

열에 의한 치아경조직의 변화에 관한 연구

서울대학교 치과대학 보존학교실

조 성 식 · 김 영 해

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 실험방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록
- 사진부도

I. 서 론

회전하는 bur에 의한 치아 경조직의 삭제는 치과 임상에서 항상 접하는 문제이고 어떤 형태의 회전 기구 일지라도 마찰열은 발생한다. 최근에는 치과 임상에서 초고속 회전기구의 사용으로 치아 경조직의 삭제는 아주 용이해졌고 용이해진 만큼 술자는 마찰열의 완화에 대한 주의를 기울리 하기 쉽게 된다. 이는 고속의 회전기구로 지대치 형성이나 와동 형성시 타는 냄새를 느끼는 경우가 종종 있는 것으로 증명된다. 과도한 마찰열의 발생은 치아조직에 대한 손상과 환자의 불쾌감의 주요 원인이 된다.

마찰열의 발생과 이에 의한 치아의 영향에는 많은 연구가 있었다. 정상인에 있어서 치수의 온도불감지영역은 Henshel¹⁾에 의하면 85°F~130°F 이고 Grossman²⁾에 의하면 65°F~130°F이라고 하였으며 Hartman³⁾은 아주 정상으로 보이는 치아에 지대치 형성등의 과대한 수복 후 치수에 농양이 형성되고 피사가 따르는 원인은 삭제시의 마찰열이 원인이라고 보고 하였고, Marsland와 Shovelton⁴⁾은 경조직

삭제시의 과도한 열이 치수의 국소적인 고정의 요인이 되고 치수가 괴사하지 않고 생존하게 되면 이러한 고정조직은 재생조직에 의해 대체되거나 돌이킬 수 없는 손상이 발생하면 그 변화는 그대로 남게된다고 하였다. Bodecker⁵⁾는 임상적인 증상이 없어도 치수가 괴사되어 있는 경우가 많은데 그 이유는 과대하게 경조직이 삭제된 치아가 감염되지 않은 정상적인 치수를 가지고 있었으면 과도한 마찰열에 의해 무균적으로 응고되고 세균이 존재하지 않으므로 치수는 미이라화되어 별 증상이 없게 된다고 하였다. Hudack⁶⁾은 조직의 변화가 106°F이상에서 발생하기 시작하고 110°F 이상에서는 돌이킬 수 없는 손상을 받는다고 하였다. Swerdlow와 Stanley⁷⁾는 20,000 rppm의 diamond stone으로 와동형성후 24시간 후 발견된 모든 치아에서 명백한 치수의 손상이 발견되었다고 보고하였으며 그의 많은 연구보고에서 치아 경조직 삭제시, 냉각제의 적용에 주의를 기울이지 않는 한 과도한 열이 발생하고 수많은 치아의 치수가 이러한 결과로 희생되고 있다고 하였다.

근래에 이르러 치아 경조직의 삭제는 치과 기자의 발달과 더불어 시술이 아주 용이해졌고 20,000 rpm 정도의 회전 engine과 400,000~500,000rpm의 초고속의 airturbine handpiece 두가지의 사용으로 일반화 되었다. 여러 문헌을 살펴보면 경조직 삭제시 발생하는 마찰열에 의한 변화중 치수조직에 관한것은 많은 연구가 있었으나 형성된 와동주위의 경조직의 변화에 관한 연구는 많지 않았다.

치수조직에 전달되는 열은 형성된 와동과 치수강 사이의 경조직을 통해 전달되므로 이 부위 상아질에도 영향을 미치게 될 것으로 사료되며 본 연구는

근래 주로 사용되고 있는 20,000rpm과 500,000rpm의 회전속도와 냉각제의 적용을 결부하여 4가지의 각기 다른 와동형성법의 차이에 따른 와동저하의 상아질의 변화를 색소의 침투정도에 따라 관찰할 목적으로 다음과 같은 실험을 시행하여 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 실험방법

1. 실험재료

20대초 성인 남자의 지치로 우식증이나 충전물이 없는 45개의 치아를 선택 받거 즉시 10%중성 formalin에 보관하였고 색소는 2% methylene blue를 사용하였다. 기재는 J. Morita사의 astron turbine handpiece와 micromotor를 사용하였다.

