

## レジン系根管シーラー(リアルシール SE シーラー)の 歯根象牙質に対する接着性に関する研究 —象牙質表面処理およびシーラー硬化時荷重の影響—

小森 規雄<sup>1,2</sup> 林 誠<sup>1,2</sup> 小林 寛<sup>3</sup> 牧野 公亮<sup>3</sup>  
安川 拓也<sup>3</sup> 井比 陽奈<sup>3</sup> 小木曾 文内<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 日本大学歯学部歯科保存学第Ⅱ講座

<sup>2</sup> 日本大学歯学部総合歯学研究所高度先端医療研究部門

<sup>3</sup> 日本大学大学院歯学研究科歯学専攻

**要旨:** 根管充填では固形体根管充填材とシーラーを併用することが多い。近年開発されたレジン系根管シーラーは、従来使用されてきた酸化亜鉛ユージノール系根管シーラーと比較して組織刺激性が少なく、根管壁の象牙質細管内へのレジンタグの形成による優れた辺縁封鎖性を有すると報告されている。レジン系根管シーラーの根管壁との接着に関する研究の多くは無圧条件下でのものであり、加圧条件での報告は少ないので、今回、象牙質表面処理および加圧根管充填時に生じる根管壁へのシーラーの圧接程度がその接着性に及ぼす影響について検討した。実験にはウシ象牙質を用い、直径3mmの被着面にシーラーを塗布し、被着面上にアクリル棒を静置・硬化させた後、インストロンを用いて引張接着強さを測定した。初めに表面処理の相違が引張接着強さに及ぼす影響について検討したところ、被着面を15%EDTA中で超音波洗浄したものの方が水中で超音波洗浄したものより接着強さが有意に大きかった。さらにシーラー硬化時に200gf、400gf、800gfと3つの異なる荷重を負荷した際の引張接着強さを測定したところ荷重800gf群が最も大きかった。

以上の結果から、レジン系根管シーラーを使用する際には、象牙質表面処理および象牙質壁面に対する加圧強さが象牙質への引張接着強さに影響することが示唆された。

**キーワード:** 根管充填、レジン系根管シーラー、接着性、引張接着強さ

### 緒 言

近年、レジンを主成分とした根管充填材および充填法が注目されている<sup>1,2)</sup>。レジン系根管シーラーは、従来使用されてきた酸化亜鉛ユージノール系根管シーラー等と比較して組織刺激性が少なく、根管壁の象牙質細管内のレジンタグの形成による優れた辺縁封鎖性などが報告されている<sup>3,4)</sup>。

根管シーラーのもつ根尖部封鎖性については色素漏洩試験が用いられることが多いが<sup>3,5)</sup>、象牙質接着性を有するレジン系根管シーラーにおいては根管壁との引張接着強さは封鎖性に大きな影響を与えると考えられる。

そこで本研究ではレジン系根管シーラーの一つであるリアルシール SE シーラー(SE シーラー、ペントロンジャパン)を用いて、象牙質表面処理およびシーラー硬化時の荷重変化が歯根象牙質との接着性に及ぼす影響について検討した。

### 材料および方法

#### 1. 象牙質試料の作製

試料の作製には、冷凍保存したウシ下顎前歯(月齢30~36ヶ月)を用いた。下顎前歯歯頸部象牙質をトレーレジンに包埋後、歯根表面をモデルトリマー(Y230、吉田製作所)および#600の耐水研磨紙を用いて研磨し、象牙質試料(縦3cm×横2cm)を作製した。

#### 2. 象牙質表面処理方法が接着性に及ぼす影響

作製した象牙質試料に対し、水中で2分間超音波洗浄後、流水下で10秒間洗浄したA群と15%EDTA中で2分間超音波洗浄の後、流水下で10秒間洗浄したB群の2種類の表面処理条件で処理を行った。

