原 著 論 文

歯冠修復材による咬耗を想定した実験的研究

—実験条件について—

小林 國彦

An Experimental Study of Attrition Caused by Various Restorative Materials —Experimental Conditions—

Kunihiko Kobayashi

Abstract : The purpose of this study was to investigate the experimental conditions of in vitro attrition testing that can predict clinical performance of restorative materials in the occlusal contact area.

The experiments were performed using the sliding abrasion testing machine developed in our department. The upper specimens, made of extracted sound human premolar teeth and a commercial posterior composite resin (Clearfil Photo-Posterior, Kuraray), were made into hemispherical shapes (five each). The lower specimens, made of extracted sound human maxillary anterior teeth, were flattened smooth with emery papers. A load was applied between the upper and lower specimens which were slid in solution under various different conditions. After the specimens were slid a certain number of times under load, wear was evaluated by measuring the width and depth of the lower specimens.

The results showed that there was a considerable difference in the wear of tooth enamel between composite resin to enamel and enamel to enamel in every condition, and that the weight of load, kind of solution, and sliding speed all had an effect on the wear. The cause of this difference remains to be explored. A definite conclusion cannot be drawn due to the insufficient number of experiments, but experimental conditions that were similar to the actual condition in the oral cavity were obtained.

Key words : attrition, wear, experimental condition, posterior composite resin, tooth enamel

I. 緒 言

臼歯用コンポジットレジン¹⁾は咬合力に耐える十分な機械的強度と耐摩耗性を有するとされ、臼歯部の充填修復に用いられてきた。しかし、咬合誘導面のように歯と歯が接触し、滑走するような部位に使用した場合、対合歯のエナメル質や金属を大きく摩耗させることが報告されている^{1,2)}。図1~3は上顎犬歯の切縁の形態を臼歯用コンポ

ジットレジンを用いて形態回復を行った症例である。修復後1年経過した時点で患者が来院したところ、対合歯の下顎犬歯の切縁に大きな咬耗が認められた。このような急激に生じる咬耗はエナメル質とエナメル質、あるいはエナメル質と金属の間ではほとんどみられない。

歯冠修復材による対合歯の摩耗に関してはこれまでも in vivo^{3~8)} と in vitro^{9~24)} の評価が行われてきている。新しい歯冠修復材を臨床応用する際には前もって、その摩耗性に関して安全性を検討しなければならないが、in vivo による評価は長期にわたって行う必要があり、結果として先述のように対合歯である健全歯を大きく摩耗させるようなことがあると、人道的な問題につながる。また、被験者によって咬合力、咬合様式、食習慣、ブラキシズムの習癖

北海道大学歯学部歯科補綴学第二講座（指導：内山洋一教授）
Crown and Bridge Prosthodontics, Hokkaido University School
of Dentistry (Director : Prof. Yoichi Uchiyama)
平成8年4月1日受付

図 1 The patient was 50 years old man. The defect in the cutting edge of his maxillary right canine was observed
50歳の男性の口腔内写真。右側上顎犬歯の切縁部に欠損がみられる

図 2 The defect was restored with posterior composite resin
臼歯用コンポジットレジンを用いて欠損部を修復した

の有無などの条件が異なり、摩耗量の精密な測定も難しく、定量的な統計学的評価は困難である^{25,26)}。一方, in vitro による評価についてはその方法が多くの研究者によって研究されてきているが、摩耗の生じる機構が完全に究明されていない²⁷⁾。このため、歯と歯の直接的な接触によって生ずる摩耗に関しては、臨床において観察されるような状態を再現しているものは少なく、臨床と逆の結果を示すものもある^{9,10,15,20)}。このように、現在でも摩耗の評価方法が確立していないために、歯冠修復材による対合歯の摩耗について正しい情報が得にくく、前述の症例のようなことが起こる場合もある。

