

〔原 著〕

中国（北京）における抜去上顎第一大臼歯の エナメル質表層フッ素濃度

八幡祥子, 広瀬弥奈, 松本大輔, 五十嵐清治

北海道医療大学歯学部小児歯科学講座

Fluoride concentrations in the enamel surfaces of extracted maxillary first permanent molars obtained from Chinese subjects

Shoko YAHATA, Mina HIROSE, Daisuke MATSUMOTO
and Seiji IGARASHI

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido

Abstract

Fluoride profiles of the enamel surfaces of eight extracted maxillary first molars obtained from subjects living in Beijing in an area where the fluoride concentration in the drinking water is 0.3ppm, were examined to determine the differences in fluoride concentrations at different positions on and in the enamel. The fluoride concentrations of mesiobuccal (MB), distobuccal (DB), mesiolingual (ML), and distolingual (DL) sites were determined at 6 different depths (1, 3, 5, 10, 20, and 30 μm), using the acid etched micro-sampling technique described by Weatherell et al. (1973). Fluoride concentrations were measured with a fluoride ion electrode.

The fluoride concentrations in the enamel of the subjects residing in Beijing were compared with those of subjects residing in Sapporo where the fluoride concentration in the drinking water is 0.02ppm.

The results were as follows.

1. The fluoride concentrations on the enamel decreased from the outer surface of the enamel toward the inner parts for those subjects residing in Beijing.
2. There were no statistically significant differences in the fluoride concentrations of the 4 MB, DB, ML, and DL sites on the enamel surfaces among the subjects residing in Beijing, but the concentrations tended to increase in the order DB, DL, MB, and ML at any depth.
3. Comparing the subjects from Beijing and Sapporo, the fluoride concentrations of the enamel surfaces among the subjects residing in Beijing were statistically significantly higher than in those in Sapporo at any site (at the MB and DB sites of 3 and 5 μm : $p < 0.05$ and at 10, 20, and 30 μm : $p < 0.01$; at the

受付：平成16年9月30日

ML sites of 1 and 3 μ m : $p < 0.05$ and 5, 10, 20, and 30 μ m : $p < 0.01$; at the DL sites at 1, 3, 5, 10, 20, and 30 μ m : $p < 0.01$).

These results indicate that there were differences in the fluoride concentrations on the enamel surfaces of maxillary first molars due to the different fluoride concentrations of the tap water in Beijing and Sapporo.

Key words : Fluoride concentration, Enamel surface, Maxillary first permanent molars, Chinese subjects

緒 言

我々小児歯科医は、カリエスフリーの永久歯列を完成させることを第一の目標にしている。しかし、近年の世界的な齲蝕減少傾向に反し、日本ではカリエスフリーの健全歯列を有する率は依然として少なく^{1,2)}、関係者一同が危惧しているところである。また齲蝕罹患状態においては現在も地域的格差が存在しており、これを解消するためには口腔衛生指導、食事指導などの生活習慣改善型の齲蝕予防活動に加えてフッ化物の応用が不可欠であるといわれている。フッ化物の齲蝕予防メカニズムは、これまで歯質の耐酸性増加と乳酸産生抑制によると考えられてきた。しかし、現在の齲蝕予防に対する概念はイオン化したFがCa,Pなどのミネラルとともに唾液やプラークフルイド（歯垢中の液相）など、歯の表面を直接覆っている溶液環境をエナメル質に対して過飽和状態にすることより、歯表面が脱灰側へ傾斜するのを防ぎ、再石灰化側へ傾斜させるように働く、と考えられている³⁾。この、歯表面上の溶液環境は、口腔内の各部位で均一ではなく、局所の口腔内環境によって影響を受けているといわれている⁴⁻⁷⁾。すなわち、唾液クリアランスの良い部位では絶えず新鮮唾液にさらされることになり、歯質に唾液からのFの供給が多くなるものと推察される。このため歯質の脱灰が生じやすい部位、起こりにくい部位、脱灰が生じてそれが進行しにくい部位など、齲蝕発生における部位特異性

が生じているものと考えられる。

従って、エナメル質のF濃度を歯面部位別に測定することは、齲蝕罹患における部位特異性の原因を明らかにする一端となるだけではなく、今後の効果的な齲蝕予防法、即ちオーダーメイド医療を確立するうえでも重要な因子と思われる。

エナメル質における研究は現在までに多くの研究が行われているにもかかわらず、エナメル質表層F濃度と齲蝕発生の部位特異性との関連における歯種別および歯面部位別F濃度を詳細に測定し、比較検討した研究は現在のところ認められない。また、中国における抜去歯のエナメル質表層F濃度に関する研究も我々以外皆無である。

そこで本研究では、齲蝕罹患の部位特異性や増加に及ぼす影響について、宿主（歯質）側の要因から明らかにすることを目的として、中国北京市（水道水中F濃度0.3ppm）で得られた上顎第一大臼歯を対象に、マイクロサンプリング法を応用して歯面部位別にエナメル質表層F濃度について測定し、口腔内における部位特異性について検討した。さらに、外的要因の一つである水道水などの生活環境因子と歯のF濃度との関係を検討するため、過去に報告されている札幌市および札幌市近郊（水道水中F濃度0.02ppm）を対象にして行った日本人の同様の報告⁸⁾（以下、札幌と略す）と比較した。なお、上顎第一大臼歯を対象とした理由は、その頬側面に耳下腺開口部が近接していることから、頬側と

