



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	クエン酸応用が3種の水酸化カルシウム製剤の除去と 歯根象牙質の接着性に及ぼす影響
Author(s)	木村, 慎吾; 菅谷, 勉; 鷺巣, 太郎 他
Citation	北海道歯学雑誌, 35(2), 112-122
Issue Date	2015-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58238
Type	journal article
File Information	35-02-3kimura.pdf



原 著

クエン酸応用が3種の水酸化カルシウム製剤の除去と
歯根象牙質の接着性に及ぼす影響

木村 慎吾 菅谷 勉 鷺巣 太郎 川浪 雅光

抄 録：水酸化カルシウムは根管貼薬に広く用いられているが、根管内に残存すると封鎖性を低下させ、とくに接着性レジンシーラーを用いた場合には接着を大きく阻害する。本研究の目的は、3種の水酸化カルシウム製剤に対する10%クエン酸3%塩化第二鉄溶液を用いた除去法の効果、及び除去後の接着への影響を明らかにすることである。

実験1ではヒト抜去単根歯を根管拡大して歯軸方向に分割、機械的清掃が不可能な約300 μ mの間隙を作製して歯根を復位、固定した。根管内にビタベックス、カルシベックスプレーンII、あるいは水酸化カルシウム試薬と蒸留水を1:1で練和したものを貼薬し、1、4週間後、超音波洗浄を注水下で60秒、10%クエン酸3%塩化第二鉄溶液で60秒、10%次亜塩素酸ナトリウム水溶液で30秒行った。洗浄後、水酸化カルシウム製剤の残存率を計測しSEM観察を行った。実験2では実験1と同様にカルシベックスプレーンII、あるいは水酸化カルシウム試薬と蒸留水を1:1で練和したものを貼薬し、1、4週間後に同様の方法で除去した。さらに無貼薬のコントロールを加え、スーパーボンド根充シーラーを間隙部に接着して、微小引張試験及び色素侵入試験を行った。

水酸化カルシウム残存率は、1、4週後も水酸化カルシウム試薬が最も低く、ビタベックスが最も高かった。1、4週後を比較すると、カルシベックス、水酸化カルシウム試薬のいずれも4週間の方がわずかに残存率は高かった。カルシベックスは1、4週後もコントロールおよび水酸化カルシウム試薬に比べて有意に微小引張強さが低下し、色素侵入距離も大きかったが、水酸化カルシウム試薬とコントロールとの間には有意差がなかった。これらの差は、各製剤に含まれる基材が原因と考えられた。

以上の結果から、水酸化カルシウム試薬が最も除去されやすく、除去後の接着にも影響しにくいことが示唆された。

キーワード：水酸化カルシウム、超音波洗浄、接着性レジン系シーラー、根尖封鎖

緒 言

水酸化カルシウムは1920年にHermann¹⁾によって歯科領域に使用されて以来、消毒作用の良好な持続性や生体親和性により、根管貼薬剤として広く用いられている。とくに根尖部の炎症が長期間改善しない難治性根尖性歯周炎では、水酸化カルシウムは根尖歯周組織への刺激が少なく、炎症を緩和して線維芽細胞や骨芽細胞を活性化し、治癒を促進する作用が長時間継続するため²⁻⁵⁾、利点が多いと考えられる。一方、槌状根やイスムスを有する根管、ステップやジップが見られる彎曲根管など、機械的根管拡大形成を適切に行うことが難しい根管では、根管充填による封鎖が不十分になることが予後不良の原因の一つと考えられる。このようにアピカルシートを適切に形成して加圧根管

充填を行うことが難しい根管では、接着性レジン系シーラーを用いることで高い封鎖性が得られることが報告されている⁶⁾。

しかしながら、根管充填を行う際に水酸化カルシウムが根管壁に残存していると、根管充填の封鎖性が低下するという報告が多い⁷⁻¹⁰⁾。西谷ら⁹⁾は水酸化カルシウムを30日間貼薬して生理食塩水で洗浄し、光重合型ボンディング材を接着した結果、接着強さが半分程度しか得られなかったとしている。さらにBaebizamら¹⁰⁾は、水酸化カルシウムが象牙細管を物理的に封鎖するだけでなく、強塩基性による象牙質の脱灰抑制も接着を阻害することを指摘している。したがって、接着性レジン系シーラーを用いる場合には、根管貼薬した水酸化カルシウムを確実に除去することが、高い封鎖性を得るためには極めて重要となる。

根管内に貼薬した水酸化カルシウムの除去方法は、これまでもEDTAやクエン酸、次亜塩素酸ナトリウムなどの薬剤を用いた化学的除去方法^{11, 12)}や、ロータリーファイルや超音波ファイル、各種根管洗浄シリンジ、手用ファイルによる機械的除去方法^{13, 14)}、または両者を組み合わせた方法^{12, 13, 15)}などが検討されているが、十分な除去には至っていないのが現状である。とくにファイルや超音波チップが届かず機械的清掃が行えない部位では、水酸化カルシウムの除去はより困難とされている。

水酸化カルシウムを根管壁から除去するためには、水より脱灰作用を有する薬剤が効果的とする報告がある^{12, 16)}。根管内に用いられている薬剤で脱灰作用を有しているものとしてはEDTA、クエン酸があり、クエン酸はEDTAよりスミア層の除去速度が速い。Ródigra¹⁷⁾は、貼薬した水酸化カルシウムの除去には、クエン酸がEDTAや次亜塩素酸ナトリウム、水よりも優れていることを報告しているが、水酸化カルシウムの残存率を低倍率視野下でスコア化した研究であり、残存状態の評価精度が低く、根管充填後の封鎖性に対する影響までは検討されていない。鷺巣ら¹⁸⁾は、10%クエン酸3%塩化第二鉄溶液が貼薬した水酸化カルシウムの除去に効果的であり、接着性シーラーを用いた根管充填後の封鎖性にも影響を及ぼしにくいことを報告している。しかし、臨床で用いられる水酸化カルシウム製剤には、水酸化カルシウムのほかに基材が含まれており、基材を含む水酸化カルシウムは一般に除去しにくくなることが報告されている¹³⁾ことから、10%クエン酸3%塩化第二鉄溶液を用いた除去法でも不十分になる可能性がある。市販されているプレミックスタイプの水酸化カルシウム製剤の水酸化カルシウム濃度は24~48%で、基材としてプロピレングリコール、シリコンオイル、エックス線造影剤を付与するための硫酸バリウム等含まれている。これらの基材は主に操作性を向上させる目的で添加されているが、根尖病変内に溢出した場合には骨の治癒を遅延させたり、根管からの除去を困難にして根管充填による封鎖性を低下させたりすることが報告されている¹⁹⁾。

