

表1 酸性の清涼飲料水がヒト永久歯の健全エナメル質に与える影響に関する文献一覧

No.	表題	出版年	目的	結果	著者の考察	内容の分類
1	清涼飲料水摂取前後のエナメル質表面のpH変化と唾液の流量・pH・緩衝能との関連性について	2016	清涼飲料水による酸蝕菌発生のリスクを低減させるために有用となる指導プログラムを構築するための基礎データの取得する。	清涼飲料水による酸蝕菌発生のリスクを低減させるために有用となる指導プログラムを構築するための基礎データの取得する。	安静時の数値と考えられる清涼飲料水摂取前のエナメル質表面のpHは唾液のpHと比較して低値となった。その理由として、唾液pHは唾液内の重碳酸塩などの緩衝物質の影響を受け中性が保たれている。また、エナメル質表面は周囲に生息する細菌の代謝産物の影響を受けやすいということが推察された。	エナメル質表面のpH測定結果
2	エナメル質表面のpH測定による蝕リスク評価の有用性に関する基礎的検討	2016	エナメル質表面のpH測定法を確立し、さらに蝕リスク評価法としての有用性を検討する。	清涼飲料水摂取後のエナメル質表面のpHは低下していた。最も早期に摂取前のpHに戻った飲料はコーラ、最も時間を要した飲料はスポーツ飲料であった。低下の程度は、飲料pHの高低に依存するものではなく、被験者によって異なっていた。	エナメル質表面のpHはいずれの被験者においても、唾液のそれに比べ低いことが明らかとなった。その理由としてはエナメル質表面のバイオフィームや周囲に生息する細菌の存在が考えられ、エナメル質表面に付着している細菌は代謝を繰り返しており、その産物として酸が生成され表面に影響を与えている可能性があることが推察された。	エナメル質表面のpH測定結果
3	飲料水の違いによる酸蝕能	2017	清涼飲料水によるアスリートのエナメル質脱灰の原因を検討する。	エナメル質表面の滑沢度の低下、表面の白濁が見られた。清涼飲料水の非浸漬部と浸漬部との間で滑沢度に明らかな相違が見られた。	クエン酸が本実験で最もエナメル質表面に影響を与えていた。他と比較して、クエン酸においては短時間で表面脱灰が進んだものと考えられる。	エナメル質表面変化の観察
4	清涼飲料水の歯牙におよぼす影響	1984	脱灰性の観点から、清涼飲料水が歯牙に対してどのような影響を及ぼすのかを検討する。	浸漬溶液の中で、とくにグレープフルーツ果汁に浸漬した歯牙においては、侵蝕による不規則な構造が観察された。24時間経過後は、グレープフルーツ果汁およびFオレンジは他と比べ急速なビッチで脱灰が進んだ。	実験結果から、脱灰はpHだけに影響されるものではなく、本実験では明確に原因を述べることはできないが、少なくとも各清涼飲料水の成分中に脱灰性を強化する因子が含有されているのではないかと考察される。清涼飲料水に歯が接触する時間は大変短い、脱灰性から考察して清涼飲料水が歯牙に対して悪影響を及ぼすことが分かった。	エナメル質表面変化の観察 Ca溶出量の測定結果
5	ヒトのエナメル質に対する果汁入り清涼飲料の脱灰性とその対策に関する研究	1971	実験的に果汁入り清涼飲料水がエナメル質におよぼす影響とその対策について検討する	第1章では、各種ジュースは、それぞれ同pHに調製したクエン酸よりエナメル質に対する脱灰性が強く、レモンジュース>オレンジジュース>アップルジュース>グレープジュース>パイナップルジュースの順であった。第2章では、ジュース含有主要酸であるクエン酸、酒石酸、リンゴ酸のエナメル質に対する脱灰性は、同pH条件下でクエン酸が最も強く、次いでリンゴ酸、酒石酸の順であった。第3章では、エナメル質粉末において、オレンジジュースとクエン酸で比較すると、ジュースの場合の方が強脱灰性を示した。	クエン酸は、エナメル質を容易に脱灰させ、そこに機械的刺激が加わると咬耗あるいは摩耗の誘因となることが考えられた。	エナメル質表面変化の観察

