

# 集団用フッ素イオン導入装置（フロリアート） によるう蝕予防効果

木次英五 吾妻英夫 藤巻範雄  
境 脩 堀井欣一

新潟大学歯学部予防歯科学教室（主任：堀井欣一教授）

（昭和52年11月26日受付）

Effect of Topical Fluorine Application on Dental Caries  
Experience Using an Apparatus of Iontophoresis (Fluoriart)

Eigo KITSUGI, Hideo AGATSUMA, Norio FUJIMAKI,  
Osamu SAKAI and Kin-ichi HORII

*Department of Preventive Dentistry, Niigata University School of Dentistry  
(Director: Prof. Kin-ichi Horii)*

## 緒 言

昭和46年7月、長野県教育委員会は県下の小学学童のう蝕増加を重視、その予防のために集団用フッ素イオン導入装置フロリアート（Fluoriart）を購入し、「試験的に5校で実施し、これを将来、県下全域に普及させたい」として、県歯科医師会にその実施を依頼してきた。両者協議の結果、実施要領もきまったが、本法の臨地研究の報告が少なく、予防効果の程度がはっきりしていないので、主目的は口腔衛生教育とし、フロリアートはその目的への補助的手段で、実質的な予防効果には、あまり重点をおかないこととなった。

しかし、県下全域に普及させるためには、本法のう蝕予防効果がどの程度かを知ることは重要である。そこで試験的に実施する5校とは別に、著者らは年5万円の助成を受けて、昭和47年春より51年春までの満4年間、その臨地試験研究を行ない、若干の結果を得ることができたので報告する。

## 研究対象

研究対象は長野県南佐久郡下の、田口、佐久西、

八千穂北、北牧、松原分校、川上第1、川上第2、南牧、板野分校、平沢分校の合計10小学校の昭和47年度新入学児童362名である。

これら全対象校の学童を3群に分け、それぞれフッ素イオン導入群（以下I群）123名、通電しないフッ素塗布群（F群）120名、生理的食塩水による対照群（C群）119名とした。この3群への分け方は、学校単位、あるいは学級単位ではなく、各学級の出席簿順にI、F、C、I、F、C……、というように、上記3群の各群に属する生徒が各学級内でほぼ同数になるようにした。

この臨地試験は、昭和47年4月から開始し、昭和51年5月までの4年間に、検診5回、塗布を8回実施した。

なお、対象地域の飲料水中のフッ素濃度は、いずれの地区も0.2 ppm程度である。

## 研究方法

1) 検診：検診カードは歯面単位で記録できるようにした。図1に示すように、各歯面を小窩裂溝と平滑面とに分け、前歯4面、臼歯5面とし、全口腔では小窩裂溝24、平滑面104、計128面とした。検診は年1回、5月に行ない、タイプは

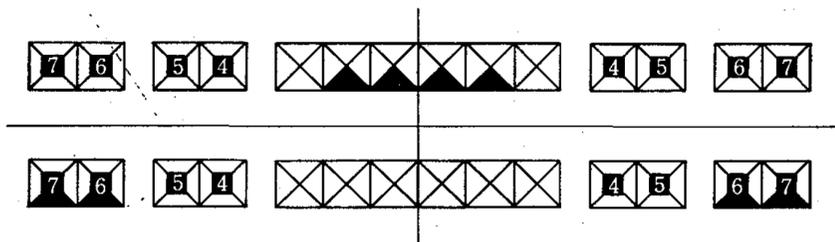


図1 検診票 (■: 小窩裂溝, □: 平滑面)

視診型検診である。なお、検査時には検査者の主観が入らないようにするため、カードは検診に先立って児童に持たせ、記録者に渡すようにした。

2) 塗布: 研究対象のうち、I群にはフロリアート取扱い説明書の指示通り、トレーの綿部に2%中性フッ化ナトリウム溶液3~4mlで浸し、片顎2分、0.2~0.3mAの通電を行なった。F群には通電は行なわないが、他はすべてI群と同様の術式で行ない、C群には生理的食塩液をフッ素溶液の代りに使用した。

