

研 究

ボンディングシステムの違いがアスコルビン酸処理した
根管治療歯の接着に及ぼす影響清水 峻介¹⁾, 澤田 智史²⁾, 菅 徹也¹⁾, 浅野 明子¹⁾, 野田 守¹⁾, 武本 真治²⁾¹⁾ 岩手医科大学歯学部歯科保存学講座う蝕治療学分野

(主任:野田 守)

²⁾ 岩手医科大学医療工学講座

(主任:武本 真治)

(受付:2020年12月29日)

(受理:2021年1月8日)

和 文 抄 録

目的:根管治療では根管内の化学的清掃に次亜塩素酸ナトリウムが利用されることが多い。その後、支台築造において、接着が不十分であったために脱離したと思われる症例に遭遇することがある。根管治療に用いられた次亜塩素酸ナトリウムが接着力に影響した可能性を示唆する報告がいくつかなされている。本研究では、次亜塩素酸ナトリウムによる接着力低下防止としてのアスコルビン酸処理の影響を検討した。

材料と方法:牛歯根管にポスト窩洞を形成し、次亜塩素酸ナトリウムで処置した。処置後、半分の試料にアスコルビン酸ナトリウムを応用し、化学重合型およびデュアルキュア型ボンディングシステムを応用し、支台築造用レジンを充填した。37℃の水中で7日間保存の後、充填した歯根を歯冠部から根尖部に約1mmの厚みで切断した。一歯より得られた試料の3分の2は接着強さを押し出し試験で測定し、残りの3分の1の試料は色素浸透させ、接着界面の観察に用いた。

結果:いずれのボンディングシステムであってもアスコルビン酸処理の有無による接着強さに違いは認められなかった。しかし、アスコルビン酸処理していない一部のデュアルキュア型ボンディングシステムで接着した試料には、接着界面でのギャップが多く、界面破壊が多く認められた。

結論:本研究の結果では、アスコルビン酸処理の有無によって接着強さに違いは認められないが、接着界面でのギャップの減少と混合破壊または凝集破壊の割合が増加した。

Influence of ascorbic acid treatment on bonding to endodontically treated tooth
Shunsuke SHIMIYUZU, Tomofumi SAWADA, Tetsuya KAN, Akiko ASANO, Mamoru NODA, Shinji TAKEMOTO

¹⁾ Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Iwate Medical University
(Chair Professor: Mamoru NODA)

²⁾ Department of Biomedical Engineering, Iwate Medical University
(Supervisor: Shinji TAKEMOTO)

¹⁾ 19-1, Uchimaru, Morioka, Iwate 020-8505 Japan

²⁾ 1-1-1 Idaidori, Yahaba-cho, Shiwa-gun, Iwate 028-3694 Japan

¹⁾ 岩手県盛岡市内丸19-1 (〒020-8505)

²⁾ 岩手県紫波郡矢巾町医大通1-1-1 (〒028-3694)

Dent. J. Iwate Med. Univ. 46 : 33-43 2021

1. 緒 言

齲蝕や外傷により歯冠を喪失した歯は、根管治療することで歯根を保存し、支台築造により支台歯形態を回復し、補綴装置を装着し咬合機能の回復を図る。根管処置歯の生存は、根管治療、支台築造および補綴治療と多岐に亘るそれぞれの治療が影響する。歯内療法での根管治療の成功には、ラバーダムによる防湿や感染予防が重要である¹⁾。支台築造では、鑄造コアは6年後から生存率が急激に低下し、15年予後では生存率が55%であったのに対し、レジンコアでは79%が生存していたと報告されている²⁾。したがって、長期的な歯内療法処置による歯根保存の成功には、根管治療だけではなく、支台築造や補綴装置装着までの過程を考慮する必要がある³⁾。その根管治療では根管内の感染源をファイルやリーマーによる機械的清掃および薬剤による化学的清掃によって除去する。ニッケルチタン合金製ファイルのような低弾性係数で根管追従性に優れたファイルにより感染歯質の機械的な除去率は向上している。一方で、機械的に感染源が除去できない部位に対しては薬剤による化学的清掃が適切であるとされている。次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) は、細菌やウイルスに対する抗微生物作用と強力な有機質溶解作用を有しているため、根管の化学的清掃に頻用されている。

近年、根管治療した歯根の支台築造は、歯根破折のリスク軽減のために金属支台築造体よりも繊維強化型コンポジットレジンポスト（ファイバーポスト）と支台築造用コンポジットレジン（支台築造用レジン）を併用したレジン支台築造が推奨されている²⁾。また残存歯質の厚みと高径がそれぞれ1 mm, 2 mm 以上あれば、ファイバーポストを併用せず、支台築造用レジンのみでのレジン支台築造で補綴装置を維持できると報告されている^{4,5)}。

