原 著

フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液の 人工う蝕形成抑制*

Effect of Sodium Fluoride in Combination with Pyridoxine
Hydrochloride on the Artificial Caries Lesion Formation*

大橋 たみえ** 可児 徳子*** 可児 瑞夫**

Tamie OHASHI**, Tokuko KANI*** and Mizuo KANI**

Received July 12, 1993, accepted August 9, 1993

Abstract: The purpose of this study was to examine the effect of sodium fluoride in combination with pyridoxine hydrochloride solution on artificial caries lesion formation. Human enamel blocks were immersed and stirred in three kinds of solution at 37°C for 1 hour. The three solutions were as follows: ① sodium fluoride in combination with pyridoxine hydrochloride solution, 900ppm of fluoride (F⁻), pH 4.5—NaF+VB₆ group; ② hydrochloric acid-acidified sodium fluoride solution, 900ppm of fluoride (F⁻), pH 4.5—NaF group; and ③ de-ionized water—control group. Artificial caries lesions were formed with demineralizing solution according to Moreno (1974), consisting of 50% hydroxyapatite saturated lactate buffer (pH 4.5). Morphological examinations and microbeam X-ray diffractometry were performed.

In SEM preparations, a large amount of spherical crystals were deposited on the enamel surface after fluoride treatment. In the NaF+VB₆ group, these deposits were thicker and the crystals were larger than in the NaF group. No crystals were found in the control group. Calcium fluoride was detected on microbeam X-ray diffraction patterns of fluoride-treated enamel surface. The intensity of the X-ray diffraction pattern of calcium fluoride was highest in the NaF+VB₆ group.

After lesion formation, granular or needle-like deposits were observed on the lesion surface in the NaF+VB₆ group. This surface was smoother than in the control group, and demineralized surfaces were observed in the NaF group. The caries lesions of the control and NaF groups showed clear subsurface demineralization in contact microradiograms and polarized light microscopy. In the NaF+VB₆ group, the lesions were unclear and thinner than in the other two groups. The depth of caries lesions was about 33 μm in the NaF+VB₆ group, and about 100 μm in the NaF and control groups. This depth was estimated by doing an EPMA analysis of SEM photographs of cross sections of the lesions. The microbeam X-ray

* 本論文の要旨の一部は平成2年11月第38回国際歯科学研究学会日本部会(JADR)総会および平成3年9月第40回日本口腔衛生学会総会において発表した。

** 朝日大学歯学部口腔衛生学教室 (主任: 可児瑞夫教授)

*** Department of Preventive Dentistry, Asahi University School of Dentistry (Director: Prof. Mizuo KANI)

**** 朝日大学歯学部社会歯科学教室 (主任: 可児徳子教授)

***** Department of Community Dentistry, Asahi University School of Dentistry (Director: Prof. Tokuko KANI)

diffraction pattern of the caries lesions showed hydroxyapatite in all groups. In the fluoride groups, the crystallinity of the lesions was higher than in the control group, and was the same as that of sound enamel.

These findings suggest that enamel immersed in sodium fluoride in combination with pyridoxine hydrochloride solution could be protected from artificial caries lesion formation.

索引用語：人工う蝕，フッ化ナトリウム，塩酸ピリドキシン，ヒトエナメル質，形態学的研究

Key words: Artificial caries lesion, Sodium fluoride, Pyridoxine hydrochloride, Human enamel, Morphological study

緒 言

近年，フッ化物配合歯磨剤はわが国でもようやく普及のきざしをみせ，フッ化ナトリウム配合歯磨剤も市販されるようになってきた。歯磨剤に添加してう蝕予防効果を期待するフッ化物としては従来からフッ化第一スズ^{1,2)} フッ化リン酸ナトリウム (MFP)³⁾ が多く用いられている。田中らは，歯磨剤へのフッ化物添加を考え，フッ化ナトリウムとの併用によりその効果を増強させる作用を有する物質について検索する目的で，フッ化ナトリウム (0.2%) に16種類の物質をそれぞれ混合したフッ化物溶液を合成ハイドロキシアパタイトに作用させ，その中で塩酸ピリドキシンの効果が最も高いと報告している。また，フッ化ナトリウム：塩酸ピリドキシンのモル比1：1，pH 4.5のフッ化物溶液が，合成ハイドロキシアパタイトへのフッ素取り込み量を顕著に増加させ，粉末の耐酸性を向上させることから，塩酸ピリドキシンがフッ化ナトリウムの効果を増強させることを認めている⁴⁾。さらにフッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液を作用させた牛歯エナメルブロックではフッ化ナトリウム溶液単独作用のものと比較して，エナメル質内層で有意にフッ素取り込みの増大が認められることも報告している^{5,6)}。

