

原著論文

フッ化物含有ホームブリーチング剤の歯質脱灰抑制能

實吉安正<sup>1), 2)</sup>, 飯塚純子<sup>1), 2)</sup>, 岡田周策<sup>1), 2)</sup>,

長谷川晴彦<sup>1), 2)</sup>, 倉持江里香<sup>1), 2)</sup>, 向井義晴<sup>1), 2)</sup>

1) 神奈川歯科大学大学院歯学研究科 う蝕制御修復学講座

2) 神奈川歯科大学歯科再生医学研究所

責任著者連絡先：向井義晴

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82

神奈川歯科大学大学院歯学研究科 う蝕制御修復学講座

TEL: 046-822-8854

FAX: 046-822-8853

E-mail: mukai@kdu.ac.jp

ランニングタイトル：フッ化物含有ホームブリーチング剤の歯質脱灰抑制能

## 抄 録

目的：ブリーチングは一般的な歯科治療の一つとして普及してきている。本研究では、フッ化物含有ホームブリーチング剤のエナメル質および象牙質脱灰抑制能を調べることにより、齲蝕予防材料としての有効性を検討した。

材料と方法：ウシ切歯からエナメル質および象牙質試料を切り出し、耐酸性バーニッシュにより 2×3 mm の被験面を規定した。これらの試料を以下の 4 群に分けた。なお、各群の試料数は 6 とした。1. CONT (Control: 非処理), 2. HSU (Shofu HiLite Shade Up: 10%過酸化尿素), 3. OER (Ultradent Opalescence Regular: 10%過酸化尿素, 2.45 ppmF), 4. OPF (Ultradent Opalescence PF: 10%過酸化尿素, 1,220 ppmF, 硝酸カリウム) 各ホームブリーチング剤を被験面に適用, 37°C, 100%湿度下で 2 時間静置した後, 流水下で歯ブラシを用いて 30 秒間洗浄, さらに脱イオン水で 30 秒間水洗した。その後, 試料を脱灰溶液 (1.5 mmol/l CaCl<sub>2</sub>, 0.9 mmol/l KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 50 mmol/l 酢酸, エナメル質用は 0.1 ppmF 含有 pH 4.6, 象牙質用は 0.2 ppmF 含有 pH 5.0) に 37°C で 22 時間浸漬した。本サイクルを 4 日間繰り返した後, エナメル質からは 150 μm, 象牙質からは 300 μm の切片を被験面に垂直に切り出し, トランスバーサルマイクロラジオグラフィーで得られた画像からミネラルプロファイル, 病巣深度 (Ld) およびミネラル喪失量 (IML) を算出した。また, EPMA によりエナメル質病巣中の Ca および F の分布を測定した。

結果：エナメル質の CONT は高度に脱灰された表層下病巣を示し、HSU においても表層下脱灰病巣が確認された。OER は 4 つの明瞭なミネラルピークを有する表層下脱灰病巣を示した。HSU と OER の IML は、CONT と比較し有意に低い値であった (ANOVA, Tukey's,  $p < 0.05$ )。OPF は軽度に脱灰されたミネラルプロファイルを示し、IML はほかのグループに比較し有意に低い値であった。象牙質では、CONT、HSU、OER とともに類似したミネラルプロファイルを示した。また、OER においては 4 つのミネラルピークが観察されたが、エナメル質に比較して不明瞭であった。一方、OPF のプロファイルはほかの 3 群とは明らかに異なっており、約 50% のミネラルボリュームを有するピークを有し、IML もほかの 3 群に比較し有意に低い値であった。病巣深度に関しては、エナメル質および象牙質ともに CONT、OPF 群間における有意差は認められなかった。エナメル質病巣における EPMA では、ミネラルピークに一致して Ca が高く検出された。