そこで、本研究ではエナメル質とコンポジットレジンの間に生じる摩耗について、臨床経験からみた口腔内の摩耗現象に近似した結果が得られるような実験条件を追求することを目的に、検討を行った。

図 3 One year had passed since restoration with composite resin, excessive attrition was observed in the cutting edge of opposing mandibular right canine
コンポジットレジンによる修復後約1年が経過し口腔内、コンポジットレジン修復部と接触滑走する右側下顎犬歯の切縁部に大きな咬耗が認められる

II. 材料および方法

1. 実験装置

摩耗試験装置は口腔内に近い実験条件を設定することができるように新たに設計、製作したものである。摩耗試験機の全体像を図4、構造図を図5に示す。この試験機は上部試料と下部試料との間に荷重を加え、下部試料を運動させることによって摩耗試験を行う。

上部試料台は2個のリニアベアリングによって保持され、スムーズに上下動する。

下部試料台は水槽内に取り付けられており、この水槽ごと上下前後に運動できるようになっている。運動はモーターの回転を垂直用と水平用の2種類のカムによって上下方向と前後方向の往復運動に変換し、カムの形状とその組合せによってさまざまな運動パターンが作り出せるようになっている。

上下試料間に加わる荷重は上部試料のロッドに錘を取り付けることにより設定される。

またモーターの回転を変速プーリーで調節することによって運動のサイクルを1分間に40~80回の範囲で無段階に設定することが可能である。実験は同時に10組の試料について、組み込まれているカウンターによって999,999回までの間で任意の回数で行うことができる(図6)。

2. 試料

上部試料としてヒト健康抜去歯のエナメル質および市販の光重合型臼歯用コンポジットレジン(クラレ社製クリアフィル・フォト・ポステリア)の2種類を用いた。

エナメル質試料は上顎小臼歯の頬側面あるいは舌側面の

クラックのないエナメル質の部分を半径約 3 mm に象牙質を含めてエアタービンを用いて円盤上に切り出し、これを半径約 2 mm の半球状の凹面に成形加工したカーボランダム・ポイントおよび仕上げ用シリコン・ポイントを使用して水中で半径約 2 mm の半球状に仕上げた。

コンポジットレジン試料は透明の常温重合レジンを用いて半径 2 mm の半球状の陰型を作製し、この陰型と透明なアクリル板との間に塩化ビニリデンの薄膜（旭化成社製サランラップ）を離型材としてクリアフィル・フォト・ポストリア（製造番号：HPS 1013）を填入し、咬合圧計を組

図 4 Wear-testing machine
摩耗試験機の全体像

み込んだクランプを用いて約 30 kgf の圧力を加えた。この状態で陰型を通して至近距離から光照射器（クラレ社製クイックライト）を用いて 20 秒間光照射後、クランプから取り外し、離型材のフィルムを除去し、さらに光照射器（クルツァー社製トランスルックス EC）を用いて 1 分間光照射した。

これらの半球状試料を接着性レジン（エナメル質試料はサンメディカル社製スーパーボンド、コンポジットレジン試料はクラレ社製パナピア EX）を用いて直径 5 mm 長さ 20 mm のステンレス・スチール製のロッドに接着し、これをさらに上部試料台に適合する常温重合レジン製（松風社製トレレジン）のブロックに水平面に対して垂直になる方向で植立した（図 7）。

下部試料はできるだけ広い平面を確保するために、ヒト上顎前歯の健全抜去歯を用いた。これを常温重合レジン（ジーシー社製オルソファースト）を用いて唇面を露出さ

図 6 Schematic representation of wear-testing
摩耗試験の模式図

図 5 Schematic representation of wear-testing machine
摩耗試験機の構造図

図 7 Upper specimens which were made into hemispherical shape of 4 mm in diameter (left : human enamel, right : composite resin)
上部試料 (左: ヒト・エナメル質, 右: コンポジットレジン)

