

초음파 다이아몬드 기구의 상아질 삭제 효과, 치근단 역충전 와동 형성효율 및 치질에의 영향

경북대학교 치과대학 보존학교실

임춘희 · 김성교

Abstract

EFFICIENCY OF DENTIN CUTTING AND ROOT-END RETROCAVITY PREPARATION USING ULTRASONIC DIAMOND INSTRUMENTS AND THEIR INFLUENCE ON TOOTH STRUCTURE

Choon Hee Lim and Sung Kyo Kim

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry,
Kyungpook National University, Taegu, Korea*

The purposes of this study were to evaluate the efficiency of dentin cutting and root-end cavity preparation, and to determine the incidence of tooth crack when root-end retrograde cavity preparation was done with ultrasonic diamond instruments.

To evaluate the efficiency of dentin cutting, ultrasonic diamond and stainless steel instruments were applied to 20 exposed bovine dentin surfaces perpendicularly or parallelly at the low and medium power settings for 1 minute (Miniendo™, EIE, CA, U.S.A.). The resultant cavity depth was measured. To evaluate the efficiency of cavity preparation and to investigate the incidence of tooth crack, 165 mesiobuccal, distobuccal and palatal root-ends of extracted human maxillary first molars were resected by 3 mm perpendicularly to the long axis of tooth using a slow speed diamond saw after root canal preparation and filling. Retrocavities were prepared using a ultrasonic diamond instrument or a stainless steel one of the low- or medium power settings of 2 or 6. Time consumed and the number of strokes used for the cavity preparation were measured and the incidence of tooth cracks was evaluated under a stereomicroscope.

The results were as follows:

Both at the low and medium power settings, and both with perpendicularly- and parallelly applied tips to dentin, diamond instruments showed higher dentin cutting efficiency than stainless steel ones did ($p < 0.01$).

When tips were applied to dentin perpendicularly, both diamond instrument and stainless steel one showed higher cutting efficiency with medium power setting than with low power one ($p < 0.01$).

Both at the low- and medium power settings, both diamond instrument and stainless steel one showed higher cutting efficiency when tips were applied perpendicularly to dentin surface than applied parallelly ($p < 0.01$).

At the medium power setting, the number of stroke and time consumed were less with diamond instrument than with stainless steel one ($p < 0.05$) for the retrograde cavity preparation.

At the low power setting, diamond instrument induced less tooth cracks than stainless steel one did ($p < 0.01$).

Key words: retrocavity, ultrasonics, diamond instrument, stainless steel instrument, cutting efficiency, crack, extracted teeth

I. 서 론

근관치료는 근관으로부터 치수조직 및 잔사 등을 제거하고 근관을 성형한 후 충전하여 질병의 발생가능한 원인이 배제된 상태에서 치아가 주위 조직에 건강하게 작용할 수 있도록 하는 것이다.

치수 및 치근단 병변이 있는 치아의 보존을 위하여 시행하는 통상적인 근관치료는 비교적 높은 성공률을 보여주지만, 통상의 근관치료법으로 치료 예후가 불량한 경우도 있고 석회화가 심한 근관이나 천공된 근관, 포스트 등으로 수복된 치아 등 통상적인 근관치료만으로는 성공을 기대하기 어려운 경우들이 있다¹⁾. 이런 경우 외과적 근관치료를 시행하여 질병을 제거하고 재발을 방지하여 치아가 건강하게 기능을 할 수 있도록 회복시켜 주어야 한다.

외과적 근관치료에서는 치근단 절제술 후 근관 내부와 외부 사이의 누출을 막기 위해 역충전을 시행하게 된다²⁾. 치근단 역충전 와동은 치아 외형과 평행하게 제 1급 와동으로 형성해 주는 것이 바람직한데, 이를 위해 많은 기구와 방법이 개발되어

사용되었다. 종래의 치근단 수술에서는 저속 핸드 피스로 치근단 역충전 와동을 형성해 왔는데, 이 경우 치아 주위조직의 삭제가 많고 근단 변연부 폐쇄가 불완전하며, 와동형성과 충전의 용이성을 위해 사면을 형성하므로 잔존 치근의 길이가 짧아지게 되고 이때 사면 각도를 가파르게 부여할 경우 근단쪽의 치질이 약화 된다^{3,4)}. 이러한 단점을 보완하기 위해 초음파를 이용한 치근단 역충전 와동형성 술식이 개발되었다.

초음파 기구는 Cavi-endo System(Dentsply사)이 소개된 이래로 통상적인 근관치료의 근관형성 과정에 주로 사용되어져 왔으나, 최근에 이를 치근단 수술에 도입하여 이용하려는 시도가 있어 왔다. Richman⁵⁾이 초음파 끝을 이용하여 인접골을 삭제한 뒤 치근을 절제하여 처음으로 초음파를 외과적 근관치료에 이용하였다. 그리고 Bertrand 등⁶⁾은 변조된 스케일러를 사용하여 치근단 와동을 형성한 바 있고 Flath와 Hicks⁷⁾는 변조된 초음파와 음파 화일을 이용하여 치근단 와동형성에 이용하였다. 최근에는 치근단에 적합한 기구가 다양하게 고안되어 소개되고 있어 치근단에 쉽게 접근하여 보존

적인 치근단 역충전 와동을 형성할 수 있게 되었다. 초음파 기구는 특히 치근이 천공될 위험이 많은 경우나 치근단으로의 접근이 제한되어 있는 경우에 특히 유용하게 사용되며, 과도한 치근 손실을 막고 사면을 적게 하여 치근단 변연 누출을 최대한으로 줄일 수 있는 여러가지 장점을 가진다고 알려져 있다⁸⁾.

초음파 기구가 치질을 삭제하는 능력은 기구에 가해지는 힘과 기구의 형태 등에 의해서 영향을 받는다. Martin 등⁹⁾은 일찍이 초음파 화일의 상아질 삭제 능력에 관해 보고한 바 있으며, Waplington 등¹⁰⁾과 Devall 등¹¹⁾은 초음파 기구의 출력이 증가할수록 상아질 삭제능력도 증가한다고 하였다. Martin 등⁹⁾은 다이아몬드 화일과 스테인레스 스틸 K-화일을 비교한 바, 다이아몬드의 높은 강도로 인해 수동과 초음파 모두에서 다이아몬드 화일이 스테인레스 스틸 K-화일보다 치질을 삭제하는데 더 효과적이라고 하였다. Hull 등¹²⁾은 다이아몬드는 압축 강도가 높아 다이아몬드로 만든 근관형성용 화일이 초음파를 정확하게 전달할 수 있다고 하였고, Berman과 Cunningham 등¹³⁾과 Bundy¹⁴⁾도 우수한 물성을 가진 다이아몬드가 근관형성용 화일에 적합하다고 하여, 근관형성에 있어서의 다이아몬드 화일의 우수한 치질 삭제성을 보고하였다.

