原著論文

オールセラミック修復装置の熱的性質

セラミック・レジンセメント接着積層体について

茂呂 祐康

A Study on Thermal Properties of All Ceramic Restorations

Double Laminated Specimens of Ceramic and Resin Cement

Hiroyasu Moro

Abstract : The present study was conducted to investigate thermal properties of double laminated specimens made from All ceramic (IPS Empress, IVOCLAR) and resin cement (Variolink II, VIVADENT). The specimens were IPS Empress 1.0 mm, Variolink II 0.05 mm (ER 50), IPS Empress 1.0 mm, Variolink II 0.10 mm (ER 100), IPS Empress 1.0 mm, and Variolink II 0.20 mm (ER 200). Thermal properties were measured by TC-2000 L (Shinku-riko) with a xenon flash as the light source to clarify the changes of thermal properties with the difference in thickness of Variolink II (measured value). Then the thermal conductivity of ER 50, ER 100, and ER 200 was calculated for IPS Empress and Variolink II (calculated value), and thermal conductivity of all ceramic restoratives (IPS Empress 1.00 mm, Variolink II 0.05 mm, IPS Empress 1.00 mm, Variolink II 0.10 mm, IPS Empress 1.00 mm, and Variolink II 0.20 mm) and human tooth (enamel 0.75, dentin 0.30, 0.35, and 0.45 mm), which was eliminated by preparation of an abutment tooth, was also calculated and then examined.

The measured value of thermal conductivity (W/mK) was 0.603 for ER 50, 0.577 for ER 100, and 0.540 for ER 200. Variolink II was thicker, and thermal conductivity of all ceramic restoratives was less. Calculated values of thermal conductivity (W/mK) ranged from 0.748 to 0.698, and those of tooth substance 0.808 to 0.779. Accordingly, the rate of decrease between measured value and calculated value was 21.0%. Therefore, thermal conductivity of all ceramic restoratives was less than that of tooth substance which was eliminated by preparation of an abutment tooth.

Key words : double laminated, thermal diffusivity, specific thermal capacity, thermal conductivity

I. 緒 言

現在, オールセラミックスは, 審美的歯冠修復材^{1,2)}として多くの症例に応用されている。これらの歯冠修復材は, 飲食物摂取時の温度変化による熱的刺激^{3,4)}を受ける

ため, 有髄歯に対する修復処置では, 歯髄保護の観点から, 熱的刺激による歯髄障害を起こさない配慮が必要であり, 歯冠修復装置全体の熱的性質を知る必要がある。

著者ら^{5,6)}は, 口腔内でのオールセラミックスによる歯冠修復装置の熱的性質を明らかにするための第一歩として, それに用いるオールセラミックスおよびその接着に用いるデュアルキュア型レジンセメントについて, それぞれの熱的性質を非定常法の測定装置を用いて検討⁴⁾し, ヒト歯質⁷⁾のそれとの比較を行ってきた。その結果, オールセラミック材の IPS Empress (以下, エンプレスと略す) の熱伝導率は, ヒトエナメル質のそれより小さく, ヒト象

日本大学大学院歯学研究科歯科臨床系専攻 (指導: 五十嵐孝義教授)

Major in Crown and Bridge Prosthodontics, Nihon University Graduate School of Dentistry (Director: Prof. Takayoshi Igarashi)

平成 12 年 1 月 17 日受付

牙質より大きかった。また、デュアルキュア型レジンセメントの Variolink II（以下、バリオリックと略す）の熱伝導率は、ヒトエナメル質およびヒト象牙質より小さいことを明らかにした。一方、エンプレスの熱伝導率は、バリオリックより大きかった。これらの材料は、臨床応用に際して単体で用いられることはなく、オールセラミック材は専用セメントを用いて歯質に接着させて歯冠修復装置とする^{1,2)}が、これまでに、両者を接着させた二層構造とした状態での熱的性質についての検討はない。歯冠修復処置を想定して、歯科材料を接着あるいは合着し、二層構造体としての熱的性質についての報告は、歯科用金属および合着用グラスアイオノマーセメントを組み合わせた井上の報告⁹⁾のみで、オールセラミック修復材については検討されていない。