図 8 Lower specimens which was extracted human sound maxillary anterior teeth shaped flat with emery papers (left : without cushion used as the periodontal ligament, right : with cushion)
下部試料 (左: クッションなし, 右: クッションあり)

表 1 Experimental conditions
実験条件

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
下部試料の運動パターン(mm)	3×5	○										
	3×1		○	○	○							
	3×0					○	○	○	○	○	○	○
荷重(kgf)	1.0	○	○	○	○	○	○					
	0.5							○	○	○	○	○
溶液	水道水	○	○	○					○			○
	0.8% アルギン酸ナトリウム				○	○		○		○	○	
	1.0% CMC ナトリウム						○					
クッション				○	○	○	○	○	○		○	○
運動のサイクル(回/分)	40										○	○
	80	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

せて包埋し、唇面を歯軸方向に 5 mm 以上、近遠心方向に 3 mm 以上の大きさで、エナメル質ができるだけ厚く残る範囲で、耐水ペーパーの 1500 番までを用いて平板状に仕上げた。そして、この研磨面が水平に露出するよう、下部試料台に適合するように製作したレジン製のブロックに常温重合レジン（ジーシー社製ユニファースト）を用いて固定した（図 8）。

後述の歯根膜による衝撃の緩衝作用を考慮した実験条件では、別に作製した常温重合レジン製の皿状のトレーと下部試料の間に、シリコーン印象材（東芝社製トシコン・レギュラー）の厚さが周囲で 1 mm、底部で 3 mm になるように規定した。そして、このトレーを常温重合レジンを用いて下部試料用レジンブロックに固定した。

3. 摩耗試験の条件

実験条件はこれまでの実験的研究を参考に以下の 5 項目についてそれぞれ 2~3 種類設定し、実験結果を考慮して、

順次組合せを変化させ、11 種類の組合せについて実験を行った（表 1）。

1) 下部試料の運動パターン

運動パターンとしては咀嚼とブラキシズムを想定した 3 種類を設定した。

2) 荷重

咀嚼圧は介在する食物の種類によってさまざまであり、ブラキシズム時の接触圧は咀嚼時の接触圧よりも大きいとされている。しかし、本実験では上部試料を半径 2 mm の半球状としたことにより、実験の開始段階では接触部分の単位面積当たりの荷重がかなり大きくなることから、その点を考慮して、荷重は 1.0 kgf と 0.5 kgf の 2 種類とした。

3) 溶液

上部試料と下部試料との間に介在する溶液は新鮮なヒト唾液を使用すべきであるが、量的に供給が困難であるため、それに代わるものとして水道水、粘度をヒト混合唾液

図 9 Schematic representation of negative replica used in measurement of wear
摩耗面の計測に使用したレプリカの模式図

と近似させた (粘度 100 cP, 37°C) 0.8% アルギン酸ナトリウム水溶液, および 1.0% CMC ナトリウム水溶液の 3 種類を用意した。

4) クッション (歯根膜要素)

口腔内では咀嚼やブラキシズムなどによる歯牙接触の際に生ずる衝撃や振動を歯根膜が緩衝している。そこでこの歯根膜のクッションとしての作用に代わるものとして下部試料の底部に厚さ 3 mm のシリコン印象材のクッションを接着したもの、しなかったものを用意した。

5) 運動のサイクル

一般的に摩耗試験は咀嚼運動を想定して毎分 60~120 回のサイクルで行われている。そこで本実験でも同様に毎分 80 回とその半分の毎分 40 回の 2 種類を設定した。

4. 摩耗の評価法

試料は各条件につきエナメル質, コンポジットレジンそれぞれ 5 個ずつとした。

条件 1~4 の衝撃滑走摩耗試験の場合は 20 万回, 条件 5~11 の往復滑走摩耗試験の場合は 10 万回終了後, 下部試料の摩耗面を含む表面をシリコン印象材 (ジーシー社製エグザフレックス・インジェクションタイプ) を用いて印象採得を行い, この印象材の形態を 5×10 mm, 厚さが 5 mm で印象面と底面が平行となるように規定し, 陰型レプリカとした。