塗布時にはフロリアート操作係1名、トレー着脱係2名で、1度にI群3名、F群3名、C群3名の計9名を処理した。塗布後1時間は洗口、昼食等を行なわないよう指示し、年2回、5月と11月に塗布した。

### 結 果

臨地試験開始時の被検者数は362名であったが、転出および1回でも欠席した児童を除いた被検者数は、I群101名、F群107名、C群106名、計314

名であった。

表1は各群のDMF者率の推移を示したものである。C群との比較で、I群の減少はみられず、F群は2年、3年、4年時にややう蝕り患者率の低下がみられるようであるが、統計的有意差はなかった。5年時には3群ともに、DMF者率は96%を示し、I群およびF群ともにDMF者率を減少させ得なかった。

表2、図2は各群4年間のDMFT指数の推移を示したものである。C群に比較してI群、F群ともに減少傾向にあり、51年春(5年時)の各群間の差は、C群にくらべるとF群のう蝕予防効果は16.3%で5%以下の危険率で統計的有意差が認められた。しかし、これに対してC群とI群、I群とF群との間には有意差は認められなかった。

表3、図3、4はDMFS指数の推移を示したものである。すなわち、全歯面(All Surfaces: AS)と共に、歯面を小窩裂溝(Pit and Fissure: PF)、隣接面(Mesio-Distal: MD)、頬舌面(Bucco-Lingual: BL)の3型に分けて、歯面によってフッ素塗布の効果がどのように違うかについて検討したものである。

5年生になった時点でう蝕を歯面別にみるとPF面78.4%、MD面18.7%、BL面2.9%であった。BL面は極めてう蝕の発生が少ないので、以下BL面を除いて、AS、PF、MDについて検討する。

表1 各群のDMF者数(DMF者率%)の推移

群	学 年	1	2	3	4	5
I	101名	43 (42.6%)	76 (75.2%)	94 (93.1%)	95 (94.1%)	97 (96.0%)
F	107名	44 (41.1%)	71 (66.4%)	86 (80.4%)	96 (89.7%)	103 (96.3%)
C	106名	44 (41.5%)	78 (73.6%)	92 (86.8%)	101 (95.3%)	102 (96.2%)

表2 群別DMFT指数の推移

	群	学 年	1	2	3	4	5
DMFT 指数	I		0.72 ± 0.10 <sup>△</sup>	1.77 ± 0.14	2.56 ± 0.14	3.06 ± 0.18	4.10 ± 0.23
	F		0.80 ± 0.10	1.54 ± 0.14	2.23 ± 0.14	2.96 ± 0.17	3.88 ± 0.21
	C		0.74 ± 0.10	1.78 ± 0.14	2.62 ± 0.15	3.43 ± 0.19	4.42 ± 0.21

