

原 著

各種硬質レジンの基礎的検討

豊田 丈爾 ・ 今野 龍彦 ・ 石橋 実
八代 浩次 ・ 畠山 憲子 ・ 笠原 紳
依田 正信 ・ 木村 幸平 ・ 稲垣 亮一*
丹野 雅仁* ・ 安藤 申直* ・ 加藤 裕光**
三上 眞** ・ 佐々木 栄信** ・ 佐藤 美次男**
村上 利満**

東北大学歯学部歯科補綴学第一講座

*東北大学歯学部附属歯科技工士学校

**東北大学歯学部附属病院技工室

(主任: 木村幸平教授)

(平成9年4月15日受付, 平成9年5月19日受理)

Fundamental study of several hard resins

Johji Toyoda, Tatsuhiko Konno, Minoru Ishibashi
Koji Yashiro, Noriko Hatakeyama, Shin Kasahara
Masanobu Yoda, Kohei Kimura, Ryoichi Inagaki*
Masahito Tanno*, Nobunao Ando*, Hiroaki Kato**
Makoto Mikami**, Shigenobu Sasaki**, Mitsuo Sato**
and Toshimitsu Murakami**

Department of Prosthetic Dentistry I, Tohoku University School of Dentistry

**School for Dental Laboratory, Tohoku University School of Dentistry*

***Dental Laboratory Center, Tohoku University School of Dentistry, Dental Hospital*

(Chief : Prof. Kohei Kimura)

Abstract : Four types of hard resin currently available for clinical use are Cesead II (CE) by Kuraray Co. Ltd., Solidex (SO) by Shofu Inc., Axis (AX) by GC Corp., and Estenia (ES) by Kuraray Co. Ltd. The thermal expansion coefficient, flexural strength, hardness, compressive strength, and elastic modulus of each type were examined for dentine and enamel colors. Furthermore, the fracture strength of jacket crowns produced from these types of hard resin examined. The results were as follows:

1. The thermal expansion coefficient decreased in order of AX, SO, CE, and ES. The coefficient of ES was especially small, approximating that of gold alloy.
2. ES had higher values for both flexural strength and hardness, as compared with the other three hard resins. Its flexural strength value was more than 2 times higher in dentine, and its hardness value was 2 to 7 times higher in enamel.
3. All four types of hard resin had compressive strength 2 to 5 times higher and elastic modulus 1 to 4 times higher than the values of general acrylic resins.
4. The fracture strength of jacket crowns made from ES was significantly higher than those made from CE and AX.

Key words : hard resin, physical properties, fracture strength of jacket crown

緒 言

硬質レジンは、その操作性の簡便さ、適度の靱性を有する物性や廉価性などの長所を持っており、さらに昭和61年4月よりその前装冠が社会保険に適用され、臨床的頻度が飛躍的に増加している。

これに伴い新しい硬質レジンの開発や改良も盛んに行われ、光重合方式の開発や多官能性モノマー、含有フィラーの改良などにより、その操作性や機械的性質は長足の進歩を遂げているといわれている¹⁾。

そこで今回は、現在市販され臨床に広く用いられている各種の光重合型硬質レジんと、今回新たに開発された高密度セラミックスフィラーを92重量%含有した光・加熱重合型硬質レジンの熱膨張係数、板状試料による曲げ強さ、硬さ、圧縮強さ、弾性係数を測定し、さらに臨床的形態に製作した試料の破折試験を行い比較検討した。

材料と方法

1. 材料

今回実験に使用した硬質レジンを表1に示す。臨床上一般に使用されているクラレ社製セシードII(以下略号CE)、松風社製ソリデックス(以下SO)、GC社製アクシス(以下AX)、さらにクラレ社製エステニア(以下ES)の4種類で、それぞれデンチン色、エナメル色のA3シェードを用いた。