摩耗量の計測はこのレプリカを万能投影機 (ミットヨ社製モデル PJ 311) を用いて 20 倍に拡大し, 試料台の X-Y テーブルに取り付けたデジタル・マイクロメーターを使用して行った。まず, 最大幅径を反射光で計測した。上部試料は半球状の形態をしているため, 最大幅径を示す部分と最大深さを示す部分は一致する。そこで, 最大幅径を計測後, 万能投影機の試料台の上で, レプリカを最大幅径を示す部分で図 9 に示すように切断し, 得られた 2 つの切片の両側を透過光で 20 倍に拡大して試料の平滑面から摩耗面底部までの深さを計測した。計測は印象材の切片の 1 つの面について 5 回ずつ行い, その平均値をとった。2 つの

切片の 4 つの計測面から得た摩耗面の深さの測定値のなかで最大の値を摩耗面の最大深さとした。そして, 最大幅径と最大深さをもとに摩耗面の断面を円弧と仮定した場合の曲率半径を計算によって求めた。

次に各条件における 5 個の試料について平均値と標準偏差を計算によって求め, 実験結果とした。また, 各測定値は t-検定によって有意差の判定を行った。

なお, すべての試料の計測は同一術者が行った。

III. 結 果

測定結果を図 10, 11 に示す。また, 検定の結果を表 2, 3 に示す。ここで, 最大深さは下部試料の摩耗の程度を示し, 曲率半径は実験前は 2 mm であるため, それよりも大きいほど, 上部試料の摩耗が大きいことを示している。

上部試料としてエナメル質を用いた場合は, 条件 1 では下部試料のエナメル質が非常に大きく摩耗しており, すべての試料で象牙質の露出が観察されたため, 計測は行わなかった。最大深さについては条件 2, 3, 4, 6, 8 では 100 μm を越え, 条件 5, 7 も 90.0 μm , 62.7 μm と大きな値を示した。また, これらは標準偏差も非常に大きく, 条件 6 と条件 7 との間に危険率 5% で有意差が認められた以外には差は認められなかった。条件 9, 10, 11 は他の条件と比較して, かなり小さい値が得られた。しかし条件 9 は平均値と同等の標準偏差があり, ばらつきが大きかった。条件 10, 11 の間には危険率 1% で有意差が認められた。

曲率半径はすべての条件の間に有意差は認められず, 3~6 mm の値を示した。

上部試料がコンポジットレジンの場合は, 最大深さは条件 1 と条件 4 が 30 μm 以上, 条件 2, 3, 5 が 15~25 μm , 条件 6~11 が 10 μm 前後となっており, 条件 1~4 のグループと条件 6~11 のグループの間に危険率 5% あるいは 1% で有意差が認められた。また条件 5 は標準偏差が大きかった。

曲率半径は条件 2, 8, 11 が 10 mm 前後, 条件 4, 7, 9, 10 が 5 mm 前後でありこのグループの間にいくつか有意差が認められた。他はその中間的な値を示した。

上部試料がエナメル質の場合と, コンポジットレジンの場合を比較すると, 条件 11 のみが両者の間に 1% で有意差が認められない以外は, すべての条件で 1% で有意差が認められた。

IV. 考 察

1. 計測方法について

計測方法の問題点はシリコン印象材によるレプリカの精度と測定者による計測の誤差が挙げられるが, 前もって次のような予備実験を行い, 精度の確認を行った。

図 10 The measurements of worn surfaces of lower specimens in case that upper specimens were made of human enamel
上部試料がエナメル質の場合の下部試料摩耗面の計測結果

図 11 The measurements of worn surfaces of lower specimens in case that upper specimens were made of composite resin
上部試料がコンポジットレジンの場合の下部試料摩耗面の計測結果

