

論文の内容の要旨

氏名：市野 翔

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：リン酸溶液がエナメル質の衝突滑走摩耗に及ぼす影響

細菌が関与することなく歯の損耗を生じる tooth wear が、臨床において着目されている。Tooth wear は、咬耗、摩耗、アブフラクション、そして酸蝕に分類されている。本疾患の発症には、多くの要因が相互に作用することによって、病的な状況に達するものと考えられている。なかでも酸蝕は、胃内容物の逆流、酸性飲食物の摂取あるいは環境中の酸によって生じるものの 3 種類に分類される。このうち酸性飲食物の摂取は、食生活習慣の変化に伴って tooth wear の原因として最も重要視されている。

リン酸は、食品添加物として清涼飲料などに広く用いられている。したがって、日常生活においてもリン酸を摂取する機会が多いものと考えられるが、リン酸が tooth wear に及ぼす影響については検討が少ないのが現状である。そこで著者は、tooth wear に関する研究の一環として、酸蝕を生じさせる因子としてのリン酸水溶液がエナメル質表面の衝突滑走摩耗性に及ぼす影響について検討した。

ウシ下顎前歯の歯根部を切断し、その歯冠部唇側が上面となるように円筒形アクリル型に、常温重合型レジンを用いて包埋した。この面を、自動研磨装置 (Ecomet 4000, Buehler) を用いて耐水性 SiC ペーパーの #400 ~ #2,000 まで逐次研磨し、直径約 6 mm のエナメル質平坦面とした。次いで、注入する溶液が溢出しないように、同型のアクリル型を接着材で固定し、これを衝突滑走摩耗試験用試片とした。試片を浸漬する溶液は、リン酸水溶液にリン酸二水素ナトリウムを加えることによって、pH を 3、5 および 7 の 3 条件に設定した。

衝突滑走摩耗試験には、衝突滑走摩耗試験機 (K655-06, 東京技研) を用い、アンタゴニストは、曲率半径が 2.5 mm のステンレス鋼製ロッドとした。試片を 37°C のリン酸水溶液中に浸漬し、アンタゴニストをストレート落下距離 5 mm, シリンダー接続部での水平スライド距離 2 mm, 荷重 25 N とし、ストレート落下 1 回と水平スライド 2 回を 1 サイクルとした衝突滑走摩耗を 5,000 サイクルまで負荷した。測定は、三次元レーザー走査顕微鏡 (LSM, VK-9700, キーエンス) を用いてレーザーカラー画像およびラインプロファイルによって衝突摩耗 (ISW) 量を求めるとともに摩耗面形態の観察を行った。

ヌーブ硬さ (KHN) の測定は、エナメル質表面について、微小硬さ測定器 (Model DMH-2, 松沢) を用い、荷重 2.5 N, 荷重保持時間 30 秒の条件で行った。さらに、各条件における試片を、走査電子顕微鏡 (SEM, ERA-8800FE, エリオニクス) を用いて、加速電圧 10 kV の条件で観察した。

衝突滑走摩耗試験後の ISW 量は、溶液の pH および滑走回数に影響を受けるとともに、pH と滑走回数の間には交互作用が認められた。いずれの衝突滑走サイクルにおいても、pH7 条件に比較して pH が低い条件で ISW 量が大きくなる傾向を示した。ラインプロファイルで深さ方向の損耗程度を比較すると、pH7 条件に比較して pH3 条件において、衝突滑走サイクルの増加に伴う損耗程度が大きくなる傾向を示した。衝突滑走 100 サイクル負荷後の LSM 像からは、pH7 条件ではクラックが多数形成され、エナメル質が一部剥落した像が観察された。一方、pH3 条件における未滑走部ではエナメル小柱が明瞭に観察され、衝突滑走部においては亀裂と摩擦摩耗が混在した像として観察された。

各条件における KHN は、いずれの pH 条件においても衝突滑走サイクルの増加に伴って低下する傾向を示したものの、pH7 条件ではサイクル数間における差は認められなかった。一方、pH3 条件では、KHN の著しい低下が認められた。各溶液に 750 サイクル浸漬後のエナメル質未滑走部における SEM 像からは、浸漬溶液の pH 条件の違いによって脱灰状況に違いが認められ、pH3 条件ではエナメル小柱が明瞭となったのに対し、pH7 条件ではほとんど変化は認められなかった。

本研究に使用したリン酸は、酸解離定数が 2.12 と低いことから脱灰能力が強い。したがって、pH3 条件に用いたリン酸溶液ではエナメル質の脱灰が生じやすく、KHN においても有意に低い値を示す要因となった。また、pH3 および 5 条件では KHN が経時的に低下しており、この表面硬さの低下傾向の違いが、各条件における ISW 量の違いとなったものと考えられた。LSM 観察の結果からは、pH7 条件においてはエナメル質表面にマイクロクラックが多数形成されたが、これは疲労摩耗の特徴のひとつである。一方、pH3 条件では、エ

ナメル小柱の明瞭化とともにマイクロクラックの発生が認められた。これは、摩擦化学的摩耗 (tribochemical wear) によって tooth wear が進行していることを示すものと考えられた。このように、異なる酸性環境においては、酸による脱灰程度の違いによって、tooth wear を生じる機序が異なることが示され、これが ISW 量の違いとなったことが明らかとなった。

以上のように、本実験の結果から、エナメル質の衝突滑走摩耗性は、環境 pH の影響を大きく受けることが判明するとともに、tooth wear を生じる機序は pH によって異なることが示唆された。今後、低 pH 環境で生じる可能性がある tribochemical wear の抑制法についての検討が必要であり、これによって tooth wear の進行を抑制するための臨床的手法が確立されることが期待される。