

令和5年度厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）

分担研究報告書

労働安全衛生法に基づく歯科医師による健康診断のより適切な実施に資する研究

労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法の開発に関する研究

分担研究者 佐藤 涼一 東京歯科大学衛生学講座 講師

研究要旨

酸蝕症のように歯牙が短時間に大量の酸に曝露される場合、従来の齲蝕予防法であるフッ化物歯面塗布法やフッ化物洗口法などでは十分な防護・予防効果を発揮できないと報告されているが、労働現場や歯科医院における酸蝕症に特化した予防方法はまだ開発されていない。モノフルオロリン酸ナトリウム (Na_2FPO_3 , MFP) は主にフッ化物配合歯磨剤の成分として使用され生体毒性はフッ化ナトリウム (NaF) の3分の1と安全性が高く、作用機序の違いにより歯質深部に奏功できる特徴を持つ。我々はモノフルオロリン酸ナトリウムの高い生体安全性と歯質深部への奏功が可能な利点を活かし新規フッ化物歯面塗布法を開発した。また、従来法と比較した象牙質耐酸性を検討した。牛歯歯冠部唇側象牙質を鏡面研磨し試料とし、予防処置法は(1)リン酸酸性フッ化ナトリウム (APF, 9000ppmF, pH3.6) 4分間塗布群, (2)リン酸酸性モノフルオロリン酸ナトリウム溶液 (AP-MFP, 9000ppmF, pH3.6) 4分間塗布群, (3) AP-MFP 2分間 + APF 2分間の併用群および(4)フッ化物応用なし (Control 群) の4群に設定した。予防処置後、自作のプログラム式全自動 pH cycling 装置に試料を設置し、0.02M HEPES 再石灰化溶液 (Ca:3mM, P:1.8mM, pH7.3) に1時間浸漬、0.1M クエン酸緩衝脱灰溶液 (pH4.0) に37±5分間浸漬を1サイクルとする耐酸性試験を10サイクル実施した。

対照面と脱灰面の高低差プロファイル測定の結果、Control 群は $23.157 \pm 2.290 \mu\text{m}$ の実質欠損が生じ、APF 群は $7.531 \pm 1.885 \mu\text{m}$ 、AP-MFP 群は $7.482 \pm 0.941 \mu\text{m}$ 、併用群は $8.356 \pm 1.065 \mu\text{m}$ と Control 群と比較して有意に脱灰が抑制された ($p < 0.001$)。AP-MFP 群と併用群は象牙質のクエン酸脱灰に対して APF 群と同様の高い耐酸性向上効果があることが示唆された。Micro-Vickers 硬さ (HV) は Control 群で 19.889 ± 1.890 、APF 群で 28.397 ± 1.609 、AP-MFP 群で 33.041 ± 2.002 、併用群で 32.736 ± 1.524 であった。耐酸性試験後の脱灰面において AP-MFP 群は APF 群よりも有意に硬さを維持し、個体差を考慮した ΔHV の結果でも同様の傾向を示した ($p < 0.01$)。また、算術平均粗さ (Sa) は、併用群が全ての群で最も小さく $0.249 \pm 0.015 \mu\text{m}$ であり、各群間に有意差を認めた ($p < 0.01$)。表面 SEM 観察にて AP-MFP 群および併用群は粒径の大きなホモ凝集体様の二次粒子を認め、象牙細管の高度な閉鎖が確認できた。本研究より AP-MFP 群および併用群は、APF 群よりも象牙質耐酸性を向上させ、クエン酸脱灰に対する歯質硬さおよび粗さを改善することが示唆された。本方法は産業現場の酸蝕症における新たなプロフェッショナルケアとして期待できる。

A. 研究背景・目的

酸蝕症は微生物の作用が関与しない化学的作用による歯の溶解と定義される。酸蝕症の原因となる酸には乳酸、リン酸、酢酸、クエン酸などが挙げられるが、キレート作用を持つクエン酸の脱灰能は他の酸と比べて非常に高いことがわかっている。クエン酸は主に柑橘類に含有されており摂食する機会も多く、長期間の習慣的な柑橘類や柑橘由来飲料の摂取により重篤な酸蝕症が引き起こされる可能性がある。65歳以上の高齢有歯顎者の口腔内では大半に生理的もしくは病的な歯肉退縮が認められ、歯根部象牙質が露出していると報告されている。歯肉退縮により露出した象牙質はエナメル質と比較してコラーゲンの含有量が多く、臨界pHも6.0-6.2とエナメル質よりも高いため、酸による影響を顕著に受けやすい。よって、象牙質の酸蝕症は進行速度や範囲もエナメル質と比較して大きく、歯科臨床においては早期かつ効果的な酸蝕症への対応が必要と考えられる。酸蝕症の予防方法はフッ化物応用による歯質耐酸性の向上が第一選択であるが、先行研究の大半がエナメル質での有効性評価であり、象牙質の酸蝕症予防のエビデンスは乏しい。さらに、フッ化物配合歯磨剤によるセルフケアやフッ化物洗口、フッ化物歯面塗布といったプロフェッショナルケアは歯蝕予防を前提として設計されており、短時間に唾液緩衝能を上回る大量の酸に暴露される酸蝕症に対しては十分な予防とならないことが危惧されている。よって、象牙質の酸蝕症に対する予防方法の開発は急務である。