すなわち、摩耗試験を行った1つの試料から5個のレプリカを作製して、それぞれについて実験と同様の方法で最大幅径および最大深さの計測を5回ずつ行った。また元の試料についても直接最大幅径について同様の方法で計測した。その結果、5個のレプリカによる計測値と元の試料の計測値とを比較すると、レプリカ1~5と元の試料にはt検定、危険率5%で互いに有意差は認められなかった。したがって印象の精度および計測操作は十分に信頼できるものと考えた。

2. 実験材料について

コンポジットレジン試料については同一の材料で成形圧や重合時間などの作製条件を統一しているため、均一な試料が得られているものと考えた。

エナメル質試料は、上部試料として上顎小白歯、下部試料として上顎前歯を用いたが、エナメル質の硬度などについては歯種による差はあまり認められないとされており、個体差や保存法による差が大きいとされている²⁸⁾。実験結果をみると、上部試料がエナメル質の場合は条件1~9において最大深さのC.V.値(標準偏差が平均値に占める割合)が50~110%あり、非常にばらつきが大きい。これは試料

が個体差が大きいとされている天然歯であるうえに、保存期間が一定ではない抜去歯を使用したことによるものと当初は考えた。過去のヒト・エナメル質を使用した実験でも標準偏差が非常に大きいものが多くみられる^{10,14,16)}。しかし、上部試料にコンポジットレジンを使用すると下部試料のエナメル質の摩耗量は最大深さでも、C.V.値が50%を超えるものは1例しかなく、最大幅径ではほとんどが10%前後となっている。したがって上部試料にコンポジットレジンを使用すれば下部試料のエナメル質の個体差が大きかったとしても実験値がばらつかないということになる。摩耗現象は接触する物質の相互作用で起こるものであるため、個体差が大きいエナメル質同士を接触させた場合は摩耗量のばらつきが大きく、個体差が大きいエナメル質と物性のばらつきが小さいコンポジットレジンを組み合わせると摩耗量のばらつきが小さくなるという結果は受け入れ難く、実験条件にエナメル質同士の摩耗にばらつきの出やすい要素があると考えの方が妥当と思われる。

3. 実験結果について

これまでの摩耗に関する in vitro の研究では、摩耗試験を行う際に種々の食物を介在させたり⁹⁾、溶液に摩耗性が

そして、実験条件について以下のような考察を加えた。

**: $p < 0.01$ で有意差あり

条件5は、さらに衝撃的な接触をなくす目的で、上下動

が 0 の往復滑走の条件とした。条件 4 と比較すると摩耗量の減少がみられるが標準偏差が大きく、上部試料がコンポジットレジンの場合の最大深さにのみ危険率 5% で有意差が認められた。また上部試料がエナメル質の場合、最大深さの平均値は 90 μm であったが試料 5 個のうち 3 個が最大深さ 30 μm 前後の値を示しているため、条件 4 よりも摩耗量を変化させる傾向にあり、コンポジットレジンが上部試料の場合の摩耗量に近づいたため、以後、下部試料の運動パターンは上下動 0 mm での往復滑走を採用することとした。

2) 荷重、速度および溶液

一般的に摩耗現象は固体表面に付着した潤滑膜と密接な関係にあり、摩耗を防ぐためにはこの潤滑膜が破断されないことが重要とされている²⁷⁾。口腔内では唾液がその潤滑膜を形成するものと考えられる。この潤滑膜の破断は単位面積当たりの荷重が大きいほど、また、相対滑り速度が大きいほど起こりやすいとされている。

荷重に関しては条件 5 と 7 の比較では上部試料がコンポジットレジンの場合の摩耗面の最大幅径に危険率 1% で有意差が認められ、荷重が小さいほどコンポジットレジンの場合の摩耗量は少なくなっているが、他の測定値では有意差が認められなかった。

相対滑り速度については条件 8 と 11 を比較すると上部試料がエナメル質の場合もコンポジットレジンの場合も相対滑り速度が小さいほど摩耗面の最大幅径は小さくなっており、危険率 1% で有意差が認められた。