結論：フッ化物含有ホームブリーチング剤はエナメル質および象牙質の脱灰を抑制することから、齲蝕予防手段の一つとして利用できる可能性が示唆された。

キーワード：ホームブリーチング、フッ化物、脱灰、TMR

## 緒 言

10%過酸化尿素を主成分とするホームブリーチング剤は、比較的安全で簡便に使用できることから国内外で数多く製品化され、広く使用されている。これは、歯科医療における患者のニーズが機能回復のみならず、審美的要求も高まってきていることが背景にあると思われる<sup>1)</sup>。また、8020運動など社会的に歯科への関心が高まるなか、ブリーチングを希望する患者の年齢層も上がってきていると報告されている<sup>1)</sup>。一方、臨床においては、歯頸部くさび状欠損や歯肉退縮を有する患者が増加しており、このような患者がブリーチングの対象となることも少なくない。ホームホワイトニング剤には約10%の過酸化尿素が含まれており、唾液中の水分との接触により分解し、約3.6%程度の過酸化水素濃度となる。元来、この過酸化水素・過酸化尿素の両薬剤はホワイトニング用ではなく、口腔用殺菌剤として使用されている。特に2.5~3.5%濃度の過酸化水素水は、口腔内の消毒薬として使用されており、高濃度の過酸化水素が示すような組織刺激性がなく、毒性や副作用をもたない安全性の高い薬剤といわれている<sup>2,3)</sup>。これまでに、ホームブリーチング剤を用いた研究は数多くなされているが、エナメル質に対しては少なからず脱灰するという報告<sup>4)</sup>があり、それに対して海外ではフッ化物を含有したホームブリーチング剤が開発・販売されている。エナメル質に対するこれらフッ化物含有ブリーチング剤と非含有ブリーチング剤の影響についてはいくつか報告されている<sup>5,6)</sup>が、**Transversal**

Microradiography (TMR)で脱灰程度を比較した実験はいまだなく、フッ化物含有ブリーチング剤適用歯質の耐酸性が非ブリーチング歯質を上回るようであればブリーチングを審美と予防を兼ね備えた手段の一つとして捉えることが可能となる。よって、本研究では、各種ホームブリーチング剤の使用後におけるエナメル質と象牙質の脱灰抑制能を検討した。

## 材料および方法

### 1. 試料の作製

凍結保存したウシ下顎中切歯歯冠部唇面より直径 5 mm の円盤状エナメル質を低速切断機 (Isomet Buehler, USA) にて切り出した後、唇面を#2,000 の耐水研磨紙 (Struers, UK) で平坦にして新鮮エナメル質を露出させた。

象牙質試料は同様にウシ下顎中切歯の歯根部を歯頸部直下、およびそれより 5 mm 根尖側の位置で低速切断機にて水平切断して円筒状試料を作製後、ワイヤーソー (Well 3242, Walter Ebner, Germany) にて歯軸方向に半切した。次いで、試験面となる象牙質面を得るために歯根面を#2,000 の耐水研磨紙で平坦に仕上げた。これらのエナメル質および象牙質面に対し、2×3 mm の被験面が得られるように試料周囲に耐酸性ネイルバーニッシュを塗布した。

### 2. ホームブリーチング剤と脱灰溶液

使用したホームブリーチング剤を Table 1 に示す. 各群の n 数は 6 とした.

脱灰溶液は, エナメル質には 1.5 mmol/l  $\text{CaCl}_2$ , 0.9 mmol/l  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 50 mmol/l 酢酸および 0.1 ppmF を含む溶液を, また, 象牙質には 1.5 mmol/l  $\text{CaCl}_2$ , 0.9 mmol/l  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 50 mmol/l 酢酸および 0.2 ppmF を含む溶液とし, pH をそれぞれ 4.6 および 5.0 に調整した. なお, フッ化物の添加はあらかじめ作製した 100ppmF (NaF)溶液を脱灰液中に滴下することにより行った.

### 3. 処理方法

エナメル質および象牙質の各試料を 3 個ずつ 50 ml プラスチック容器の蓋の内側にスティッキーワックスを用いて固定後, 被験面に各ホームブリーチング剤を塗布, 100 %湿度下で 2 時間静置後, 水道水流水下で歯ブラシ (デンターシステム, ライオン) を使用しながら 30 秒間水洗, その後脱イオン水 (DW) で 30 秒水洗した. コントロール群 (CONT) はブリーチング処理を施さずに 100 %湿度下で 2 時間静置後, 同様に処理した. 試料を乾燥後, 各脱灰溶液を 30 ml 注入し 37°C で 22 時間静置した.

### 4. TMR 撮影および分析

4 日間の処理期間終了後, エナメル質試料は 70~100 %のエタノール系列にて順次脱水, 包埋用レジン (Spurr Low-Viscosity Embedding kit, Polysciences, USA) にて包埋した. 加熱重合後, ダイヤモンドワイヤー式精密切断機にて厚さ 150  $\mu\text{m}$  の薄切片を各ブロックから 2 枚ずつ歯軸方向に切り出した. 各切片

は発生源に Cu およびフィルターに Ni を使用した顕微エックス線装置 (PW3830, Spectris, UK) および High resolution X-ray glass plate (コニカミノルタ) を用いて, 13 段階のステップウェッジとともに TMR 撮影 (管電圧 25 kV, 管電流 15 mA, 焦点-試片間距離 570 mm, 照射時間 20 分) した. 通法により現像, 定着, 水洗, 乾燥後, セットアップされた microscope-videocamera-microcomputer システム, およびミネラル量分析ソフト (TMR2000, Inspektor Research System, The Netherlands) を使用してミネラルプロファイルを作成し, 病巣深度 ( $L_d$  ( $\mu\text{m}$ )) およびミネラル喪失量 (IML ( $\text{vol}\% \times \mu\text{m}$ )) を算出した<sup>7,8)</sup>.

