症例にしばしば遭遇する。しかし、本実験においては、エナメル質よりも陶材の方が大きな摩耗量を示した。この相反する現象は人歯の場合には陶材と接触滑走した部位がエナメル質だけでなく、象牙質の一部が露出していたかもしれない。一方、金属冠の場合には、陶材に比べ硬度が極端に劣り、さらに金属の持つ展延性により初期の形態が失われていくものと思われる。

一般に機械部品の摩耗対策の1つとして、同じ材質を組合わせるよりも、硬度の異った材質を組合わせ、硬い方の表面をできるだけなめらかに仕上げておくことが必要である¹¹⁾と言われているように、臨床においても硬い材料である陶材の表面はできるだけ滑沢に仕上げなければならないものと考えらる。

第5章 結 論

本実験は人歯エナメル質と金属焼付用陶材との間の摩耗様相を解明するための基礎実験である。

エナメル質および陶材に一定の形態を賦与した基準試料に対するエナメル質および陶材のそれぞれの被験試料の摩耗量を測定した。摩耗試験機には MH 衝撃滑走式摩耗試験機を滑走運動のみの摩耗試験機として用いた。摩耗量の表示は摩耗開始前の試料面からの最大摩耗深さとした。測定は摩耗回数 0, 5,000, 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000, 60,000, 70,000, 80,000, 90,000, 100,000 の各時点で行った。

さらに、被験試料の摩耗表面について、表面あらさの測定と走査型電子顕微鏡による観察を行い、以下の結論を得た。

1. 陶材基準試料に対する陶材被験試料との間の摩耗量は、陶材基準試料に対するエナメル質被験試料との間の摩耗量よりも大きい。
2. エナメル質基準試料に対する陶材被験試料との間の摩耗量は、エナメル質基準試料に対するエナメル

質被験試料との間の摩耗量よりも大きい。

3. 陶材相互の摩耗量は、エナメル質相互の摩耗量よりも大きい。
4. 摩耗量の増加率は初期の 5,000 回までが最も著しく、以後 100,000 回までは、徐々に増加をする傾向を示す。すなわち、定常摩耗を示した。
5. 表面あらさの変化は、各被験試料において初期の 5,000 回までが最も大きく、以後大きな変化は見られない。
6. 走査型電子顕微鏡による観察によって、陶材はチッピング現象を主体として摩耗が進行していくように見られた。また、エナメル質は繰り返し摩耗による表面の凝着による剝離現象を主体として摩耗が進行していくように見られた。

本研究の要旨は昭和 52 年 5 月 22 日第 29 回日本大学歯学会総会において、発表し、会誌に抄録を掲載した。

稿を終るにあたり、本研究に際して終始懇篤なご指導およびご校閲の労をおとり下さった中澤靖教授、またご専攻の立場からご指導を賜わった日本大学理工学部深海繁教授、桐原二男教授ならびに電子顕微鏡写真撮影のためご指導を賜わった本学解剖学教室の諸先生に深く感謝の意を表します。併せて日頃ご助言ご鞭撻をいただいた佐藤友彦講師、会田卓久助手、またご協力賜わった而至齒科工業株式会社および本学補綴学教室の諸先生に謝意を表します。

Summary

Recently the number of porcelain fused metal crowns in the field of clinical prosthetics is ever on the way of increase; there sometimes are observed the cases of full based type crowns not only upon front teeth but also on molars.

The present author examined the abrasion of porcelain fused metal crowns against the enamel of the opposing teeth or other by measuring the degrees of abrasion and the surface roughness, and by the observation of abrasion surface by a scanning electron microscope.

As test materials he prepared human enamel and porcelain crowns and measured the amount of abrasion using the same materials against each other. For this purpose, MH Impact Gliding abrasion Machine was employed to examine solely glidation. The indication of the amount of abrasion is by the measurement of the test surface down to the maximum abrasion. The measurement was taken at the point of 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000, 60,000, 70,000, 80,000, 90,000, and 100,000 times of

abrasion.

He also experimented upon the abrasion surfaces of test materials to know the degrees of surface roughness and to observe them with a scanning electron microscope, and obtained the following results;

1. The amount of abrasion against porcelain was greater than enamel in the case when porcelain test material was applied.

2. The amount of abrasion against enamel was greater than enamel in the case when porcelain test material was applied.

3. The amount of porcelain abrasion against porcelain was greater than that of enamel abrasion against enamel.

4. The increase ratio of the amount of abrasion was eminent in the first 5,000 times, and up to 100,000 times it showed a rather modest figure, i.e. the constant abrasion was observed.

5. The change in surface roughness was rapid in any test material up until the first 5,000 times of abrasion and afterwards no eminent change was observed.

6. The observation by a scanning electron microscope revealed that in the cases of porcelain test material abrasion occurred mainly through chipping and that in the case of enamel test material abrasion progressed mainly through exfoliation because of the adhesion of the surface by repetitive abrasive movements.

