

〔学位論文〕

フッ化物塗布併用CO₂レーザー照射によるエナメル質の脱灰抑制

中垣 晋

北海道医療大学歯学部口腔構造・機能発育学系 歯科矯正学分野

Effect of inhibition of enamel demineralization using CO₂ laser irradiation combined with fluoride application

Susumu NAKAGAKI

Division of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Department of Oral Growth and Development, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

Key words : CO₂レーザー, フッ化物塗布, 脱灰抑制, Micro-XRD, μ CT, XPS

緒 言

矯正治療において汎用されているマルチブラケット（エッジワイズ）装置は、1928年にEdward H Angleにより考案された。1969年には、歯面に直接ブラケットを接着するダイレクトボンディングシステムが確立された。このマルチブラケット装置は、歯の移動を3次元的にコントロールすることが可能であり、臨床的に有用な装置である。現在でも多くの臨床医がこの装置を使って矯正治療を行っている。しかし、歯面に直接ブラケットを接着する本法では、プラーク停滞量の増加や口腔衛生環境の悪化のため、装置周囲におけるエナメル質脱灰のリスクを高めることが懸念される。

現在、エナメル質の脱灰抑制には、主にフッ化物が使用されている。しかし、それだけでは齲蝕を十分に予防することは難しい。近年、エナメル質の脱灰抑制にCO₂レーザーを応用した研究結果が報告されているが、レーザー照射による耐酸性向上の詳細なメカニズムは解明されていない。

そこで本研究では、ヒト抜去歯を用いた基礎的実験により、エナメル質の脱灰抑制に対するCO₂レーザー照射、フッ化物塗布およびそれらを併用した手法の有効性を検討した。

方 法

本研究では、北海道医療大学歯科内科クリニック矯正科を受診した患者のうち、口腔内診査およびエックス線検査によって、治療上の必要により抜去された健全小白歯68歯を使用した。試料は非フッ素含有ペーストで歯面研磨、水洗乾燥を行い、無作為にレーザー単独照射群（L群）、フッ化物塗布群（F群）、フッ化物・レーザー併用群（FL群）、Control群（C群）、Native群（N群）の5群に分類した。F群とFL群に対しては、2%リン酸酸性フッ化ナトリウムゲルを60秒間頬側面に塗布した。L群とFL群に対しては、CO₂レーザー（ナノレーザー GL-III Fine, GC）をビーム径1.05 mm、照射距離5.0 mm および照射時間5秒間の条件下で頬側面中央部に照射した。なお、レーザーの出力は0.5 W, 1.0 W, 2.0 Wおよび4.0 Wとした。次に、フッ化物塗布およびレーザー照射による表層エナメル質の結晶構造の変化を分析するために、頬側面中心部における約200 μ mの領域を微小領域X線回折（Micro-XRD）法により調べた（Rint-2500, リガク）。

その後、全群に対して頬側面中心部の周囲5.0 mm²以外を耐酸性マニキュアでコーティングし、N群以外の4群をpH 4.6に調整した脱灰液（8% Methocel MC gelと0.1 M乳酸の混合液）に37℃で72時間全浸漬した。なお、脱灰液は24時間ごとに交換した。また、N群は同条

件下で蒸留水中に保存した。浸漬後、各試料を1.8×3.0×5.0 mmの微小ブロックに切り出しμCT解析に供した（TDM 1000, ヤマト科学）。得られたμCTデータは、解析ソフト（TRI/3-D-BON, ラトックシステムエンジニアリング）を用いて、エナメル質表層から深さ方向に100 μmまでの領域のMineral Density（MD）を3.6 μm間隔で測定した。さらに、L群とFL群ではレーザー照射による影響を考慮して、照射中心部から100 μm間隔で1.0 mmまでの範囲の解析も行った。

その後、各試料をエポキシ樹脂に包埋して水平断し、表面を鏡面に仕上げ、ナノインデンテーション試験により、μCT解析と同一領域の機械的特性（硬さと弾性係数）を深さ方向に5.0 μm間隔で測定した（ENT-1100a, エリオニクス）。測定したMD、硬さおよび弾性係数はANOVA解析とTukey's testを用いて統計分析を行い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした（SPSS Statistics 20, IBM）。

また、X線光電子分光装置（XPS）を用いて、N群と脱灰液に浸漬する前のF群およびFL群の試料表面におけるフッ素濃度を測定するとともに、アルゴンイオンエッチングを併用してフッ化物の取り込み深さを調べた（ESCA-850, 島津製作所）。

結果および考察

Micro-XRDの結果、C群とL群の0.5 W、1.0 Wではハイドロキシアパタイトのピークが検出された。L群の2.0 W、4.0 Wではα-TCPのピークが検出された。一方、F群とFL群の0.5 W、1.0 Wではハイドロキシアパタイトとフルオロアパタイトのピークが検出され、FL群2.0 W、4.0 Wでもα-TCPのピークが検出された。また、L群とFL群の4.0 Wでは明瞭なピークは認められなかった。

μCT解析の結果、L群の出力0.5 WとFL群の0.5 W、1.0 W、2.0 Wでは、他の試料群と比較してエナメル質表層におけるMDの低下が有意に小さく、耐酸性が

向上していることが確認された。L群の1.0 W、2.0 W、4.0 WとFL群の4.0 Wでは、MDの低下している領域がみられ、エナメル質の耐酸性が局部的に低下していた。

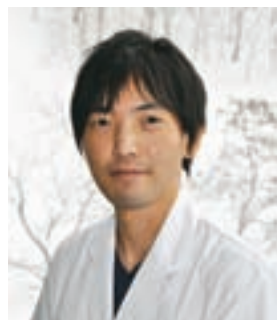
ナノインデンテーション試験で得られた機械的特性については、硬さと弾性係数ともにMDと同様の傾向が認められた。

XPS解析でF群とFL群におけるフッ化物の取り込み深さを調べた結果、FL群ではエナメル質表面におけるフッ素濃度が高く、かつ深部にまでフッ素が分布していた。また、分子量から計算するとFL群の表層ではフルオロアパタイトが生成している可能性が考えられた。

以上の結果から、レーザー単独照射では、0.5 Wの低出力であれば脱灰抑制効果を認め、フッ化物塗布を併用することによりさらにその効果を高めることができると考えられる。また、フッ化物塗布を併用することにより、レーザーの有効出力を0.5 Wから2.0 Wにまで上げることができ、特に1.0 Wの出力時に大きな脱灰抑制効果を示すことが明らかとなった。一方、4.0 Wの出力では照射直下の表層エナメル質の破壊が起こる可能性があることが分かった。

結 論

エナメル質に対する低出力のCO₂レーザー照射は、フッ化物塗布を併用することにより、単独のCO₂レーザー照射およびフッ化物塗布よりもエナメル質の脱灰抑制に有効であることが示唆された。



中垣 晋

平成12年3月 北海道札幌南高等学校 卒業
 平成20年3月 北海道医療大学歯学部 卒業
 平成20年4月 北海道医療大学病院 臨床研修医
 平成25年3月 北海道医療大学歯学部歯学研究科博士課程 修了
 平成25年4月 北海道医療大学歯学部口腔構造・機能発育学系
 歯科矯正学分野 任期制助手