6	Carbonated Soft Drink – Soaking Change the Crystallographic Properties of Human Tooth Enamel – A Micro – XRI) Study	2019	顕微鏡をもちいて、炭酸飲料が侵蝕力をはじめとした歯のエナメル質に与える影響の変化を明らかにする。	サンプル①④：浸漬前では確認できなかったが、浸漬時間を重ねることで、ハンターシュレーゲル条が鮮明に確認できるようになった。 サンプル②：浸漬前からハンターシュレーゲル条は見受けられ、一週間後には確認ができぬほど溶解していた。 サンプル③：浸漬前からハンターシュレーゲル条はあまり確認できなかったが、一週間後には、溶解により不明瞭となった。	人間の歯のエナメル質は個体差がある。そのため、エナメル質の変化を説明するためには、今後の研究において、さらに多くの歯の情報を取得して検討する必要があると考えられた。	エナメル質表面 変化の観察
7	Erosion by an Acidic Soft Drink of Human Molar Teeth Assessed by X – Ray Diffraction Analysis	2017	炭酸飲料Sprite®によるヒトの歯のエナメル質および象牙質の反応を明らかにする。	サンプル①：炭酸飲料に浸漬後、エナメル質はほとんど溶解し、残ったエナメル質は半透明または白濁しており、エナメル質は少なくとも表面が粗くなっていた。 サンプル②：サンプルの中で、炭酸飲料への浸漬による変化が最も少なかった。エナメル質はわずかに透明度が増し、白濁部分は少し強調されていた。 サンプル③：炭酸飲料への浸漬により、エナメル質は激しく侵蝕され、部分的に溶解していた。	侵蝕効果はエナメル標本の間で顕著に変化し、ほとんど影響を受けていないものから侵蝕されたものまで多様であった。	エナメル質表面 変化の観察
8	市販嗜好飲料溶液が歯質に及ぼす影響についての研究 – 成分分析とエナメル質表面Ca溶出量 –	1984	消費量が增大している清涼飲料水が歯質に及ぼす影響について明らかにする。	全体として浸漬時間が増すに従い、Ca溶出量が增大している傾向にあるが、飲料の種類によって傾向は異なっていた。また、pHの低い溶液ほど、Ca溶出量が大いということは認められなかった。	酸性度とCa溶出量は関係性が低いと考えられる。 浸漬早期にCa溶出量が大きい溶液ほど、経時的にCa溶出量は少なくなると考えられ、溶液中のCaとPの濃度が増加すると、エナメル質表面の溶解は抑制される傾向にある。 清涼飲料水については、Ca溶出量に關与する清涼飲料水に含まれる種々の成分が、要因として複雑に絡みあっているため今後検討していく必要がある。	Ca溶出量の測定結果 脱灰量と清涼飲料水pHとの関係性
9	清涼飲料水によるエナメル質の脱灰	1995	清涼飲料水によるエナメル質の脱灰の要因を電子顕微鏡をもちいて観察、検討する。	強酸性の清涼飲料水によって、歯牙エナメル質は脱灰し、その脱灰は、浸漬時間に依存していた。	浸漬前からすでに脱灰が観察されるものも多いため、清涼飲料水が浸透しやすく脱灰が起こりやすいことも考えられるが、浸漬前と比較して明らかに脱灰の進行が観察された。	脱灰量と清涼飲料水pHとの関係性

質脱灰が生じるが、数日にわたり継続すると、脱灰量増加の傾向はみられなくなると考えられる。

以上の検討より、脱灰はpHや浸漬時間のみに影響されるものではなく、その他清涼飲料水に含有される成分など種々の要因が複合されていると推測される。

中でも、清涼飲料水に多く含まれる酸および糖による影響が考えられる。酸性の清涼飲料水には、クエン酸やリン酸、リンゴ酸などを主とする各種の酸が含有されている。酸の種類により、水素イオン放出力は異なっており、各種の酸の水素イオン放出力を示す解離定数 (pKa) を表 2 に示す¹⁶⁾。表 2 より、特にリン

酸、クエン酸において解離定数は低値を示すことがわかる。リン酸はコーラ飲料に、クエン酸は清涼飲料水全般に含有される割合が多い酸である。これら2種類の酸は、酸の水素イオンが歯のリン酸カルシウム (ハイドロキシアパタイト) からリン酸を奪う作用に加え、酸の陰イオンが歯質からカルシウムイオンを奪うキレート作用も有している。さらに、これらの酸に各種糖が加わると、キレート作用が促進され、Ca溶出量にも影響を与えていると考えられる。これらの要因も相まって、リン酸やクエン酸は酸蝕能が高いことが推測される。よって、清涼飲料水を飲む際は、リン酸