一方, 象牙質試料は, 乾燥による収縮を避けるため, 無包埋のまま, 同様に精密切断機を用いて 300  $\mu\text{m}$  の切片を 2 枚切り出した後, 撮影中においても乾燥による収縮を防止するため, 13 段階のステップウェッジが組み込まれたホルダーに DW とともに封入して<sup>9)</sup>, エナメル質と同条件で TMR 撮影および分析を行った.

## 5. Electronic Probe Microanalysis (EPMA)

象牙質に比較し, 乾燥による脱灰病巣の収縮が少ないエナメル質試料を対象に, ブリーチング処理されたエナメル質に浸透した元素を分析するため, 電子線マイクロアナライザー (EPMA, EPMA -8705, 島津製作所) を用い加速電

圧 20 kV, 10  $\mu$ s/point, 512 $\times$ 512 points, 20 $\times$ 20  $\mu$ m area の条件により Ca, F の 2 元素について分析を行った<sup>10)</sup>.

## 6. 統計処理

材料間における Ld および IML の統計比較には, One-way ANOVA および Tukey の検定(SPSS. Ver.10.1, IBM)を用いて有意水準 5 %で検討した.

## 結 果

### 1. TMR 像

エナメル質 (Fig.1-a) :CONT はエックス線不透過性の高い表層と透過性の高い病巣体部を有する典型的な表層下脱灰病巣が観察されたが, 表層が一部崩壊している試料も認められた. HSU においては, やや不明瞭ながら層状(ラミネーション)の脱灰病巣が確認された. 微量なフッ化物を含む OER は極めて明瞭なラミネーションを有する脱灰病巣を示し,高濃度のフッ化物を含む OPF は極めて脱灰が軽微であった.

象牙質 (Fig.1-b) :CONT はエナメル質と同様に, 表層と病巣体部を有する表層下脱灰病巣が観察された. HSU および OER においては, やや不明瞭ながらラミネーションを有する脱灰病巣が確認された. OPF は明瞭な表層の下に軽度の脱灰病巣を認め, さらにエックス線不透過性の高い層, および脱灰層という順で明瞭なラミネーションを有する脱灰病巣がみられた.



## 2. 平均ミネラルプロファイル

エナメル質 (Fig.2-a) : CONT では、表層が約 50 %、病巣体部が約 18 % の表層下脱灰病巣を示した。HSU では、ミネラル密度 25~45 %間に明瞭ではないが 3~4 のピークを有する表層下脱灰病巣を示した。OER では、ミネラル密度約 45 %の位置でミネラル密度の高い部分と低い部分が周期的に交互に認められるプロファイルを示した。ミネラル密度の高い山の部分は 4 カ所存在しており、ブリーチング剤の適用回数と一致していた。さらに、CONT と比較して約 150  $\mu\text{m}$  の深部に脱灰の進行が確認された。OPF では、ミネラル密度が 60 %以上維持された軽微な脱灰であった。

象牙質 (Fig.2-b) :CONT では、表層が約 15 %、病巣体部が約 10 %の表層下脱灰病巣を示していた。HSU は、ミネラル密度約 10 %に、明瞭ではないが 3~4 回のピークを有する表層下脱灰病巣を示した。OER は、ミネラル密度約 15 %の位置で、ミネラル密度の高い部分と低い部分が周期的に交互に認められるプロファイルを示したが、エナメル質病巣ほど明瞭ではなかった。OPF はミネラル密度約 30 %の表層、その深部に約 25 %の第一の病巣体部が認められ、さらにミネラル密度が 50 %に達する第二のミネラルピーク、および病巣深度 200  $\mu\text{m}$  付近に第二の病巣が確認された。

## 3. Ld ( $\mu\text{m}$ ) および IML (vol% $\times$ $\mu\text{m}$ )

Ld は、エナメル質：CONT (175±26), HSU (185±22), OER (211±28), OPF (169±14) であり、OER と OPF 間に有意差が認められた ( $p < 0.05$ ) . 象牙質：CONT (268±20), HSU (255±25), OER (244±27), OPF (239±43) であり、群間に有意差は認められなかった.