コンポジットレジンを用いた支台築造には、間接法と直接法があるが、歯質削除量の低減、ラバーダムの装着により根管を口腔内に暴露さ

れない環境を保つことができ、患者の来院回数を少なくできる等の利点から、後者が多く用いられている。直接法レジン支台築造では、コンポジットレジンに歯質接着性がないため、歯面処理によるボンディング操作が必要となるとともに、深い窩洞で硬化させる必要がある。

コンポジットレジン修復に用いるボンディングシステムには化学重合型と光重合型、それらを組み合わせたデュアルキュア型がある。光重合型ボンディングシステムは光照射器からの照射距離がボンディングシステムの重合に寄与する一方で、化学重合型やデュアルキュア型は深い窩洞であっても重合するため接着不良が起これにくいと考える。しかし、深い窩洞である根管では化学的清掃に用いた薬剤やボンディング処理が不十分となることがあり、その結果、稀ではあるがポストの脱離が危惧される⁶⁾。

これまでに、根管治療の化学的清掃に用いるNaOCl^{7,9)}や、根管貼薬材として用いられる水酸化カルシウム製剤¹⁰⁾、交互洗浄や漂白に用いられる過酸化水素¹¹⁾などがボンディングシステムや接着性レジンセメントの接着強さに及ぼす影響が報告されている。中でもNaOClで処理した歯冠象牙質では、4-META/MMA-TBB系ボンディングシステムやセメントの接着強さの低下が著しいことが知られている^{7,8)}。一方で、NaOClで処理した象牙質にアスコルビン酸ナトリウムやチオ硫酸ナトリウムを還元剤として用いると、接着強さの回復または低下が抑制されることが報告されている^{9,12)}。しかし、根管治療で応用するNaOClおよび還元剤であるアスコルビン酸ナトリウムが、各種ボンディングシステムの接着に与える影響についての詳細は明らかになっていない。

本研究では、根管治療した歯根へのレジン支台築造体の接着強さを検討することを目的として、NaOClを作用させた象牙質にアスコルビン酸ナトリウムの応用の有無が支台築造用レジン接着に及ぼす影響を検討した。ボンディングシステムには、根管の深い窩洞であることを考慮して、化学重合型とデュアルキュア型ボン

ディングシステムを応用し、支台築造用レジンの押出し試験による接着強さと色素浸透試験による接着界面のギャップ観察から検討した。

2. 材料と方法

2.1 試料の作製

試料には、牛下顎前歯 36 本を使用した。ダイヤモンドディスクを用いて歯をセメントエナメルジャンクションで切断し、歯根を得た。歯根を歯軸と垂直となるように常温重合レジんで植立し、歯冠方向から直径 3 mm のドリルで深さ 14mm の支台築造窩洞を形成した。形成後、窩洞を 18 % EDTA (Ultradent EDTA 18%, ULTRADENT JAPAN, Tokyo, Japan), 3%NaOCl (ChlorCid, ULTRADENT JAPAN) および蒸留水でそれぞれ 1 分間洗浄し、その後、半数の試料の窩洞を 10%アスコルビン酸ナトリウム水溶液 (Sodium L-Ascorbate, FUJIFILM Wako Pure Chemical, Osaka, Japan) で 1 分処理した (ASC 群)。残りの半数はアスコルビン酸未処理群とした (未処理群)。これらの処理面を観察するため、処理した試料を割断し、オスミウムコーター (OSMIUM PLAZMA

COATER OPC60A, Filgen, Aichi, Japan) を用いてオスミウム酸 (OsO₄) を蒸着し、電界放出型走査型電子顕微鏡 (FE-SEM; SU8010, Hitachi High-Tech, Tokyo, Japan) を用いて加速電圧 10kV で観察した。

それぞれ処理した窩洞をペーパーポイントとエアブローで乾燥し、Table 1 に示すボンディングシステムを各社指示にしたがって応用した。デュアルキュア型ボンディングシステムを応用した際には光照射器 (PEN Bright, Shofu, Kyoto, Japan) を用いて 20 秒光照射した。ボンディングシステムを応用した窩洞に支台築造用コンポジットレジン (BeautiCore LC Post paste, Shofu, Kyoto, Japan: 以下 支台築造用レジンを窩洞の約半分の深さまで充填し、20 秒光照射した後、残りの窩洞にも支台築造用レジンを充填し再度光照射した。支台築造用レジンを充填、硬化した試料は、37°C の恒温槽に 1 週間静置した。

1 週間後、試料を切断機 (ISOMET, Buehler, USA) で歯冠側から厚みが約 1mm になるように断続的に切断し、1 本の歯根から 9 個の円板状試料を得た。円板状試料は 2000grit の耐水研

Table 1. Bonding systems and resin composite for build-up used in the present study