その後、各群の試料は試料面をエアーブローによって10秒間乾燥した後に、駒林の方法<sup>6)</sup>に準じて被着面積が一定になるように直径3mmの穴をあけた粘着性マットフィルムを貼り、被着面にSEシーラーを塗布した。さらにその被着面上に表面を耐水研磨紙で#600まで研磨したアクリル棒(直径10mm×長さ30mm)を静置し、荷重400gfを加えた状態で37℃恒温室中に24時間静

(受付: 平成27年4月22日)

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

置、硬化させ、引張試験の測定に供した。

引張試験はインストロン 5567(インストロン)を用い、クロスヘッドスピード 1.0 mm/min, 試料は 1 条件 6 試料とし、統計分析は Student's t-test を用いて有意水準 5% で行った。

### 3. シーラー硬化時の荷重が接着性に及ぼす影響

歯面処理条件のうち、15% EDTA 中で 2 分間超音波洗浄の後、水中で 10 秒間超音波洗浄した B 群に対してシーラー硬化時に 200 gf, 400 gf, 800 gf と 3 つの異なる荷重を負荷した際の SE シーラーの接着性について、前項と同様の試験方法で各群の引張接着強さを測定した。試料は 1 条件 6 試料とし、統計分析は一元配置分散分析法および Scheffe's test を用いて有意水準 5% で行った。

以後、200 gf 荷重を I 群、400 gf 荷重を II 群、800 gf 荷重を III 群とした。

### 4. 象牙質試料面の SEM 観察

各処理条件後の A, B 群の象牙質面および I, II, III 群の引張試験後の破断した被着面を走査電子顕微鏡(SEM: JSM-6301F, 日本電子)にて観察を行った。すなわち象牙質試料を固定し、通法にしたがい上昇エタノール系列で脱水し、金蒸着後、加速電圧 10 kV にて観察した。

また、引張試験後の試料は接着面を観察した後に縦割断し、レジンタグの象牙細管への侵入状態も観察した。

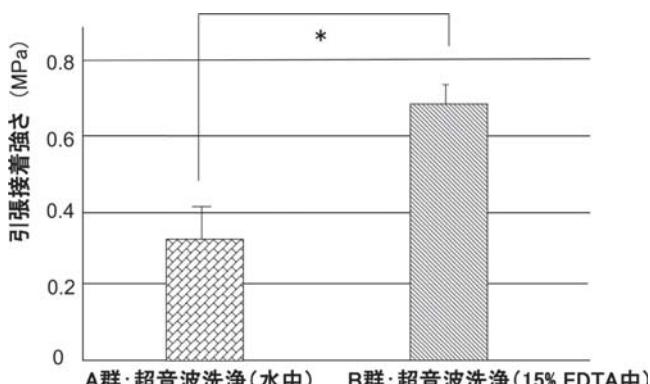
## 結 果

### 1. 象牙質表面処理方法が接着性に及ぼす影響

引張接着強さは、A 群では  $0.34 \pm 0.07$  MPa, B 群では  $0.68 \pm 0.04$  MPa であり、両群間で有意な差が認められた(第 1 図)。

### 2. シーラー硬化時の荷重が接着性に及ぼす影響

引張接着強さは、I 群では  $0.64 \pm 0.021$  MPa, II 群では  $0.68 \pm 0.04$  MPa, III 群では  $0.99 \pm 0.20$  MPa であり、I, II 群間では有意差が認められなかったが、I, III 群間、II, III 群間では有意差が認められた(第 2 図)。



