

## 硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の諸物性について

尾崎 康子      伏嶋 陽一      橋場 ゆきみ  
山崎 稔      草刈 玄      宮川 修\*  
中野 周二\*      小林 正義\*\*      塩川 延洋\*

新潟大学歯学部歯科補綴学第二教室

\*新潟大学歯学部歯科理工学教室

\*\*新潟大学分析センターEMX室

(平成5年6月8日受付)

Physical properties of hard resin teeth EXCERA<sup>®</sup>

Yasuko OZAKI, Youichi FUSEJIMA, Yukimi HASHIBA

Minoru YAMAZAKI, Haruka KUSAKARI, Osamu MIYAKAWA\*

Syuji NAKANO\*, Masayoshi KOBAYASHI\*\* Nobuhiro SHIOKAWA\*

*2nd Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Niigata University*

*(Chief: Prof. Haruka KUSAKARI)*

*\*Dental Materials and Technology, School of Dentistry, Niigata University*

*(Chief: Prof. Nobuhiro SHIOKAWA)*

*\*\*EMX Laboratory, Niigata University*

*(Chief: Prof. Nobuhiro SHIOKAWA)*

**Key words:** hard resin teeth, filler content, coloration resistance

### Abstract

In these days, various types of hard resin teeth have been produced, in order to improve the acrylic denture teeth. Some studies reported that, considering coloration resistance, hard resin teeth are inferior to non-filler resin teeth. It is said that the cause of coloration would be the high filler content.

The purpose of this study was to compare the physical properties of hard resin teeth, EXCERA<sup>®</sup>, with the other ones, already existing on the market, in order to enable the right choice in clinical practice. Regarding hardness, water sorption, and abrasion, EXCERA<sup>®</sup> was similar to other hard resin teeth, but concerning coloration resistance and filler content, EXCERA<sup>®</sup> showed higher features. The results of this study indicated that EXCERA<sup>®</sup> showed proper coloration resistance, superior to other hard resin teeth.

## 要 旨

硬質レジン人工歯EXCERA®(山八歯材工業社製)の諸物性を知るため、硬質レジン人工歯EXCERA®および試験片、ならびに市販されている他2社製硬質レジン人工歯を用い、比較検討を行った。

本研究では硬さ、吸水性、耐摩耗性、着色性、曲げ強さ、圧縮強さ、フィラー含有量について調べた。EXCERA®は硬さ試験、吸水量試験、ブラシ摩耗試験において他社製品とほぼ同等の値を示したが、フィラー含有量は他社製品より高い値を示し、また着色試験では良好な傾向を示した。一般的にはフィラーを含有することにより硬度は上昇するが、表面性状は粗になり着色性が高まるといわれている<sup>1)</sup>。しかし、本研究においては、異なった結果が得られたことからモノマーの性状、種類、配分比など製造法の工夫により十分に硬く、そして耐着色性の高い硬質レジン人工歯が得られたものと推察できる。以上のことよりEXCERA®の基本的物性は、他2社の硬質レジン人工歯がそれぞれ優劣混交していることに比較して、すべてに平均以上の値を示し、バランスのとれたものであることが示唆された。

## 緒 言

義歯製作にあたり人工歯としてレジン歯、または陶歯が用いられている。陶歯は硬さや耐摩耗性に優れているが破折しやすく、また義歯床との結合が機械的であることから脱落の危険性を有する。レジン歯は審美性と操作性の利点より、従来アクリルレジン歯が使用されているが、硬度、耐摩耗性において欠点を有している<sup>2)</sup>。そのため硬度、耐摩耗性を向上させる目的で多官能性モノマーを使用してポリマーを架橋構造化したものが硬質レジンである<sup>3)</sup>。また、最近では有機質複合型フィラーを含んださらに改良された硬質レジンが開発され、臨床に応用されている<sup>4)</sup>。しかし、硬度や耐摩耗性が向上する反面、床用レジンとの結合性が低下し、脱落する症例が臨床的にみられる。また、硬度を追求するあまり脆弱になるとも述べら

れている<sup>2)</sup>。このように硬質レジン人工歯の耐摩耗性<sup>5)</sup>、破折性<sup>6)</sup>についてはいくつかの報告がなされているが、物理的な性質を総括的に比較検討したものは数少ない<sup>7)</sup>。

そこで本研究は、硬質レジン人工歯EXCERA®の硬さ、吸水性、耐摩耗性、着色性、フィラー含有量および試験片の吸水性、耐摩耗性、曲げ強さ、圧縮強さを測定した。さらに他社製硬質レジン人工歯について硬さ、吸水性、耐摩耗性、着色性およびフィラー含有量の測定を行い、EXCERA®と比較検討した。