そこで著者は、生活歯にオールセラミック修復装置を用いた際の熱的性質を明らかにすることを目的とし、オールセラミック材のエンプレスとバリオリックとを接着させて二層構造とした接着積層体の熱的性質を測定し、検討した。さらに、生活歯の上顎中切歯にオールセラミックのジャケットクラウンを接着した際のモデルを想定し、支台歯形成時の削除歯質の熱伝導率と比較、検討した。

II. 材料および方法

1. 実験材料

本実験に用いた材料を表1に示す。

エンプレスは、ステイニング法によるジャケットクラウン、ラミネートベニア、インレーおよびアンレーに应用可能なステイニング用インゴット TC1 を用いた。また、バリオリックは、ジャケットクラウンを接着することを想定し、base に white, catalyst に high viscosity を用いた（以下、VL と略す）。

表 1 Materials used in this study
使用材料

材料	製品名	製造番号	製造会社
IPS Empress	TC1 インゴット	A 21534	IVOCLAR
埋没材	ステイニング専用埋没材	A 23550	IVOCLAR
	専用埋没液	B 29976	
精製水		ED-16	小境製薬
ステイン材	ステイニングペースト (A 2, 3, 3.5 用)	A 14488	IVOCLAR
	ステイン・グレース液II	70703	IVOCLAR
グレース材	グレージングペースト	A 18835	IVOCLAR
	ステイン・グレース液II	70703	IVOCLAR
レジンセメント	Varliolink II		VIVADENT
	catalyst : high viscosity	90317	
	base : white	90121	

2. 試料の作製

1) エンプレス試料の作製

エンプレス試料の作製は、著者らの報告⁹⁾と同様に、パラフィンワックス（ジーシー：厚さ 1.0 mm）を直径 10 mm の円盤状に打ち抜き、エンプレスの製造者指示⁹⁾に従って、エンプレスのステイニング用埋没材を専用埋没液 (IVOCLAR) および精製水（小境製薬）で練和して埋没した。埋没ブロックは室温にて 1 時間放置後、インゴットおよびプランジャーとともにリングファーンズ (CF-IV：千代田歯科器材) に入れ、室温から 3°C/min で 850°C まで加熱し、90 分間係留後、専用の加熱・加圧・成型鑄造機 (EP-500：IVOCLAR) によって加熱および加圧成型し、室温にて放置後、直径 50 μ m のガラスビーズ（松風）を用い、サンドブラスターにて 0.4 MPa の圧力下で成型体を埋没材から掘り出した。次いで、#800 の耐水研磨紙を用い、厚さが 0.96 mm になるように調整 (Ra : 0.06 $\pm$ 0.01 μ m) した。非接着面は、製造者指示⁹⁾に従いステン材およびグレース材をそれぞれ 2 回ずつ築盛および焼成し、直径 10 mm、厚さ 1.00 mm の円盤状試料を作製した。すなわち、ステン材は V ステンおよびステン・グレース液 II を用い、試料上面に一層塗布し、400~850°C まで 60°C/min で昇温後、2 分間係留し、焼成した。グレース材の築盛および焼成はグレージングペーストおよびステン・グレース液 II を用い、ステン材焼成面に築盛し、450~875°C まで 60°C/min で昇温後、2 分間係留し、焼成した。この際、ステン・グレース材の築盛および焼成はセラミマット (FA-4：ジーシー) を用い、それぞれ 2 回ずつ行ってエンプレス試料（以下、ER と略す）とした。

2) 接着積層体の作製

接着積層体の作製は、図1に示すようにガラス板上に設置した $\phi 10 \times 1.00$ mm のテフロン型の辺縁全周にセメント層の厚さを見込んだスペーサーを置き、そのなかに製造者指示¹⁰⁾に従って接着前処理を行った ER の接着面を上にして設置した後、VL を製造者指示¹⁰⁾に従って練和し、

図 1 Schematic drawing of making double laminated specimens (IPS Empress and Variolink II)
接着積層試料 (IPS Empress および Variolink II) 作製の概要