Code	Product Name	Composition of materials ¹⁾	Lot. No.	Manufacturer
Chemical cure type bonding system				
BL	BONDMER Lightless	Bond A: Acetone, Phosphate monomer, Bis-GMA, HEMA, MTU-6 Bond B: Acetone, Isopropyl alcohol, Water, Borate catalyst, γ -MPTES, Peroxide	Bond A:020 Bond B:504	Tokuyama Dental
Dual cure type bonding system				
UFC	UniFil Core Self Etching Bond	Bond A: water, ethanol, 4-META, methacrylic ester Bond B: water, polymerization accelerator	Bond A: 1903011 Bond B: 1903051	GC
iTFC	i-TFC LUMINOUS BOND	Liquid: 4-META, Acetone, Water Brush: Aromatic amine, Aromatic sulfonate	Liquid: SR1 Brush: SW11	Sun Medical
Resin composite for build-up				
BC	BeautiCore LC post paste	Glass powder, Bis-GMA, TEGDMA, UDMA	071813	Shofu

1) Based on manufacturer's data

磨紙で一層研磨し、マイクロメーター (Mitutoyo, Kanagawa, Japan) で厚みを計測した。得られた円板状試料は、歯冠側から根尖側に3個ずつとし、各部位から2つの試料を接着強さ試験に、残りの1つを色素浸透試験に供した。

2.2 接着強さの評価

接着強さの評価は、万能材料試験機 (EZ-LX: SHIMADZU, Kyoto, Japan) を用いて二軸曲げ試験を応用した押し出し試験により行った。円板状試料の底部 (根尖側) を3つの鋼球で支え、上部 (歯冠側) から直径2mmの鋼球圧子で支台築造用レジンの中心を、クロスヘッドスピード0.5mm/minで押し出した。得られた最大荷重値から接着強さを算出した。

2.3 破断様式の分類と SEM 観察

押し出し試験後の試料は、デジタル実体顕微鏡 (UM12: MicroLinks Technology, Kaohsiung, Taiwan) を用いて観察した。破壊様式は、Category 1: 根管象牙質から支台築造用レジンが脱離したもの (象牙質と支台築造用レジンとの界面破壊)、Category 2: 象牙質の破壊と支台築造用レジンと象牙質との界面での破壊 (混合破壊)、Category 3: 象牙質と支台築造用レジンが一体となって破壊しているもの (象牙質と支台築造用レジンの凝集破壊) に分類した。押し出し試験後のいくつかの試料は OsO_4 を

蒸着し、FE-SEM を用いて加速電圧10kVで観察した。

2.4 接着界面の評価

試料の歯冠側に0.2%フクシン溶液 (Fuchsin Basic, FUJIFILM Wako Pure Chemical) をマイクロピペットで100 μl 滴下し、1分後、流水で10秒水洗した。染色面を2000gritの耐水研磨紙で一層研磨し、接着界面をデジタル実体顕微鏡 (UM12: MicroLinks Technology) で観察した。得られた画像をImage J (NIH, USA) を用いて、根管象牙質と支台築造用レジンの界面領域 (界面から100 μm 範囲) を関心領域 (Region of interest: ROI) として、フキシンの染色割合を算出した。

2.5 統計学的分析

押し出し試験で得られた接着強さと接着界面の染色面積の割合は、まずShapiro-Wilk検定で正規性の検定を行った。その後、接着強さはボンディングシステムの種類及びアスコルビン酸処理の有無 (ASC群と未処理群) を要因として、Kruskal-Wallis検定を行った後、Steel-Dwassの多重比較検定による統計学的分析を行った。また、破断様式の割合は χ^2 検定と残差分析を行った。有意水準はいずれも5%とした ($\alpha=0.05$)。

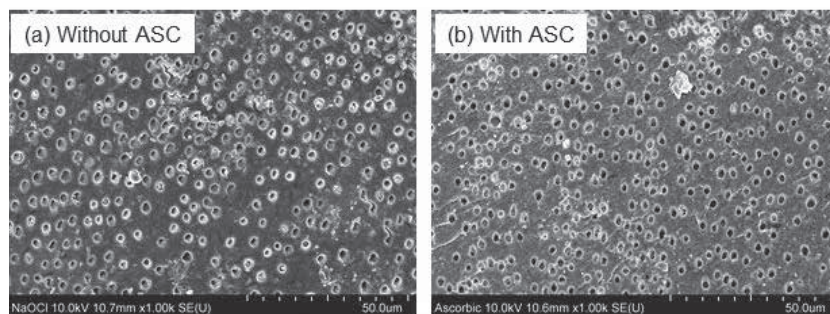


Figure. 1 : SEM images of hypochlorite-treated root canal dentin with and without ascorbic acid. (a) Without ascorbic acid, (b) With ascorbic acid

図1 次亜塩素酸ナトリウムで処理した根管象牙質 (アスコルビン酸未処理群) とその後アスコルビン酸で処理した根管象牙質のSEM像

3. 結 果

3.1 接着前の根管象牙質

次亜塩素酸ナトリウムで処理した根管象牙質 (Fig. 1 (a)) およびその後アスコルビン酸で処理した試料 (Fig. 1 (b)) にはいずれも EDTA 処理によって象牙細管が開口している様子が観察され、その形態学的な違いは認められなかった。