IML は、エナメル質：CONT (9,862±900) > HSU (8,063±500) = OER (7,872±945) > OPF (2,940±353) であり、OPF がほかの 3 群に比較し有意に低く、HSU と OER 間には有意差は認められなかった.

象牙質：CONT (6,406±331), HSU (6,542±337), OER (6,068±359), OPF (1,826±120) であり、OPF がほかの 3 群に比較し有意に低かった.

#### 4. EPMA 像

EPMA 像においては、3 群すべてにおいてミネラルプロファイルのピークとほぼ一致した部位に高濃度の Ca が観察された。一方、F に関してはすべての群において、ミネラルピークとは一致していなかったが、OPF 群においては病巣部位に比較的高濃度に検出された (Fig.3).

#### 考 察

ホームブリーチング剤が歯質に与える影響についてはこれまでもいくつか報告されている。エナメル質にホームブリーチング剤を適用した後に脱灰させた研究<sup>5)</sup>では、ブリーチング剤のフッ化物含有・非含有あるいは pH の違いに

かかわらず，耐酸性が減じることが確認されている．ホームブリーチング剤そのものがエナメル質に与える影響を検討した報告<sup>4)</sup>では，エナメル質の硬さは減少するものの，フッ化物含有ホームブリーチング剤ではその減少度が低いことが示されている．また，脱灰病巣にホームブリーチング剤を適用し再石灰化に与える影響を検討した報告<sup>6)</sup>では，フッ化物含有ホームブリーチング剤は非含有ホームブリーチング剤に比較して再石灰化が促進される傾向はあるが，有意差は認められなかったと報告されている．今回，われわれはホームブリーチング剤を実際の使用条件と合わせるために2時間適用した後，脱灰環境に置くことでエナメル質および象牙質に与える影響を検討した．Attinらの報告<sup>5)</sup>では，ホームブリーチング剤の適用が8時間と長いこと，また脱灰に1%のクエン酸（pH 2.2）を使用するというエナメル質酸蝕症に対する影響が目的とされているのに対し，本研究では，齲蝕発生環境を想定した脱灰条件を設定した．また，根面齲蝕罹患率の増加が懸念されていること<sup>11)</sup>を鑑み，ホームブリーチング剤がエナメル質のみでなく象牙質に与える影響も併せて検討した．さらには，本実験では歯質の脱灰および再石灰化の評価法としてゴールドスタンダードであるTMR<sup>12)</sup>を用いて評価した．

本実験で使用した脱灰液の組成はエナメル質と象牙質で同じものであるが，pHが異なっている．今回脱灰により，初期齲蝕の発生をシミュレートしているが，そのためには表層下脱灰病巣を作製することが重要であり，エナメル質お

よび象牙質を対象に表層下脱灰病巣を作製したこれまでの報告<sup>13)</sup>に準じて脱灰液の pH をそれぞれ調整した。

OER をエナメル質に適用した際、適用回数と同じ数の層状のミネラルピークが観察された。また、OPF はミネラル密度が高く維持されたミネラルプロファイルを示し、IML はほかの 3 群に比較し有意に低い値であった。これは、本剤に含まれる微量のフッ化物がエナメル質表面に沈着しフッ化物イオン徐放のリザボアーとなり、その後カルシウムイオンおよびリン酸イオンを含む脱灰溶液に曝されることにより、エナメル質中のヒドロキシアパタイト (HAP) の脱灰に逆らったフルオロアパタイトあるいはフルオリデーテッドアパタイト (FAP) といったフッ化物イオンを含むリン酸カルシウム塩の形成が生じている<sup>14)</sup>ものと考えられる。EPMA 像からもミネラルピークに一致した Ca のピークが観察されており、リン酸カルシウム塩の形成が確認できたが、F の強度は弱かった。これは、健全エナメル質においても F の検出量が弱いことに起因するものと思われる。一方、Ld の比較では材料に含有されるフッ化物濃度に相関した違いは確認されなかった。ten Cate ら<sup>15)</sup>は、Ld は溶液環境の pH に左右されるが、フッ化物濃度とは関係が薄いということを述べており、本結果もそれに合致するものであると考えられた。