図 2 Method of measurement
測定の概要

ER の接着面に填入した。次に、ガラス板にて圧接した後、両ガラス板を C 型クランプを用いて保持し、両面を白色板上で片面 90 秒間ずつ光照射 (XL-3000: 3 M) して硬化させ、二層構造の接着積層体 (以下、セメント層の厚さが 0.05, 0.10 および 0.20 mm のものをそれぞれ、ER 50, ER 100 および ER 200 と略す) とした。なお、セメント層は、0.05 mm のビニールパッチ (KOKUYO) および 0.10 mm のリーフゲージ (3 M) を用いて設定した。接着積層体は、温度 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 100% の環境下で 24 時間保管した後、質量 (電子天秤 AT-250: Mettler) および厚さ (マイクロメーター: Mitutoyo) の測定を行った。

3. 密度の測定

密度は、電子比重計 (ED-120 T: ミラー・ジュ貿易) を用いて測定した。

4. 熱的性質の測定

熱的性質は、齊藤の方法⁴⁾に従って行った。すなわち、図 2 に示すように VL 面に直径 0.1 mm のアロメル・クロメル線で作製した熱電対を装着し、熱拡散率および比熱容量の測定は、非定常法の測定装置であるクセノン・フラッシュ法熱定数測定装置 TC-2000 L (真空理工: 以下、熱定数測定装置と略す) を用いて測定した。

1) 熱拡散率の測定

熱拡散率は sampling speed: 1 msW^{-1} , sensitivity: $\pm 200 \mu\text{V}$ の条件下で、温度場を 37°C に設定して試料の温度を定め、測定した。

2) 比熱容量の測定

比熱容量は sampling speed: 5 msW^{-1} , sensitivity: $\pm 200 \mu\text{V}$ の条件下で、温度場を 37°C に設定して試料の温度を定め、測定した。

3) 熱伝導率の測定

熱伝導率は、次式から計算によって求めた。

$$k = \alpha \cdot C \cdot \rho \quad \dots\dots(1)$$

k: 熱伝導率, α : 熱拡散率, C: 比熱容量, ρ : 密度

図 3 Schematic figure of thermal conduction
熱伝導の模式図

試験体数は、上記測定についてそれぞれ 10 個ずつとし、その平均値を求めた。なお、この値を以下、実測値と称した。

5. 接着積層体の熱拡散率および熱伝導率の実測値とエンプレスとバリオリンクの積層体および削除歯質の計算上の値との差異

生活歯の上顎中切歯にオールセラミック材を用いたジャケットクラウンで歯冠修復を行うことを想定し、図 3 に示したように唇側歯冠中央部における、支台歯に装着される歯冠修復装置表層から支台歯形成面までの熱拡散率および熱伝導率と、支台歯形成によって削除されるエナメル質表層から支台歯形成面までの歯質の熱伝導率を境膜伝熱係数を無視した計算式から算出し¹⁾、それぞれの熱拡散率および熱伝導率の差異を比較、検討した。

支台歯に装着される歯冠修復装置としては、接着積層体と同じ厚さのエンプレスとバリオリンクを重ね合わせた積層体 (以下、積層体と略す) とし、これらの熱拡散率および熱伝導率を算出した。熱拡散率および熱伝導率を算出する際、エンプレスとバリオリンクそれぞれの単体の値は著者がこれまでに報告した測定結果^{5,6)}を、支台歯形成時の削除歯質 (ヒトエナメル質および象牙質) の熱伝導率は既知の値⁷⁾を用いた。

以上の条件に従い、接着積層体と同じ厚さの積層体の熱拡散率および熱伝導率と、支台歯形成時の削除歯質の熱伝導率を、下記の計算式 (2) によって算出した。すなわち、想定した積層体については、エンプレスの厚さの 1.00 mm に対し、バリオリンクの厚さを 0.05, 0.10 および 0.20 mm として算出した。一方、削除歯質については、削除されるヒトエナメル質の厚さを 0.75 mm¹²⁾、ヒト象牙質の厚さを 0.30, 0.35 および 0.45 mm として算出した。なお、算出した熱拡散率および熱伝導率の値を以下、計算値と称した。

$$\lambda = \frac{\text{試料 A の厚さ} + \text{試料 B の厚さ}}{\frac{\text{試料 A の厚さ}}{\text{試料 A の測定値}} + \frac{\text{試料 B の厚さ}}{\text{試料 B の測定値}}} \quad \dots\dots(2)$$