そこで本研究では、油性基材であるシリコンオイル（メチルポリシロキサン）を含有するビタベックス、水性基材を含むカルシベックスIIプレーン、基材を含まない水酸化カルシウム試薬と蒸留水を練和したものを根管貼薬して、10%クエン酸3%塩化第二鉄溶液を用いた除去法による除去効果と、その後の接着に及ぼす影響を検討した。

材 料 と 方 法

実験 1

実験には単根のヒト抜去歯33本を用いた。歯根表面に付着している軟組織をハンドスケラーにて除去し、低速切断機（Isomet, Buehler, USA）を用いて根尖から15mmの位置で切断した。Kファイル（マニー、栃木）で#80ま

で根尖孔の穿通を行い、作業長を14mmとして#140まで根管形成を行った。根管形成中は根管内に10%次亜塩素酸ナトリウム溶液（ネオクリーナー「セキネ」、ネオ製薬、東京、以下NC）を満たして行い、形成終了後に18% EDTA溶液（ウルトラデント EDTA18%, ウルトラデントジャパン、東京）で30秒、NCで30秒の洗浄をシリンジで行った。次に歯根をマイセルとマレットを用いて長軸方向に2分割し、破折部の片側にアルミ箔を挟んで間隙幅が300 μ mとなるようにして復位、対側をクリアフィルムメガボンド（クラレノリタケデンタル、東京）を用いて接着し固定後、アルミ箔を除去し、機械的洗浄器具が直接到達できないモデルとした（図1）。

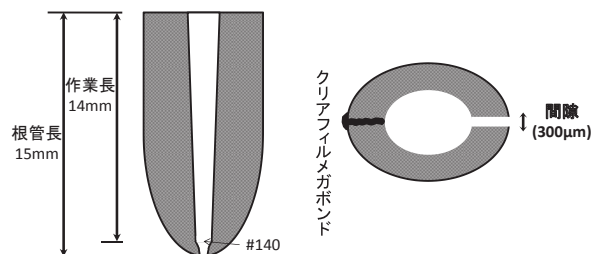


図1 機械的洗浄ができない根管モデル

歯根を2分割し、超音波ファイルが直接接触できない幅300 μ mの間隙を作製した後、対側を接着して固定した。

根管貼薬剤として、ビタベックス群（n=11）はビタベックス（ネオ製薬、東京）、カルシベックス群（n=11）はカルシベックスプレーンII（日本歯科薬品、山口）、試薬群（n=11）は水酸化カルシウム（水酸化カルシウム試薬特級、和光純薬、大阪）と蒸留水を重量比1:1で練和してペースト状にしたものを用いた（表1）。ビタベックスとカルシベックスIIはそれぞれ専用のノズルを根尖部まで挿入して填入し、水酸化カルシウム製剤は根管内に#140 Kファイル及びスプレッダー（YDM、東京）を用いて填入した。3群とも間隙部及び根尖孔より各水酸化カルシウムペーストが漏出したことを確認した後、歯冠側を水硬性セメント（キャビトンEX、ジーシー、東京）で仮封、シリコン印象材中に植立、37℃湿度100%で保存した。

表1 各種水酸化カルシウム製剤の成分

水酸化カルシウム製剤	成分及び配合
ビタベックス	水酸化カルシウム30.7% ヨードホルム40.4% シリコンオイル （メチルポリシロキサン）22.4% その他6.9%
カルシベックスプレーンII	水酸化カルシウム48% 精製水、その他52%
水酸化カルシウム試薬特級	水酸化カルシウム96.0%以上

1 または 4 週後、探針にて仮封材を除去し、23G 鈍針（ニプロ、大阪）を装着したシリンジを13mmまで挿入し、蒸留水 5 ml で根管洗浄後、超音波装置（ソルフィー、モリタ、東京）に #50 U ファイル（マニー、栃木）を接続して出力を 2 に設定、ファイル先端を13mmまで挿入して注水下で 60 秒超音波洗浄を行った。次に 10% クエン酸 3% 塩化第二鉄溶液（以下 10-3、サンメディカル、滋賀）を根管に満たして注水せずに 60 秒間超音波洗浄を行い、さらに NC を根管に満たして注水せずに 30 秒間超音波洗浄を行った。

歯根を再分割し、一方の歯根を水酸化カルシウムの残存率の計測に、もう一方の歯根は走査型電子顕微鏡（以下 SEM）観察に用いた。水酸化カルシウム残存率の計測は、光学顕微鏡（Olympus BX50、オリンパス光学工業、東京）を用いて 40 倍で根管壁と間隙部の写真撮影を行い、視野中 0.5mm 四方（0.25mm²）に残存している水酸化カルシウム面積を Image J（NIH, USA）にて計測、水酸化カルシウム残存比率を算出した。計測部位は、根管壁では根尖部（0～0.5mm）、根尖から 1（0.75～1.25）mm、2（1.75～2.25）mm、4（3.75～4.25）mm、6（5.75～6.25）mm、8（7.75～8.25）mm の部位の 6 部位、間隙部では根尖から 1 mm、2 mm、4 mm、6 mm、8 mm の 5 部位で根管壁より 1 mm 歯根表面側の部位を計測した（図 2）。残存率の統計学的分析には SPSS II（IBM、東京）を用いて Scheffe の検定を行った。

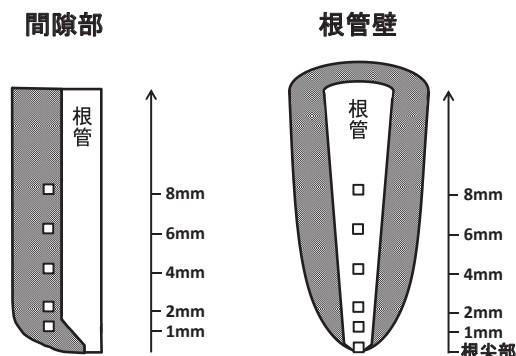


図2 水酸化カルシウム残存率計測部位

SEM 観察は、試料を自然乾燥させた後、イオンスパッター（E-1030、日立製作所、東京）にて 120 秒間 Pt-Pd 蒸着し、走査型電子顕微鏡（S-4000、日立製作所、東京）を用いて加速電圧 10kV で行った。

