原 著

臼歯用コンポジットレジンの咬耗に関する研究

——第 1 報 咬耗量測定法について——

堀 江 恭 一

東京医科歯科大学歯学部第 1 歯科保存学教室（指導：細田裕康教授，総山孝雄名誉教授）

（1983年12月15日 受付）

Studies on the Occlusal Wear of Posterior Composite Resin Restorations

Part 1. A Measuring Method of the Occlusal Wear of Restorations

Kyoichi Horie

Department of Operative Dentistry Faculty of Dentistry Tokyo Medical and Dental University
 (Present Director: Prof. Hiroyasu Hosoda, Former Director: Emeritus Prof. Takao Fusayama)

A method for measuring the occlusal wear of the restorations was devised newly and its precision was examined.

The positive resin replicas of a specially designed metal prototype with a slope and an artificial ivory teeth before and after reducing the occlusal portion were produced using the silicone impressions.

The distance between the given portion of the prototype and the positive replica was almost the same, showing a difference between the prototype and the positive replica immediately after polymerization or after 1 or 2-year storage within 1 μm . The relative error of the positive replica was 0.29%.

On the other hand, the silicon-rubber negative replica made from the positive replicas of the artificial ivory teeth were longitudinally sectioned bucco-lingually at the same portion. The occlusal profile was then obtained from the negative replica. The difference between the original occlusal profile and the profile after reducing was measured.

The degree of the precision of this method was thus appraised to be approximately $\pm 2\mu\text{m}$ (standard deviation). This would be a reliable method for measuring the occlusal wear of the restorations.

結 論

今日前歯部修復材料として広く普及しているコンポジットレジンは、アマルガムに近似する優れた機械的物性を有することから、開発当初より一部臼歯咬合面にもその応用が試みられた。しかしながら、多くの臨床試験の結果¹⁻¹¹⁾、とくに咬耗が激しいという理由から、やはりその適応は咬合

力の加わらない範囲に限局されるに至った^{3,5,8)}。しかし、コンポジットレジンは審美的であること、熱・電気の不導体であることおよび歯質に対する強い接着が可能であることなど、アマルガムにない特性を有するとともに、最近アマルガムによる環境汚染の問題¹²⁾が表面化したため、アマルガムに代替する臼歯咬合面にも応用可能なコンポジットレジンの開発が切望されていた。幸い、数

種類の臼歯用コンポジットレジンが近年開発されて一般臨床に応用され始めた。これら臼歯用コンポジットレジンの臨床成績についてはすでにいくつか報告されているが^{13,14)}、残念ながら咬耗についての詳しい検討は行われていない。

咬耗作用は複雑であり、とくにコンポジットレジンでは、そのフィラーの存在がマトリックスレジンの磨耗を防ぐ反面、表面あらさを増して修復物を咬耗しやすくする¹⁵⁾ので、材料の物性と咬耗とは単純に相関しない。したがって、修復物の耐咬耗性に関して短期的に室内実験でその予後の良否を判定することが困難であり、口内での咬耗試験を重視する方向がとられている。しかしながら、臨床試験ではその成績を得るまでに長時日を必要とするため、材料の咬耗を早期に予測しうる方法が開発されれば歯科臨床に大きな利益をもたらされることになる。このような観点から、このコンポジットレジンの咬耗に関して、臨床における材料間の差を比較するためのみならず、実験室内における合理的な磨耗試験法を確立するにあたっての基礎資料として、咬耗を定量的にとらえておく必要がある。

