

# タイトル：水酸化カルシウムを実験的根管内に適用させた後の根尖部環境の

## 水酸化カルシウム濃度と pH について

英文 Calcium Concentration and pH of the Periapical Environment after Applying Calcium Hydroxide into Root Canals In Vitro

Noriyasu Hosoya, DMD, PhD, Gota Takahashi, DMD, Takashi Arai, DDS, PhD,  
and Jiro Nakamura, DDS, PhD

### 目 的

本研究の目的は、4つの異なる濃度の水酸化カルシウム製剤のうちの1つを実験的根管に適用した後に、根尖のカルシウム濃度と pH を測定すること。

### 材料と方法

根管長 15mm、根尖孔の直径 0.6mm になるように#60 号のシルバーポイントを用いて 50 本の透明エポキシ根管模型を作製した。水酸化カルシウムを質量パーセント濃度により、4つのグループ（38w/w%, 44w/w%, 50w/w%と粉末のまま）に設定した。プランジャーを用いて根管内に水酸化カルシウムを緊密に充填して、根管口部はスティキーワックスにて封鎖し、サンプルがあふれ出るのを完全に防いだ。密閉した後、モデルはすぐにキャップ付きのサンプルボトルに入れた 10 ml の蒸留水の試験媒体に浸され、37°Cで穏やかな振動下で保管されました。放出されたカルシウムの pH および量を、3 日後、7 日後、およびその後は毎週測定を行った。10 個のコントロールは水酸化カルシウムを充填せずに、仮封で覆った。カルシウム放出量は、カルシウム測定試薬を用いたキレート発色剤法 (OCPC 法) で測定を行った。pH はガラス極性タイプの pH 測定装置を使用して測定を行った。

水酸化カルシウムを蒸留水に溶解すると、アルカリ土類金属とのオルトクレゾールフタレイン錯体にカルシウムが結合するキレートカラーフォーメーションにより、紫がかった赤色を呈する。サンプルのカルシウム含有量は、この紫がかった赤色の 570 nm での光吸収を測定することによって決定される。測定ごとにサンプルボトル内の試験媒体を交換し、測定後すぐにモデルを媒体に戻した。各時点でのカルシウム放出量と pH は、測定により得られた値と、モデルの浸漬直前に測定された蒸留水の値との比として計算した。

### 結 果

#### カルシウム濃度

水酸化カルシウム濃度の異なる3つのグループにおける根尖孔からのカルシウム イオンの放出は、3 日目に最高濃度に達し、その中で 50 wt/wt% 混和物において最高濃度は 21.13 ppm を示した。カルシウムイオン濃度はその後低下したが、21 日目には上昇率は初期より低かったものの、再び上昇に転じた。粉末のみのグループは、混和物よりも根尖孔からのカルシウムイオンの放出が少なく、7 日目のピークは 14.84 ppm を示した。濃度はその後低下し、35 日目に再び上昇し始め、その後再び低下し、49 日目には再び上昇しました。

Newman-Keul テストは、どの浸漬時間でも 3 つの混和物グループ間で放出されたカルシウム濃度に有意差がないことを示し、混和物グループは粉末グループよりも統計的に有意に多くの  $\text{Ca}^{2+}$  放出が 3 日目と 14 ~ 28 日目に見られました ( $p < 0.05$ )。各混和物から放出された  $\text{Ca}^{2+}$  の蓄積は、実験期間を通じて粉末のみの蓄積よりも大きかった。実験期間中、コントロールでは目立った変化は見られなかった (図 1 および 2)。

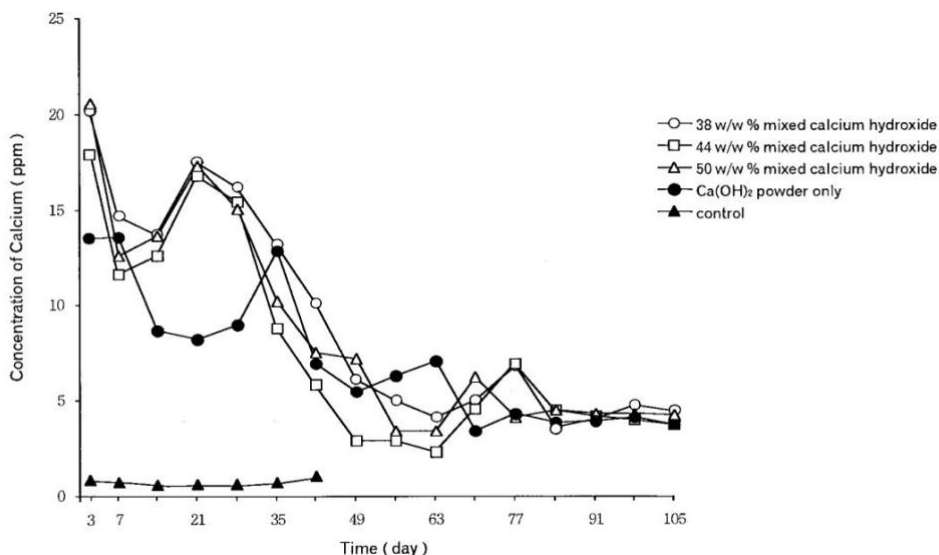


Fig 1. Calcium ion release by dressing materials through the apical foramen into the surrounding experimental media ( $n = 10$ ).