2. 方法

1) 熱膨張係数の測定

熱膨張係数の測定には、直径5mm、長さ20mmの

円柱状試料を使用した。試料は、内径5mmのガラス管にレジンを填入、重合し、それぞれ3個ずつ製作した。測定は、真空理工製縦型熱膨張計(図1)を使用し、測定荷重約5gfで、口腔内の温度条件を想定した70°Cから30°Cまでの範囲で行った。

2) 曲げ強さの測定(図2)

測定用試料は、ガラス板上で重合後研磨し、厚さ1.0mm、幅8.0mm、長さ約20mmの板状試料とした。

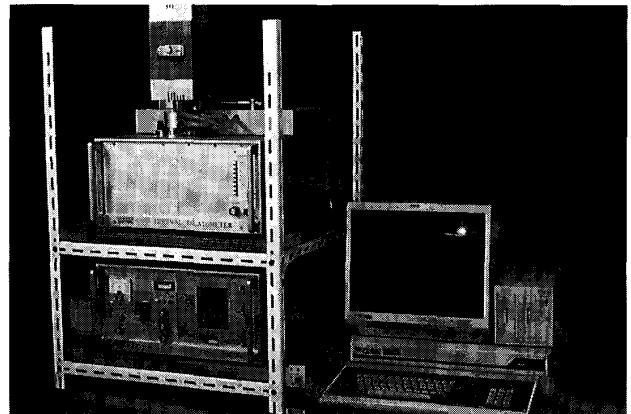


図1. 縦型熱膨張計と制御装置

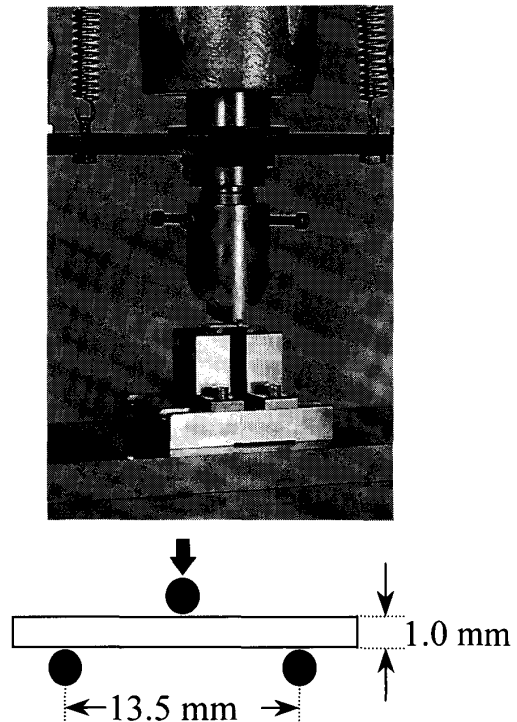


図2. 曲げ試験装置

表1. 実験に使用した硬質レジ

商品名(製造メーカー)	略号	種類	重合方式
セシードII(クラレ)	CE	デンチン エナメル	光
ソリデックス(松風)	SO	デンチン エナメル	光
アクシス(GC)	AX	デンチン エナメル	光
エステニア(クラレ)	ES	デンチン エナメル	光+加熱

島津社製オートグラフ IS500 を用い、支点間距離 13.5 mm、試験速度毎分 1 mm で線荷重を、初めに光を照射した面を引っ張り側として加え、破折時の荷重から三点曲げ強さを求めた。なお、試料数は各 5 枚ずつとした。

3) 硬さ (マイクロビッカース硬さ) の測定

硬さの測定は、アカシ社製微小硬さ試験機 MVK-H 型を用い、三点曲げ試験後の板状試料で、マイクロビッカース硬さを測定した。測定条件は、試験荷重 100 gf、荷重速度毎秒 10 μ m、荷重保持時間 15 秒とした。測定は試料 1 枚につき 5ヶ所測定し、平均をその試料の測定値とし、それぞれのレジンにつき 5 枚ずつ測定した。

