

酸性飲料による酸蝕歯発生リスク評価法の確立とアルカリイオン水による エナメル質再石灰化促進効果の検討

Establishment of risk assessment method for tooth erosion by acidic beverage, and examination of enamel remineralization promotion effect of alkaline ionized water

鈴木 恵

Megumi Suzuki

大妻女子大学大学院 人間文化研究科 人間生活科学専攻 生活環境学専修

キーワード：酸蝕歯，酸性飲料，アルカリイオン水，再石灰化

Key words : Tooth erosion, Acidic beverage, Alkaline ionized water, Remineralization

1. 研究目的

齲蝕は口腔に生息するう蝕原性細菌によって発症する感染症であり，さらに食生活をはじめとする様々な生活習慣が関係する生活習慣病でもある。わが国の齲蝕有病者率は概ね減少傾向を示しているが，先進諸国の中ではいまだ高い数値となっている。一方，細菌が関与する齲蝕とは異なり，強酸による歯の化学的な損傷である酸蝕歯がある。酸蝕歯は，酸を取り扱う労働者にみられる職業病として，比較的古くから知られている。この産業保健上，重要な酸蝕歯とは別に，現在，酸性度の高い飲食物に起因する酸蝕歯が増加傾向にあることが，国内外の疫学調査によって報告されている。わが国でも，熱中症や脱水予防の目的でスポーツ飲料等を摂取する機会が多い運動選手や幼児・高齢者を中心にして，酸蝕歯の罹患が危惧されており，その対策が喫緊の課題となっている。アルカリイオン水 (Alkaline Ionized Water : AIW) は，JIS規格 (JIS T2004) を有する家庭用電解水生成器 (アルカリイオン水整水器) を用いて水道水を電気分解することで，陰極から生成する弱アルカリ性 (pH9~10) の飲用可の電解水である。AIW は胃腸症状の改善等に効果的であることが知られているが，我々は口腔保健学的にも有用な機能水であることを報告している。AIW は製法上の特性によりミネラルを主体とした陽イオンを比較的多く溶存しており，それらが歯質の脱灰・再石灰化に関与することが推測される。

本研究では，酸性飲料の酸蝕歯リスク評価法の確立を目的として，エナメル質表面の pH 測定法

を検討した。さらに，初期齲蝕を可視化できる光誘導蛍光定量法 (QLF) を再石灰化評価に応用し，AIW の再石灰化に及ぼす効果を検討した。併せて，走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面形態の観察を行った。

2. 対象および方法

1)酸蝕歯発生リスク評価法の実験：エナメル質表面の pH 測定

対象者は，本研究の主旨を口頭と文書にて説明した後，同意の得られた 20 歳の女性を被験者とした。なお，被験者は，未処置の齲蝕歯やその他の口腔疾患および全身疾患の認められない者とした。

(1) 方法

①エナメル質表面の pH 測定：安静時の測定
エナメル質表面の pH は，口腔内用 pH アンチモン電極 SP-Sb-052, pH Meter PH-201Z および PC からなる連続測定システムを用いて測定した。測定部位は上顎左側臼歯部の頬側面とし，安静時と酸性飲料の摂取前後に行った。なお，今回は 10 秒毎のデータを記録した。

②飲料摂取後の測定：実験に用いた酸性飲料は，スプライト[日本コカ・コーラ(株)]で，事前に pH ガラス電極にて pH を測定した。飲料の摂取法は，50ml を口に含み，口腔内全体に行きわたるようにした後，一気に飲み込んでもらった。飲料摂取後のエナメル質表面の pH は，前述の方法にて測定した。

③唾液の pH 測定：唾液の採取は，無刺激唾液を採

唾カップに吐出してもらった。被験者に対して、採取前2時間は激しい運動や飲食をしないことを伝えた。また、唾液分泌に影響を及ぼす可能性がある薬物を服用していないことを確認した。pHはpHガラス電極を用いて測定した。

2) エナメル質の脱灰・再石灰化実験

(1) エナメル質試料：脱灰・再石灰化の評価に用いる材料として新鮮抜去牛歯を用いた。

(2) アルカリイオン水 (AIW)：連続式電解還元水生成器を用いて生成した (pH 10.0)。

(3) エナメル質の脱灰方法：脱灰は、酸性飲料による酸蝕を想定し、市販の炭酸飲料[スプライト、コカ・コーラ(株)]に12時間、無攪拌で浸漬することにより行った。液量は5試料当たり40mlで、温度は室温(20°C)とした。