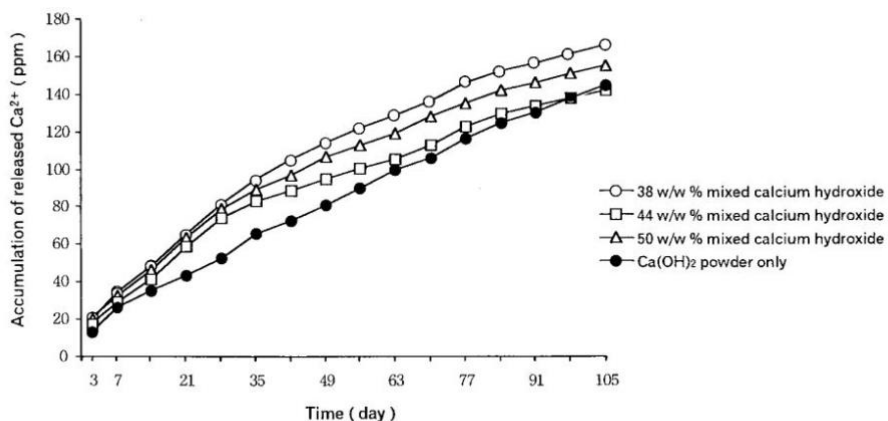


Fig 2. Accumulation of released calcium ions through the apical foramen into the surrounding experimental media ( $n = 10$ ).

### pH の変化

この研究で使用された蒸留水の pH は 6.87 であった。蒸留水の pH の変化は、粉末のみのグループよりも混合グループの方が統計的に速く、大きかった。混和物による pH は、14 日目にピークに達し、その後低下し、21 日目から 35 日目まで安定し、35 日後に急激に低下しました。粉末による pH は 14 日目までしか上昇せず、ゆっくりと低下し、28 日後に再び上昇し、49 日目にピークに達しました。44 wt/wt% 混和物による pH 変化は pH 6.87 から pH 11.24 に増加しましたが、粉末のみによる pH 変化は pH 6.87 から pH 9.21 への増加を示した。Newman-Keul のテストでは、どの浸漬時間でも 3 つの混和物の間で pH に有意差がないことが示されました。ただし、時間の経過とともに有意な統計的差異が認められた。混和物グループは、42 日目までのすべての日で、粉末グループよりも統計的に有意に高い pH を示

した。42 日目に、混和物グループは pH の低下を示しましたが、粉末のみのグループは増加を示し、すべてのグループで同様の pH の変化 をもたらした。42 日後、粉末は混和物よりも高い pH を示した。実験期間中を通して、コントロール群では目立った pH 変化は観察されなかった (図 3)。

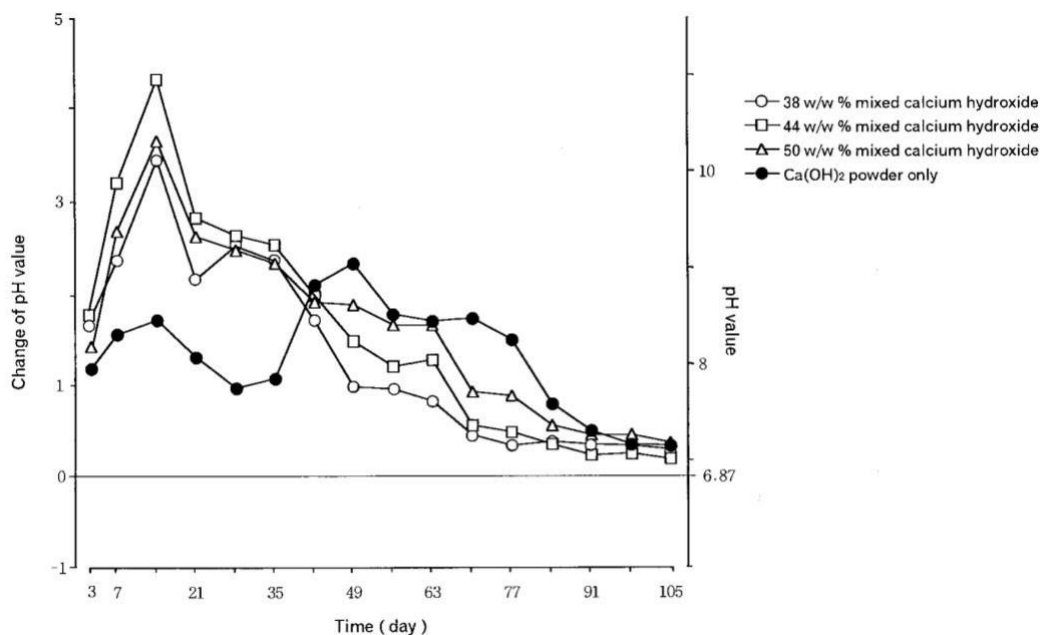


Fig 3. pH activity of the surrounding experimental media (n = 10).

