歯科学報 Vol.68,No.12(1968)

－ 原 著 －

窩洞形成後の弗素イオン導入法が歯髄にあたえる効果に関する実験病理学的研究

東京歯科大学口腔病理学教室（指導 松宮誠一教授）
東京歯科大学市川病院歯科 （指導 加藤倉三教授）

相（あい） 有三郎（ゆうさぶろう）

（1968年10月23日受理）

緒 論

生活歯髄を有する歯牙に、窩洞形成を行った場合その刺戟が、歯細管ならびに歯線維を介して歯髄における造歯細胞の排列混乱、萎縮消失、あるいは造歯細胞層内における空胞形成等を招来し、固有歯髄においては、充血、出血、桿状体の出現、円形細胞浸潤、予成象牙質の消失等を来たさしめる。しかしまた、窩洞形成後、髄室内において、予成象牙質の肥厚、補綴象牙質の形成等も期待でき得るものであることに関し、関根(1952)、関谷(1957)、鈴木(1960)、堀江(1960,1961)、枝(1962)、栗山(1963)、中村(1966)等多数先人の報告がある。

すなわち、窩洞形成による歯髄の炎症と、補綴象牙質の形成との両者は、緊密な関連を有するものであり、いわゆる間接歯髄覆罩法として、一面においては、歯髄に対する鎮静法が行われ、他の一面において、補綴象牙質の形成を促進する目的から各種薬剤が応用されている。

すなわち、現在汎く臨床上使用されているものは、亜鉛化ユージノール(ネオダイン)ならびに、プロテクトセメント等であり、これらに対しては関根(1953)、北野(1960.1961)、中野(1962)、稲浜(1965)、浅井(1967)等多数の研究業績が報告されている。間接歯髄覆罩剤の所要性質として、関根は、次の如き性質を、具備するものでなければならないと述べている。すなわち、

Ⅰ 治療学的性質

(1)硬組織切削に基因する歯髄内の種々な病変を、速かに治癒せしめると同時に、充填物に由来する理化学的刺戟を完全に遮断し、且つ非薄な窩底象牙質に相等する歯髄壁に、できるだけ迅速且つ確実に、補綴象牙質を形成させる様に、歯髄の機能を鼓舞すること。

(2)歯髄に損傷を与えない程度で、防腐又は、制腐性を有すること。

(3)応用後、歯髄に不快症状を与えないこと、否むしろできれば、鎮痛、消炎効果を有すること。

Ⅱ 材質的性質

(1)長期不変の状態で臨床に簡単に保存できること。

(2)覆罩操作が簡単であること。

(3)できるだけ非薄な膜状とすることが可能なこと。

これにより、窩底と充填物との距離を出来るだけ接近せしめ、その結果、必然的に窩洞要約を充たすために要求される歯髄へ向っての象牙質切削をできるだけ逓減すること。

(4)理工学的に充分な強度を有することできれば、充填物の永久合着材と同様な理工学的性質を具えていること。

である。

以上の各項、ことに治療学的性質として具備すべき条件を充足し、迅速且つ確実に活発な補綴象牙質の形成を招来する目的から窩洞形成直後、窩洞内の象牙質面より弗素イオン導入法を行い、興味ある知見を得たので生活歯髄を有する歯牙の窩洞形成後の覆罩剤使用以外の新しい試みとして、臨床上応用の価値あるものと考え、ここに報告する次第である。

従来の文献概要

イオン導入法は、1883年Cohn およびMendelson により直流電流の殺菌消毒作用が報告されてから、主として、その目的のため根管に応用された。

Johnston(1922)、Appleton and Grossman(1931)等は沃度亜

鉛、沃度液等を根管内に満たし金属線を根管深く挿入して，通電を行い良好な結果を得たと報告している。

Bernard(1931)は、沃度加里、塩化ナトリウムを用い、その結果根管内が無菌状態になる事を報告している。(川島の論文を引用)また鈴木(1942)、金子(1958)等は不分極電導子を用いて 3%銀アソモニヤ溶液、ペニシリン G カリウム塩、20%ホモスルファミン液の導入療法を行っている。その他、弗素以外のイオン導入及び通電に関しては井上(1958)、長田(1956)、大谷(1956)、鈴木徳雄(1960)等の報告がある。

弗素イオン導入法に関しては、松宮、加藤(1957)、川島(1960)、高橋(1959)により殺菌等の作用の他に歯槽骨、根端、歯髄内に活発な硬組織の増生又新生が見られると報告している。すなわち川島は、根管治療に際し弗素イオン導入法を行ったところ、多数例に骨性癒着の発現を認め、その部位は根端のみならず根側部においても活発に認められる事実から、弗素イオンは根管壁歯細管を通して積極的に導入せられたものと考えられ、これらの根管治療によって招来された硬組織の活発な増生は、弗素イオンの作用に帰せられるべきものであると報告している。

高橋も麻酔抜髄後に弗素イオン導入法を行い、周囲歯槽骨の増生、増生硬組織による根端閉鎖、象牙質牆の形成を高度に認めたと報告ている。

歯齦に対しては、加藤が Pyo-cure を使用し歯槽膿漏症にもっぱら 50μA の通電で弗素イオン導入法のみを行い、自他覚的症侯の好転と共に 1 ケ月以上加療例においてレ線像に歯槽骨縁の平滑化が、ほとんど全症例に認められ、歯槽骨の回復も長期加療により期待出来たと述べている。歯牙硬組織に対するイオン導入に関しては金井(1954)がう蝕予防法として、歯牙への弗素塗布にイオン電気泳動の立場から、微少電圧を用い、弗素イオンを積極的に歯牙の表面から滲入させた。

小守(1956)は、抜去歯牙に弗素イオン導入を行い、それについて弗素が琺瑯質より象牙質を通り歯髄に向って拡散滲透している事を、X 線回析を用いて認め、Sausen.R.E(1955)は、放射性 Ca^{45} を 0.5mA の電流を用いて、60 秒以内に切断された象牙質歯細管の全長を通過すると報告しており、P.L.Schlegel(1962)は、弗素イオンを琺瑯質より導入し、琺瑯質の対酸性の増加すること認めている。また、E.C.Stowell(1964)も沃化物の放射性同位元素を用いて、イオン導入による滲透を確かめている。しかし、これらの場合の歯髄内変化については、いまだ本邦においてはほとんど検索が行われていない。

W.Lefkowitz(1962)の報告においては、窩洞に弗素イオン導入を行った結果、除痛剤として有効に作用し、臨床上知覚過敏の抑制を得た。しかし除痛効果は弗素のみの作用ではなく、その後唾液を用いた実験で同様の結果を生じ、共通の要因は電流であるとしている。しかしこれに対し、J.Simmons(1961)は,歯頸部知覚過敏に弗素イオン導入法を行い、これをほとんど除去することができ、また窩洞形成、支台歯形成後の疼痛についてもこれを減ずることができると述べ、NaF 以外の弗化物も試みたが、これと同等の効果は得られず、また NaF 溶液が唾液等により汚染された場合は効果を減じたと報告している。なお、この除痛作用は永久的で、再発は非常にまれであり、弗素イオン導入により歯牙及び歯周組織には臨床的、病理学的にいかなる変化も認められなかったと述べている。N.M.Scott(1962)は、矯正の目的で両側抜去される第 1 小臼歯と乳犬歯に象牙質窩洞を形成し、1%の弗化ソーダー溶液を用いて、1mA の通電を行った。そして通電を除き同様に処置された同一歯穹の対照歯と比較した結果、実験歯に於ては造歯細胞に、100%の空胞形成と歯髄修復の遅延、それと歯細管直下に補綴象牙質を認めたと報告している。そしてすべての対照歯と実験歯は抜去時まで無症状であり、1%の弗化ソーダーによる鈍麻は、1mA の電流により生活力が弱められた為ではないと述べている。A.L.Jensen(1964)は、弗素入り歯磨きとイオン歯ブラシを用い、9 週間後に全過敏症の 98%が消失あるいは改善され、このような効果は対照に用いたものではごく僅かに認められたに過ぎなかったと報告している。以上在来の研究で明らかにされている如く、弗素イオン導入法を行うことにより、象牙質の知覚が鈍麻されることは J.SmmonsA.L.Jensen, W.Lefkowitz 等多くの研究報告により明確である。しかし、その機序については、ほとんど解明されておらず、LefkOwitz は、補綴象牙の形成により、原生象牙質が変化を受け、生活機序を示めさないものと変って刺戟を伝える能力を失い、その結果鈍麻されると説明しているが、実際イオン導入により同氏が発表している病理標本の如く、1～2 日で補綴象牙質が形成されるものか否かは疑問である。また氏の場合、窩洞を亜鉛化ユージノールで充填しており、対照に通電を行わない症例を持たず、単なる窩洞形成のための刺戟と弗素イオン導入による効果との比較は、正確に行われていないうらみがある。なお氏は、結論に於いて補綴象牙質の形成は、弗素イオン導入によるものではなく、単に電気刺戟のみでも形成されると述べているが、これは H.M.Scott.J.Simmons,等の報告している見解とは異なるもので、

加藤、川島等の弗素イオンにより石灰化が促進されるという報告に対しても、一致しない見解を示している。すなわち、イオン導入による補綴象牙質の形成に関しては、まだ系統的になんら研究解明されておらず、ことに本邦においては、これに関する研究の結果は発表されていない。そこで著者は、この点に関し、実験病理学的に解明すべく、同一実験動物に対し、可及的同じ程度の窩洞形成を行い、弗素イオン導入を行ったものの対照として、同量の通電のみを行ったもの(第一対照群)と、さらに窩洞形成のみで、通電を行わなかったもの(第二対照群)の3群を実施し、この3群の比較を行うと共に、通電に対する窩洞の深さの影響についても追求し、さらに歯髄に障害を与えないという条件の下では、どの程度まで通電量が許容され得るか等に対する検索を試みた。

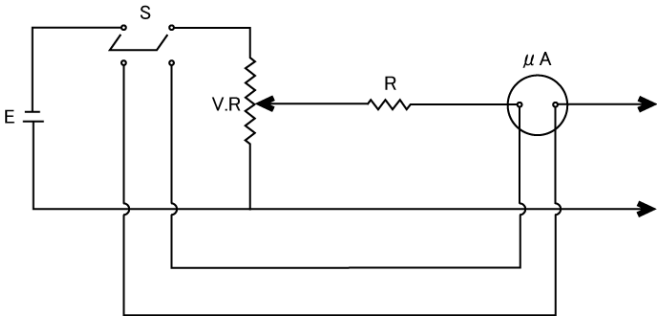
なお、実験に際して通電量を、30μA より 1,000μA とした理由は、臨床上、無麻酔下で生活歯窩洞に通電を行った場合、200μA でもかなり疼痛を訴える場合が多く、また 1,000μA の電流を流す為には 9.5V×2～9.5V×4 の電源を要したためこれを限度とした。これらの実験を行った被験動物を一定期間飼育の後、これらの歯牙について歯髄内変化、特に補綴象牙質について先ず病理組織学的に検索し、一方弗素イオン導入を行った群の補綴象牙質の石灰化状態を比較検討するため、マイクロラジオグラフならびにテトラサイクリンラベリングを実施観察し、その後その有機性基質の化学的性状を組織学的に観察した次第である。

実験方法ならびに標本調製法

A　脱灰標本について

実験動物として生後1年ないし1年半の健康な成犬16頭を使用し、これらの歯牙合計 310 例について検索した。実験に際しては先ず、成犬にネンブタール(1ml 中バルビタールナトリウム 50mg を含有し、更にプロピレングリコール 20%、アルコール 10%を添加した水溶液)5ml ないし 8ml を静派内に注入し全身麻酔を施した。次いで口腔内をオキシドール 3,000 倍リバノールにて洗浄し、手術野を 70%アルコールにて消毒後、実験歯の唇頬側中央で歯頸部より 2～3mm 高位にエアータービンエソジンを使用し、新しいダイヤモンドポイント及びカーバイトバーを用い 30 万回転にて注水のもとに窩洞を形成した。窩洞は、直径約 2mm、深さ約 2mm の単純円筒形とした。実験群においては、窩洞清掃消毒乾燥後簡易防湿下にイオン導入法を施行した。

イオン導入に用いた装置は、市販の Pyo-Cure で本装置は電源、電導子、可変低抗器及びマイクロアンメーターよりなり、電源は 9V または 18V の積層乾電池を使用している。本装置の配線図は下記の如くである。



第1図配線図

E:電源　　VR:可変低抗器　　R:抵抗

S:電鍵　　μA:電流計

イオン導入に際し、窩洞内には－極を挿入した。即ち根管探針に滅菌綿線維を添絡し、これを 2.8%NaF 溶液に浸漬した後、－の電導子に接続し、窩洞内に挿入した。

＋側の電導子は実験歯牙より可及的離れた舌または、他の湿潤せる口腔粘膜に確実に接触させ 30μA より 1,000μA

第1表　脱灰標本実験例数

実験条件			実験群（Fイオン導入群）	第一対照群（通電のみの群）	第二対照群（通電なしの群）	計
電流量（μA）	通電時間（分）	実験後飼育期間（日）				
30	3	7	9		10	19
30	3	15	8		9	17
30	3	30	18		19	37
30	3	90	7		10	17
100	3	7	23	10	11	44
100	3	15	14	7	7	28
100	3	30	19	10	8	37
200	6	30	44	18	22	84
1000	6	30	14	7	7	28
計			156	52	103	311

第2表　実験条件と作成した標本の種類

実験動物番号	実験条件			標本の種類	備考
	電流量（μA）	通電時間（分）	飼育期間（日）		
1号	30	3	90	脱灰	
2号	30	3	30	脱灰	
3号	30	3	7	脱灰	
4号	30	3	15	脱灰	
5号	100	3	30	脱灰	
E1	100	3	7	脱灰	
E2	100	3	7	脱灰　1部非脱灰	
E3	100	3	15	脱灰　1部非脱灰	
E4	100	3	15	脱灰　1部非脱灰	
E5	100	3	30	脱灰　1部非脱灰	
E6	100	3	30	脱灰	
E7	200	6	30	脱灰	
E8	200	6	30	脱灰	
E9	200	6	30	脱灰	
E10	200	6	30	脱灰	
E11	1000	6	30	脱灰	
E12	100	3	30	非脱灰	ト殺24時間前T.C50mg/kg　筋注
E13	200	6	30	非脱灰	ト殺24時間前T.C50mg/kg　筋注
E14	100	6	90	非脱灰	
E15	100	6	90	非脱灰	

に至る所定の通電を行った。次いで、滅菌綿線維にて窩洞内に残留するNaF溶液を吸湿し、消毒用アルコールにて清拭、窩洞内を乾燥後直ちにアマルガム充填を行った。通電のみの群においては、NaFの代りに滅菌蒸留水を用いて、実験群と同量の通電を行い、通電なしの群においては、窩洞形成後清掃消毒を行い、直ちにアマルガム充填を施した。以上の実験を行った動物を7日より90日に至る間飼育し、一定期間経過せしめた後、ネンブタール静脈内注射によって致死せしめ、実験歯牙を顎骨と共に鋸断し、直ちにレ線撮影を行った。実験内容の詳細、通電量、通電時間、実験後飼育期間、実験例数は第1表及び第2表に示す通りである。

その後、致死動物の顎骨を10%ホルマリン水にて固定後、蟻酸ホルマリン脱灰液中で脱灰し、通法に従ってツエロイジン包埋連続切片を作製した。その後これにヘマトキシリン－エオジン重染色、その他チオニンピクリン酸染色、シュモール染色を施して鏡検した。

b 非脱灰研磨標本について

先きの脱灰標本作成時と同様、成犬に実験を行い、7日より90日に至る期間飼育し、飼育期間中一定の時期にテトラサイクリンの筋注を行い、屠殺後実験歯牙を顎骨と共に鋸断し、直ちにレ線撮影を行った。

実験内容の詳細、通電量、通電時間、実験後飼育期間、テトラサイクリンの量は、第2表に示す通りである。

その後、致死動物の顎骨を10%ホルマリソ水に固定し非脱灰のまま脱水、Styrenmonomerを通過させた上、Polyester樹脂に包埋、厚さ35～50μの研磨切片とした。

研磨標本は蒸留水で封入し、螢光顕徴鏡によってTetracycline Labelingによる螢光像を撮影し、その後切片を乾燥の上Softex-CMRを用い、(5KV,4mA.10分間の露出)ContactmicroradioGramの撮影を行った。

次いで 1 部同標本を、Alcian blue(PH2.0)、Toluidin blue(PH4.0)、Aldehyde fuchsin、PAS 反応の染色を行った。

実験成績

(Ⅰ)脱灰標本について

実験後の脱灰標本について、下記の 1 より 9 までの各項目について、歯髄腔内の変化を病理組織学的に検索し各項目ごとに ⅲ ⅱ ＋ －をもって判定を行った。

1. 造歯細胞の排列混乱
2. 造歯細胞層内空胞形成
3. 造歯細胞の萎縮
4. 歯髄内円形細胞浸潤
5. 歯髄内充血
6. 歯髄内出血
7. 歯髄内水腫様変化
8. 歯髄内空胞形成
9. 予成象牙質の肥厚または補綴象牙質の形成

なお、判定の基準は次の通りである。

ⅲ：きわめて高度に出現したもの

ⅱ：高度に出現したもの

＋：わずかに認められるもの

－：全く認められないもの

なお、窩洞形成時、誤って歯髄に穿孔した例と、窩底が象牙質に到達していない琺瑯質窩洞は、すべて除外した。

上記の如き判定基準をもって、実験群、通電のみ行った第一対照群ならびに窩洞形成のみで全く通電も行わなかった第二対照群の各歯牙歯髄腔内の病理組織学的検索を行ったが、便宜上通電量、通電時間別にその成績を記すこととする。

(1)30μA、3 分間、弗素イオン導入例ならびにその対照例について。

これに属するものは、弗素イオン導入を標題の如く行った 42 例の実験群と、窩洞形成を実施したのみで通電を全く行わなかった第二対照群の 48 例、計 90 例である。

(第 1 表参照)さらに、実験後の飼育期間により、7 日、15 日、30 日、90 日と各々その経過日数を異にするため、同一経過日数例ごとにその成績を記すこととする。

(a)7 日経過例について

この実験は、成犬 1 頭を用い、実験群として弗素イオン導入例 9 例、第二対照群として通電なしの例 10 例、計 19 例について検索を行った。個々の例に関する組織所見の詳細は、第 3 表に示す通りである。

造歯細胞層の排列混乱は、両群とも多数例に認められたが、

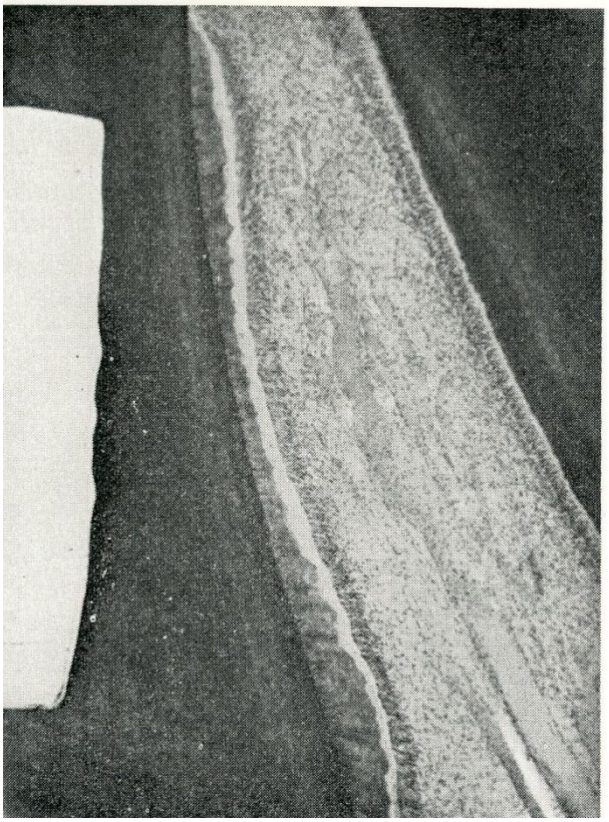
第 3 表　30μA, 3 分間フッ素イオン導入 7 日間経過例ならびに対照の歯髄内変化

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					補綴象牙質	予成象牙質の肥厚
		層の排列混乱	層内空胞形成	萎縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空胞形成		
実験群	2	－	－	－	－	ⅱ	－	－	－		ⅲ
	3	－	－	＋	－	＋	－	－	－		ⅱ
	4	＋	－	＋	－	ⅱ	＋	－	－		ⅱ
	6	＋	－	－	－	＋	－	－	－		ⅲ
	7	－	＋	－	－	＋	－	－	－		ⅲ
	2	－	－	－	－	＋	－	－	－		ⅲ
	4	＋	－	－	＋	＋	－	－	－	－	－
	6	＋	－	－	－	＋	－	－	－	－	＋
	7	＋	－	－	－	＋	－	－	－	－	＋
第二対照群	2	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	3	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
	4	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	6	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	7	－	－	－	－	＋	－	－	－		＋
	2	＋	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	3	＋	－	－	－	＋	＋	－	－		ⅱ
	4	＋	－	＋	－	ⅱ	－	－	－	－	－
	6	＋	－	－	－	＋	－	－	－		ⅱ
	7	＋	－	＋	－	＋	ⅱ	－	－		ⅱ