## 材料および方法

Table 1に示すように硬質レジン人工歯EXCERA®(以下EX)と硬質レジン歯に用いられているエナメル部、デンチン部の材料を使用して人工歯の製造条件と同じ方法で作製した試験片(以下EX-E、EX-D)、さらにレジン歯の材料(PMMA)を用い人工歯の製造条件と同じ方法で作成した試験片(以下PMMA)、および硬質レジン人工歯ENDURA®(松風社製、以下EN)、DURADENT®(ジーシー社製、以下DU)を用いて以下のような実験を行った。

### 1. 硬さ

人工歯の前歯各6本、臼歯各6本を用いて硬さ試験を行った。前歯は唇側面と舌側面を、臼歯は咬合面とその基底面を平行に削りレジン樹脂に包埋し、自動研磨機(REFINE-POLISH

Table 1 Materials

Material	Code	Maker
EXCERA®	EX	Yamahachi
ENDURA®	EN	Shofu
DURADENT®	DU	G-C
specimen (enamel) of EXCERA®	EX-E	Yamahachi
specimen (dentin) of EXCERA®	EX-D	Yamahachi
specimen (PMMA) of NEW ACE®	PMMA	Yamahachi
NEW ACE®	NE	Yamahachi

E R、Refine-Tec Ltd) でエメリーペーパーの #1200、耐水研磨紙 (粒度 $0.3\mu$ 、BUHCE R社)の順に研磨し、その後測定は $23^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温室にて微小硬度計 (明石製作所、型式-MV K typeC) を使用し荷重25g負荷時間30秒の条件で行い、ヌープ硬さ(KHN)を求めた。測定部位は人工歯のエナメル部、デンチン部の各3か所とした。

## 2. 吸水量

### 1) 試験片の吸水量

直径20mm、厚さ1mmの試験片各8本を無水硫酸カルシウムを入れたデシケータ中に入れ、 $37^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ち24時間経過した後、ただちに $21^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ったデシケータに移し、1時間後の質量(mg)を有効数字が小数点以下1桁の精度まで測定した。24時間毎の質量変化が0.5mg以内になるまで以上の操作を繰り返した後、試験片を $37^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ の蒸留水中に24時間浸漬し、ピンセットで取り出し30秒間ガーゼでふき、空気中で15秒間振った後、質量を測定し単位面積あたりの吸水量( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )を求めた。

### 2) 人工歯の吸水量

人工歯各6本について試験片と同様に吸水量の測定を行った。なお測定した人工歯の吸水量を吸水率(%)として求めた。

## 3. 摩耗量

### 1) 試験片のブラシ摩耗量

直径9.3mm、厚さ6mmの試験片各6本を無水硫酸カルシウムを入れたデシケータ中に入れ、 $37^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ち24時間経過した後、ただちに $21^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ったデシケータに移し1時間後の質量(mg)を有効数字が小数点以下1桁の精度まで測定した。24時間毎の質量変化が0.5mg以内になるまで以上の操作を繰り返した後、歯ブラシ摩耗試験機 (日本歯科大学新潟歯学部補綴学教室第二講座考案)<sup>8)9)</sup>を用いて摩耗試験を行った。試験片が歯ブラシと接するように固定し、その接触した際の荷重が420g、ブラッシングスピードを毎分105往復、ブラッシング回数を50,000回とした。また歯ブラシはプロスペックハード (ジーシー社製)、歯磨剤はホワイトアンドホワイト (ライ

オン社製) 100gを水200gに溶解させて用いた。この場合ブラシ摩耗量は、単位面積あたりの重量減( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )として表した。

### 2) 人工歯のブラシ摩耗量

人工歯の上顎前歯各6本を用い、試験片と同様に摩耗試験を行った。ただし、この場合ブラシ摩耗量はエナメル部の重量減少率として表した。

## 4. 着色試験

硬質レジン人工歯 (EX、EN、DU) の上顎前歯各15本およびレジン歯 (NE)を用い着色試験を行った。着色材はレトルトカレー (大塚食品ボンカレー)、コーヒー (上島コーヒー、アメリカンブレンドコーヒー) および塩基性フクシン (和光純薬、試験特級)を用いた。カレーはそのままの濃度で、コーヒーは水300gに対し豆10gの濃度でそれぞれ沸騰させ加熱し続け、その中に人工歯各5本を1時間浸漬した。また0.2%塩基性フクシンではその中に人工歯各5本を浸漬し、20分間超音波を作用させた。