초음파 기구를 치아에 적용시킬 때 치아에 발생할 수 있는 대표적인 유해 결과가 균열인데 Saunders 등¹⁵⁾, Abedi 등¹⁶⁾, 그리고 Layton 등¹⁷⁾은 초음파로 치근단 와동형성시 균열이 현저히 많아진다고 하였으나 Marderosian과 Glickman¹⁸⁾은 음파와 초음파로 치근단 와동형성시 치근단부에 명확한 균열이 나타나지 않는다고 하였다. Frank 등¹⁹⁾은 어떤 기구를 사용하든 균열이 발생할 수 있으며 고출력의 초음파에서 가장 많이 생긴다고 하였고 Beling 등²⁰⁾은 출력이 낮으면 균열이 발생되지 않는다고 하여 초음파가 치질에 미치는 영향에 관해 언급하였다.

외과적 근관치료에서 치근단 역충전 와동을 형성하기 위해 다양한 디자인과 재질의 초음파 기구들이 소개되고 있다. 특히 그 재질에 있어 미세 치근단 수술이 도입의 초기 단계에서는 주로 스테인레스 스틸 소재의 기구들이 사용되어졌으나 최근에는 다이아몬드를 소재로 한 초음파 기구들이

소개되고 있다. 모든 새로운 기법이나 재료 또는 기구의 임상적 적용에는 반드시 학문적 연구가 뒷받침되어야 하는데 아직 이에 대한 연구가 미비한 상태이다.

이에 저자는 치근단 역충전 와동 형성을 위한 초음파 다이아몬드 기구의 임상적 적용의 타당성 및 특성을 평가하기 위해, 다이아몬드 기구의 상아질 삭제효과, 역충전 와동 형성효율 및 치질에 미치는 영향 등을 스테인레스 스틸 기구와 비교하여 연구한 바 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

초음파 다이아몬드 기구의 와동 형성 특성을 종합적으로 평가하기 위해 본 연구는 세 가지 실험으로 나누어 시행되었다. 각 실험은 동일한 조건 하에서 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구를 동일하게 사용하여 시행되어졌다. 일차적으로, 치근단 역충전 와동 형성시 초음파 기구의 상아질 삭제효과를 평가하기 위하여 동일한 출력과 시간 조건 하에서 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구를 노출된 상아질 표면에 작동시킨 후 삭제된 상아질의 깊이를 측정하였고, 이차적으로 역충전 와동 형성효율을 평가하기 위하여 초음파 기구의 와동형성 소요시간 및 소요 stroke 수를 측정하였으며, 삼차적으로 초음파 기구를 이용한 와동형성이 치질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 초음파 와동 형성 전후의 치근단부 치질의 균열 발생빈도를 측정하였다.

실험 대상은 최근에 발거한 소의 하악 전치 20개와 환자에서 발거된 상악 제1 대구치 치근 165개로 하였다. 역충전 와동 형성에 사용된 초음파 발생 기기로는 Miniendo™(Excellent in Endodontics사, CA, 미국)를 사용하였으며, 초음파 기구 중 스테인레스 스틸 기구로는 CT-5 및 CT-1(Excellent in Endodontics사, CA, 미국)을, 다이아몬드 기구로는 S-12 (Satelec사, 프랑스)를 사용하였다.

1. 초음파 기구의 상아질 삭제 효과 실험

실험 대상은 소 턱뼈에서 발거한 20개의 치아로 하였으며, 모형절단기를 이용하여 순측 치관부의

법랑질을 제거하고 사포를 이용하여 노출된 상아질 면을 편평하게 하였다. 초음파 발생기기의 출력은 이²⁾의 연구 결과에 따라 저출력에 해당하는 제 2 단계 및 중출력에 해당하는 제 6 단계의 출력으로 하였으며, 초음파 기구에 일정한 적용 압력을 부여하기 위해 특별한 장치를 고안, 제작하여 사용하였다. 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구의 끝을 상아질 표면에 대해 50gm의 적용 압력을 가하면서 주수하에 1분 동안 초음파를 발생시켰다. Fig. 1과 같이 모든 치아마다 상기 두 가지의 출력, 두 가지 재질의 기구 및 두 가지의 적용 방법을 시행하여 실험하였으며, 초음파 기구 적용 후 생긴 상아질표면의 홈 깊이를 표면 조도 측정기(Surf-test 500[®], Mitutoyo사, 일본)를 이용하여 측정하였다.

2. 초음파 기구의 치근단 역충전외동 형성효율 실험

실험대상은 최근에 발견한 상악 제1 대구치의 근심협측, 원심협측 및 구개측의 치근 165개로 하였으며, 교합면에서 치수관을 개방하고 근관 내로 10번 K-화일로 근관의 개방성을 확인하여 근관의 개

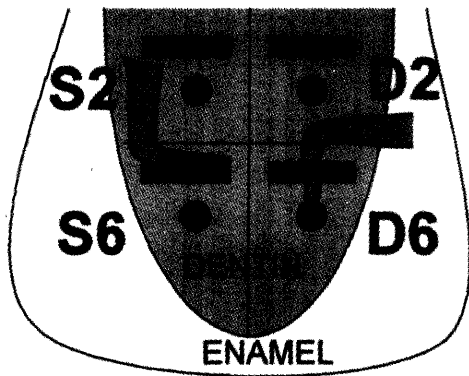


Fig. 1. Dentin cutting ability test of ultrasonic tips applied perpendicular or parallel to the bovine dentin surface. S2 and S6 denote stainless steel instrument with the power setting of level 2 and level 6; D2 and D6 denote diamond instrument with the power setting of level 2 and level 6.