口蓋側では唾液による影響が異なるため、エナメル質表層F濃度に部位の差が出やすいと判断したことによる。

材料および方法

1. 実験対象歯

試料は、北京大学第二臨床医学院口腔科で歯周病のため抜去された肉眼的に齲蝕が認められない上顎第一大臼歯8歯(32面)である。抜去時年齢、性別および左右別は、平均年齢54歳1か月±11.56S.D., 男性2歯, 女性6歯, 左側7歯, 右側1歯である(以下これらの試料は、北京と略す)。なお、試料は本研究の目的と方法を担当医が説明し、同意の得られた患者から提供されたものである。

2. 実験方法

10%中性ホルマリン溶液中に保存しておいた抜去歯を流水下で24時間洗浄し、自然乾燥後、ブラシコーンで30秒間歯面清掃して使用した。

測定部位は、図1に示すように頬・口蓋側面の近遠心最大豊隆部付近(合計4か所)にネイルバーニッシュで約4mm²のウインドウを作製し測定面とした。バーニッシュ乾燥後、Weath-



図1 測定部位

測定部位は、上顎第一大臼歯の頬・口蓋側面の近遠心最大豊隆部付近(合計4か所)にネイルバーニッシュで約4mm²のウインドウを作製し測定面とした。

erellら⁹⁾のマイクロサンプリング法を応用し、第1層～第4層までサンプリングした。すなわち、ウインドウ面を0.5Mの過塩素酸5μlで30秒間エッチングし、直ちに溶液をポリエチレンカプセルにミニポンプで吸引、回収した。次に1Mの酢酸ナトリウム緩衝液5μlを同一部位にのせ、同様にミニポンプで吸引し、この操作を4回繰り返して洗い込み、回収した。

吸引回収したサンプル溶液のうち2μlをCaの測定に、残りをFの測定に使用した。Caの測定は原子吸光分析(偏光ゼーマン原子吸光光度計, Z8100型, 日立製作所), Fの測定はHallsworthら¹⁰⁾のFイオン電極法(F電極, 94-09, オリオン社)にて行った。

ウインドウの面積測定は、水野¹¹⁾の方法に従って算出した。表層からの深さは得られたCa量とエッチングした面積から算出した。また、エナメル質のF濃度についてはエナメル質のCa量を36.75wt%¹²⁾, 比重を2.95¹³⁾とし、Caに対するF濃度の相対的な濃度からエナメル質に対するF濃度(ppm)を求めた。次にその歯における任意の深さとF濃度を算出するために中垣ら¹⁴⁾の式, $y = ax^{-b}$ (x : 深さ(μm), y : F濃度(ppm), a , b : 各歯各部位における定数)にF濃度と脱灰の深さの算出値を代入して、各歯各部位におけるF濃度算出のための定数 a , b を決定した。この式より、任意の深さ(1, 3, 5, 10, 20, 30μmの6段階)でのF濃度を求めた。得られたデータは、平均値±標準誤差(S.E.)で表示した。また、歯面部位別におけるF濃度の差をKruskal-Wallis test, 北京と札幌⁸⁾におけるF濃度の差をMann-Whitney U-testを用いて比較検討した。

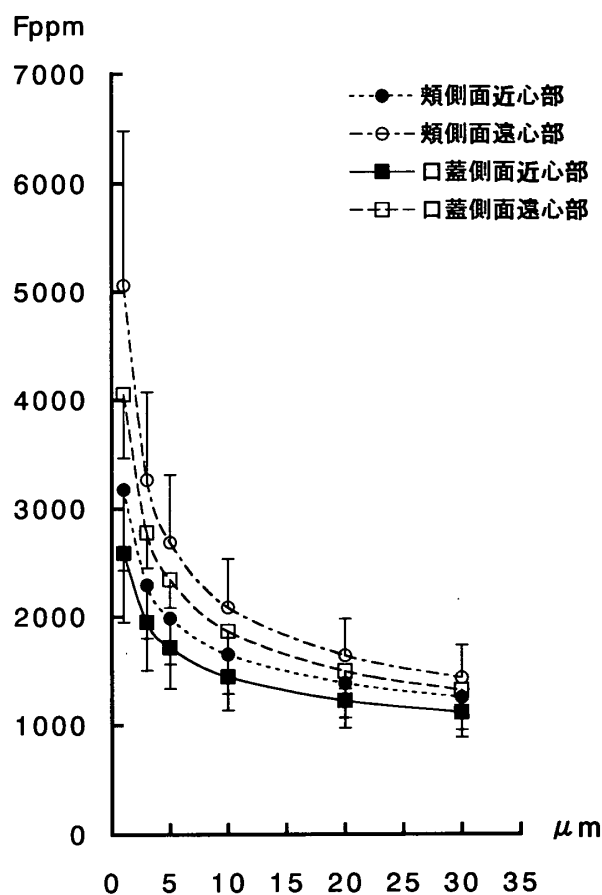


図2 北京における上顎第一大臼歯のエナメル質表層フッ素濃度

すべての歯面部位において表層でF濃度が高く内部に行くに従って低くなるFの濃度勾配が認められた。

結 果

1. 北京におけるエナメル質表層F濃度について

図2に示すようにすべての歯面部位において表層でF濃度が高く内部に行くに従って低くなること、すなわち、Fの濃度勾配が認められた。

2. 歯面部位別エナメル質表層F濃度

表1は、上顎第一大臼歯の歯面部位別エナメル質表層F濃度とその検定結果 (Kruskal-Wallis test) を示したものである。頬側面近心部、頬側面遠心部、口蓋側面近心部、口蓋側面遠心部の4部位について比較した場合、統計学的な有意差は認められなかったが、1~30μmのすべての深さにおいて頬側面遠心部>口蓋側面遠心部>頬側面近心部>口蓋側面近心部の順にF濃度が高い傾向を示した。

表1 北京における上顎第一大臼歯のエナメル質表層フッ素濃度

	頬側面 近心部	頬側面 遠心部	口蓋側面 近心部	口蓋側面 遠心部	
Depth (μm)	F(ppm) mean±S.E	F(ppm) mean±S.E	F(ppm) mean±S.E	F(ppm) mean±S.E	Kruskal- Wallis test
1	3175±750	5061±1416	2586±640	4050±588	N.S.
3	2289±494	3266± 804	1945±445	2775±329	N.S.
5	1984±426	2687± 623	1711±378	2338±256	N.S.
10	1648±363	2083± 450	1443±306	1862±194	N.S.
20	1381±318	1636± 340	1223±251	1491±162	N.S.
30	1250±296	1431± 299	1112±225	1313±152	N.S.