なお着色の程度は試験者5名の目視により5段階で判定した。点数が大きいほど着色が少なく、着色しにくいことを示す。

## 5. 曲げ強さ

縦2mm、横2mm、高さ25mmの角柱状試験片各5本を#400、#600、#1000のエメリーペーパーで順に研磨し、 $37^{\circ}\text{C}$ で24時間水中に保存した後、オートグラフ (島津製作所、DSS-500)を用いクロスヘッドスピード1.0mm/min、支点間距離20mmの条件で3点曲げ試験を行い、曲げ強さを求めた。

## 6. 圧縮強さ

直径4mm、高さ8mmの円柱状試験片各5本を#400、#600、#1000のエメリーペーパーで順に研磨し、 $37^{\circ}\text{C}$ で24時間水中に保存したものをオートグラフ (島津製作所、DSS-500)を用いクロスヘッドスピード1.0mm/minの条件で圧縮強さ試験を行い、圧縮強さを求めた。

## 7. フィラー含有量

直径4mm、高さ8mm、の円柱状試験片各5本を用いた。また、他社製人工歯については、臼歯部各5本をジクロロメタンに浸漬し基底部のP

MMAを溶かし、硬質レジン部を分離して取り出し、カーボランダムポイントにて削り、デンチン部とエナメル部の試験片を作製して用いた。これらの試験片を無水硫酸カルシウムを入れたデシケータ中に入れ、 $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ち24時間経過した後、ただちに $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保ったデシケータに移し、1時間後の質量 (mg) を有効数字が小数点以下1桁の精度まで測定した。24時間毎の質量変化が0.5mg 以内になるまで以上の操作を繰り返した。次に試料を磁製ルツボにいれ質量計測した後、有機成分を焼却し、デシケータ中で室温まで冷却した。その後、質量を測定し、デンチン、エナメルにおけるそれぞれのフィラー量 (mass%) を求めた。

なお、それぞれの実験で得られた数値について、その平均値と標準偏差を求めた。

## 結 果

### 1. 硬さについて

前歯部人工歯ヌープ硬さは、エナメルについてはDUが $39.1 \pm 6.4$  (mean  $\pm$  S. D. ) で最も硬く、次にEX $26.8 \pm 3.2$ 、EN $23.9 \pm 2.3$ の順であった (Fig.1)。デンチンについてはDUが $12.5 \pm 0.5$ 、EN $12.7 \pm 0.2$ 、EX $13.2 \pm 0.8$ とほぼ同様な結果であった (Fig.2)。

臼歯部人工歯ヌープ硬さはエナメルについてはEXが $29.9 \pm 1.8$ で最も硬く、次にEN $24.2 \pm 5.2$ 、DU $21.4 \pm 1.7$ の順であった (Fig.1)。デンチンについてはENが $17.7 \pm 2.3$ で最も硬く、EX $12.0 \pm 0.2$ 、DU $12.5 \pm 0.9$ であった (Fig.2)。

### 2. 吸水量について

#### 1) 試験片の吸水量

試験片の吸水量は、PMMAが $0.67 \pm 0.05 \text{mg/cm}^2$ で最も高く、続いてEX-Dが $0.61 \pm 0.02 \text{mg/cm}^2$ 、EX-Eが $0.50 \pm 0.01 \text{mg/cm}^2$ であった (Fig.3)。

#### 2) 人工歯の吸水量

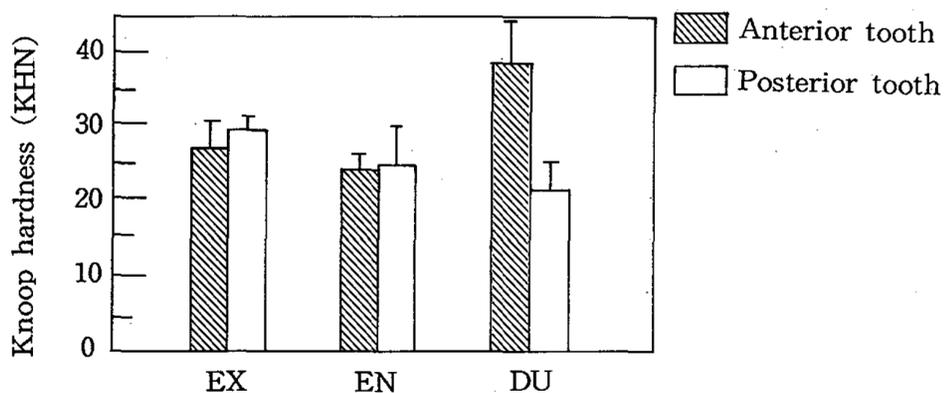


Fig.1 Hardness test (Enamel)