4) 圧縮強さおよび弾性係数の測定

圧縮強さ測定用試料の寸法は、直径 6 mm、長さ 12 mm の円柱状とした。測定用試料は、熱膨張率測定用試料の場合と同様に内径 6 mm のガラス管を使用し、それぞれ 5 個ずつ製作した。

測定は、島津社製サーボパルサ EHF-EG を使用し、圧縮速度毎分 0.5 mm で荷重を加えた。

5) 破折強度の測定 (図 3)

より臨床に近い形での強度を調べるため、それぞれの硬質レジンを用いてジャケット冠を製作し、破折強度を測定した。

試料は、上顎左側中切歯を想定し、図 3 に示すように、切縁に歯冠軸に対して 45° の角度で静的に線荷重を加え、破折時の荷重を測定した。

完成後のクラウンの厚さは、ショルダー部で約 1.0 mm、唇舌的中央部で約 1.5 mm、隣接面および切縁部で約 2.0 mm となるようにした (図 4)。試料数は、それぞれ 5 個とし、完成したクラウンを金属支台にリン酸亜鉛セメントにて合着し、23°C、相対湿度 50% の恒温恒湿槽中に 24 時間放置後、島津社製オートグラフ IS500 を用い、クロスヘッドスピード毎分 2.5 mm で破折試験を行った。

なお、以上の試験試料について、重合はメーカー指示の方法と時間で行い、試験環境は、室温 23°C、相対湿度 50% の大気中とした。

また、試料数が 5 個の測定値については、Student-t-test による平均値の差の検定を行った。

結 果

1. 熱膨張係数 (図 5)

それぞれのレジンで、デンチンとエナメルでは、熱膨張係数に大きな差は見られなかった。各レジンを比較すると、AX が $70\sim 85 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で最も大きく、SO、CE の順に小さくなり、ES は $20\sim 30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で他の 3 種類に比べ極めて小さい値であることがわかった。