上顎第一大臼歯の歯面部位別エナメル質表層F濃度とその検定結果 (Kruskal-Wallis test) を示した。頬側面近心部、頬側面遠心部、口蓋側面近心部、口蓋側面遠心部の4部位について比較した場合、統計学的な有意差は認められなかったが、1~30μmのすべての深さにおいて頬側面遠心部>口蓋側面遠心部>頬側面近心部>口蓋側面近心部の順にF濃度が高い傾向を示した。

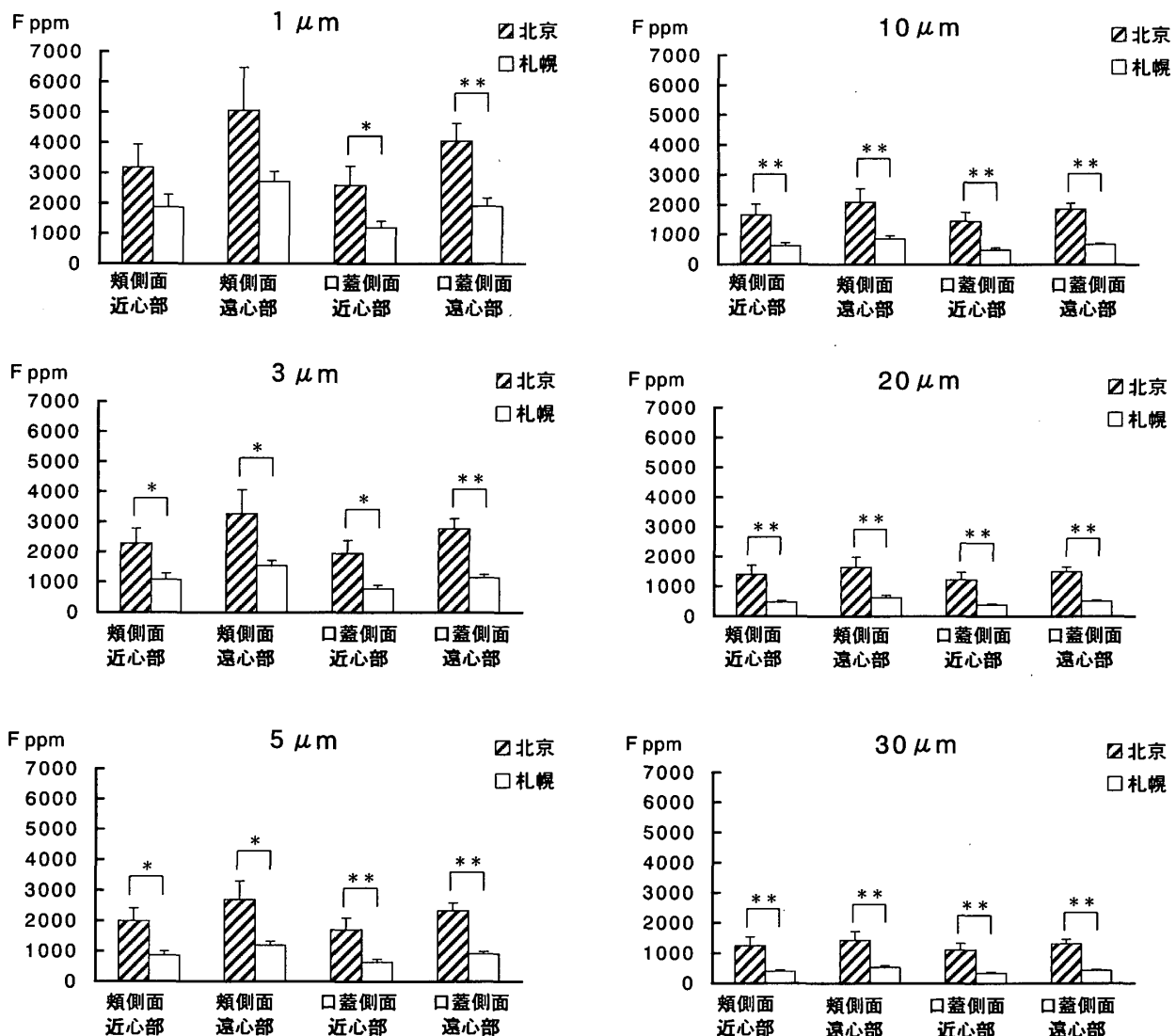


図3 北京および札幌⁸⁾における上顎第一大臼歯エナメル質表層フッ素濃度の比較

p値: Mann-Whitney U-test (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

札幌: 丹羽⁹⁾から作図

北京と札幌⁸⁾におけるエナメル質表層F濃度の比較とその検定結果 (Mann-Whitney U-test) を示した。深さ1 μmの頬側面近心部および頬側面遠心部を除くすべての深さ・歯面部位において北京のF濃度は、札幌より有意に高かった。