第 4 表

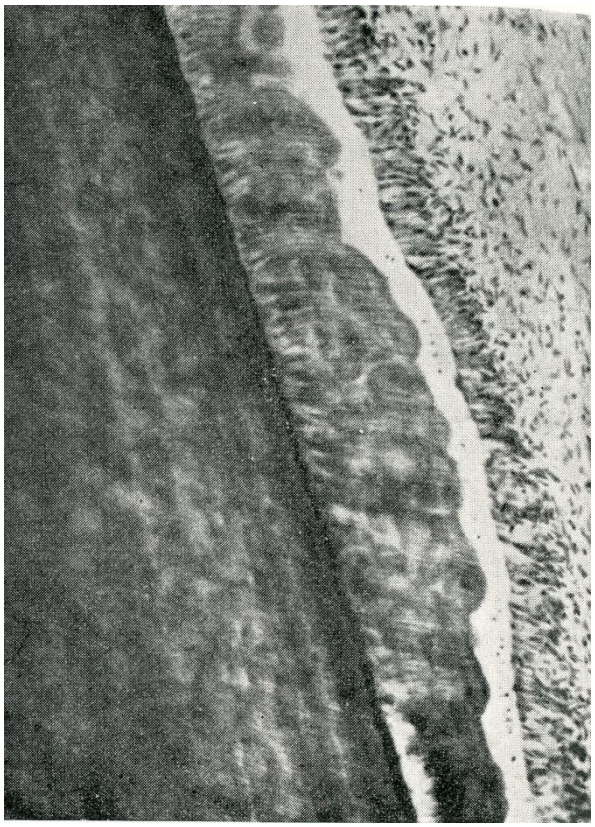
	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	ⅲ	ⅱ	＋	＋	－
実験群 (Fイオン導入群%)	4 (44)	2 (22)	2 (22)	0 (0)	1 (11)
第二対照群 (通電なしの群%)	0 (0)	3 (30)	2 (20)	0 (0)	5 (50)

その出現率は、造歯細胞の萎縮と共に、第二対照群にやや高率を示している。歯髄組織の充血は、両群とも全例に認められた。その他、造歯細胞層内の空胞形成、歯髄内水腫様変化および空胞形成は、ほとんど認められなかった。すなわち、造歯細胞層内ならびに歯髄内の変化については、弗素イオン導入群と対照群との間に、特に著しい差異は認めなかった



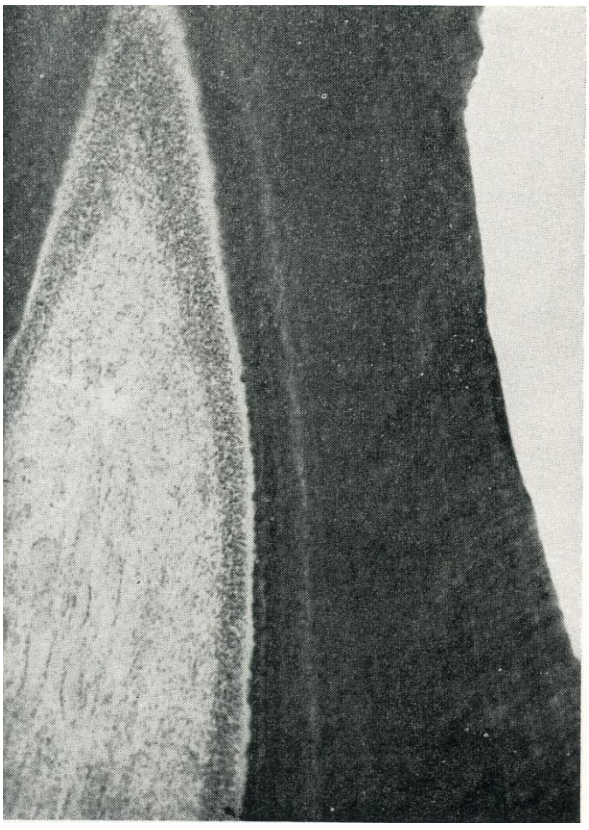
第2図A

3号犬，2，弗素イオン導入30μA, 3分, 7日例×35



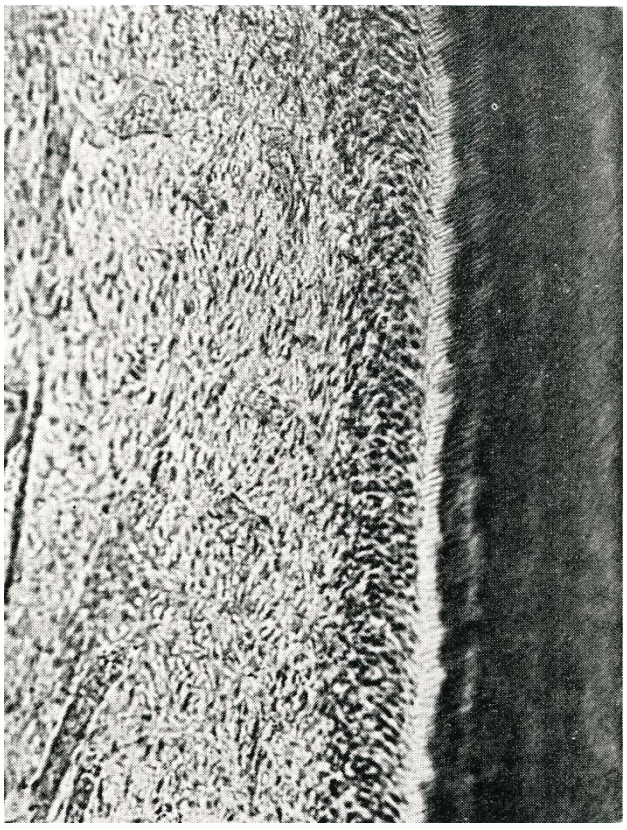
第2図A'

Aの拡大図　×100



第2図B

3号犬，2，通電なし, 7日例×35



第2図B'

Bの拡大図　×100

が、補綴象牙質の形成に関しては顕著な差異を示し、実験群すなわち弗素イオン導入群において高度の形成率を認めた。実験群、対照群における補綴象牙質形成の判定結果を対比し、表示したものが第4表である。

すなわち、弗素イオン導入を行わなかった対照群においては、補綴象牙質形成(卅)と判定するものは1例も認められず(−)と判定したものは10例中5例、50%に及んだが、実験群においては、(卅)と判定したものは9例中4例に及び、(−)と判定したものは1例のみであった。

この条件の下で行ったものの代表例として、弗素イオン導入例の顕微鏡所見と、対照例の顕微鏡所見とを示したものが第2図である。第2図、Aは実験例 2 の歯冠部の組織所見でBは同一動物の反対側同名歯で、第二対照群に属する通電も行わなかった 2 の歯冠部組織所見である。

Aにおいては、造歯細胞に、とくに萎縮、排列混乱等は認められない。歯髄組織内に空胞形成あるいは水腫様変性を示すものは認められないが、比較的高度の充血を認める。弗素イオン導入を行った窩底の部から、歯線維の走行に従って象牙質の歯髄面に補綴象牙質の形成が認められる。著者は、高度の補綴象牙質の形成として(卅)の判定を下した。A'は、この部の拡大像を示したものである。

Bは、同二動物の第二対照群に相当する例で窩洞形成を行ったのみのものの組織所見を示した。歯髄内の変化については、実験例とほとんど同様の所見を呈しているが、補綴象牙質の形成は認められない。

B'は,この部の拡大像を示したものである。

(b)15日経過例について

この実験は、成犬1頭を用い、実験群として弗素イオン導入例8例、第二対照群として通電なしの例9例、計17例について検索を行った。

個々の例に関する組織所見の詳細は第5表に示す通りである。

造歯細胞層内及び歯髄組織内の変化については、実験群と対照群との間に著明な差異は認められないが、補綴象牙質形成に関しては明瞭な相違が認められ、弗素イオン導入群において高度の形成率を認めた。

実験群、対照群における補綴象牙質形成の判定結果を対比し、表示したものが第6表である。

すなわち、第二対照群においては、補綴象牙質形成(−)と判定したものが9例中2例22%、(+)(卄)と判定したものが5例 55%を示したが、実験群においては全例にその形成を認めた。

第5表　30μA, 3分間フッ素イオン導入15日間経過例ならびに対照の歯髄内変化

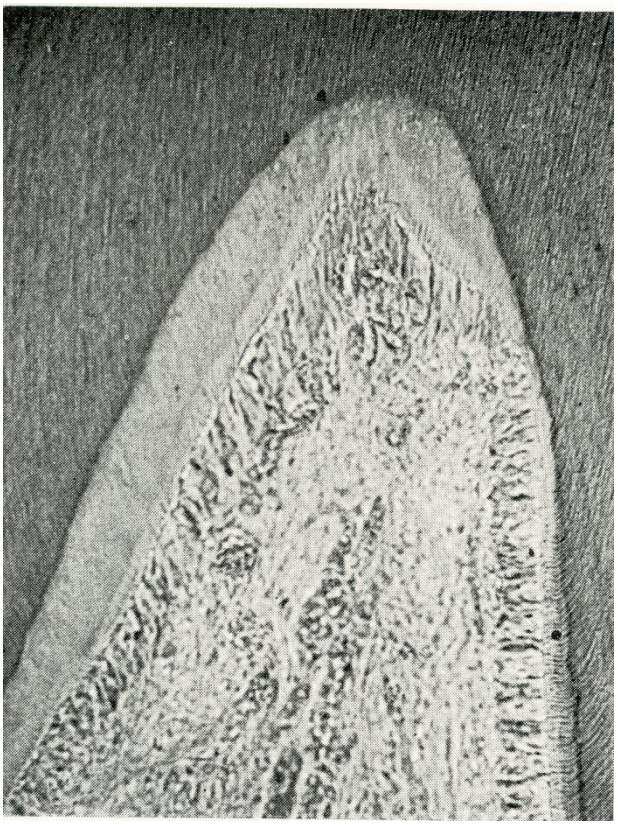
部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	萎縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	2	+	+	+	−	+	−	+	−		卄
	6	+	+	+	−	+	−	−	−		+
	7	−	−	+	−	+	−	−	−		卄
	8	+	−	+	−	+	−	+	−		+
	3	+	+	+	−	卄	−	−	−		卄
	6	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	7	+	−	+	−	+	+	−	−		卄
	8	+	+	+	−	+	+	+	+		卄
第二対照群	2	−	−	+	−	+	+	−	−	+	−
	6	−	−	−	−	+	−	−	−	+	−
	7	+	−	−	−	+	−	+	−		+
	8	−	−	+	−	+	−	+	+	−	−
	2	卄	−	+	−	+	−	+	−	−	−
	3	+	−	+	−	+	−	+	−		卄
	6	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	7	+	−	+	−	+	−	−	−		卄
	8	+	−	+	−	+	−	−	+		卄

第6表

	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	卅	卄	+	+	−
実験群	0	5	3	0	0
(Fイオン導入群%)	(0)	(63)	(37)	(0)	(0)
第二対照群	0	3	2	2	2
(通電なしの群%)	(0)	(33)	(22)	(22)	(22)

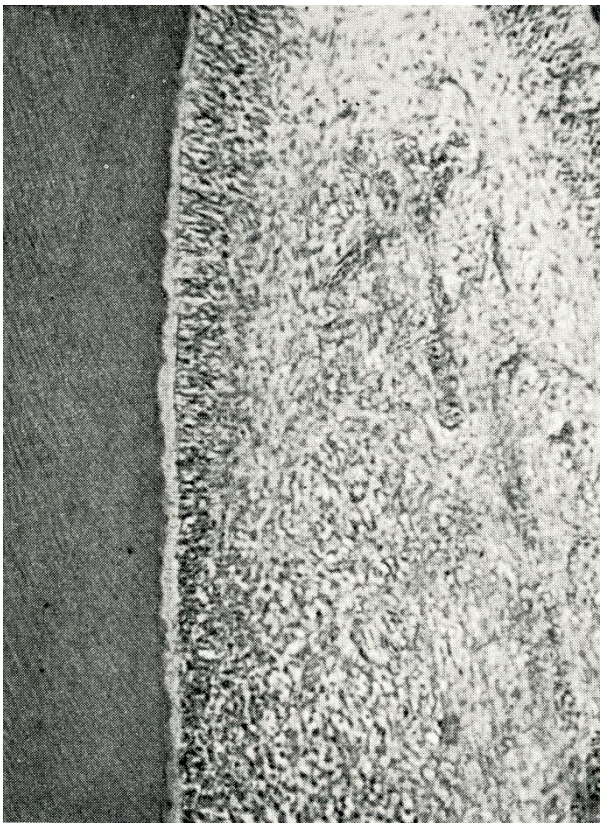
この条件の下で行った実験例、第二対照例各々の代表例の顕微鏡所見を示したものが第3図である。第3図Aは実験例として 3 の歯冠部組織所見を示したもので、Bは同一動物の第二対照群に属する通電も行わなかった 2 の歯冠部組織所見である。

第3図Aにおいては、造歯細胞層における造歯細胞の萎縮がわずかに認められ、排列混乱ならびに一部空胞形成が見られる。



第3図A

4号犬，$\overline{3|}$，弗素イオン導入30μA，3分,15日例×100



第3図B

4号犬，$|\overline{2}$，通電なし,15日例×100

第7表その1　30μA，3分間フッ素イオン導入

30日間経過例ならびに対照の歯髄内変化

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	$\overline{2\|}$	＋	＋	＋＋	－	＋	＋	－	－		＋
	$\overline{3\|}$	＋	－	＋	－	＋＋	＋	－	－		＋＋
	$\overline{4\|}$	＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－	＋	－
	$\overline{6\|}$	＋＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－		＋＋
	$\overline{7\|}$	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋＋
	$\|\overline{2}$	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
	$\|\overline{3}$	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋
	$\|\overline{4}$	－	－	－	－	＋	＋	＋	－	－	－
	$\|\overline{6}$	＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－		＋＋
	$\|\overline{7}$	－	－	－	－	＋	－	－	－	＋	－
第二対照群	$\underline{2\|}$	＋	＋	＋＋	－	＋	＋	－	－		＋
	$\underline{3\|}$	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－	－	－
	$\underline{4\|}$	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
	$\underline{6\|}$	＋	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	$\underline{7\|}$	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
	$\|\underline{2}$	＋	＋	－	－	＋	－	－	－	－	－
	$\|\underline{3}$	＋	－	－	－	＋	－	＋	－	＋	－
	$\|\underline{4}$	－	－	－	－	＋＋	＋	＋	＋	－	－
	$\|\underline{6}$	＋	－	－	－	＋	＋	－	－	－	－
	$\|\underline{7}$	＋	－	＋＋	－	＋	＋	＋	－	＋	－

歯髄組織内では著明な充血が認められ、補綴象牙質は天蓋を一部越える部分にまで、広範かつ比較的高度に形成されていることが観察され、補綴象牙質形成(＋＋)と判定した。

第3図Bにおいては、僅かに同様な部に造歯細胞の排列混乱を認めるのみで、象牙質形成について、第3図Aに示した実験例と顕著な差異を示している。

(c)30日経過例について

この実験は、成犬2頭を用い、実験群として弗素イオン導入18例、第二対照群として通電なしの例19例、計37例について検索を行った。個々の例に関する組織所見の詳細は第7表に示す通りである。

造歯細胞層内および歯髄組織内の変化は、7日、15日経過例に比較してやや著明に認められた。ことに、造歯細胞の萎縮が高度に認められたが、総体的に実験群と対照群との間に

第7表その2　30μA，3分間フッ素イオン導入30日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化　その2

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	1	＋＋	＋	＋＋	－	＋	－	＋	＋		＋＋
	2	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋＋
	5	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋＋
	6	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋＋
	2	＋＋	＋	＋＋	－	＋	－	－	＋		＋＋
	3	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋＋
	7	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋		＋＋
	8	＋	＋	＋	－	－	－	－	－		＋＋
第二対照群	1	＋	＋	＋	－	＋	＋＋	－	－		＋
	2	＋	＋	＋	＋	＋	＋	－	＋		－
	5	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋＋
	7	＋	＋	＋	－	＋	－	－	＋		＋＋
	8	＋	－	＋	＋	＋	－	－	－		－
	2	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋＋
	3	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋＋
	7	＋＋	＋＋	＋＋	－	＋	－	－	＋＋		＋＋
	8	＋＋	＋＋	＋＋	－	－	－	－	－		＋

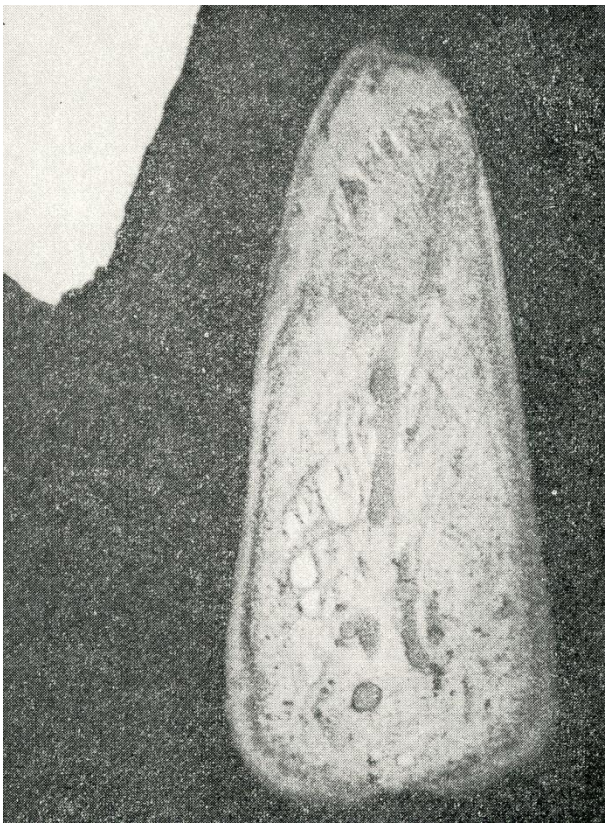
第8表

	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	＋＋＋	＋＋	＋	＋	－
実験群	0	12	2	3	1
(Fイオン導入群%)	(0)	(66)	(11)	(16)	(5)
第二対照群	0	5	3	4	7
(通電なしの群%)	(0)	(26)	(16)	(21)	(37)

格段の相違があるとは見られないが、補綴象牙質の形成および予成象牙質の肥厚に関しては顕著な差を認めた。

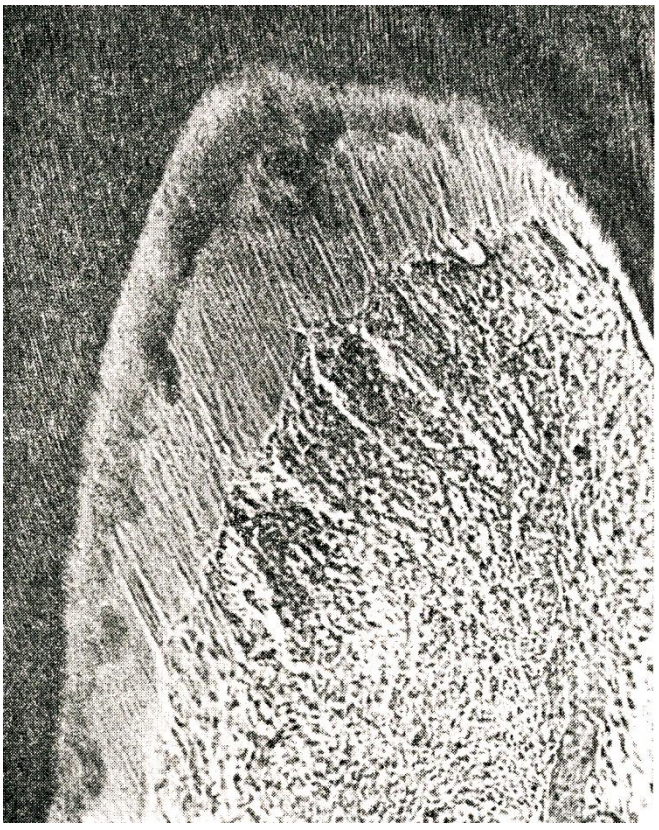
実験群、対照群における補綴象牙質の形成ならびに予成象牙質の肥厚に対する判定結果を対比し、表示したものが第8表である。

この条件の下で行われた実験例、第二対照例各々の代表例の組織所見を示したものが第4図である。



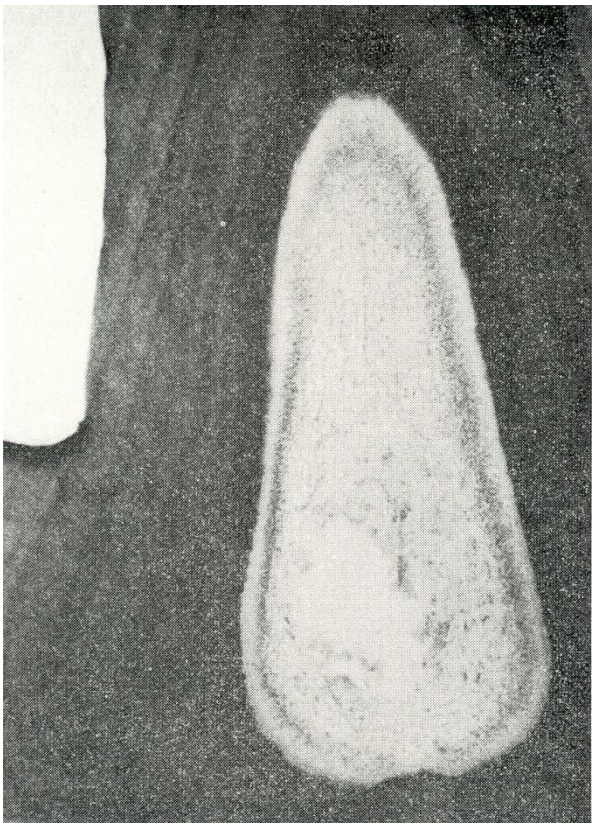
第4図A

2号犬，$\overline{6}$|，弗素イオン導入30μA,3分,30日例×35



第4図A'

Aの拡大図　×100



第4図B

2号犬，⌈6⌉，通電なし,30日例×35

第4図Aは、実験例⌈6⌉の歯冠部組織所見を示したので、Bは同一の顎の第二対照例として反対側同名歯⌈6⌉の歯冠部組織所見を示したものである。

第4図Aにおいては、造歯細胞層に空胞形成、造歯細胞の萎縮、排列混乱が見られ、窩底に沿い、さらに髄室天蓋を一部越える部にまで及ぶ幅広い予成象牙質の肥厚と、比較的高度な補綴象牙質の形成が認められる。補綴象牙質の形成は極めて特異な像を示し、急激に石灰化が行われつつあるものの如く観察される。本例では、補綴象牙質形成の判定は(卄)とした。第4図A'はこの部の拡大像を示したものである。