伊藤ら^{7,8)} は，フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液を歯面塗布することにより，フッ化ナトリウム溶液塗布に比べてラット実験う蝕の抑制効果が増強されることを認めている。しかし，ヒトエナメル質に対する影響については検討されていない。よって，フッ化ナトリウムの効果を増強させるために塩酸ピリドキシンを添加することは，より高いう蝕抑制効果が期待できるものであり，フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液のエナメル質人工う蝕形成抑制について検討することは意味あることと思われる。

著者ら^{9,10)} は，田中らと同様の処方のフッ化ナトリウ

ムと塩酸ピリドキシン併用溶液を用いてヒトエナメル質の人工う蝕形成抑制効果について形態学的に検索し，概略を報告した。

本研究では，フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液を作用させたエナメル質の人工う蝕形成抑制効果について検索することを目的として，intact enamelを用いて *in vitro* において実験を行い，その作用後および人工う蝕形成後の変化について，走査型電子顕微鏡 (SEM)，コンタクトマイクロラジオグラフィ (CMR)，偏光顕微鏡 (PLM)，電子線マイクロアナライザ (EP-MA) を用いて分析を行った。また，反応生成物については微小焦点X線回折法により検索した。

材料および方法

実験材料には，矯正治療のため便宜抜去され，抜歯後直ちに77%エタノール中に保存した上顎第一小臼歯30歯を，水道水流水下で充分水洗して用いた。歯を精査し，形成不全，う蝕，ひびなどがないことを確認したのち歯の表面をサンドペーパーコーンおよびロビンソンブラシを用いて研磨し，脱イオン水中で120分間超音波洗浄を行った。これらの歯を歯冠部舌側面が実験歯面となるように長軸方向に2分割し，エナメルブロックを作成し，エナメル質表面以外をワックスでシールしたものを試料とした。

作用溶液は，フッ化ナトリウム，塩酸ピリドキシン併用溶液，フッ化ナトリウム溶液，脱イオン水の3種類とした。溶液の処方は以下のとおりである。

①フッ化ナトリウム，塩酸ピリドキシン併用溶液^{5,6)} (以下 NaF, VB₆ 併用群と略す)：pH 4.5, 900ppmF⁻ (NaF 1.989g, 塩酸ピリドキシン 9.67g を秤量し，脱イオン水を加え 1N-NaOH にて pH 4.5に調整後1000mlにした。)

②フッ化ナトリウム溶液^{5,6)} (以下 NaF 群と略す)：pH 4.5, 900ppmF⁻ (NaF 1.989g を秤量し脱イオン水

Fig. 1 Schematic representation of demineralization set-up

を加え、0.1N 塩酸にてpH 4.5に調整後1000mlにした。)

③脱イオン水（以下 control 群とする）

人工う蝕形成のための脱灰液には Moreno の方法¹¹⁾によりハイドロキシアパタイトを50%飽和させた乳酸緩衝液 (pH 4.5) を用いた。

各作用群の試料は10個ずつとし、溶液作用はプラスチック試験管に試料を1個ずつ入れ、37°C 恒温槽中で攪拌しながら1時間浸漬し、脱イオン水にて水洗後乾燥させた。

人工う蝕形成は各溶液作用後のエナメルブロックにプラスチックテープとワックスを用いて直径3mmのウィンドウを作成し、試料をピーカーの脱灰液中に浸漬し double-wall ピーカーに入れて37°C にて72時間、スターラーを用いて連続的に攪拌を行った (Fig. 1)。