そこで、多くの研究者たちはまず第一に臨床における咬耗量の測定を試みている。すなわち、Lutz ら¹⁶⁾は、下顎大白歯に1級充填を行い、経時的に採取したレプリカ上において、基準面に対する修復物表面の最深部を Profilometer にて測定して咬耗量を求めた。また、Jørgensen ら¹⁷⁾は、学童の下顎第1大白歯に種々のレジンを充填し、経時的に作製されたレプリカ上における窩壁の露出距離を測定して咬耗量とした。一方、Mitchem ら¹⁸⁾は、義歯の下顎第1大白歯部に咬頭傾斜角0度の Ni-Cr 製人工歯を用い、その咬合面の近心および遠心側に1組の1級窩洞を形成して種々のレジンを充填した後、経時的にレプリカを採得して Profilometer により咬耗量を測定した。最近では、Abell ら¹⁹⁾が、臼歯1級窩洞に充填されたコンポジットレジンの咬耗面をレプリカを用いて SEM 観察し、窩壁の露出距離および同一フィラーの経時的な露出距離の変化を測定して咬耗量を

求めている。しかしこれらの方法は、被験歯そのものに傷をつけたり、単に部分的な測定にとどまって全体的な検討ができなかったり、あるいは一部臨床に則しているとはいえないものもあるなど、それぞれに問題点を残している。

そこで著者は、臼歯咬合面窩洞に充填された修復物の咬耗を全体的に検討する手段として、経時的に被験歯のレプリカを作製し、その同一縦断面における修復物表面のプロフィールのずれを測定することにより咬耗量を求める方法を考案した。この方法による測定誤差は、経時的に作製されたレプリカの寸法変化と、そのレプリカから最終的に咬耗量を計測するまでの一連の操作に起因する計測誤差の、2つの大きな因子に影響されると考えられる。したがって今回は、口内の咬耗試験に本測定法を運用するに先立ち、この咬耗量測定法の精度について具体的な検討を行い、それらの因子についてそれぞれ考察を試みた。

材料および方法

1. 陽型レプリカの寸法安定性

a) 原 型

図1のごとく直径約7mmの円柱の上面とその半側に段差のために形成された緩斜面に、上下6箇所ずつ測定基準点が定められた金属製原型が用意された。測定に当たっては、上端と斜面との段差が約220 μ mを示す図上のA点とB点が上下測定基準点として採用された。

b) 陽型レプリカの作製

この原型から15個の陽型レプリカが作製され、作製直後、1年後および2年後に測定する3群に分けられた。レプリカ採得は、つぎのように行われた。原型に約1mm厚のスペーサーが被覆され、その上からヘビータイプのシリコン印象材(三金工業: トシコンヘビー)を用いて一次印象が採得された。ついでインジェクションタイプのシリコン印象材(ダウコーニング: シラスコン RTV 6501, 5 ml/ と キャタリスト H, 0.7 ml/)が一次印象に積層され、原型に圧接後直ちに37℃恒温器内に5分間原型ごと放置されて、二次印象

図1 原 型

A : 上部測定基準点, B : 下部測定基準点

が採得された。

模型材（陽型レプリカ材料）としては、Epon 815（日新 EM）、Tohmide 245（日新 EM）および D. M. P. 30（応研商事）が用いられた。これらの材料は、Epon 815, 2 g, Tohmide 245, 1 g, D. M. P. 30, 0.12 g の割合で十分に混和されて積層印象に注入後、37℃恒温器内に1週間係留放置された。その後、測定観察までそのまま印象とともに室温にて保管された。

c) 段差の測定

段差の測定に先立って、レプリカはその測定面に約 250 Å の金蒸着が行われた。なお、測定には研究用万能顕微鏡（日本光学：アポフォト）が応用された。すなわち、測定試片の下面をユーティリティワックスでスライドガラス上に固定した後、平圧器で圧接してその測定面上端をスライド

ガラスと平行にした。つぎに、この測定面を拡大率約 600 倍で落射光にて観察し、上方測定基準点に焦点を合わせてステージの上下動微動ハンドルの円周目盛りを 1 μm 単位で直読した。ついで、この微動ハンドルを回転して下方測定基準点に焦点を合わせ、微動ハンドルの目盛りを読み取って上下測定基準点間の距離を 1 μm 単位で測定した。1 試片について25回測定がくり返され、試片ごとに平均値が求められて原型と比較された。

