

学位論文題名

Durability of root-end sealing with 4-META/MMA-TBB resin

(4-META/MMA-TBB レジンを用いた場合の耐久性)

学位論文内容の要旨

【研究目的】

根管治療で十分な治癒が得られない場合や、補綴物が除去できないために根管治療が行えない症例では、根尖性歯周炎の治療として歯根端切除術や再植術が広く行われている。これらの治療では、逆根管充填を適切に行うことが重要であり、その材料には良好な封鎖性や生体親和性が必要とされている。とくに、根管が汚染されたまま逆根管充填を行わなければならない場合は、根管内の起炎性物質が根尖歯周組織に漏洩しない高い封鎖性が必要である。現在、封鎖性が高い材料として接着性レジンが考えられるが、逆根管充填窩洞を形成して充填する方法に比較して、根尖切除面全体を被覆して、根管だけでなく側枝や象牙細管まで封鎖する root-end sealing が有用と考えられる。Root-end sealing では、象牙質だけでなくセメント質にも接着する必要があるが、4-META/MMA-TBB レジンのセメント質への接着は象牙質と同等であることが報告されているものの、セメント質とレジンとの接着耐久性については検討されていない。そこで本研究では実験1として4-META/MMA-TBB レジンとセメント質との接着が長期的に維持されるかを、牛歯を用いて微少引っ張り接着強さ試験と色素侵入試験により評価した。さらに、実験2として、根管に入れた色素が root-end sealing により外部に漏洩することを長期間阻止可能であるかを検討した。

【材料および方法】

実験1：ウシ下顎前歯の歯冠部を切断し、歯髄と歯根膜を除去してセメント質試料とした。同様に処理してセメント質を完全に除去したものを象牙質試料とした。被着面を10%クエン酸3%塩化第2鉄溶液（歯面処理材グリーン®、サンメディカル）で5秒間エッチングした後、水洗、乾燥して4-META/MMA-TBB レジン（スーパーボンド C&B®、サンメディカル）を筆積み法で直径約3mmの円形に塗布した。

蒸留水に浸漬して37℃で1日、1,2,3,4,6ヵ月間保存した。蒸留水は1回/週交換し、保存期間終了後に、微少引っ張り接着強さ試験と、色素侵入試験を行なった。微少引っ張り接着強さ試験は、歯軸に垂直に試料を切り出し、ダンベル型に調整を行った後クロスヘ

ッドスピード 1mm/min で行った。色素侵入試験は、24 時間 0.5%塩基性フクシン水溶液に試料を浸漬した後、レジンの中央部で歯軸と垂直に試料を切断した後、最大色素侵入距離とレジンの長さを計測し、色素侵入率(%) (=最大色素侵入距離/レジンの長さ×100) を求めた。引っ張り試験終了後の試料を、実体顕微鏡 (BX50,OLYMPUS) または走査型電子顕微鏡 (S-4000,日立製作所) を用いて破断面の観察を行い、破断様式を検討した。統計学的検定は、Mann-Whitney U 検定と、 χ^2 検定 ($p<0.05$) で行った。

実験 2 : 矯正治療のため便宜抜去したヒト下顎第一小臼歯 32 本を用い、歯冠を除去後、根管拡大し、根尖部 2.5mm を切除した。切除面全体を歯面処理材グリーン®で処理後、水洗、乾燥し、スーパーボンド C&B®を筆積み法で塗布したものを SB 群 (n=10) とした。また、直径 2mm 深さ 3mm の逆根充窩洞を形成後、アマルガム (松風スフェリカル-D®、松風) を充填したものを Am 群 (n=10) 、強化型ユージノールセメント (Bosworth Super-EBA™, Harry J,Bosworth Co.) を充填したものを EBA 群 (n=10) 、さらに、何も充填しないものを C 群 (n=5) とした。封鎖材の硬化後、根管内に 2%メチレンブルー 8 μ l を入れ、グラスアイオノマーセメント (GC FujiIX GP FAST®, GC) で仮封した。根尖部を蒸留水に浸漬して、2,5,11,24,32,40,50 週後に蒸留水中に漏洩した色素量を定量した。統計学的検討は、Kruskal-Wallis、Mann-Whitney U 検定 ($p<0.05$) で行った。