実験 2

単根のヒト抜去歯 35 本を用い、実験 1 と同様に歯根長を 15mm とし、#80 で根尖孔を穿通させ、#140 で作業長 14mm まで根管形成を行った。マイセルとマレットを用いて歯根を長軸方向に 2 分割した後、破折部の片側にアルミ箔を挟み、間隙が 300μm となるように復位、反対側をクリ

アフファイルメガボンドで接着し固定後、アルミ箔を除去した。実験 1 と同様にビタベックス群はビタベックス、カルシベックス群はカルシベックスプレーン II、試薬群は水酸化カルシウム試薬特級と蒸留水を重量比 1 : 1 で練和してペースト状にしたものをそれぞれ根管内及び間隙部に貼薬した後、キャビトン EX にて歯冠側を仮封、シリコン印象材に植立したのち、37℃ 湿度 100% 中に保存した。1 または 4 週後、仮封材を除去し、23G 鈍針を装着したシリンジを 13mm まで挿入し、蒸留水 5 ml で根管洗浄後、60 秒の注水下超音波洗浄、10-3 を満たして無注水下で 60 秒、NC を満たして無注水下で 30 秒の超音波洗浄を行った。また、コントロール群は根管貼薬及び根管洗浄を行わなかった。

歯根を再分割し、両歯根の間隙部の象牙質面に芳香族スルフィン酸塩（アクセル、サンメディカル、滋賀）処理 10 秒を行い、10-3 処理 10 秒、水洗、エアブロー後、間隙部にスーパーボンド根充シーラー（サンメディカル、以下 SBS、滋賀）をモノマー液 4 滴、キャタリスト液 1 滴、ポリマー粉材 1 杯を混和後、小筆にて象牙質面に塗布し、PMMA ブロックに圧接し接着させた。モノマー揮発を防止するために、アルジネート印象材で全体を被覆し、37℃ 湿度 100% 中に保存した。

24 時間後、片方の歯根を微小引張試験、もう一方の歯根を色素侵入試験に供した。微小引張試験では、被着面積が約 1 mm² となるように Isomet でスティック状にトリミングし、1 歯から 5 本の試料を作製、材料試験機（EZ-test、島津）によりクロスヘッドスピード 1.0mm/分 で微小引張試験を行った（各群 n=35）。また微小引張試験を行った後、破断面を光学顕微鏡で観察し、破断面を ① SBS の凝集破壊、② 象牙質と SBS 間の界面破壊、③ 凝集破壊と界面破壊の混合破壊に分類した。

色素侵入試験では、接着部位以外をネイルパニッシュにて被覆し、0.5% 塩基性フクシンに 24 時間浸漬し、材料の中央部を Isomet で歯軸に垂直方向に切断、切断面を光学顕微鏡にて撮影し、Image J にて歯根表面側からの色素侵入距離を計測した（各群 n=14）。色素侵入距離は光学顕微鏡下で 40 倍にて観察を行い、破折間隙に色素が見られた位置と最歯根表面側までの距離とした。計測結果は SPSS II を用いて Scheffe の多重比較検定を行った。

結 果

実験 1

1. SEM 観察

① 貼薬期間 1 週

間隙部では、ビタベックス群はビタベックスが厚く堆積し、象牙質面のほぼ全面を被覆していた。カルシベックス群は小塊状及び粒子状のカルシベックスが点在していたが、縦断された象牙細管の多くは露出していた。試薬群では水酸化カルシウムはほとんど観察されず、開口した象牙