△: MEAN ± SE

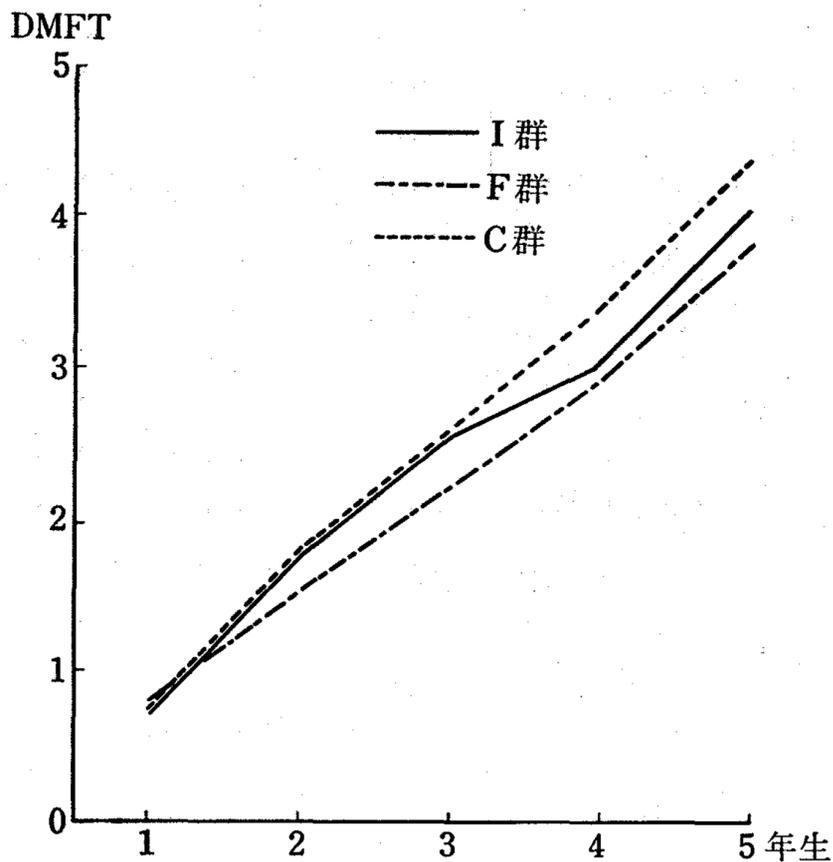


図2 群別 DMFT 指数の推移

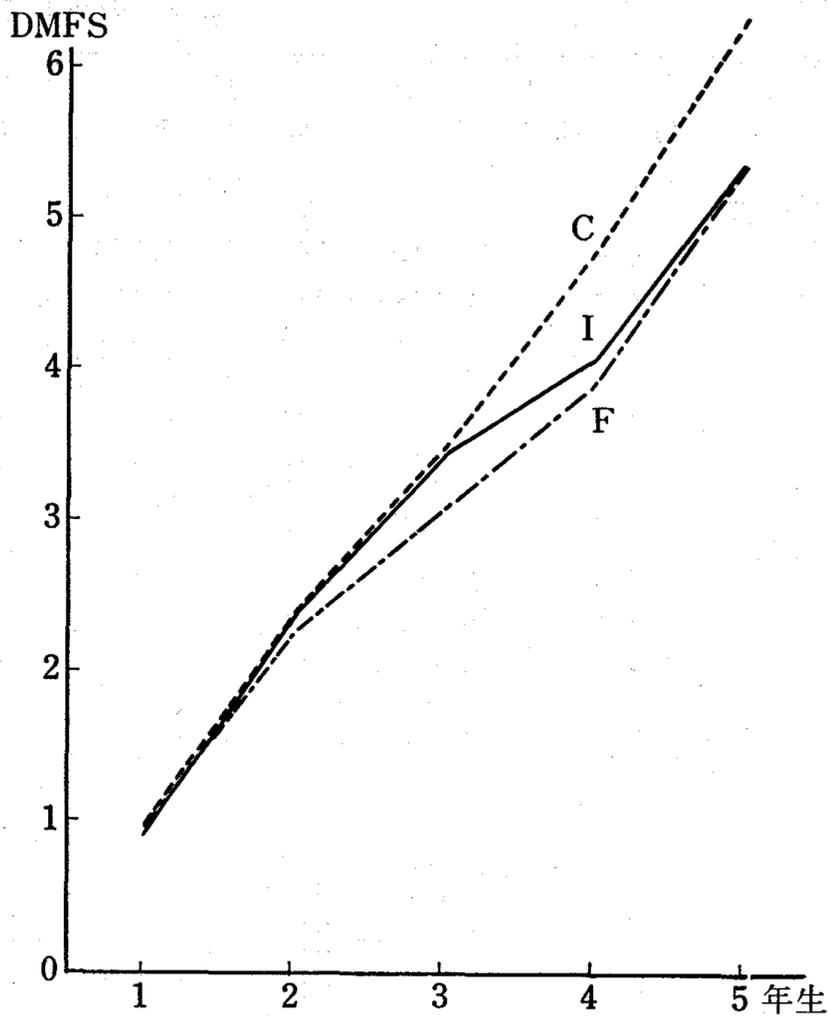


図3 群別 DMFS 指数の推移 (全歯面)