3.2 接着強さ

各ボンディングシステムのアスコルビン酸処理の有無による接着強さを Fig. 2 に示す。BL ではアスコルビン酸の有無によらず約 7.7MPa, UFC では約 2.7MPa, iTFC では未処理群で約 5.9MPa, ASC 群で約 7.3MPa であった。Shapiro-Wilk 検定の結果、UFC は未処理群, ASC 群ともに正規性を認めなかった。Kruskal-Wallis 検定と Steel-Dwass の多重比較検定の結果、アスコルビン酸処理の有無にかかわらず、BL および iTFC と比

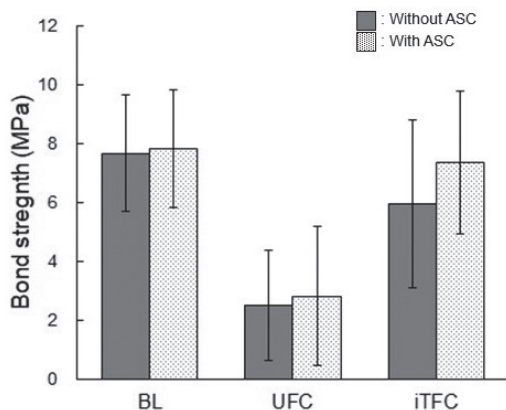


Figure. 2 : Bond strength of resin composite for abutment on the hypochlorite-treated root canal dentin with or without ascorbic acid, and bonded with BL, UFC, and iTFC bonding systems. Abbreviation is seen for Table 1.

図2 アスコルビン酸処理の有無による種々のボンディングシステムで処理した根管象牙質の接着強さ

較して UFC では有意に小さい値を示した ($P < 0.05$). BL, UFC および iTFC すべてのボンディングシステムで ASC 群と未処理群の間に有意な差は認めなかった ($P > 0.05$).

3.3 破断様式の割合

各ボンディング材のアスコルビン酸処理の有無による接着強さ測定後の破断様式の割合を Fig. 3 に示す。アスコルビン酸処理の有無にかかわらず、ボンディング材の種類による破壊様式の割合は有意差が認められた (未処理群: $\chi^2 = 56.591$, $df=4$, $P < 0.001$, ASC 群: $\chi^2 = 41.6258$, $df=4$, $P < 0.001$). 残差分析の結果、BL 未処理

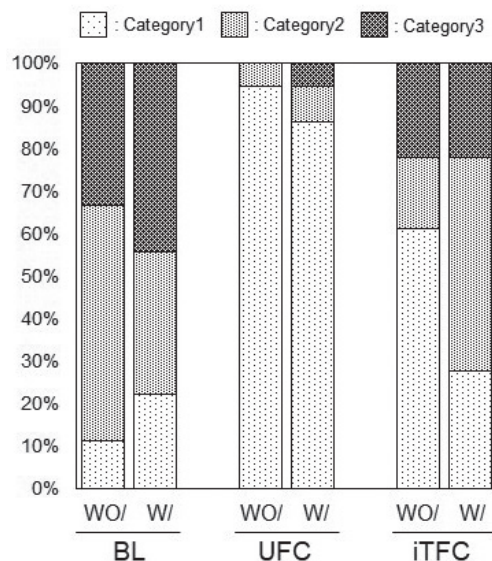


Figure. 3 : Fracture mode of specimens after push out test. Category 1: adhesive failure between resin composite and root canal dentin, Category 2: mixture of both adhesive failure (between resin composite and root canal dentin) and cohesive failure of root canal dentin, Category 3: cohesive failure of both resin composite and root canal dentin.

図3 アスコルビン酸処理の有無による種々のボンディングシステムで処理した根管象牙質の接着試験後の破断様式 Category1: 界面破壊、Category2: 混合破壊、Category3: 凝集破壊