2. プロフィールのずれの測定誤差

a) 材 料

顎模型の下顎臼歯列を利用し、第1大臼歯の裂溝部を削除する前および咬耗を想定して若干削除した後の陽型レプリカが1組準備された。これら陽型レプリカは前述の作製手順に準じて作られ実験に供された。

b) 陽型レプリカ上の基準点の設定

これらレプリカ上において、同一縦断面の裂溝削除前後の外形のずれを測定するために必要な基準点が、穴あきコアとレーザー照射により設定された。すなわち基準となる削除前のレプリカを用いて、咬合面の石膏コアが超硬石膏（KERR：VEL-MIX STONE, Batch No 20601）により採得された。コアは約 3 mm 厚に整理され、その背面は基底面となるために平坦に仕上げられた。コアに印記された各咬頭の内斜面の任意の場所に基底面まで垂直に貫通する直径 0.3 mm の穴が開けられた。

レプリカへの基準点の設定のためには炭酸ガスレーザー照射装置（NIIC：NC-1050）が用いられた。まずレプリカ上に穴あきコアを適合正置させ、そのレプリカ下面をユーティリティワックスでガラス練板上に固定した後、平圧器で圧接しコアの基底面を練板と平行にした。このコアを適合したままのレプリカがガラス練板とともにレーザー発射部直下に水平に置かれ、ついで超硬石膏を破壊せず、かつコアの小孔を通りレプリカ上に小穿孔をあける強さのパルスレーザーがコアの基底面上方より照射された。かくして陽型レプリカ上に小穿孔が基準点として設定準備された。

c) 陰型レプリカ切片の作製

同一部位の陰型レプリカ切片が、基準となる削除前の陽型レプリカから1個、削除後の陽型レプリカから5個作製された。すなわちレプリカの咬合面にシリコン印象材（而至歯科工業：エクザフレックス レギュラータイプ、Batch No 030331）を塗布し、その上から直径 15 mm の円形カバーガラスを近・遠心頬側咬頭頂および近心舌側咬頭頂に接するように圧接して陰型レプリカが作られた。

陰型レプリカの切断には、微小硬度計（明石製作所：微小硬度計 MVK-E）が応用された。すなわち、圧子軸と対物レンズの付いたタレットを回転させることにより圧子軸を正面に位置させ、圧子軸クランプ筒に金属棒（30mm×3mm ϕ ）を装着して、その先端に薄刃のカミソリ片を試料台に垂直かつその刃先は試料台上面と平行に固定した。

まず接眼鏡視野内でのレプリカの切断位置を確認するために試し切りが行われた。すなわち板状のシリコン印象材硬化物を試料台にのせ、始動スイッチを押して 1 kg 重の荷重が負荷されてカミソリが下降すると同時に、試料台を静かに上昇させて、試料台上の板状試片を切断した。つぎに接眼鏡視野内で零測定線を移動させて板状試片の切断線に一致させた。

ついで板状試片に代えて基準とする削除前の陽型レプリカから作られた陰型レプリカを試料台にのせ、試料台を移動させて先に規定した零測定線に切断予定線を一致させた。この切断予定線は近心溝相当部を横切る直線を選んだ。

つぎに試料台は固定したまま零測定線を移動させ、陰型レプリカ上に転写された基準点 2 点を結びかつ一方の基準点と零測定線上の横線の基点とを一致させた。このままの状態、前述の試し切りと同じ手順に従って陰型レプリカが切断された。さらに、約 0.4 mm 試料台を平行移動させて再度切断することにより一定厚さの切片が得られた（図 2）。こうして同一部位の陰型レプリカ切片が、基準となる削除前の陽型レプリカから 1 個、削除後の陽型レプリカから 5 個作製された。