3. 北京と札幌の比較

札幌の測定値⁸⁾については、著者らが以前に札幌および札幌近郊から収集した上顎第一大臼歯を対象に今回と同様の実験方法で分析したものである。図3に北京と札幌⁸⁾におけるエナメル質表層F濃度の比較とその検定結果 (Mann-Whitney U-test) を示した。深さ1 μmの頬側面近心部および頬側面遠心部を除くすべての深さ・歯面部位において北京のF濃度は、札幌より有意に高かった。また、図4に示すように北京

と札幌⁸⁾のF濃度差 (ΔF_{ppm} : 北京のF濃度から札幌のF濃度を減算した値) は表層で大きく内層ほど小さかった。

考 察

1. 実験対象歯

本研究に用いた歯は、中国北京市 (水道水フッ素化未実施地域: 水道水中F濃度0.30ppm) にある北京大学第二臨床医学院口腔

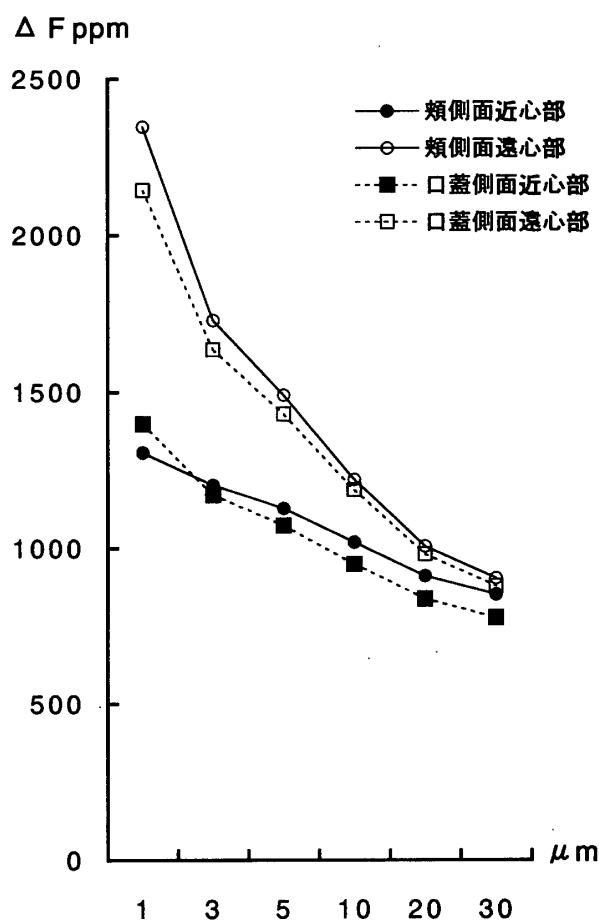


図4 北京および札幌⁸⁾間におけるエナメル質表層フッ素濃度の差 (ΔF ppm)

北京と札幌⁸⁾のF濃度差 (ΔFppm: 北京のF濃度から札幌のF濃度を減算した値) は表層で大きく内層ほど小さかった。

科の担当医が、本研究の目的と方法を説明し、同意の得られた患者から提供されたものである。今回、提供された抜去歯のうち、肉眼的に齲蝕が認められない歯を無作為に抽出した。使用した歯は、男性2歯、女性6歯の合計8歯で、年齢については平均年齢54歳1か月、左右差については、左側7歯、右側1歯であった。これに対し、札幌および札幌近郊で抜去された歯については肉眼的に齲蝕が認められない20歯で、年齢、性別等は不明であった⁸⁾。

エナメル質表層F濃度は年齢的变化が認められ、約30歳をピークに加齢とともに上昇するが、それ以降は咬耗、磨耗、すりへり (wear) の影響により減少するといわれている^{9,15)}。従

って、抜去時の年齢が明らかな歯を用いるのが望ましいと思われるが、札幌⁸⁾の抜去歯については不明である。しかし、歯表面のすりへり (wear) や咬耗の状態などから推測すると、口腔内に比較的長く残存していたと推察された。さらに、今回用いた歯は、歯周疾患により抜去されたものであるため、平成11年度歯科疾患実態調査値を参考に上顎第一大臼歯の平均寿命を推測すると58歳であったこと¹⁾より、北京における抜去歯の平均年齢54歳1か月と比較してもあまり差がなく影響はないものと判断した。さらに、左右差についてはAasendenら¹⁶⁾が同歯種においては、エナメル質表層F濃度に差がないことを報告していることから、今回は左右の別を規定しなかった。

一方、性差については、Aasenden¹⁷⁾が上顎中切歯では男子の方が女子よりもエナメル質表層F濃度が高いと報告しており、水野ら^{11,18)}は下顎第一小臼歯では女子の方が高いと報告するなど、性差の認められる報告をしている。今回測定した歯についての性差は明らかであるが、本数が少ないため性別で比較することは不可能であった。また、比較に使用した札幌⁸⁾の歯については残念ながら性差は不明であり、可及的に条件を統一する意味でも性差を規定しなかった。

2. エナメル質表層F濃度

1) 北京におけるF濃度について

エナメル質表層のF濃度は、歯の成熟に伴い表層が高く内部に行くに従って低くなるFの濃度勾配の存在が報告されている^{19~22)}。北京の抜去歯においても同様で、表層で高く内部に行くにしたがって低くなるFの濃度勾配が認められた (図2)。この状態は、F濃度と深さの関係式 $y=ax^{-b}$ で表され¹⁴⁾、この式にF濃度と脱灰の深さの算出値を代入し、各歯各部位のF濃度算出のための定数a, bを決定した。各歯各部位の

平均a, bの値は, 頬側面近心部がa: 3175, b: 0.25, 頬側面遠心部がa: 5061, b: 0.31, 口蓋側面近心部がa: 2586, b: 0.21, 口蓋側面遠心部がa: 4050, b: 0.33であった.