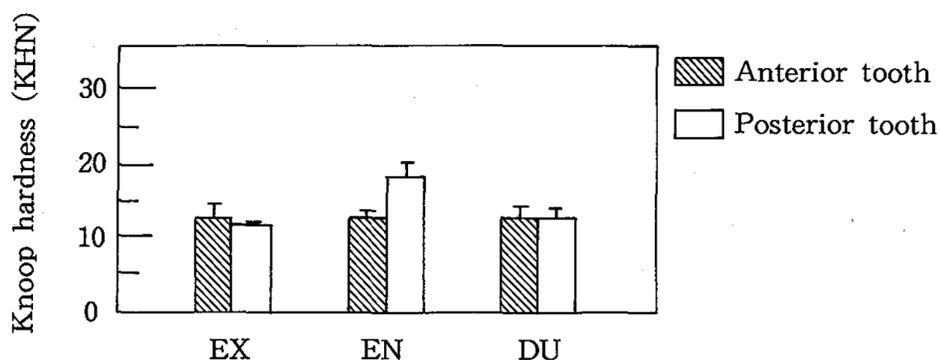


Fig.2 Hardness test (Dentin)

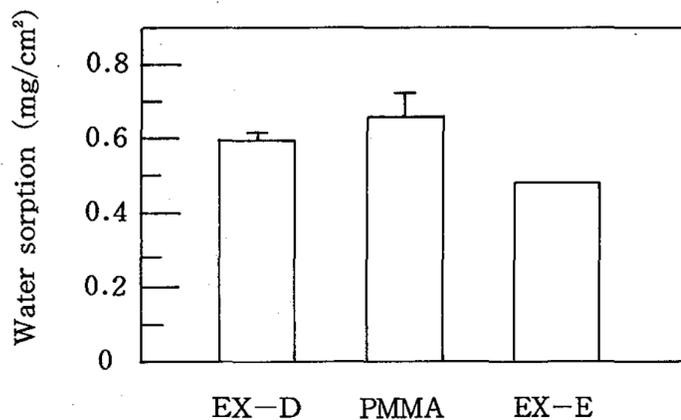


Fig.3 Water sorption (specimen)

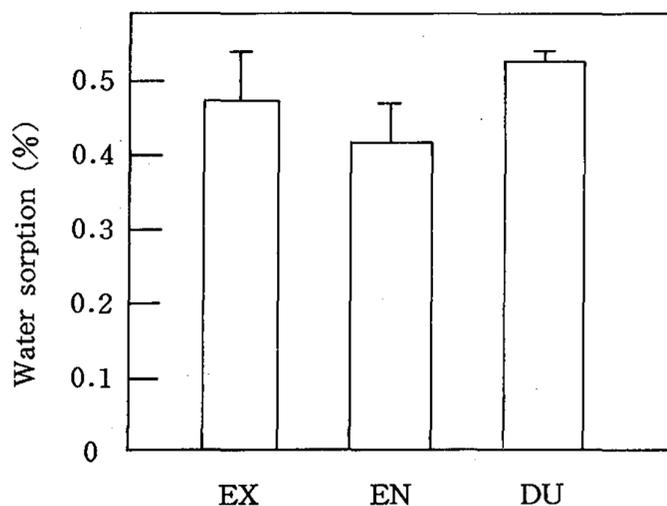


Fig.4 Water sorption (Artificial tooth)

人工歯の吸水量は、DUが $0.52 \pm 0.02\%$ と最も高く、続いてEXが $0.47 \pm 0.04\%$ 、ENが $0.41 \pm 0.06\%$ であった (Fig.4)。

### 3. 摩耗量について

#### 1) 試験片のブラシ摩耗量

試験片のブラシ摩耗量は、PMMAが $2.84 \pm 1.05 \text{mg/cm}^2$ に対してEX-Dが $0.77 \pm 0.46 \text{mg/cm}^2$ 、EX-Eが $0.53 \pm 0.28 \text{mg/cm}^2$ であった (Fig.5)。

#### 2) 人工歯のブラシ摩耗量

人工歯のブラシ摩耗率は、DUが $2.03 \pm 0.70\%$ で最も高く、続いてEXが $1.28 \pm 0.50\%$ 、ENが $1.20 \pm 0.60\%$ であった (Fig.6)。

### 4. 着色について

カレーでの着色の程度は、EXとDUが4で少なく、ENは2であった。塩基性フクシンでの着色の程度は、EXとDUが2で大きく、ENは3であった。コーヒーではEXとDUが4で、ENが3であった。また対照として用いたレジン歯 (NE) ではカレーが4、塩基性フクシンが3、コーヒーが4であった (Fig.7)。