モノフルオロリン酸ナトリウム (MFP) は主に歯磨剤の薬用成分として使用される

フッ化物である。MFPを使用した歯磨剤とNaFを使用した歯磨剤の齲蝕予防効果には統計的に有意な差は認められず、1500ppmの歯磨剤では脱灰抑制と再石灰化の促進が報告されている。MFPには、複合イオン状態のフッ素の生体毒性が非常に低いという臨床応用における利点がある。Shourieらによる1950年報告書によるとMFPの毒性はフッ化ナトリウムの約3分の1に過ぎないと述べられている。MFPは溶解度も高く、溶液中のフッ素原子量を基準にすると、NaFと比べて3倍のフッ素イオンが存在できることが報告されている。NaFの場合、溶液中に多量のカルシウムイオンが存在する環境下では、遊離フッ化物イオンが速やかにフッ化カルシウムを生成し、歯表面の微小環境におけるフッ化物イオン濃度が著しく低下してしまう。一方、MFPはカルシウムを含む溶液中でも錯体イオンの構造を維持し、NaFの70倍以上のフッ化物イオンを存在させることができる。カルシウムイオンが過飽和な状態である唾液や薬液中でも反応せずに存在可能なことは、オーラルケア用品や口腔内でMFPを使用する大きな利点である。先行研究よりMFPを歯質と反応させた場合、NaFと比較して応用後の即効性が低く、表層(0-50 μ m)近傍の耐酸性付与が劣るとされている。しかし、MFPはNaFとの作用機序の違いにより歯質表層のみの反応にとどまらず深部(50-300 μ m)まで浸透し、厚く均一な耐酸性層を形成する可能性が報告されている。このようにNaFと比較して多くの利点が存在するにもかかわらずMFPの使用方法は歯磨剤のみにとどまり、濃度も1500ppmまでしか応用されていない。

我々は、MFP を歯磨剤のような低濃度のセルフケアだけではなく、プロフェッショナルケアの歯面塗布法に用いることで、歯質の深部に作用し生体安全性の高い酸蝕症の予防方法が開発できるのではないかと仮説を立てた。本研究の目的は MFP の高い生体安全性と歯質深部への奏功が可能な利点を活かし、新規酸蝕症の予防法を開発することである。また、従来法と比較したクエン酸刺激に対する象牙質耐酸性を評価することである。

B. 研究方法

本研究は、牛歯冠部唇側象牙質を鏡面研磨し試料とした (n=36, 各群 n=9)。予防処置法は (1) リン酸酸性フッ化ナトリウム (APF, 9000ppmF, pH3.6) 4分間塗布群, (2) リン酸酸性モノフルオロリン酸ナトリウム溶液 (AP-MFP, 9000ppmF, pH3.6) 4分間塗布群, (3) AP-MFP 2分間 + APF 2分間の併用群および (4) フッ化物応用なし (Control 群) の 4 群に設定した。予防処置後, 自作のプログラム式全自動 pH cycling 装置に試料を設置し, 0.02M HEPES 再石灰化溶液 (Ca:3mM, P:1.8mM, pH7.3) に 1 時間浸漬, 0.1M クエン酸緩衝脱灰溶液 (pH4.0) に 37±5 分間浸漬を 1 サイクルとするアシッドチャレンジを 10 サイクル実施した。

歯質表層の脱灰性状は走査型電子顕微鏡 (SEM) (SU6600, 日立, 東京) の二次電子像観察, 3D 測定レーザー顕微鏡 (LEXT OLS4000, Olympus, 東京) による高低差プロファイルおよび算術平均粗さ (Sa) により評価した。また、各群の脱灰面と非脱灰面に対して Micro-Vickers 硬さ試験機

(HMV-1, 島津製作所, 東京) を用いて Micro-Vickers 硬さ (MHV) を計測し比較した。また、コンタクトマイクロラジオグラフィ (CMR) 解析のため、樹脂包埋後 (Rigolac, 日新 EM, 東京)、100µm 厚の研磨切片を作成し、軟 X 線発生装置 (CMR-3, Softex, 東京) を用いて 1 段 20µm のアルミニウムステップウェッジと共に管電圧 15kV、管電流 3mA、照射時間 5 分間で撮影した。撮影画像は画像解析システム (HC-2500/OL : OLYMPUS, 東京) を用いて画像解析用ソフトウェア (ImagePro Plus, version 6.2, Media Cybernetics Inc. Silver Spring) にてグレースケール 8 bit, 256 階調に変換し濃度プロファイルを取得した。ミネラル喪失量 (ΔZ) および脱灰深度 (Ld) を測定し脱灰程度の比較を行った。

C. 研究結果および考察

C-1. クエン酸 pH-cycling 後の各種歯面塗布法の 3D 段差プロファイル

図 1 にアシッドチャレンジ後の 3D 測定レーザー顕微鏡による段差プロファイルの画像と結果のグラフを示す。図 1a-d の左側はワックスで保護されて脱灰がされていない対照面 (Reference surface: RS) を示し、右側は脱灰されている実験面 (Experimental surface: ES) を示している。Control 群では、実験面が著しく脱灰し、23.157±2.290µm の欠損が象牙質の表層に認められた (図 1a)。APF 群では対照面と実験面の高さの差が 7.531±1.885µm に減少し、Control 群と比較して有意に脱灰抑制が確認できた (p<0.001) (図 1b)。AP-MFP 群は APF 群と同等の脱灰抑制を認め、7.482±0.941µm であり AP-MFP 群と APF

群の間には有意な差は認められなかった ($p > 0.05$) (図 1c,1e)。Dual 群の実質欠損量は $8.356 \pm 1.065 \mu\text{m}$ であり Control 群と比較して有意に脱灰を抑制していたが、APF 群および AP-MFP 群との間には脱灰抑制効果に差は認められなかった (図 1d,1e)。AP-MFP 群と併用群は象牙質のクエン酸脱灰に対して APF 群と同様の高い耐酸性向上効果があることが示唆された。