第4図Bにおいては、造歯細胞層での造歯細胞の排列混乱と歯髄組織内の充血が認められるが、補綴象牙質の形成は全く認められない。

(d)90日経過例について

この実験は、成犬1頭を用い、実験群として弗素イオン導入例7例、第二対照群として通電なしの群10例、計17例について検索を行った。

個々の例に関する組織所見の詳細は第9表に示す通りである。

第9表　30μA, 3分間フッ素イオン導入90日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化

部位		歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
			層の排列混乱	層内空砲形成	萎縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	⌊1⌋		＋	－	＋	－	－	－	－	－		＋
	⌊2⌋		＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		卄
	⌊3⌋		＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		卄
	⌈2⌉		＋	－	＋	－	＋	－	＋	－		卅
	⌈3⌉		－	－	＋	－	卄	＋	－	－		－
	⌈4⌉		－	＋	＋	－	卄	＋	＋	－		卄
	⌈6⌉		＋	－	＋	－	＋	－	－	－		－
第二対照群	⌈2⌉		＋	－	＋	－	＋	－	－	－		卄
	⌈3⌉		卄	－	卅	－	卄	－	＋	－		卅
	⌈4⌉		＋	－	＋	－	卄	＋	＋	－		＋
	⌈6⌉		＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		－
	⌈7⌉		＋	＋	卄	－	卄	－	－	－		卄
	⌊1⌋		＋	＋	＋	－	卄	＋	＋	－		卅
	⌊2⌋		＋	－	卅	－	卄	卄	＋	－		卅
	⌊3⌋		＋	－	－	－	＋	＋	＋	－		－
	⌊6⌋		＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		－
	⌊7⌋		＋	＋	＋	－	＋	－	＋	－		－

第10表

	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	卅	卄	＋	＋	－
実験群	1	3	1	0	2
(Fイオン導入群%)	(14)	(43)	(14)	(0)	(28)
第二対照群	3	2	1	0	4
(通電なしの群%)	(30)	(20)	(10)	(0)	(40)

歯髄内所見において、実験群と対照群との間に特に明らかな差異は認められない。むしろ造歯細胞の萎縮について高度なものが対照例に認められ、補綴象牙質の形成においても対照例に(卅)と判定されるものが10例中3例も認められた。しかし、第10表に示す如く、補綴象牙質の形成に関し、判定結果を総括すると実験群においては7例中5例に補綴象牙質の形成を認め 72%を示し対照例における 60%より僅か乍ら優れている。

第11表その1　100μA，3分間フッ素イオン導入7日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化　その1

部位	歯髄の変化	造歯細胞 層の排列混乱	造歯細胞 層内空砲形成	造歯細胞 委縮	歯髄内 円形細胞浸潤	歯髄内 充血	歯髄内 出血	歯髄内 水腫様変化	歯髄内 空砲形成	予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
実験群	1	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－	－	－
	2	＋	－	－	－	＋	－	＋	－	－	－
	3	＋	－	－	－	＋	－	－	－	＋	－
	4	＋	－	－	－	＋	－	－	－	＋	－
	7	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
	8	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	2	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋	－	－
	3	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－	－	－
	4	－	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	7	－	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	8	－	－	＋	－	＋	－	＋	－	－	－
	9	－	－	－	－	＋	－	＋	－	＋	－
第一対照群	2	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	－	－
	3	＋	－	＋	－	＃	－	－	－	－	－
	4	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
	7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	8	＋	－	＋	－	－	－	－	－	－	－
	9	＋	－	＋	－	－	－	－	－	－	－
第二対照群	1	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	2	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	3	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	4	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	6	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	7	－	－	－	－	－	－	＋	－	－	－
	8	－	＋	－	－	＋	－	－	－	＋	－

第11表その2　100μA，3分間フッ素イオン導入7日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化　その2

部位	歯髄の変化	造歯細胞 層の排列混乱	造歯細胞 層内空砲形成	造歯細胞 委縮	歯髄内 円形細胞浸潤	歯髄内 充血	歯髄内 出血	歯髄内 水腫様変化	歯髄内 空砲形成	予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
実験群	2	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	6	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－
	7	＋	－	－	－	＋	－	－	－	＋	－
	8	＋	＋	－	－	＋	－	－	－	＃	－
	2	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	3	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	4	＋	－	＋	－		－	－	－	－	－
	6	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	7	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	8	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	9	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
第一対照群	6	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	7	－	－	－	－	＋	－	－	－	＋	－
	8	＋	－	－	－	＋	＋	－	－	－	－
	9	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
第二対照群	1	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	2	＋	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	6	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	7	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－

(2)100μA,3 分間,弗素イオン導入例ならびにその対照例について

これに属するものは、弗素イオン導入を標題の如く行った56例の実験群と、NaF水溶液を用いず、蒸溜水を使用し、同じ条件下で通電を行った27例の第一対照群、ならびに、窩洞形成を実施したのみで通電を全く行わなかった26例の第二対照群、計109例である。(第1表参照)

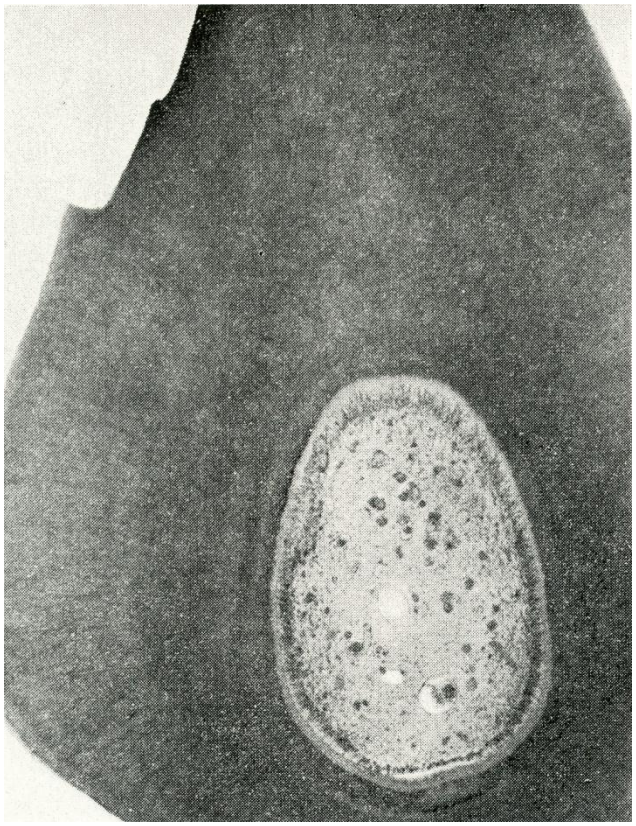
さらに、実験後の飼育期間により、7日、15日、30日と各々その経過日数を異にするため、同一経過日数例ごとにその成績を記すこととする。

第12表

	補綴象牙質	予成象牙質のみ		予成象牙質と補綴象牙質
	＋	＃	＋	－
実験群	0	1	10	12
(Fイオン導入群%)	(0)	(4)	(43)	(52)
第一対照群	0	0	2	8
(通電のみの群%)	(0)	(0)	(20)	(80)
第二対照群	0	0	2	9
(通電なしの群%)	(0)	(0)	(18)	(82)

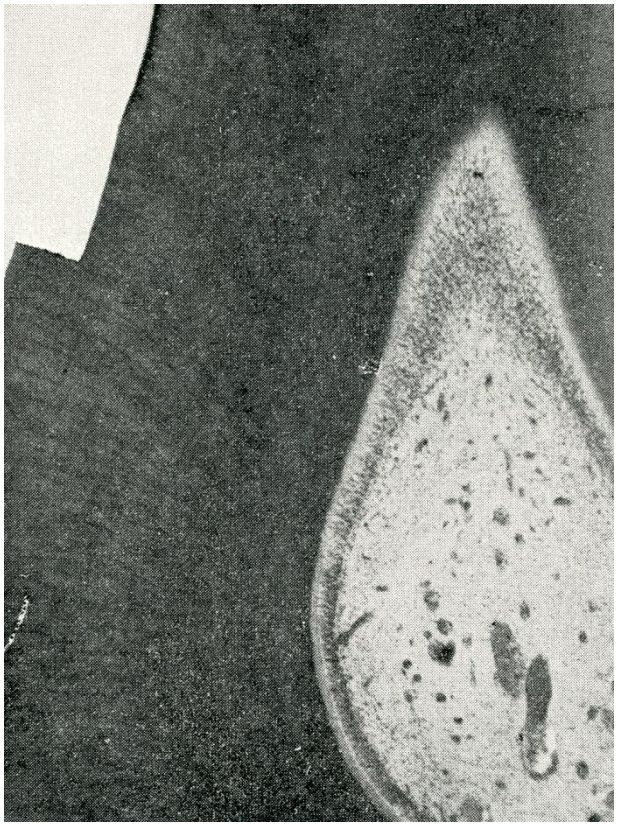
(a)7日経過例について

この実験は、成犬2頭を用い、実験群として弗素イオン導入例23例、通電のみ行った第一対照群10例、通電も



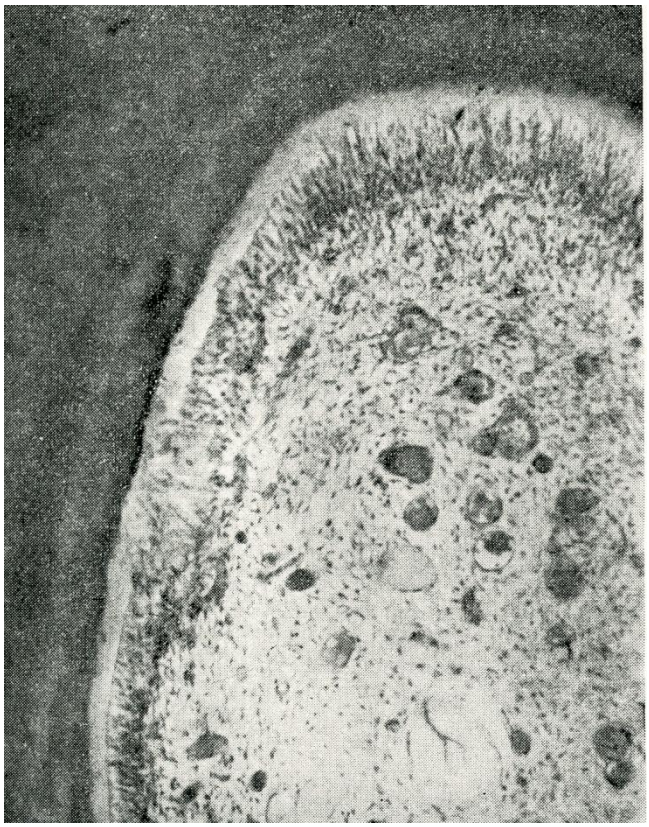
第5図A

E2，⌊6⌋，弗素イオン導入100μA,3分,7日例×35



第5図B

E2，⌈8⌉，通電のみ100μA,3分,7日例×35



第5図A'

Aの拡大図　×100

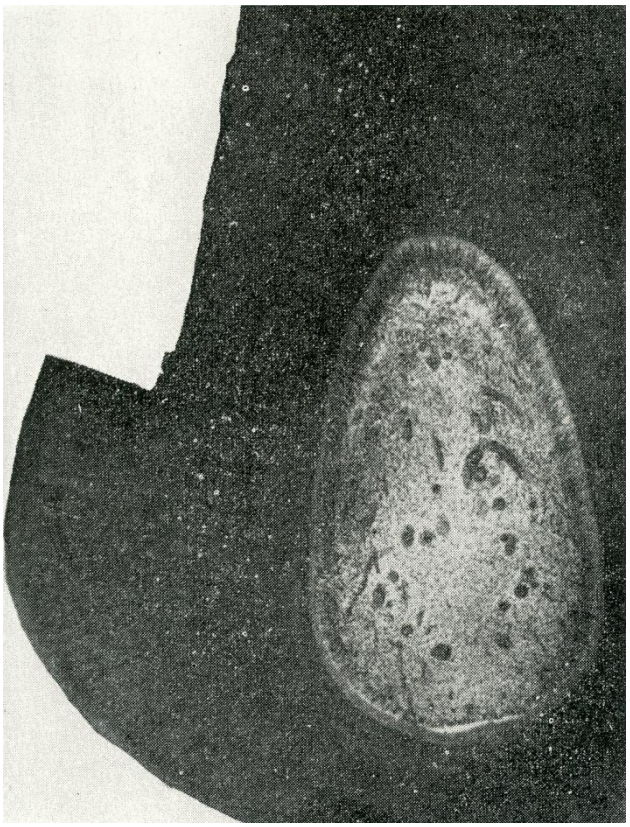
行わなかった第二対照群11例、計44例について検索を行った。個々の例に関する組織所見の詳細は、第11表に示す通りである。

歯髄組織内の充血は、ほとんど全例に認められ、特に実験群に高度であるような事実はなかった。ただ、歯髄組織内の出血に関しては実験例2例にこれを認めた。その他においては、実験群、対照群の間に、特記すべき差異は認められず、補綴象牙質の形成は、全例を通じて(+)と判定されるものは無かった。しかし、予成象牙質の肥厚に関しては興味ある様相を示した。これの判定結果を一括表示したものが第12表である。

すなわち、予成象牙質幅経の肥厚を示し、(卄)(+)と判定したものは、実験群にわいて23例中11例、47%を示したのに反し、第一対照例においては10例中2例、20%、第二対照例においては11例中2例、18%を示したに過ぎなかった。

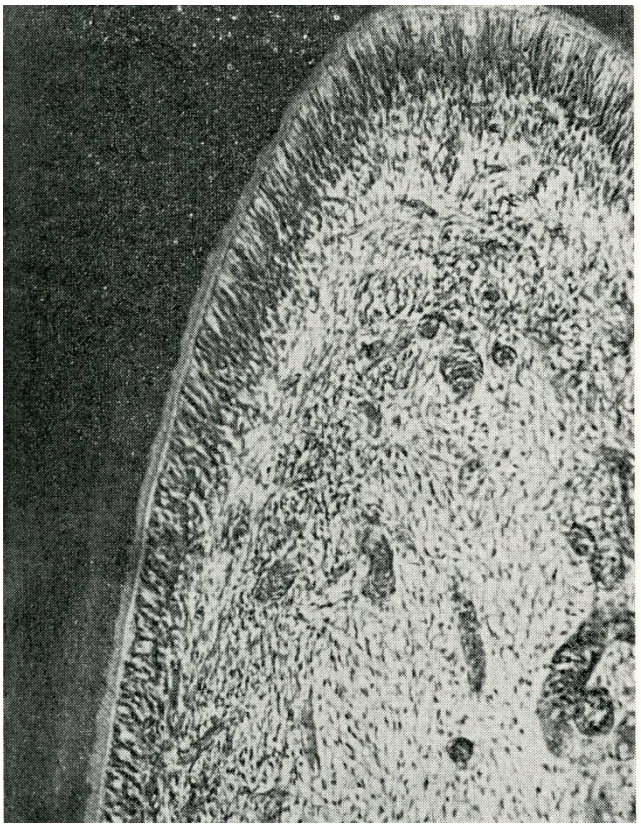
これらの状況を、代表例をもって示したのが第5図である。

第5図Aは、実験例⌊6⌋の歯冠部の顕徴鏡所見を示したもので、Bは第一対照例、⌈8⌉、Cは第二対照例として実験例と同一顎の反対側同名歯⌊6⌋のそれぞれ歯冠部顕微鏡所見を示したものである。



第5図C

E2，⌊6⌋，通電なし7日例×35



第5図C'

Cの拡大図　×100

第13表その1　100μA，3分間フッ素イオン導入15日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化　その1

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					補綴象牙質	予成象牙質の肥厚
		層の排列混乱	層内空砲形成	萎縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	⌊1⌋	＋	－	＋	－	＋＋	＋	－	－		＋
	⌊2⌋	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－	＋	－
	⌊4⌋	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－	＋	－
	⌊6⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊6⌋	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－	＋	－
	⌊7⌋	＋	＋	－	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊8⌋	＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	＋		＋
第一対照群	⌊2⌋	＋	－	＋	－	＋＋	＋	－	－	＋	－
	⌊8⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
第二対照群	⌊1⌋	＋	－	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－
	⌊2⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊3⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋	－	－
	⌊7⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊8⌋	＋	＋	＋	－	＋	＋＋	－	＋	－	－

所見を示したものである。

第5図Aにおいては、弗素イオン導入の行われた窩底より歯線維の走行に沿った髄腔内において、この部の造歯細胞の萎縮、排列混乱とともに予成象牙質の肥厚が軽度乍ら認められる。したがって、予成象牙質の肥厚(＋)と判定した例である。第5図A'はこの部の拡大像を示したものである。

第5図Bにおいては、通電の行われた窩底より歯線維の走行に従った髄腔面において造歯細胞の排列混乱が認められ、Aにおいて示された実験例とほぼ同様な程度に、歯髄組織内の充血あるいは出血が観察されるが、予成象牙質においてはその肥厚は認められない。第5図Cにおいては、窩洞形成の行われた直下の歯髄組織内に充血が見られる以外、造歯細胞層における特別な変化は認められない。第5図C'は、この部の拡大像を示したものである。

(b)15日経過例について

この実験は、成犬2頭を用い、実験群として弗素イオン導入例14例、通電のみ行った第一対照群7例、通電も行わなかった第二対照群7例、計28例について検索を行った。

第13表その2　100μA, 3分間フッ素イオン導入15日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化　その2

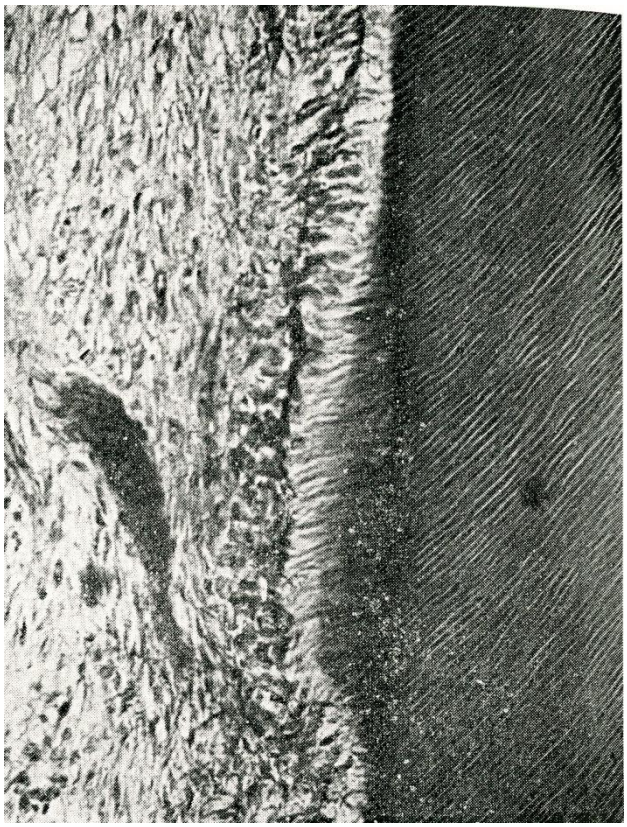
部位		造歯細胞			歯髄内					補綴象牙質	予成象牙質の肥厚
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	1	＋	－	＋	－	＋＋	－	－	－		＋
	7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
	1	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－	＋	－
	2	＋	＋	＋	－	＋	－	－	＋	－	＋＋
	4	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋
	7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	8	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋
第一対照群	2	＋	－	＋	－	＋＋	－	－	－	－	－
	4	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋	＋	－
	6	＋	－	－	－	＋	－	－	－	－	＋
	7	＋	－	－	－	＋	－	－	＋	＋	－
	8	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
第二対照群	6	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－

第14表

	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	＋＋＋	＋＋	＋	＋	－
実験群	1	0	6	7	0
(Fイオン導入群%)	(7)	(0)	(43)	(50)	(0)
第一対照群	0	0	1	4	2
(通電のみの群%)	(0)	(0)	(14)	(57)	(29)
第二対照群	0	0	0	1	6
(通電なしの群%)	(0)	(0)	(0)	(14)	(86)

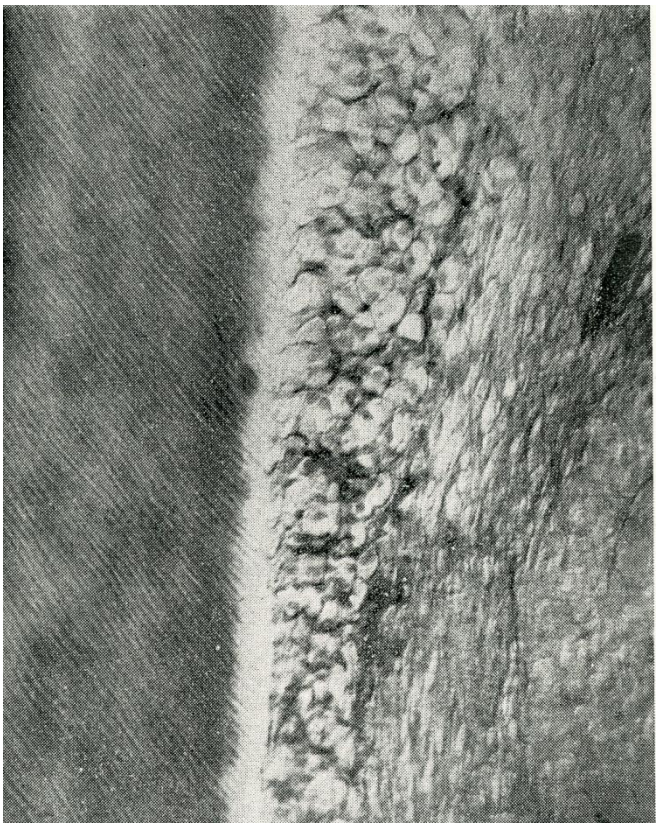
個々の例に関する組織所見の詳細は第 13 表に示す通りである。

造歯細胞層ならびに歯髄組織内の組織所見においては、造歯細胞の排列混乱が全例に認められ、歯髄内に充血を認めるなど実験例と対照例との間にほとんど差異は見られない。補綴象牙質の形成、予成象牙質の肥厚について、その判定結果を一括表示したものを第14表に示した。