溶液作用後、および人工う蝕形成後の試料について、以下の分析を行った。

1. エナメル質表面の SEM 観察

溶液作用後、および人工う蝕形成後のエナメル質表面は走査型電子顕微鏡 (JSM-35C, JEOL) により観察を行った。

各試料は、上昇系列アルコール脱水し、臨界点乾燥装置 (Critical Point Dryer, HDP-2, HITACHI) にて、液体二酸化炭素を用いて40°C で臨界点乾燥を行い、イオンスパッタ装置 (JFC-1100, JEOL) により、直流1.2kV, 5mA にて、6分間ゴールド蒸着を行い、加速電圧25kV, 倍率3,000倍ならびに10,000倍にて SEM 観察を行った。

2. 人工う蝕断面の SEM 観察

人工う蝕形成後のエナメル質断面表層の SEM 観察は電子線マイクロアナライザ (EPMA-8705H III, SHIMADZU) を用いて行った。

人工う蝕形成後のエナメルブロックを通法に従い、上

昇系列アルコール脱水し、ポリエステル樹脂 (BPS レジン, 京都科学標本) 包埋した後、精密低速切断機 (アイソメット, BUEHLER) にてエナメル質表面に垂直に切断し、厚さ約350~800 μ m の切片を作成した。断面は試料研磨装置 (MA-200, ムサシノ電子) により、粒子径9 μ m~1 μ m のダイヤモンド研磨剤 (KULZER), ならびに0.1 μ m 径のアルミナ (0.1CR, BAIKALOX) を用いて鏡面研磨を行った。研磨切片は導伝性接着剤 (ドータイト, JEOL) にて試料台に固定し、カーボン蒸着装置 (TEC-A-2, SHIMADZU) を用いて、最終膜厚が約100Å になるように蒸着を行った。試料の観察は加速電圧15kV, 倍率200倍で行った。

3. コンタクトマイクロラジオグラフィ (CMR) および偏光顕微鏡 (PLM) 観察

各溶液作用エナメル質に形成された人工う蝕の形態および脱灰状態の検討を行う目的で、CMR ならびに PLM による観察を行った。

人工う蝕断面の観察の場合と同様にポリエステル樹脂包埋した試料をアイソメットにて切断し、研磨紙 (ラッピングフィルム, 基材粒子径6 μ m~0.3 μ m, 住友スリーエム) を用いて厚さ約60 μ m~100 μ m の薄切研磨切片を作成した。

CMR は軟X線撮影装置 (SRO-M50, SOFRON) を

Table 1 Experimental conditions of the micro-beam X-ray diffraction analysis

Radiation	CuK α
Filter	Ni
Tube voltage	50 kV
Tube current	150 mA
Collimeter	30 μ m ϕ
Film specimen distance	15 mm
Film	KODAK DF-45

Table 2 Experimental conditions of the densitometer

<Identification>

Slit	5 $\times$ 200 μ m ²
Scanning speed	25 μ m/min.
Chart speed (310)	40 mm/min.
Sensitivity	5
Density scale range	0-1

<Half maximum breadth>

Slit	25 $\times$ 500 μ m ²
Scanning speed	2 μ m/min.
Chart speed (310)	10 mm/min.
(002)	20 mm/min.
Sensitivity	5
Density scale range	0-1

用い加速電圧10~12kV, 管電流) 3.5mAにて撮影した。フィルムは KODAK DF-45を使用した。撮影後のフィルムはダイヤテックス封入後, 倍率50倍で観察した。また, PLM 観察は厚さ約60 μ m のエナメル質薄切片をキシロール封入し, 偏光顕微鏡 (POH, NIKON) にて, CMR と同倍率 (50倍) で観察を行った。

4. 微小焦点X線回折法

エナメル質に形成された人工う蝕部の物質同定と結晶

性の評価は, 微小焦点X線回折法により行った。試料は PLM 観察に用いた薄切研磨切片を使用し, X線発生装置 (ROTAFLEX, RIGAKU) および細束X線カメラ (MICROLAUECAMERA, RIGAKU) を用いて Table 1 に示す測定条件で径30 μ m のX線ビームを試料に照射し, 微小焦点X線回折を行った。得られたマイクロラウエ写真をマイクロデンストメータ (PDM-5, タイプB, サクラ) にてチャート化し, 反応生成物の同

Fig. 2 Scanning electron photomicrographs showing the appearance of enamel surface
A. control group B. NaF group C. NaF+VB₆ group