C-2. pH-cycling 後の各種歯面塗布法による算術平均表面粗さ (Sa) 比較

図 2 に各種歯面塗布法を応用後にアシッドチャレンジを行ったサンプルの算術平均表面粗さ (Sa) を示す。Control 群は象牙質の表面に顕著な凹凸を認め、平均 Sa 値は $0.295 \pm 0.021 \mu\text{m}$ 、中央値は $0.295 \mu\text{m}$ ($0.283 \sim 0.312$) であり、全ての群と有意差を認めた ($p < 0.001$) (図 2)。APF 群の平均 Sa 値は $0.339 \pm 0.038 \mu\text{m}$ 、中央値は $0.334 \mu\text{m}$ ($0.310 \sim 0.377$) であった。AP-MFP 群は最も大きな値を示し、平均値は $0.381 \pm 0.027 \mu\text{m}$ 、中央値は $0.383 \mu\text{m}$ ($0.351 \sim 0.409$) であったが、APF 群と比較して有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。Dual 群は最も小さい値を示し、平均値は $0.250 \pm 0.016 \mu\text{m}$ 、中央値は $0.247 \mu\text{m}$ ($0.236 \sim 0.267$) であり、他のすべての群と有意に異なった ($p < 0.001$)。AP-MFP 群の値が最大となったことは、象牙質の表層に何らかの生成物が生じた可能性を示している。また、AP-MFP と APF を併用する Dual 群では予防処置後の汚れの付着を軽減できる可能性が示唆された。

C-3. pH-cycling 後のマイクロビッカース硬

度および変化量測定

図 3 に各種歯面塗布法を応用後に pH-cycling を行ったサンプルのビッカース硬さ試験の結果を示す。ビッカース硬さは歯質脱灰程度の定性評価に用いられており、理工学や保存修復学の先行研究で歯質の耐酸性の指標とされている。健全な象牙質のビッカース硬さは $60-75 \text{HV}$ であり、脱灰で歯質内部の微小構造が変化することで硬さが減少することが報告されている。Control 群のマイクロビッカース硬さは $19.889 \pm 2.004 \text{HV}$ 、中央値は 20.713 ($18.654-21.936$) で、すべての群中で最も低い値であった (図 3a)。APF 群は Control 群と比較して増加し、平均値は $28.397 \pm 1.707 \text{HV}$ 、中央値は 28.342 ($26.801-29.333$) であり、他のすべての群間で有意差を認めた ($p < 0.01$)。AP-MFP 群は最も高い値を示し、平均値は $33.041 \pm 2.123 \text{HV}$ 、中央値は 33.224 ($30.811-35.124$) であった。Dual 群の平均値は $32.736 \pm 1.617 \text{HV}$ 、中央値は 32.729 ($31.476 \sim 33.989$) で、AP-MFP 群と同等の値を示し 2 群間の有意差は認められなかった (図 3a)。

サンプルの同一歯面に対照面と実験面を作成し、個体差を補正した変化量を算出した結果を図 3b に示す。Control 群は $25.538 \pm 5.771 \text{HV}$ と変化量が最も大きく、中央値は 23.299 ($21.786-28.328$) を示し、すべての群間で有意差を認めた ($p < 0.01$)。APF 群の平均値は $15.308 \pm 2.315 \text{HV}$ 、中央値は 14.781 ($14.011-16.811$) であり、Control 群と比較して有意に減少した。AP-MFP 群は最も小さい変化量を示し、平均値が 10.050 ± 2.971 、中央値が 9.557 ($7.969-12.685$) であったが、APF 群間には有意差

は認められなかった。Dual 群は AP-MFP 群と同等であり、平均値は 11.665 ± 2.949 HV、中央値は 11.734 (9.194-14.342) を示したが、AP-MFP 群間に有意差は存在しなかった ($p > 0.05$) (図 3b)。

C-4. pH-cycling 後の象牙質表面および断面 SEM 観察

図 4 は pH-cycling 後の象牙質表面の二次電子像である。Control 群はクエン酸による脱灰で象牙細管開口部の拡大が認められ、細管周囲の象牙質にも粒子は形成されていない (図 4a,e)。APF 群は象牙細管の一部閉鎖を認め、細管内部に粒子状の物質の集合体が観察できる (図 4b,f)。細管周囲の象牙質表面にも微細な球状の粒子が付着している (図 4f)。AP-MFP 群は APF 群と同様に細管の開口部の閉鎖と微細な粒子の付着を認めるが、明らかに APF で認められた粒子とは異なる大きな直径の球状粒子を認める (図 4c,g)。この粒子は高倍率で観察すると微細な粒子が集合した二次粒子様であり、象牙細管の周囲だけではなく細管内部にも侵入している (図 4g)。dual 群は全体的に凹凸が少なく滑らかな性状を示し、APF 群と同様に微細な粒子の付着を認める (図 4d,h)。細管開口部の閉鎖はほぼ完全であり、細管内部には AP-MFP 群で観察された大きな二次粒子が少数認められる (図 4h)。

アシッドチャレンジ後の実験面を垂直に切断した面の二次電子像を図 5 に示す。Control 群は表層から約 15-20 μm に、クエン酸脱灰により歯質カルシウム密度が低下した、信号強度の低下した範囲が認められる (図 5a,e)。表層付近の脱灰を受けた範