図 2 大臼歯咬合面の陰型レプリカ切片

図 3 削除（咬耗）前後のプロフィールの重ね合わせ像と 6 本の平行線

点線は削除前、実線は削除後のプロフィールを現す。プロフィールのずれ始める 2 点 a, b を結ぶ直線に垂直な平行線 $l_1 \sim l_6$ が引かれ、各線とプロフィールとの交点の距離（例えば l_3 上における X_3 と V_3 との距離）を測定する

d) 縦断面における外形のずれの測定

万能投影器（日本光学：PROFILE PROJECTOR V-16C）を用い落射光にて陰型レプリカの断面を 50 倍に拡大投影し、トレーシング紙に被験歯咬合面のプロフィールが転写された。まず、この基準とするプロフィールと削除後に採得された陽型レプリカから作られたプロフィール 1 枚を重ね合わせ、それらの外形を示す線がずれ始める左右の 2 点を結ぶ直線に直角な平行線 6 本が描かれた（図 3）。そして、これら平行線上における外形線のずれがデジタイザー（エフ・ビー・システムズ：ハートデジタイザー モデル if）を用いて 0.1 mm 単位で計測された。同様に他の 4 枚のプロフィールを、基準とするプロフィールと重ね合わせて、同位置における 6 本の平行線上での外

表 1 陽型レプリカの作製直後、1年後および2年後に測定した上下基準点間距離

保 管 期 間	試 片					平 均
	1	2	3	4	5	
作 製 直 後	224.3 (2.29)	224.1 (4.75)	224.0 (2.59)	223.7 (3.29)	223.7 (2.82)	224.0
1 年 後	224.2 (3.14)	222.5 (3.99)	223.3 (3.80)	223.2 (3.05)	223.5 (2.87)	223.3
2 年 後	222.9 (2.94)	224.3 (3.13)	222.4 (3.55)	222.7 (3.92)	223.2 (3.41)	223.1
原 型	223.3 (2.06)					

() 内は標準偏差

図 4 陽型レプリカの作製直後、1年後および2年後に変化した上下基準点間距離

実線(A)は原型の測定値を現す

■: 各レプリカにおける測定値の平均

○: 各群の総平均

形線のずれが計測された。

各平行線上での測定値の偏差を求め、1/50に縮尺して原寸にもどし、これら偏差の不偏分散および標準偏差を計算した。

成績ならびに考察

1. 陽型レプリカの寸法安定性

陽型レプリカの寸法安定性を調べるために、レプリカ上の上下基準点間距離をレプリカ作製直後、1年後および2年後に測定した成績が表1および図4に示されている。すべてのレプリカにおいて、各々の測定値の平均は原型の測定値の平均 $\pm 1 \mu\text{m}$ の範囲内にあった。そして、統計学的な平均値の差の検定では、レプリカと原型との間に有意差を認めることはできなかった。また、各群の総平均では、作製直後の群は $0.7 \mu\text{m}$ 原型より大きく、1年後の群では原型と等しく、2年後の群は $0.2 \mu\text{m}$ 原型より小さかったが、各群それぞれ5個の測定値の平均を標本値としてF-検定を行うと、各群の間に有意差は認められなかった。そこで3つの群をまとめて1つの群とみなした。その測定値の平均から得られた標準偏差は $0.64 \mu\text{m}$ であり、したがって相対誤差は 0.29% であった。

本来レジンの材料は、その硬化時に比較的大きな収縮を示すのが常でありエポキシ系樹脂においても 1.5% 前後の線収縮が起こる²⁰⁾。したがって、歯型材として用いられる場合にはフィラーを加えその収縮の軽減を図っているのが現状である^{20, 21)}。実際予備実験において硬化前後の比重差から硬化時の線収縮が約 1.6% であることが確認