表3 群別, 歯面別 DMFS 指数

群	学年	人数	歯面の種類			
			全歯面	PF	MD	BL
I	1	101	0.90 ± 0.13 <sup>△</sup>	0.89	0	0.01
	2		2.37 ± 0.20	2.31	0.03	0.03
	3		3.46 ± 0.20	3.26	0.15	0.05
	4		4.09 ± 0.27	3.58	0.47	0.04
	5		5.40 ± 0.34	4.27	1.02	0.11
F	1	107	0.96 ± 0.14	0.94	0.01	0.01
	2		2.27 ± 0.22	2.15	0.07	0.05
	3		3.09 ± 0.23	2.92	0.13	0.04
	4		3.95 ± 0.26	3.50	0.39	0.05
	5		5.42 ± 0.32	4.47	0.78	0.17
C	1	106	0.97 ± 0.14	0.95	0	0.02
	2		2.28 ± 0.22	2.25	0.03	0.01
	3		3.48 ± 0.23	3.21	0.23	0.05
	4		4.82 ± 0.32	3.81	0.86	0.15
	5		6.41 ± 0.38	4.75	1.43	0.22

△: MEAN ± SE

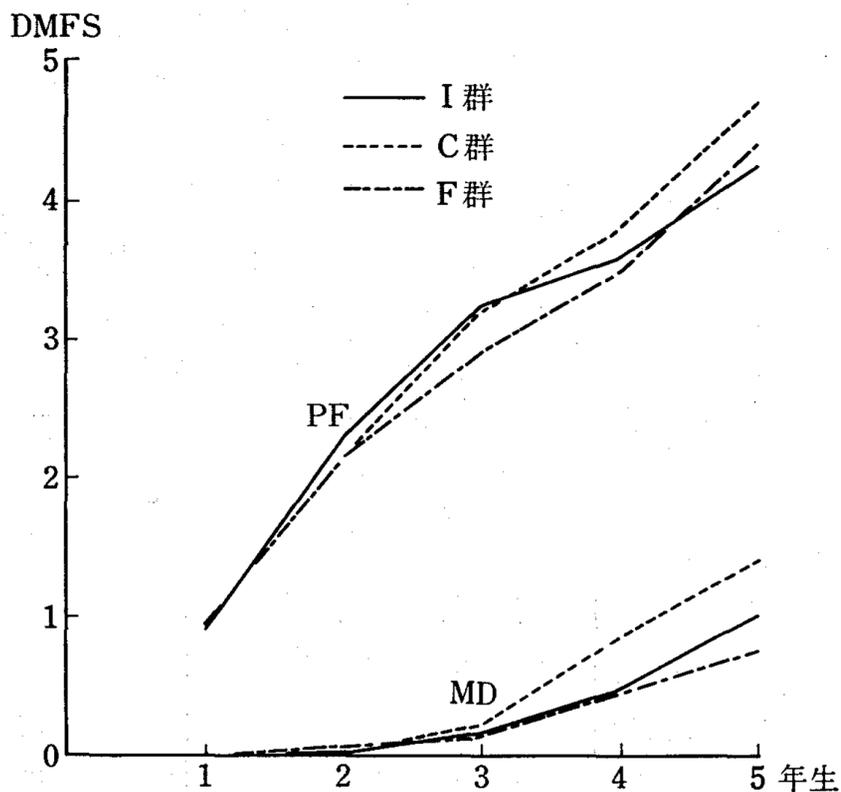


図4 群別, 面別 DMFS 指数の推移

表 4 歯種別 NEW DMFS 指数

	歯種	I 群	F 群	C 群	有意検定		
					I-F	I-C	F-C
PF	$\overline{6 6}$	1.901±0.120 <sup>△</sup>	1.963±0.128	2.094±0.123	NS	NS	NS
	$\overline{6 6}$	1.178±0.086	1.150±0.076	1.274±0.082	NS	NS	NS
	その他	0.297±0.077	0.411±0.094	0.453±0.084	NS	NS	NS
MD	$\overline{6 6}$	0.079±0.036	0.150±0.049	0.170±0.051	NS	NS	NS
	$\overline{6 6}$	0.188±0.061	0.159±0.044	0.406±0.086	NS	*	**
	$\overline{2 2}$	0.218±0.052	0.168±0.047	0.283±0.058	NS	NS	NS
	$\overline{2 2}$	0.059±0.031	0.009±0.009	0.066±0.028	NS	NS	NS
	$\overline{1 1}$	0.347±0.081	0.215±0.066	0.406±0.090	NS	NS	NS
	$\overline{1 1}$	0.109±0.056	0.019±0.013	0.085±0.038	NS	NS	NS