囲では象牙細管の側方拡大を認める (図 5e)。APF 群では表層から 20-30 μm の範囲でグラデーション様に信号強度の低下を認める (図 5b,f)。特に象牙細管の周囲に限局した信号強度の低下が著しく、細管を中心に脱灰が進行していることがわかる (図 5f)。全体的な信号強度はコントロール群よりも高く、表層 2-5 μm の極表層では信号強度の回復が認められる (図 5f)。AP-MFP 群は他の群と比較して信号強度の低下の範囲が表層 5-10 μm ほどに限局しており、10 μm より深部の信号強度は一様であった (図 5c,g)。象牙細管の内部に細管を閉鎖する粒子状物質を認め、細管の周囲の脱灰像が認められなかった (図 5g)。Dual 群は APF 群と同様に表層から 20-30 μm の範囲でグラデーション様に信号強度の低下を認めた (図 5d,h)。強拡大像では象牙細管の周囲の信号強度の低下と象牙細管の側方拡大を認め、細管に沿って信号強度の低下が拡大していることがわかる (図 5h)。

C-5. CMR 解析によるミネラル喪失量および脱灰深度の計測

図 6 は pH-cycling 後の象牙質の縦断面を CMR 撮影した画像と、各群のミネラル喪失量 (ΔZ , vol% μm) の深度による変化を示したグラフである。Control 群では、象牙質表層の深さ 25~35 μm に信号強度が低い領域が存在し、30 μm 付近で曲線の立ち上がりが観察された (図 6a, e)。APF 群では、表面から 20 ~25 μm の領域で曲線の立ち上がりが見られ、比較的浅い深さからミネラル含有量が回復する様子が観察された (図 6b, e)。AP-MFP 群では、ミネラル

含有量が 20～25 μm の範囲で 80% 以上に達し、すべての群中で最も高いミネラル含有量が浅い深さで観察された (図 6c, e)。Dual 群は APF 群と同様の挙動を示し、グラフの上昇は APF 群より浅いが、傾きは緩やかであった (図 6d, e)。

図 7 は CMR 解析による各群のミネラル喪失量 (ΔZ , vol% μm) と脱灰深度 (Ld, μm) を示す。ミネラル喪失量は、Control 群が 5985.161 ± 319.974 vol% μm であり、他のすべての群と比較して有意に大きい結果であった ($p < 0.01$, 図 7a)。APF 群は 3806.161 ± 257.460 vol% μm と Control 群の約 2/3 までミネラル喪失量が減少した。AP-MFP 群は 2679.133 ± 290.240 vol% μm と Control 群の約 1/2 と最小値を示し、APF 群と AP-MFP 群間には有意差を認めた ($p < 0.01$, 図 7a)。Dual 群は APF 群と近似した値を示し、平均値は 3772.030 ± 376.137 vol% μm であり、AP-MFP 群と Dual 群間で有意差を認めた ($p < 0.01$)。

D. 結論

AP-MFP は従来法の APF よりも象牙質のミネラル喪失量および脱灰深度を減少させ、定性的と定量的の両方で耐酸性を向上させることが明らかとなった。また、AP-MFP は CaF_2 形成反応を促進して歯質表層で微小粒子のホモ凝集を引き起こし、象牙細管の封鎖と歯質深部へ浸透することで象牙細管周囲の耐酸性を向上することが示唆された。AP-MFP による歯面塗布はキレート作用を有するクエン酸脱灰を抑制し、従来法よりも生体安全性の高い酸蝕症予防の新たなプロフェッショナルケアとなることが期待できる。

E. 研究発表

1. 論文発表 (5 編)

1) **Satou R**, Miki N, Iwasaki M, Sugihara N.: Fully Automated Bioreactor-Based pH-Cycling System for Demineralization: A Comparative Study with a Conventional Method. *Materials*, 16(14), 4929, 2023. Doi:10.3390/ma16144929

2) **Satou R**, Shibata C, Takayanagi A, Yamagishi A, Birkhed D, Sugihara N.: Delivery of Low-Diluted Toothpaste during Brushing Improves Enamel Acid Resistance. *Materials*, 16(14), 5089, 2023. Doi:10.3390/ma16145089

3) **Satou R**, Ueno S, Kamijo H, Sugihara N.: Inhibition of Citric Acid-induced Dentin Erosion by an Acidulated Phosphate Sodium Monofluorophosphate Solution *Materials*, 16(15), 5230, 2023. Doi:10.3390/ma16155230

4) Suzuki S, Yoshino K, Takayanagi A, Onose Y, Ohyama A, Shibuya T, **Satou R**, Eguchi T, Kamijo H, Sugihara N. Oral Health Status of Workers in Acid Exposure Environments in Japan: A Cross-sectional Study. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, Advance online publication: May 15, 2024. DOI <https://doi.org/10.2209/tdcpublication.2023-0034>