방성이 확인된 치근만 실험대상으로 하였다. 각 실험 군마다 치근 위치 및 초기 근단부 근관크기 조건을 균일하게 하였다. 전동 니켈-티타늄 화일(Quantec[®], Tycor사, 미국)을 이용하여 근관을 형성하고 gutta-percha 추방가압법을 이용하여 근관을 충전하였다. 저속 다이아몬드 절단기(Isomet[™], Buehler사, Lake Bluff, IL, 미국)를 이용하여 각 치근의 끝 3mm를 치아 장축에 직각되게 절단, 제거하였고, 초음파 기구를 이용하여 절단된 치근단면에 직각되게 3mm 깊이의 제 1 급 역충전외동을 형성하였다. 초음파 발생기기의 출력은 제 2 단계 및 제 6 단계로 하였으며, 실험자가 손으로 초음파 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 기구를 근관에 평행하게 근단에 적용하여 역충전 외동을 형성하였다. 이 때 초음파 기구는 Carr²⁾가 추천한 대로 최소한의 압력으로 기구 끝을 빠르게 앞뒤로 작동시켰으며 각 군에 따른 외동형성 시작 시점부터 기구 끝 3mm가 기구의 만곡으로 인해 외동에 더 이상 들어가지 않는 시점까지 소요된 시간 및 외동 내외로 움직인 stroke의 횟수를 측정하였다.

3. 초음파 기구의 치질에의 영향 실험

역충전 외동 형성효율 실험과 같은 방법으로 상악 제1 대구치의 165개 치근을 초기 근단부 근관의 크기에 따라 분류하고, 교합면을 통한 치수관 개방, 근관의 개방성 확인, 근관의 형성 및 충전을 시행하였다. 치아 장축에 직각되게 치근단 3mm를 절제한 후 초음파 출력 제2 단계 및 제6 단계 하에서 실험자가 손으로 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구를 근관에 평행하게 근단에 적용하여 역충전 외동을 형성하였다. 4인의 관찰자가 광 투과 하에서 입체 현미경 32배율로 외동 형성 전후의 치근단 균열 유무, 수 및 위치를 관찰하였는데 평가자 사이에 평가 결과가 일치하지 않은 경우에는 이후에 다시 평가하여 만장일치가 되도록 하였다. 관찰상은 35mm 사진 및 비디오 사진으로 기록하였다.

4. 실험 결과의 통계적 분석

외동형성하는데 소요된 시간 및 stroke수는 Kruskal-Wallis test를 사용하여 비교 분석하였으며, 상아질 삭제 깊이 및 역충전 외동 형성에 따른 균

열의 발생 빈도의 비교는 chi-square test를 이용하였다.

III. 성 적

1. 초음파 기구의 재질, 출력 및 적용 방법에 따른 상아질 삭제 효과

초음파 기구의 출력 제2 및 제6 단계에서 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구의 끝을 상아질 표면에 대해 수직 또는 수평으로 적용한 경

우의 상아질 삭제 깊이는 Table 1, Fig. 2와 같이 나타났다.

기구를 상아질 면에 대해 수직으로 적용한 경우와 수평으로 적용한 경우 모두 출력에 관계없이 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 상아질 삭제효과가 우수하였다($p < 0.01$). 그리고 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구 공히, 기구를 상아질면에 수직으로 적용한 경우가 수평으로 적용한 경우에 비해 상아질 삭제 효과가 우수하게 나타났다($p < 0.01$). 기구를 상아질면에 수직으로 적

Table 1. Cutting depth of dentin with diamond and stainless steel instrument (Mean \pm S.D.)

Instrument	Application Angle	n	Depth (μ m)
Stainless Steel 2*	Parallel	20	8.80 \pm 4.59**
Stainless Steel 2	Perpendicular	20	37.43 \pm 24.97**
Diamond 2	Parallel	20	39.55 \pm 14.07
Diamond 2	Perpendicular	20	167.45 \pm 48.24
Stainless Steel 6*	Parallel	20	12.56 \pm 9.97***
Stainless Steel 6	Perpendicular	20	147.88 \pm 86.57***
Diamond 6	Parallel	20	43.95 \pm 18.98
Diamond 6	Perpendicular	20	242.54 \pm 57.94

*Ultrasonic power level 2 and level 6.

**Significantly different from Diamond 2 group ($p < 0.01$)

***Significantly different from Diamond 6 group ($p < 0.01$)

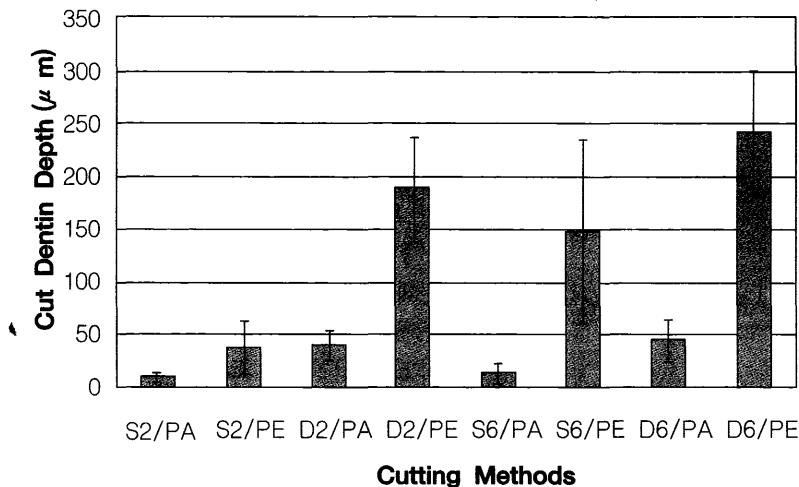


Fig. 2. Dentin cutting ability of ultrasonic instrument (Mean \pm S.D.). Stainless steel (S) or diamond instrument (D) with power setting level of corresponding numbers (2 or 6), applied parallelly (PA) or perpendicularly (PE).

용한 경우에는 다이아몬드 기구 및 스테인레스 스틸 기구 공히 중출력이 저출력에 비해 높은 상아질 삭제효과를 나타내었으나($p < 0.01$), 수평으로 적용시에는 두 재질의 기구 모두 출력에 따른 상아질 삭제 효과에 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

2. 초음파 기구의 재질 및 출력에 따른 치근단 역충전 와동 형성효율

초음파 기구의 출력 제2 및 제6 단계에서 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구로 치근단 역충전 와동을 형성하는데 소요된 시간 및 stroke 수는 Table 2와 같이 나타났다.

초음파의 저출력에서는 역충전 와동을 형성하는데 소요된 시간 및 stroke 수로 본 와동 형성효율이 스테인레스 스틸 기구와 다이아몬드 기구간에 유의한 차이가 나타나지 않았으나($p > 0.05$), 중출력에서는 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 stroke 수가 적게 소요되었다($p < 0.05$). 그리고 스테인레스 스틸 기구와 다이아몬드 기구 공히 중출력이 저출력에 비해 우수한 와동형성 효율을 나타내었다($p < 0.05$).

초기 근단부 근관의 크기에 따른 역충전 와동 형성 효율은 Table 3 및 4와 같이 나타났다.