第 1 図 表面処理方法の違いによる接着強さ

\* :  $P < 0.05$

### 3. 象牙質試料面の SEM 観察

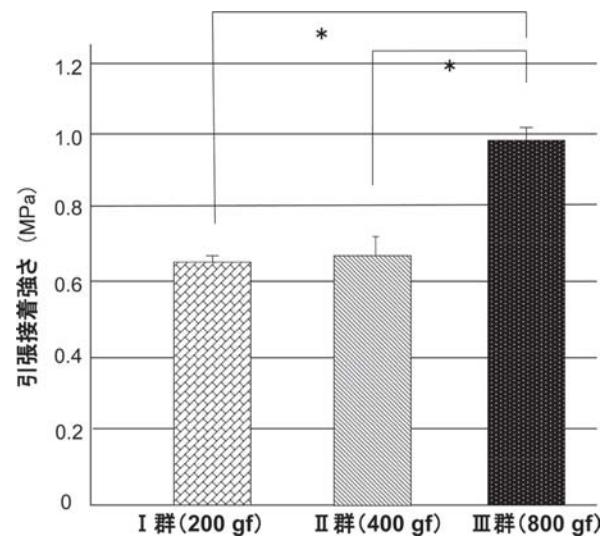
異なる表面処理を行った A 群および B 群の象牙質試料面において、象牙細管の開口状態が SEM にて観察されたが、A 群では象牙細管内に研磨片の残留物が散見されたのに対して、B 群では象牙細管内には残留物は存在せず開口状態は A 群よりも明瞭であった(第 3 図)。

次にシーラー硬化時の荷重変化の影響においては、I, II, III 群すべてで凝集破壊と界面破壊の混在が被着破断面で観察された(第 4 図)。また、縦割断面像では、残留被着レジン直下の象牙細管内へのレジンタグの侵入が認められた(第 5 図)。

## 考 察

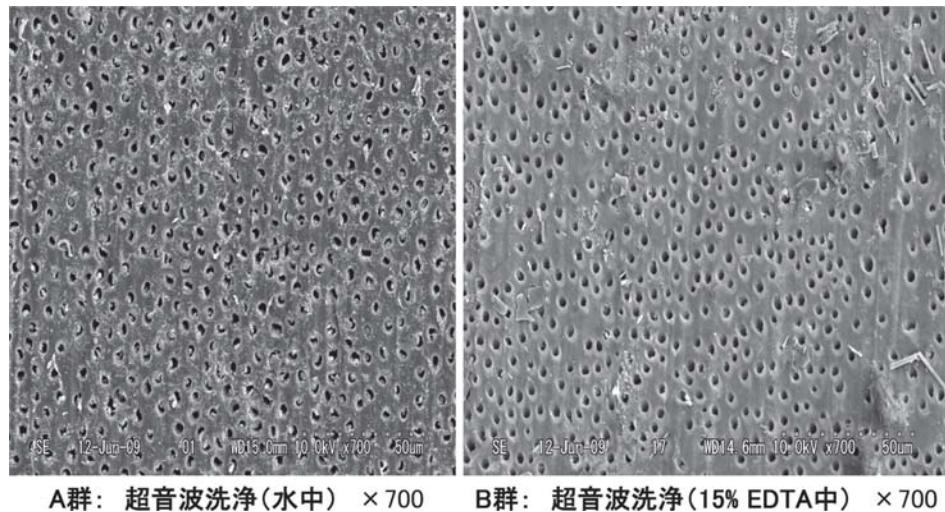
近年、レジン系根管充填用シーラーが開発され臨床応用される頻度が多くなってきており、それに伴って根管壁の性状変化が接着性や封鎖性に及ぼす影響が注目されている<sup>4,5,7-10</sup>。今回使用した SE シーラーは Bis-GMA, HEMA, メタクリル酸 2-[(6-ヒドロキシヘキサノイル)オキシ]エチルなどを主成分とするデュアルキュア型レジンシーラーであり、製造者指示では根管充填直後に歯冠部からの光照射により初期硬化を促し、光の到達が困難な根管深部は化学重合により硬化させることから、今回は光照射の影響を排除する目的のため化学重合のみで接着性への影響を検討した。

本研究では A 群より B 群の方が引張接着強さは有意に大きくなったが、いずれの処理条件においても SEM 観察では象牙細管の開口が認められた。しかし、その程度は EDTA を応用した B 群の方が明瞭な象牙細管の開口が観察され、また A 群で散見された象牙細管内の研磨片の残留物も B 群では認められなかったことから、表面