- 5) **Satou R**, Sugihara N.: In Vitro Risk Assessment of Dental Acid Erosion Caused by Long-Term Exposure to Oral Liquid Bandages. *Dent. J.*, 12(3), 70, 2024. Doi: 10.3390/dj12030070
2. 学会発表 (14回)
- 1) **佐藤涼一**, シンポジウム SY01 特定保健用食品の動向ー疾病リスク低減表示を中心にー：う蝕の現状と食品によるリスク低減の可能性, 第77回日本栄養・食糧学会大会, 2023年05月12-14日, 札幌市, プログラム集, 32, 2023
 - 2) **佐藤涼一**, 岩崎美友、上條英之、杉原直樹, ナノ粒子卵殻由来アパタイトを用いたフッ化物歯面塗布法によるエナメル質耐酸性強化, 第72回日本口腔衛生学会・総会, 2023年5月19-21日, 大阪府, 口腔衛生学会雑誌, 73-2:156, 2023
 - 3) 岩崎美友、**佐藤涼一**、杉原直樹, ナノ粒子アパタイトを用いた新規根面う蝕予防法によるコンタクトマイクロラジオグラフィー分析, 第72回日本口腔衛生学会・総会, 2023年5月19-21日, 大阪府, 口腔衛生学会雑誌, 73-2:192, 2023
 - 4) **佐藤涼一**, 学長奨励研究賞受賞講演 1-「歯磨剤の希釈倍率とブラッシング時に生じる飛沫の評価」, 第315回東京歯科大学学会例会, 2023年06月03日, 東京都, 歯科学報, 123-2:180, 2023 (学長奨励研究賞受賞講演)
 - 5) **佐藤涼一**、岩崎美友、杉原直樹, モノフルオロリン酸ナトリウム (MFP) 歯面塗布による象牙質耐酸性の向上, 第315回東京歯科大学学会例会, 2023年06月03日, 東京都, 歯科学報, 123-2:193, 2023 (顎骨疾患プロジェクト研究助成)
 - 6) **佐藤涼一**、上條英之、杉原直樹, ナノ粒子卵殻由来アパタイトと高濃度フッ化物の併用による新規酸蝕症予防法の開発, 第46回日本労働衛生研究協議会学術大会, 2023年07月22-23日, 東京都, 日本労働衛生研究協議会雑誌, 30-1:34-36, 2023
 - 7) **Satou R**, Improved enamel acid resistance by acidulated phosphate sodium mono fluorophosphate solution, Asian Rising Stars Symposium 2023, 2023年7月29日, 東京都 (Web開催), Program and Abstract, 7-8, 2023
 - 8) **佐藤涼一**、岩崎美友、上條英之、杉原直樹, ナノ粒子卵殻由来アパタイトと高濃度フッ化物の併用によるエナメル質耐酸性向上, 第31回硬組織再生生物学会, 2023年09月08-09日, 新潟県, Journal of hard tissue biology, 32(4): 247, 2023

- 9) 佐藤涼一、岩崎美友、杉原直樹, 2種類のスッ化物歯面塗布剤併用によるエナメル質耐酸性強化, 第 31 回硬組織再生生物学会, 2023 年 09 月 08-09 日, 新潟県, Journal of hard tissue biology, 32(4): 247, 2023
- 10) 三木尚子、佐藤涼一、岩崎美友、杉原直樹, 全自動 pH cycling システムの開発および従来法とのエナメル質脱灰性状の比較, 第 316 回東京歯科大学学会例会, 2023 年 10 月 15-16 日, 東京都, 歯科学報, 123-4:442, 2023
- 11) 柴田力、佐藤涼一、高柳篤史、山岸敦、杉原直樹, 低希釈歯磨剤の送達によるエナメル質耐酸性の向上, 第 316 回東京歯科大学学会例会, 2023 年 10 月 15-16 日, 東京都, 歯科学報, 123-4:442, 2023
- 12) 黄地健仁、佐藤涼一、倉島竜哉, 木村麻記, 澁川義幸, 1/6 重力環境下での顎下腺 mRNA 発現変動, 第 69 回日本宇宙航空環境医学会大会, 2023 年 11 月 9-11 日, 岐阜市, 第 69 回日本宇宙航空環境医学会大会プログラム集, 55, 2023
- 13) 黄地健仁、佐藤涼一、倉島竜哉, 木村麻記, 澁川義幸, 顎下腺構成全細胞の 1/6 重力環境下での mRNA 発現変動, 第 67 回日本唾液腺学会学術集会, 2023 年 11 月 25 日, 東京都,
- 14) 黄地健仁、佐藤涼一、倉島竜哉, 木村麻記, 澁川義幸, 月面重力環境下での顎下腺構成全細胞の mRNA 発現変動, 第 14 回三叉神経領域の感覚・運動統合研究会, 2023 年 12 月 9-10 日, 習志野市, 第 14 回三叉神経領域の感覚運動統合機構研究会プログラム, 6, 2023
- 15) 佐藤涼一, 生活リズム再現型 pH-cycling 酸蝕症モデルによる AP-MFP 歯面塗布の効果検討, ウェルビーイングプロジェクト若手研究助成進捗報告会, 2024 年 1 月 17 日, 東京都, 歯科学報, 2024
- 16) 佐藤涼一, 学長奨励研究助成成果報告「酸性モノフルオロリン酸ナトリウム歯面塗布法による酸蝕症・根面齲蝕予防」, 2023 年度 東京歯科大学口腔科学研究センターワークショップ, 2024 年 2 月 22 日, 東京都, プログラムおよび抄録集, 21-25, 2024

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
特記事項なし
2. 実用新案登録
特記事項なし
3. その他
特記事項なし