一方、象牙質ではエナメル質ほどに明瞭な層状のミネラルピークは確認できなかった。この理由として、象牙質はエナメル質に比較して有機質に富んだ疎

な組織であることや、象牙細管が存在していることにより塗布した薬剤が浸透・拡散しやすく、限定された狭い領域における FAP の形成が生じなかったことが原因と考えられた。この現象は、フッ化物歯磨剤を用いた再石灰化実験においても確認されている<sup>16)</sup>。また、象牙質試料において OPF 群のミネラルプロファイルがきわめて高いミネラル密度を有するピークを示したが、これは過再石灰化象牙質<sup>17, 18)</sup>が形成されているものと考えられた。

今回、ホームブリーチング剤そのものが歯質に与える影響は検討していない。Chen ら<sup>4)</sup>は、エナメル質の硬さが減少することを報告しているが、適用時間が 8 時間と長いこと、また唾液による再石灰化作用が考慮されていない。口腔内をシミュレートし、唾液の代用として再石灰化液を同時に使用した研究では、オフィスブリーチング剤の使用はエナメル質表面に一時的な脱灰作用をもたらすものの軽微であり、唾液の再石灰化作用によりすみやかに修復されると報告されている<sup>19)</sup>。今回用いたものはホームブリーチング剤であり、オフィスブリーチング剤に比較し pH が高いこと、および前述したような唾液の作用を考慮すればエナメル質に対する為害作用は極めて軽微であると考えられる。一方、象牙質に対する影響は不明であり、今後検討する必要があるものと思われる。

高い濃度のフッ化物を含有する OPF が他群に比較し有意に低い IML を示した結果は、本剤をホワイトニングのみならずエナメル質における齲蝕予防や歯頸部くさび状欠損、ならびに歯肉退縮部位の象牙質齲蝕進行抑制を目的として

も使用できることを示唆している。また、OERはCONTに比較し有意なIMLの増加が認められなかったが、これは材料に含まれる微量のフッ化物が脱灰進行に抑制的に働いたものと考えられ、エナメル質はもとより、象牙質に塗布しても酸侵襲を助長させないものと考えられた。

## 結 論

ホームブリーチング剤に含まれるフッ化物などの有効成分は2時間という適用時間内で脱灰病巣中に取り込まれ、酸侵襲に対して効果的な脱灰抑制効果をもたらすものと考えられた。

## 謝 辞

稿を終わるにあたり、御懇切なるご教示を賜りました寺中敏夫名誉教授に深甚なる感謝の意を示します。また、本研究に対してご協力いただきましたう蝕制御修復学講座の諸先生方に心から感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 今泉 瞳, 雲野 泰史, 小口 春久. 審美歯科に関するアンケートによる意識調査. 日歯医療管理誌 2012 ; 47 : 165-174.
- 2) Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. Quintessence

Int 1989; 20: 173–176.

- 3) Haywood VB, Leonard RH, Nelson CE, Brunson WD. Effectiveness, side effects and long-term status of nightguard vital bleaching. J Am Dent Assoc 1994; 125: 1219-1226.
- 4) Chen H, Chang C, Liu J, Chuang S, Yang J. Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. J Dent 2008; 36: 718-725.
- 5) Attin T, Kocabiyik M, Buchalla W, Hannig C, Becker K. Susceptibility of enamel surfaces to demineralization after application of fluoridated carbamide peroxide gels. Caries Res 2003; 37: 93-99.
- 6) Tschoppe P, Neumann K, Mueller J, Kielbassa AM. Effect of fluoridated bleaching gels on the remineralization of predemineralized bovine enamel in vitro. J Dent 2009; 37: 156-162.
- 7) 向井義晴, 椎谷 亨, 坂本英里, 室野井麻紘, 飯塚純子, 藤野富久江, 寺中敏夫. エナメル質表層下脱灰病巣に対するブリーチング処理の影響. 日歯保存誌 2010 ; 53 : 579-584.
- 8) 富永貴俊, 向井義晴, 寺中敏夫. フッ化物徐放性修復材料の象牙質再石灰化能—経時的再石灰化能と耐酸性能—. 日歯保存誌 2007 ; 50 : 808-817.
- 9) van Strijp AJP, Bujis MJ, ten Cate JM. Contact microradiography of

dentine under wet conditions to prevent lesion shrinkage. *Caries Res* 1995; 29: 107-110.