Fig. 3 Scanning electron microphotographs of cross-sectioned enamel

S. sound enamel B. NaF group

A. control group C. NaF+VB₆ group

定とエナメル質の結晶性の評価を行った (Table 2)。軸方向別の結晶性の判定は, a 軸方向は (310) 回折線, c 軸方向は (002) 回折線の半価幅を測定した¹²⁾。実測値は任意の単位で表現した。

成 績

1. エナメル質表面の SEM 観察

1) 各溶液作用後のエナメル質表面

NaF, VB₆ 併用群, NaF 群いずれもエナメル質表面に顆粒状の結晶が沈着し, NaF, VB₆ 併用群の方が緻密で結晶も大きい傾向が観察された。control 群では結晶の沈着は認められなかった (Fig. 2, 左)。

2) 人工う蝕形成後のエナメル質表面

control 群においては粗造で明らかな脱灰像を呈した。NaF 群ではエナメル小柱が脱灰され, 溶液作用後

Fig. 4 Contact microradiograph (left) and polarizing light microphotograph (right)
A. control group B. NaF group
C. NaF+VB₆ group

にみられた結晶は消失した。一方、NaF, VB₆ 併用群では、脱灰像は観察されたが、大部分顆粒状あるいは針状結晶に覆われ、溶液作用後の結晶が残遺し、NaF群と比較して人工う蝕表面は平滑であった (Fig. 2, 右)。

2. 人工う蝕断面の SEM 観察

人工う蝕部のエナメル質断面において、脱灰深さは control 群で約100 μ m, NaF 群で約100 μ m, NaF, VB₆ 併用群では約33 μ m であり、NaF, VB₆ 併用群において最も浅く、病巣も不明瞭であった。また、control 群と NaF 群の人工う蝕部の脱灰深さには顕著な差はみられなかった (Fig. 3)。

3. コンタクトマイクロラジオグラフィー (CMR)

および偏光顕微鏡 (PLM) による人工う蝕断面の観察
CMR では、control 群で明らかな表層下脱灰像が観察された。NaF 群では control 群と比較して脱灰深さに顕著な差はなく、表層の再石灰化層の増大と脱灰層 (ダークゾーン) の縮小が観察され、人工う蝕形成中の表層の再石灰化促進が認められた。NaF, VB₆ 併用群では脱灰深さは control 群, NaF 群と比較して顕著に浅

Fig. 5 X-ray diffraction patterns
A. Calcium fluoride (standard substance)
B. NaF+VB₆ group (after treatment)

Fig. 6 Formation of calcium fluoride on enamel surface after being immersed in the solution

Fig. 7 Half-maximum breadth values of (310) and (002) reflection from enamel

く、人工う蝕形成の抑制像が観察された (Fig. 4, 左)。

また、これに対応する PLM 像では、control 群において、CMR でダークゾーンとして観察される脱灰部に一致して見掛け上等を示す層が広がっており、表層には負の複屈折を示す層がみられ、表層下脱灰像¹⁹⁾が観察された。NaF 群では、脱灰を示す等方の部分は脱灰部深層で観察されたが、その幅は control 群に比べて狭かった。NaF, VB₆ 併用群では、見掛け上等を示す部分はエナメル質のごく表層にわずかに観察されるのみで、NaF, VB₆ 併用溶液作用によってエナメル質表層の抗う蝕性が高まっていることが確認された (Fig. 4, 右)。

4. 微小焦点X線回折法による人工う蝕病巣の物質同定と結晶性の判定

Fig. 5 に標準物質のフッ化カルシウムと溶液作用後の NaF, VB₆ 併用群のマイクロラウエ写真を示した。これらをデンストメータを用いてチャート化すると、NaF 群と NaF, VB₆ 併用群においてはフッ化カルシウムの (111) 回折線 ($2\theta: 28.31^\circ$) に一致するピークが検出された¹⁴⁾ (Fig. 6)。また、NaF 群に比べて NaF, VB₆ 併用群のほうが、回折強度が高いことが確認された。

エナメル質表層の結晶性は a 軸方向 (310) では各溶液作用後の差はみられなかったが、c 軸方向 (002) では control 群に比べ、NaF 群および NaF, VB₆ 併用群で結晶性向上が認められた (Fig. 7)。

人工う蝕病巣体の結晶性は a 軸方向では、control 群で大きく低下したが、NaF 群および NaF, VB₆ 併用群では、結晶性の低下はみられなかった。しかし、c 軸方向では人工う蝕形成により NaF 群は control 群と同程度まで結晶性が低下し、NaF, VB₆ 併用群でも結