されている。ところが、今回用いられた模型材にはとくに重合収縮を軽減させるための処方はないにもかかわらず、原型とほぼ等しいレプリカが作製された。これは、印象を採得し模型を作製する過程において、各材料が周囲の材料および環境に規制されて、自由な状態における場合とは異なった膨縮変化を示した結果と考えられる。そこでまず、印象材の膨縮変化について考えてみよう。印象材の膨縮変化の因子としては、重合収縮および温度膨縮などが考えられる。すなわち、印象採得は原型に印象材を圧接した後5分間37℃恒温器内に放置されて行われるが、この間に印象内部の温度は30℃前後に上昇することが予備実験により確認されている。したがって原型自身も熱膨張するが、0.01%以下であるからこれは無視しうる値である。そして、原型から撤去された印象内に模型材が注入され、再度印象、模型材ともに37℃恒温器内に放置しているが、この場合には模型材が十分に流動性を有する間に印象は37℃まで上昇する。この間、印象は熱膨張する一方、若干の重合収縮²²⁻²⁵⁾をも起こしている。すなわち、シリコン印象材の熱膨張係数は約 $200 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である²⁶⁾から、この温度差により0.14%前後の膨張傾向を示すとともに、引き続いて起こる未完の重合収縮によって0.1~0.2%程度の収縮傾向を示していると考えられる。本実験で規定したレプリカの測定部位は円柱型試片の上端面ほぼ中央であるから、同部位の印象材の膨縮傾向は比較的単純に相殺されて、目的とする陽型レプリカの寸法変化にはほとんど影響を与えていないと考えてよいであろう。

つぎに、レプリカ模型材料の寸法変化についてみると模型材は採得された印象内では自由な状態とは異なった重合収縮挙動を示し、かつ硬化後37℃から室温へ冷却された場合にも収縮を示すと考えられる。すなわち、模型材の重合は熱反応²⁷⁾であるが、かなり緩慢な速度であるから、その初期においては印象材側から伝導してくる熱のために、印象に接した面が内部よりも速く重合が進み、結果的にその表面では重合収縮が自由な状態

よりも遙かに小さく押さえられたと考えられる。またエポキシ系樹脂の熱膨張係数は約 $50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるから²⁸⁾、37℃から室温までの冷却により約0.07%の収縮が見込まれるが、この変化量はごく微小なものである。したがって、これらのことから本実験においては原型にほぼ等しいレプリカが作製されたと考えられる。

また、エポキシ系樹脂は比較的吸水性の小さい材料ではあるが²⁹⁾、やはり吸水により膨潤し、乾燥により収縮することが予備実験により確認されている。幸いに本実験では測定時まで印象が撤去されずに保管されたので、ほとんど吸湿の危険に曝されることはなかったと考えられるが、印象を撤去して放置した場合には湿気により膨張傾向を示す可能性がある。したがって、レプリカの保管にもできるだけ留意する必要があるように思われる。

2. プロフィールのずれの測定誤差

咬耗を想定して削除された人工大臼歯の、削除前後に作られた1組の陽型レプリカから陰型レプリカが、削除前のものから1個、削除後のものから5個それぞれ作製された。そして、それらの同一縦断面プロフィールを作製し、基準とする削除前のものに削除後のものを順次重ね合わせ、それらのずれを平行に引かれた6本の同一線上でそれぞれ測定された結果が表2に示されている。これら測定値の偏差から、不偏分散は $3.86 \mu\text{m}^2$ となり標準偏差は $1.96 \mu\text{m}$ であった。

このばらつきの中には、陰型レプリカの寸法精度、陰型レプリカ上の切断線のずれ、万能投影器の投影ひずみ、プロフィールの転写ミス、トレーシング紙の変形およびデジタイザーの測定精度などに関連した、最終的な測定値を得るまでの一連の操作中に起こる計測誤差がすべて包含されている。そして、これらの因子は互いに独立であるから、個々の不偏分散の総和が上記の $3.86 \mu\text{m}^2$ となる。この場合測定値の誤差に最も影響を与えているのはデジタイザーの測定精度と考えられる。すなわち、デジタイザー上にて同一2点間を、30回くり返し測定して求められた測定値の標準偏差