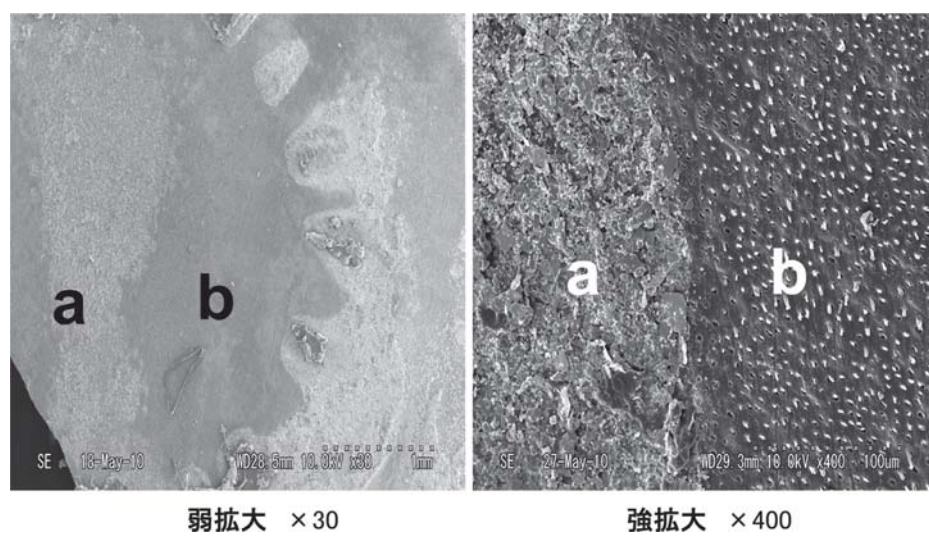


第 2 図 シーラー硬化時の荷重の違いによる接着強さ

\* :  $P < 0.05$

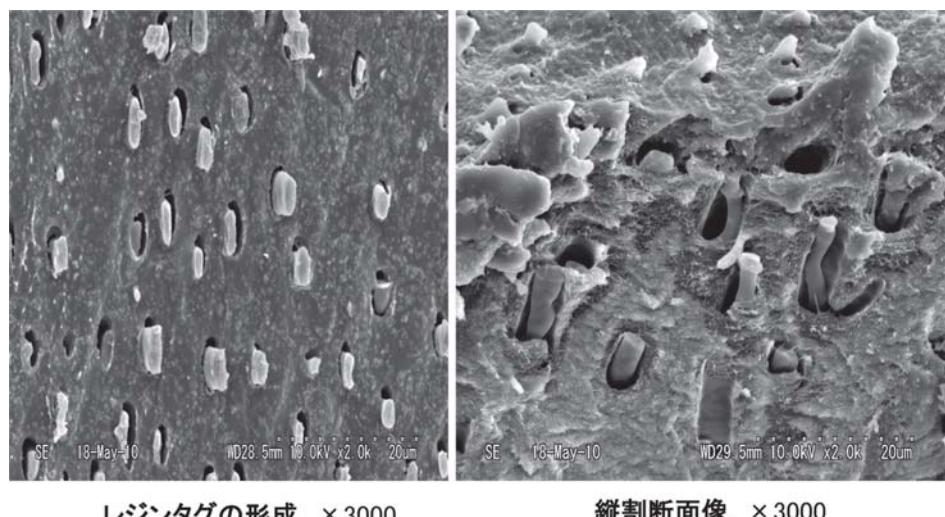


第3図 表面処理方法の違いによる象牙質表面のSEM像



第4図 破断後の象牙質被着面のSEM像

a:凝集破壊      b:界面破壊



第5図 界面破壊の部位(第4図b)の強拡大と縦割断面像

処理の違いがSEシーラーの象牙質試料表面への接着性に影響を与え、有意な引張接着強さの差として現われたものと考えられる。SEシーラーの根管充填前の洗浄方法は、製造者指示ではEDTAで処理後、精製水による使用を推奨しているが、これもスマア層によって封鎖された象牙細管を開口させるためと考えられる。島ら<sup>11)</sup>は水あるいはEDTAを根管内に満たした状態で超音波チップを挿入して根管拡大後の根管象牙質壁に対する洗浄効果を比較したところ、EDTAと超音波を併用した方が象牙細管の開口程度および洗浄効果が高く、スマア層の除去には効果的であったと報告しており、本実験の各象牙質処理条件におけるSEM観察でも同様な結果であった。