また条件 7 と 10 の間には有意差は認められなかったが、条件 10 と 11 はエナメル質試料の標準偏差が小さくなった。

潤滑膜を形成する溶液としてヒト唾液に近似した粘性^{28,29)}のある 0.8% アルギン酸ナトリウム水溶液を使用した条件 7 と水道水を使用した条件 8 を比較すると上部試料がエナメル質、コンポジットレジンどちらの場合も条件 7 のほうが摩耗面の最大幅径が危険率 1% で有意に減少している。したがってコンポジットレジンもエナメル質もこの条件ではアルギン酸ナトリウム水溶液を使用したほうが摩耗が少なくなっている。しかし、逆に条件 10 と 11 では上部試料がエナメル質の場合、水道水中で行ったほうが摩耗面の最大深さが危険率 1% で有意に減少している。さらに 0.8% アルギン酸ナトリウム水溶液を使用した条件 5 と、同程度の粘性を有する 1.0% CMC ナトリウム水溶液を使用した条件 6 との比較ではエナメル質を上部試料に使用した時の摩耗面の最大幅径が危険率 5% で条件 6 のほうが増大している。摩耗面の最大深さも有意差はないが、かなり増大している。

そこで、この溶液に関して、条件 10, 11 と同じ条件で上部試料にコンポジットレジンを用い、下部試料として 12% 金含有金銀パラジウム合金（ジーシー社製キャスト

表 4 Results of the wear of Ag-Pd-Au alloy worn by composite resin in two types of solution
実験結果（溶液の違いによるコンポジットレジンと金銀パラジウム合金との間の摩耗量の変化）

溶液	最大深さ (μm)	最大幅径 (mm)	曲率半径 (mm)
水道水	15.8(3.2)	1.84(0.03)	26.3(6.04)
アルギン酸ナトリウム水溶液	36.7(3.0)	1.35(0.02)	6.7(0.43)

() : 標準偏差

《実験条件》 上部試料 : クリアフィル・フォト・ポステリア
下部試料 : キャストウェル MC
運動パターン : 3×0 mm
荷重 : 0.5 kgf
クッションつき, 80 回/分, 200,000 回

ウェル MC) の平板を用いて追加実験を行った。その結果を表 4 に示す。この結果、両者にはすべての測定値に危険率 1% で有意差が認められた。すなわち、この上下試料の組合せでは水中でコンポジットレジンが摩耗しやすく、アルギン酸の水溶液中では金銀パラジウム合金が摩耗しやすいことがわかる。したがって、潤滑膜は上下試料の組合せなどの影響を受けやすいと考えられる。一般工業界では機械油に金属面に吸着性のよい脂肪酸などの添加剤を 1~2% 加えるだけで潤滑油の性能を向上させる方法が広く用いられている²⁷⁾。唾液にもエナメル質に対してこのような作用をもっている可能性が推測され、摩耗実験も唾液の条件を含めてさらに検討する必要があるものと考えられる。

3) 歯根膜要素

条件 3~8, 10, 11 では下部試料の固定部にシリコーン印象材をクッションとして介在させて、試料に加わる衝撃や振動を緩衝させた。条件 2 と 3 は衝撃滑走摩耗によるものであるが、上部試料がいずれの場合も最大幅径で危険率 5% で有意差が認められた。しかし、上部試料がエナメル質の場合は上下試料とも摩耗量が減少し、コンポジットレジンの場合には下部試料の摩耗量が増加している。条件 9 は往復滑走摩耗におけるクッションの効果について検討したものである。条件 9 と 7 を比較すると統計的有意差は認められない。したがって、この結果からはクッションの効果は判定できない。しかし、実験中クッションがないと、試料に振動が発生しやすく、この振動は装置全体に伝播するため、これを防ぐ目的で以後の実験ではクッションを使用することとした。