2. 실험방법

먼저 대조군으로 가열에 의해 치아 경조직의 변화여부가 색소 침투에 어떠한 차이가 나타나는가를 알아보기 위해 5개의 치아를 와동 형성없이 끌과 철추를 이용하여 협설로 2등분하여 각 반쪽씩을 20분동안 끓는 물에 담그었다 꺼낸 후 나머지 반쪽씩의 시편들과 함께 24시간 동안 methylene blue 수용액에 담그었다. 실험군으로 40개의 치아를 10개씩 4군으로 나누어 다음과 같은 방법으로 교합면에 통법에 의해 I급 와동을 상아법랑질 경계면 0.5mm 하방까지 형성하였다.

제 1군 - 20,000rpm의 회전속도로 No. 557 fissure

bur로 아무런 냉각제 없이 와동을 형성하였다.

제 2군 - 20,000rpm의 회전속도로 No. 557 fissure bur로 60cc/min의 주수하에 와동을 형성하였다.

제 3군 - 500,000rpm의 회전속도로 No. 557 fissure bur로 아무런 냉각제없이 와동을 형성하였다.

제 4군 - 500,000rpm의 회전속도로 No. 557 fissure bur로 35cc/min의 물과 압축공기의 분무로 냉각하며 와동을 형성하였다.

실험방법을 도표로 나타내면 그림과 같다. (Table 1)

와동형성 후 실험치아 전부를 끌과 철추를 이용하여 형성된 와동의 중앙을 통과하도록, 협설로 치아 장축 방향으로 종단하여 단면에 형성된 와동벽 주위의 치질과 치수강을 볼수 있도록 하였다. 종단된 시편은 와동형성 후 잔사에 의해 색소의 침투에 영향을 줄수 있으므로 물과 압축공기로 깨끗이 씻고, 물 속에서 sand paper로 종단면을 연마하였다.

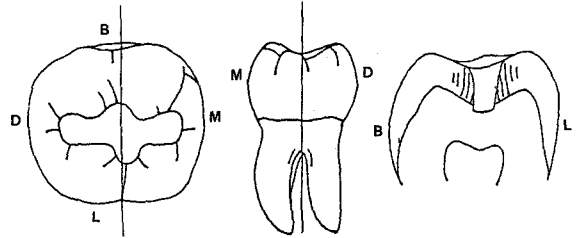


Fig. 1. Diagram of tooth sectioning

Table 1. Material and technic applied

	speed (rpm)	cutting instrument (carbide burs)	coolant (approximate) cc/min. H ₂ O	average preparation time (sec)	average R.D. thickness (mm)
Group I	20,000	No. 557 fissure	none	78.3	2.84
Group II	20,000	No. 557 fissure	water (60cc/min)	70.6	2.98
Group III	500,000	No. 557 fissure	none	33.7	2.82
Group IV	500,000	No. 457 fissure	water + air spray (35cc/min)	30.2	2.78

각 군별로 20개씩 총 80 개의 시편을 24시간 동안 methylene blue 수용액에 담그었다. 24시간 후 모든 시편을 꺼내어 과잉의 색소를 유수로 제거하고 건조한 후 침투된 색소의 위치를 고정시키기 위해

실온에서 1일 동안 방치한 후 stereo-microscope (Zwiss, DRC. W. Germany)로 관찰하였다. 색소 침투 정도의 기준은 Fig.2와 같이 정하였고 그 결과 표를 도표로 나타내었다. (Table 2)



- 0도 : 상아질에 전반적으로 색소침투정도가 균등한 경우
- 1도 : 와동밑의 삭제된 상아세관에 한정되어 색소 침투정도가 감소된 경우
- 2도 : 와동주위에 색소침투정도가 감소된 부위가 확산되어 나타난 경우
- 3도 : 와동밑에 뚜렷하게 경계되어 색소침투정도가 감소된 경우

Fig. 2. Criteria of dye penetration.