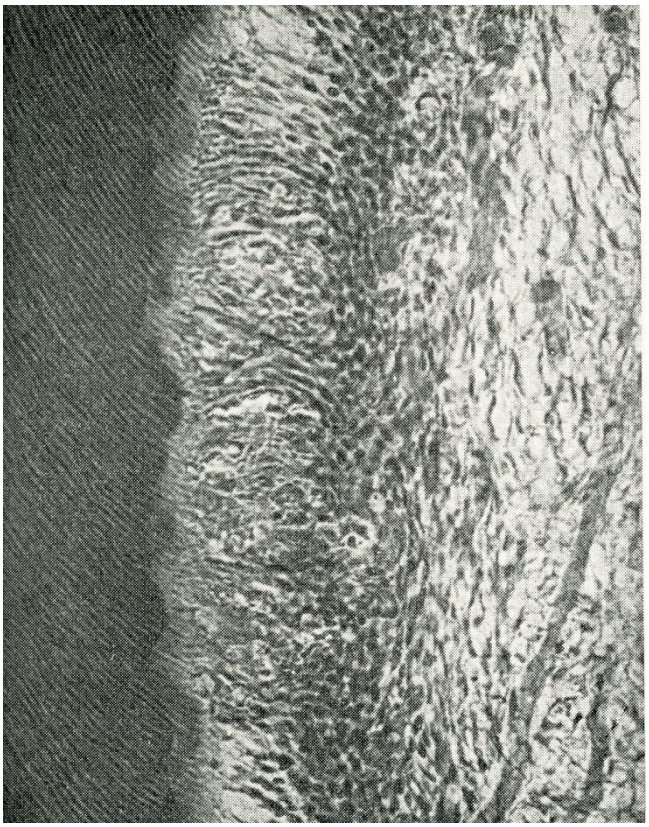
第6図A

E4 , $\overline{8|}$, 弗素イオン導入 100μA, 3分, 15日例×200



第6図B

E4 , $\overline{|8}$, 通電のみ 100μA, 3分, 15日例×200



第6図C

E3，⌊8，通電なし15日例×200

すなわち、実験群においては、14例中7例、50%において補綴象牙質の形成を認め、残りの50%においても予成象牙質の肥厚を認め、第一対照群においては7例中1例、14%に補綴象牙質の形成を認め、57%に予成象牙質の肥厚を認め、第二対照群においては、僅かに7例中1例、14%にのみ予成象牙質の肥厚を認めたに過ぎず、段階的な判定結果を得た。この条件の下で行った実験例、第一、第二各対照例の顕徴鏡所見を示したものが第6図である。

第6図Aは実験群、Bは第一対照群、Cは第二対照群の代表例でAとBは $\overline{8}|\overline{8}$ で同一動物の反対側同名歯であり、Cは同一動物の⌊8のそれぞれ窩底より歯線維の走行に従った直下の歯髄組織と象牙質面である。

第6図Aにおいては、造歯細胞層において空胞形成、排列混乱とともに造歯細胞の萎縮が認められ、補綴象牙質の形成が見られる。本例は、補綴象牙質形成(＋)と判定した。

第6図Bにおいては、造歯細胞の萎縮ならびに排列混乱を認め、予成象牙質の肥厚は認められるが、補綴象牙質の形成は全く認められない。

第6図Cにおいては、補綴象牙質の形成はもとより、予成象牙質の肥厚も認められない。

第15表その1　100μA，3分間フッ素イオン導入30日間経過例ならびに対照の歯髄内変化　その1

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	⌊1	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋
	⌊2	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊6	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊8	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌈2	＋	＋	＋	－	＋＋	＋＋	－	－		＋＋
	⌈3	＋	－	＋	－	＋＋	－	－	－		＋
	⌈6	＋	－	＋	－	＋＋	－	－	－		＋
	⌈7	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋		＋＋
	⌈9	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
第一対照群	⌊2	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊6	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	＋		＋
	⌊7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌊8	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋＋＋
	⌈9	＋	＋	＋	－	＋	－	－	＋		＋
第二対照群	⌊1	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－	－	－
	⌊6	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊8	＋	－	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－

(c)30日経過例について

この実験は、成犬2頭を用い、実験群として弗素イオン導入例19例、通電のみ行った第一対照群10例、通電も行わなかった第二対照群8例、計37例について検索を行った。個々の例に関する組織所見の詳細は第15表に示す通りである。

歯髄組織内ならびに造歯細胞層内の所見に関しては、実験群と第一、第二対照群との間に格別の相違は認められない。ただ、歯髄組織内の充血、出血においてわずかに実験群に著明なものが2～3例見られた。しかし乍ら、補綴象牙質の形成ならびに予成象牙質の肥厚に関して、特に補綴象牙質の形成に対して相当著明な相違を示している。これに関して一括表示したものが第16表である。

すなわち、実験群では、19例中11例、58%に補綴象牙質の形成を認めたが、第一対照群においては30%を示すに止まり、第二対照群においては皆無であった。

第15表その2　100μA, 3分間フッ素イオン導入30日間

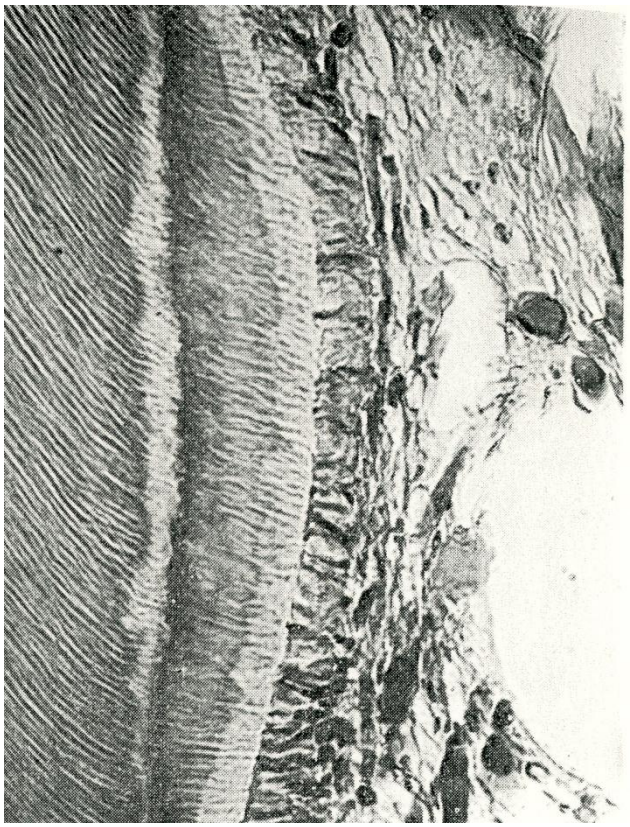
経過例ならびに対照の歯髄内変化　その2

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	1	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋＋
	2	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	4	－	－	－	－	＋	－	－	－		＋
	6	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	7	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	1	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋
	2	＋	－	＋	－	＋＋	－	－	－	－	－
	4	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	6	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
第一対照群	1	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	4	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	6	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
	7	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－	－	－
	8	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
第二対照群	1	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	4	－	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	7	－	－	＋	－	－	－	－	－	－	－
	8	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－

第16表

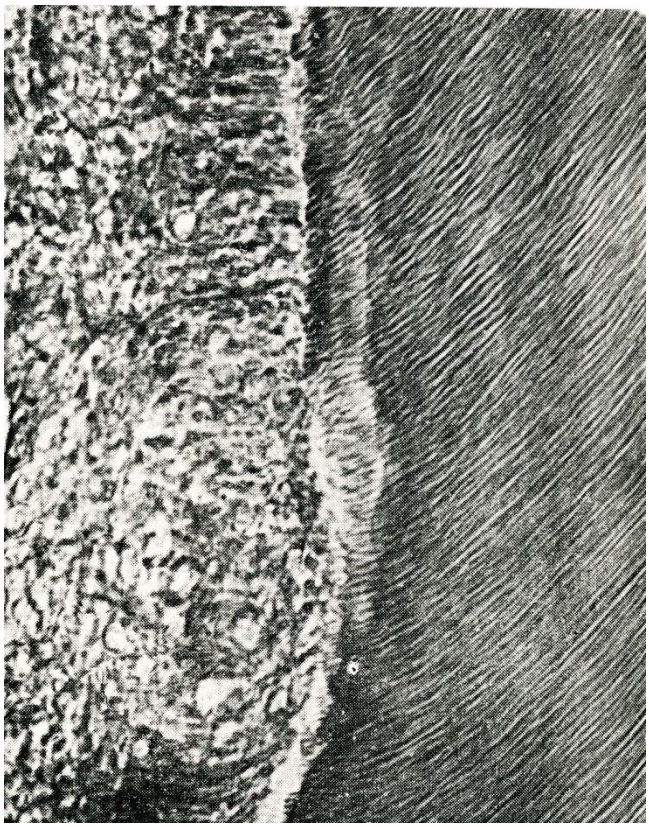
	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	＋＋＋	＋＋	＋	＋	－
実験群	0	3	8	2	6
(Fイオン導入群%)	(0)	(16)	(42)	(11)	(32)
第一対照群	1	0	3	0	6
(通電のみの群%)	(10)	(0)	(30)	(0)	(60)
第二対照群	0	0	0	1	7
(通電なしの群%)	(0)	(0)	(0)	(12)	(88)

また、この反対に, 予成象牙質の肥厚も認められなかった観察例は、実験群にあっては32%、第一対照群では60%、第二対照群では88%とそれぞれ異った結果を示した。



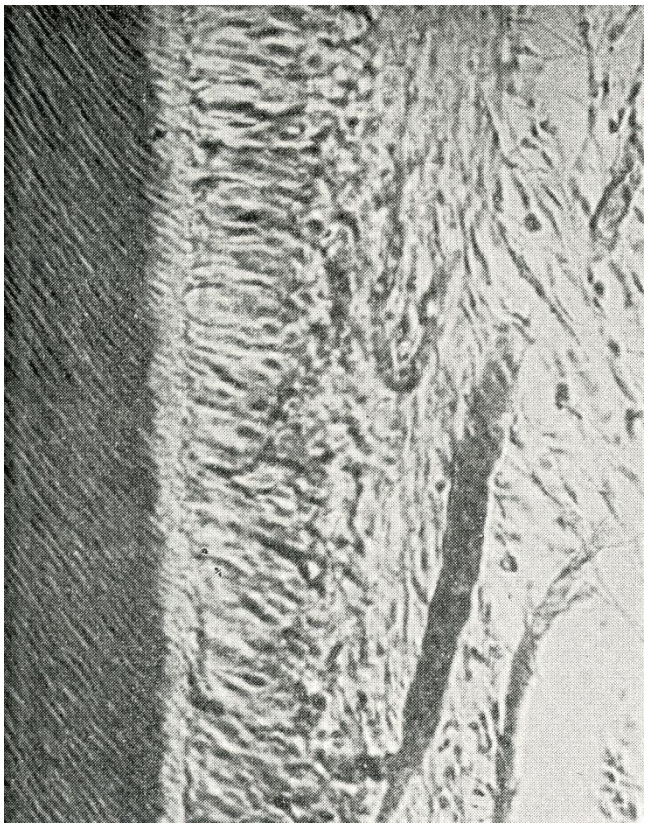
第7図A

E5 , 7, 弗素イオン導入 100μA, 3分, 30日例×200



第7図A

E5 , 7, 通電のみ 100μA, 3分, 30日例×200



第7図C

E5 ⌊7 ，通電なし，30日例 ×200

これらの状況を代表例をもって示したものが第7図である。

第7図Aは、実験例の窩底より歯線維の走行に従った髄腔壁における補綴象牙質の形成されたところを示したE5号犬の $\overline{7|}$ の組織所見であり、第7図Bは、同一動物反対側同名歯第一対照例 $|\overline{7}$ の同様な部位の組織所見である。Aにおいては比較的高度に、Bにおいては軽度に補綴象牙質の形成が認められ、前者は(卄)、後者は(＋)と判定した。第7図Cは、第二対照例の組織所見を示したものであるが、僅に予成象牙質の肥厚のみが認められる。

(3)200μA、6分間弗素イオン導入、30日経過例およびその対照例について

本実験に際しては、成犬4頭を用い実験群として弗素イオン導入群44例、通電のみを行った第一対照群18例、通電も行わなかった第二対照群22例、計84例について検索を行った。個々の例に関する組織所見の詳細は第17表に示す通りである。

この条件下の実験群ならびに第一、第二対照群における各例の歯髄組織内変化については、とくに差異を認め難い。しかし、補綴象牙質の形成、予成象牙質における変化に関しては、実験群において高率かつ高度に補綴象牙質の形成が認められ、第一対照群と第二対照群の両群においても著明な相違が認められた。これらの判定結果を一括表示して第18表に示した。

第17表その1　200μA，6分間フッ素イオン導入30日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化　その1

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	⌊1	＋	－	－	－	卄	－	－	－	－	－
	⌊2	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－		＋
	⌊3	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋
	⌊4	＋	－	＋	－	卄	－	－	－		卄
	⌊5	＋	＋	－	－	＋	－	－	－		＋
	⌊6	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌊7	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌊2	－	－	－	－	＋	＋	－	－	－	－
	⌊3	＋	－	＋	－	＋	＋	－	－		＋
	⌊4	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊6	－	－	－	－	＋	－	－	－		＋
	⌊8	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
第一対照群	⌊2	＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－		＋
	⌊3	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌊4	－	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊6	－	－	－	－	＋	－	＋	－	－	－
	⌊7	－	－	－	－	＋	－	－	－		＋
	⌊8	－	－	－	－	＋	－	－	－	－	－
第二対照群	⌊2	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌊3	＋	－	＋	－	卄	－	－	－	－	－
	⌊4	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊5	－	－	－	－	＋	－	＋	－	－	－
	⌊6	－	－	－	－	＋	－	－	－		＋
	⌊7	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－

すなわち、実験群では44例中33例、84%に補綴象牙質の形成を認め、しかも、5例11%に(卄)、8例18%に(卄)とそれぞれ判定されるほど高度なものであった。

第1対照群では、18例中9例50%に補綴象牙質の形成を認め、1例5%は(卄)、3例17%は(卄)とそれぞれ判定されたが、第二対照群では、22例中6例27%に補綴象牙質の形成を認めたが、(卄)と判定できる例は1例も認められなかった。

これらの状況を、代表例で示したものが第8図である。

第17表その2　200μA, 6分間フッ素イオン導入30日間
経過例ならびに対照の歯髄内変化　その2

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	1	++	−	++	−	+	−	−	+		++
	2	++	+	++	−	+	−	−	+		++
	4	+	−	+	−	+	−	−	+		+
	6	+	−	+	−	−	−	+	−		+
	7	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	8	+	−	+	−	+	−	+	+		+
	1	+	++	−	−	+	−	+	−		+
	2	+	+	+	−	+	−	−	+		+
	3	++	+	++	−	+	−	−	−		++
	8	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
	9	+	+	+	−	+	−	+	−	+	−
第一対照群	2	+	++	+	−	−	−	+	−	−	−
	3	+	+	+	−	+	−	+	−	−	−
	6	+	+	+	−	−	−	+	−		+
	7	+	+	+	−	+	−	−	−	−	−
	8	++	−	++	−	+	−	+	−		++
第二対照群	1	+	+	+	−	+	−	+	−	−	−
	2	+	+	+	−	+	−	+	−		+
	3	+	−	+	−	−	−	+	−		+
	4	+	−	+	−	+	−	−	−	−	−
	6	+	+	+	−	−	−	+	−	−	−
	7	+	−	+	−	+	−	−	−	−	−
	8	+	−	+	−	+	−	+	−	−	−

第17表その3　200μA, 6分間フッ素イオン導入30日間
経過例ならびに対照の歯髄内変化　その3

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	1	+	−	+	−	+	−	−	−		+++
	3	+	−	+	−	+	−	−	−		+++
	8	+	−	+	−	−	−	−	−		++
	1	+	−	+	−	+	−	−	−		+++
	2	+	−	+	−	+	−	−	−		++
	3	+	+	+	−	+	−	−	−		+++
	8	+	+	−	−	−	−	−	−		++
	9	+	−	+	−	+	−	−	−		+++
第一対照群	2	+	+	+	−	+	−	−	−		++
	3	+	−	+	−	+	−	−	−		+++
	4	+	−	+	−	+	−	−	−		++
	9	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−
第二対照群	1	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	2	+	−	+	−	++	−	−	−		+
	3	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−

第17表その4　200μA, 6分間フッ素イオン導入30日間
経過例ならびに対照の歯髄内変化　その4

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	1	++	++	++	−	+	−	+	+		++
	2	+	−	+	−	+	+	+	−	+	−
	3	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	4	+	+	+	−	+	−	−	−	+	−
	7	+	+	+	−	+	−	+	−		+
	8	+	+	+	−	+	−	+	−		+
	2	+	−	+	−	+	−	+	−		+
	3	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	4	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−
	6	+	+	+	−	+	−	−	−		+
	7	++	++	++	−	+	++	+	−	+	−
	8	+	−	+	−	+	−	−	−		+
	9	+	+	+	−	+	−	+	−	+	−

第8図A_1は、E7号犬の実験例 1 の組織所見を示したもので、A'$_1$はさらに本症の補綴象牙質が形成されている部位の拡大像を示したものである。

第8図A_2は、E9号犬の実験例可の組織所見を示したもので、A'$_2$は補綴象牙質が形成された部位の拡大像を示したものである。

このA_1、A_2の両所見ともに窩底に相当する部位に顕著な補綴象牙質の形成が認められ、ことにA_1に示す例においては極めて急激に進行しつつある補綴象牙質石灰化の状況が窺える。

第8図Bは、第8図A_2と同一動物の反対側同名歯 9 に第一対照例として窩洞形成直後に200μA、6分間の通電が行われ

第一対照群	⌈3	＋	－	＋	－	＋	－	－	＋	＋
	⌈8	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－	－
	⌈9	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	－	－
第二対照群	⌊1	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋ －
	⌊2	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－ －
	⌊3	＋	－	＋	－	＋	－	－	－	－ －
	⌊4	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－	－ －
	⌊6	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	＋	－ －
	⌊7	＋	－	＋	－	＋	－	＋	＋	＋ －

第18表

	補綴象牙質1			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	⫴	⫲	＋	＋	－
実験群	5	8	20	8	3
(Fイオン導入群%)	(11)	(18)	(45)	(18)	(7)
第一対照群	1	3	5	0	9
(通電のみの群%)	(5)	(17)	(28)	(0)	(50)
第二対照群	0	0	6	2	14
(通電なしの群%)	(0)	(0)	(27)	(9)	(64)

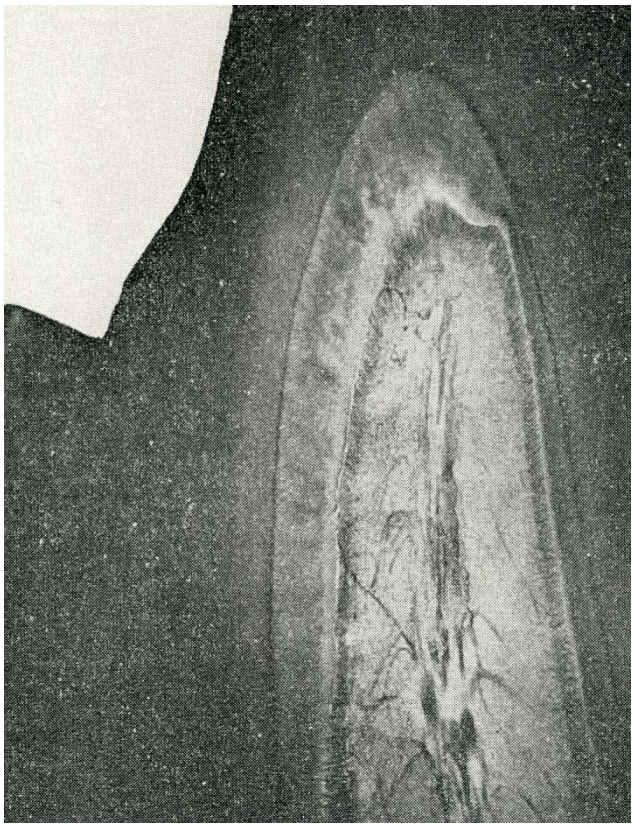
た例であるが、実験例と比較し明瞭な相違を示し、A_2に認められたような補綴象牙質の形成は見られない。B'は本例の拡大像である。

第8図Cは、第8図A_1と同一動物の反対側同名歯⌊1に第二対照例として、同様な窩洞形成を施したのみで全く通電の行われなかった例で軽度の歯髄充血を認めるのみで、補綴象牙質の形成のみならず予成象牙質幅経の肥厚も認められない。

(4)1,000μA、6分間弗素イオン導入、30日経過例およびその対照例について

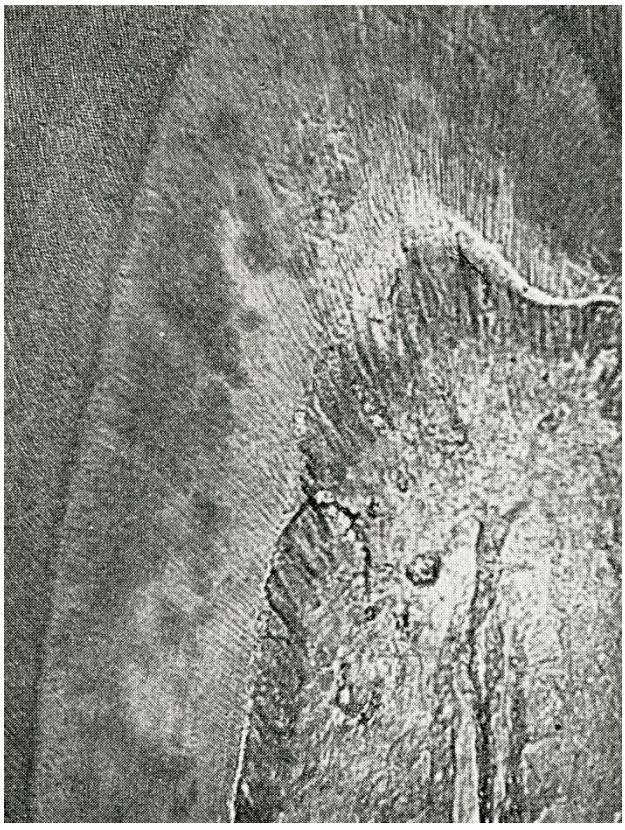
本実験に際しては、成犬1頭を用い、実験群として弗素イオン導入群14例、通電のみを行った第一対照群7例、通電も行わなかった第二対照群7例、計28例について検索を行った。個々の例に対する組織所見の詳細は第19表に示す通りである。