△: MEAN±SE    \*: P<0.05    \*\*: P<0.01    NS: NON SIGNIFICANT

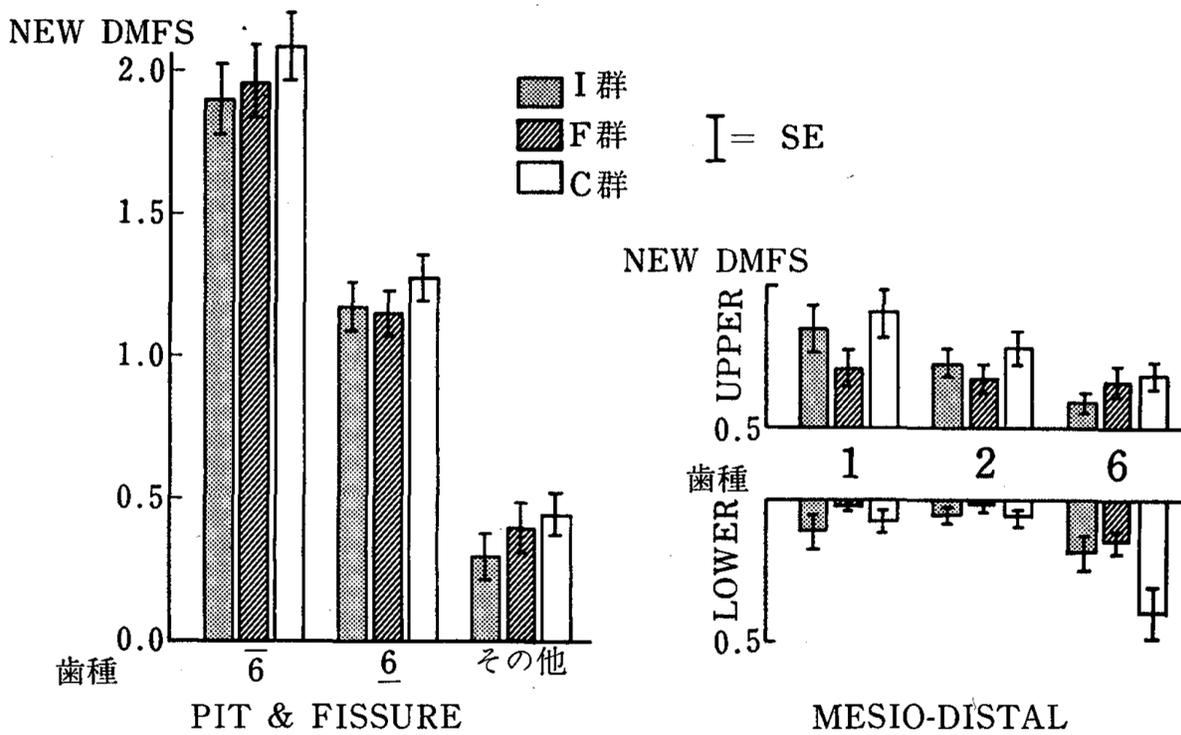


図 5 歯面別, 歯種別 NEW DMFS 指数

図 3 は表 3 の全歯面の数値を図示したものである。4年生の時点では、C群との比較でI群は危険率5%以下、F群は1%以下で有意差が認められ、5年生では、両者共に1%以下の危険率で統計的有意差が認められた。う蝕予防効果はI群17.3%、F群18.0%であった。しかし、I群とF群の間には差が認められなかった。

図 4 は表 3 の小窩裂溝と隣接面を図示したものである。PF面では5年生においても3群の間に統計的有意差が認められなかった。一方、MD面は3年生からう蝕発生がみられ、5年生ではC群との比較で、I群は危険率5%以下、F群は1%

以下で有意差が認められた。I群とF群の差はなかった。I群の予防効果は28%、F群は45%であり、PFとMDをDMFS指数で観察すると、フッ素塗布の効果はMD、すなわち隣接面の方が大きいという結果であった。