λ : 接着積層体の熱拡散率および熱伝導率

上記の式は、各板の表面が平滑で、接着している場合の式であるが、実際には接着界面に多少の熱抵抗が生じている¹¹⁾と考えられる。そこで、計算値に対する実測値との差異を熱拡散率および熱伝導率の低下率として以下の式から求めた。

$$\text{低下率 (\%)} = 100 - \frac{\text{実測値}}{\text{計算値}} \times 100 \quad \dots\dots(3)$$

III. 成 績

接着積層体の密度、熱拡散率、比熱容量および熱伝導率の測定結果を表2に、エンプレスおよびバリオリンクそれぞれの値をもとに算出した積層体の熱拡散率および熱伝導率の計算値を表3および4に示した。また、支台歯形成時の削除歯質の熱伝導率の計算値を併記した。

1. 接着積層体の密度 (gcm^{-3})

ER 50 が 2.387, ER 100 が 2.383 および ER 200 が 2.389 であった。

表 2 Thermal properties of double laminated specimens (IPS Empress and Variolink II)

接着積層試料 (IPS Empress および Variolink II) の密度および熱的性質の測定値

接着積層試料	密度 (gcm^{-3})	熱拡散率 ($\times 10^{-2} \text{cm}^2\text{s}^{-1}$)	比熱容量 ($\text{Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$)	熱伝導率 ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)
ER 50	2.387 (0.051)	0.342 (0.028)	0.739 (0.023)	0.603 (0.050)
ER 100	2.383 (0.034)	0.338 (0.025)	0.716 (0.045)	0.577 (0.060)
ER 200	2.389 (0.056)	0.330 (0.024)	0.696 (0.029)	0.540 (0.022)

n=10, (): SD

2. 接着積層体の熱的性質 (実測値)

1) 熱拡散率 ($\times 10^{-2} \text{cm}^2\text{s}^{-1}$)

ER 50 が 0.342, ER 100 が 0.338 および ER 200 が 0.330 であった。

2) 比熱容量 ($\text{Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$)

ER 50 が 0.739, ER 100 が 0.716 および ER 200 が 0.696 であった。

3) 熱伝導率 ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)

ER 50 が 0.603, ER 100 が 0.577 および ER 200 が 0.548 であった。

3. 積層体の熱拡散率および熱伝導率の計算値と削除歯質の熱伝導率の計算値

1) 積層体の熱拡散率 ($\times 10^{-2} \text{cm}^2\text{s}^{-1}$) の計算値

ER 50 が 0.359, ER 100 が 0.345 および ER 200 が 0.324 であった。

熱拡散率の低下率は、ER 50 が 4.7%, ER 100 が 2.0% および ER 200 が 1.5% であった。

表 3 Thermal diffusivity values of consideration¹¹⁾ for double laminated specimens (IPS Empress and Variolink II)
接着積層試料 (IPS Empress および Variolink II) の熱拡散率の実測値と計算値¹¹⁾

	ER 50	ER 100	ER 200
接着積層試料の実測値	ER : 1.00 mm VL : 0.05 mm 0.342	ER : 1.00 mm VL : 0.10 mm 0.338	ER : 1.00 mm VL : 0.20 mm 0.319
積層体の計算値	ER : 1.00 mm VL : 0.05 mm 0.359	ER : 1.00 mm VL : 0.10 mm 0.345	ER : 1.00 mm VL : 0.20 mm 0.324

(単位: $\times 10^{-2} \text{cm}^2\text{s}^{-1}$)

ER : IPS Empress

VL : Variolink II

表 4 Thermal conductivity values of consideration¹¹⁾ for double laminated specimens (IPS Empress and Variolink II) and human teeth