これまでに本SEシーラーを使用した象牙質への接着効果に関しては、いくつかの報告がなされている。小里ら<sup>9)</sup>はヒト新鮮抜去歯を使用し、エピファニーSEシーラー(リアルシールSEシーラーの旧名称)の微小引張接着試験を行ったところ、引張接着強さは $8.0 \pm 4.0$  MPaであったと報告している。また、本SEシーラーはビスフェノール骨格を有するレジン系シーラーで分子鎖長が長く、また疎水性モノマーであることから湿潤した象牙質面には浸透性が低下するとの報告<sup>9)</sup>もあることから、根管壁の乾燥方法および乾燥状態は十分な象牙質接着性を得るための重要な因子と考えられる。このようなことから、象牙質表面処理方法や被着象牙質面の乾燥状態などの実験条件や測定方法の相違により、接着効果の評価は変動しやすいものと考えられた。

接着性レジン系シーラーの根管壁との接着に関する研究は数多く報告されているが、象牙質表面にシーラーを練和後静置して引張試験を行ったもの<sup>7,8)</sup>や抜去歯を用いて根管形成が完了した根管内にシーラーと單一ポイントを根管内に挿入、硬化させて引張試験に供したもの<sup>4,9)</sup>など比較的無圧条件下でのものがほとんどである。Jean-Yves Blumら<sup>12)</sup>はwarm vertical compaction, lateral condensation, thermomechanical compactionの3種類の加圧根管充填操作により根管壁に加わる側方力をそれぞれ $0.85 \pm 0.2$  kg,  $0.35 \pm 0.1$  kg,  $0.5 \pm 0.2$  kgであったと報告している。そこで本研究では加圧根管充填時に生じる根管壁へのシーラーの圧接程度(荷重)がその接着性に及ぼす影響について、引張試験を用いて検討した。その結果、荷重200 gfと400 gf間では有意な差は認められなかつたが、荷重を800 gfまで増加させると200 gf群(I群)、400 gf群(II群)両群と比較して有意に引張接着強さは高くなつた。この結果は、先の象牙質面処理方法においてEDTA応用群の方がより高い引張接着強さを示し、その際の象牙質処理面SEM観察で象牙細管の明瞭な開口が認められたことから、象牙細管内へのSEシーラーの填塞程度が引張接着強さに影響を及ぼしたものと

推測された。また、界面破壊の部分のレジンタグの象牙細管内侵入の状態を縦割断面でSEM観察したところ、各群において類似したレジンタグの侵入が認められた。韓ら<sup>4)</sup>はエピファニーSEシーラーと根管壁界面との微細構造を検討し、根管上部から中央部までの部分ではレジンタグを認めたと報告しており、小里ら<sup>9)</sup>も同様に部分的にレジンタグが認められたと報告している。本実験結果もこれらの報告と同様な所見を示しており、800 gf荷重によって露出象牙細管内へのレジンタグ形成が促進されたことで有意に高い引張接着強さにつながつたものと考えられた。しかしながら、本実験条件下では凝集破壊と界面破壊が混在しており、レジンタグによる抵抗性を明確に論じることはできない。袁ら<sup>13)</sup>は接着材の象牙質接着に及ぼす影響を検討し、接着強さが小さいと界面破壊が多く認められると報告している。本実験においても破断面での凝集破壊と界面破壊の割合や象牙質面処理方法と圧接荷重の違いがレジンタグ侵入度と引張強さに及ぼす影響など、さらなる詳細な解析が必要であると考えられる。

今回の試料面はすべて象牙細管が開口した状況下で根管シーラーの接着性を検討したが、実際の臨床においてはスプレッダーやプラガーハイドの使用に伴う根管壁に加わる圧接強さ、切削片による細管開口部の封鎖や根管内の湿潤状態(乾燥程度)など多岐の条件が加わる。今後、リアルシールSEシーラーの接着効果について様々な臨床的条件を考慮して検討することが重要であると思われる。