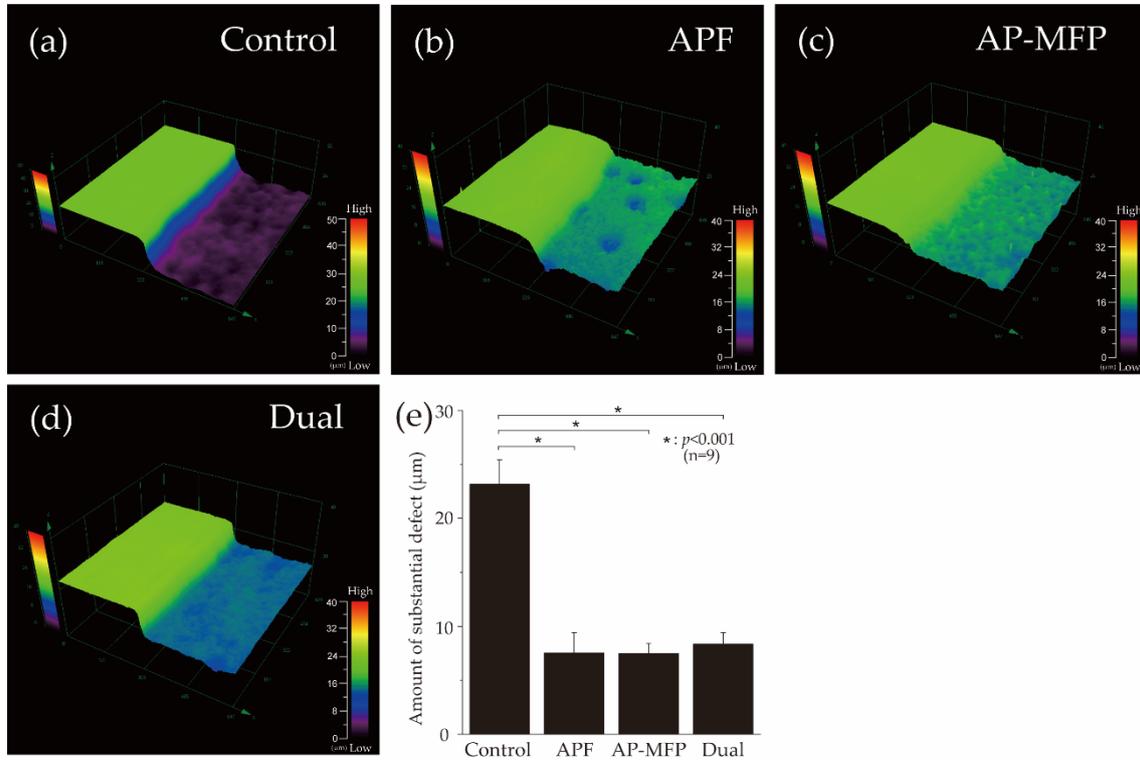


図 1. 3D 計測レーザー顕微鏡による各予防処置群のクエン酸脱灰後の実質欠損量 (a) control (no fluoride), (b) APF, (c) AP-MFP, and (d) dual groups. In panels a–d, the RS, which was protected using wax and was therefore not demineralized, is seen on the left, and the ES, which was not protected and was therefore demineralized, is seen on the right. (e) Graphical representation of the defect sizes after demineralization. n=9 per group; *p < 0.001.

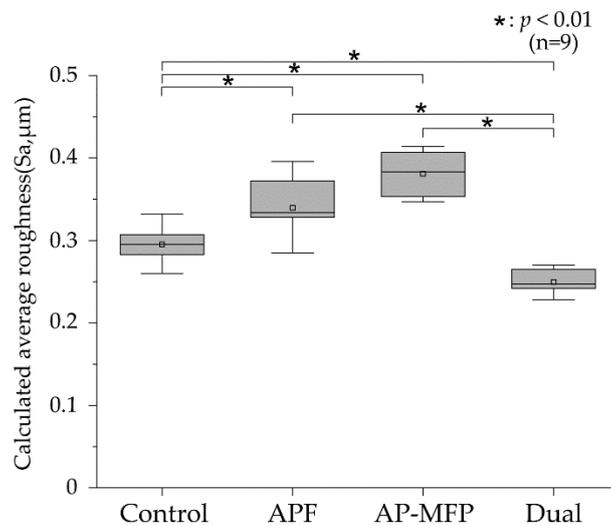


図 2. アシッドチャレンジ後の算術平均表面粗さ (Sa) の比較

The median value is indicated by the horizontal line in the middle of each box, and the lower and upper boundaries indicate the 25th (Q1) and 75th (Q3) percentiles, respectively. Gray squares indicate mean values. n = 9 per group; *p < 0.01.