【結果】

実験 1 : 微小引っ張り接着強さは、象牙質試料では 1 日後 28.4 ± 14.9 MPa であったのに対して、1 ヶ月後 17.1 ± 7.7 MPa と有意に低下したが、1 ヶ月以後は有意な変化が認められなかった。セメント質試料では 1 日後 32.9 ± 12.3 MPa であったのに対して、2 ヶ月後には 18.0 ± 6.7 MPa となり有意に低下したが、その後は有意な変化が認められなかった。象牙質とセメント質の比較では、1 ヶ月後はセメント質の方が有意に大きかったが、その後は有意差が認められなかった。

微小引っ張り試験試料の破断面の分類結果では、象牙質試料においては界面破壊の割合が経時的に増加する傾向が認められたが有意差はなかった。セメント質試料においても保存期間と破壊様式の間に関連性は認められなかった。

色素侵入率は、象牙質試料では 1 日後 $5.7\pm 1.7\%$ だったのに対して、3 ヶ月後には $12.7\pm 4.8\%$ になり有意に増加した。セメント質試料では 1 日後に $5.7\pm 2.2\%$ だったのに対して、1 ヶ月後に $11.4\pm 4.7\%$ となり有意に増加したが、その後は有意な変化が認められなかった。象牙質とセメント質の比較では、観察期間中有意差は認められなかった。

実験 2 : SB 群は観察期間中、色素漏洩がまったく認められなかったが、Am 群は逆根充直後から漏洩が見られて経時的に増加し、EBA 群も漏洩量はわずかであったが経時的に増加した。C 群は実験直後から多量の漏洩が認められた。SB 群は他の 3 群に比較して有意に漏洩量が少なかった。

【考察】

色素侵入試験と微小引っ張り接着強さ試験では、セメント質に対するスーパーボンド C&B®の接着力の低下は、ほぼ象牙質の場合と同様の変化を示したことから、セメント質に対するスーパーボンド C&B®の接着耐久性は象牙質とほぼ同程度であると考えられた。また、微小引っ張り接着強さ試験後の破断面の分類結果から、象牙質においては脱灰層へのスーパーボンド C&B®の浸透が不十分であった可能性が考えられたが、セメント質においては十分に浸透していたと考えられた。したがって、垂直歯根破折の接着治療や root-end sealing にスーパーボンド C&B®を用いる場合、セメント質に対して象牙質と同様に接着操作を行ってよいと思われる。

また、根管内に入れた色素の外部への漏洩量を調べた実験結果から、根管内が汚染されたままの状態ではアマルガムや Super-EBA™により逆根管充填を行っても、根管内の起炎性物質が根尖歯周組織に漏洩するのを阻止することは困難と思われた。この原因は、逆根管充填窩洞と逆根管充填材料との間の漏洩だけでなく、側枝や象牙細管からも漏洩する可能性もあると思われた。しかし、スーパーボンド C&B®を切除面全面に塗布することにより、長期間完全に漏洩を阻止できたことから、根管が汚染されたまま外科的歯内療法を行う場合には、root-end sealing は有効性の高い方法であると考えられた。

【結論】

スーパーボンドC&B®はセメント質にも象牙質と同程度の接着耐久性があり、アマルガムやSuper-EBA™による逆根管充填では根管内に入れた色素の漏洩を阻止することは困難であったが、スーパーボンドC&B®によるroot-end sealingでは長期間色素の漏洩を阻止することが可能であった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 川 浪 雅 光

副 査 教 授 佐 野 英 彦

副 査 教 授 亘 理 文 夫

学 位 論 文 題 名

Durability of root-end sealing with 4-META/MMA-TBB resin

(4-META/MMA-TBB レジンを用いた場合の耐久性)

審査は主査、副査全員が一同に会して口頭で行った。はじめに申請者に対し本論文の要旨の説明を求めたところ、以下の内容について論述した。

根尖切除術や再植術に伴い逆根管充填が行われてきたが、逆根管充填窩洞を形成して非接着材料を充填する方法に比較して、4-META/MMA-TBBレジンを用いて根尖切除面全体を被覆するroot-end sealingの有効性が報告されている。root-end sealingでは象牙質だけでなくセメント質にもレジンを接着させるが、セメント質とレジンの接着耐久性については検討されていない。そこで本研究では、4META/MMA-TBBレジン（スーパーボンドC&B[®]）と象牙質、セメント質との接着耐久性を、色素侵入試験と微小引っ張り接着強さ試験により評価し、更にroot-end sealingにより根管内に入れた色素が外部に漏洩するのを長期に阻止可能かを検討した。