2) 北京における歯面部位別の比較

歯面部位別に比較したエナメル質表層F濃度については, 統計学的に部位の差は認められなかった. その理由として水道水のF濃度が比較的高い地域では, エナメル質全体としてのF濃度が高くなるため歯面部位の差が出にくいのではないかと推測される. この点については, 今後の研究にて検討する予定である. なお, 有意差はなかったものの, 唾液クリアランスの良い部位やプラークの蓄積量の多い部位, すなわち上顎臼歯部頬側面遠心部で, F濃度が高い傾向を示した. 反対に唾液クリアランスの悪い部位やプラークの蓄積量の少ない部位, すなわち上顎臼歯部口蓋側面近心部ではF濃度が低い傾向を示した.

この結果を考察するに当り, エナメル質表層F濃度の由来を考える必要がある. Brudevoldら²⁰⁾はこれについて, ①エナメル質形成期間中におけるFの沈着, ②石灰化完了後, 萌出するまでの間の組織液中のFの表層からの取り込み, ③萌出後, 飲料水, 食物, 唾液などに由来するFの取り込み, という3項目に要因を分類しており, これらの相互関係によってエナメル質表層F濃度は, 加齢とともに変化すると述べている.

①および②については, 歯の萌出前の要因であり, 同一時期に形成された部位では歯の形成とともにF濃度はいずれの歯面においても一様に上昇していくものと推察される. しかし, ③については歯の萌出後の要因であるが, 当然, 歯の成熟に伴いF濃度も上昇してはいくものと判断される. ところが口腔内環境, 特にFの供給源とされる唾液やプラークなどの影響によ

り, 萌出後のエナメル質表層F濃度は形成時期が同一であっても歯面別, あるいは部位別の差が生じている. すなわち, Charltonら²³⁾, Yardeniら²⁴⁾, Kato²⁵⁾, 高江洲ら²⁶⁾, 黄²⁷⁾の報告では, プラークや歯石がFを供給していることを述べている.

なお, 唾液やプラークによる影響については, 唾液クリアランスが関係しているといわれている. DawesとMacPherson⁴⁾は, 唾液は薄い皮膜状となって口腔内の各部位をそれぞれ異なる速度で移動しており, この移動速度が速い部位は唾液クリアランス能が高い部位であると述べている. 従って, 唾液クリアランスの良い部位では絶えず新鮮唾液にさらされることになり, 唾液からのFの供給が多くなるものと推察される. この論理に添って今回の結果を考察・検討すると, 唾液クリアランスの良い部位, すなわち大唾液腺開口部付近の上顎第一大臼歯頬側面ではエナメル質表層F濃度が高い傾向を示し, この仮説が実証された結果を示した. これに対して, 唾液クリアランスの悪い部位, すなわち上顎第一大臼歯口蓋側面ではエナメル質表層F濃度が低い傾向を示した.

さらに唾液クリアランスの良い部位では, プラーク中に産生された酸を迅速に浄化するためにプラークのpH曲線は浅くなり, プラーク中のミネラルが溶出しにくい環境をつくる. その結果, ミネラルが沈殿しやすくなり, エナメル質表面にFが多く供給される環境にあると思われる. プラークの蓄積量は上顎前歯部が最も少なく, 反対に上顎臼歯部頬側面と下顎臼歯部舌側面が多いことは臨床的にも文献的にも明らかで²⁸⁾, これら蓄積量の多い部位は本研究結果においても同様の結果を示し, エナメル質表層F濃度が高い傾向を示した. また第一大臼歯においては, 遠心側は近心側よりも清掃しづらいためプラークが蓄積しやすい状況にあることから, 遠心側は近心側よりエナメル質表層のF濃

度が高くなったと推察される。

一方、最近ではプラーク中ミネラル (Ca, P, F) 成分の部位特異性が明らかにされている。広瀬ら^{5,7)}は、口腔内を上顎前歯部唇側部・口蓋側部、下顎前歯部唇側部・舌側部、左右上顎臼歯部頬側部・口蓋側部、左右下顎臼歯部頬側部・舌側部の8部位に分割し、各々から得られたプラーク中のミネラル量を測定し、前歯部、臼歯部の各部位ごとに頬(唇)・舌(口蓋)側で比較している。それによると、下顎前歯部舌側部、下顎臼歯部舌側部、上顎臼歯部頬側部にミネラル量が多かったと述べており、エナメル質表層F濃度の分布と同様の部位特異性を示していた。したがって上顎第一大臼歯頬側面はプラーク中ミネラル量が多い部位であり、エナメル質表面にFが多く供給され、エナメル質表層F濃度が高くなったと推察される。

反対にエナメル質表層F濃度を減少させる因子としては、wear (すりへり) の影響が挙げられる。エナメル質表層のF濃度は、約30歳までは加齢とともに上昇するが、その後は絶えずエナメル質表層からFが取り込まれるものの、wear (すりへり) によりF濃度の高い最表層エナメル質が消失するため、表層と内層のF濃度差が小さくなり、F濃度曲線の勾配が小さくなるといわれている^{15,29)}。

本研究で用いたF濃度と深さの関係式 $y=ax^{-b}$ においては¹⁴⁾、bの大きさは曲線の勾配を表すので、bの値が小さいほど、wear (すりへり) によるF濃度の減少が考えられる。今回測定した上顎第一大臼歯におけるbの平均値は、頬側面近心部0.25、頬側面遠心部0.31、口蓋側面近心部が0.21、口蓋側面遠心部0.33と口蓋側面近心部において数値がやや低くなっている。これは、上顎第一大臼歯においては、近心舌側咬頭が食物の咀嚼時など下顎第一大臼歯の中央小窩に嵌合する機能咬頭であるので口蓋側面近心部は、wear (すりへり) が生じやすく、表層のF