表2 各種酸の解離解離定数

酸の種類	解離定数(pKa)
リン酸	2.2
クエン酸	3.1
乳酸	3.9
酢酸	4.8
炭酸	6.4

やクエン酸の含有量が低いもの（究極的には、炭酸のみが含まれる炭酸水）を選択することが、歯の酸蝕を抑制することにつながるのではないだろうか。

VI. 結論

今回さまざまな文献による検討から、酸性の清涼飲料水は、ヒト永久歯の健全エナメル質に対して脱灰をはじめとする影響を与えていることが明らかとなった。酸性の清涼飲料水に含有される種々の成分により、酸蝕歯のリスクは上昇する。酸蝕リスク抑制に向けて、比較的酸性度の低く、かつリン酸やクエン酸の含有量が低い清涼飲料水を選択すること、また、エナメル質表面のpHを早期に摂取前の状態に戻すべく摂取後に口をすすぐ、酸性の清涼飲料水の摂取直後は歯面が脱灰されているためブラッシングをしないと口内ケアの配慮が必要であると考えられる。

文献

- 1) 阿部慶一, 西村保親, 山崎皓一 他. 清涼飲料の50年. 東京: 社団法人全国清涼飲料工業会 2005;37
- 2) 小林賢一. 歯が溶ける! エロージョンの診断から予防まで. 第1版. 東京: 医歯薬出版株式会社 2009;5.
- 3) 北迫勇一. 各種飲食物の酸性度と酸蝕歯の関係. 日本歯科医師会雑誌 2010;63(9):19-27.
- 4) 北迫勇一. 酸蝕歯の臨床的評価とその対応. 歯科審美 2013;25(2):32-37.

- 5) 小林賢一. 歯が溶ける—酸蝕 (Erosion) とは—. 歯界展望 2005;106(6):1118-1123.
- 6) 前掲書2):2.
- 7) 水上詩季子, 佐藤勉. 清涼飲料摂取前後のエナメル質表面のpH変化と唾液の流量・pH・緩衝能との関連性について. 日本歯科大学東京短期大学雑誌 2016;6:113-119.
- 8) 佐藤勉, 鈴木恵, 鴨井初子. エナメル質表面のpH測定によるう蝕リスク評価の有用性に関する基礎的検討. 日本歯科人間ドック学会誌 2016;11:14-20.
- 9) 野見山和貴, 安部好美, 渡邊美紀. 飲料水の違いによる酸蝕能の比較. 大分県歯科技術専門学校紀要 2017;4:25-31.
- 10) 河瀬光江, 関根昌江, 安東由美子, 境田そのえ. 清涼飲料水の歯牙におよぼす影響. Quintessence Journal 1984;7:7-14.
- 11) 高岡諄. ヒトのエナメル質に対する果汁入り清涼飲料の脱灰性とその対策に関する研究. 口腔衛生学会雑誌 1971;21:7-34.
- 12) Tetsuro Kono, Arata Watanabe, Takeshi Kanno, et al. Carbonated Soft Drink - Soaking Change the Crystallographic Properties of Human Tooth Enamel - A Micro - XRD Study 2019;28:129-137.
- 13) Hiroya Gotouda, Ikuo Nasu, Tetsuro Kono, et al. Erosion by an Acidic Soft Drink of Human Molar Teeth Assessed by X-Ray Diffraction Analysis 2017;26:81-85.
- 14) 鴨志田義功. 市販嗜好飲料溶液が歯質に及ぼす影響についての研究 成分分析とエナメル質表層Ca溶出量 1984;10:205-227.
- 15) 西口栄子, 伊ヶ崎理佳, 鈴木幸江, 藤野富久江, 渡部恵子. 清涼飲料水によるエナメル質の脱灰 1995;45:314-321.
- 16) 伊藤直人. カリエスブック 5ステップで結果が出るう蝕と酸蝕を予防するカリオロジーに基づいた患者教育. 第1版. 東京: 医歯薬出版株式会社 2020;74.