초기 근단부 근관의 크기가 10번인 경우, 저출력에서는 스테인레스 스틸 기구와 다이아몬드 기구

Table 2. Number of strokes and time used for the retrograde cavity preparation

Instrument	n	Number of Strokes	Time (sec)
Stainless Steel 2*	41	265.76±164.40	150.10±86.84
Diamond 2	42	330.33±256.00	181.88±141.16
Stainless Steel 6	42	145.14±118.00**	82.24±62.05
Diamond 6	40	97.93±82.37	53.63±43.21

*Ultrasonic power level 2.

**Significantly different from Diamond 6 group (chi-square test): $p < 0.05$.

Table 3. Number of strokes and time used for the retrograde cavity preparation when initial apical file size was no. 10

Instrument	n	Number of Strokes	Time (sec)
Stainless Steel 2*	20	325.05±157.39	170.55±144.19
Diamond 2	20	341.75±218.41	179.70±103.25
Stainless Steel 6	19	206.05±117.49**	113.11± 61.26**
Diamond 6	18	71.94± 71.86	39.62± 35.40

*Ultrasonic power level 2.

**Significantly different from Diamond 6 group (chi-square test): $p < 0.05$.

Table 4. Number of strokes and time used for the retrograde cavity preparation when initial apical file size was between no. 15 and no. 40

Instrument	n	Number of Strokes	Time (sec)
Stainless Steel 2*	20	199.77±153.80	124.68± 95.89
Diamond 2	20	306.04±290.79	175.87±171.02
Stainless Steel 6	19	90.88± 93.82	54.38± 51.00
Diamond 6	18	114.00± 85.85	62.26± 46.33

*Ultrasonic power level 2.

간에 와동 형성 소요 시간 및 stroke 수에 유의한 차이가 나타나지 않았으나($p>0.05$), 중출력에서는 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 와동 형성 소요 시간 및 stroke 수가 유의하게 적게 나타나 우수한 와동형성 효율을 보여주었다($p<0.05$). 그러나 초기 근단부 근관의 크기가 15번 이상인 치아에 있어서는 스테인레스 스틸 기구 및 다이아몬드 기구 사이에 와동 형성 소요 시간과 stroke 수에 있어서 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$).

3. 초음파 기구의 재질 및 출력에 따른 치근단 균열 발생빈도

초음파 기구의 출력 제2 및 제6 단계에서 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구로 치근단 역충전 와동을 형성한 후 치근단에 나타난 균열의 발생빈도는 Table 5와 같이 나타났다.

저출력에서는 스테인레스 스틸 기구가 다이아몬드 기구에 비해 유의하게 많은 균열을 발생시켰으나($p<0.01$), 중출력에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>0.05$). 그리고 스테인레스 스틸 기구와 다

Table 5. Incidence of tooth cracks after retrograde cavity preparation

Instrument	n	No. of Teeth with Crack	Crack Incidence
Stainless Steel 2*	40	14	14/40 (35.00%)**
Diamond 2	43	4	4/43 (9.30%)
Stainless Steel 6	42	7	7/42 (16.67%)
Diamond 6	40	6	6/40 (15.00%)
Total	166	31	31/166 (18.67%)

*Ultrasonic power level 2.

**Significantly different from Diamond 2 group (chi-square test): $p<0.01$.

Table 6. Incidence of cracks after retrograde cavity preparation when initial apical file size was no. 10

Instrument	n	No. of Teeth with Crack	Crack Incidence
Stainless Steel 2*	20	9	9/20 (45.00%)**
Diamond 2	20	2	2/20 (10.00%)
Stainless Steel 6	19	5	5/19 (26.32%)
Diamond 6	18	4	4/18 (22.22%)
Total	77	20	20/77 (25.97%)

*Ultrasonic power level 2.

**Significantly different from Diamond 2 group (chi-square test): $p<0.05$.

Table 7. Incidence of cracks after retrograde cavity preparation when initial apical file size was between no. 15 and no. 40

Instrument	n	No. of Teeth with Crack	Crack Incidence
Stainless Steel 2*	20	5	5/20 (25.00%)
Diamond 2	23	2	2/23 (8.70%)
Stainless Steel 6	23	2	2/23 (8.70%)
Diamond 6	22	2	2/22 (9.09%)
Total	88	11	11/88 (12.50%)

*Ultrasonic power level 2.

다이아몬드 기구 공히, 출력에 따른 균열 발생 빈도의 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

초기 근단부 근관의 크기에 따른 균열 발생빈도는 Table 6 및 7과 같이 나타났다.

초기 근단부 크기가 10번인 경우, 저출력에서는 스테인레스 스틸 기구가 다이아몬드 기구에 비해 균열 발생빈도가 유의하게 높았으나($p<0.05$), 중출력에서는 차이가 나타나지 않았고($p>0.05$), 초기 근단부 근관의 크기가 15~40번인 치아에 있어서는 기구의 재질 및 출력에 따른 균열 발생빈도의 차이를 찾아볼 수 없었다($p>0.05$).

IV. 고 찰

근관치료는 근관을 통해서 치수 치근단 질환을 치료하고자 하는 방법이다. 치수 치근단 병소의 대부분은 비외과적인 근관치료 방법으로 치료가 되지만 근관의 해부학적 복잡성이나 치근단 질환의 특이성으로 인해 비외과적인 방법으로는 질환이 조절되지 않는 경우도 있다. 이러한 이유 등으로 통상적인 근관치료가 실패한 경우와 보존적인 근관치료만으로는 만족스러운 치료 효과를 기대하기 어려운 경우에는 외과적 근관치료의 시행을 고려한다²⁰⁾.

Ingle 등²⁴⁾은 통상적인 방법으로 치근단 부위를 적절히 폐쇄할 수 없으면 외과적인 방법으로 치근단을 폐쇄하여야 한다고 하였고, Weine¹⁾은 치근단의 병든 부위를 단순히 소파술로 제거하기만 하고 치근단폐쇄가 불완전한 경우에는 외과적 근관치료는 성공하지 못한다고 하여 치근단 폐쇄의 중요성을 강조하였다.