表2 削除（咬耗）前の陰型レプリカと対比した咬耗設定部位の陰型レプリカ 5 個の同一縦断面上における各部位のプロフィールのずれ

陰 レ ブ リ カ	平 行 線 の No					
	1	2	3	4	5	6
1	56(−0.4)	214(0.8)	298(4.4)	294(−2.0)	226(0.0)	92(1.2)
2	54(−2.4)	214 (0.8)	292(−1.6)	298(2.0)	228(2.0)	92(1.2)
3	56(−0.4)	212(−1.2)	296(2.4)	294(−2.0)	226(0.0)	90(−0.8)
4	56(−0.4)	210(−3.2)	290(−3.6)	296(0.0)	224(−0.8)	90(−0.8)
5	60(3.6)	216(2.8)	292(−1.6)	298(2.0)	226(0.0)	90(−0.8)
平 均	56.4	213.2	293.6	296.0	226.0	90.8

() 内は偏差

は 0.09 mm であったが、この値はプロフィールのずれの測定の場合には標準偏差 1.8 μm 、不偏分散 3.24 μm^2 に相当し、不偏分散の総和の約84%に相当している。その他の因子に関してはその分散を推定することはほとんど不可能であるが、つぎに大きな誤差につながるものとしてはプロフィールの転写ミスが考えられるので、転写は常に細い線で正確に行われねばならない。また、陰型レプリカの切断線のずれに関しては、陽型レプリカ上の基準点がずれている場合をも含めて、大きくずれて切断された場合には非削除部におけるプロフィールのずれとして現れるのでこれを確認することができる。この場合には、補正を加えながら再度切断することにより修正することが可能である。また陰型レプリカの寸法精度、万能投影器の投影ひずみおよびトレーシング紙の変形に起因する誤差は、他の因子の影響よりも遙かに小さいと考えられるので、ほとんど無視しうるように思われる。

3. 咬耗量測定法の精度

一般に、精度とは正確さと精密さを含めて考えなくてはならないが、正確さに関しては被測定物の真の値が決して知られないために正確度を求めることは不可能である。したがって、通常その推定値で満足するほかないが、本咬耗量計測方法に関しては正確度の推定もできない。しかし、お

そらく測定値のばらつきの方がその偏りよりもずっと大きいと考えられるので、ここでは精密度をもって精度に代えることにする。

咬耗量測定法の精度に直接影響を与える因子すなわち、陽型レプリカの寸法誤差とプロフィールのずれの測定誤差とは互いに独立であるから、咬耗量測定法による測定値の誤差はこれらの誤差の和であり、精密さを示すその分散はこれらの分散の和に等しい³⁰⁾。したがって咬耗量測定法による測定誤差の分散をA、陽型レプリカの寸法誤差の分散をB、プロフィールのずれの測定誤差の分散をCとすると、

$$A = B + C$$

である。しかし、陽型レプリカの寸法誤差は測定しようとする咬耗量に依存すると考えられるから、その分散Bは、測定しようとする咬耗量を $d \mu\text{m}$ 、陽型レプリカの相対誤差を $b\%$ としたとき、次式

$$B = 10^{-4} b^2 d^2$$

が与えられる。さらに、咬耗量測定法による測定誤差の標準偏差を $a \mu\text{m}$ と置くと、

$$a = \sqrt{10^{-4} b^2 d^2 + C}$$

となる。陽型レプリカの寸法の相対誤差は 0.29%，プロフィールのずれの測定誤差の不偏分散は 3.86 μm^2 であったから、

$$a = \sqrt{8.41 \times 10^{-6} d^2 + 3.86}$$

となり、これは本法による測定値が、測定しようとする咬耗量が大きくなるに従って、若干ばらつきも大きくなることを示す。すなわち、本法による測定値の精密度を示す標準偏差は $1.96\mu\text{m}$ 以上となるが、咬耗量が $500\mu\text{m}$ の時でも標準偏差は $2.44\mu\text{m}$ である。したがって、本咬耗量測定法の精度は約 $\pm 2\mu\text{m}$ となる。