この条件の下で行われた実験群と対照群との間では、歯髄における組織検査の結果、いささか差異が認められた。すなわち、歯髄内円彩細胞浸潤について実験群において14例中6例43%に認められたのに反し、対照群においては、第一、第二



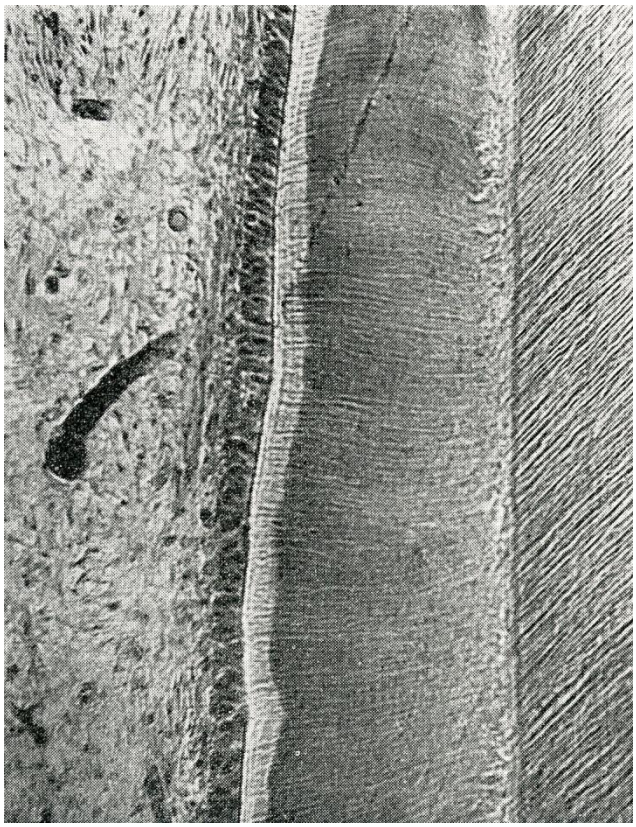
第8図A

E9，⌉1，弗素イオン導入200μA,6分,30日例×35



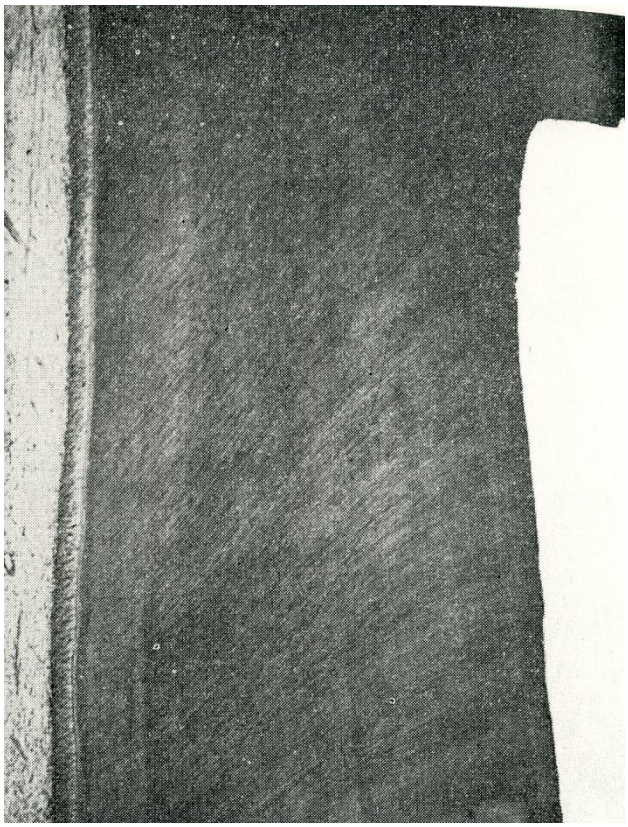
第8図A_1'

A_1の拡大図　×100



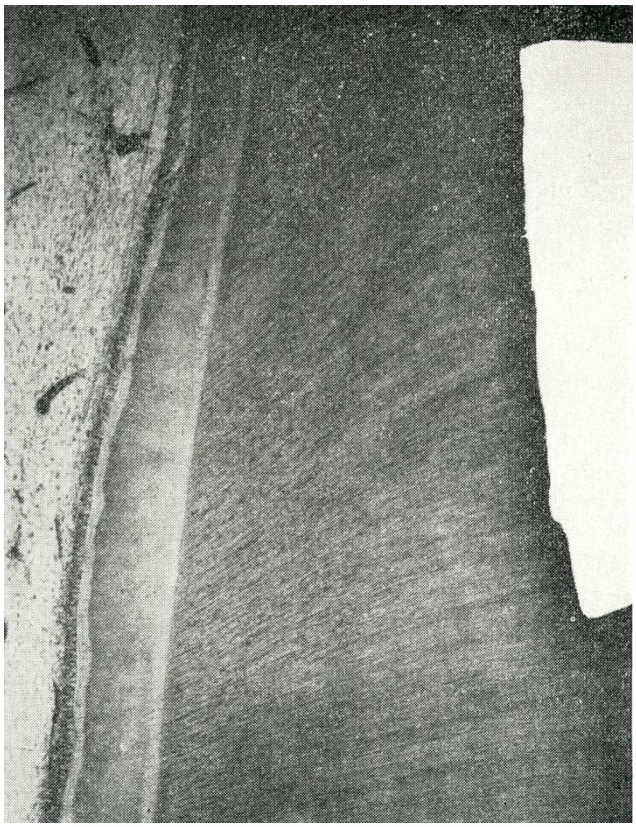
第8図 A_2

E9 , $\overline{9}|$, 弗素イオン導入 200 μA, 6 分, 30 日例×100



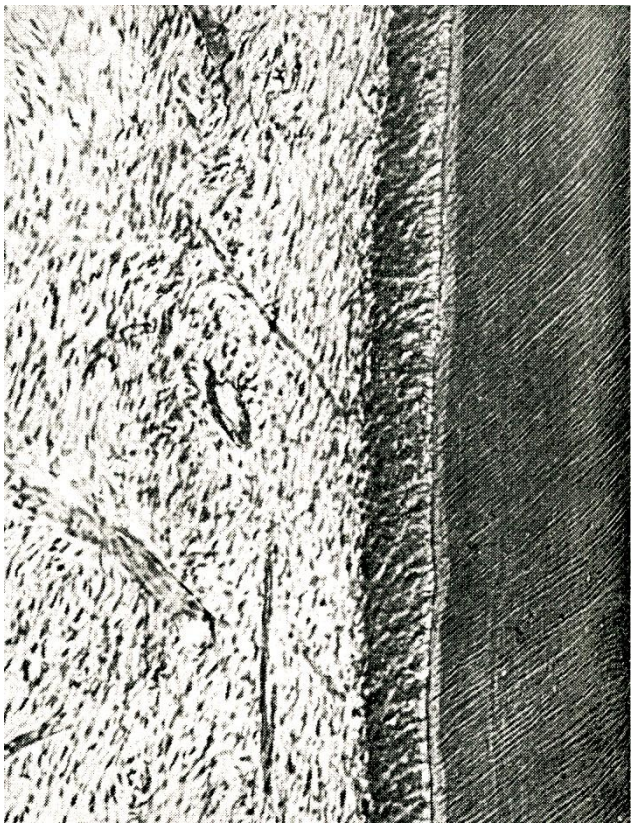
第8図 B

E9 , $|\overline{9}$, 通電のみ 200 μA, 6 分, 30 日例×100



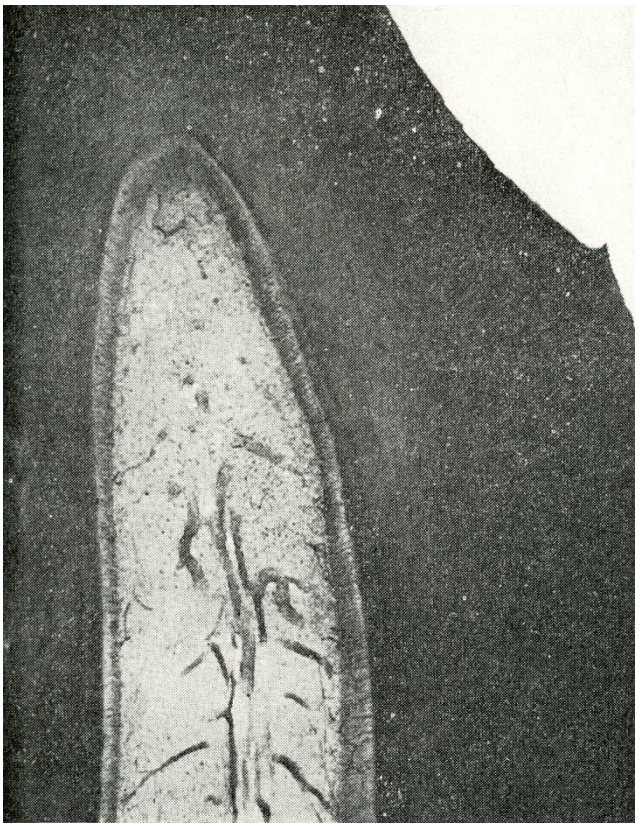
第8図 A_2'

A_2 の拡大図　×200



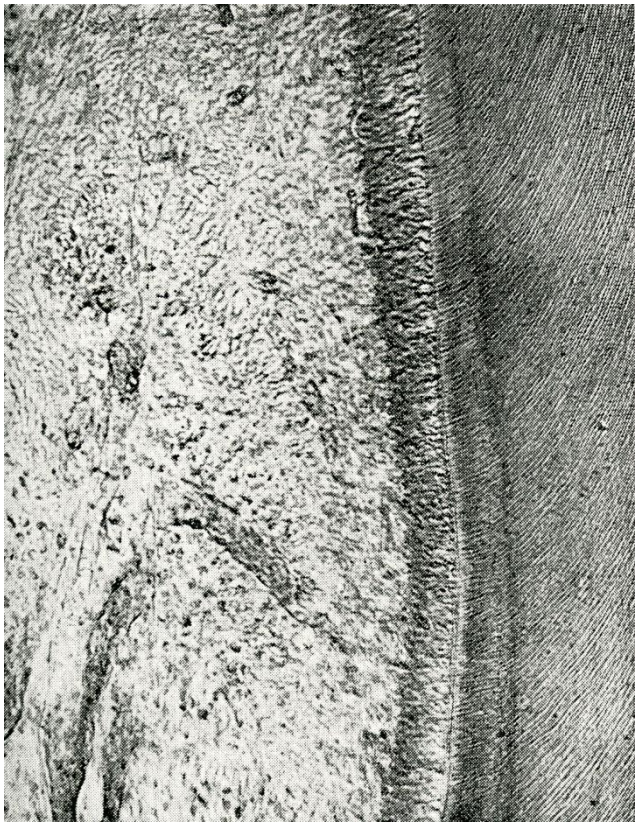
第8図 B'

B の拡大図　×200



第7図C

E9，⌊1⌋，通電なし，30日例×35



第8図C'

Cの拡大図　×100

第19表　1,000μA，6分間フッ素イオン導入30日間

経過例ならびに対照の歯髄内変化

部位	歯髄の変化	造歯細胞			歯髄内					予成象牙質の肥厚	補綴象牙質
		層の排列混乱	層内空砲形成	委縮	円形細胞浸潤	充血	出血	水腫様変化	空砲形成		
実験群	⌊1⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＃
	⌊2⌋	＋	－	＋	＋	＋	＋	－	－		＃
	⌊4⌋	＋	＋	＋	＋	＋	＋	－	－		＃
	⌊5⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＃
	⌊6⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＃
	⌊7⌋	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－		＃
	⌊8⌋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－	－		＃
	⌊2⌋	＋	－	＋	－	＃	＋	－	－		＃
	⌊3⌋	＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋	＋		＃
	⌊4⌋	＃	＋	＃	－	＋	＋	＋	－		＃
	⌊6⌋	＋	－	＋	＋	＋	－	＋	－		＃
	⌊7⌋	＃	＋	＃	－	＋	＋	＋	－		＃
	⌊8⌋	＋	－	＋	＋	＋	＋	－	－		＃
	⌊9⌋	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－		＃
第一対照群	⌊2⌋	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－		＃
	⌊3⌋	＋	－	＋	－	＋	＋	＋	－		＃
	⌊4⌋	＋	－	＋	－	＃	－	－	－		＃
	⌊6⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－	＋	－
	⌊7⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－		＃
	⌊8⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＃
	⌊9⌋	＋	＋	＋	－	＋	＋	－	－		＃
第二対照群	⌊1⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	＋	－		＋
	⌊2⌋	＋	－	＋	－	＋	－	－	－		＋
	⌊3⌋	＋	＋	＋	－	＋	＋	＋	－		＋
	⌊4⌋	－	－	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊6⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊7⌋	＋	＋	＋	－	＋	－	－	－	－	－
	⌊8⌋	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－	＋	－

両群を通じ1例もこれを認めなかった。歯髄充血は、実験群、対照群の全例にこれを認めたが、歯髄内の出血は、第二対照群の場合に比し、実験群、第一対照群において高率に認められ、実験群に64%、第一対照群に43%、第二対照群に14%とそれぞれ観察された。

補綴象牙質の形成に関する観察結果は第20表に表示する通りであった。

第20表

	補綴象牙質			予成象牙質のみ	予成象牙質と補綴象牙質
	＋＋＋	＋＋	＋	＋	－
実験群（Fイオン導入群%）	12 (86)	2 (14)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
第一対照群（通電のみの群%）	3 (43)	3 (43)	0 (0)	1 (14)	0 (0)
第二対照群（通電なしの群%）	0 (0)	0 (0)	3 (43)	1 (14)	3 (43)

すなわち、実験群においては、その全例に著明な補綴象牙質の形成を認め、(＋＋＋)と判定したものが14例中12例、86%に及んだ。

第二対照群に属する例においても7例中3例43%は比較的著明に補綴象牙質の形成を認め、その中の3例43%は(＋＋＋)と判定された。

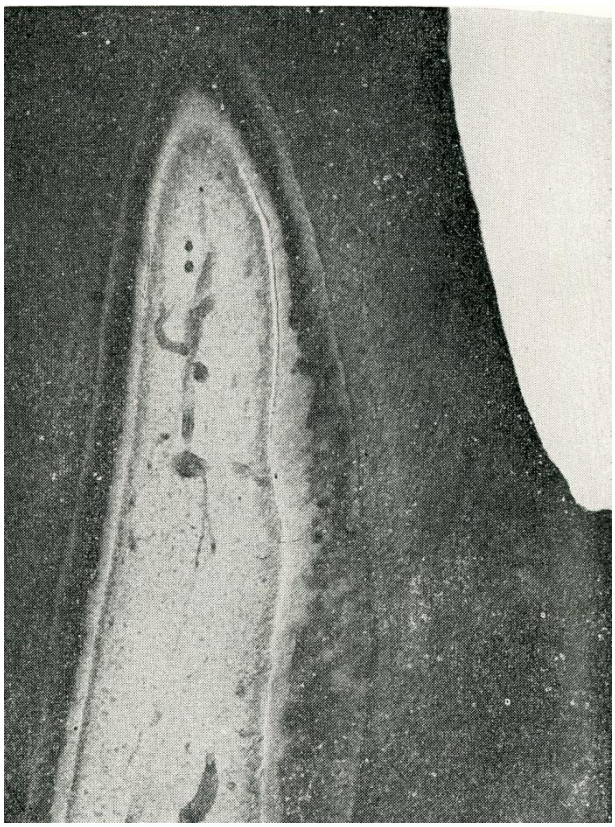
これに反し、第二対照群においては、7例中3例43%は僅に造歯細胞層の排列混乱、あるいは空胞形成を示すのみで軽微な補綴象牙質の形成を窺えるものも3例43%に認めたに過ぎない。

これらの状況を代表例を挙げて示したものが第9図ならびに第10図である。

第9図Aは、E11号犬の実験例 1| の組織所見を示し、A1はさらにその拡大像を示したものである。第9図Cは、同一動物の反対側同名歯 |1 の第二対照例の組織所見を示し、C'はさらにその拡大像を示したものである。第9図Aにおいては、窩洞の直下を始めとして歯髄腔全周に亘って補綴象牙質の形成が認められる。ことに、窩洞の直下においては弗素イオン導入の行われた歯線維の走行に従った部に、最も著明な補綴象牙質の形成層が幅広く認められる。この部の石灰化も極めて急速に進行しつつある模様が窺われる。これに反して、第二対照群におけるCの組織所見では、極めて軽度の補綴象牙質の形成を見るに過ぎない。第10図Aは、同様にこの条件下で行われたE11号犬の実験例 8| の組織所見を示し、A'はさらに補綴象牙質の形成された部位の拡大像を示したものである。

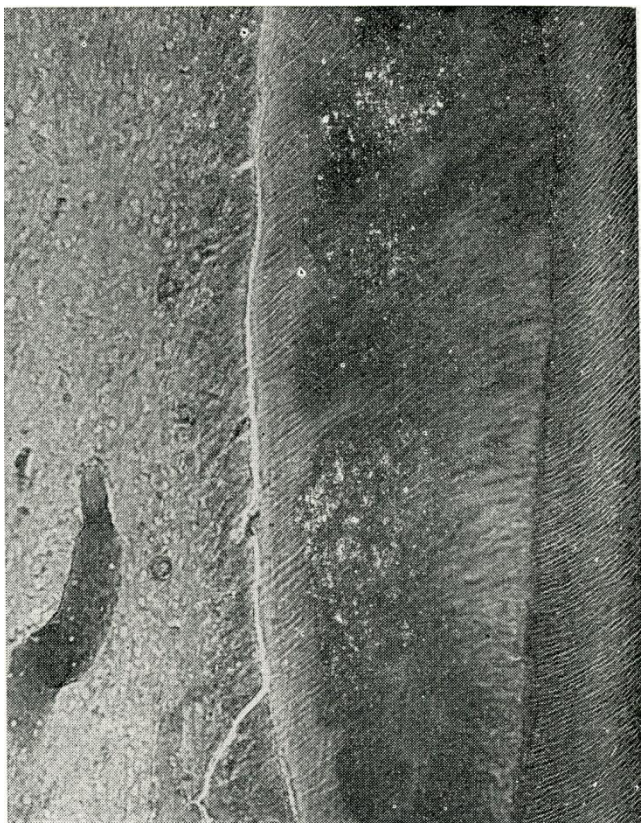
第11図Bは、第二対照例として窩洞形成後1,000μA、6分の通電のみが行われた例の組織所見を示したものである。B'は補綴象牙質の形成された部の拡大像である。

第10図Cは、第10図Aと同一動物の反対側同名歯 |8 の



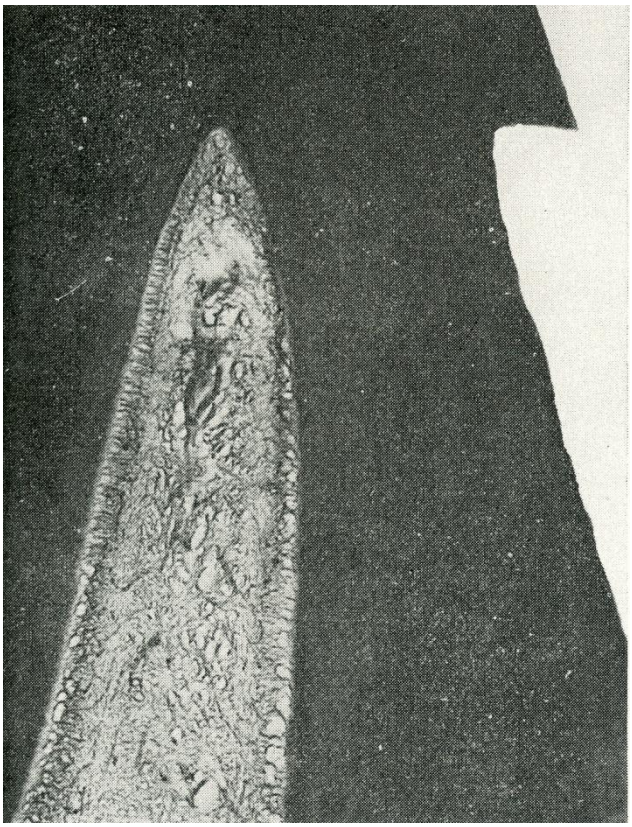
第9図A

E11 , 1|, 弗素イオン導入 1,000μA, 6分, 30日例×35



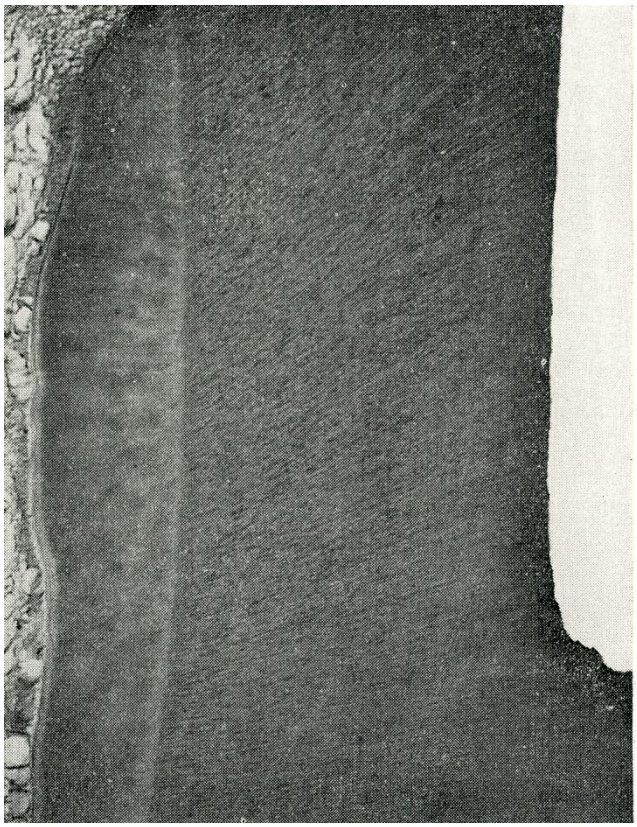
第9図A'