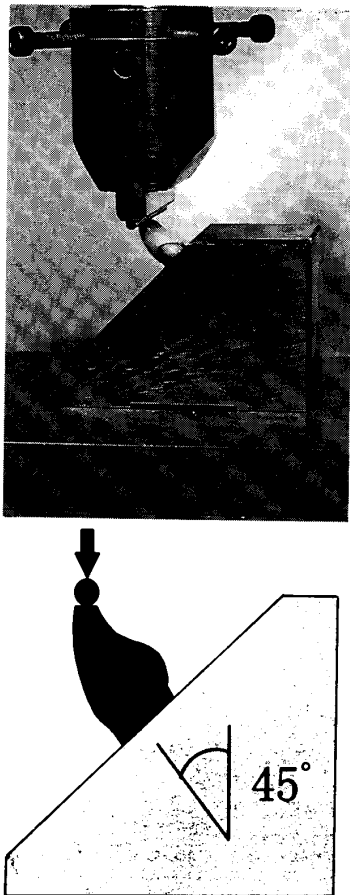


図 3. ジャケットクラウンの破折試験

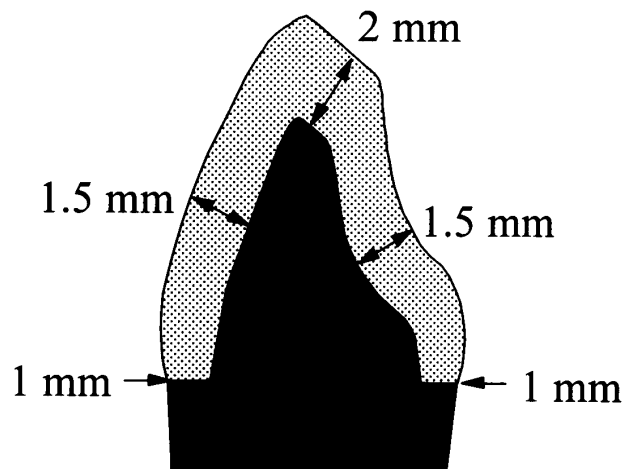


図 4. ジャケットクラウン試料の寸法

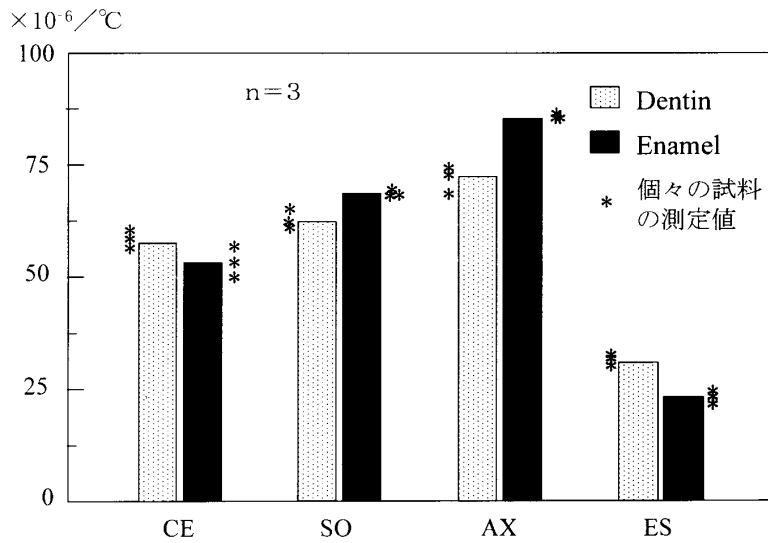


図5. 熱膨張係数 (70°C → 30°C)

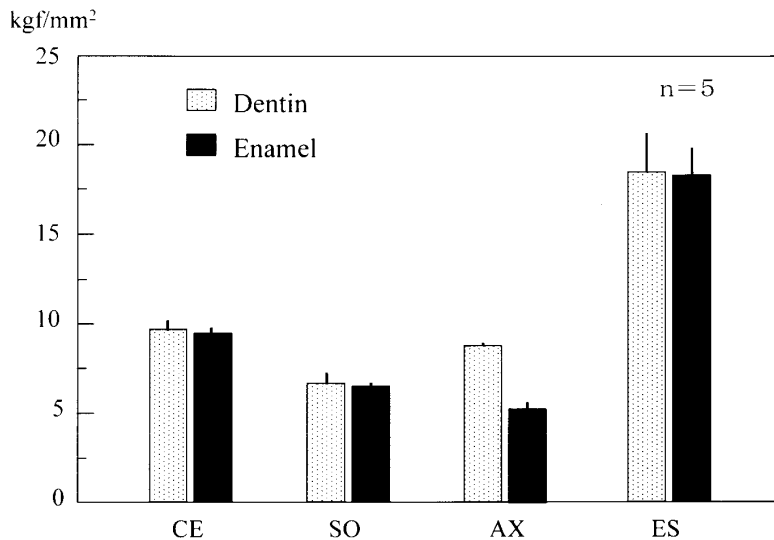


図6. 曲げ強さ

2. 曲げ強さ (図6)

各レジンのデンチンとエナメルを比較すると、AXには危険率1%で有意差が認められたが、その他の3種類のレジンには危険率5%で有意差は認められなかった。

また、各レジン間で比較すると、最も大きかったESは18~19 kgf/mm²で、他の3種(5~10 kgf/mm²)と比べ2倍以上の大きな値を示した。

3. 硬さ (Hv 0.1) (図7)

曲げ強さ同様、それぞれのデンチン、エナメル間で

は、AXで1%の危険率で有意差が認められ、他のレジンには危険率5%で有意差が認められなかった。

各レジン間で比較すると、最も硬かったESは171~174 (Hv 0.1)であった。他の3種は27~65 (Hv 0.1)で、デンチン、エナメルともにESが2~3倍の大きな値を示した。

4. 圧縮強さ (図8)

各レジンのデンチンとエナメルについて比較すると、ESのデンチンは37±15 kgf/mm²でエナメルの52±7 kgf/mm²に比べ小さいものの偏差が大きく、危険率5%で有意差は認められなかった。