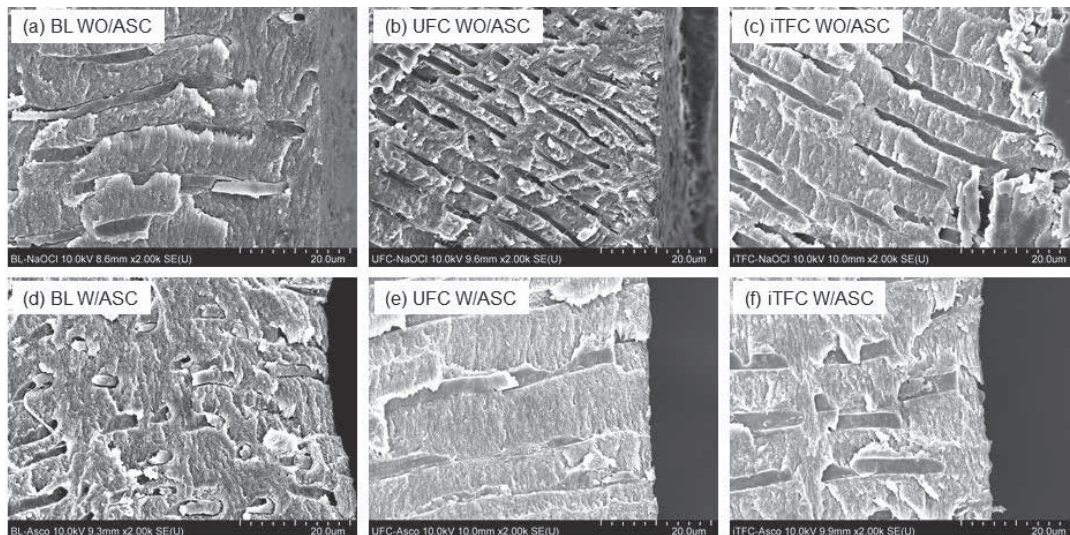


Figure. 4 : SEM images of adhesive failure (category 1) on each specimen with or without ascorbic acid, and bonded with BL, UFC, and iTFC bonding systems. Abbreviation is seen for Table 1.

図4 アスコルビン酸処理の有無による種々のボンディングシステムで処理した根管象牙質の界面破壊した試料のSEM像

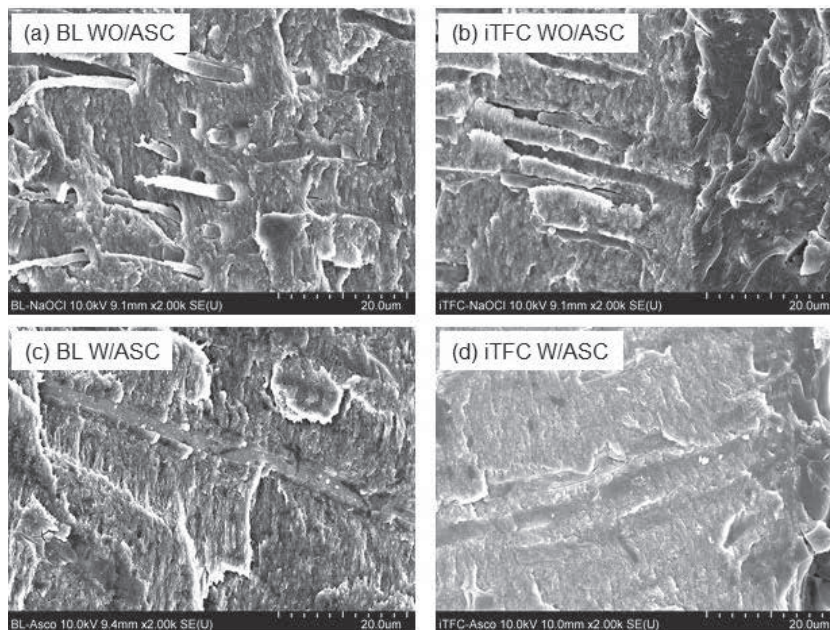


Figure. 5 : SEM images of cohesive failure (category 1) on each specimen with or without ascorbic acid, and bonded with BL and iTFC bonding systems. Abbreviation is seen for Table 1.

図5 アスコルビン酸処理の有無による種々のボンディングシステムで処理した根管象牙質の凝集破壊した試料のSEM像

群では Category2 と Category3 が, UFC 未処理群では Category1 が多く認められた. アスコルビン酸処理を行っているものでは BL では Category3 が, UFC では Category1 が, iTFC では Category2 が多かった.

また, iTFC ではアスコルビン酸処理の有無で有意差が認められた ($\chi^2=10.5$, $df=2$, $P=0.0052$). さらに残差分析の結果, ASC 群では Category 2 が, 未処理群では Category 1 が有意に多く認められた.

3.4 SEM による破断面観察

Fig. 4 に各ボンディングシステムで接着し, 押し出し試験後に界面破壊が認められた試料の SEM 写真を示す. BL では象牙細管にレジスタグが観察された (Fig. 4 (a)) が, UFC および iTFC では象牙細管にはわずかししか確認されなかった (Fig. 4 (b) および (c)). 一方で明確な樹脂含浸層は認められなかった. アスコルビン酸で処理したいずれの試料でもレジスタグが

観察された (Fig. 4 (d), (e), (f)).

Fig. 5 に BL および iTFC で接着し, 押し出し試験後に凝集破壊が認められた試料の SEM 観察像を示す. アスコルビン酸ナトリウム処理の有無にかかわらず, 象牙細管内にボンディング材が残留していることが確認でき, 象牙質, ボンディング材, および支台築造用レジンとの界面が不明瞭で, 一塊になって破断している像が観察された.

3.5 接着界面の染色面積の割合

象牙質と支台築造用レジンとの界面での染色面積割合を Fig. 6 に示す. Kruskal-Wallis 検定のうち Steel-Dwass の多重比較検定の結果, 未処理群ではボンディングシステムの違いによる染色面積割合に差は認められなかったが, ASC 群では UFC は, BL および iTFC より大きな値であった. UFC と iTFC では, アスコルビン酸ナトリウムの処理の有無による染色面積に有意な差は認めなかった ($P>0.05$) が, BL では ASC 群が未処理群と比較して, 染色面積の割合が有意に小さかった ($P < 0.05$).