4) in vivo との関係

ヒト・エナメル質の摩耗量は Lambrechts らの報告⁷⁾では年間約 70 μm とされており、Xhonga の報告²⁵⁾では、半年で 30~60 μm とされている。摩耗量に関しては研究方法によってかなり違いがみられるため一概にはいえないが、今回行った摩耗試験は Soltesz らの報告¹⁴⁾を参考にすると、口腔内の約 1 年の経過に相当するとされる滑走距離で行った。条件 10, 11 のエナメル質の摩耗量は in vivo

のデータと近く、かなり妥当なものと考えられる。

しかし、条件11でも、上部試料がエナメル質の場合とコンポジットレジンの場合で差がなく、臨床経験とは必ずしも一致しない。また、前述のように唾液などに関する検討の余地が残されており、実際の口腔内と条件的に必ずしも一致はしないが、本試験装置において可能な実験条件の中では条件11が最も口腔内に近い条件と考えられる。

V. 結 論

新たに設計、製作した摩耗試験機を使用して歯冠修復材によるエナメル質の咬耗について、実験条件を種々設定し、コンポジットレジン対エナメル質の場合とエナメル質対エナメル質の場合の摩耗を比較検討し、咬耗が生ずる口腔内環境を実験的に再現することを試みた。その結果、以下のような結論を得た。

1. 摩耗は単位面積当たりの荷重、介在する潤滑膜の物性、相対滑り速度などの条件によって大きな影響を受けることが確認された。また、その影響は接触する材料の組合せ、実験条件の組合せによっても変化する。

2. 衝撃滑走摩耗試験による実験の結果はエナメル質同士の摩耗量が非常に大きくなり、口腔内の状態とは相違がみられたのに対し、往復滑走摩耗試験による実験結果のほうが摩耗量が少なく、より口腔内に近いものと思われた。

3. 摩耗時の荷重に関しては本実験の条件のもとではコンポジットレジンにのみ荷重の減少による摩耗量の減少が認められた。

4. 潤滑膜に関してはヒト混合唾液と近似したアルギン酸ナトリウム水溶液とCMCナトリウム水溶液との間で摩耗量に差がみられ、介在する溶液は粘度だけではなく、接触する物質に対する吸着性などの特性も摩耗に対して大きな影響力を持ち、エナメル質にとって唾液はこれらの点で優れた潤滑膜を形成することが示唆され、今後さらに検討する必要があるものと考えられた。

5. 相対滑り速度に関してはこれが小さいほど、エナメル質、コンポジットレジンの摩耗量は少なくなり、そのばらつきも小さくなる傾向がみられた。ヒト・エナメル質を用いた実験では、エナメル質同士の摩耗量が非常に多くなり、ばらつきが大きくなることが多いが、荷重0.5 kgfで1分間に40回の水中往復摩耗試験ではきわめてばらつきが少なく、コンポジットレジンによるエナメル質の摩耗と同程度の摩耗量を示す結果が得られた。したがってこの実験条件は口腔内の状態にかなり近づいたものと考えられる。

本研究をまとめるにあたり、終始懇切なるご指導、ご校閲を賜りました内山洋一教授に謹んで深甚なる感謝の意を挙げます。また本研究に種々ご協力頂いた歯科補綴学第二講座の教室員諸兄に、厚く御礼申

上げます。

なお、本論文の一部は、北海道歯学会平成元年度秋季学術大会(1989年12月5日、札幌)および第83回日本補綴歯科学会学術大会(1990年5月26日、27日、郡山)にて発表した。