濃度が減少したため、他の3部位と比較するとF濃度が低かったものと判断される。

3) 北京と札幌の比較

歯種および、歯面別におけるエナメル質表層F濃度の分布は、先に考察した如く、各歯の植立位置関係と唾液の流れ、歯垢の付着、またはwear (すりへり) などが相互に関連して、生じるものと思われる。その他に、飲食物や歯科用フッ化物製剤の使用の有無など、生活環境の違いによっても影響を受けるものと考えられる。そこで著者らは、生活環境の異なると思われる北京と札幌の抜去下顎中切歯のエナメル質表層F濃度を比較するとともに、両国間の口腔清掃習慣、およびエナメル質表層F濃度に影響を与えられると思われる要因を把握するため、以下の項目についてアンケート調査を実施し過去に報告した³⁰⁾。その内容は、(1) お茶等の摂取状況、(2) 飲料水の摂取状況、(3) 歯磨き習慣とその状況、(4) フッ化物歯面塗布の有無、(5) フッ化物配合歯磨剤の使用状況について、である。これらアンケート項目の中で、エナメル質表層F濃度の由来との関連性を考えた場合、お茶や飲料水の摂取状況についてはBrudevoldら²⁰⁾の示す①②③のすべての要因が、またフッ化物歯面塗布の有無およびフッ化物配合歯磨剤の使用状況については、③の要因が関連していると考えた。

本研究においては、エナメル質表層F濃度は、深さ1 μm の頬側面を除くすべての深さ歯面・部位において、北京の方が札幌よりも有意に高かった。その理由としては水道水中のF濃度の差が考えられる。北京においては水道水のフッ素濃度は、0.29ppmと報告されている³¹⁾が、過去に著者らが測定した結果³⁰⁾も0.30ppmとほぼ同様の値を示した。一方、札幌の抜去歯⁸⁾は札幌および札幌近郊の歯科医院から収集したものであり、これらの地区6か所の水道水を測定した結果³⁰⁾、F濃度は0.02ppmを示し、

北京の方が15倍の高濃度のFを含んでいた。なお、頬側面最表層のみ統計学的に有意差がでなかった理由としては、耳下腺開口部に近い部位であるため、最表層はその影響を最も受けやすくF濃度が高くなり、札幌との差がでにくいのではないかと推察された。また、図4に示すように、北京と札幌⁸⁾のF濃度差(ΔF_{ppm} :北京のF濃度から札幌のF濃度を減算した値)は表層で大きく内層ほど小さかった。これは、①②の要因に加えてさらに③の要因が大きいためと思われる。すなわち、歯の萌出前のみならず歯の萌出後、水道水中のFがエナメル質表層から取り込まれたため、水道水中のF濃度が高い北京の方が、表層から多くのFを取り込んでいることを示したものであると推察された。

飲料水のF濃度とエナメル質の関係については、Speirs³²⁾がフッ化物添加地区(F: 2 ppm)のエナメル質表層F濃度は、非添加地区(F: 0.25ppm)より2~3倍高い濃度を示したと報告している。また、Yoonら²²⁾は飲料水中F濃度が増すとエナメル質の全層においてF濃度が増加したと報告している。さらにShannonら³³⁾は飲料水中のF濃度の異なる8地区のエナメル質表層を一層のみ(12~16 μ m) F濃度を測定したところ、飲料水中のフッ素濃度に比例して、エナメル質表層のF濃度が増加していることを報告している。このことから、これらの報告は、北京と札幌のエナメル質表層F濃度を比較した場合に、水道水のF濃度が高い北京の方がエナメル質表層F濃度も高かったという今回の結果と一致しており、本研究結果を裏付けるものと判断される。

また、アンケート調査の結果³⁰⁾からは、北京の方が札幌より水道水を高頻度に摂取していることが明らかとなった。したがって、高濃度のFを含む水道水を高頻度に摂取することで、①②の要因である、歯冠萌出前に組織液からFを多く取り込むこと、加えて③の要因である、萌

出後水道水からFを多く取り込むことにより、北京の方がエナメル質表層のF濃度が有意に高くなったと推察される。一方、お茶等の摂取状況では反対に札幌の方が有意に摂取頻度が高かった。また、‘あまり飲まない’と答えているものも北京においては50.96%と半数を超え、中国人はよくお茶を飲むというイメージに反した結果であった。また、札幌はお茶等を‘毎日飲む’と答えている人が91.55%と大多数を占めているが、お茶よりもコーヒーを飲んでいる者が多かった。

さらに、エナメル質表層F濃度を上昇させる因子としては、③の要因の1つである歯科用フッ化物製剤の影響が考えられる。しかし、アンケート調査の結果³⁰⁾からは、フッ化物歯面塗布およびフッ化物配合歯磨剤の影響については両国間で有意な差は認められなかった。したがって、これらフッ化物製剤由来のFが、両国間のエナメル質表層F濃度に差を生じさせている可能性は極めて低いと判断される。