Aの拡大図 ×200



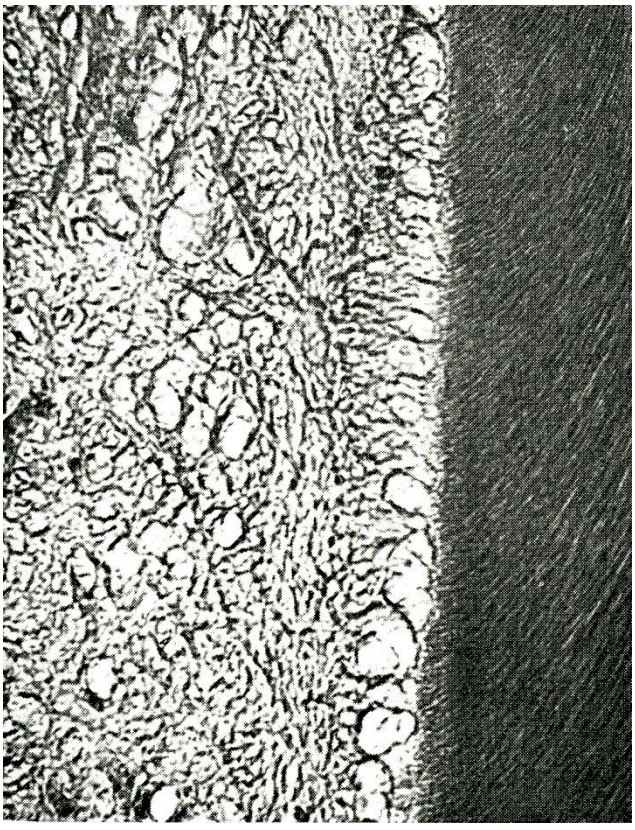
第9図C

E11 , |1| , 通電なし, 30日例×35



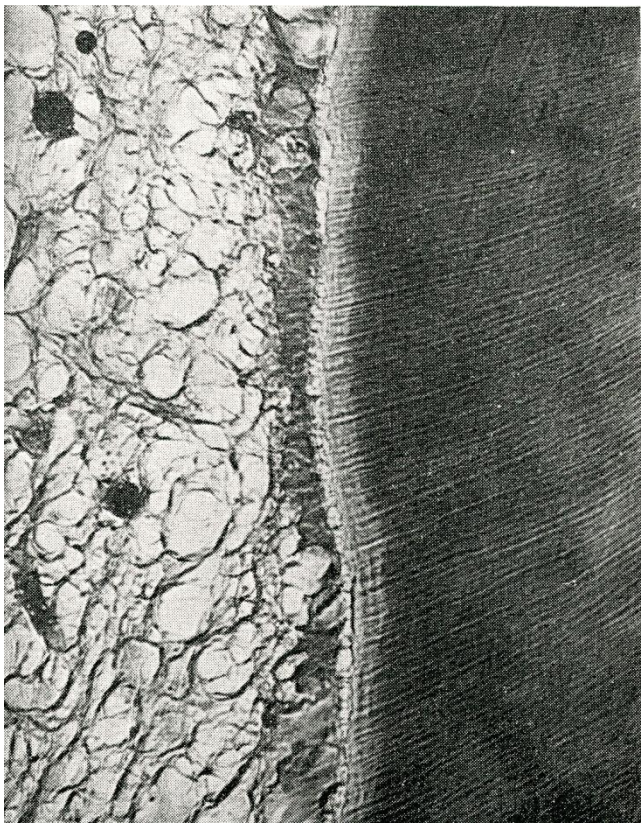
第10図A

E11 , |8| , 弗素イオン導入 1,000μA, 6分, 30日例×100



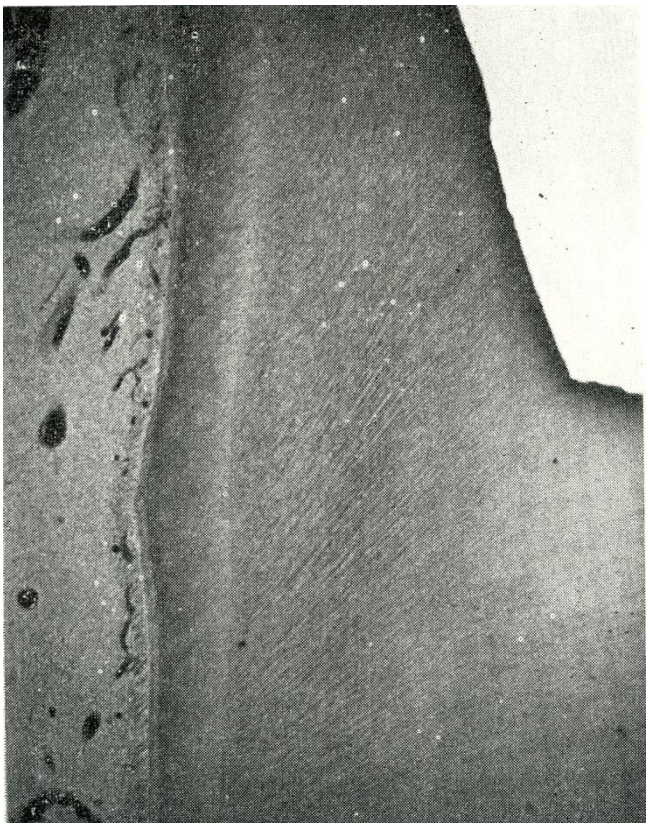
第9図C'

Cの拡大図 ×200



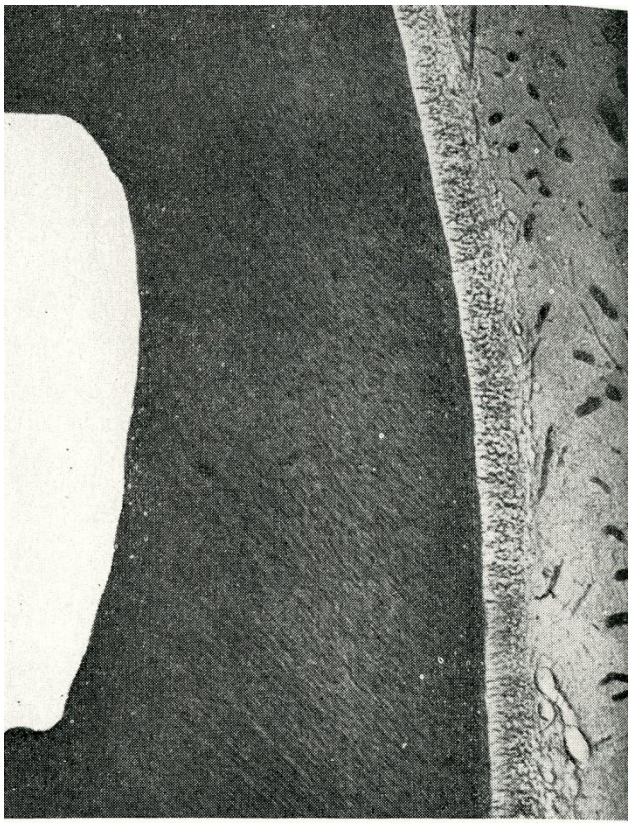
第10図A'

Aの拡大図 ×200



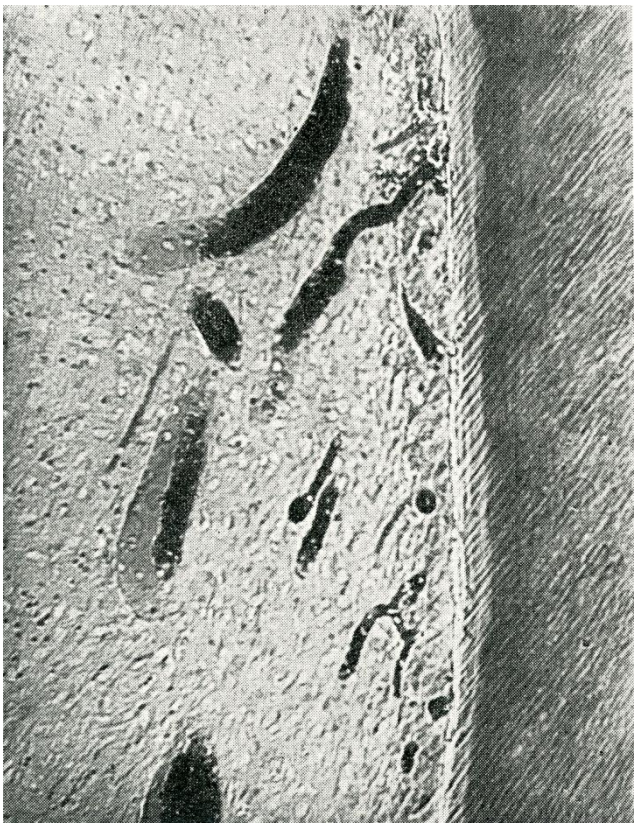
第 10 図 B

E11 , ⌈8 , 通電のみ 1,000 μA, 6 分, 30 日例×100



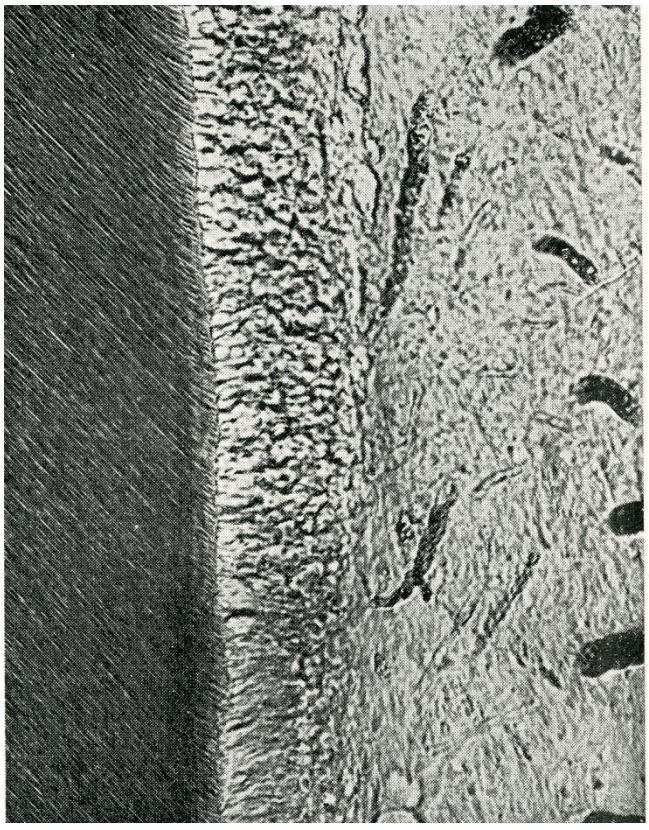
第 10 図 C

E11 , ⌊8 , 通電なし 30 日例×100



第 10 図 B'

B の拡大図　×200



第 10 図 C'

C の拡大図　×200

第21表　100μA，6分，90日経過例におけるマイクロラジオグラフの所見

			補綴象牙質	原生象牙質と補綴象牙質とのradiopacityの差	補綴象牙質の歯細管走行の明瞭度	原生象牙質と補綴象牙質との境界部と於てradiopacityの高いもの
E 14	実験群	3	＋＋	なし	不明瞭	＋
		8	＋＋	補綴象牙質にやや高い	明瞭	＋
		1	＋	なし	明瞭	＋
		3	－			
		9	＋＋	なし	明瞭	＋
	第一対照群	2	－			
		3	＋	なし	不明瞭	±
	第二対照群	4	－			
E 15	実験群	4	＋	なし	明瞭	－
		8	＋＋	なし	1部不明瞭	＋
		4	＋		明瞭	－
		8	＋		明瞭	±
	第一対照群	1	＋	なし	不明瞭	±
		2	＋	なし	不明瞭	－
		8	＋＋	なし	不明瞭	±
		9	－			
	第二対照群	1	－			
		2	－			

第二対照例の組織所見を示したものであり、C1は同様拡大像である。

Aにおいては、造歯細胞の一部消失、歯髄組織の網様萎縮などが認められるが、窩洞の直下には著明な補綴象牙質の形成が観察される。Bにおいても窩洞直下に比較的高度に補綴象牙質の形成は観察されるが、Aにおける程著明とは云い得ない。Cにおいては、僅かに予成象牙質の肥厚を示しているに過ぎない。

(Ⅱ)非脱灰研磨標本について

(1)100μA、3分、7日および15日経過例について。

本例に属する実験例数は実験群、第一対照群、第二対照群各6例、計18例であったが、各群共にいまだ補綴象牙質の形成が見られず、マイクロラジオグラフにおいて実験群と対照群との間になんら差を認めることが出来なかった。

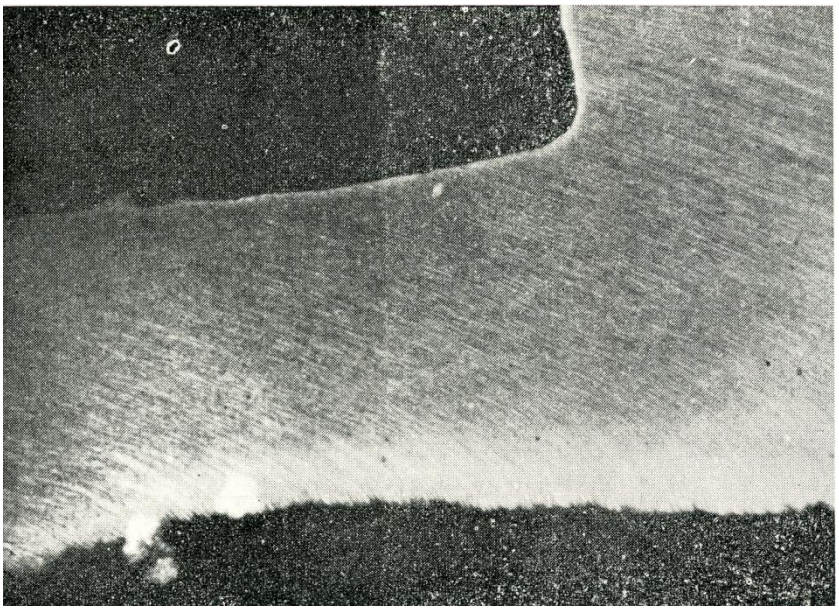
(2)100μA、3分、30日および200μA、6分、30日経過例について。

本例に属する実験例数は実験群、第一対照群各18例、第二対照群11例であったが、補綴象牙質の形成は実験群中10例(55%)、第一対照群中3例(16%)、第二対照群中1例に認められ、補綴象牙質はすべて軽度に認められるものであったが、

Radiopacityの高いものを実験群に多数認めた。蛍光顕微鏡像では、おもに窩底にそって象牙質と予成象牙質の接する部位に螢光反応が認められ、とくに実験群に強い蛍光を認めた。組織化学染色の結果では、石灰化と関係あるといわれているAlcian blue,PAS反応染色等の酸性粘液多糖類の反応が蛍光の強い部位にほぼ一致して明らかに認められた。この観察例の代表例として示したものが第11図である。これはE12号犬8の実験例で、予成象牙質に近い窩底象牙質の部分が、マイクロラジオグラフでRadioPacityが高く認められ蛍光顕徴鏡像では強い蛍光反応を示めしており、同一部位のAlcian blueによる組織化学染色ではこの部分が青く濃染している。

(3)100μA、6分、90日経過例について

本例に属する実験例数ならびにその観察結果は、第21表に示す通りである。すなわち、実験群及び第一対照群に多数高度の補綴象牙質の形成を認めた。しかし、補綴象牙質内の歯細管走行の乱れ、数の減少等補綴象牙質の構造の不規則性は実験群に少なく、第一対照群に高度、高率に認められ、補綴象牙質内に歯細管を全く認められないものが、第一対照群に



第 11 図 A ,E12, $\overline{8}$|,マイクロラヂオグラフ ×60



第 11 図 B,A と同じ標本の蛍光顕微鏡像 ×60

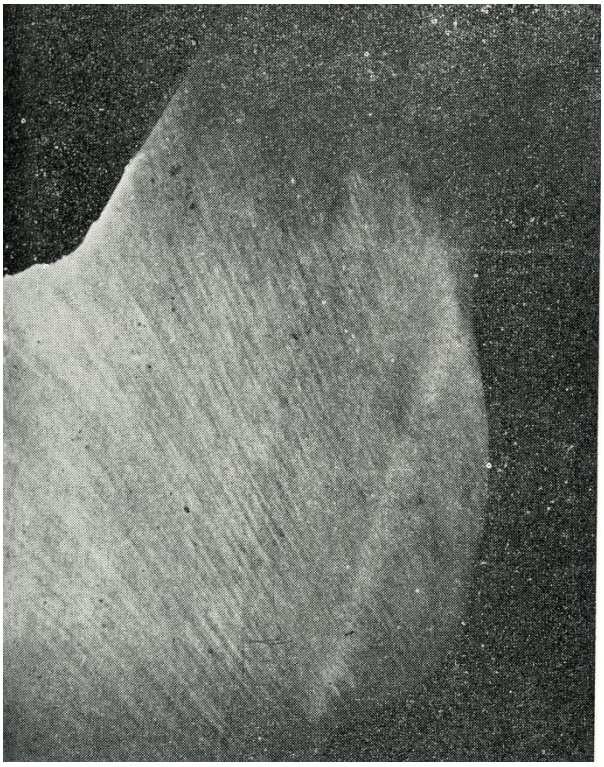
おいて多数に観察された。

原生象牙質と補綴象牙質との Radiopacity については、実験群と対照群とに大差を認めないが、この境界部において Radiopacity の高いものが多く、この現象は実験群に著明に認められた。この例の代表的なものとして示したものが、第 12 図と第 13 図である。これら実験群では高度の補綴象牙質を形成していることが観察されるが、Radiopacity に大差を認めず、歯細管も正常に近い状態を示している。原生象牙質と補綴象牙質との境界部においては高い Radiopacity を示めし、歯細管の走行が不明瞭になっている。第 14 図、第 15 図は第一対照群の所見を示したもので第 14 図ではほとんど補綴象牙質を認めず、第 15 図においては,中等度の補綴象牙質の形成は認められるが歯細管を認めることはできない。