4) エナメル質の再石灰化方法：再石灰化は、脱灰試料を表1に示す溶液のいずれかに37°Cで7日間、無攪拌で浸漬することによって行った。pHは10M KOH溶液で調整し、試料数は1群10例とした。

5) QLF法による脱灰・再石灰化の評価とミネラル分析：脱灰後と再石灰化後に、QLF-Dシステム

(Inspektor Research Systems, オランダ)で同一試料のミネラル量の変化について蛍光減少率最大値 ΔF_{max} (%)を指標として評価した。 ΔF_{max} (%)は健全部の蛍光強度を100%としたときの脱灰部の蛍光減少率の最大値で、脱灰深度およびミネラル喪失量と相関する測定値である。再石灰化の程度は、脱灰直後と再石灰化後の ΔF_{max} 値の変化量 $\Delta\Delta F_{max}$ (%)により評価した。なお、AIWのカルシウムイオン濃度はOCPC法で、無機リン濃度はリン・モリブデン酸法で測定した。

6) SEM観察による脱灰・再石灰化の評価：酸性飲料あるいはAIWに浸漬させたエナメル質の表面形態をSEMにて観察した。

7) 統計学的解析：QLF法による再石灰化実験の結果については、一元配置分散分析(ANOVA)と多重比較(Student's Newman-Keul's test)を行った(有意水準： $p < 0.05$)。

3. 結果および考察

1) エナメル質表面のpH：安静時のエナメル質表面のpHを連続5分間測定した結果、被験者の安静時におけるエナメル質表面のpHは5.9(中央値)であり、同時に測定した唾液のpHは6.9であった。

2) スプライトのpHとスプライト摂取前後のエナメル質表面のpH：スプライトのpHは2.8であっ

た。スプライト取前のエナメル質表面のpHは約6を示していたが、摂取後に急速に低下し、摂取110秒後では3.3となった。その後、pHは上昇し、280秒後に摂取前のpHに戻った。

3) スプライトによるエナメル質の脱灰：スプライトに12時間浸漬した時のエナメル質試料の脱灰度をQLF法で評価した結果、脱灰の指標となる ΔF 値は平均20.4%、標準偏差は3.4%であった。

4) QLF法による再石灰化の評価：再石灰化システムにおいて、各溶液で24時間処理した時のQLF法における測定結果を図10に示す。 $\Delta\Delta F_{MAX}$ には3群間で有意差が認め($P=0.031$;ANOVA)、AIWで処理したC群の値(7.4 \pm 4.9%)は、A群(2.8 \pm 3.8%)あるいはB群(2.6 \pm 4.1%)に比べ約2.5倍高く、多重比較でその差は有意であった($P < 0.05$;Student's Newman-Keul's test)。

5) 形態学的観察による再石灰化の評価：再石灰化後の各エナメル質試料の光学顕微鏡像では、明らかに変化は見られなかった。SEM観察では、AIWに浸漬したエナメル質表面に無機質の沈着と思われる像が多く観察された。

以上の結果から、口腔内アンチモン電極を用いたエナメル質表面のpH測定システムは、酸蝕歯リスクの評価に有用であると考えられた。また、AIWは脱灰初期のエナメル質に対して再石灰化を促進する効果があることが示唆された。この再石灰化促進効果の要因としては、同水がアルカリ性(pH 10)であること、また製造上の特性から比較的多くの陽イオンを含んでいることなどが考えられる。今後、AIWによる再石灰化作用の機序について、詳細に検討する予定である。

4. 結論

1) 口腔内用pHアンチモン電極を用いた連続pH測定システムを用いて、エナメル質表面のpHを測定することができた。

2) 安静時のエナメル質表面のpHは5.9(中央値)であり、唾液の6.9よりも低値であった。

3) 酸性飲料(スプライト、pH 2.8)を摂取した後のエナメル質pHは脱灰の臨界pH以下まで低下し、その後摂取前の数値に戻った。

4) スプライトはエナメル質を脱灰することが明らかになった。

5) AIWはスプライトで脱灰されたエナメル質の再石灰化を促進する可能性が示された。

5. この助成による発表論文等

本研究は、平成30年度大妻女子大学人間生活文化研究所の研究助成（酸性飲料による酸蝕歯発生リスク評価法の確立とアルカリイオン水によるエナメル質再石灰化促進効果の検討「DB3013」）の研究助成を受けたものです。

①学会発表

[1] 鈴木 恵, 佐藤 勉, 櫻井四郎: アルカリイオン水の酸蝕歯予防における有用性について-エナメル質の再石灰化促進作用の検討-; 日本機能水学会第17回学術大会; 2018.