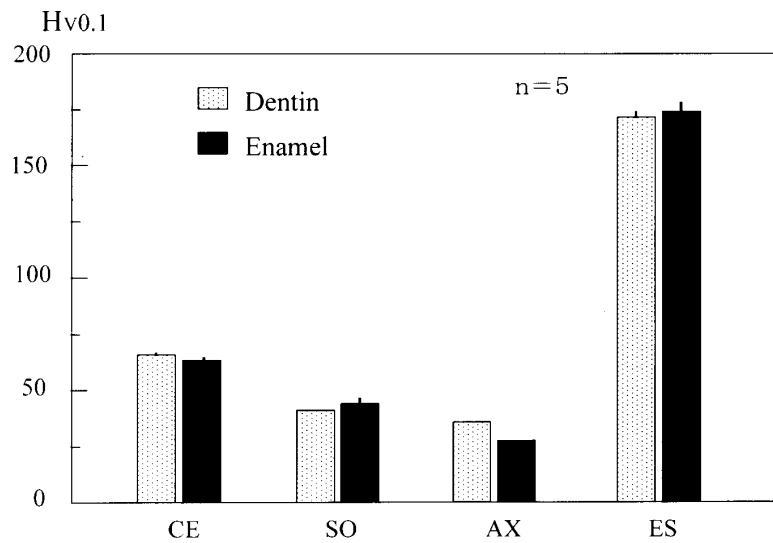


図7. 硬さ (Hv 0.1)

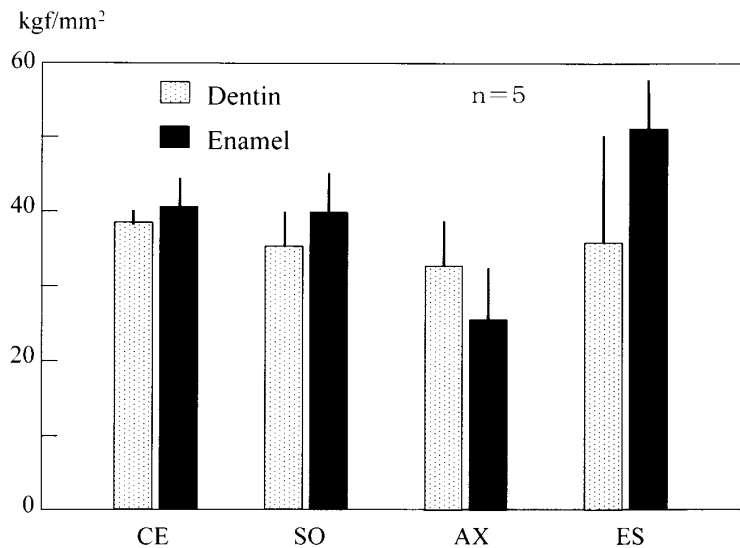


図8. 圧縮強さ

また、ESのエナメルが他のレジンに対し危険率1%で有意に大きかったが、ESのデンチンは他のレジンに対し危険率5%で有意差が認められず、ESと他のレジン間には、これまでの実験項目の結果ほどの大きな差は認められなかった。

5. 弾性係数 (図9)

各レジンのデンチンとエナメルについて比較すると、AXではデンチンが 390 ± 32 kgf/mm²、エナメルが 265 ± 17 kgf/mm² とデンチンの方が大きく、危険率1%で有意差が認められ、ESではデンチンが 790 ± 154 kgf/mm²、エナメルが $1,010 \pm 38$ kgf/mm² とエナ

メルの方が大きく、危険率5%で有意差が認められた。

また、ESはエナメル、デンチンともに、他のレジンに対し約2倍程度の高い値を示し、危険率1%で有意差が認められた。

6. 破折強度 (図10)