表 4, 図 5 は歯種, 歯面別に New DMFS 指数を示したものである。歯種に分けた観察では $\overline{6|6}$ の近遠心面でI群とC群との差が危険率5%以下、F群とC群とが1%以下で有意であったが、その他はいずれの歯種も有意差は認められない。

以上の結果から小学生の永久歯う蝕は第1大白

歯に非常に多いことがわかる。第1大臼歯について、入学時の検診ですでに萌出していた歯と、未萌出の歯に分けて調べたところ、萌出群の New DMFS で隣接面において I 群と C 群、未萌出群の New DMFT で F 群と C 群との間に 5% 以下の危険率で差がみられた他は、特記すべきことはなかった。

### 考 察

フッ素歯面塗布法としてのトレー法は、従来の歯を単位として塗布する、いわゆる綿球法に比べ、短時間で多数の児童に塗布できるため、集団用として優れており、上水道フッ素化が困難な状況下にある我が国では、洗口法と共に実効の期待できるう蝕予防手段の1つと思われる。

川島<sup>1)</sup>、金井<sup>2)</sup>らによって紹介されたフロリアート法もその1つであろう。単に塗布するよりも通電によって、より多くのフッ素を歯質に浸透させようとしたものであり、う蝕の発生について臨床的に有効と思われる成績を得ていると述べている。

しかし、フッ素イオン導入装置を用いてう蝕を予防しようと考え、その応用がなされるようになってから久しくなるが、その臨床的効果を疫学的に調査分析した情報はほとんど見あたらない。

今度、著者らは、長野県南佐久郡下の10の小学校で臨地試験研究の機会を得た。年2回塗布法で計8回、4年間の臨床試験で、対象校の昭和47年度新入児童362名を、1年生から5年生まで追跡することができた。しかも、試験群別計にさいしても、従来のような学校別、あるいはクラス別によることなく、1クラスの中で出席簿順に分けることができたことは、この種の臨地試験研究にとっては、誠に幸であった。これによって、群別による各集団を均一化することが出来たばかりでなく、検査者が検査時における主観を完全に排除することができたからである。さらに、被検児童もすべてほぼ同一の処理を受けていることから、本試験法は二重盲検法として解釈してもよいと思われる。

さて、その結果は表1にみられるように、対照

群(C群)との比較においてイオン導入群(I群)もフッ素塗布群(F群)も、う蝕患者率の推移においてはほとんどその差を見出すことはできなかった。ことに5年時では、いずれも96%の高率を示し、各群の間の差は全くなかった。

DMFT 指数、すなわち1人平均う蝕歯数でみると、表2、図2のように5年時においてF群ではC群との比較で統計的に有意にう蝕歯数が少なく、その予防効果は16.3%を示した。しかし、C群とI群、I群とF群との間には差はみられなかった。

DMFS 指数、すなわち1人平均う蝕歯面数では、表3、図3にみられるように4年時以後において、そのう蝕患歯面数はI群、F群ともC群に比べて低く、その予防効果はI群で17.3%、F群で18.0%であった。しかし、ここでもI群とF群の差は認められなかった。

さらに、歯面別の特徴から小窩裂溝(PF)と隣接面(MD)とに分けて観察したのが図5である。PFのう蝕患率は極めて高く、しかも、5年時においてもC、F、I各群の間に差は認められなかった。一方、MDのう蝕患率は比較的低く、5年時ではC群との比較でI群、F群ともにそのう蝕発生率は有意に低く、う蝕予防効果はそれぞれ28%、および45%であった。

以上のような成績を通観すると、小学校入学時から年2回のフッ素塗布の効果は比較的低いことが判明する。種々の塗布条件の差によって、フッ素塗布によるう蝕の予防効果には差がみられるが、Knutson法によるフッ化ナトリウム年4回塗布法では、永久歯のう蝕予防効果はDMFTで30~40%を示すことが多い<sup>3)</sup>。本試験法の塗布間隔6カ月の例をみると、Galagan and Knutson<sup>4)</sup>は、14.6%の効果であったが、これを3カ月間隔にすると26.7%の効果を示している。その他の例からもフッ素塗布によるう蝕の予防効果は塗布の頻度によって大きな差がでてくることが知られている。本試験法の年2回塗布法では、あるいは十分な予防効果を期待することは無理なのであろう。