치근단을 폐쇄하기 위한 치근단 역충전 와동 형성을 위해 통상적으로 저속 round bur를 사용해 왔으나 최근 초음파 기구를 이용한 와동형성법이 도입되었다. 초음파 기구를 사용하여 치근단 역충전 와동을 형성하면 저속 bur를 이용해서 와동을 형성하는 경우에 비해 주위 골의 손실을 최소화하고 치질의 삭제량을 줄일 수 있으며 이상적인 제 1 급 와동의 형성이 용이하다는 장점을 가진다²⁵⁾. 또한 수술현미경 하에서 이런 와동 형성을 할 경우 그 술식을 행하기가 더욱 용이해 지며²⁶⁾, isthmus나 fin 등의 미세한 부위를 처리할 수 있어 얇은 치근에

서의 치근 천공을 줄일 수 있다^{27,28)}.

치근단 역충전 와동을 형성하기 위한 초음파 기구로서 초기에는 스테인레스 스틸 재질로 된 것만 사용되었으나 최근 다이아몬드 재질로 된 것이 소개되고 있다. 본 연구에서는 치근단 역충전 와동의 형성에 있어 다이아몬드 재질로 된 초음파 기구 사용의 임상적 타당성 및 특성을 종합적으로 평가하기 위해서 우치 및 환자 발거치에서 다이아몬드 기구의 상아질 삭제 효과, 역충전 와동 형성 효율, 치질에 미치는 영향 및 와동 정확도를 관찰하였다.

절삭기구의 재질에 따른 상아질 삭제 효과에 관해서, Martin 등⁹⁾은 근관형성을 위해 사용되어지는 근관 화일의 상아질 삭제효과에 있어서 에너지원을 수동으로 한 경우나 초음파로 한 경우에 공히 다이아몬드 화일이 스테인레스 스틸 K-화일에 비해 우수하게 나타났다고 하였다. 본 연구에서는 초음파 스테인레스 스틸 기구 사용시 효율과 안전성 측면에서 적절하다고 추천된²¹⁾ 출력 제 6 단계와 제 2 단계의 초음파에서, 실험자의 손에 의한 변이를 제거하기 위하여 특별히 고안된 장치에 의해서 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구를 상아질면에 적용시키고 초음파를 발생시켜 상아질 내 삭제된 홈의 깊이를 측정하여 상아질 삭제효과를 평가하였는데, 기구를 상아질 면에 수직으로 적용한 경우와 평행하게 적용한 경우 모두 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 상아질 삭제 효과가 우수한 것으로 나타났다. 치과 영역에서 일반적으로 사용되고 있는 다이아몬드 기구의 물성에 관해서는 많이 알려져 있는데, 다이아몬드는 강도가 매우 높아서 절삭 능력이 우수하며 치질 절삭재료로 사용할 때 내마모성이 매우 강하다. 따라서 다이아몬드 기구는 모서리의 손실이나 조기마모 없이도 경조직을 절단하는데 매우 우수한 재질이라고 평가되어왔다. 또한 다이아몬드는 열팽창 계수가 낮아서 근관 화일 등의 기구를 아주 정확하게 만들 수 있으므로 사용하는 동안 정확도를 높게 유지할 수 있다. 그리고 다이아몬드의 압축강도는 텅스텐 카바이드의 2배 이상이어서 근관 기구를 다이아몬드 소재로 된 것을 사용할 때 기구가 근관내에서 초음파를 보다 정확하게 전달할 수 있으며¹²⁾, 다이아몬드는 높은 탄성계수와 밀도

를 지니며 결정구조로 이루어져 있으므로 초음파 형식으로 에너지를 전달하는데 매우 효과적이라고 한다. 이러한 다이아몬드의 높은 강도, 밀도, 내마모성 및 낮은 열팽창계수가 본 연구에서 우수한 상아질 삭제효과를 가져오게 한 것으로 생각된다. 다이아몬드 기구는 스테인레스 스틸 기구의 표면에 다이아몬드 입자를 접착시킨 형태이다. 다이아몬드 기구는 표면에 붙어있는 수 많은 다이아몬드 입자를 통해 힘이 전달되므로 표면이 매끈한 스테인레스 스틸 기구과 다른 절삭기전을 나타낼 것으로 보인다. 따라서 이러한 절삭 기전의 차이도 다이아몬드 기구의 우수한 상아질 삭제 효과에 기여할 것으로 사료된다. 이 외에도 다이아몬드는 우수한 열 전도성을 가지고 있어서 이를 근관내 초음파에서 발생하는 열과 함께 이용하면 차아염소산나트륨 용액과 같은 근관 세척제의 근관잔사 제거효과를 높일 수 있다고 보고된 바 있다³⁹⁾.

이와 김²⁹⁾은 초음파 기구의 와동 형성효과는 개개의 치아에 따라 달라 이를 상아질의 석회화 정도와 발거 시점 등 개개 치아의 요소들에 의해 좌우될 수 있다고 추측하였다. 따라서 상아질 삭제 효과에 관한 본 연구에서는 이런 개개 치아의 변이를 최소로 하기 위해 발거 시점이 거의 같고 개체의 연령이 유사한 우치에서 시행되었으며, 동일한 우치내의 상아질에서 다이아몬드 기구 및 스테인레스 스틸 기구, 기구의 수직 적용 및 수평 적용, 그리고 저출력 및 중출력 등의 실험 요소들을 모두 적용하는 방법으로 실험하여 각 군간의 상아질 시험 시편의 차이에 따른 영향을 배제하고자 하였다.

본 연구에서 초음파 기구의 임상에서의 적용 각도를 고려하여 초음파 기구의 끝을 노출된 상아질면에 수직 및 수평의 두 가지 각도로 적용시켰는데 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구 공히, 저출력 및 중출력에서 모두, 기구를 상아질면에 수직으로 적용한 경우가 수평되게 적용한 경우에 비해 상아질 삭제 능력이 우수하였다. 초음파 기구를 수직으로 적용한 경우는 역충전 와동 형성시 와동의 깊이를 형성하는 힘에 해당한다고 생각되고 초음파 기구를 와동에 수평되게 적용한 경우는 와동의 폭경을 확대하는 힘에 해당한다고 보았다. 본 연구에서 기구의 수직 적용시의 삭제 효과가 수평

적용시 삭제 효과보다 큰 것은 절단된 치근단 면에 직각되게 기구 끝을 놓아 수직으로 힘을 가할 때 기구의 끝에 의해 주로 삭제가 일어나고 초음파의 진동에 의해 기구의 측면이 와동 내면의 측면을 삭제하기 때문이라고 생각된다. 그리고 수직 적용시에는 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구 공히, 중출력의 경우가 저출력의 경우에 비해 상아질 삭제 효과가 크게 나타났으나, 수평적용시에는 출력에 따른 유의한 차이를 찾을 수 없었다. 이러한 결과들은 치질 삭제력을 형성하는 힘이 기구 장축 방향에 비해 이에 직각 방향으로는 매우 약하게만 작용한 결과로 해석된다.