各レジンによるジャケットクラウンの強度はCEが 51 ± 17 kgf、SOが 60 ± 15 kgf、AXが 51 ± 11 kgf、ESが 70 ± 18 kgfであり、CEとESに危険率1%で有意差が認められたが、その他に有意な差は見られなかった。

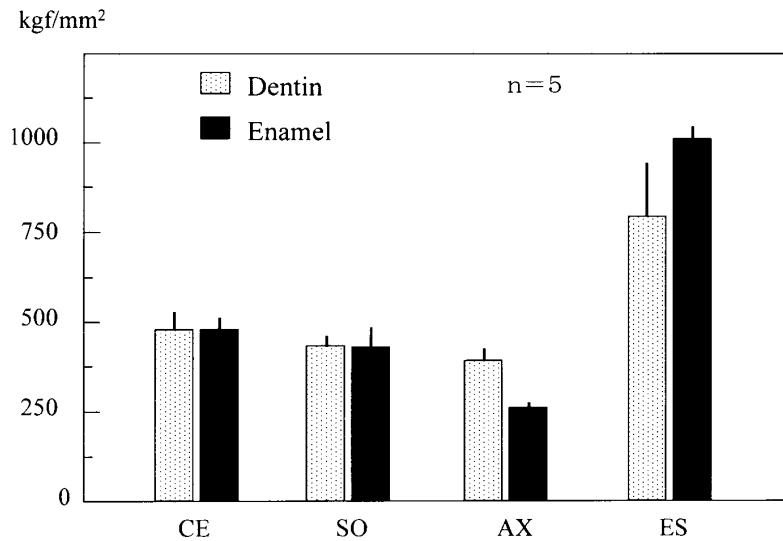


図9. 弾性係数

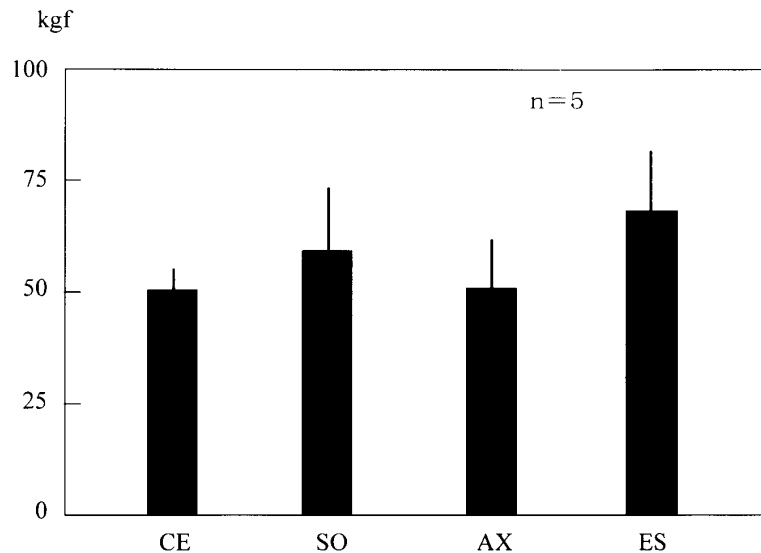


図10. 破折強度 (ジャケットクラウン)

考 察

硬質レジンは多官能性モノマーによる架橋構造と含有フィラーにより、従来のアクリルレジンに比べ、その理工学的性質は大きく向上したといわれている¹⁾。近年、このフィラーの含有量を多くし、臼歯部咬合面への応用も可能といわれるハイブリッドセラミックスといわれる硬質レジンもあらわれ、審美歯科材料としての進歩は著しいものがある。

今回、現在臨床で多用されている前装用硬質レジンとこのハイブリッドセラミックスについて、臨床応用への指標を得るため、主に強度に関連した理工学的性

質について検討し、さらに臨床的形態での強度についても測定した。著者らがこれまで検討してきたもう一つの審美的歯科材料である陶材との比較を中心に考察する。

1. 熱膨張係数

レジン前装冠の欠点の一つに、レジンと金属界面のマイクロリーケージによる変色、レジンの金属からの剝離があげられている。これはレジンと金属の熱膨張係数の差が大きいことが原因とされている。レジンと金属の化学的接着が可能となった硬質レジンでも、この熱膨張係数の差は少ないほうがこのような問題は起