### 5. 曲げ強さについて

曲げ強さはPMMAが $131.0 \pm 25.8$  (MPa) で最も高く、EX-Eは $93.4 \pm 7.9$  (MPa)、EX-Dは $92.9 \pm 4.3$  (MPa) で、ほぼ同程度であった (Fig.8)。

### 6. 圧縮強さについて

圧縮強さはEX-Dが $364.2 \pm 28.4$  (MPa) で最も高く、次はEX-Eの $336.9 \pm 17.4$  (MPa) で、PMMAは $92.7 \pm 7.5$  (MPa) で著しく低かった (Fig.9)。

### 7. フィラー含有量について

エナメル部のフィラー含有量については、EXで $46.87 \pm 0.48$  (mass

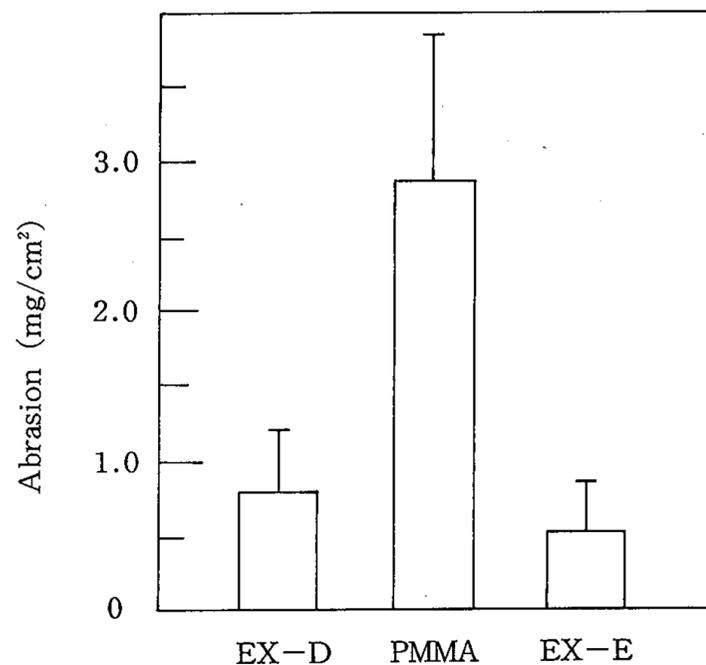


Fig. 5 Abrasion test (specimen)

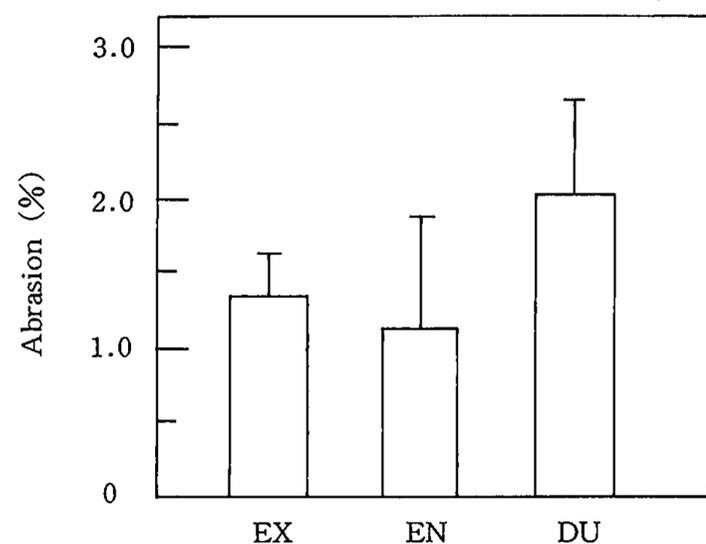


Fig. 6 Abrasion test (Artificial tooth)