초음파 기구의 치근단 역충전 와동 형성효율에 있어서, 이와 김²⁹⁾은 스테인레스 스틸 기구를 사용할 때 초음파의 출력을 증가시킬수록 와동형성에 소요된 시간 및 stroke 수가 감소하였으므로 출력 증가에 따라 와동형성 효율이 증가하였다고 하였다. 본 연구에서는 이²¹⁾의 연구 방법에 따라 임상과 유사한 상황을 부여하기 위하여 치근단 역충전 와동을 실험자가 손으로 형성하고 치근단 와동형성에 소요된 시간과 stroke 수로 와동형성 효율을 평가하였다. 본 연구에서는 다이아몬드 기구를 사용할 때의 역충전 와동형성 효율을 스테인레스 스틸 기구를 사용할 때의 것과 비교하여 평가하였는데, 저출력에서는 별 차이가 나타나지 않았으나 중출력에서는 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 우수한 와동 형성효율을 나타내었다.

초음파 기구의 출력에 따른 와동 형성 효율에 있어서, 본 연구에서 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구 공히, 중출력의 경우가 저출력에 비해 우수한 와동형성 효율을 나타내었다. 이는 고안된 장치에 의해 상아질면에 초음파 기구를 수직으로 적용시 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구 공히, 중출력의 경우가 저출력에 비해 우수한 상아질 삭제효과를 나타낸 상기 결과와 상응하고, 초음파의 출력 단계가 높을수록 초음파 기구의 진폭과 주파수가 높아져서 와동형성에 소요된 stroke 수와 시간이 감소한다는 이와 김²⁹⁾의 보고와 일치되는 것으로 여겨진다. 이와 같이 기구 조작을 기계적인 장치에 의한 경우나 실험자의 손으로 한 경우나 모두 같은 결과를 보인 것으로 보아 임상에서도 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구 공

히, 출력이 높을수록 상아질 삭제 능력과 와동 형성효율이 우수할 것으로 예측된다.

초음파 기구를 과용하면 치질에 균열을 발생시킬 수 있다. 따라서 절삭 능력이 우수한 초음파 다이아몬드 기구를 사용할 경우에도 이 기구가 치질에 미치는 영향에 관해서 고려해 보아야 한다. Layton 등¹⁷⁾은 치근단 절제만 한 경우보다 초음파로 치근단 와동을 형성한 경우 균열이 많이 증가하며 고출력으로 형성할 때 더욱 많이 생긴다고 하였다. Abedi 등¹⁶⁾은 초음파로 와동을 형성한 경우 균열이 많이 생기며 주로 상아질 벽의 두께가 가장 얇은 곳에서 잘 생긴다고 하였다. Being 등²⁰⁾은 저출력으로 치근단 와동을 형성한 후 균열을 조사해 본 결과 근관충전 유무에 따른 균열 발생은 차이가 없었으며 치근단 절제만 한 경우 초음파로 근관을 형성한 후 균열이 생긴지 하나 유의성이 있는 것은 아니라고 하였다. Waplington 등³⁰⁾은 초음파의 출력과 관계없이 균열이 전혀 나타나지 않았다고 한다. 이²¹⁾의 연구에서는 초음파 스테인레스 스틸 기구를 사용하여 치근단 역충전 와동을 형성하였을 때 출력 제 7에서 제 10 단계까지의 고출력이 출력 제 6 단계 이하의 중출력이나 출력 제 3 단계 이하의 저출력에 비해 유의하게 많은 치아 균열을 나타내었으므로 역충전 와동 형성시 제 6 단계 이하의 중출력 또는 그 이하의 저출력의 초음파를 사용할 것을 추천하였다. 본 실험에서는 초음파 저출력인 제 2 단계 및 중출력인 제 6 단계 하에서 실험자가 손으로 다이아몬드 및 스테인레스 스틸 초음파 기구로 역충전 와동을 형성한 뒤 치근단 부의 균열 발생 빈도를 조사하였다. 그 결과 저출력에서는 스테인레스 스틸기구가 다이아몬드 기구보다 균열을 많이 발생시켰고 중출력에서는 균열에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그리고 저출력에서의 이 균열 발생의 차이는 초기 근단부 근관의 크기가 15번 이상인 경우에 비해 10번인 근관에서 두드러지게 나타났다. 이는 좁은 근관 내로 기구를 작동시키니 초음파 진동이 처음 몇 분 동안 근관 내벽에 직접 전달되고 좁은 근관은 치아 형태가 양요형태를 지니기 때문에 둥근 모양의 초음파 기구 끝 부분이 치아에 많이 접촉하게 되며 이 때 삭제 능력이 우수한 다이아몬드 기구에 비해 삭제 능력이 적은 스테인레스 스틸 기구

가 상대적으로 더 많은 충격을 치질에 주기 때문이라 생각된다. 동일 재질의 기구의 출력에 따른 균열의 발생빈도를 살펴보면, 본 연구에서는 통계적인 유의성은 없으나 Frank 등³⁹⁾의 보고에서와 같이 중출력으로 와동을 형성한 경우가 저출력에 비해 적은 균열을 보이는 경향을 나타내었다. 고출력의 초음파 기구는 주파수도 많고 진폭도 커서³⁰⁾ 치아 경조직에 강한 충격을 주어 균열이 많이 생기는 반면 저출력의 초음파 기구는 약한 힘으로 인해 와동의 수직 삭제가 잘 일어나지 않는 동안 근관 내벽의 측면에 많은 힘이 가해지기 때문에 균열이 발생하는 것으로 사료된다. 초음파 에너지는 상아질과 다른 경조직에 매우 강력한 힘을 미치며 비록 몰로써 냉각시키기는 하나 열이 생기고 진동도 뚜렷이 나타난다. 이런 열과 진동이 균열 발생의 원인이 된다고 생각된다. 수동 조작이건 음파 혹은 초음파 어느 방법으로 와동을 형성하는 간에 균열선(infraction line)을 발생시킬 위험이 있다. 이것이 반드시 파절로 이어진다고 할 수는 없으나 파절될 가능성이 충분히 있으므로 Rud 등³¹⁾이 제시한 방법에 따라 치근단 와동을 형성하지 않고 접착성 레진으로 절제된 치근을 덮는 술식도 고려해 볼 만하다. 초음파 기구의 끝이 근관 벽을 때려서 가끔 근관 변연부에 결합이 나타나기도 하는데 이런 결합에서 근관 균열이 확장된 것이 여러 시편에서 관찰되었다.