接着積層試料 (IPS Empress および Variolink II) の熱伝導率の実測値および計算値と削除歯質の熱伝導率の計算値¹¹⁾

	ER 50	ER 100	ER 200
接着積層試料の実測値	ER : 1.00 mm VL : 0.05 mm 0.603	ER : 1.00 mm VL : 0.10 mm 0.577	ER : 1.00 mm VL : 0.20 mm 0.540
積層体の計算値	ER : 1.00 mm VL : 0.05 mm 0.748	ER : 1.00 mm VL : 0.10 mm 0.729	ER : 1.00 mm VL : 0.20 mm 0.698
削除歯質を想定した際の計算値	エナメル質 : 0.75 mm 象牙質 : 0.30 mm 0.808	エナメル質 : 0.75 mm 象牙質 : 0.35 mm 0.797	エナメル質 : 0.75 mm 象牙質 : 0.45 mm 0.779

(単位: $\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$)

ER : IPS Empress

VL : Variolink II

2) 積層体の熱伝導率 ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) の計算値

ER 50 が 0.748, ER 100 が 0.729 および ER 200 が 0.698 であった。

熱伝導率の低下率は, ER 50 が 19.4%, ER 100 が 20.9% および ER 200 が 22.6% となり, その平均値 21.0% を低下率として得た。

3) 削除歯質の熱伝導率 ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) の計算値

支台歯形成時の削除歯質 (ヒトエナメル質: 0.75 mm, ヒト象牙質: 0.30, 0.35 および 0.45 mm) の熱伝導率の計算値は, それぞれ 0.808, 0.797 および 0.779 であった。

IV. 考 察

オールセラミック材は, 現在用いられている種々の歯冠修復法のなかで, より天然歯に近い審美性の再現が可能な方法^{1,2)}といわれている。しかし, その支台歯形成はジャケットクラウンのような全部被覆冠では, 基本的に軸面部は全周にわたり 1.0 mm の歯質削除が必要とされている⁹⁾ので, 歯冠部エナメル質および象牙質の削除過多による, 知覚過敏が臨床問題となることが報告¹³⁾されている。このことから, 口腔内という温度変化の激しい環境に置かれた生活歯の歯冠修復を行う際, 使用される歯冠修復材の熱的性質を知ることが, 歯髄障害の防止および歯髄保護の観点からたいへん重要であると考えられる。

著者ら^{5,6)}はこれまでに, オールセラミック材のなかからエンプレスおよび DiCOR Castable Ceramic (Dentsply: 以下, ダイコアと略す) と, その接着に用いるそれぞれのデュアルキュア型レジンセメントの熱的性質, さらに, エンプレスについては製造者指示に従い, ステイン材の焼成後に専用のグレーズ材を築盛および焼成して厚さ 1.0 mm にした際の熱的性質についても報告した。その結果, エンプレスの熱伝導率はヒトエナメル質のそれよりも小さかったのに対し, ダイコアは大きかったことから, 後者はヒトエナメル質よりも熱を多く伝えることを明らかにし, さらにエンプレスは, 専用のステイン材およびグレーズ材を築盛および焼成するとアズキャストの状態より熱拡散率はわずかに小さくなるが, 比熱容量は逆に大きくなることが明らかになった。また, 密度, 熱拡散率および比熱容量の積で求められる熱伝導率も同様にアズキャストの状態よりも大きくなるが, ヒトエナメル質の熱伝導率よりは小さな値であった。バリオリnkの熱伝導率は, エンプレスの約 60% でヒト象牙質よりも小さかったことから, 熱遮断材になることが明らかになった。しかし, これらはそれぞれを接着させて歯冠修復装置とすることから, 二層構造体の熱的性質を知る必要がある。

そこで今回, 歯冠修復材が二層構造体となったときの熱的性質を明らかにすることを目的として, オールセラミック材のエンプレスを選択し, バリオリnkと接着させて二

層構造とした接着積層体の熱的性質についての測定を行い, 支台歯形成時の削除歯質 (エナメル質および象牙質) のそれと比較, 検討した。

1. 接着積層体の熱的性質について

接着積層体の熱拡散率は, バリオリnkの厚さが増加するほど小さくなる傾向が認められた。熱拡散率は熱の伝わる速度を表しており, ER 50, ER 100 および ER 200 は 3 試料ともエンプレスの厚さが同じであることから, 与えられた熱刺激熱はバリオリnk内の散乱, 反射などにより減弱されるため, セメント層の厚さによって熱の伝わる速度が減少したと考えられた。