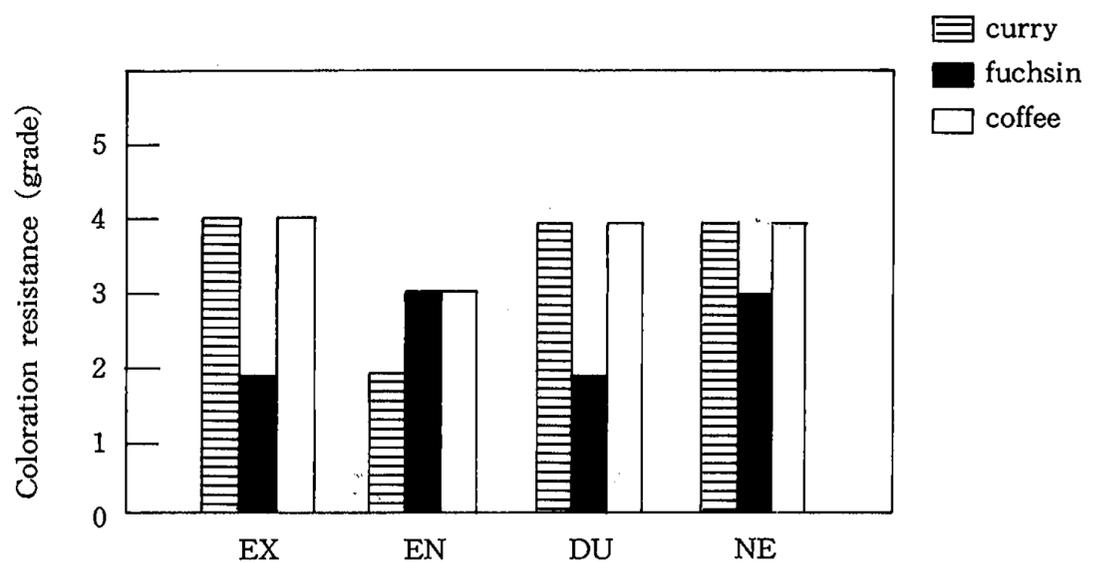


Fig. 7 Coloration resistance (Artificial tooth)

%)、DU $32.51 \pm 0.32$  (mass%)、EN $27.01 \pm 0.60$  (mass%)であった。

デンチン部のフィラー含有量についてはEXで $46.32 \pm 0.19$  (mass%)、DU $36.58 \pm 0.80$  (mass%)、EN $28.81 \pm 1.71$  (mass%)であった (Fig.10)。

## 考 察

### 1. 本研究の意義

レジン歯の長所として審美性、操作性、義歯床との結合性等が挙げられる。また、陶歯の長所として硬さ、耐摩耗性等が挙げられる。それらの長所を生かして開発されたのが、硬質レジン人工歯である。EXCERA<sup>®</sup>は硬質レジン人工歯であるが、その理工学的性質の詳細については未だ明かではない。

また、人工歯の耐摩耗性<sup>5)</sup>、破折性<sup>10)</sup>、義歯床との結合性<sup>11)</sup>等に関する報告は数多くなされているが、試験法等に統一性がみられず、それぞれの人工歯の良否を比較することは困難である。

従って、本研究はEXCERA<sup>®</sup>の諸物性を、現在市販されている2社の製品を用いて比較し、総合的に検討したものであり、臨床における人工歯選択の指標になると考えられる。

### 2. 硬さについて

硬さは、その材料の摩耗、たとえば咬合による摩耗や歯ブラシ摩耗現象などに対する抵抗性の指標となる<sup>12)</sup>。また材料の硬さを考慮することは、補綴物、修復物の仕上げや咬合調整などの研削作業の際に役立つ。

今回、他社製硬質レジン人工歯と硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の前歯、臼歯のエナメル部、デンチン部のヌープ硬さを測定した結果、硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>のヌープ硬さは他社製硬質レジン人工歯と同程度であった。硬質レジン人工歯は口腔内で機能するものであり、対合歯や歯周組織にダメージを与えてはならない反面、