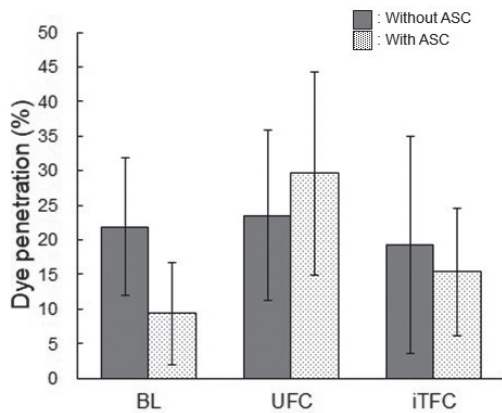


Figure. 6 : Dye penetration percentage of each specimen with or without ascorbic acid, and bonded with BL, UFC, and iTFC bonding systems. Abbreviation is seen for Table 1.

図6 アスコルビン酸処理の有無による種々のボンディングシステムで処理した根管象牙質の色素浸透試験による染色された領域の面積割合

4. 考 察

4.1 試験方法

本研究では, 化学洗浄剤である次亜塩素酸ナトリウムで処理した牛歯根管に還元剤であるアスコルビン酸ナトリウムを作用させた後, 試料の押し出し試験による接着強さと色素浸透試験による接着割合を評価した. 試料には, セメントエナメルジャンクションから根尖までが 20 – 21mm の牛下顎前歯を用いた. 牛歯はヒトの歯の構造と類似しており, 歯科用接着材の接着試験にしばしば用いられている¹¹⁻¹³. しかし, 牛歯はヒトの歯より大きい為, 本研究では 20 – 21mm の長さの牛歯とし, そのポスト孔を 2/3 の深さ (14mm) までとした. ポスト孔に支台築造用レジンを充填した 1 歯から約 1.0 mm の厚みの象牙質 - レジン複合体を切り出し, 9 試料を得た.

接着強さの評価は, せん断試験や微小引張試

験、押出し試験が用いられる。せん断試験は歯冠部エナメル質や象牙質に対して、接着面積を規定して行うのに有効である。微小引張試験は小さい試料の評価に有効である。本研究での根管窩洞の浅い部位から深部までの接着強さを評価するのに有効な押出し試験を選択した。押出し試験は、試料の厚さを薄く（1 mm 程度）にすることにより、試験時に試料に負荷される不均一な応力分布を避けることができ、接着材界面の接着強さを評価することができる¹⁴⁾。本研究では、直接法によるレジン支台築造に用いられるボンディングシステムを応用し、その接着強さを検討することを目的としたため、押出し試験を採用した。

色素浸透試験は、歯や修復物の破折部位の特定や補綴装置と歯質とのギャップやマイクロリーケージの評価に用いられる^{15,16)}。光重合型コンポジットレジン修復を行った部位に色素浸透試験を行うと、染色される部位は顕微鏡やマイクロCTで認められるギャップと一致していることが報告されている¹⁵⁾。本研究では、歯根を根管と垂直に切断した面の歯冠方向から色素を滴下し、根管治療した根管象牙質と支台築造用レジンとのギャップを評価し、接着が不十分であったとした。

4.2 接着強さに及ぼす次亜塩素酸ナトリウムの効果

根管治療に用いる化学的清掃は感染源を除去する上で効果的である一方で、その後に応用するボンディングシステムやレジンセメントの接着強さを低下する可能性が報告されている^{7,9)}。次亜塩素酸ナトリウム溶液で処理した歯冠象牙質では、化学重合型4META/MMA-TBB系ボンディングシステムやレジンセメントの接着強さが低下することが報告されている^{7,8)}。その原因として、根管象牙質の脱灰で露出したコラーゲンの変性や根管内に残存した次亜塩素酸がモノマーの重合を阻害する可能性が指摘されている。また、5%次亜塩素酸ナトリウム、3%過酸化水素で灌漑した根管に4META/MMA-

TBB系レジン接着させると有意に接着強さが低下している⁸⁾。

一方で、5%次亜塩素酸ナトリウム処理した試料であっても、接着強さの著しい低下は認められないとも報告されている¹⁹⁾。また、次亜塩素酸ナトリウムの還元剤として、生体為害性の低いアスコルビン酸ナトリウムやチオ硫酸ナトリウムを用いると、接着強さの回復または低下を抑制すると報告されている^{10,20)}。

本研究では、BL、UFCおよびiTFCの接着強さは、3%次亜塩素酸ナトリウムで処理後の10%アスコルビン酸ナトリウムの有無によって有意差は認めなかった。しかし、接着試験後のiTFCでの破断様式は、ASC群で混合破壊が未処理群に比べて有意に多く、界面破壊が有意に少なかった。界面破壊はボンディング材を介した根管象牙質と支台築造用レジン接着強さであり、一方で混合破壊および凝集破壊は、根管象牙質と支台築造用レジンが十分な接着強さを有して支台築造用レジンと根管象牙質が一体になっている。そのため、それぞれの凝集破壊であると考えられる。したがって、混合破壊や凝集破壊の場合、真の接着強さより小さい値で破壊していると考えられる。