熱伝導率も同様に, バリオリnkの厚さが増加するほど熱遮断性が高くなることから, バリオリnk内で熱エネルギーが減弱され, 小さくなる⁹⁾と考えられた。すなわち, バリオリnkはマトリクス中の SiO_2 フィラーや, その他少量の微粒子フィラーなどによって構造が不規則であることから, 熱の散乱が強くなって直線的には伝わらず, 反射を繰り返しながら進むため, 相対的移動距離が長くなり, 熱の伝導性が悪くなる¹¹⁾と考えられた。

本実験に用いたバリオリnkは, 著者が調べたところ Base のフィラー含有量は 73.4 wt%, フィラーサイズは 0.04~3.00 μm , 平均 0.70 μm で, その成分は主に SiO_2 および金属酸化物であった。したがって, フィラー自体は熱を伝えやすいと考えられるが, これを取り巻くマトリクスレジンの主成分である Adduct of bisphenol A and glycidyl methacrylate や Triethylene glycol dimethacrylate (TEG-DMA) の熱伝導率は 0.205~0.228 ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)¹⁴⁾と小さく, 熱を伝えにくいと考えられた。このことから, セメント層が薄ければセメント層内のフィラー間での熱の反射および接触熱抵抗¹¹⁾が少なくなり, 熱を伝えやすくなるが, 逆に厚ければ, 熱の反射および接触熱抵抗が増え, 熱刺激は深部に行くほど減弱していくことが考えられた。

2. 接着積層体の熱拡散率および熱伝導率の実測値と積層体の計算値について

西川ら¹¹⁾によると, 熱拡散率, 熱伝導率および厚さの異なる平板を重ね合わせた積層平面板の熱拡散率および熱伝導率は, 計算式 (2) によって求められるが, これは各板の接着面が平滑で, 完全に接着している場合の式である。しかし, 試料を接着積層した場合は, 少なからずその接着界面には熱抵抗が生じており, これが熱の流れを阻害する原因となり, 接着界面に温度差が生じる。この温度差を熱流束で割ったものが接触熱抵抗¹¹⁾となる。

今回用いたエンプレスとバリオリnkの接着界面には, セメント練和時に混入すると考えられる微細な気泡や界面とのぬれ性などにより, その接着界面にはこの接触熱抵抗が生じていることが考えられた。

本実験の接着積層体と同一条件にした積層体の熱拡散率を計算式(2)で求めると、ER 50, ER 100 および ER 200 で、それぞれ 0.359, 0.345 および 0.324 ($\times 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$; 表 3) となった。また、その際、実測値と計算値との差からの低下率を計算式(3)を用いて求めると、熱拡散率の実測値は計算値よりも ER 50, ER 100 および ER 200 で、それぞれ 4.7, 2.0 および 1.5% 低い値であった。このことから、与えられた熱エネルギーは接着積層体の接着界面で散乱、反射などにより熱の伝わる速度が減少すると考えられた。また、積層体の熱伝導率も同様に計算式(2)で求めると、ER 50, ER 100 および ER 200 で、それぞれ 0.748, 0.729 および 0.698 ($\text{Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$; 表 4) となった。また、その際、実測値と計算値からの低下率を計算式(3)を用いて求めると、熱伝導率の実測値は計算値よりも ER 50, ER 100 および ER 200 で、それぞれ 19.4, 20.9 および 22.6% 低い値を示したことから、接着積層体の接着界面で接触熱抵抗が生じていると考えられた。