본 실험의 결과를 전체적으로 종합해 보면 초음파 다이아몬드 기구는 스테인레스 스틸 기구에 비해 상아질 삭제 효과 및 치근단 역충전 와동 형성효율이 우수한 것을 알 수 있다. 그리고 다이아몬드 기구는 스테인레스 스틸 기구에 비해 특히 직경이 작은 근관에서, 치질의 균열을 적게 초래한다고 생각된다. 본 연구의 방법과 결과는 외과적 근관치료에서 치근단 역충전 와동형성을 위해 초음파 기구를 사용할 때 적절한 디자인과 재질의 초음파 기구들을 선택하고 그 특성을 이해하는데 도움이 되리라 생각한다. 아울러 이러한 초음파 기구의 사용에 따른 와동의 변연 폐쇄 및 치근단 조직에 미치는 생물학적인 영향에 관해서도 계속적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

V. 요약

치근단 역충전 외동 형성을 위한 초음파 다이아몬드 기구의 임상적 적용의 타당성 및 특성을 평가하기 위해, 다이아몬드 기구의 상아질 삭제능력, 역충전 외동 형성효율 및 치질에 미치는 영향을 관찰하여 스테인레스 스틸 기구와 비교, 평가하였다.

치근단 역충전 외동 형성시 다이아몬드 기구와 스테인레스 스틸 기구를 발거된 소의 치아에서 노출시킨 상아질 표면에 일정한 출력과 시간 조건 하에서 작동시켜 상아질 표면으로부터의 삭제된 깊이를 측정하였다. 역충전 외동 형성효율을 평가하기 위하여 발거된 상악 제 1 대구치 치근에서 근관을 형성하고 gutta-percha로 충전한 다음 근단 3 mm부위를 치아 장축에 직각되게 절제하고 초음파 기구의 외동형성 소요 시간 및 소요 stroke 수를 측정하였다. 초음파 기구를 이용한 외동 형성이 치질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 초음파 외동 형성 전후의 치근단부 치질의 균열 발생빈도를 측정, 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 저출력 또는 중출력에서 그리고 노출된 상아질에 수직 또는 수평으로 기구를 적용한 경우 모두에서, 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 높은 상아질 삭제효과를 나타내었다 ($p<0.01$).
- 초음파기구를 상아질 표면에 수직으로 적용한 경우에 출력이 높을수록 상아질 삭제효과가 우수하였으며, 수평으로 적용한 경우에는 출력에 따른 유의한 증가가 나타나지 않았다($p<0.01$).
- 중출력에서는 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 외동형성시 소요되는 stroke 수와 시간으로 본 외동형성효율이 유의하게 우수하게 나타났다($p<0.05$).
- 저출력에서는 다이아몬드 기구가 스테인레스 스틸 기구에 비해 외동형성 후 치근단 균열 발생빈도가 유의하게 적게 나타났다($p<0.01$).

참고문헌

1. Weine, F. S.: Endodontic therapy. 5th ed., Mosby(1996) pp.524-531.
2. Tuggle, S. T.: A dye penetration study of

- retrofilling materials, J. Endodont., 15:122-124, 1989.
3. Gutmann, J. L. and Harrison, J. W.: Surgical Endodontics, Boston, Blackwell Scientific Pub. (1991) pp.238.
4. Cook, J. G.: The apical amalgam root filling for anterior teeth, J. Can. Dent. Assoc., 38:297-299, 1972.
5. Richman, M. J.: The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection, J. Dent. Med., 12:12-18, 1957.
6. Bertrand, G., Fwstal, F. and Barailly, R.: Use of ultrasound in apicoectomy, Quintessence Int., 7:9-12, 1996.
7. Flath, R. K. and Hicks, M. L.: Retrograde instrumentation and obturation with new devices, J. Endodont., 13:546-549, 1987.
8. Pannkuk, T. F.: Endodontic surgery: the treatment phase and wound healing. part II, Endodontic Report, 7:14-19, 1992.
9. Martin, H., Cunningham, W. and Harris, J.: A quantitative comparison of the ability of diamond and K-files to remove dentin, Oral Surg., 53:566-568, 1980.
10. Waplington, M., Lumley, P. J., Walmsley, A. D. and Blunt, L.: Cutting ability of an ultrasonic retrograde cavity preparation instrument, Endodont. Dent. Traumatol. 11:177-180, 1995.
11. Devall, R., Lumley, P. J., Waplington, M. and Blunt, L.: Cutting characteristics of a sonic root-end preparation instrument, Endodont. Dent. Traumatol., 12:96-99, 1996.
12. Hull, E. and Malloy, G.: The strength of diamond. 65-WA/Prod-2, Am. Soc. Mech. Engineers (1965) pp.72-91.
13. Berman, R.: Physical properties of diamond, Oxford, 1965, Clarendon Press, pp. 221-237, 384-393.
14. Bundy, F. P.: Supergard materials, Sci. Am. 231:62-70, 1974.
15. Saunders, W. P., Saunders, E. M. and Gutman, J. L.: Ultrasonic root end preparation, part 2,