晶性の低下がみられた (Fig. 7)。

考 察

塩酸ピリドキシンは、ビタミンB₆ としてよく知られている物質で、その作用としては、脂肪代謝の多くの過程に関与することが認められ、欠乏によりペラグラをはじめ^{15,16)}、皮膚の特異的な障害や貧血などを起こす^{17,18)}。また、ビタミンB₆ が欠乏したラットの血清中ではカルシウムの減少とマグネシウムの増加が観察されている¹⁹⁾。ビタミンB₆ は、カルシウム代謝にも関係し、歯の形成期のビタミンB₆ 欠乏は、エナメル質のカルシウム量の減少とマグネシウム量の増加をきたし、う蝕感受性の高いエナメル質が形成され、ラット実験う蝕が多発する²⁰⁻²²⁾。また、Greenberg ら²³⁾ は、ベンガルザルにビタミンB₆ 欠乏食餌を与えて飼育し、短期間の実験では明らかな差は見られないが、2年間飼育後ではビタミンB₆ 欠乏群で、う蝕発生率が54%、対照群で16%と明らかなう蝕発生増加を認めている。

一方、フッ化物によるう蝕抑制効果はすでに明らかな事実であり、中でもフッ化ナトリウムはう蝕予防法に最もよく用いられているフッ化物である。田中ら⁶⁾ は、フッ化ナトリウムとの併用によりその効果を増強させる作用を有する物質として塩酸ピリドキシンに着目し、フッ素濃度900ppm では、フッ化ナトリウム：塩酸ピリドキシンのモル比1 : 1, pH 4.5のフッ化物溶液が、合成ハイドロキシアパタイトへのフッ素取り込み量を顕著に増加させ、耐酸性を向上させることを報告している。また、同溶液による牛歯エナメル質へのフッ素取り込みの増加と、ラット実験う蝕抑制効果も認められている⁷⁾。しかし、ヒトエナメル質の人工う蝕形成抑制効果についての検討はなされておらず、著者らは、田中らと同様の処方のフッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液がヒトエナメル質の人工う蝕形成を抑制することについて、その概略をすでに報告した^{8,9)}。

本研究では、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用によるエナメル質の人工う蝕形成抑制効果について、さらに詳細に検索することを目的とした。フッ化物溶液のフッ素濃度は歯磨剤への応用の可能性を考慮して900ppm とした。溶液の pH は塩酸ピリドキシンが酸性条件下で作用を示すことと、田中らの報告⁶⁾ に基づいて pH 4.5とした。実験は intact enamel を材料とし、*in vitro* において溶液作用を行い、作用後および人工う蝕形成後の変化について、エナメル質表面と断面の形態学的観察と微小焦点X線回折法による検討を行った。

SEM 観察の結果、フッ化物溶液作用後のエナメル質

表面に顆粒状の結晶の沈着が認められたが、NaF, VB₆ 併用群では NaF 群と比較して沈着密度が高く、結晶粒子径も大きいことが確認された (Fig. 2)。微小焦点 X 線回折法では、フッ化物溶液作用後のエナメル質表面にフッ化カルシウムが検出され、顆粒状物質はフッ化カルシウムであることが確認された。また、NaF 群に比べて NaF, VB₆ 併用群のほうが回折強度が高く、フッ化カルシウムの沈着量が多いことが確認され、これは SEM 観察の結果と一致した (Fig. 5, 6)。田中ら¹⁰⁾は、合成ハイドロキシアパタイト粉末に本研究と同濃度のフッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液を 5 分間作用させ、X 線回折法により検索した結果、フルオロアパタイトの生成と結晶性の向上を認めているが、フッ化カルシウムは検出されないことを報告している。本研究でもエナメル質アパタイトの結晶性向上を認めたが、同時に多量のフッ化カルシウムが生成した。本研究では、intact enamel に溶液を 1 時間作用させており、同濃度の溶液でも、試料と作用時間の長さの違いにより、反応生成物が異なるものと考えられる。