3. 上顎中切歯唇側歯冠中央部を想定した熱伝導率の検討

ヒトエナメル質および象牙質の厚さ^{12,15-17)}は、歯種はもとより歯頸部、軸面部および咬合面部でそれぞれ異なっている。今回は上顎中切歯にオールセラミック修復を行ったことを想定し、唇側歯冠中央部の熱伝導率についての検討を行った。そのため、唇側歯冠中央部のエナメル質の厚さが要件となり、その厚さについては石持ら¹²⁾によると 0.75 mm、歯の解剖学¹⁷⁾では 0.96 mm であるとしているが、当教室の研究では前者を採用していることから、今回もそれに準じた。製造者指示⁹⁾では、オールセラミック材の厚さが基本的には 1.0 mm 必要であることから、オールセラミック材の厚さを 1.0 mm と規定し、その際セメントの厚さが 0.05, 0.10 および 0.20 mm となったことを想定して、支台歯形成時の削除歯質の厚さをエナメル質が 0.75 mm、象牙質が 0.30, 0.35 および 0.45 mm として比較し検討した。そこで、支台歯形成時に削除される(図 3) ヒト歯質の熱伝導率 ($\text{Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$) を計算式(2)で求めると 0.808, 0.797 および 0.779 となった。

大村らの報告¹⁸⁾によると、口腔内に生じた熱刺激は髄角部において最も早く温度変化が起こることから、口腔内に生じた冷熱刺激は修復物の厚さがほぼ一定であった際には、支台歯形成時に残存歯質の厚さ、すなわち残存象牙質の厚さが薄くなった部位が冷熱刺激を最も受けやすいことになる。しかし、エンプレスバリオリックで接着した二層構造体の熱伝導率は、支台歯形成時の削除歯質の熱伝導率より低いことから、临床上、術後の熱刺激は歯冠修復装置によって減弱されていると考えられた。

以上のことから、オールセラミック修復装置の熱伝導率は、オールセラミック材およびレジンセメント層の厚さに

影響される。したがって、歯髄保護の観点から、支台歯形成時の削除歯質と、その歯冠修復に用いられる材料の熱的性質を考慮する必要があると示唆された。

V. 結 論

オールセラミック材のエンプレスおよびデュアルキュア型レジンセメントのバリオリックを用いて、セメント層の厚さを 0.05, 0.10 および 0.20 mm とした接着積層体(ER 50, ER 100 および ER 200)の熱的性質と算出した積層体のそれとの比較、検討を行った。さらに、生活歯の上顎中切歯にオールセラミック歯冠修復を行った場合を想定し、支台歯形成時の削除歯質の熱伝導率と比較、検討した。その結果、以下の結論を得た。

1. 接着積層体の密度

密度 (gcm^{-3}) は、ER 50 が 2.387, ER 100 が 2.383, および ER 200 が 2.389 を示し、セメント層の厚さによる影響は認められなかった。

2. 接着積層体の熱的性質

1) 熱 拡 散 率 ($\times 10^{-2} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$) は、ER 50 が 0.342, ER 100 が 0.338 および ER 200 が 0.330 であった。

2) 比 熱 容 量 ($\text{Jg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) は、ER 50 が 0.739, ER 100 が 0.716 および ER 200 が 0.696 であった。

3) 熱 伝 導 率 ($\text{Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$) は、ER 50 が 0.603, ER 100 が 0.577 および ER 200 が 0.548 であった。

接着積層体の熱伝導率はセメント層の厚さが増加すると小さくなる傾向が認められた。

3. 接着積層体の熱拡散率および熱伝導率の実測値と積層体の計算値

接着積層体の熱拡散率の実測値と積層体の計算値を比較すると、低下率は ER 50, ER 100 および ER 200 でそれぞれ 4.7, 2.0, および 1.5% で、その平均は 2.7% であった。接着積層体の熱伝導率の実測値は、積層体の計算値より小さく、低下率は ER 50, ER 100 および ER 200 でそれぞれ 19.4, 20.9, および 22.6% で、その平均は 21.0% であった。

4. 支台歯形成時の削除歯質の熱伝導率の計算値

生活歯の上顎中切歯にオールセラミック材を用いて作製したジャケットクラウンを装着することを想定したモデルでは、支台歯形成時の削除歯質をヒトエナメル質 0.75 mm、ヒト象牙質 0.30, 0.35 および 0.45 mm とすると、それぞれの熱伝導率 ($\text{Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$) は 0.808, 0.797 および 0.779 となることから、エンプレスバリオリックにて接着すると、熱刺激は歯冠修復装置によって減弱されること