界面破壊したアスコルビン酸未処理群のBL、UFCおよびiTFC試料の破断面は、根管象牙質に十分なレジntagが認められなかった。このことから、ボンディング材の重合が進行せず、歯質との接着が不十分であったことが推測される。一方で、ASC群ではBL、UFC、およびiTFCで象牙細管内にボンディング材が硬化したレジntagが明瞭に観察された。色素浸透試験から、UFCおよびiTFCではASC群と未処理群ではそのギャップの差は認めなかったが、BLではASC群で未処理群と比較して界面の染色の割合が有意に小さかった。このことは、BLではアスコルビン酸ナトリウム溶液で処理することにより、ボンディングシステムの接着性モノマーを含むレジン成分が均一に根管象牙質に重合し、接着していると考えられる。

本研究では化学重合型ボンディングシステム

のBLとデュアルキュア型ボンディングシステムのUFCおよびiTFCを用いた。BLは4-META/MMA-TBB系と同様にホウ酸化合物を触媒として、iTFCは4-META/MMA-TBB系と同様のモノマーを用いている。すなわち、ボンディングシステムが次亜塩素酸ナトリウムにより重合が阻害されたと考える。一方で、BLの取扱い説明書には、次亜塩素酸ナトリウムでの化学的清掃を行った後、十分に洗浄したのち、一週間以上静置すると記載されている。このことは、残留次亜塩素酸の希釈やカラーゲンが回復する期間によって、接着材のモノマーの重合阻害が抑制されると考えられる。これまでの文献では約5%程度の次亜塩素酸ナトリウムが用いられているが、本研究では3%の次亜塩素酸ナトリウムで処理したため残存塩素濃度が低く、モノマーの重合阻害への影響が小さかったと考えられる。次亜塩素酸ナトリウムの濃度は化学的清掃効果にも影響するため、今後、化学的清掃剤に含まれる次亜塩素酸ナトリウムの濃度と接着強さの関係のみならず、感染歯質の化学的清掃効率も含めて検討が必要になると考える。

5. 結 論

本研究では次亜塩素酸ナトリウムで処理した根管象牙質にアスコルビン酸を作用させ、化学重合型およびデュアルキュア型ボンディングシステムと支台築造用レジンを用いて支台築造した。その結果、以下の結論を得た。

1. 重合形式の異なるボンディングシステムを用いた根管象牙質への支台築造用レジンの接着強さは、アスコルビン酸処理の有無による影響は認められなかった。
2. デュアルキュア型ボンディングシステムiTFCではアスコルビン酸処理により支台築造用レジンと根管象牙質が同時に破壊する混合破壊が増加した。
3. 化学重合型ボンディングシステムBLではアスコルビン酸処理により接着界面でのギャップが少なくなった。

謝 辞

本研究の一部は科学研究費(20K10015)より行われた。また、電界放出型走査型電子顕微鏡は生命科学研究技術支援センターの支援により計測された。ここに深謝します。

利 益 相 反

いずれの著者も本研究に関連した利益相反(COI)関係にある企業はありません。

参 考 文 献

- 1) Lin PY, Huang SH, Chang HJ, Chi LY: The effect of rubber dam usage on the survival rate of teeth receiving initial root canal treatment: a nationwide population-based study. *J. Endod.*, 40: 1733-1737, 2014.
- 2) Hikasa T, Matsuka Y, Mine A, Minakuchi H, Hara ES, van Meerbeek B, Yatani H, Kuboki T.: A 15-year clinical comparative study of the cumulative survival rate of cast metal core and resin core restorations luted with adhesive resin cement. *Int. J. Prosthodont.*, 23: 397-405, 2010.
- 3) Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, Pashley DH, Tay FR.: Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J. Endod.*, 37: 895-902, 2011.
- 4) Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M: Restoring endodontically treated teeth with posts and cores -a review. *Quintessence Int.* 36: 737-746, 2005.
- 5) Nagasiri R, Chitmongkolsuk S: Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: a retrospective cohort study. *J. Prosthet. Dent.*, 93: 164-170, 2005.
- 6) Naumann M, Koelpin M, Beuer F, Meyer-Lueckel H: 10-year survival evaluation for glass-fiber-supported postendodontic restoration: a prospective observational clinical study. *J. Endod.*, 38: 432-435, 2012.
- 7) Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y: Effect of sodiumhypochlorite on adhesion of 4-META/MMA-TBB resin to dentin. *Jpn. J. Conserv. Dent.*, 42: 241-247, 1999.
- 8) Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J: Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am. J. Dent.*, 12: 177-180, 1999
- 9) Kurashige H, Minami H, Komuta M, Ohashi H, Kimura T, Minesaki Y, Onizuka T, Tanaka T: Recovery of adhesive strength reduced by bonding