Ⅲ. 실험 성적

1. 대조군

모든 시편의 상아질에 전반적으로 균등한 색소침투정도를 보였으나 끓는 물에 열 처리한 시편들은 열 처리하지 않은 시편들보다 색소침투정도가 감소되었다.

2. 실험군

제 1군 20,000 rpm without coolant

20개의 시편 전부에서 색소침투정도가 감소된 부위를 보이며 10개의 시편에서는 와동 주위에 방벽과 유사하게 색소침투가 잘안되는 부위를 보이며 8개의 시편에서는 색소침투정도가 감소된 부위가 전반적으로 확산되어 나타났고 2개의 시편에서는 삭제된 와동하의 상아세관에 국한된 듯한 상을 보

Table 2. Results of dye penetrations

	0	+	++	+++	Total number of specimen
Group I 20,000 rpm without coolant	0	2	8	10	20
Group II 20,000 rpm with coolant	2	3	11	4	20
Group III 500,000 rpm without coolant	2	9	7	2	20
Group IV 500,000 rpm with coolant	14	4	2	0	20
Total					80

였다.

제 2 군 20,000 rpm with coolant

4 개의 시편에서 와동하의 방벽같은 상을 보이며 11개의 시편에서는 전반적인 색소침투정도가 감소된 상을 보이고 3 개의 시편에서는 삭제된 상아세관에 국한된것 같이 보였고 2 개의 시편은 색소침투정도가 별로 감소되지 않았다.

제 3 군 500,000 rpm without coolant

9 개의 시편에서 와동하의 상아세관에 한정되어 색소침투정도가 감소된 모습을 보이며 7 개의 시편에서는 전반적으로 감소된 모습을 보이고 2 개의 시편은 와동하의 방벽같은 모습을 나타내었고 2 개의 시편은 색소침투정도가 감소되지 않았다.

제 4 군 500,000 rpm with coolant

14개의 시편에서 와동을 형성안한 대조군의 시편과 같은 정도의 색소침투를 보였고 4 개의 시편에서 삭제된 상아세관에 한정된 모습을 보였고 2 개의 시편은 전반적인 색소침투정도가 감소된 상을 보였다.

IV. 총괄 및 고안

와동형성시 발생하는 열에 관해서는 많은 관심과 연구가 있었다. 와동형성시 열을 발생시키는 요소

는 와동의 깊이, bur의 회전속도와 크기 및 형태와 재질, 회전기구에 가해지는 압력, 삭제되는 부위의 수분의 양, 냉각제의 방향과 종류, 치아조직과 bur와 접촉되는 시간등의 요인에 따라 결정된다.

Peyton¹³⁻¹⁵⁾은 고속의 회전기구는 열을 발생하고 이에 의하여 정상적인 상아질에서는 130°F이상에서 생리적 변화가 일어난다고 하였고, Hudson과 Sweneey¹⁶⁾는 치과용 bur의 온도는 상아질 삭제시 150°F~275°F에 달하며, Henshel¹⁷⁾의 실험에서는 상아질 표면의 온도는 구강내 수준인 98.6°F에서 233°F까지 상승한다고 보고하였다. Bernier¹⁸⁾는 회전 에 의해 마찰열이 발생하는 부위를 적절히 냉각하지 않는 한 열을 발생하여 회전속도의 증가에 따라 치아의 온도도 균등하게 증가한다고 보고하였다.