文 献

- 1) Chapman RJ, Nathanson D. Excessive wear of natural tooth structure by opposing composite restorations. J Am Dent Assoc 106 : 51-53 1983.
- 2) Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Evaluation of clinical performance for posterior composite resins and dentin adhesives. Oper Dent 12 : 53-78, 1987.
- 3) Phillips RW, Avery DR, Mehra R et al. One-year observations on a composite resin for class II restorations. J Prosthet Dent 26 : 68-77, 1971.
- 4) Phillips RW, Avery DR, Mehra R et al. Observations on a composite resin for class II restorations : Two-year report. J Prosthet Dent 28 : 164-169, 1972.
- 5) Phillips RW, Avery DR, Mehra R et al. Observations on a composite resin for class II restorations : Three-year report. J Prosthet Dent 30 : 891-897, 1973.
- 6) Osborn JW, Gale EN, Ferguson GW. One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam. J Prosthet Dent 30 : 795-800, 1973.
- 7) Lambrechts P, Vanherle G, Vuylsteke M et al. Quantitative evaluation of the wear resistance of posterior dental restorations : a new three-dimensional measuring technique. J Dent 12 : 252-267, 1984.
- 8) Bleom TJ, McDowell GC, Lang BR et al. In vivo wear. Part II : Wear and abrasion of composite restorative materials. J Prosthet Dent 60 : 242-249, 1988.
- 9) Cornell JA, Jordan JS, Ellis S et al. A method of the wear resistance of various materials used for artificial teeth. J Am Dent Assoc 54 : 608-614, 1957.
- 10) Mahalick JA, Knap FJ, Weiter J. Occlusal wear in prosthodontics. J Am Dent Assoc 82 : 154-159, 1971.
- 11) 地挽英彦. 人工歯ならびに歯冠修復材の衝撃滑走摩耗に関する基礎的研究—第1報衝撃滑走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.
- 12) 地挽英彦. 人工歯ならびに歯冠修復材の衝撃滑走摩耗に関する基礎的研究—第2報衝撃滑走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.
- 13) 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. 歯理工誌 15 : 96-100, 1974.
- 14) Soltesz VU, Klaiber B, Pergande C et al. Vergleichende Untersuchungen über das Abrasionsverhalten von Composite-Füllungsmaterialien. Dtsch Zahnärztl Z 34 : 406-412, 1979.
- 15) 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.
- 16) 田中憲一, 村上信成, 山本 泰ほか. 臼歯部修復用レジンによ

- るエナメル質の摩耗. 日歯保誌 25 : 716-723, 1982.
- 17) 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.
- 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) De Gee AJ, Pallav P, Davidson CL. Effect abrasion medium on wear of stress-bearing composites and amalgam in vitro. J Dent Res 65 : 654-658, 1986.
- 20) Leinfelder KF, Beaudreau RW, Mazer RB. An in vitro device for predicting clinical wear. Quintessence Int 20 : 755-761, 1989.
- 21) 黒木潔治. 歯冠修復を行った歯の辺縁部における滑走摩耗に関する実験的研究—鑄造歯冠修復について—. 補綴誌 31 : 646-660, 1987.
- 22) Suzuki S, Leinfelder KF. An in vitro evaluation of a copolymerizable type of microfilled composite resin. Quintessence Int 25 : 59-64, 1994.
- 23) 鈴木司郎, Leinfelder K. 臼歯用コンポジットレジンによる対合歯エナメル質の摩耗. QE 13 : 833-840, 1994.
- 24) Ratledge DK, Smith BGN, Wilson RF. The effect of restorative materials on wear of enamel. J Prosthet Dent 72 : 194-203, 1994.
- 25) Xhonga FA. Bruxism and its effect on the teeth, J Oral Rehabil 4 : 65-76, 1977.
- 26) Johansson A, Omar R. Lateral and protrusive contact schemes and occlusal wear : A correlational study in young adult Saudi population. J Prosthet Dent 71 : 159-164, 1994.
- 27) 曾田範宗. 摩擦の話, 東京 : 岩波書店, 1988.
- 28) 覚道幸男. 歯と口腔の生理学, 東京 : 永末書店, 1972.
- 29) 吉田 洋. 新編歯学生理学 172-194, 東京 : 医歯薬出版, 1976.