が明らかとなった。

本研究は私立大学経常費補助金特別経費および日本大学歯学部佐藤研究費によった。

稿を終えるにあたり、本研究に終始ご懇篤なるご指導およびご校閲を賜りました日本大学歯学部五十嵐孝義教授、また、ご専攻の立場からご指導を賜りました日本大学歯学部大木一三教授、森谷良彦教授、西山 實教授に深く感謝の意を表します。

あわせて日頃、ご助言ご鞭撻をいただきました補綴学教室クラウンブリッジ学講座医局員各位、大学院各位ならびにご専攻の立場から本研究に終始ご懇篤なるご指導およびご校閲を賜りました日本大学歯学部歯科理工学教室齊藤仁弘講師、さらに試料の作製にご協力いただきました日本大学歯科病院技工室長光靖夫技手に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 五十嵐孝義. 新素材審美的歯冠修復材—IPS エンプレス—. 東歯医師会誌 43 : 133-149, 1995.
- 2) 中村隆志, 丸山剛郎. 世界の審美歯科の確立. QDT 別冊/顔貌を考える 66-76, 東京: クインテッセンス出版, 1992.
- 3) Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat. Oral Surg 19 : 515-530, 1965.
- 4) 齊藤仁弘. 歯科用セメントの熱的性質に関する基礎的研究—クセノン・フラッシュ法による測定—. 歯材器 10 : 328-343, 1991.
- 5) 茂呂祐康, 齊藤仁弘, 浅 淑行ほか. オールセラミック修復物の熱的性質に関する研究—接着性レジンセメントについて—. 日大歯学 73 : 82-87, 1999.
- 6) 茂呂祐康, 齊藤仁弘, 田村好之ほか. オールセラミック修復における熱的性質の検討—オールセラミック材について—. 補綴誌 43 : 1008-1015, 1999.
- 7) Anusavice KJ. Phillips's science of dental materials 44-47, Philadelphia : Saunders, 1996.
- 8) 井上達也. 歯科材料の熱的性質に関する研究—同種および異種材料の積層構造体について—. 歯材器 14 : 273-280, 1995.
- 9) IVOCLAR AG. IPS Empress Working Procedures, Liechtenstein, 1991.
- 10) IPS Empress Cem Kit Instructions For Use, Liechtenstein : IVOCLAR, 1993.
- 11) 西川兼康, 藤田恭伸. 伝熱学 第 1 版 1-79, 東京: 理工学社, 1990.
- 12) 石持東吾, 根橋信幸, 相沢一郎ほか. ダイコア・ラミネート・ベニアシステムに関する研究 [II]—上顎中切歯のエナメル質の厚さについて—. 日大歯学 65 : 595-607, 1991.
- 13) Clinical Research Associates. Newsletter. CRA Newsletter 23 (NOV) : 11, 1999.
- 14) 平野 進, 齊藤仁弘, 西山 實ほか. 光重合型コンポジットレジン熱的性質. 歯材器 10 : 759-764, 1993.
- 15) 小林 司, 相沢一郎, 庄司 力ほか. ダイコア・ラミネート・ベニアシステムに関する研究 [I]—ラミネート・ベニアの適合性とダイコア L.A. セメント層の観察—. 日大歯学 64 : 563-570, 1990.
- 16) 梅原一浩, 安島郁一, 佐藤一夫ほか. 日本人前歯におけるエナメル質の厚さに関する研究—ラミネートベニア法応用時における検討—. 補綴誌 34 : 757-765, 1990.
- 17) 藤田恒太郎, 桐野忠大. 歯の解剖学 第 19 版 19-20, 東京: 金原出版, 1976.
- 18) 大村祐史, 渡辺 官, 才川隆弘ほか. 上顎中切歯における歯冠修復歯の伝熱的様相に関する研究—陶材焼付鑄造冠とオールセラミックスクラウンについて—. 補綴誌 42 : 1073-1080, 1998.

著者連絡先: 茂呂 祐康

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台
1-8-13

TEL : 03-3219-8145

FAX : 03-3219-8351