## 結論

レジン系の根管シーラーの一つであるリアルシールSEシーラーを用いて、象牙質表面処理およびシーラー硬化時の荷重変化がシーラーの接着強さに及ぼす影響について検討し、以下の結論を得た。

1. 水中で超音波洗浄したものに比べ、15% EDTA溶液中で超音波洗浄したものが引張接着強さは有意に大きくなつた。
2. 硬化時荷重による引張接着強さは、Ⅲ群(荷重800 gf群)が最も大きかつた。
3. 15% EDTA溶液中で超音波洗浄した象牙質面では象牙細管の開口が観察され、細管内残留物も認められなかつた。
4. すべての荷重条件下において被着象牙質面で凝集破壊および界面破壊の混在が観察された。界面破壊を呈した被着象牙質面では象牙細管内にレジンタグの侵入が観察された。

本研究の一部は、平成23年度日本大学歯学部総合歯学研究所研究費により実施された。

## 文 献

- 1) Johnson WT, Gutmann JL (2006) Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *Pathways of the pulp* 9 th ed, Mosby, St Louis, 358-399.
- 2) Schwartz RS (2006) Adhesive dentistry and endodontics. part2: Bonding in the root canal system- the promise and the problems: a review. *J Endod* 32, 1125-1134.
- 3) 市村賢二, 須田光昭, 乾 はな子, 福岡陽子(2007)接着性シーラーの封鎖性について. *日歯内療誌* 28, 87-91.
- 4) 韓 臨麟, 興地隆史(2009)セルフアドヒーリングタイプレジン系根管用シーラーに関する研究—硬化体の表面性状, 根管壁処理面, 接着界面および根管封鎖性の観察. *日歯内療誌* 30, 71-78.
- 5) 石村 瞳, 坂上 斎, 花田隆周, 吉岡隆知, 須田英明(2010) レジン系根管充填用シーラー(MetaSEAL™)の根管封鎖性に影響する因子について. *日歯保存誌* 53, 159-165.
- 6) 駒林 卓(2001)根管壁接着性を有する根管充填材の試作とその性質. *日歯保存誌* 44, 905-911.
- 7) Pécora JD, Cussioli AL, Guerisoli DMZ, Marchesan MA, Sousa-neto MD, Brugnera-junior AB (2001) Evaluation of Er:YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. *Braz Dent J* 12, 27-30.
- 8) Nunes VH, Silva RG, Alfredo E, Sousa-neto MD, Silvasousa YTC (2008) Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Braz Dent J* 19, 46-50.
- 9) 小里達也, 藤田(中島)光, 関根哲子, 川島 正, 辻本恭久, 松島 潔, 池見宅司(2010)接着性レジン系ルートキャナルシーラーの接着性評価. *日歯保存誌* 53, 534-543.
- 10) 武藤徳子, 榎本光夫, 上田剛史, 上島茂明, 渡部弘隆, 三橋晃, 石井信之(2010)Obturator  $\beta$  によるレジロンと接着性レジン系シーラーの根尖封鎖性に関する研究. *日歯内療誌* 31, 188-193.
- 11) 島 一也, 前田英史, 後藤康治, 畦森雅子, 安田善之, 和田尚久, 藤井慎介, 友清 淳, 吉嶺嘉人, 斎藤隆史, 赤峰昭文(2008)EDTA ならびに NaOCl による根管洗浄後の SEM 観察—超音波洗浄との比較—. *日歯内療誌* 29, 15-19.
- 12) Blum JY, Esber S, Micallef JP (1997) Analysis of forces developed during obturations. Comparison of three gutta-percha techniques. *J Endod* 23, 340-345.
- 13) 袁 楊, 大槻晶幸, Kong Kalyan, 池田正臣, 田上順次(2012)油分の付着がセルフエッキングタイプ接着材の象牙質接着性に及ぼす影響. *接着歯学* 30, 57-62.