- 10) 坪田康德, 向井義晴, 花岡孝治. S-PRG 微粉末の象牙質知覚過敏治療材料としての応用. *日歯保存誌* 2006 ; 49 : 563-573.
- 11) Imazato S, Ikebe K, Nokubi T, Ebisu S, Walls AW. Prevalence of root caries in a selected population of older adults in Japan. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 137-143.
- 12) 向井義晴. 再石灰化の評価法と診断器. *日歯理工誌* 2012 ; 31 : 205-208.
- 13) 藤野富久江, 向井義晴, 上條和子, 富山 潔, 椎谷 亨, 富永貴俊, 寺中敏夫. 茶抽出物による歯質脱灰抑制. *日歯保存誌* 2007 ; 50 : 302-312.
- 14) 中嶋省志. エナメル質初期う蝕の再石灰化の原理とフッ化物の役割. *日歯医師会誌* 2006 ; 59 : 319-327.
- 15) ten Cate JM, Damen JJ, Buijs MJ. Inhibition of dentin demineralization by fluoride in vitro. *Caries Res* 1998; 32: 141-147.
- 16) Mukai Y, Lagerweij MD, ten Cate JM. Effect of a solution with high fluoride concentration on remineralization of shallow and deep root surface caries in vitro. *Caries Res* 2001; 35: 317-324.
- 17) Arends J, Christoffersen J, Ruben J, Jongebloed WL. Remineralization of bovine dentine in vitro. *Caries Res* 1989; 23: 309-314.
- 18) Arends J, Ruben JL, Christoffersen J, Jongebloed WL, Zuidgeest TG.



Remineralization of human dentine in vitro. *Caries Res* 1990; 24: 432-435.

- 19) 岩谷いずみ, 向井義晴, 寺中敏夫. エナメル質漂白に対する再石灰化処理の影響. *日歯保存誌* 2009 ; 52 : 1-11.

**Prevention of enamel demineralization by fluoride containing home  
bleaching agents**

SANEYOSHI Yasumasa<sup>1), 2)</sup>, IIZUKA Junko<sup>1), 2)</sup>, OKADA Shusaku<sup>1), 2)</sup>,  
HASEGAWA Haruhiko<sup>1), 2)</sup>, KURAMOCHI Erika<sup>1), 2)</sup>, MUKAI Yoshiharu<sup>1), 2)</sup>

1) Department of Cariology and Restorative Dentistry,

Graduate School of Dentistry,

Kanagawa Dental University

2) Institute of Oral Regenerative Medicine,

Kanagawa Dental University

Corresponding author: MUKAI Yoshiharu,

Department of Cariology and Restorative Dentistry, Graduate School of  
Dentistry, Kanagawa Dental University

82 Inaoka-cho, Yokosuka, Kanagawa 238-8580, Japan

TEL: +81-46-822-8854

FAX: +81-46-822-8853

E-mail:mukai@kdu.ac.jp

## Abstract

**Purpose:** Tooth bleaching is a common esthetic dental treatment. We evaluated the efficacy of fluoride containing home bleaching agents as caries prevention products in preventing enamel and dentin demineralization.

**Methods:** Enamel (n=6) and dentin (n=6) specimens from bovine incisors, with 2×3 mm experimental surfaces made by acid resistant varnish, were divided into four treatment groups: 1. CONT (no treatment), 2. HSU (Shofu HiLite Shade up: 10 % carbamide peroxide), 3. OER (Ultradent Opalescence Regular: 10 % carbamide peroxide, 2.45 ppmF), 4. OPF (Ultradent Opalescence PF: 10 % carbamide peroxide 1,220 ppmF, potassium nitrate). Over four days, a bleaching agent was applied and specimens stored under 100 % humidity (37 °C, 2 h) then rinsed with tap water (30 s) and a toothbrush followed with deionized water (30 s). Specimens were then immersed in demineralization solution (1.5 mmol/l Ca, 0.9 mmol/l PO<sub>4</sub>, 50 mmol/l acetic acid, 0.1 ppmF, pH 4.6 for enamel and 0.2 ppmF, pH 5.0 for dentin) at 37 °C for 22 h and the cycle was repeated for 4 days. Finally, 150µm-thick enamel sections and 300 µm-thick dentin sections were cut perpendicularly to the experimental surface from each specimen, and mineral profile, lesion depth (Ld) and integrated mineral loss (IML) were

determined from radiographic images obtained by transversal microradiography. Elemental analysis (Ca and F) of the enamel lesions were performed with EPMA

**Results:** In enamel, CONT showed severely demineralized subsurface lesions, and HSU revealed subsurface demineralization. OER showed subsurface lesions with four distinct mineral peaks. IML of HSU and OER were significantly less than that of CONT (ANOVA, Tukey's,  $p < 0.05$ ). OPF showed slightly demineralized mineral profiles and IML was significantly less than for other treatments. In dentin, CONT, HSU, and OER showed similar mineral profiles. Also, four mineral peaks were observed in OER; however, they were not as distinct in the lesions of enamel specimens. In contrast, the profile of OPF differed to those of these three groups, with a mineral peak of about 50 % of mineral volume. IML of OPF was significantly less than that of other treatment groups. No significant difference was found in Ld among enamel and dentin lesions between CONT and OPF. EPMA revealed Ca peaks were similar in all mineral profiles.