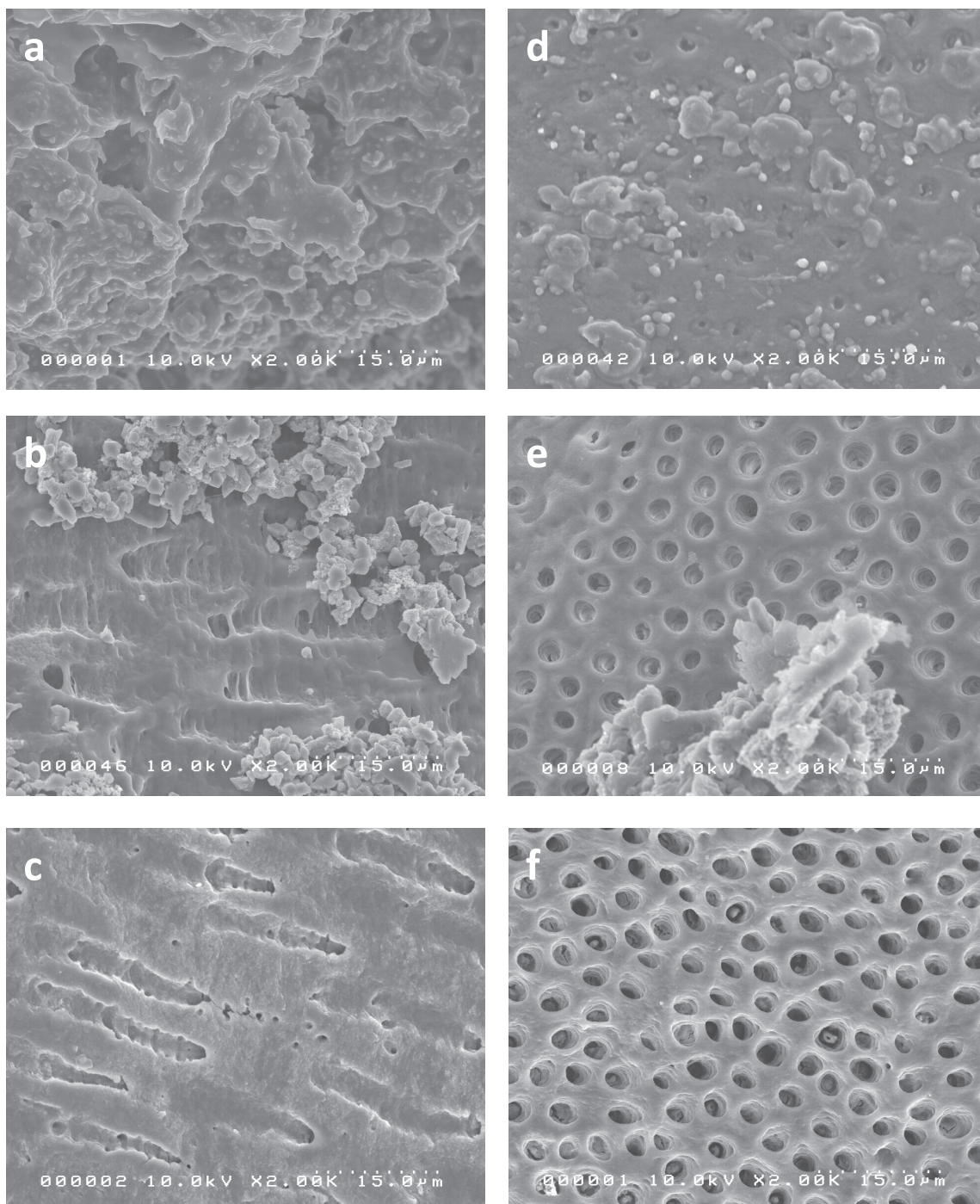


図3 水酸化カルシウム除去後の象牙質面SEM像（貼薬期間1週）

a : ビタベックス群（間隙部） b : カルシベックス群（間隙部） c : 試薬群（間隙部）
 d : ビタベックス群（根管壁） e : カルシベックス群（根管壁） f : 試薬群（根管壁）

細管が露出していた（図3）。

根管壁では、ビタベックス群はビタベックスが点在し、象牙細管の多くはビタベックスにより被覆されていた。カルシベックス群はビタベックス群より残存量は少ないが、小塊状のカルシベックスが残存していた。試薬群はほとんどの部位で水酸化カルシウムの残存は観察されず、象牙細管が明瞭に開口していた。

② 貼薬期間4週

間隙部では3群とも貼薬期間1週とほぼ同様の所見であった（図4）。

根管壁では、ビタベックス群と試薬群は貼薬期間1週と同様の所見であったが、カルシベックス群では粒子状のカルシベックスが1週後より多く残存しており、象牙細管の露出もやや少なかった。

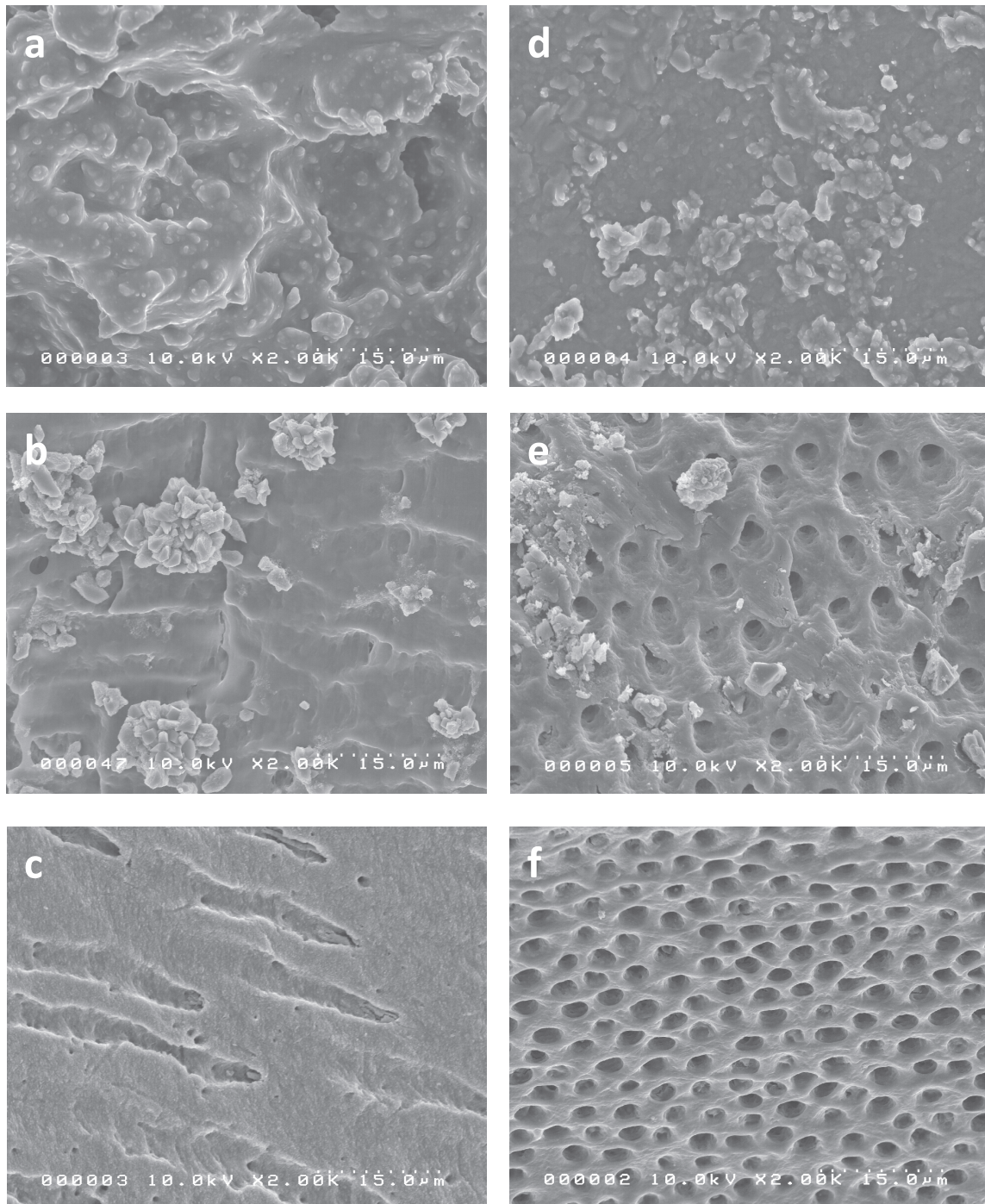


図4 水酸化カルシウム除去後の象牙質面SEM像（貼薬期間4週）

a : ビタベックス群（間隙部） b : カルシベックス群（間隙部） c : 試薬群（間隙部）
d : ビタベックス群（根管壁） e : カルシベックス群（根管壁） f : 試薬群（根管壁）