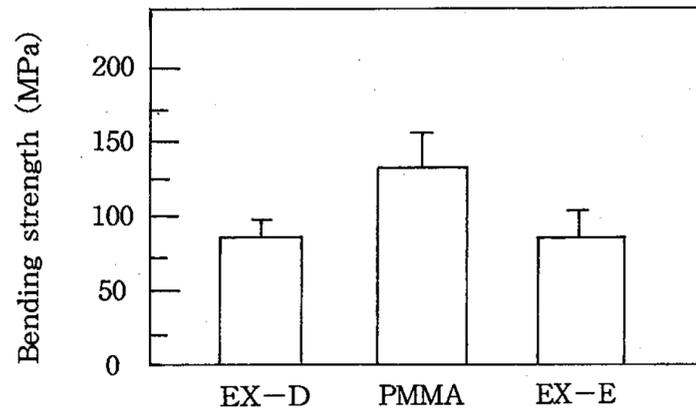


Fig. 8 Bending strength

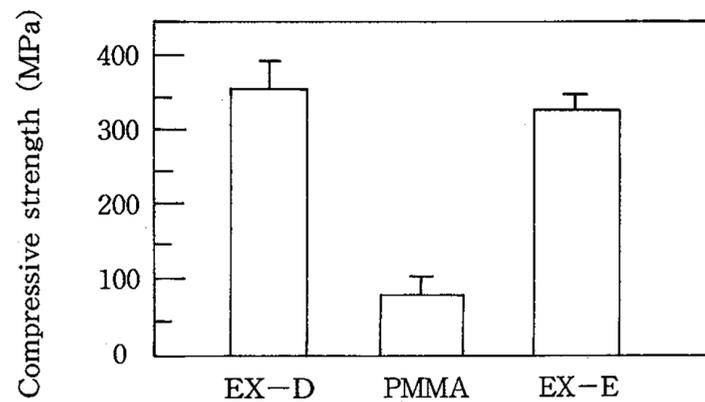


Fig. 9 Compressive strength

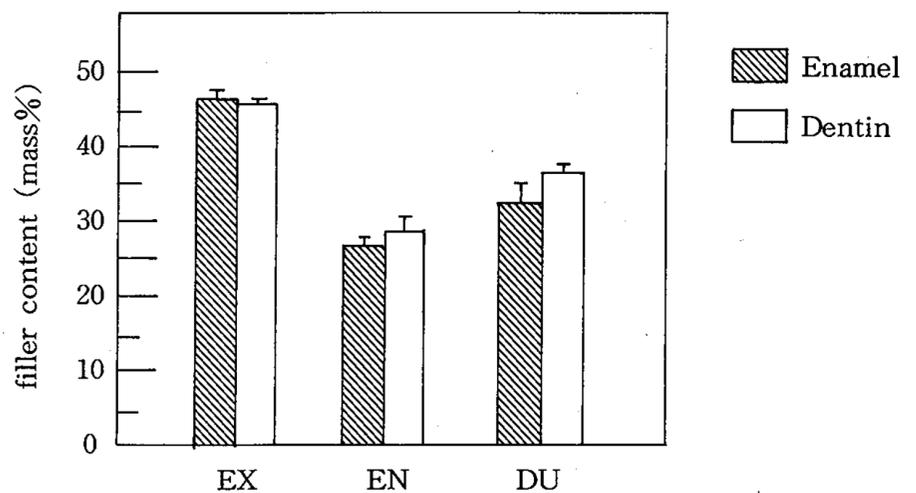


Fig. 10 filler content

咬合や摩耗に耐える適度な硬さを有していることが必要とされる。従って天然歯のエナメル質（ヌープ硬さ343）、インレーなどの歯冠修復物（22K合金）（ヌープ硬さ85）<sup>13)</sup>の硬さよりも低く、従来のレジン歯よりも高い硬さを有することが望ましい。これにより硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>は人工歯として適切な硬さを有していると考えられる。

### 3. 吸水量について

試験片の吸水についてはPMMA、EX-D、EX-Eの順に吸水量が低くなる傾向がみられ、高橋らの研究<sup>14)</sup>と一致した。レジン歯の吸水についてはJIS規格で0.7%以下の質量増加と規定されている。他社製硬質レジン人工歯ならびに硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の吸水による質量の増加は、ともに0.7%以下であった。また他社製硬質レジン人工歯との比較では硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の吸水量は中間の値を示し、これらの結果より硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の吸水性は特に問題ないと考えられる。

### 4. 摩耗試験について

摩耗試験はその材料が実際に受ける摩耗条件をできるだけ正確に再現した設計を有する試験機を用いることが必要とされている<sup>12)</sup>。本研究で使用した歯ブラシ摩耗試験機は往復ブラッシング装置であり、日常におけるブラッシングを再現しているものと考えられる。

今回得られた結果より、試験片の摩耗試験ではPMMA、EX-D、EX-Eの順に摩耗量が低くなる傾向がみられたが、この傾向は高橋らの研究<sup>14)</sup>と一致した。人工歯の摩耗試験では、硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の耐摩耗性は他社製硬質レジン人工歯と同程度であった。また測定の際に考慮すべき試料と試料固定装置との摩擦により生ずる傷は認められず、試料の質量減少はブラッシングによるものと考えられる。

### 5. 着色試験について

人工歯の着色はベースレジンの種類、人工歯の表面粗さ、吸水性、さらに着色試験に用いられる着色剤や着色剤との接触時間などに影響されると考えられている<sup>14)</sup>。しかし、レジンの着色に関す

る実験は義歯床レジンについて行われているのみで、硬質レジン人工歯についてはほとんど検討がなされていない。

各種重合型義歯床レジンの着色について検討した中村<sup>15)</sup>は、カレーがコーヒーよりも着色性が強いと報告しているが、本研究ではカレーがコーヒーよりも着色性が強いといえるのはENについてだけで、他ではカレーもコーヒーも同程度の着色性を有しているという結果が得られた。

今回得られた着色試験の結果、硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の着色性はカレー、コーヒー、塩基性フクシンのいずれにおいてもDUとともに低い傾向を示した。従って、硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>は硬質レジン人工歯の中でも着色しにくいものであり、義歯用人工歯として有用なものと考えられる。