- microleakage of EBA root-end fillings, *Int. Endodont. J.*, 27:325-329, 1994.
16. Abedi, H. R., Van Mierlo, B. L. and Torabinejad, M.: Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex, *J. Endodont.*, 21:225 (Abstract No. RS 40), 1995.
 17. Layton, C. A., Marshall, J. G. and Morgan, L. A.: Evaluation of cracks associated with ultrasonic root end preparation, *J. Endodont.*, 21:225 (Abstract No. RS 39), 1995.
 18. Marderosian, J. C. and Glickman, G. N.: Structural changes in root following sonic and ultrasonic root-end preparation, *J. Endodont.*, 21:225 (Abstract No. RS 41), 1995.
 19. Frank, D. D., Antrim, L. K. and Bakland, L. K.: Effect of retrograde cavity preparations on root apexes, *Endodont. Dent. Traumatol.*, 12:100-103, 1996.
 20. Beling, K. L., Marshall, J. G. Morgan, L. A. and Baumgartner, J. C.: Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation of obturated or unobturated canals, *J. Endodont.*, 22:206 (Abstract No. OR 71), 1996.
 21. 이재환: 초음파기구를 이용한 치근단 역충전와동의 형성, 경북대학교 치의학박사 학위논문, 경북대학교 대학원, 1997.
 22. Carr, G. B.: Advanced techniques and visual enhancement for endodontic surgery, *Endodontic Report*, 7:6-9, 1992.
 23. Cohen, S. and Burns, R. C.: Pathways of the pulp, 5th ed. St. Louis, C. V. Mosby Co. (1991) pp574-611.
 24. Ingle, J. I., Cummings, R. R., Frank, A. L., Glick, D. H., Rubinstein, R. and Radman, W. P.: Endodontic surgery, In: Ingle J. I. and Bakland, L. K., editors., *Endodontics*, 4th ed. Baltimore, Williams and Wilkins (1994) pp.689-763.
 25. Glassman, G. D. and Serota, K. S.: Ultrasonic retropreparation: surgical endodontics 2001, *Oral health*, 82:15-17, 1992.
 26. Mehlhaff, D. S., Marshall, J. G. and Baumgartner, J. C.: Comparison of ultrasonic and high-speed root end preparations using matched teeth, *J. Endodont.*, 21:224 (Abstract No. RS 37), 1995.
 27. Kim, S.: Principles of endodontic microsurgery, *Dent. Clin. Nor. Am.*, 41:481-498, 1997.
 28. Engel, T. K. and Steiman, H. R.: Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation, *J. Endodont.*, 21:443-46, 1995.
 29. 이재환과 김성교: 초음파기구의 치근단 역충전와동형성 효율 및 치질에의 영향, *대한치과보존학회지*, 22(2):546-559, 1997.
 30. EIE/Analytic Technology: Mini-endo instruction manual(1997), pp9.
 31. Rud, J., Munksgaard, E. C., Andreasen, J. O. and Rud, V.: Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent: *Endodont. Dent. Traumatol.*, 7:126-131, 1991.

Legends for figures

- Fig. 3. Resected root surface before retrograde cavity preparation with a ultrasonic stainless steel tip:crack lines are seen (x 32 stereomicroscope).
- Fig. 4. Resected root surface after retrograde cavity preparation with a level 2 power setting of ultrasonic stainless steel tip:two long crack lines (arrow)s are evident (x 32 stereomicroscope).
- Fig. 5. Resected root surface after retrograde cavity preparation with a level 6 power setting of ultrasonic stainless steel tip:one canal crack (arrow) is evident (x 32 stereomicroscope).
- Fig. 6. Resected root surface after retrograde cavity preparation with a level 2 power setting of ultrasonic diamond tip:one short canal crack (black arrow) is evident, and several dentin cracks (white arrows) are seen (x 32 stereomicroscope).
- Fig. 7. Resected root surface after retrograde cavity preparation with a level 6 power setting of ultrasonic diamond tip:one definite crack line is seen (x 32 stereomicroscope).
- Fig. 8. Resected root surface after retrograde cavity preparation with a level 6 power setting of ultrasonic diamond tip:one short canal crack (black arrow) is evident and several inadvertent scratchings (white arrows) are seen (x 32 stereomicroscope).

사진부도



Fig. 3

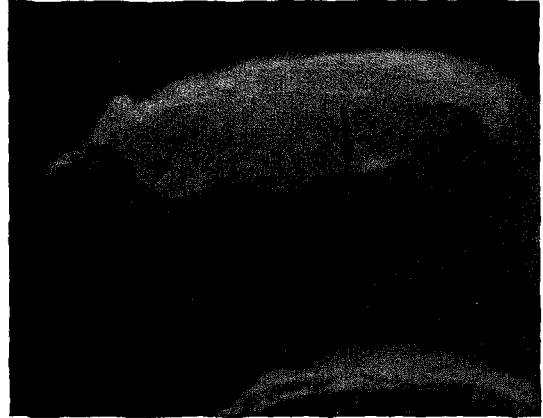


Fig. 4

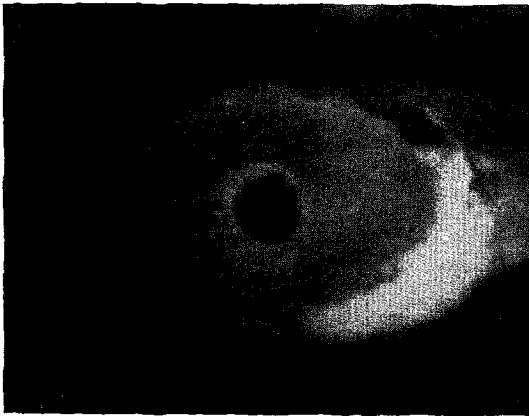


Fig. 5

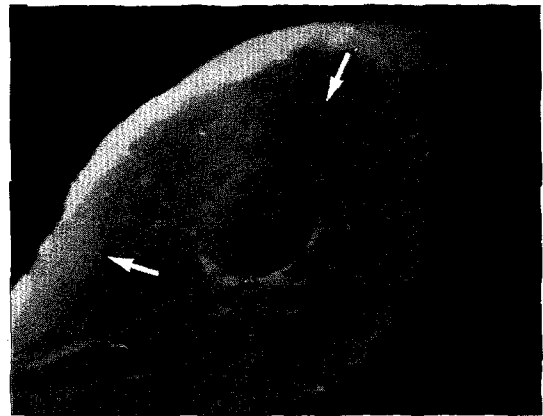


Fig. 6

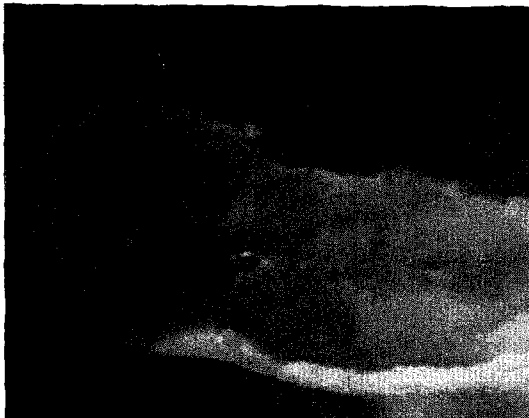


Fig. 7

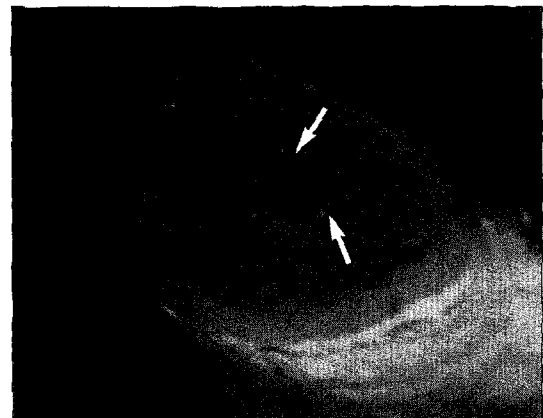


Fig. 8