2. 水酸化カルシウム残存率

① 貼薬期間1週

間隙部の残存率は、ビタベックス群が41～66%，カルシベックス群が13～36%，試薬群が5～10%であった（図5）。根尖より，1，4，6mmの部位では，ビタベックス群は試薬群に比べ有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。他の部位では3群間に有意差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。根尖から8

mmの部位までの平均値で比較すると，試薬群はカルシベックス群とビタベックス群に比べて有意に低く（ $p < 0.05$ ），カルシベックス群はビタベックス群に比べて有意に低かった（ $p < 0.05$ ）。

根管壁の残存率は，ビタベックス群が40～75%，カルシベックス群が0～23%，試薬群が1～5%であった（図6）。根尖からの距離がいずれの部位でも，ビタベックス群は試

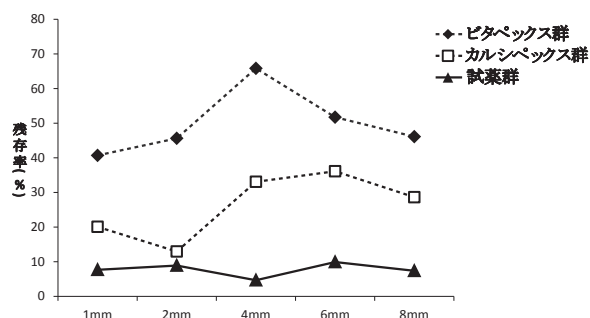


図5 間隙部1週の水酸化カルシウム残存率

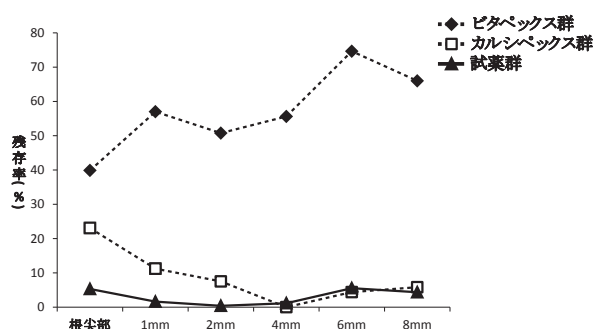


図6 根管壁1週の水酸化カルシウム残存率

薬群に比べ有意に高かった ($p<0.05$). また、ビタベックス群はカルシベックス群に比べて、1～8mmの部位で有意に高い残存率であった。 ($p<0.05$). 根尖から8mmの部位までの平均値で比較すると、ビタベックス群は他の2群に比べ残存率が有意に高く ($p<0.05$), カルシベックス群と試薬群の間には有意差はなかった ($p>0.05$).

② 貼薬期間4週

間隙部の残存率は、ビタベックス群が52～72%, カルシベックス群が19～35%, 試薬群が1～8%であった(図7). 根尖より1, 4, 6mmの部位では、ビタベックス群はカルシベックス群に比べ、有意に高い残存率であった。 ($p<0.05$). また、ビタベックス群は全ての部位において、試薬群より有意に高く ($p<0.05$), カルシベックス群は根尖より6, 8mmの部位で試薬群に比べ有意に高かった ($p<0.05$). 根尖から8mmの部位までの平均値で比較す

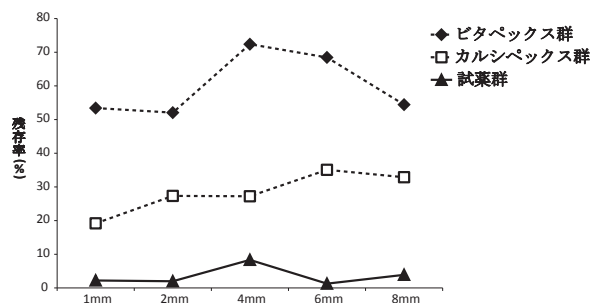


図7 間隙部4週の水酸化カルシウム残存率

ると、試薬群はビタベックス群とカルシベックス群より有意に低く、カルシベックス群はビタベックス群より有意に低い残存率であった ($p<0.05$).

根管壁の残存率は、ビタベックス群が45～63%, カルシベックス群が14～42%, 試薬群が0～6%であった(図8). ビタベックス群は、根尖部及び根尖より4, 6mmの部位でカルシベックス群より有意に高い残存率であった ($p<0.05$). ビタベックス群と試薬群の比較では、根尖からの距離がいずれの部位でも、ビタベックス群が試薬群に比べ有意に高かった ($p<0.05$). 根尖から8mmの部位までの平均値で比較すると、試薬群はビタベックス群とカルシベックス群より有意に低く、カルシベックス群はビタベックス群より有意に低い残存率であった ($p<0.05$).

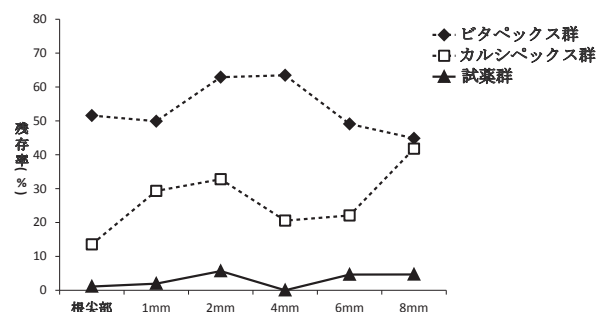


図8 根管壁4週の水酸化カルシウム残存率

③ 根管壁と間隙部の比較

各群の水酸化カルシウム残存率を間隙部と根管壁で比較すると、貼薬期間1週のカルシベックス群と試薬群で、根管壁の根尖から8mmの部位までの平均の残存率が間隙部に比べ有意に低かった。

④ 1週と4週の比較

各群の各計測部位の平均値を1週と4週で比較すると、間隙部ではビタベックス群と試薬群で4週の残存率が有意に高かった ($p<0.05$). 根管壁ではカルシベックス群で4週の残存率が有意に高かった ($p<0.05$). さらに部位別に1週と4週で比較すると、試薬群の間隙部で根尖より6mmの部位、カルシベックス群の根管壁で根尖より4mmの部位で有意差が認められた ($p<0.05$).