### 6. 曲げ強さ、圧縮強さ、フィラー含有量について

曲げ強さはフィラーを含まないPMMAの試験片で最も高く、圧縮強さはPMMAの試験片が最も低くなる傾向がみられた。この傾向は高橋らの研究<sup>14)</sup>と一致した。またフィラー含有量について他社製硬質レジン人工歯と比較してもかなり高くなっていることは、硬さ、耐摩耗性が向上し、吸水性が少なくなっている原因と考えられる。従ってEXCERA<sup>®</sup>は曲げ強さ、圧縮強さ、フィラー含有量の点からも硬質レジン人工歯として十分な物性を備えているといえる。

### 7. 硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>の総合的評価

本研究から硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>は、現在市販されている他の硬質レジン人工歯と比較すると、総合的に平均以上の性質を有するバランスのとれた人工歯であることがわかった。

一般的にはレジン歯の硬さ、耐摩耗性などの性質を向上させる目的で、無機質フィラーをレジンマトリックスに添加する方法が用いられてきた。硬質レジン人工歯EXCERA<sup>®</sup>ではフィラー含有量を高めることによって、硬さ、耐摩耗性、耐吸水性などの性質を向上させた。一方、着色の原因の一つにレジン表層からのフィラーの脱落が報告されている<sup>1)</sup>ことから、フィラー含有量の増加

にともない着色性が高まることが考えられる。しかし硬質レジン人工歯EXCERA®は、フッ素含有のモノマーを用いることにより従来、硬質レジン人工歯の欠点として挙げられてきた着色性に対して改善を図ったとメーカーは説明している。従って、硬質レジン人工歯EXCERA®はフィラー含有量を高め、さらに耐着色性にも優れた硬質レジン人工歯であることが示唆された。

## 結 論

硬質レジン人工歯EXCERA®の基本的物性を知るため、硬質レジン人工歯EXCERA®および試験片ならびに市販されている他社製硬質レジン人工歯を用い比較検討して以下の結果を得た。

1. 硬質レジン人工歯EXCERA®は他社製硬質レジン人工歯よりもエナメル部、デンチン部ともにフィラー含有量が多かった。
2. 硬質レジン人工歯EXCERA®の耐着色性は他社製硬質レジン人工歯の中でも高い傾向が認められた。
3. 硬質レジン人工歯EXCERA®の硬さ、吸水性、耐摩耗性は市販されている他社製硬質レジン人工歯とほぼ同程度であった。

以上より、硬質レジン人工歯EXCERA®は、硬さ、吸水性、耐摩耗性について市販されている他社製硬質レジン人工歯と比較してほぼ同程度か優位にあり、またフィラー含有量の高さによる耐着色性の低下はみられず、むしろ硬質レジン人工歯の中でも高い傾向が認められた。

これらより、硬質レジン人工歯EXCERA®は、硬質レジン人工歯として十分な性質を備えていると考えられる。

## 文 献

- 1) Pearson, G. J. : Long term water sorption and solubility of composite filling materials, *J Dent*, **7**(1), 64-68, 1979.
- 2) 鈴木司郎, 他 : 新しい硬質レジンの臨床への応用 第一報 応用方法に関する検討. 補綴誌, **28**: 460-464, 1984.
- 3) 中村宣男, 熱田 充 : 歯冠用硬質レジン. p 5-18, 医歯薬出版, 東京. 1979.
- 4) 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.
- 5) 鈴木司郎, 他 : 新しい硬質レジンの臨床への応用 第二報 耐摩耗性の検討. 補綴誌, **30**: 1419-1425, 1986.
- 6) Whitman, D. J. et al. : In vitro wear rates of three types of commercial denture tooth materials. *J. Prosthet. Dent.*, **57**: 243-246, 1987.
- 7) Michl, R. J. : Isosit - a new dental material. *Quintessence Int.*, **9**: 1-5, 1978.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 鈴木司郎, 他 : 硬質レジン人工歯の破折に関する研究. 補綴誌, **32**: 780-786, 1988.
- 11) 鈴木司郎, 他 : 硬質レジン人工歯と床用レジンの結合性について. 補綴誌, **32**: 37-42, 1988.
- 12) 中村正明, 他 : 目でみる歯科理工学 - 歯科領域とバイオマテリアル. p15-35, 医歯薬出版, 東京. 1992.
- 13) 金竹哲也 : 歯科理工学通論. p33, 永末書店, 京都. 1968.
- 14) 高橋好文, 他 : 試作硬質レジン人工歯の歯科理工学的性質について. 愛院大歯誌, **28**: 271-281, 1990.
- 15) 中村昭久 : 義歯床レジンの着色に関する実験的研究. 日大歯学, **63**: 334-342, 1989.