**Conclusion:** Fluoride containing home bleaching agents can prevent enamel and dentin demineralization and may act as caries prevention products.

Key words: home bleaching, fluoride, demineralization, TMR

Composition of bleaching agents used

Product	Manufacturer	Active ingredients	Lot No.	Code
OpalescencePF	ULTRADENT	carbamide peroxide (10%), 1,220ppmF*, potassium nitrate, pH 6.37*	B7W84	OPF
Opalescence Regular	ULTRADENT	carbamide peroxide (10%), 2.45ppmF*, pH6.13*	B8NFS	OER
HiLite Shade Up	SHOFU	carbamide peroxide (10%), pH6.5	11143065	HSU

Asterisk means that the values referred to reference number 6.

Table 1 Composition of bleaching agents used

Ld and IML values of each group

Group	Ld ( $\mu\text{m}$ : mean $\pm$ SD)		IML (vol% $\times$ $\mu\text{m}$ : mean $\pm$ SD)	
	Enamel	Dentin	Enamel	Dentin
CONT	174.6 $\pm$ 26.4 <sup>ab</sup>	267.6 $\pm$ 19.5 <sup>a</sup>	9862.0 $\pm$ 900.2 <sup>a</sup>	6405.7 $\pm$ 331.4 <sup>a</sup>
HSU	185.3 $\pm$ 21.8 <sup>ab</sup>	255.4 $\pm$ 25.0 <sup>a</sup>	8063.0 $\pm$ 500.4 <sup>b</sup>	6542.1 $\pm$ 336.8 <sup>a</sup>
OER	210.6 $\pm$ 27.8 <sup>a</sup>	244.2 $\pm$ 27.0 <sup>a</sup>	7872.0 $\pm$ 944.5 <sup>b</sup>	6068.2 $\pm$ 359.2 <sup>a</sup>
OPF	168.7 $\pm$ 14.3 <sup>b</sup>	239.1 $\pm$ 42.9 <sup>a</sup>	2939.5 $\pm$ 353.2 <sup>c</sup>	1825.9 $\pm$ 119.5 <sup>b</sup>

Values with same superscripts means no significantly difference between groups at  $p > 0.05$ .

Table 2 Ld and IML values of each group

Fig 1  
(a)

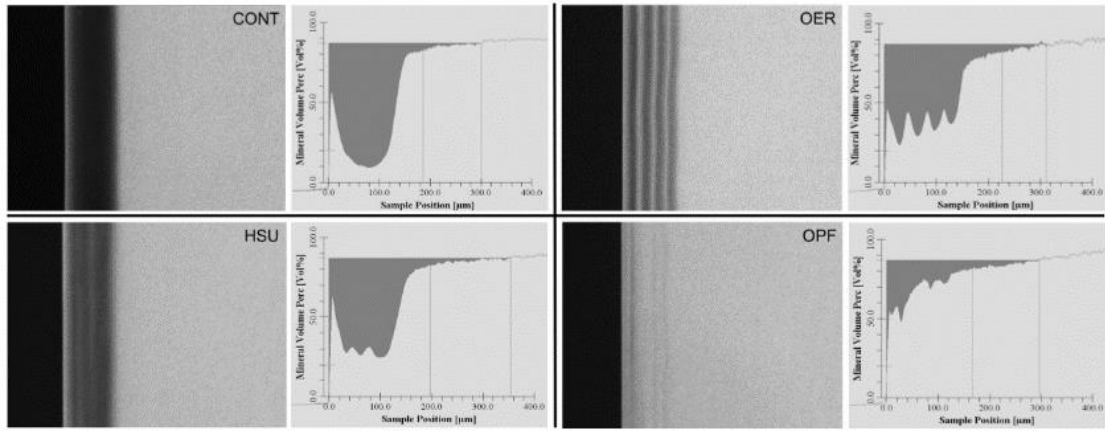


Fig 1 a Representative TMR images and mineral profiles of enamel specimens in each group

(b)