実験2

1. 微小引張試験

各群の微小引張強さは、1週のカルシベックス群が 8.1 ± 2.7 MPa, 試薬群 12.2 ± 4.2 MPa, 4週のカルシベックス群が 7.8 ± 2.4 MPa, 試薬群 11.4 ± 4.9 MPa, 及びコントロール群 13.7 ± 4.9 MPaであった(図9). 1, 4週とも、カルシベックス群が試薬群及びコントロール群に比較し有意に低く ($p<0.05$), 試薬群はコントロール群との間に有意差はなかった ($p>0.05$). 1週と4週の比較では、各群とも

有意差はなかった ($p>0.05$)。

微小引張試験後の破断形態の分類は、1週のカルシベックス群は50%が象牙質とSBSの界面破壊で、試薬群では44%が界面破壊であった(図10)。4週のカルシベックス群は約80%が界面破壊で、試薬群では約60%が界面破壊であった。コントロール群は29%が界面破壊、29%がSBSの凝集破壊であった。

2. 色素侵入試験

1週の色素侵入距離はカルシベックス群 $928.8 \pm 562.6 \mu\text{m}$ 、試薬群 $361.8 \pm 239.6 \mu\text{m}$ 、4週はカルシベックス群 $1034.4 \pm 544.6 \mu\text{m}$ 、試薬群 $308.3 \pm 167.1 \mu\text{m}$ で、コントロール群は

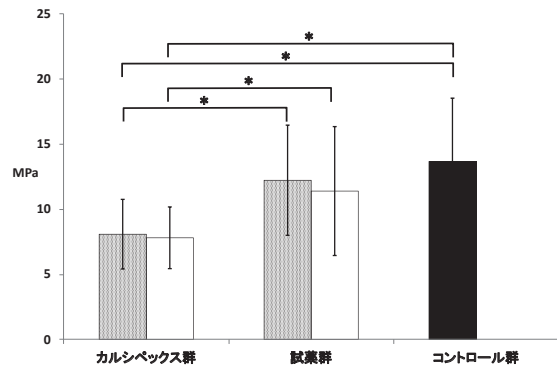


図9 微小引張試験による接着強さ

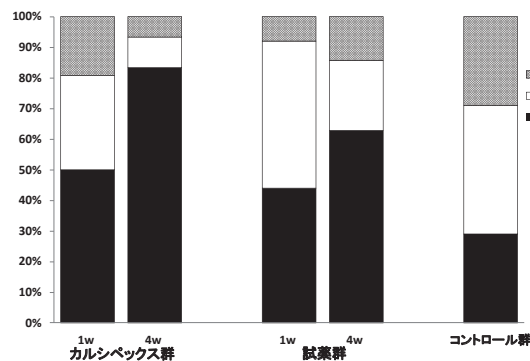


図10 微小引張試験の破断形態分類

$254.3 \pm 134.5 \mu\text{m}$ であった(図11)。1, 4週ともカルシベックス群は試薬群、コントロール群に比べて有意に大きく ($p<0.05$)、試薬群はコントロール群との間に有意差はなかった ($p>0.05$)。1週と4週の比較では、両群とも有意差は認められなかった ($p>0.05$)。

3. SEM観察

カルシベックス群では接着界面にわずかに間隙が見られる部位が多かったが、コントロール群と試薬群ではSBSと象牙質の間に間隙はほとんど観察されなかった(図12)。

考 察

水酸化カルシウムは根尖歯周組織に対する刺激性は低いですが、殺菌力は他の根管貼薬剤に比較すると低く、消毒作用を発揮するためには2週間程度の貼薬期間を必要とすることが報告されている²⁰⁾。さらに、根管内で長期間有効性を維持でき、炎症を軽減して骨形成を促進する作用を有することなどから、難治性根尖性歯周炎では長期間貼薬すること多い²⁻⁵⁾。また、水酸化カルシウム製剤が根尖から溢出した場合には、組織学的には長期間吸収されずに残存するという可能性も指摘されているが²¹⁾、エックス線写真では数か月で消失し、臨床的に治癒を妨げることはない²²⁾。一方、水酸化カルシウムは有機質

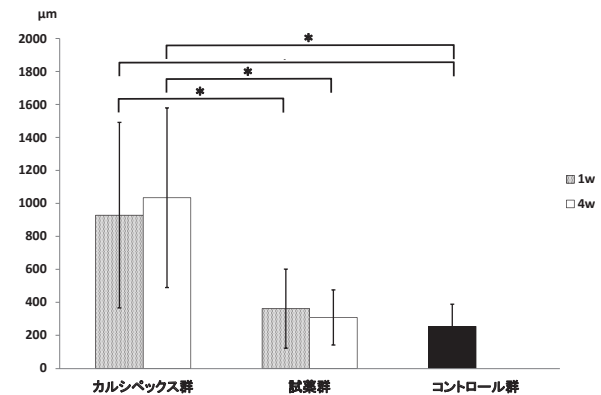


図11 色素侵入距離



図12 色素侵入試験後の間隙部SEM像

a: カルシベックス群 b: 試薬群 c: コントロール群

溶解性を有し根管象牙質の強度を低下させることも報告されており²³⁻²⁵⁾、長期の貼薬は象牙質に対する接着に影響する可能性も考えられる。そこで、本実験では、水酸化カルシウム製剤に含まれる基材の影響だけでなく、貼薬期間を1週と4週で除去しやすさや接着に差が生じるかを比較した。

また、超音波ファイルが接触できず機械的に水酸化カルシウムの除去が不可能な部位における除去効果を評価するため、各種水酸化カルシウム製剤が確実に侵入し、超音波ファイルの入らない300 μ mの間隙を有する根管モデルを作製して実験を行った。鷺巣ら¹⁸⁾の研究では、水酸化カルシウム試薬を根管貼薬して、20%クエン酸溶液や10-3、NCを組み合わせて超音波洗浄して除去効果を比較した結果、60秒の10-3と30秒のNCによる超音波洗浄が水酸化カルシウムの除去に最も有効であったと報告されている。そこで本研究では、根管を洗浄する薬剤として、60秒の10-3と30秒のNCによる超音波洗浄を行った。