## 考 察

本研究では、透明根管モデルと根管治療薬として水酸化カルシウムを使用し、根尖から蒸留水中に放出されたカルシウムイオンが根尖領域の pH にどのように影響するかを観察した。根尖部組織への貼薬の効果は、根尖孔と象牙細管を介して生じると考えられている。さらに、効果の多くは、根尖孔を介して生ずると考えられている。そのため、根尖孔のみを介して大気と交通する根管モデルを使用した。水酸化カルシウムは水にほとんど溶けないため、市販の製品にはプロピレングリコールやシリコンオイルなどの基剤が混ぜられていることが多い。ただし、チェアサイドでは、水酸化カルシウムは蒸留水または生理食塩水と混ぜてペーストにして使用している。したがって、今回の実験では、蒸留水を使用してサンプル混和物の準備を行った。水酸化カルシウムが根管貼薬剤として使用される場合、根尖周囲に存在するカルシウムは放出された  $\text{Ca}^{2+}$  に起因し、pH の上昇は放出された  $\text{OH}^-$  に起因する。各実験グループにおいて、根尖部のカルシウム濃度と pH 値は、実験の過程で増減を繰り返した。最初のピークは、根尖周囲に蓄積した水酸化カルシウムの  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{OH}^-$  によるものと考えられ、その後、根管上部に残った水酸化カルシウムが根尖に移動し、再び  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{OH}^-$  が放出されたものと考えられる。水酸化カルシウムを蒸留水と混和すると、水の吸収によって脆い固形物が崩壊するため、根管内では、このような変化が起こると考えられている。

ただし、水酸化カルシウムは根管内で均一に移動および崩壊しないため、 $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{OH}^-$  は根尖周囲に均一に放出されない。生体内の条件をシミュレーションするために、サンプル ボトルを振動下で  $37^\circ\text{C}$  で保存し、各測定期間後に蒸留水のテスト メディアを交換した。理想的には、生理食塩水をサンプル バイアルの試験溶液として使用して、人体の内部の状態を模倣する必要がある。 $\text{Ca}^{2+}$  検出に使用される試薬は生理食塩水に非常に敏感であり、微妙なエラーが結果に干渉する可能性があるため、蒸留水を使用した。また、生体組織との反応により希釈される可能性があるため、生体内では、そのような領域におけるカルシウム濃度および pH への影響は実質的に低くなる。試験溶液の温度は、pH を正確に測定するため

に不可欠なパラメータである。特にアルカリ溶液は、厳密な温度管理が必要である。この実験では、校正用の pH 標準液と試験媒体を  $22.5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  に維持して、誤差を最小限に抑えた。水酸化カルシウムがかなりの期間に渡り、効果を発揮することを確認した。水酸化カルシウムを根管治療に使用する場合、満足のいく効果を得るためには、最低でも 2 週間は、シーリング効果の高い仮封剤を用いる必要がある。この実験により、根尖部組織への影響に、水酸化カルシウム濃度は関係なく、有意差は認められなかった。しかし、長期間に及ぶ実験により、根尖部組織への影響の差が検出される可能性があるかもしれないと考えている。

## 結 論

今回の実験結果より、蒸留水と混和した水酸化カルシウムは、水酸化カルシウムの粉末と比較して、カルシウム濃度の放出ピーク値および pH の最高値ともに高い数値を示した。また、水酸化カルシウム(混和物)のグループでは、濃度に関係なく、14 日後に pH 値のピークを迎えていることから、根管内に作用させるために必要な時間は、少なくとも 2 週間であることを示唆している。

## 報告者の意見

水酸化カルシウム(混和物)は、水酸化カルシウム粉末と比較して短期間に pH 値が急上昇する。つまりアルカリ性の状態が早期に発現するため、根管貼薬に用いた場合、結果として象牙細管や根尖孔に存在する細菌に対して有意に作用することになり、根尖部組織の治癒にプラスの影響を与えられられる。

また、水酸化カルシウム(混和物)のグループでは、濃度に関係なく、14 日後に pH 値のピークを迎えていることから、この 2 週間が  $\text{OH}^-$  が有効的に作用する重要な期間と考えられるが、2 週間以後の pH 値は下降の一途を辿るため、長期に渡る根管貼薬に、薬効は期待できないことが伺える。

このように、臨床において水酸化カルシウム(混和物)の濃度は、治癒に直接影響することはなく、また根管貼薬の交換は、pH 変化を考慮して 2 週間程度で行うことが望ましいと考えられる。

報告者 金子博寿