人工う蝕部エナメル質表面の SEM 観察では、NaF, VB₆ 併用群が最も高い人工う蝕形成抑制効果を示した (Fig. 2)。このう蝕抵抗性の獲得は、フッ化物作用群の溶液作用後に観察されたフッ化カルシウムの結晶の影響によるものと考えられる。また、NaF 群でも control 群に比べ、う蝕抑制がみられたが、エナメル小柱の脱灰像が観察された。このことから NaF 群では溶液作用によって生じる結晶が人工う蝕形成抑制におよぼす影響は小さいものと考えられる。

人工う蝕断面の CMR 観察では NaF, VB₆ 併用群は脱灰深さが顕著に浅く、PLM 観察と EPMA による SEM 観察においても同様の結果が観察され、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用によるう蝕抑制効果が認められた (Fig. 3, 4)。また、微小焦点 X 線回折法によるフッ化物作用群の人工う蝕部の結晶性は、溶液作用後と同程度であり、このことは明らかに人工う蝕形成抑制の結果と考えられる。人工う蝕部の結晶性の評価では、NaF, VB₆ 併用群と NaF 群のあいだに明らかな差はみられなかった (Fig. 7)。

伊藤ら¹¹⁾は、ラット実験う蝕抑制効果について、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液塗布群とフッ化ナトリウム溶液塗布群でブラークスコア、カリエスコア、う蝕裂溝数、臼歯へのフッ素取り込みについて比較検討を行っている。その結果、ブラークスコア、カリエスコアは両群ともに生理食塩水塗布群に比較して有

意に少なかったが、う蝕裂溝数はフッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液塗布群がフッ化ナトリウム溶液塗布群よりも有意に小さく、また、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液塗布群の臼歯歯冠部のフッ素濃度はフッ化ナトリウム溶液塗布群と比較しても有意に高い、すなわち、う蝕抵抗性の増強効果の認められることを報告しており、この結果は本研究のフッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液作用によるエナメル質の人工う蝕抑制効果獲得の成績と一致する。

このう蝕形成抑制効果の獲得は溶液作用後に沈着したフッ化カルシウムの沈着量と密度に関係し、結晶が大きく沈着量が多く密度の高い NaF, VB₆ 併用群のほうが、高いう蝕抵抗性を獲得したものと思われる。

以上のことから、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシンを併用した溶液は高い人工う蝕形成抑制効果を示し、う蝕予防に効果のあることが示され、今後、歯磨剤への応用の可能性が示された。

結 論

フッ素濃度 900ppm, pH 4.5 のフッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液およびフッ化ナトリウム溶液を、ヒトエナメル質に作用させ、SEM 観察、CMR、PLM 観察、微小焦点 X 線回折法、EPMA による SEM 観察を行い、人工う蝕形成抑制効果について比較検討した結果、以下の成績が得られた。

- ① フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液作用エナメル質は、表面に多量の球状結晶が沈着し、同濃度のフッ化ナトリウム溶液と比較して結晶は大きく、層は厚く密度も高いことが認められた。
- ② 沈着した結晶は、微小焦点 X 線回折法によりフッ化カルシウムであることが確認された。
- ③ フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液作用エナメル質は、同濃度のフッ化ナトリウム溶液と比較して人工う蝕形成抑制効果が顕著に高かった。

以上のことから、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用溶液はヒトエナメル質に高いう蝕抵抗性を付与することが確認され、フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシンを併用したフッ化物配合歯磨剤は、エナメル質のう蝕抵抗性をさらに高めることの可能性が示唆された。