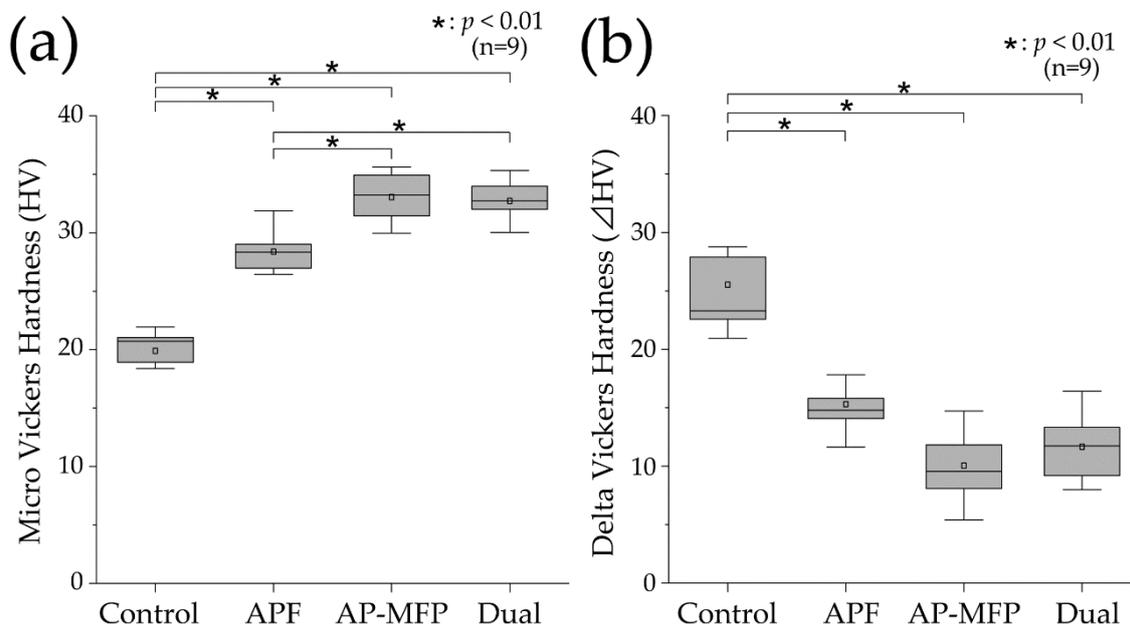


図 3. アシッドチャレンジ後の各予防処置のマイクロビッカース硬さの比較

(a) Vickers hardness (HV) values after pH-cycling. (b) Δ HV values (difference in the HV values between the RS and ES) after pH-cycling. The median value is indicated by the horizontal line in the middle of each box, and the lower and upper boundaries indicate the 25th (Q1) and 75th (Q3) percentiles, respectively. The white squares indicate the mean value. n = 9 per group; *p < 0.01.

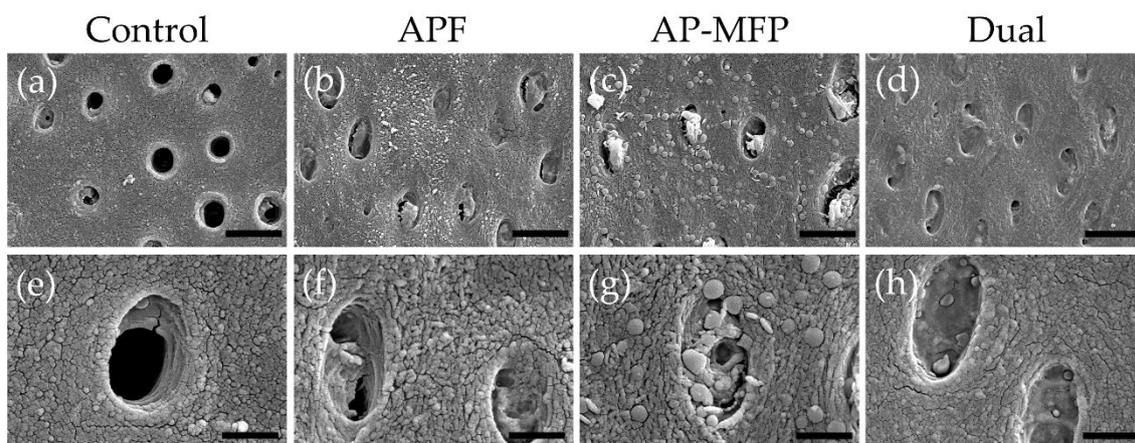


図 4. 各種予防処置後の象牙質表面の SEM 観察

Scanning electron microscopy images of the dentin surface after pH-cycling in the control (a, e), APF (b, f), AP-MFP (c, g), and dual (d, h) groups. (a-d) Scale bar: 5 μ m. All images were

recorded at 5,000-fold magnification; carbon deposition sample. (e-h) Scale bar: 1.25 μm . All images were recorded at 15,000-fold magnification; carbon deposition sample.

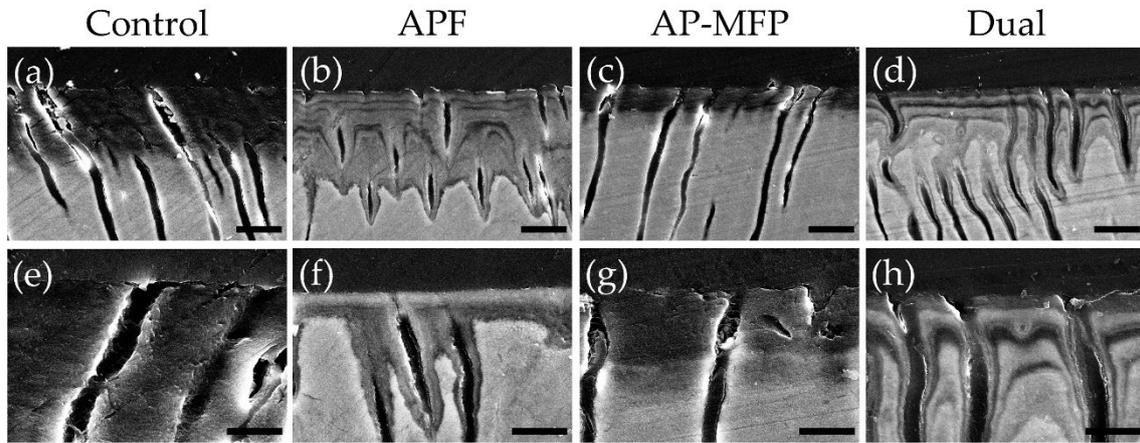


図 5. アシッドチャレンジ後の象牙質断面の SEM 観察

Scanning electron microscopy images of dentin cross-sections after pH-cycling from the control (a, e), APF (b, f), AP-MFP (c, g), and dual (d, h) groups. (a-d) Scale bar: 10 μm . All images were recorded at 2,500-fold magnification; carbon deposition sample. (e-h) Scale bar: 5 μm . All images were recorded at 5,000-fold magnification; carbon deposition sample.