以上の他にエナメル質表層のF濃度に影響を与える因子としては、食生活が考えられる。しかし、成人が食事から1日に摂取するF量についてはTeves³⁴⁾が1.8mg、San Filippoら³⁵⁾が2.1~2.4mgと述べており、Singerら³⁶⁾の報告した0.9~1.7mgともほぼ同じ値を示している。また、日本人については飯塚³⁷⁾が0.48~2.64mg、鮫島³⁸⁾が1.3~2.7mg、斉藤³⁹⁾が1.52~2.10mgと報告しておりほぼ同じ摂取量の範囲を示している。したがって、食事から摂取するF量については地域差がほとんどないと考えられ、北京と札幌においても平均的には大きな差はないものと判断される。

一方、北京および札幌の口腔衛生に関する生活習慣情報を得るために行った歯磨きの習慣についての調査³⁰⁾では、双方とも毎日磨いている者が大多数を占めており、有意差は認められなかった。また、大学病院に通院している患者とい

う点から考えても、口腔衛生に対する関心度は両者ともに高いと判断され、大きな差はないものと思われる。

今後は、エナメル質表層F濃度に影響を与えられる唾液やプラークについても調査したいと考えている。

結 論

齲蝕罹患の部位特異性や増加に及ぼす影響を、宿主（歯質）側の要因から明らかにするために、中国人（北京）の抜去上顎第一大臼歯（頬側面近心部、頬側面遠心部、口蓋側面近心部、口蓋側面遠心部の4部位）を対象に、酸エッチングによるマイクロサンプリング法を応用してエナメル質表層F濃度を測定した。また、過去に報告した日本人（札幌）の同様報告⁸⁾と比較検討し、以下の結論を得た。

1. 中国人（北京）の抜去上顎第一大臼歯エナメル質表層F濃度は、すべての歯面部位において表層でF濃度が高く内部に行くに従って低くなること、すなわち、Fの濃度勾配が認められた。
2. 中国人（北京）の抜去上顎第一大臼歯エナメル質表層F濃度は、歯面部位別に比較した場合、いずれの深さにおいても統計学的有意差は認められなかったが、測定したすべての深さにおいて頬側面遠心部、口蓋側面遠心部、頬側面近心部、口蓋側面近心部の順にF濃度が高い傾向を示した。
3. 生活環境因子の一つである水道水中のF濃度が高かった中国人（北京）の抜去上顎第一大臼歯エナメル質表層F濃度は、日本人（札幌）より有意に高かった（頬側面近心部および頬側面遠心部の3, 5 μm : $p < 0.05$, 10, 20, 30 μm : $p < 0.01$, 口蓋側面近心部の1, 3 μm : $p < 0.05$, 5, 10, 20, 30 μm : $p <$

0.01, 口蓋側面遠心部の1, 3, 5, 10, 20, 30 μm : $p < 0.01$).

これらの結果から北京における上顎第一大臼歯のエナメル質表層F濃度が札幌より有意に高い理由として、北京の方が札幌より水道水中のF濃度が約15倍高いためと考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究に貴重な御指導と御助言を賜りました北海道医療大学歯学部口腔生化学講座 田隈泰信教授、同じく歯科理工学講座 大野弘機教授に深く感謝致します。さらに、本研究に終始御協力いただきました北京大学第二臨床医学院口腔科 高 承志先生ならびに同科の皆様にご心から感謝の意を表しますとともに、本研究の主旨をご理解いただき御協力下さいました患者の皆様にご厚く御礼申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、終始御理解と御協力いただきました北海道医療大学歯学部小児歯科学講座の皆様にご心から感謝致します。

文 献

- 1) 厚生労働省医政局歯科保健課：平成11年歯科疾患実態調査報告。口腔保健協会：163, 2001.
- 2) 熊谷 崇, 熊谷ふじ子, 藤木省三, 岡 賢二, Bratthall, D.: クリニカルカリオロジー. 第1版 医歯薬出版：14, 1996.
- 3) 中垣晴男, 丹羽源男, 神原正樹：臨床家のための口腔衛生学. 改訂第1版 永末書店：127-133, 2000.
- 4) Dawes, C. and MacPherson, L. M. D.: The distribution of saliva and sucrose around the mouth during the use of chewing gum and the implications for the site-specificity of caries and calculus deposition. J. Dent. Res. 72 : 852-857, 1993.
- 5) 広瀬弥奈, 松本大輔, 八幡祥子, 五十嵐清治：歯垢中ミネラル (Ca, P, F) 量の口腔内部位特異性について. 小児歯誌 38 : 965-971, 2000.