こりにくい。

金銀パラジウム合金について、今回と同じ条件で熱膨張係数を測定したところ約 $19 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であった。金合金の熱膨張係数も約 $12 \sim 15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であることから²⁾、今回使用した材料の中では ES が他に比べこれらの値に近く、この点ではレジン前装冠の材料として優れていると考えられる。

2. 曲げ強さ

曲げ強さはレジンジャケット冠、レジン前装冠の強度に関係する理工学的性質の一つである。著者らがこれまで本研究と同様の方法で測定してきた陶材の曲げ強さは、 $7 \sim 16 \text{ kgf/mm}^2$ であることから^{3,4)}、ES の $18 \sim 19 \text{ kgf/mm}^2$ という値は陶材と比較しても極めて高い値であることがわかる。AX のエナメル (5.2 kgf/mm^2) を除く他の硬質レジンでは $7 \sim 8 \text{ kgf/mm}^2$ で強度の低い陶材とほぼ同程度の曲げ強さであった。

3. 硬さ

硬さは耐摩耗性に大きな影響をおよぼす因子である。口腔内で生ずる摩耗現象は、歯ブラシ、歯磨剤、義歯のクラスプ等による摩耗や歯牙同士の咬合接触により生ずる摩耗、食物が介在して生ずる摩耗が考えられる。

レジン前装冠にはこれらのうち特に歯ブラシ、歯磨剤、クラスプ等に対する高い耐摩耗性が求められる。また審美的な要求により、下顎前歯切縁や臼歯咬合面をレジンとした前装冠、ジャケットクラウンを考えた場合、咬合接触によるレジンの摩耗あるいは対合歯（天然歯、金合金等の歯冠修復物）の摩耗を考慮しなければならず、その場合エナメル質、金合金等と近似した硬さが求められる。ピッカース硬さはエナメル質が約 360、金合金が約 $90 \sim 220$ といわれており⁵⁾、今回実験した材料の中では ES が約 170 で最もこれらに近い値を示した。

4. 圧縮強さ

圧縮強さもレジンジャケット冠、レジン前装冠の強度に関係する理工学的性質の一つである。

他の修復材料の圧縮強さは、アクリルレジンで、約 10 kgf/mm^2 、陶材で約 $60 \sim 100 \text{ kgf/mm}^2$ 程度といわれており^{2,6)}、今回測定した硬質レジンでは、アクリルレジンの約 2~5 倍、陶材の約 $1/3 \sim 1/2$ の値を示していることがわかった。

5. 弾性係数

弾性係数を圧縮強さ同様、他の材料と比較すると、アクリルレジンでは $200 \sim 280 \text{ kgf/mm}^2$ 、陶材は約 $7 \sim 8,000 \text{ kg/mm}^2$ 程度であり^{2,5)}、アクリルレジンの約 1~4 倍、陶材の約 $1/15 \sim 1/7$ 程度であることがわかった。

弾性係数が小さいと、咬合力による修復物の変形が大きくなり、辺縁部で合着用セメントの剥離がおきやすくなると考えられる。この点からみると、今回用いた硬質レジンでは、ジャケットクラウンのように単体で用いた場合、陶材ジャケットクラウンと比べ、咬合力によりセメントの剥離がおきやすく、従来のアクリルレジン程ではないにしろ、修復物辺縁からの二次齶蝕や脱離がおきる可能性が高いと考えられる。

金属を裏装した前装冠では、金属の弾性係数が大きいので（約 $8 \sim 9,000 \text{ kg/mm}^2$ 程度⁷⁾）このような問題は起こりにくいと考えられる。