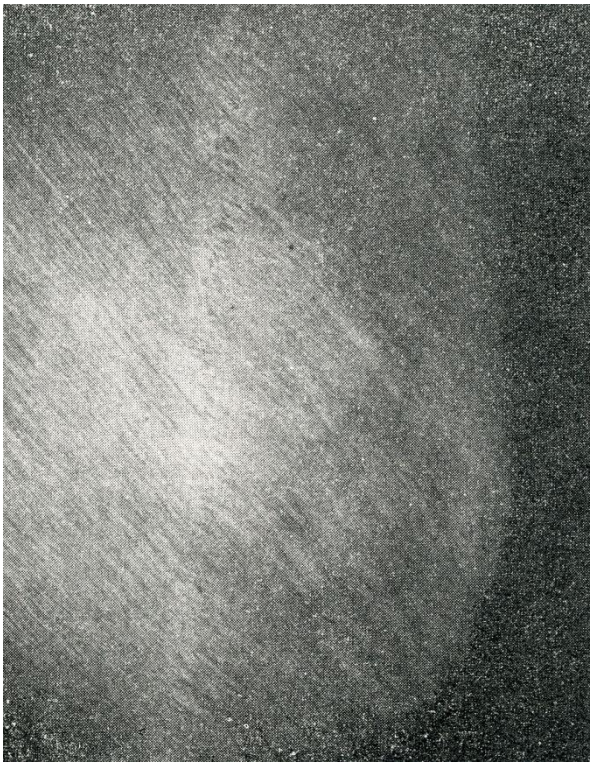
第 16 図、第 17 図は第二対照群で共に補綴象牙質の形威は認められない。



第 11 図 C,AB と同じ標本の Alucian blue 染色像　×60

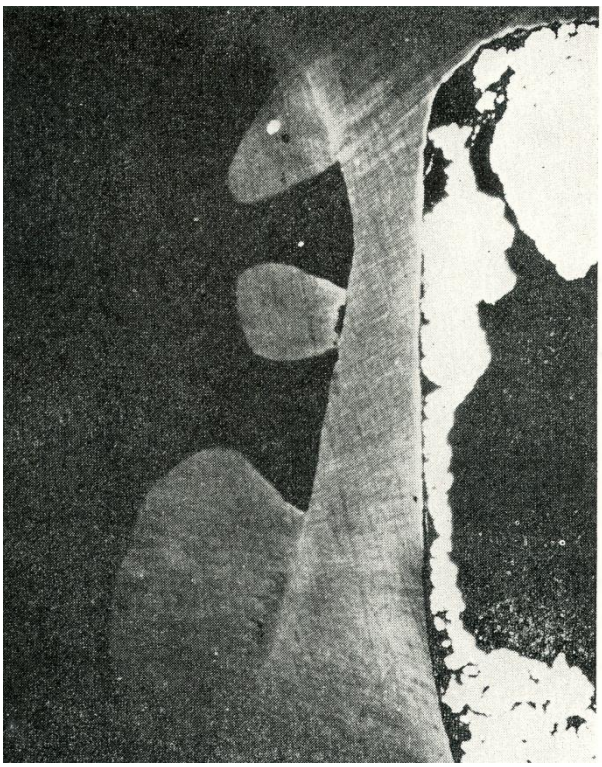


×35



×100

第 12 図 E14 , 8 , 弗素イオン導入 100 μA , 6 分, 90 日例

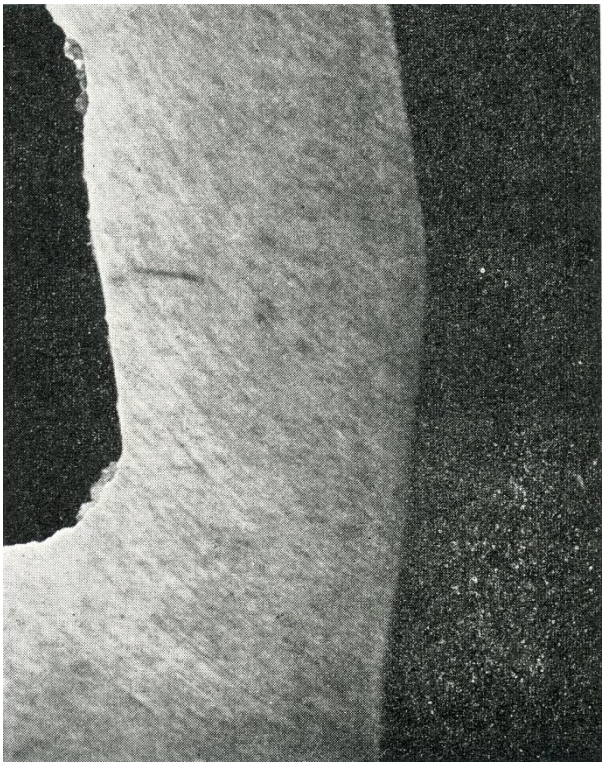


×35

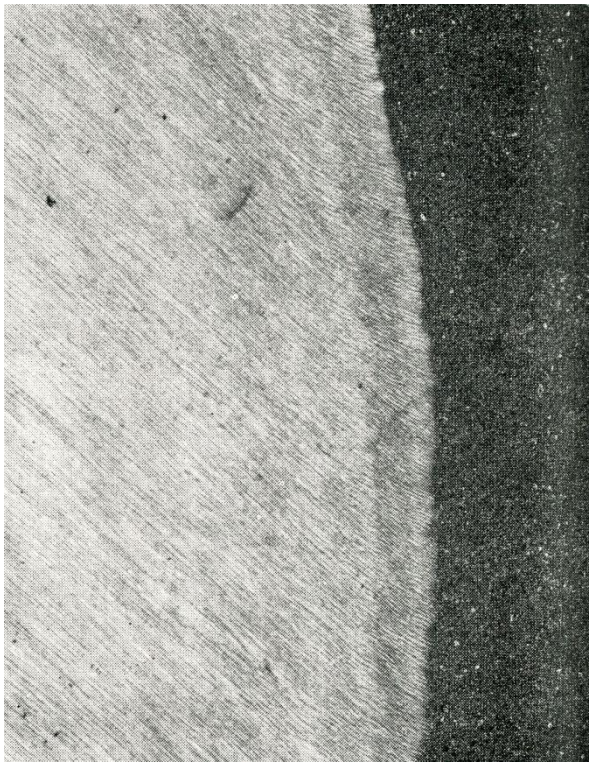


×100

第 13 図 E14 , $\overline{9|}$, 弗素イオン導入 100 μA, 6 分, 90 日例

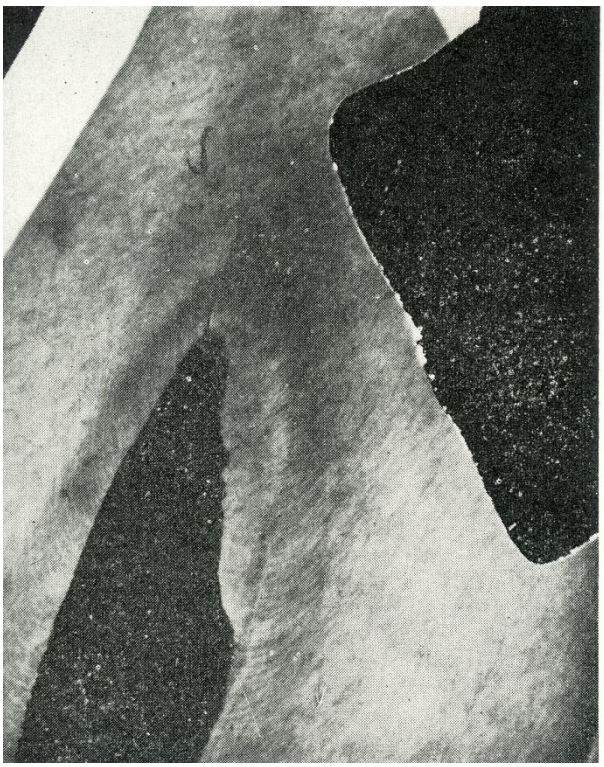


×35

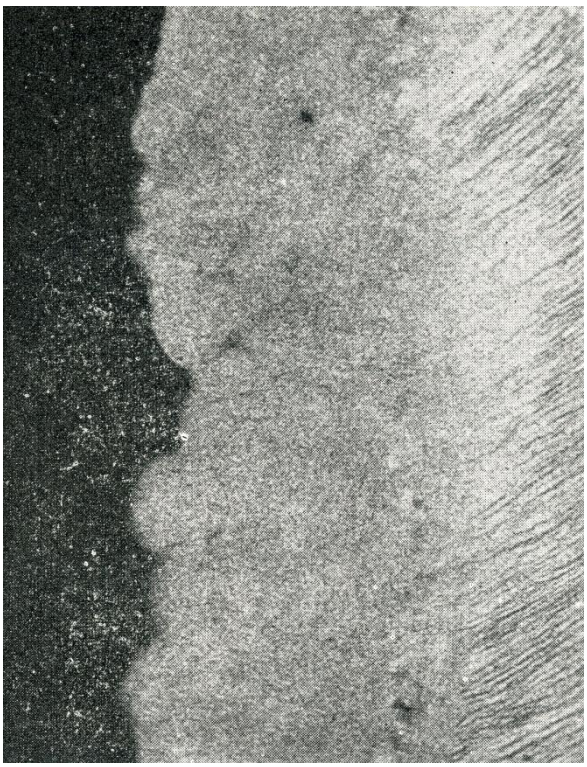


×100

第 14 図 E15 , $|\overline{9}$, 通電のみ 100 μA, 6 分, 90 日例

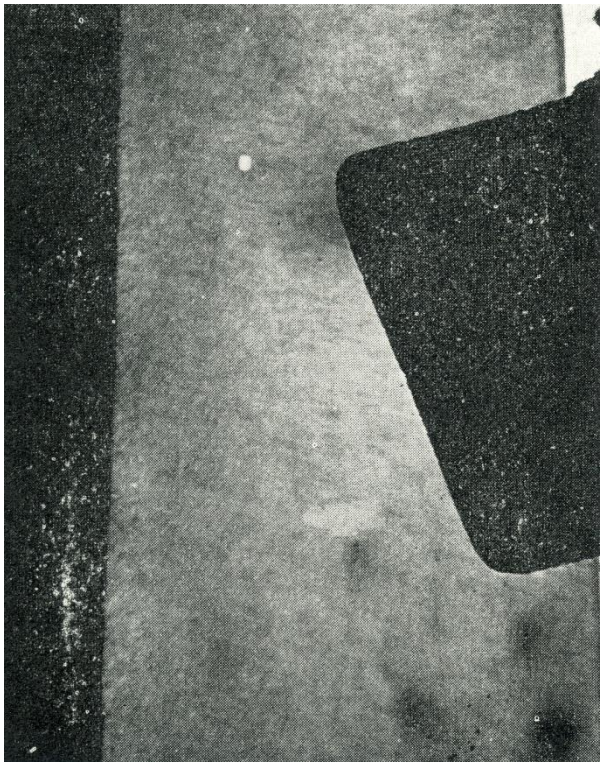


×35

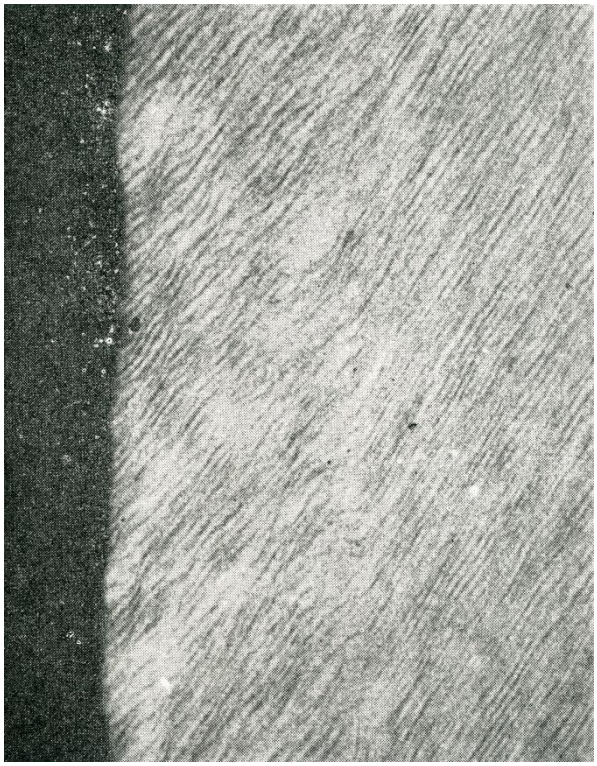


×200

第 15 図 E15 , $\overline{2}$, 通電のみ 100 μA, 6 分, 90 日例

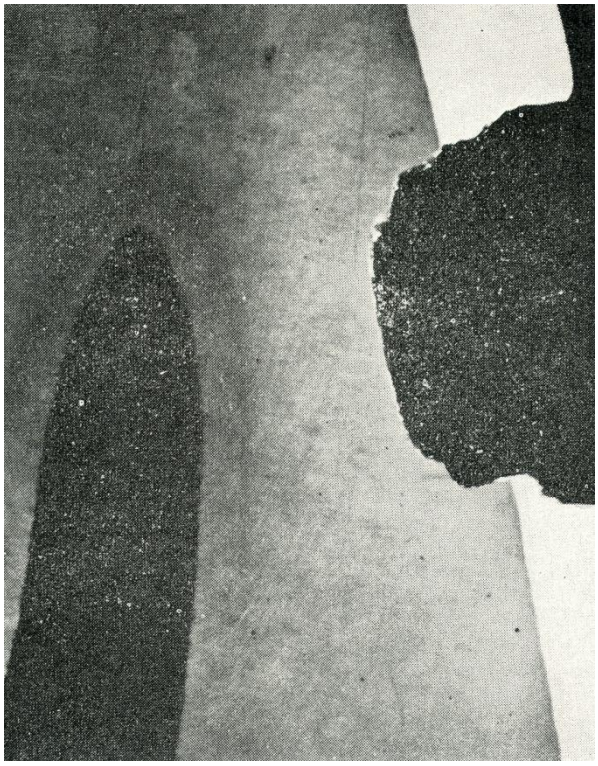


×35

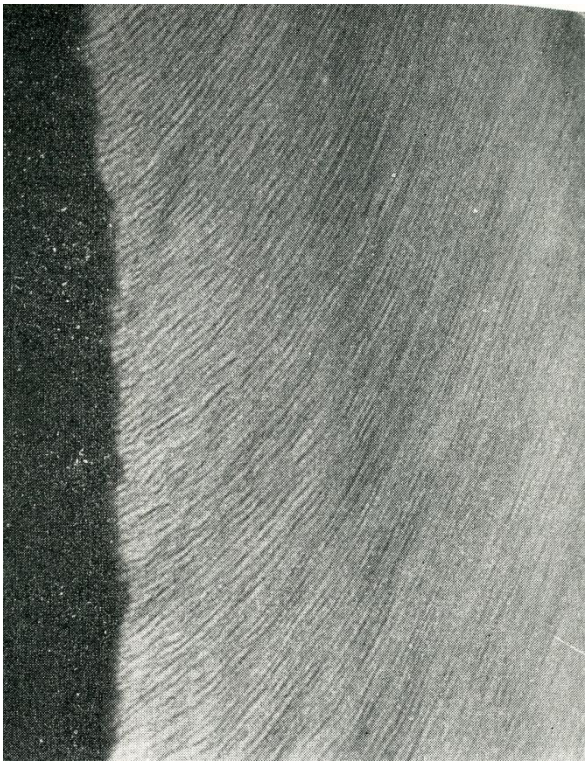


×200

第 16 図 E14 , $\underline{4}$, 通電なし, 90 日例



×35



×200

第17図 E15 ,⌊2 ,通電なし,90日例

総括ならびに考察

近時、弗素イオン導入法による知覚過敏症に対する治療あるいは根管治療が注目され、これにより歯牙ならびに周囲組織に石灰化が促進される事実が報告されている。

1954年、当時東京歯科大学進学課程物理学教授に就任していた金井昌邦博士が、学生を指導しながらう蝕予防の一方法として電池を利用した『イオン・ブラシ』を考案創製し続いて、これの使用の下では歯槽膿漏症に対し有効な結果を得たとの報告に端を発し、著者の属する東京歯科大学市川病院歯科においては、弗素イオン導入療法に関する一連の業績を発表してきた。

すなわち、加藤等(1959)はPy0-Cureを使用し、歯槽膿漏症に対して、もっぱら50μAの通電による弗素イオン導入法を行い、1ケ月以上の加療例においては、レ線所見上歯槽縁の平滑化がほとんど全症例に亘って認められ、歯槽骨の回復もまた、長期加療により期待できると述べている。

高橋(1959)は、実験動物として犬を用い、麻酔抜髄後弗素イオン導入法を行い、弗素イオン導入例では対照例に比較し、根端周囲における歯槽骨の増生を著明に認め、残髄時にあっては象牙質牆の形成、その他にあっては根端孔の骨様組織による閉鎖を多数認めたと報告している。

川島(1960)は根管治療に際し、弗素イオン導入法を行うことにより、多数例に骨性癒着の発現を認め、しかもそれらの部位が根端部のみならず、根側部においても広範かつ活発に認められたことから、弗素イオンが根管壁歯細管を通して積極的に根側部にも導入せられたものと考え、これら硬組織の増生は弗素イオンの作用に帰せられるべきものであると報告している。

国外においても、弗素イオン導入法の効果に対し関心が持たれるに至り、W・Lefkowitz(1962)、J・Simons(1961),A・L・Jensen(1964)、H・M・Scott(1962)等により、斑蛔質、象牙質面よりの弗素イオン導入法を行った結果、知覚過敏症あるいは窩洞形成後の知覚過敏に対し極めて有効であるとの報告が発表されるに至った。ことにJ.Simons,H.M.Scottは、その機序に対しての解明は、いまだ充分とは考えられないが、弗素イオン導入によって急速に補綴象牙質が形成されると報告している。さらにW.Lefkowitzは、唾液を用いて通電を行った実験においても弗素イオン導入の場合と同様の結果を得た

として、象牙質面からの電気戟刺こそが活発な補綴象牙質形成の要因であると述べている。

以上の如く、弗素イオン導入により歯牙周辺組織および歯髄内に石灰化を促進させる事実については、すでに明らかにしてきたが、象牙質よりの弗素イオン導入に関しては、本邦においていまだ検索されておらず、海外においても、系統的、実験的に詳細な検索が行われるに至らず、本問題は解明されたとは云えない状況にあった。

そこで、可及的に同一動物に対し、ほぼ一定の窩洞形成を施し、この象牙質面から弗素イオン導入法を行った実験群と、弗化物の代りに蒸溜水を用い同量の通電のみを行った第一対照群と、窩洞形成のみ行い通電を行わなかった第二対照群の3群について実験を実施し、果して通電のみの効果と判断すべきか、さらに弗素イオン導入の効果と考えるならばいかなる電流量、通電時間が適切であるかについて検索を行った次第である。

Ⅰ脱灰標本作製例について

すでに、実験成績によって明らかな如く、弗素イオン導入によって象牙質の形成が顕著な促進を蒙ることは確実に証明されたが、本実験においては、実験動物による個体差が大であることと、窩洞の深さ、ならびに窩洞形成による刺戟という要因の取り扱いについていささか困難を感じた。

従って、ここに窩洞の深さに対し、一定の規準を設け、窩底象牙質の厚さが最薄部で0.9㎜以上のものを「浅い窩洞」、0.40㎜-0.89㎜のものを「中等度の窩洞」、0.39㎜以下のもの深い窩洞」と大別し、主として中等度の窩洞について実験成績の総括を行った。なお、この総括、検討に際しては、30μA 3分間、100μA 3分間、200μA 6分間、1,000μA 6分間の各条件の下で実験後30日経過した実験群ならびに、各対照実験群中の中等度の窩洞を対象として撰択した。

A 中等度の窩洞について

(1)造歯細胞層内の変化について

この項目に該当する実験例数ならびに造歯細胞層内の変化発現数を第22表に一括表示した。

これらの変化に関しては、実験群と各対照群との間に特に著しい相違は認められなかった。しかし、変化を認めたものの中で(＋)以上の高度の変化を示したものは弗素イオン導入群と第一対照群においてやや高率に認められた。

(2)歯髄固有組織内の変化について

この項目に該当する実験例数ならびに歯髄固有組織内の変化発現数を第23表に一括表示した。

歯髄内円形細胞浸潤については、実験群に1例、第二対照群に1例を認めたに過ぎず、比較対照する資料とはなり得なかった。歯髄内充血については、ほとんど全例にこれを認め、実験群、対照群間の相違はもとより通電量の増加によるものも認めたとは云い難い。

第22表　造歯細胞層内の変化（中程度の窩洞）

電流値	通電時間	経過日数	造歯細胞の排列混乱			造歯細胞層内空砲形成			造歯細胞の委縮		
			F	E	O	F	E	O	F	E	O
30μA	3分	30 %	① 7/8 87	／	13/14 13	3/8 37	／	6/14 43	① 7/8 87	／	② 9/14 64
100	3	30 %	13/15 87	3/4 75	5/7 71	2/15 13	1/4 25	0/7 0	13/15 87	3/4 75	7/7 100
200	6	30 %	② 29/31 93	① 12/15 80	16/17 94	② 11/31 35	① 7/15 47	6/17 35	② 26/31 84	① 12/15 80	16/17 94
1,000	6	30 %	5/5 100	6/6 100	5/6 83	2/5 40	3/6 50	4/6 66	5/5 100	6/6 100	6/6 100

分母は症例数、分子は発現数を示す　　○印数値は ＋以上の発現数を示す。

F ： 実験群　E ： 第一対照群　0 ： 第二対照群

第 23 表　歯髄固有組織内の変化（中程度の窩洞）

電流値	通電時間	経過日数	円形細胞浸潤			充血			出血			水腫様変化			空胞形成		
			F	E	O	F	E	O	F	E	O	F	E	O	F	E	O
30	3	30	0/8		0/14	8/8		① 14/14	2/8		① 7/14	4/8		4/14	2/8		2/14
		%			0	100		100	25		50	50		29	25		14
100	3	30	0/15	0/4	0/7	① 15/15	4/4	6/7	① 3/15	0/4	1/7	0/15	1/4	1/7	1/15	1/4	1/7
		%	0	0	0	100	100	86	20	0	14	0	25	14	7	25	14
200	6	30	0/31	0/15	1/17	② 29/31	13/15	② 15/17	① 6/31	1/15	0/17	8/31	6/15	5/17	3/31	1/15	0/17
		%	0	0	6	93	87	88	19	7	0	26	40	29	10	7	0
1000	6	30	1/5	0/6	0/6	① 5/5	① 6/6	6/6	2/5	3/6	1/6	1/5	1/6	3/6	0/5	0/6	0/6
		%	20	0	0	100	100	100	40	50	17	20	17	50	0	0	0

分母は症例数、分子は発現数を示す　　○印数値は ㅐ以上の発現数を示す。

第 24 表　30 日経過例に於ける補綴象牙質（中程度の窩洞）

通電量	通電時間	経過日数	実験群					第一対照群					第二対照群				
			補綴象牙質			予成象牙質	予・補	補綴象牙質			予成象牙質	予・補	補綴象牙質			予成象牙質	予・補
			ㅐ	ㅐ	+	+	−	ㅐ	ㅐ	+	+	−	ㅐ	ㅐ	+	+	−
30	3	30	0/8	4/8	1/8	3/8	0/8						0/14	4/14	2/14	3/14	5/14
		%	0	50	13	37	0						0	28	14	21	36
100	3	30	0/15	3/15	6/15	2/15	4/15	0/4	0/4	2/4	0/4	2/4	0/7	0/7	0/7	0/7	7/7
		%	0	20	40	13	26	0	0	50	0	50	0	0	0	0	100
200	6	30	1/31	4/31	18/31	5/31	3/31	1/15	3/15	5/15	0/15	6/15	0/17	0/17	6/17	1/17	10/17
		%	3	13	58	16	10	7	20	33	0	40	0	0	35	6	59
1000	6	30	6/6	0/6	0/6	0/6	0/6	3/6	3/6	0/6	0/6	0/6	0/6	0/6	2/6	1/6	3/6
		%	100	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0	0	33	17	50

歯髄内出血については 100 μA 以下の通電においてはその影響を認めないが、200 μA、1,000 μA 通電においては、実験群、第一対照群においては影響を認めると判断すべきものと考える。歯髄内水腫様変化及び空胞形成については、特に実験動物の個体差が大きな要因となり、通電の有無あるいは通電量の増加により差異があるとは思われない結果を示している。

(3) 予成象牙質の肥厚及び補綴象牙質の形成について

この項目に該当する実験例数ならびに予成象牙質の肥厚及び補綴象牙質形成の認められた例数を第 24 表に一括表示した。

すなわち、弗素イオン導入群では、対照群ことに第二対照

群に比し、高度かつ高率の補綴象牙質形成が認められている。この傾向は,通電量の増加と共に顕著となり、1,000μA通電群においては、実験群では100%に(　)の補綴象牙質形成を示している。

なお、第一対照群においても比較的優れた補綴象牙質形成の成績を示し、第一対照群の結果を参照し、電気刺戟のみによる影響も相等有力であることを認めた。本実験の実施に際しては、可及的に若い成犬のみを用いることに配慮したが、観察の結果、各動物による個体差が著明で例えば、第二対照群に属する症例は総て同一の処置が行われたにも係らず、同一条件下の各側における歯髄内変化あるいは補綴象牙質形成の程度に関しても差異の認められることを知った。従って、各々の実験動物について、実験群と対照群との間に実験成績の相違を明瞭に認めることががができても、数頭の実験動物の成績を合算して、各種所見の出現率を求めた場合には、常に正確なデーターが表示されたとは云いきれない。著者は、各実験動物について中等度の窩洞における予成象牙質の肥厚及び補綴象牙質の形成の結果を取りまとめ、出現率の値に対し、(卅)に対しては3点、(卄)に対しては2点、(＋)に対しては1点、予成象牙質の肥厚に対しては0.5点と評点し、各動物に対する実験結果毎に表示したものを第25表とした。