文 献

- 1) 会田卓久：金属焼付け陶材冠支台装置を施した架橋義歯列における臼歯の対合接触状態に関する研究—下顎左側第1大臼歯欠損の場合について—, 補綴誌, 21(1): 56~66, 1977.
- 2) 平沢忠, 地挽英彦：摩耗からみた人工歯および人工歯冠の組み合わせについて, 歯科時報, 28: 12, 18~23, 1974.
- 3) 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: 2, 19~21, 1955.
- 4) 佐竹義昌, 田中康夫：陶歯とレジン歯間の磨耗についての観察, 歯材器誌, 8: 56~60, 1962.
- 5) 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, 314, 269~287, 1974.
- 6) 大内和憲, 下河辺宏功, 岡田泰紀, 近藤清一郎, 松田浩一, 太田守：天然歯および人工歯の歯ブラシ式摩耗試験機による摩耗について, 日歯保誌, 20: 2, 410~423, 1977.
- 7) 大内和憲, 下河辺宏功, 岡田泰紀, 九津見晃, 長屋圭一, 近藤清一郎, 大川昭治, 松田浩一, 太田守：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
- 8) George E. Monasky, Duane F. Taylor: Studies on the wear of porcelain, enamel and gold, J. Pros. Dent. 25: 3, 299~306, 1971.
- 9) 佐藤友彦, 中沢 靖, 大木一三, 友村忠善, 会田卓久, 笠茂幸嗣, 鳥越耕二, 金子行夫：金属焼付け陶材と各種修復材料との摩耗に関する研究 第1報 金属焼付け陶材の仕上げ表面あらさについて, 補綴誌, 21: 1, 35~49, 1977.
- 10) 平沢 忠, 増原英一, 地挽英彦：MH衝撃滑走式摩耗試験機の試作, 歯理工歯, 15: 31, 96~100, 1974.
- 11) 佐藤健児：金属の摩耗とその対策, 養賢堂：1975.
- 12) Edgar A. Phaneuf, John H. Harrington, A. B. Ashland, Peter P. Dale, Gerald Shkhan: Automatic toothbrush: a new reciprocating action, J. A. D. A., 65: 12~25, 1962.
- 13) Richard S. Manly: Factors influencing tests on the abrasion of dentin by brushing with dentifrices, J. Dent. Res., 23: 59~72, 1944.
- 14) Martin Cordon: Method for Measuring the Abrasion of Dentin by Dentifrices, J. Dent. Res., 50: 491~497, 1971.
- 15) 堅田 進：歯牙磨耗症におよぼす歯磨剤の影響, 歯学, 59: 425~442, 1972.
- 16) Grabenstetter, R. J., Broge, R. W., Jackson, F. L. Radike, A. W.: The measurement of the abrasion of human teeth by dentifrice abrasives: A test utilizing radioactive teeth, J. Dent. Res., 37: 1060, 1958.
- 17) R. S. Ranly, J. Wren, P. J. Manly, R. C. Keene: A Method for Measurement of Abrasion of Dentin by Toothbrush and Dentifrice, J. Dent. Res., 44: 3, 533~544, 1965.
- 18) H. Ashmore: Dental Enamel Abrasion An In Vitro Method Using Interference Microscopy, Brit. Dent. J., 120: 309~314, 1966.
- 19) H. Ashmore, N. J. Van Abbe, S. J. Wilson: The measurement in vitro of dentine abrasion by toothpaste, Brit. Dent. J., 133: 60~66, 1972.
- 20) W. B. Davis, P. J. Winter: Measurement In Vitro of Enamel abrasion by Dentifrice, J. Dent. Res., 55: 970~975, 1976.
- 21) 水野万亀雄：金属の摩耗と摩擦の関係, 精密機械, 27: 7, 6~11, 1961.
- 22) Eugene Finklin: Surface roughness in wear, Wear, 6: 4, 293~302, 1963.
- 23) 奥島啓次, 藤井義也：セラミック工具材料の物理的性質—特に溶着性について—, 日本機械学会論文集, 26: 163, 418~423, 1960.

- 24) 大越 諒, 佐田登志夫, 天野和義: セラミック工具の切削性能第2報セラミック工具の各種被削材への適用性, 日本機械学会論文集, 26: 163, 408~417, 1960.
- 25) 竹山秀彦, 村田良司: セラミック工具の切削性能に関する二, 三の結果, 精密機械, 26: 2, 57~63, 1960.
- 26) A. B. Albrecht: Single-point Turning with Ceramic Tools, Machinery, 91: 193~198, 1957.
- 27) Skinner, E. W., Osborne, J., Copeland, P. L., Fiegel, L. J.: Surface Structure of Enamel and Apatite-a Progress Report, I. A. D. R., 35: 26, 1957.