4. 本咬耗量測定法の特徴

本測定法を用いることにより、臼歯咬合面に充填された修復材の咬耗量を高い精度をもって測定できる可能性が示唆された。ただし、詳細な測定を行うことを目途としたために、若干その手順が複雑化してしまったことはやむをえないことのように思われる。また、比較的短期間であれば、歯自体の咬耗は無視できるものと考えられるが、歯そのものが大きく咬耗した場合には一つの問題点を残している。しかし歯自体の咬耗を無視できれば、1症例において同一箇所咬耗量を経時的に測定することが可能であり、その測定場所も自由に決定できるという大きな利点を有している。また、修復部位の縦断面像も同時に観察可能であるので、その咬耗状態を詳細に調査できる利点をも有している。

以上、要するに現段階において、臼歯に充填された修復物の咬耗量を測定するにあたっては、本測定にみられるように測定誤差の標準偏差が $2\mu\text{m}$ 程度であれば十分な精度をもった測定法であると考えられる。

結 論

臼歯修復材料の咬耗に関して、実験室内における合理的な磨耗試験法を確立するにあたっての基礎資料を得るために、臼歯1級窩洞に充填された修復物の咬耗量を測定する方法を考案した。

本法の特徴は、以下のごとくである。

1. 臼歯に充填された修復物の咬耗量を、 $\pm 2\mu\text{m}$ という高い精度にて測定できる。
2. 1症例において同一箇所の咬耗量を経時的に測定することが可能である。
3. 測定場所を任意に決定できる。

4. 修復部位の縦断面像も同時に観察できる。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご親切なるご指導、ご校閲を賜りました東京医科歯科大学歯学部第1歯科保存学教室細田裕康教授ならびに総山孝雄名誉教授に対し、謹んで感謝の意を表します。また、測定誤差の数学的解釈および統計に関してご教示いただきました歯科放射線学教室中村正教授ならびに加藤二久助手に対し、心から感謝を申しあげます。そして、レーザー装置を借用させて戴くとともに、実験に際しても貴重な時間を割いて下さいました株式会社吉田製作所山中通三氏ならびに平柄喜章氏に対し、深謝致します。最後に、本研究に対し絶えずご支援戴きました新潟大学歯学部歯科保存学第1教室岩久正明教授、ならびに東京医科歯科大学歯学部第1歯科保存学教室高津寿夫助教授はじめ教職員の方々に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Phillips, R. W., Avery, D. R., Mehra, R., Swartz, M. L. and McCune, R. J.: One-year observations on a composite resin for class II restorations. J. Prosthet. Dent. 26: 68-77, 1971.
- 2) Phillips, R. W., Avery, D. R., Mehra, R., Swartz, M. L. and McCune, R. J.: Observations on a composite resin for class II restorations: Two-year report. J. Prosthet. Dent. 28: 164-169, 1972.
- 3) Phillips, R. W., Avery, D. R., Mehra, R., Swartz, M. L. and McCune, R. J.: Observations on a composite resin for class II restorations: Three-year report. J. Prosthet. Dent. 30: 891-897, 1973.
- 4) 藤井弁次, 黒瀬信隆, 清水建彦, 福家 堯, 井上正義, 河見忠雄, 小林久紀, 牧野春三, 中村正幸, 安井健次郎: コンポジットレジン修復材 Addent 35, Addent 12 の臨床成績について. 歯科医学 35: 565-574, 1972.
- 5) 岩久正明: 複合レジン充填の臨床成績について. 日歯保誌 16: 282-288, 1973.
- 6) Osborne, J. W., Gale, E. N. and Ferguson, G. W.: One-year and two-year clinical evaluation of a composite resin vs. amalgam. J. Prosthet. Dent. 30: 795-800, 1973.
- 7) Eames, W. B., Strain, J. D., Weitman, R. T. and Williams, A. K.: Clinical comparison of composite, amalgam, and silicate restorations. J. A. D. A. 89: 1111-1117, 1974.
- 8) Leinfelder, K. F., Sluder, T. B., Sockwell, C.