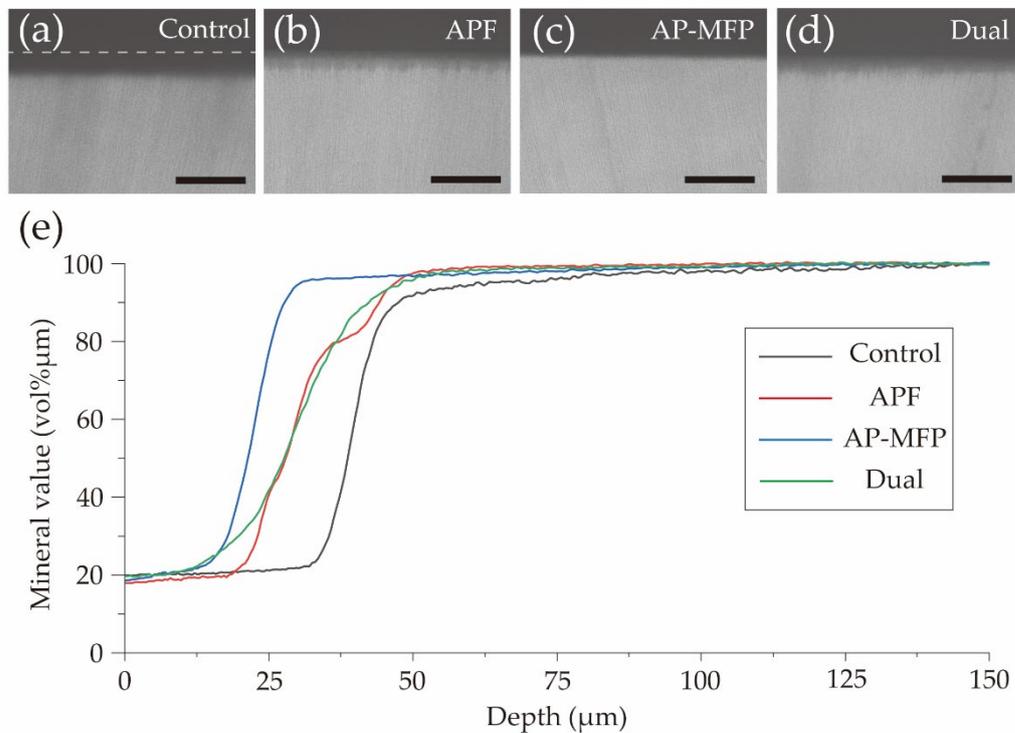


図 6. アシッドチャレンジ後の CMR 画像比較およびミネラル喪失量と深度の関係性

Contact microradiography images of dentin cross-sections after pH-cycling from the (a) control, (b) APF, (c) AP-MFP, and (d) dual groups. Scale bar: 100 μ m. (e) Graphical representation of the mineral values by depth. The black, red, blue, and green lines represent the control, APF, AP-MFP, and dual groups, respectively.

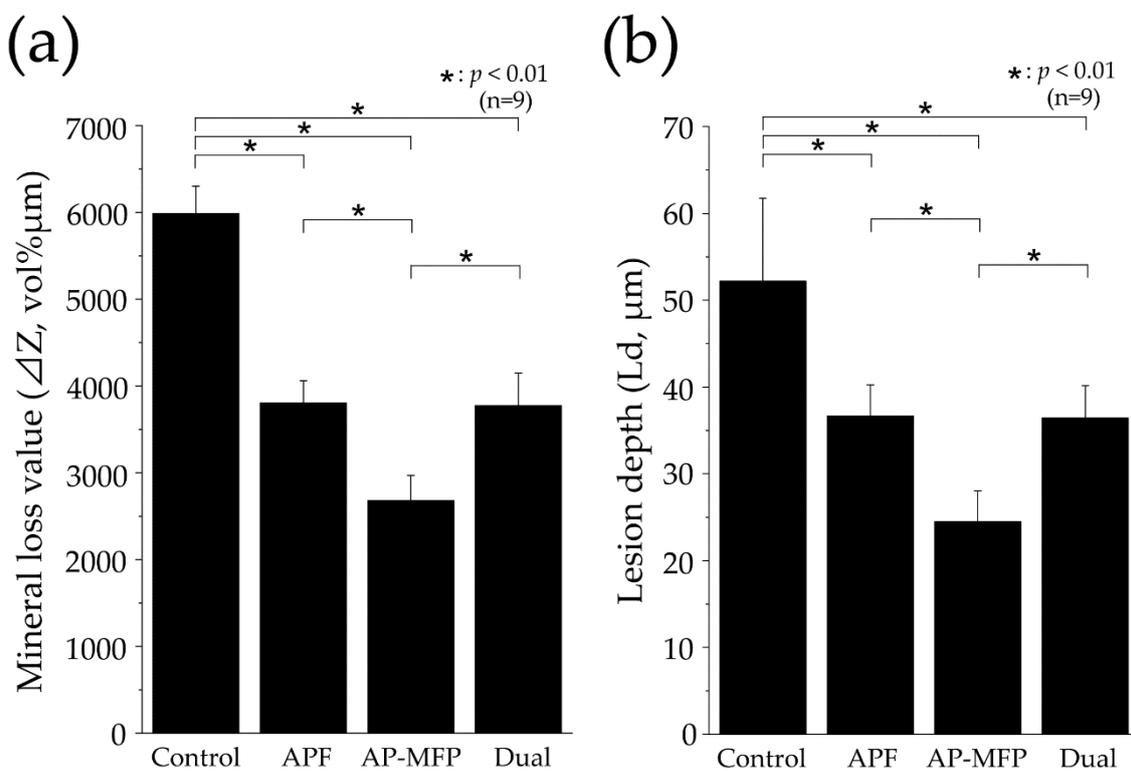


図7. アシッドチャレンジ後のミネラル喪失量 (ΔZ) と脱灰深度 (Ld) の比較

Graphical representation of (a) mineral loss (ΔZ) and (b) lesion depth (Ld) values after pH-cycling. $n = 9$ per group, $*p < 0.01$. The depth of demineralization was measured from the surface prior to the demineralization experiment up to a site with 95% healthy dentin.