本研究の一部は、平成 3 年度文部省科学研究費補助金、奨励研究 (A) (課題番号 03771665) の補助を受けた。

文 献

- 1) Muhler, J. C., Radike, A. W., Nebergall, W. H. and Day, H. G.: Effect of a stannous fluoride-containing dentifrice on caries reduction in children II. Caries experience after one year, J. A. D. A., **50**; 163-166, 1955.
- 2) Muhler, J. C., Radike, A. W., Nebergall, W. H. and Day, H. G.: A comparison between the anticariogenic effects of dentifrices containing stannous fluoride and sodium fluoride, J. A. D. A., **51**; 556-559, 1955.
- 3) Finn, S. B. and Jamison, H. C.: A comparative clinical study of three dentifrices, J. Dent. Child., **30**; 17-25, 1963.
- 4) 田中久美子, 藤井誠史郎, 荒川浩久, 飯塚喜一: フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用の有用性 第1報 合成ハイドロキシアパタイトを用いた検討, 口腔衛生会誌, **38**; 476-477, 1988.
- 5) 伊藤 明, 田中久美子, 藤井誠史郎, 荒川浩久, 飯塚喜一: フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用の有用性 第2報 エナメル質に対する効果, 口腔衛生会誌, **38**; 478-479, 1988.
- 6) Tanaka, K., Itoh, A., Fujii, S., Fukuda, M., Arakawa, H. and Iizuka, Y.: The combined effects of sodium fluoride and pyridoxine hydrochloride: I. *in vitro* studies, J. Dent. Hlth., **42**; 7-17, 1992.
- 7) Itoh, A., Tanaka, K., Fujii, S., Fukuda, M., Arakawa, H. and Iizuka, Y.: The combined effects of sodium fluoride and pyridoxine hydrochloride: II. *in vitro* studies in animals, J. Dent. Hlth., **42**; 54-60, 1992.
- 8) 田中久美子, 伊藤 明, 福田 寛, 荒川浩久, 飯塚喜一: フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用の有用性 第3報 ラット実験う蝕の結果, 口腔衛生会誌, **39**; 514-515, 1989.
- 9) 大橋たみえ, 可児徳子, 可児瑞夫: フッ化ナトリウムと塩酸ピリドキシン併用の人工う蝕におよぼす影響, 口腔衛生会誌, **41**; 350-352, 1991.
- 10) Ohashi, T., Kani, M., Isozaki, A. and Kani, T.: Effect of sodium fluoride in combination with pyridoxine hydrochloride on the caries like lesion formation, J. Dent. Res., **70**; 795, 1991.
- 11) Moreno, E. C. and Zahradnik, R. T.: Chemistry of enamel subsurface demineralization *in vitro*, J. Dent. Res., **53**; 226-235, 1974.
- 12) 可児瑞夫, 可児徳子, 高橋美次, 磯崎篤則, 飯野新太郎: フッ素含有洗口液によるう蝕予防法の基礎的研究 I. X線マイクロアナライザ分析ならびに微小焦点X線回折法, 口腔衛生会誌, **30**; 150-159, 1980.
- 13) 平井五郎: 歯の研究法—構造と組成—, 医歯薬出版, 東京, 1973. 254-260頁.
- 14) A. S. T. M.: Index to the X-ray powder DATA File, 1971. (card NO. 4-864)
- 15) Goldberger, J. and Lillie, R. D.: A note on an experimental pellagralike condition in the albino rat, Pub. Health Rep., **41**; 1025-1029, 1926.
- 16) György, P.: Vitamin B₂ and the pellagralike dermatitis in rats, Nature, **133**; 498-499, 1934.
- 17) 日本公定書協会: 第12改正 日本薬局方解説書 廣川書店, 東京, 1991, C633-637頁.
- 18) Harris, J. W., Whittington, R. M., Weisman, R. and Horrigan, D. L.: Pyridoxine responsive anemia in the human adult, Proc. Soc. exp. Biol. Med., **91**; 427-432, 1956.
- 19) Bachra, B. N. and Sobel, A. E.: Calcification XXV. Mineralization of reconstituted collagen, Arch. Biochem. Biophys., **85**; 9-18, 1959.
- 20) Matsuda, T.: Effect of vitamin B₆ on dental caries and components of hard tissue in rats, J. Osaka Dent. Univ., **4**; 14-32, 1970.
- 21) Tamura, T. and Asakura, Y.: Pharmacological studies on experimental dental caries in rats. XIII. Effects of vitamin B₂, B₆ and anti-vitamin B₆ agents on the cariogenicity and weight, J. Nihon Univ. Sch. Dent., **9**; 31-34, 1967.
- 22) Glimcher, M. J., Hodge, A. J. and Schmitt, F. O.: Macromolecular aggregation states in relation to mineralization: The collagen-hydroxyapatite system as studied *in vitro*; Proc. Natl. Acad. Sci. USA. **43**; 860-869, 1957.
- 23) Greenberg, L. D. and Rinehart, J. F.: Studies on the blood pyridoxine of vitamin B₆ deficient monkeys; Proc. Soc. exp. Biol. Med., **70**; 20-25, 1949.