- between dentin surface treated with NaOCl and 4-META resin cement -Application of ultrasonic cleaning for improving infiltration of neutralizer. *J. Jpn. Prosthodont. Soc.*, 43: 67-72, 1999.
- 10) Someya T, Kinoshita H, Harada R, Kawada E, Takemoto S: Effects of calcium hydroxide reagent on the bond strength of resin cements to root dentin and the retention force of FRC posts. *Dent. Mater. J.*, 36: 630-637, 2017.
 - 11) Piemjai M, Lenglerdphol S: Effect of strong tooth-bleaching with 38% hydrogen peroxide on marginal seal of dental restorations using self-etch and total-etch adhesives. *J. Esthet. Restor. Dent.*, 30:153-159, 2018.
 - 12) Soeno K, Taira Y, Jimbo R, Sawase T: Surface treatment with ascorbic acid and ferric chloride improves the micro-tensile bond strength of 4-META/MMA-TBB resin to dentin. *J. Dent.*, 36: 940-944, 2008.
 - 13) Soares FZ, Follak A, da Rosa LS, Montagner AF, Lenzi TL, Rocha RO: Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dent. Mater.*, 32:1385-1393, 2016.
 - 14) de Carvalho MFF, Leijóto-Lannes ACN, Rodrigues MCN, Nogueira LC, Ferraz NKL, Moreira LN, Yamauti M, Zina LG, de Magalhães CS: Viability of bovine teeth as a substrate in bond strength tests: a systematic review and meta-analysis. *J. Adhes. Dent.*, 20: 471-479, 2018.
 - 15) Silva EJNL, Carvalho NK, Prado MC, Senna PM, Souza EM, De-Deus G: Bovine teeth can reliably substitute human dentine in an intra-tooth push-out bond strength model? *Int. Endod. J.*, 52: 1063-1069, 2019.
 - 16) Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M: The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur. J. Oral Sci.*, 112: 353-361, 2014.
 - 17) Jacker-Guhr S, Ibarra G, Oppermann LS, Lührs AK, Rahman A, Geurtsen W: Evaluation of microleakage in class V composite restorations using dye penetration and micro-CT. *Clin. Oral Investig.*, 20: 1709-1718, 2016.
 - 18) Schlenz MA, Schmidt A, Rehmann P, Niem T, Wöstmann B: Microleakage of composite crowns luted on CAD/CAM-milled human molars: a new method for standardized in vitro tests. *Clin. Oral Investig.*, 23: 511-517, 2019.
 - 19) Ari H, Yaşar E, Belli S: Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J. Endod.*, 29: 248-251, 2003.
 - 20) Ebrahimi-Chaharom ME, Kimyai S, Mohammadi N, Oskoe PA, Daneshpuy M, Bahari M: Effect of sodium ascorbate on the bond strength of all-in-one adhesive systems to NaOCl-treated dentin. *J. Clin. Exp. Dent.*, 7: e595-599, 2015, doi: 10.4317/jced.52512.

Influence of ascorbic acid treatment on bonding to endodontically treated tooth

Shunsuke SHIMUZU, Tomofumi SAWADA, Tetsuya KAN, Akiko ASANO, Mamoru NODA,
Shinji TAKEMOTO

¹⁾ Division of Operative Dentistry and Endodontics, Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Iwate Medical University
(Chair Professor: Mamoru NODA,)

²⁾ Department of Biomedical Engineering, Iwate Medical University
(Supervisor: Shinji TAKEMOTO)

[Received : December 29 2020 : Accepted : January 8 2021]

Abstract : Objective: There are rare cases that post in root canal dentin was debonded from root canal treated with sodium hypochlorite. The purpose of this study was to clarify the effect of ascorbic acid on the bond of resin abutment to root canal dentin on tooth.

Materials and Methods: Post-cavities were formed in the bovine root canal and treated with sodium hypochlorite. Half of specimens were applied to sodium ascorbic acid, and a chemical and dual cured bonding system, and filled with composite resin for abutment. After storage in water at 37° C for 7 days, the root was cut from the coronal to the apical to a thickness of about 1 mm. Two-thirds of the samples obtained from one tooth were measured for bond strength by push out test, and the remaining one-third of the specimens were dye penetration for observing the bond interface and fracture region.

Results: No significant difference in bond strength between with and without ascorbic acid treatment was observed regardless of bonding systems. However, some specimens without ascorbic acid treatment in the chemical and dual cured-bonding agents had observed gaps at the bonding interface and adhesive fractures comparison for those with ascorbic acid treatment.

Conclusion: In the limitation of this study, there was no difference in bond strength of endodontically treated roots with or without ascorbic acid treatment, but the ascorbic treatment resulted in a decrease in the gap at the adhesive interface and an increase in the rate of mixed fracture or cohesive fracture.

Key words : endodontically treated root; bonding system; ascorbic acid; bond strength; push out test