- L., Strickland, W. D. and Wall, J. T.: Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. *J. Prosthet. Dent.* 33: 407-416, 1975.
- 9) Leinfelder, K. F., Sluder, T. B., Santos, J. F. F. and Wall, J. T.: Five-year clinical evaluation of anterior restorations of composite resin. *Oper. Dent.* 5: 57-65, 1980.
 - 10) 鈴木哲男: 臼歯部咬合面に充填された複合レジン (Adaptic) の臨床成績. *日歯保誌* 23: 337-346, 1982.
 - 11) Gibson, G. B., Richardson, A. S., Patton, R. E., and Waldman, R.: A clinical evaluation of occlusal composite and amalgam restorations: One- and two-year results. *J. A. D. A.* 104: 335-337, 1982.
 - 12) 金子芳洋: アマルガムによる環境汚染の現状と対策. *歯界展望* 59: 696-704, 1982.
 - 13) 福島正義, 岡本 明, 子田晃一, 細田裕康: 各種臼歯修復用コンポジットレジンの臨床成績について—その 1 短期的観察—. *口病誌* 49: 617-632, 1982.
 - 14) 高津寿夫, 新田義人, 吉村秀子, 山田千秋, 鮎沢嘉之, 奥谷謙一郎, 富士谷盛興, 田上順次, 劉 瓊 芳, 堀江恭一, 千葉一雄, 武士田政文, 山下泰弘, 提千鶴子, 中島章富, 中村勝文, 田所 泰, 中道 勇, 猪越重久, 蜂谷幸正, 山田敏元, 細田裕康: 臼歯修復用複合レジンの臨床試験成績—修復時の観察を中心として—. *日歯保誌* 26: 461-472, 1983.
 - 15) Jørgensen, K. D.: Restorative resins: abrasion vs. mechanical properties. *J. Dent. Res.* 88: 557-568, 1980.
 - 16) Lutz, F., Imfeld, T., Meier, C. and Firestone, A. R.: Composites versus amalgam—comparative measurements of in vivo wear resistance: 1-year report. *Quint. Int.*: 77-87, March 1979.
 - 17) Jørgensen, K. D., Hørsted, P., Janum, O., Krogh, J. and Schultz, J.: Abrasion of class 1 restorative resins. *Scand. J. Dent. Res.* 87: 140-145, 1979.
 - 18) Mitchem, J. C. and Gronas, D. G.: In vivo evaluation of the wear of restorative resin. *J. A. D. A.* 104: 333-335, 1982.
 - 19) Abell, A. K., Leinfelder, K. F. and Turner, D. T.: Microscopic observations of the wear of a tooth restorative composite in vivo. *J. Biomed. Mater. Res.* 17: 501-507, 1983.
 - 20) 長岡幸一: 不飽和エポキシ樹脂系歯型材に関する基礎的研究. *九州歯会誌* 37: 485-505, 1983.
 - 21) 小宮山和明: 樹脂系模型材の基礎的研究—ポリエステルを基材とした模型材の物性の検討—. *歯材器誌* 33: 270-283, 1976.
 - 22) McLean, J. W.: Silicone impression materials. *Br. Dent. J.* 104: 441-451, 1958.
 - 23) Tomlin, H. R. and Osborne, J.: Some observations on silicone impression materials. *Br. Dent. J.* 105: 407-412, 1958.
 - 24) McLean, J. W.: Physical properties influencing the accuracy of silicone and thiokol impression materials. *Br. Dent. J.* 110: 85-91, 1961.
 - 25) Phillips, R. W.: *Skinner's Science of Dental Materials*. 8th edition, Philadelphia, 1982, W. B. Saunders Company, 137-156.
 - 26) Anderson, J. N.: The dimensional stability of three silicone-base impression materials. *Dent. Practit.* 8: 368-372, 1958.
 - 27) 三羽忠広: 基礎 合成樹脂の化学 新版. 1 版, 東京, 1982, 技報堂, 371-392.
 - 28) 桜内雄二郎: プラスチック材料読本. 9 版, 東京, 1981, 工業調査会, 375.
 - 29) 桜内雄二郎: プラスチック材料読本. 9 版, 東京, 1981, 工業調査会, 118.
 - 30) 佐藤 朗: 計測概論 (計量管理技術双書 41). 8 版, 1982, コロナ社, 48-51.