6. 破折強度

今回行った臨床的形態での破折試験は、材料そのものの性質をみるため、ジャケットクラウンで行った。この試験は、歯冠修復物としての臨床的な強度をみるものである。

著者らがこれまでに行ってきた陶材焼付前装冠の $140 \sim 180 \text{ kgf}^8)$ と比較すると約 $1/3 \sim 1/2$ であり、陶材によるジャケット冠 ($45 \sim 65 \text{ kgf}$) とほぼ同程度の値⁹⁾を示した。

結 語

今回行った硬質レジン 4 種（セシード II、ソリデックス、アクシス、エステニア）の基礎的実験結果から、次の結論を得た。

1. 熱膨張係数、曲げ強さ、硬さについて、エステニアが、他の 3 種類のレジンに比べ優れていた。
2. 硬質レジンでは、一般のアクリルレジンの約 2~5 倍、陶材の約 $1/3 \sim 1/2$ 、弾性係数は、アクリルレジンでは約 1~4 倍、陶材の約 $1/15 \sim 1/7$ 程度であった。
3. 硬質レジンを用いて作製したジャケット冠の破折強度は、同様に作製した陶材のジャケット冠と同等の値であった。

本論文の一部は第 29 回東北大学歯学会（1996 年 6 月、仙台）および第 18 回日本歯科技工学会（1996 年 8 月、広島）において発表した。

内容要旨：現在市販され、臨床に用いられている硬質レジンのクラレ社製セシード II (CE)，松風社製ソリデックス (SO)，GC 社製アクシス (AX)，クラレ社製エステニア (ES) 4 種類のそれぞれデンチン色，エナメル色を用いて，熱膨張係数，曲げ強さ，硬さ，圧縮強さ，弾性係数，さらにこれらを用いて製作したジャケット冠の破折強度を調べ，次の結論を得た。

1. 熱膨張係数は，AX, SO, CE の順に小さくなり，ES がこれらに比べ極めて小さい値を示し，合金などの熱膨張係数に近かった。
2. 曲げ強さと硬さは，ES の値がデンチンとエナメルともに，ほかの 3 種類の硬質レジんに比べ，曲げ強さで 2 倍以上，硬さで 2~7 倍の明らかに高い値を示した。
3. 4 種類の硬質レジンの圧縮強さは，一般のアクリルレジンの約 2~5 倍，弾性係数はアクリルレジンの約 1~4 倍であった。
4. 硬質レジンをを用いて製作したジャケット冠の破折強度は，ES が CE, AX に比べ有意に高い値を示した。

文 献

- 1) 熱田 充：硬質レジンのアイデンティティ。熱田充，花村典之，大竹博明編：硬質レジンの臨床。医歯薬出版，東京，1987，pp.1-14.
- 2) Craig, R.G., O'Brien, W.J. and Powers, J.M.: Dental Materials Properties and Manipulation Third Edition. The C.V. Mosby Co., St. Louis, 1983, pp. 11-31.
- 3) 毛取達郎，稲垣亮一，石橋 実，依田正信，木村幸平：陶材の強度に関する基礎的検討—オールセラミックス修復用陶材について—。歯科審美 6: 125-127, 1993.
- 4) 今野龍彦：焼結金属を用いた陶材焼付前装冠に関する基礎的検討。補綴誌 40: 477-488, 1996.
- 5) 山本裕子，宮内修平，丸山剛郎：マイカ・クリスタル系キャストブル・セラミック・クラウンの臨床応用。歯界展望 68: 809-817, 1986.
- 6) 桑山則彦：無機材料各論陶材。歯科理工学会編：歯科理工学(2)。医歯薬出版，東京，1982，pp. 185-193.
- 7) Phillips, R.W.: Skinner's Science of Dental Materials Eighth Edition. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1982, pp. 54-58.
- 8) 渡邊一成，依田正信，稲垣亮一，吉田恵夫：陶材焼付前装冠の破折強度について。補綴誌 32・79 回特別号: 45, 1988.