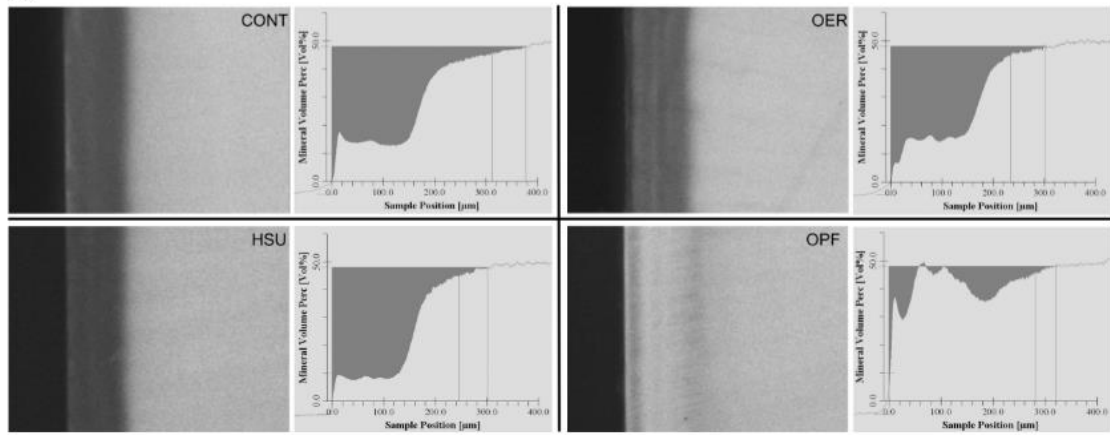


Fig 1 b Representative TMR images and mineral profiles of dentin specimens in each group

Fig 2

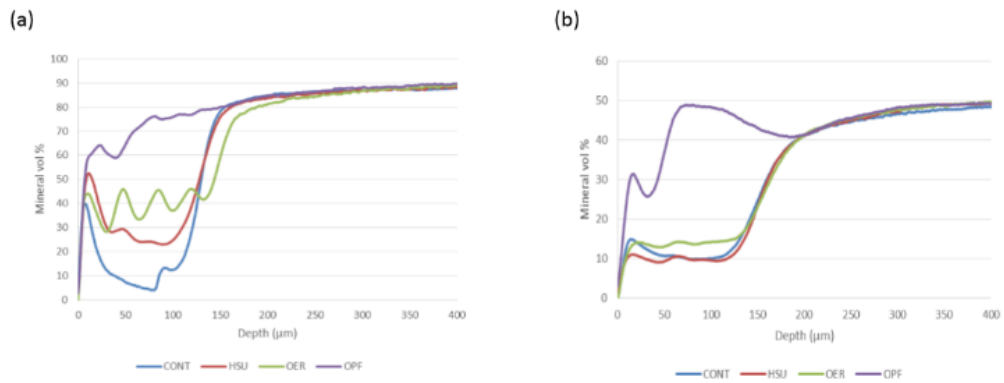


Fig 2 a, b Average mineral profiles of enamel (a) and dentin (b) specimens in each group

Fig 3

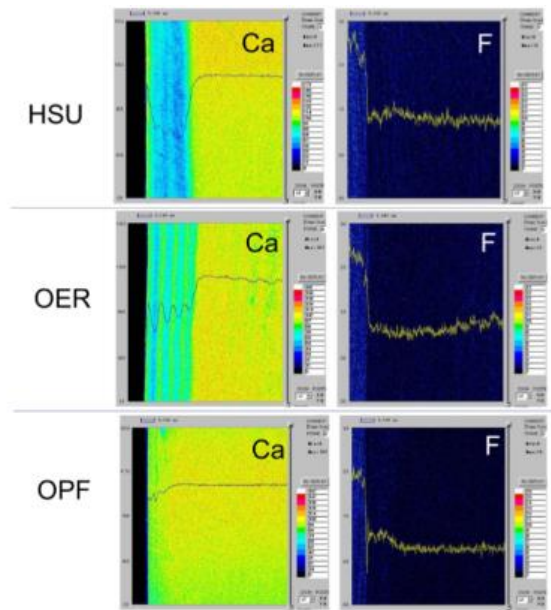


Fig 3 EPMA images of cross-sectional surfaces of enamel lesions



## 付図説明

Table 1

Composition of bleaching agents used

Table 2

Ld and IML values of each group

Fig 1

- a. Representative TMR images and mineral profiles of enamel specimens  
in each group
- b. Representative TMR images and mineral profiles of dentin specimens in  
each group

Fig 2

- a. Average mineral profiles of enamel specimens in each group
- b. Average mineral profiles of dentin specimens in each group

Fig 3

EPMA images of cross-sectional surfaces of enamel lesions