次に、DMFT 指数、DMFS 指数での観察か

ら, I群とF群との間に差がみられず, また, ほとんどI群の方がF群にくらべて成績が悪いという結果を示した。

歯科におけるイオン導入法は主として感染根管の消毒と象牙質知覚過敏症に応用されている。

感染根管治療への応用に関連した研究として, 1937年, Mathis と Adler<sup>5,6)</sup> は象牙質の比抵抗は500 K $\Omega$  であり, 拡大された根管象牙質の抵抗は130 K $\Omega$  と見積もることができるので, 根管壁は事実上, 絶縁体と見なし得ると報告した。しかし, 1942年, 鈴木<sup>7)</sup> は歯の電氣的性状に関する研究として, 象牙質の比抵抗は約25 K $\Omega$  であり, 根管壁を通過する電流は根端孔を通過するその数倍となると報告した。そして, 感染根管治療に総電氣量30~140 mA 分(4 mA $\times$ 7.5分~35分)を使った<sup>8,9)</sup>。

この様に感染根管消毒にはかなりの電氣量が用いられる。これに対して, 生活歯髄である歯頸部象牙質知覚過敏症には感染根管の場合より少ない。

Seidner<sup>10)</sup> は知覚過敏症にフッ素イオン導入を12分行なうと単に塗布の時より効果があったと述べている。Jensen<sup>11)</sup> はイオン導入用ハブラシを2週間用いて知覚過敏症に対する効果を認めている。このときの作用する電流は20~60  $\mu$ A で, 総電氣量は1.7 mA~5 mA であった。井上<sup>12)</sup> は歯頸部知覚過敏に8%塩化亜鉛を用いて0.7 mA 4分で顕著な効果を示した。小林ら<sup>13)</sup> は8%フッ化第1錫溶液を用いて1.4 mA (0.7 mA $\times$ 2分), 漏洩のあるものは3 mA (1 mA $\times$ 3分) とし, その効果は有効であったと報告した。

フロリアートによる通電は0.2 mA 2分で1回の電氣量は0.4 mA 分と少ない。黛<sup>14)</sup> は学童臼歯の小窩裂溝は600 K $\Omega$  以上の電氣抵抗値をもつ症例はう蝕もなく, う蝕り患性の少ないものであり, 250 K $\Omega$  以下の抵抗値を示すものは外見のいかんにかかわらず, 象牙質に達するう蝕を有するか, 間もなくう蝕にり患するものであるという。う蝕予防を目的としてフッ素を塗布し, 実際に効果を期待するのは250 K $\Omega$  以上の歯牙であると考えられるので, フロリアートによって通電する場

合には少なくとも250 K $\Omega$  以上の抵抗を示す部分にイオン導入を行なうこととなる。露出象牙質に適用する場合でも, 井上, 小林らは1.4 mA~3 mA 分の通電を使用しているのに対して, エナメル質を通して通電し, フッ素の浸透を計るためには, フロリアートによる1回の電氣量が0.4 mA 分では不十分ではないかと思われる。さらに, フロリアートによる通電での漏洩に関して, 歯頸部から歯肉に触れるトレー法でのイオン導入では, 通電時により抵抗値の低い歯肉方向に流れてしまい, フッ素イオンの流れも有効には作用しない方向に流れてしまう可能性についても考慮しなければならないであろう。

今度の疫学的な臨地試験研究結果から, イオン導入法によるフッ素塗布が, 通電しない塗布より劣るとする結論は得られなかったが, 通電することによる利益がより大きいという結論も導き出すことはできなかった。このことは重要な課題であり, その原因を追求しなければならないと思われる。

またフロリアートによる塗布法は, 専用のトレー内に綿を使用しているため, 片顎塗布に必要なフッ素液量は3~4 ml であった。上下顎には5~8 ml 使用することになり, かつ, その術式は唾液の吸引は行なわれない。同様なトレー法で唾液吸引を行なうフロリデーターの3倍以上のフッ素液使用量である。このフッ素量は45~70 mg に達し, 全量を誤飲すると小児の場合急性中毒量になる。したがって, 実施に際しては排唾には十分注意する必要があると思われる。