実験1ではまず、根管貼薬した水酸化カルシウム製剤の除去率を比較した。その結果、貼薬期間1、4週の根管壁、間隙部のいずれにおいても、ビタベックス群の残存率は他の2種の水酸化カルシウム製剤より残存率が高かった。これは、ビタベックスには22.4%のシリコンオイル（メチルポリシロキサン）が含まれていて、他の水酸化カルシウム製剤に比べ粘稠度が高いことと、基材が油性のためクエン酸や次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄は効果が低かったことが原因と考えられた。また、カルシベックスIIプレーンはビタベックスよりは残存率が低かったが、水酸化カルシウム試薬よりは高かった。これは、水性であっても基材によって粘調性を付与すると、洗浄による除去の障害になるためと思われた。カルシベックスIIプレーンの除去率を各計測部位で比較すると、貼薬期間1週では、根管壁は間隙部より残存率が低く、さらに超音波ファイル先端より根尖側ではファイル側面部より残存率が高かった。これは、超音波ファイル周囲のアコースティックストリームの効果が狭い間隙やファイルの根尖方向には十分に及ばなかったためと考えられた。

一方、水酸化カルシウム試薬と蒸留水を1:1で練和して貼薬した試薬群では、根管壁と間隙部、あるいは根尖部と歯冠側部の除去率に大きな差はなく、いずれも低い値であった。これは鷺巣ら¹⁸⁾の実験結果と概ね一致した結果で、基材を含まないため超音波ファイルから離れた部分でも容易に除去されたものと考えられた。

実験1の結果、根管壁より超音波ファイルから離れた間隙部の方が水酸化カルシウムは残存しやすかったことから、実験2では水酸化カルシウム製剤除去後の間隙部で、SBSが十分に接着し高い封鎖性が得られるかを、微小引張り強さと色素侵入試験で評価した。また、根管貼薬に水酸化カルシウム試薬とカルシベックスプレーンIIのみを使

用しビタベックスは用いなかった。これはビタベックス群では接着力が弱く、微小引張り試験の試料作製中に象牙質とSBSの剥離が容易に生じてしまい、試験が不可能だったためである。

その結果、貼薬期間1、4週のいずれにおいても、試薬群はコントロール群と比較して微小引張り強さ、色素侵入距離で有意差がなく、SEM観察でも象牙質とSBSの間に間隙はなかった。一方カルシベックス群は、コントロール群、試薬群と比較して微小引張り強さが有意に小さく、色素侵入距離が有意に長かった。SEM観察でも象牙質とSBSの間に間隙が見られる部分が多かった。これは、カルシベックスの残存率が試薬の数倍であった実験1の結果をあわせて考えると、カルシベックスが象牙質面に残存して象牙細管を閉塞している部分も多く、物理的に接着が障害したことが大きな原因と思われた。試薬群では、水酸化カルシウム残存率が低かったことにより、高い引張り強さ及び短い色素侵入距離を示したと考えられた。また、貼薬期間1、4週の間に、微小引張り強さと色素侵入距離に有意差がなかったことから、水酸化カルシウムの貼薬期間が長くなっても、象牙質に対して耐酸性が向上することはなかったと考えられた。また、引張り試験後の破断面の観察結果では、貼薬期間が長くなることで象牙質の凝集破壊が多くなることはなかったことから、水酸化カルシウムで象牙質の有機成分が溶解して強度が低下することはないと思われた。

本実験の結果、水酸化カルシウム試薬を根管貼薬に用いることが、その後の接着性シーラーを用いた根管充填には最も適していると考えられるが、水酸化カルシウムは空気中の二酸化炭素と反応して容易に炭酸カルシウムとなるため長期保存は難しく、試薬を用いる場合は蒸留水との練和が毎回必要となる。また、今回用いた1:1の粉液比であればカルシベックスプレーンIIなどと同程度の粘調性で、シリンジを用いて根管に貼薬することが可能なため操作性は同様と思われる。しかし、試薬粉末と蒸留水を混和する際に気泡が混入することはある程度避けられず、水酸化カルシウムは直接接触している部分にしか抗菌性が発揮されないと報告²⁶⁾されていることから、根管壁に気泡が生じた場合には根管消毒の効果が不十分となる可能性もある。したがって、接着性シーラーを用いて根管充填することを前提に、除去しやすく接着を阻害しない水酸化カルシウム製剤の市販が待たれるところである。

また、本実験で行った10-3とNCを用いた水酸化カルシウムの除去法は効果的であったが、10-3の象牙質処理時間は5~10秒とされており、60秒間超音波洗浄したことで過脱灰になっている危険性もある。過脱灰になると脱灰層に十分レジンが浸透せず、接着耐久性の低下原因になることが報告されている^{27,28)}。本研究では、10-3で洗浄後にNCを併用しているため、過脱灰になった場合に露出したコラーゲン表層を溶解し、脱灰層の深度は低減されている