実験1ではウシ下顎前歯の歯髄と歯根膜を除去してセメント質試料とし、さらにセメント質を完全に除去したものを象牙質試料とした。被着面を10-3溶液（歯面処理材グリーン[®]）で処理後、スーパーボンドC&B[®]を筆積み法で塗布した。蒸留水に1日、1, 2, 3, 4, 6ヵ月間保存した後、微小引っ張り接着強さ試験と、色素侵入試験を行なった。統計学的検定は、Mann-Whitney U検定と χ^2 検定（ $p < 0.05$ ）で行った。

実験2ではヒト下顎第一小臼歯を根管拡大し、根尖部2.5mmを切除した。切除面全体を歯面処理材グリーン[®]で処理後、スーパーボンドC&B[®]を筆積み法で塗布したものをSB群とした。逆根充窩洞を形成後、アマルガム（松風スフェリカル-D[®]）を充填したものをAm群、強化型ユージノールセメント（Super-EBA[™]）を充填したものをEBA群、何も充填しないものをC群とした。根管内に2%メチレンブルー水溶液を入れ、グラス

アイオノマーセメント (GC Fuji IX[®]) で仮封し、根尖部を蒸留水に浸漬して 2,5,11,24,32,40,50 週後に蒸留水中に漏洩した色素量を定量した。統計学的検討は、Kruskal-Wallis、Mann-Whitney *U* 検定 ($p < 0.05$) で行った。

実験 1 の結果、引っ張り接着強さは、象牙質試料において 1 日後と比較して 1 ヶ月後に有意に接着力が低下したが、その後は有意な変化が認められなかった。セメント質試料においては、1 日後と比較して 2 ヶ月後には有意に接着力が低下したが、その後は有意な変化が認められなかった。象牙質とセメント質の比較では、1 ヶ月後はセメント質の方が有意に大きかったが、その後は有意差が認められなかった。色素侵入率は、象牙質試料では 1 日後と比較して 3 ヶ月後に有意に増加したが、その後有意な変化は認められなかった。セメント質試料においては、1 日後と比較して、1 ヶ月後に有意に色素侵入率が増加したが、その後有意な変化は認められなかった。象牙質とセメント質の比較では、観察期間中有意差は認められなかった。

実験 2 の結果、SB 群は観察期間中に色素漏洩が認められず、他の 3 群に比較して有意に低い値であった。Am 群は 2 週後から漏洩が見られ徐々に増加した。EBA 群は漏洩量がわずかであったが経時的に増加し、C 群は 2 週後までに漏洩量が著しく増加した。

以上の結果から、スーパーボンド C&B[®] はセメント質にも象牙質と同程度の接着耐久性があり、root-end sealing によって長期的に根管が封鎖されたことから、4META/MMA-TBB レジンで root-end sealing することは有効性が高い方法と思われた。

引き続き審査担当者と申請者の間で論文内容及び関連事項について質疑応答が行われた。

主な質問事項は

- (1) セメント質と象牙質の接着の劣化速度の違い
- (2) セメント質と象牙質の構造の違いとレジンモノマーの浸透
- (3) 測定期間と資料作成の時期
- (4)引っ張り試験資料作成の習熟度が結果に影響を及ぼしていないか
- (5) 牛歯とヒト歯の接着力の差
- (6) 4-META/MMA-TBB レジンの生体親和性
- (7) メチレンブルー水溶液が根管内で乾燥しなかったか

などであった。

これらの質問に対し、申請者は適切な説明によって回答し、本研究の内容を中心とした専門分野はもとより、関連分野についても十分な理解と学識を有していることが確認された。

本研究は、4META/MMA-TBB レジンがセメント質にも象牙質と同程度の接着耐久性

があり、4-META/MMA-TBB レジンを root-end sealing に用いた場合に良好な封鎖性が得られることを明らかにし、臨床成績向上に対して重要な指針を与えたことが高く評価された。本研究の内容は、歯科医学の発展に十分貢献するものであり、博士（歯学）の学位を授与するに値するものと審査担当者全員が認めた。