- 6) 広瀬弥奈, 八幡祥子, 松本大輔, 丹下貴司, 五十嵐清治: 歯垢中ミネラル (Ca, P, F) の各成分間における部位別相互関係について. 小児歯誌 39: 1010-1016, 2001.
- 7) Hirose, M., Yahata, S., Matsumoto, D., Sakaguchi, N., Tange, T., Igarashi, S.: The relationship between site-specific mineral ion contents in dental plaque and salivary flow rates obtained from young adults. *Ped. Den. J.* 13: 17-21, 2003.
- 8) 丹羽弥奈: 上顎第一大臼歯のエナメル質表層フッ素濃度に関する研究 第1報 マイクロサンプリング法による抜去歯での検討. 小児歯誌 32: 100-109, 1994.
- 9) Weatherell, J. A., Hallsworth, A. S. and Robinson, C.: The effect of tooth wear on the distribution of fluoride in the enamel surface of human teeth. *Archs. oral Biol.* 18: 1175-1189, 1973.
- 10) Hallsworth, A. S., Weatherell, J. A. and Deutsch, D.: Determination of subnanogram amounts of fluoride with the fluoride electrode. *Anal. Chem.* 48: 1660-1664, 1976.
- 11) 水野照久: 性別にみたヒト下顎第一小臼歯におけるエナメル質表層フッ素濃度. 口腔衛生会誌 39: 675-683, 1989.
- 12) Lazzari, E. P. (葛谷博磁, 永津俊治, 早川太郎, 原田 実): Lazzari口腔領域の生化学 (Dental Biochemistry. 2nd ed.). 第1版, 医歯薬出版: 6-7, 1977.
- 13) Jenkins, G. N. (河村洋二郎): ジェンキンス口腔の生理・生化学 (The Physiology and Biochemistry of The Mouth. 4th ed.). 第4版, 医歯薬出版: 41-46, 1977, .
- 14) 中垣晴男, 石井拓男, 藤垣展彦, 鶴飼 基, 小林壮之祐, 榊原悠紀田郎: エナメル質表層フッ素量とエナメル質溶解性との関係. 口腔衛生会誌 28: 519-530, 1979.
- 15) 井上一彦, 樋出守世, 高江洲義矩: 日本人小臼歯のフッ化物濃度分布の年齢別解析. 歯科学報 94: 119-140, 1994.
- 16) Aasenden, R. and Moreno, E. C.: Evaluation of biopsy data in human enamel fluoride studies. *Archs. oral Biol.* 16: 1413-1426, 1971.
- 17) Aasenden, R.: Fluoride concentrations in the surface tooth enamel of young men and women. *Archs. oral Biol.* 19: 697-701, 1974.
- 18) Mizuno, T., Nakagaki, H., Weatherell, J. A. and Robinson, C.: Differences in fluoride concentrations in the enamel surfaces of lower first premolars from young human males and females. *Archs. oral Biol.* 35: 977-981, 1990.
- 19) Jenkins, G. N. and Speirs, R. L.: Distribution of fluorine in human enamel. *J. Physiol.* 121: 21-22, 1953.
- 20) Brudevold, F., Gardner, D. E. and Smith, F. A.: The distribution of fluoride in human enamel. *J. Dent. Res.* 35: 420-429, 1956.
- 21) Isaac, S., Brudevold, F., Smith, F. A. and Gardner, D. E.: Solubility rate and natural fluoride content of surface and subsurface enamel. *J. Dent. Res.* 37: 254-263, 1958.
- 22) Yoon, S. H., Brudevold, F., Gardner, D. E. and Smith, F. A.: Distribution of fluoride in teeth from areas with different levels of fluoride in the water supply. *J. Dent. Res.* 39: 845-856, 1960.
- 23) Charlton, G., Blainey, B. and Schamschula, R. G.: Associations between dental plaque and fluoride in human surface enamel. *Archs. oral Biol.* 19: 139-143, 1974.
- 24) Yardeni, J., Gedalia, I. and Kohn, M.: Fluoride concentration of dental calculus, surface enamel and cementum. *Archs. oral Biol.* 8: 697-701, 1963.
- 25) Kato, K.: Estimation of the factors influenced in fluoride retention within dental plaque in vivo. *Cariology Today* 1: 31-36, 2000.
- 26) 高江洲義矩, 飯島洋一: エナメル質表層におけるフッ素とその反応様式. 須賀昭一, 石井俊文編 齲蝕感受性 エナメル質表層の構造と組成, 口腔保健協会: 117-132, 1976,
- 27) 黄 士麟: 日本人, 中国人およびイギリス人の歯石中のフッ素濃度分布. 愛院大歯誌 34: 435-445, 1996.
- 28) Nikiforuk, G.: Understanding Dental Caries, 1 Etiology and Mechanisms, Basic and Clinical Aspects. Karger: 125-127, 1985.
- 29) Weatherell, J. A., Robinson, C. and Hallsworth, A. S.: Changes in the fluoride concentration of the labial enamel surface with age. *Caries Res.* 6: 312-324, 1972.
- 30) 八幡祥子, 広瀬弥奈, 丹下貴司, 高 承志, 五十嵐清治: 中国人のエナメル質表層フッ素濃度と生活環境因子との関連-抜去下顎中切歯の分析とアンケート調査-. 小児歯誌 38: 595-604, 2000.
- 31) 武井 勉, 大嶋 隆, 中田 稔, 神山紀久男, 小野博志, 長坂信夫 他: 中国人小児の歯科疾患と歯科的特質に関する実態調査-齲蝕活動性について

- 一. 平成2, 3年度 文部省科学研究費補助金(国際学術研究)研究成果報告書: 165-187, 1992.
- 32) Speirs, R. L. : The uptake, exchange and release of fluorides at the surfaces of the teeth. *Brit. Dent. J.* **104** : 347-348, 1958.
- 33) Shannon, I. L. and Trodahl, J. N. : Effect of waterborne fluoride on fluoride concentration and solubility of dental enamel. *Aust. Dent. J.* **22** : 428-431, 1977.
- 34) Taves, D. R. : Dietary intake of fluoride ashed (total fluoride) v. unashed (inorganic fluoride) analysis of individual foods. *Br. J. Nutr.* **49** : 295-301, 1983.
- 35) San Filippo, F. A. and Battistone, G. C. : The fluoride content of a representative diet of the young adult male. *Clin. Chim. Acta* **31** : 453-457, 1971.
- 36) Singer, L., Ophang, R. H. and Harl and, B. F. : Fluoride intake of young male adult in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* **33** : 328-332, 1980.
- 37) 飯塚喜一: フッ素に関する衛生学的研究 第2編 日本におけるヒト歯牙, 食品および上水道水中のフッ素量. *日衛誌* 19: 1-7, 1964.
- 38) 鮫島一男: 日本人弗素摂取量に関する研究. *口腔衛生会誌* 8: 37-45, 1958.
- 39) 齊藤博業: 日本人青年男子の日常摂取する食餌の弗素含有量に関する研究. *防衛衛生* 7: 313-325, 1960.