この表により、それぞれの実験物における実験群と各対照群との間における補綴象牙質形成度が観察可能である。すなわち、全実験動物を通じて実験群においては補綴象牙質の形成が顕著であり、第一対照群がこれに続いた結果を示している。

30μA、3分間通電の90日経過例においては、実験群と対照群との間に特に有意の差は認められず、30μA、100μA、3分間通電例の7日及び15日経過例では、主として予成象牙質の肥厚の観察によるものではあるが、実験群と第一、第二対照群とのそれぞれの間に明瞭な差異を示している。

30日経過例に関しては,実験例数も多く、本研究の主流をなすものであるが、これまた実験動物による個体差が大きく、例えば、E7号犬のように200μA、6分間通電例の如く、実験群と対照群との間に大差を認めないものがある反面、E5号犬の如く100μA、3分間通電例にあっても実験群、対照群に有意の差を明瞭に示すものもあり、果して如何なる通電量が効果的であるかを断定することは極めて困難であった。

第25表各実験動物の予成象牙質及び補綴象牙質の形成度(中等度の窩洞)しかし、30μA通電例においては、あまり著

第25表　各動物実験の予成象牙質及び補綴象牙質の形成度（中程度の窩洞）

通電量	経過日数	動物番号	実験群	第一対照群	第二対照群
30μA 3分	7	3号犬	150		88
	15	4号犬	175		80
	30	2号犬	63		28
		5号犬	200		180
	90	1号犬	168		140
100μA 3分	7	E1	25	0	10
		E2	28	17	0
	15	E3	66	25	10
		E4	80	50	0
	30	E5	108	66	0
		E6	70	0	0
200μA 6分	30	E7	82	60	40
		E8	99	60	40
		E9	231	231	66
		E10	76	50	13
1000μA 6分	30	E11	300	250	42
平　均			113.2	73.5	46.0

補 卅 の出現率 ×3
　 卄 の出現率 ×2
　 ＋ の出現率 ×1
予 ＋ の出現率 ×0.5
合計　　値

明な効果は証明されなかった。概して100μA以上の通電によって補綴象牙質形成が有効に促進されるものと考えられる。なお1,000μAの通電は、臨床上の応用は不適当と想像し、むしろ参考のため実施したものであったが、むしろ良好な成績を得ている。

なお、第25表に示した実験群、第一、第二対照群に対する平均指数、すなわち、実験群の113.2、第一対照群の73.5,第二対照群の46.0はそれぞれの群の補綴象牙質形成の程度を表現する数値として興味あるものと考えられる。

B 深い窩洞について

窩底象牙質の厚さが 0.39㎜ 以下の深い窩洞に対して行われた実験群、第一、第二対照群の観察結果は次の如くである。

(1)造歯細胞層内の変化について

造歯細胞の排列混乱は全例に出現し、前記の中等度の窩洞の場合に比較し、より高度に認められたが、通電量の増加による影響に特に認められなかった。

造歯細胞の萎縮は中等度の窩洞の場合と同様に高い出現率を示し、しかも高度の萎縮を示すものが、中等度の窩洞の場合より多数を示している。しかし乍ら、通電量の増強による変化は認められない。

以上の如く、中等度の窩洞の場合に比較し僅かながら高率を示し、ことに高度に出現したものの率が増加している。しかし、通電量の増加に伴う変化は特に著明には認められなかった。

(2)歯髄固有細胞層の変化について

前記中等度の窩洞において、円形細胞浸潤は例外的存在として、1000μA 通電時の 5 例中 1 例と、第二対照例 1 例のみに認められたが、深い窩洞においては 1,000μA 通電の実験例では 6 例中 3 例に認められた。

充血については、実験,対照両群間における区別なくほとんど全例にこれを認めた。

出血もまた 1,000μA 通電時に急増し、6 例中 5 例にこれを認めた。

歯髄組織内の水腫様変化及び空胞形成は、いずれも、中等度の窩洞の場合に比較し、増加の傾向を示している。

(3)予成象牙質の肥厚及び補綴象牙質の形成について

これに関しては、症例数は少ないが中等度の窩洞の場合に比較して、より高度の補綴象牙質の形成を示めし通電量の増加と共に著明な結果を示している。

C 浅い窩洞について

窩底象牙質の厚さが最も薄い部位で 9㎜ 以上の浅い窩洞に対して行われた。実験群、第一、第二対照群の観察結果は次の如くである。

(1)造歯細胞層の変化について

造歯細胞層の変化は、前掲の中等度の窩洞の場合と大差ないが、この部への影響はより低く、実験群,対照群間ならびに通電量による著明な差は認められない。

(2)歯髄固有細胞内の変化について

1,000μA 通電の実験群においては、円形細胞浸潤の出現を認めた。

充血は、ほとんど全例に認められ出血もまた 1,000μA 通電の実験例では認められている。その他、水腫様変化、空胞形成に関しては、実験群、対照群間に有意の差を認めず通電量の増加による影響も全くこれを認めない。

(3)予成象牙質及び補綴象牙質の形成について

浅い窩洞の実験例は少なく、ことに対照群とすべき例も僅かであるため、実験群と対照群との比較検討はいささか困難であるが、中等度の窩洞の場合に比較し、補綴象牙質の形成は低調な結果を示しているが、電流量の増加に伴って補綴象牙質の形成は著明となり、ことに、1,000μA 通電の実験例では高度の形成を示している。

通電量について

M.Scott は、1,000μA を使用し、その結果を報告しているが、イオン導入に際し歯牙周囲を乾燥し、窩洞内のみより通電を行う場合、1,000μA の電流を流すためには、9.5V×2～9.5V×4 の電源を必要とし、臨床的にかなり危険を伴うものと考えられる。さらに、著者の経験からも生活歯髄を有する窩洞に無麻酔下で通電を行った場合 200μA でも、かなり疼痛を訴える場合が多く、この点からも、臨床上では 200μA を限度と考え、本実験の実施に際しても 200μA の通電をその主体とした。この 200μA の通電による弗素イオン導入では、補綴象牙質の形成以外の点では、実験群と各対照群の間では、歯髄における変化にほとんど認めるべき差異は見られなかった。

もとより、イオン導入に際してのイオンの導入量は時間×電流量によって現わされるべきものであるから、例えば、浅い窩洞において,より大きな弗素イオン導入を期待する際は電流量の上限を 200μA とすれば、通電時間の延長によって補うことが可能である。

W.Lefkowitz(1962)は、補綴象牙質の形成について、13.5±4.2μA の電流を用いて弗素イオン導入及び唾液による通電を行い、両者何れも術後 1 日で補綴象牙質の形成開始を認め、10 日で多量の形成を来たし、髄室を完全に満すものを多数に認めたと報告しているが、著者の実験結果では 30μA、3 分間の通電、7 日経過例においてすら、実験群と対照群との間に著しい差は認られなかった。むしろ、Scott の行った 1,000μA の通電下で顕著な補綴象牙質の形成を認めた。しかし、これとても、30 日経過例においても髄室を満たすが如き例は 1 例も観察し得なかった。さらに Scott は、1,000μA 通電による弗素イオン導入の例では、100%に造歯細胞層の空胞形成が認められ、歯髄組織における回復の遅延等を認めたと報告しているが、著者の実験成績では、深い窩洞において歯髄組織内の出血、細胞浸潤の出現を見た以外、実験群と対照群との間に特別な差異は認められなかった。この出血、細胞浸潤

も(卅)と判定されたものは1例に過ぎず、他はすべて軽度のもので、歯髄の生活機序に対し、予後不良と思われるものは1例も認め得なかった。

多数の先人によって報告されている窩洞形成後の鎮痛効果に関しては、当然のこと乍ら、動物実験のため成績は得られなかったが、1,000μAの通電に際しても中等度の窩洞においては、比較的軽微な出血性変化を見るに過ぎないため、活発な象牙質形成を期待する場合には、特に深い窩洞以外では、局所麻酔下でこの程度の通電は興味ある課題であると考える。

I 非脱灰標本作製例について

中村(1966)によると原生象牙質と補綴象牙質との境界部に出現する石灰外傷線(Calciotraumatic line)はマイクロラジオグラフ上Radiopacityが高く又、その部位はPSA反応、Alcian blue、Toluidine blue等の酸性粘液多糖類の染色に濃染すると報告しているが、本実験30日経過例においてマイクロラジオグラフに補綴象牙質の形成を認め、この部位はほとんどすべての例にPAS反応及びAlcian bluePH2.0に濃染していた。そしてマイクロラジオグラフ上では、Radiopacityの高いものが実験群に高率をしめたが、対照群では低率であった。

これらの部位は、中村の云う石灰外傷線の部位に相当する。すなわち、90日例において、実験群に高度の補綴象牙質の形成を認めたものが多数出現したが、いずれも原生象牙質と補綴象牙質との境界部にRadioPacityが高く、その他の部位では原生象牙質と補綴象牙質との間にRadioPacityの差が認め難かった。

Toluidin blue(PH4.0)AIdehyde fuchsin染色については著明な変化が観察出来なかった。

蛍光顕微鏡によるTetracyclingの像は補綴象牙質の形成の有無にかかわらず、窩洞直下で象牙質の予成象牙質に近い部分に蛍光反応を認めたが、特に弗素イオン導入例で窩洞に関連する部位に強い蛍光を認めた。そしてこの部位は、石灰化と関係あるといわれている酸性粘夜多糖類の反応(PAS反応、Alcianblue染色陽性)部位であった。すなわち、マイクロラジオグラフ、組織化学的検索と同時にTetracycline Iabeling像上からも弗素イオン導入群に活発な硬組織の形成が見られることを確認出来た。

弗素イオン導入群の補綴象牙質は急速に形成されたにもかかわらず原生象牙質とRadiopacityの差は認め難く、ほとんど均一で歯細管も明瞭に走行しているのが観察される。しかし、原生象牙質との境界部においては、Radiopacityは特に高度となり、歯細管は多少不明瞭となる。

第一対照群(通電のみの群)では、原生象牙質と補綴象牙質とのRadioPacityの差は認め難いが、歯細管の不明瞭なものを多数認め、第二対照群(通電なしの群)ではマイクロラジオグラフ上それらほど高度な補綴象牙質は認め得なかった。これらの微細な変化は、弗素イオン導入による効果の影響によるものと考慮される。

本実験より得た成績を通覧した結果、W.Lefkowitzの主張するごとく、電流刺戟のみでも象牙質の形成の促進されることは認められた。しかし、極端な表現を行えば、第二対照例に示されているように、窩洞形成のみの刺戟によっても、髄腔内の補綴象牙質は形成されるのである。この機転をより効果的に実現させる手段として弗素イオンの導入はさらに格段の威力を発揮することを証明し得た次第である。これらの機転の詳細は今後さらに検索考究されるべきものと考えるが、恐らくは電気刺戟により歯髄内に軽微な炎症が惹起され、壊死層の成立により、さらにこの部への石灰沈着によって、早期かつ広範な補綴象牙質の形成が招来されるものと考えられるが、この際,弗素イオンの導入は、一面刺戟値の増大を意味するとともに他面、組織液あるいは血液中より供給されるCaとの結合に有効に作用するものと考える。

象牙質面からの弗素イオン導入が、補綴象牙質形成に対し興味ある物理的治療手段の一方法であることをここに報告した次第である。

結　論

(1) 窩洞形成の行われた窩底象牙質面からの弗素イオン導入によって窩底相当部の補綴象牙質形成は促進される。

(2) この場合、補綴象牙質の形成は、通電時間、通電量の増加と共に高度となる。

(3) 弗素イオン導入後7日、15日、30日と各経過日数を増加する毎に補綴象牙質の形成は顕著となる。

(4) 窩洞形成後に認められる窩底相当部の補綴象牙質に比較し窩底象牙質面より30μA、100μA、200μA、1,000μAと通電により電気刺戟を与えた場合は、著しく顕著な補綴象牙質の形成が観察された。

(5) しかし、単なる電気刺戟にとどまらず弗素イオン導入を行った場合には、さらに著しい補綴象牙質の形成が招来される。

(6) 弗素イオン導入による補綴象牙質形成以外の歯髄内変化については、通電量が100μAまでは窩洞の深さに関係なく対照群と差異を認めない。

(7) 弗素イオン導入による歯髄内変化は、通電量200μAに

において対照群に比し僅かながら、歯髄内出血の出現率を増加する。

(8) 弗素イオン導入による歯髄内変化は通電量1,000μAにおいて、中等度の深さを有する窩洞においても歯髄内出血の 出現率が増加を示し深い窩洞では円彩細胞浸潤が約半数の症例に出現する。

(9) 弗素イオン導入群と同一電気量の通電のみ行った群とにおいては、補綴象牙質形成の程度に相違を認めたが、歯髄 内の変化に関しては,殆んど差異は認められない。

(10) 効果的に弗素イオン導入を窩底象牙質より臨床上実施するには、100μAから200μAまでの通電量が適当であると 考える。

(11) これ以上の電流量の応用に際しては、局所麻酔下の適用を必要とし1,000μAまでに止めるべきものではなかろうかと考えられる。

(12) マイオロラジオグラフ上、原生象牙質と補綴象牙質との境界部におけるRadioOpacityは実験群において高度かつ高率に認められた。

(13) 補綴象牙質の形成されつつある部位とPSA反応、Alcian blue濃染およびTetracyclin labelingが明らかに一致して現われ、弗素イオン導入群のものが最も高度に認められた。

(14) 側実験群(弗素イオン導入群)の急速に形成された補綴象牙質でも原生象牙質とRadiopacityに変化なく、菌細管も 明瞭に走行している。対照群では歯細管の不明瞭なものが多数出現した。

擱筆するにあたり、御懇篤な御指導並びに御校閲を賜った本学病理学教室松宮誠一教授並びに市川病院歯科部長加藤倉三教授に対し、深甚な感謝を捧げると同時に本研究に終始御支援、御協力と御助言を賜った川島康助教授及び病理学教室山村武夫教授、田熊庄三郎教授、枝重夫講師に深謝し、市川病院歯科医局員諸君の御支援に感謝致します。

文　献

1) 浅井康宏(1967):Thymolを以ってする間接歯髄覆罩法に関する臨床病理学的研究,歯科学報,67,3,387～401.

2) 枝重夫(1960):歯髄内における実験的硬組織形成に関する組織化学的研究,歯科学報,61,9,369～382.

3) 枝重夫(1961):Cyano-acrglat接着剤(Eastman910)の歯髄に及ぼす影響に関する病理組織学的研究,歯科学報,61,12,586～597.

4) 枝重夫(1962):窩洞形成によって象牙質細管内に出現する桿状体について,歯科学報,62,8,403～414

5) 枝重夫(1964):人歯牙象牙質形成に関する組織化学ならびにMicroradiographによる研究,Ⅰ,Ⅱ,歯科学報,64,4,420,64,9,788,

6) 堀江英二(1960):エアータービンエンジンによる窩洞形成の歯髄に及ぼす影響に関する臨床病理学的研究歯科学報,60,781.

7) 堀江英二(1961):窩洞形成が歯髄に及ぼす影響に関する臨床病理学的研究,日本保存歯科学雑誌,4,11～55.

8) 稲浜洋一(1965):無圧法による即時重合レジン充填に対する燐酸亜鉛セメントの間接歯髄覆軍法に関する臨床病理学的研究,歯科学報,65,10,637～652.

9) 井上雅臣(1958):象牙質知覚過敏の処置としての亜鉛イオン導入法、日本保存歯科学雑誌,1,1,1～15.

10) 加藤倉三(1957):中学高校生徒に見られる歯齦炎の電気刷子による治療効果,日本学校歯科医会会誌,昭和32年総会号,

11) 加藤倉三(1957):電気刷子による所謂歯槽膿漏症の治療効果について,歯科学報,57,210.

12) 加藤倉三(1957):歯槽膿漏症に対する物理化学療法の成績,歯界展望,14,739～744.

13) 加藤倉三(1958):歯槽膿漏症の物理化学療法に於けるレ線病型の推移について,歯科学報,58,334～335

14) 金井昌邦(1954):歯牙硬組織イオン滲透に関する綜合的研究(Ⅰ),歯牙硬組織に於けるイオンの電気泳動,日本口腔科学会雑誌,3,4,245～247.

15) 砂田今男(1962):金属イオン導入を施した象牙質の抗酸性および抗酸素性について,日本保存歯科学雑誌,5,1,6～10.

16) 金子雅英(1958):実験的感染根管治療における各種抗生物質イオン導入法の効果に関する病理組織的ならびに組織細菌的研究,東歯大病理論文集,3,1,33～68.

17) 片桐正隆(1963):人の第二象牙質の石灰像について,歯学,51,185.

18) 川島康(1960):実験的感染根管治療における弗素イオン導入法の効果に関する病理組織学的研究,歯科学報,60,231～254.

19) 北野晋一(1960):間接歯髄覆罩法に関する臨床病理学的研究,日本保存歯科学雑誌,3,2,227～291

20) 北野晋一(1961):プロテクトセメントによる間接歯髄覆罩臨床成績,歯科学報,61,1,38～41.

21) 粟山純雄(1963):エアータービンによる窩洞形成が歯髄に及ぼす影響に関する臨床病理学的研究並びに実験病理学的研究,歯科学報,63,2,93～140.

22) 小守昭(1956):弗素を歯牙に滲透する方法としての電気刷子に就いて,口腔科学会雑誌,5,4,390～393.

23) 松宮誠一(1962):臨床口腔病理学図説(I),東京歯科大学出版部

24) 中村博亘(1966):実験的に形成された第2象牙質の病理組織学的ならびに組織化学的研究,歯学,54.2143～175.

25) 長田保(1956):電気麻酔法による象牙質除痛法の歯髄に及ぼす影響について,口腔科学会誌,5,320.

26) 中野(1962):プロテクトセメソトによる間接歯髄覆罩効果に関する臨床成績,歯科学報,62,8,432～435.

27) 大谷満(1956):電気分解法の感染根管治療に関する研究,(第1報)水酸基イオンの殺菌力について,口腔科学会誌,5,321.

28) 鈴木鐘美(1960):エアータービンエンジンによる窩洞形成の歯髄に及ぼす影響に関する実験的研究,歯科学報,60,523～533.

29) 鈴木徳雄(1960):金属イオン導入後にみられる根管壁象牙質の変化について,口腔病学会雑誌,27,2,105～119.

30) 鈴木賢策(1942):Iontophoresisに関する実験的研究,口腔病学会雑誌,16,6,411～429.

31) 関根永滋(1952):窩洞形成の歯髄に及ぼす影響に関する研究,歯科学報,52,1,309～315.

32) 関根永滋(1953):亜鉛華ユージノールセメント(ネオダイン)の歯髄鎮静並びに間接歯髄覆罩効果について,歯科学報,53,7,692～696.

33) 関根永滋(1960):歯髄の処置(上巻),日本歯科評論社出版部

34) 関谷三郎(1957):各種歯科用切削器具による窩洞形成状態と歯髄所見に関する病理学的研究,歯科学報,57,268～272,382～387,520～525.

35) 須賀昭一(1965):硬組織とTetracyclin,歯学,53,3,137～143.

36) 須賀昭一(1966):オートグラフィーによる歯牙硬組織の組織学,歯学,53,324～326.

37) 須賀昭一(1966):硬組織のmicroradiography,歯界展望,27,495～515.

38) 高橋廉平(1959):麻酔抜髄時に於ける弗素イオン導入法が根端附近組織の治癒に及ぼす影響に関する実験的研究,歯科学報,59.1275～1305.

39) 鷲津邦雄(1956):高分子の歯牙硬組織への滲透に関する実験的研究(第1報),口腔科学会誌,5,315.

40) Arhur L. Jensen(1964) : Hypersensitivity controlled by iontophoresis double blind clinical investigation., J. Amer. dent. Ass., 68, 216-225

41) E. Safarov T.(1966) : Electrophoresis of root canals in chronic apical periodontitis of teeth with nonpatent canals and teeth with iontolerance of hermetic sealing., Stomatologia, 45, 6 , 95～96.

42) Fayez S. Sayegh(1967) : H^3-Proline and tetra cycline as marking agents in the study of reparative dentine formation., Oral Surg., 23, 2 221-229.

43) Fremlin, J. H.(1958) : The rate of uptake and release of radioactive fluoide and other ions dy the hard dental tissues., J. dent. Res., 37, 7 , 749.

44) Harold M. Scott(1962) : Reduction of sensitivty by electrophoresis., J. Dent. Child., 4 , 225 -241 .

45) Philip L. Schegel(1962) : The influence of an electrical potential on topically applied fluorides., J. S. Calif. dent. Ass., 15, 9 , 321-327.

46) Sausen R. E.(1955) : Electrophoresis in dentin with radioactive calcium., J. dent. Res., 34, 12 -19.

47) Simmons. J. J. Je(1961) : Ionic desensitization on teeth., Tex. den. J., 79, 12. 11-17.

48) Stowell. E. C(1961) : Ion penetration throgh teeth influence by electrostatic field., J. dent. Res., 40, 4 , 739-740.

49) Stowell. E. C(1964) : Influence of electrical Potential on ion migation teeth 2. Quantitive measurments of 1-131 penetration by an acidleaching technique., J. dent. Res., 43, 175-186.

50) Shoichi Suga(1965) : Microradiographical ^{45}Ca autradiographical and tetracycline labeling studies on the enamel mineralization of guinea piga molar., Odontology., 53, 3 , 154-162.

51) William Lefkowitz(1962) : Pulp response to ionization., J. Prosth. Dent., 12, 5 , 966-976.

52) W. Harry Siemon(1961) : Evaluation of the potential of electrotherapeutic treatments in dentisty., J. Connecticut State dent. Ass., 35, 3 , 1-5.