と考えられるが、この点についてはさらに今後の研究が必要である。

結 論

ヒト単根歯根管にビタベックス、カルシベックスIIプレーン、水酸化カルシウム試薬と蒸留水を1:1で練和したものを1または4週間根管貼薬し、10-3とNCによる超音波洗浄を行って除去率と接着性を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 水酸化カルシウム試薬が最も残存率が低く、ファイルが接触できない部位に対しても良好な除去率を示した。
2. スーパーボンド根充シーラー接着後の微小引張試験と色素侵入試験では、水酸化カルシウム試薬が最も良好な成績を示し、水酸化カルシウムを貼薬しない場合と有意差がなく、また貼薬期間が長くなっても接着性に影響を及ぼさなかった。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、終始御指導、御助言頂きました北海道大学大学院歯学研究科口腔健康科学講座歯周・歯内療法学教室の教室員の皆様に心より感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Hermann BW: Calcium hydroxyd als mittel zum Behandeln und Fullen von Wurzelkanalen. Univ. Wurzburg Med Dissertation, 1920.
- 2) Foreman PC, Barnes IE: A review of calcium hydroxide. Int Endod J, 23: 83-297, 1990.
- 3) Martin DM, Crabb HSM: Calcium hydroxide in root canal therapy. Br Dent J, 142: 277-283, 1977.
- 4) 林善彦, 永澤恒: 難治性感染根管治療への水酸化カルシウムペーストの応用. 日歯保存誌, 34: 986-992, 1991.
- 5) Tanomaru-Filho M, Leonardo MR, Silva LAB: Effect of irrigation solution and calcium hydroxide root canal dressing on the repair of apical and periapical tissues of teeth with periapical lesion. J Endod, 28: 295-299, 2002.
- 6) 三上大輔, 菅谷勉, 川村直人, 川浪雅光: 根管充填法の違いが根尖孔の大きい根管の封鎖性に及ぼす影響. 北海道歯誌, 32: 124-134, 2012.
- 7) Porkaew P, Retief DH, Barfield RD, Lacefield WR, Soong SJ: Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medicament on apical seal. J Endod, 16: 369-374, 1990.
- 8) Kim SK, Kim YO: Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. Int Endod J, 35: 623-628, 2002.
- 9) 西谷佳浩, 西谷登美子, 糸田俊之, 高畑安光, 吉山昌宏: 水酸化カルシウムペーストがセルフエッチングプライマーの根管象牙質への接着強さに及ぼす影響. Adhes Dent, 22: 103-109, 2004.
- 10) Barbizam JV, Trope M, Teixeira EC, Tanumaru-Filho M, Teixeira FB: Effect of calcium hydroxide intracanal dressing on the bond strength of a resin-based endodontic sealer. Braz Dent J, 19: 224-227, 2008.
- 11) Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P: Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. J Endod, 25: 85-88, 1999.
- 12) Van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR: The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. Int Endod J, 40: 52-57, 2007.
- 13) 五島奈実, 後藤康治, 赤峰昭文: カルシベックスの効果的除去法についての検討. 日歯内誌, 24: 71-77, 2003.
- 14) Balvedi RP, Versiani MA, Manna FF, Biffi JC: A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. Int Endod J, 43: 763-768, 2010.
- 15) Naaman A, Kaloustian H, Ounsi HF, Naaman-Bou Abboud N, Ricci C, Medioni E: A scanning electron microscopic evaluation of root canal wall cleanliness after calcium hydroxide removal using three irrigation regimens. J Contemp Dent Pract, 8: 11-18, 2007.
- 16) 石橋崇俊, 細矢哲康, 飯野史明, 新井高: 水酸化カルシウム製剤を貼薬した根管に対する洗浄剤としての乳酸水溶液の有効性. 日歯保存誌, 49: 195-199, 2006.
- 17) Rödiger T, Vogel S, Zapf A, Hülsmann M: Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. Int Endod J, 43: 519-527, 2010.
- 18) 鷺巣太郎, 菅谷勉, 川浪雅光: クエン酸応用が水酸化カルシウムの除去と根管封鎖性に及ぼす影響. 北海道歯誌, 33: 82-93, 2013.
- 19) Porkaew P, Retief DH, Barfield RD, Lacefield WR, Soong SJ: Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medicament on apical seal. J Endod, 16: 369-74, 1990.
- 20) Nerwich A, Figdor D, Messer HH: pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. Int Endod J, 19: 302-306, 1993.
- 21) 田中光郎, 国沢重彦, 小野博志, 佐々木哲, 門磨義則,

- 増原英一：シリコーンオイル加水酸化カルシウム根管充填剤の皮下における組成変化とX線造影性との関連. 小児歯誌, 23 : 291-298, 1985.
- 22) 橋爪英城, 神尾直人, 松島 潔：暫間的根管充填による根尖病巣の治癒促進効果. 日歯内療誌, 29 : 125-131, 2008.
- 23) Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC : Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. Dent Traumatol, 18 : 134-7, 2002.
- 24) Zarei M, Afkhami F, Malek Poor Z:Fracture resistance of human root dentin exposed to calcium hydroxide intervisit medication at various time periods: an in vitro study. Dent Traumatol, 29 : 156-60, 2013.
- 25) Batur YB, Erdemir U, Sancakli HS:The long-term effect of calcium hydroxide application on dentin fracture strength of endodontically treated teeth. Dent Traumatol, 29 : 461-4, 2013.
- 26) Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G : The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. Endod Dent Traumatol, 1 : 170-175, 1985.
- 27) Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H : Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. Oper Dent, 19 : 59-64, 1994.
- 28) Tay FR, Pashley DH:Water treeing-a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. Am J Dent, 16 : 6-12, 2003.

ORIGINAL

Effect of citric acid application on removing three types of calcium hydroxide and adhesiveness to root dentin

Shingo Kimura, Tsutomu Sugaya, Taro Washizu and Masamitsu Kawanami

ABSTRACT : Calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) has been generally used for root canal dressing, however, the remnants of calcium hydroxide reduce the sealing ability of resin-based-sealer. The purpose of this study was to investigate the efficacy of 10% citric acid and 3% ferric chlorite (10-3 solution) on removing three types of calcium hydroxide, and adhesion to root dentin. For experiment 1, extracted human teeth were split longitudinally (crown-to-root direction) into halves. After 300 μm groove were prepared, those were reconstituted and fixed. The reassembled root canal was filled with Vitapex[®] (Vitapex group), Calcipex plane II[®] (Calcipex group) or $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mixed with distilled water. (Reagent group) This was stored for 1 or 4 week at 37°C in 100% humidity and ultrasonically irrigated with ultrasonic file #50 for 60s and the following irrigants, 10-3 solution for 60s and 10% sodium hypochlorite for 30s. The percentage of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ remnants area was measured microscopically with 40 magnification and was calculated. The dentin surface of the root canal and gap was examined by SEM. For experiment 2, the reassembled root canal was filled with Calcipex plane II[®] (Calcipex group) or $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mixed with distilled water (Reagent group). This was stored for 1 or 4 weeks at 37°C in 100% humidity and ultrasonically irrigated in the same way. A control group root canal was not dressed. A Micro tensile bond strength (MTBS) test and a dye penetration test were employed to evaluate dentin bond strength and leakage between 4-META/MMA-TBB resin sealer (SBS) and the dentin surface of each group. The results were that the percentage of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ remnants area in the reagent group was lowest and the Vitapex group was highest among all groups at 1 and 4 weeks. The percentage of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ remnants area in each groups at 4 weeks were a little higher than at 1 week. MTBS of the Calcipex group was significantly less than each of the Reagent group or the Control group. Dye penetration distances of the Calcipex group was significantly more than in the Reagent group and the Control group. No statistically significant difference was found between the Reagent group and the Control group in the MTBS test and the dye penetration test. The viscosity of agents in Vitapex[®] and Calcipex plane II[®] might be influenced by removing calcium hydroxide and adhesion. Therefore, it is suggested that $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mixed with distilled water can be effectively removed and the adhesiveness to root dentin can be recovered.

Key Words : Calcium Hydroxide, Ultrasonic irrigation, Adhesive root canal sealer, apical seal