## 総 括

小学校入学児童362名を各クラス内で均一に3群に分け, フッ素イオン導入装置フロリアート法により, そのう蝕予防効果を4年間追跡観察し, 次のような結果を得た。

1) う蝕り患者率(DMF者率)は, フッ素イオン導入群(I群), 単純フッ素塗布群(F群)とも対照群(C群)との比較で差はなく, 4年後の5年生ではいずれも96%と高率のう蝕発生をみた。

2) 1人平均う蝕歯数 (DMFT 指数) は5年時において, C群との比較においてI群, F群ともに少なくなる傾向にあった。C群とF群間には  $P < 0.05$  で有意差が認められ, そのう蝕予防効果は16.3%を示した。しかし, C群とI群, I群とF群との間には有意差は認められなかった。

3) 1人平均う蝕歯面数 (DMFS 指数) では4年時以上において, I群, F群ともC群に比べてう蝕発生率は有意に少なかった。5年時ではう蝕予防効果はI群17.3%, F群18.0%であった。しかし, I群とF群の間には差がみられなかった。

4) 小窩裂溝 (PF) と隣接面 (MD) とに分けてみた場合, PF では3群間に差はみられなかったが, MD ではC群との比較でI群は  $P < 0.05$ , F群は  $P < 0.01$  以下の危険率で有意にう蝕発生が少なかった。その予防効果はそれぞれ28%, 45%であった。しかし, I群とF群の間には差が認められなかった。

5) 歯種歯面別の観察では, 6 $\bar{6}$ のMD面でI群とC群間で  $P < 0.05$ , F群とC群間で  $P < 0.01$  で有意差がみられたが, その他の歯種, 歯面には差が認められなかった。

6) 第1大臼歯において入学時すでに萌出していた歯と, 未萌出であった歯とに分けてその後の経過を観察したが, う蝕予防効果において特記すべきことはなかった。

## 文 献

- 1) 川島 康: フッ素イオン導入法の臨床, 歯界展望, **36**: 863, 1970.
- 2) 金井昌邦他: 歯牙硬組織のイオン透過に関する総合的研究 (1), 口科誌, **3**: 245, 1954.
- 3) Bernier J. L. 原著, 森岡俊夫訳: 臨床予防

歯科学, 医歯薬出版, 東京, 1972, 121頁.

- 4) Galagan, D. J. et al.: Effect of topically applied sodium fluoride on dental caries experience, VI, experiments with sodium fluoride and calcium chloride; widely spaced applications; use of different solution concentrations, Public Health Rep., **63**: 1215, 1948.
- 5) Mathis, H. et al.: Untersuchungen über den elektrischen Widerstand des Dentins, Z. f. Stomat., **35**: 760, 1937.
- 6) Mathis, H. et al.: Messung der Stromstärke und Spannung bei "Wurzel-Behandlung mit Gleichstrom.", Z. f. Stomat., **35**: 1312, 1937.
- 7) 鈴木賢策: Iontophorese に関する実験的研究, 口病誌, **16**: 411, 1942.
- 8) 鈴木賢策他: 口腔治療学, 永未書店, 京都, 1956, 77頁.
- 9) 大竹知世他: 酸化銀アンモニア溶液イオン導入法の感染根管治療成績, 口病誌, **19**: 141, 1952.
- 10) Seidner, S.: Behandlung der Hyperästhesie der Zahnhäule mittels Flour-Iontophorese, Schweiz. Mschr. Zahnheilk., **76**: 859, 1966.
- 11) Jensen, A. L.: Hypersensitivity controlled by iontophoresis: double blind clinical investigation, J. A. D. A., **68**: 216, 1964.
- 12) 井上雅臣: 象牙質知覚過敏の処置としての亜鉛イオン導入法, 日保誌, **1**: 1, 1958.
- 13) 小林正和他: 象牙質知覚過敏症に対するフッ化第1錫応用による治療効果について, 日歯評論, No. **321**: 26-810, 1969.
- 14) 黛 嘉泰: 電気抵抗測定による小窩裂溝う蝕の診断法, 日保誌, **7**: 50, 1964.