상아질의 화학적 구조는 약 70%의 무기질과 18%의 유기질, 12%의 수분으로 구성되어 있고 무기질은 주로 hydroxy apatite이며 유기질은 90%가 교원질이다. 조직학적으로 상아질의 기본구조는 상아세관과 조상아세포이다. 상아세관의 크기는 치수강 측에서는 2~3μm, 상아법랑질 경계면에서는 약 1μm이며 상아질 기질의 평방mm당 평균 2,500개의 상아세관이 포함된다. 치수에 있는 세포의 몸체로부터 상아법랑경계면까지 조상아세포의 살아있는 돌기가 상아세관을 통하여 뻗어있고, 상아세관의 벽

을 따라 수 $\mu\mu$ 의 간격으로 상아세관분지가 나타난다. 즉 상아질은 조상아세포의 돌기가 수 많은 분지로 상아세관과 상아세관분지안에 망상형태를 형성하고 있으며 단백질의 기질이 상아세관의 벽을 따라 형성되어 있고 상아세관은 무정형의 물질과 치밀한 교원섬유로 차있다^{19, 20, 21, 22}

Brown et al²³은 와동형성시 발생하는 높은 열은 치수와 마찬가지로 상아질에도 영향을 주고 법랑질의 파절도 야기시키며, 과도한 마찰열 발생시 상아질은 화상을 입게되어, 결과적으로 상아질의 손상은 변연부위의 치아조직의 와해를 가져와 변연의 누출이나 이차우식을 가져온다고 하였다. 또 이러한 과도한 열의 결과로 변화된 상아질은 정상적인 상아질에 비해 색소의 침투에도 어떤 변화가 있을 것으로 추정된다. 본 실험에서 대조군의 경우 열처리한 시편과 열 처리하지 않은 시편의 비교 결과, 열 처리한 시편이 색소침투정도가 감소되었는데 이는 열에 의해 상아질 내의 유기질과 조상아 세포돌기의 망상조직이 응고되어 색소의 자유로운 침투가 안되어 나타난 결과로 사료된다.

상아질의 침투도의 연구는 Fish²⁴가 발거한 사람의 치아에 methylene blue 용액을 치수강내에 주입하여 연마표본상에서 염색약물의 상아질내의 침투를 보고한 이래 널리 이용되었다. Lefkowitz²⁵는 살아있는 가견치아의 치경부에 소공을 뚫어 argyrol을 치수에 주사하여 시간의 경과에 따라 회색시켜 상아질의 염색된 정도를 비교하여 상아세관을 조사한 결과 색소는 조상아세포의 돌기에 존재하며 이 부위가 치수로부터의 확산의 주요 경로라고 보고하였고, Wainwright²⁶는 발거한 사람의 치아에서 실험한 결과 20분 내지 30분 후에 상아질의 전 영역에 방사성동위원소가 침투됨을 관찰함으로써 상아질을 통한 어떤 물질의 이동은 조직액의 순환에 의한 것이 아니라 확산에 의한 것이라고 주장하였다. Loisselle, Goldberg, Gross, Stuever³⁰ 등은 생체실험과 체외실험의 결과가 실험방법이 동일한 한 유사함을 보고하였고 Pashley, Kehl, Palmer²⁴도 ¹³¹I을 이용한 실험에서 생체실험과 체외실험의 침투정도가 거의 유사했다고 보고하였다. 혈액순환이 없는 체외실험의 경우에는 색소같은 화학적 물질은 확산에 의해서만 착색되고 확산의 조저은 상아세관의 밀도, 직경, 조상아세포의 돌기와 상아세관 사이의 공간등이고 이러한 조건은 치아가 발거되어도 변하지 않는다고 하였다. 또 상아질의 침투도의 연

구는 변화될 수 있는 중요한 요소인 상아질의 표면 면적이나 두께, 표면의 특성등을 쉽게 조절할수 있기 때문에 체외실험이 더욱 편리하다고 주장하였다.

실험군에서 냉각제의 적용군이 비적용군보다 색소침투정도가 증가된 것은 냉각수의 냉각작용에 의해 마찰열이 완화되어 와동주위의 상아질의 변화가 적게 발생한것으로 사료된다. 이는 Hamilton³¹의 연구에서 냉각수의 적용이 치아에의 손상이 적었다는 연구 결과와도 같다. 20,000회전의 냉각제 비적용군에서 가장 색소침투정도가 감소되었는데 이는 air turbine handpiece에 비해 삭제시 더 많은 압력을 요구하고 냉각제의 비적용으로 가장 많은 열이 발생한 것으로 추정된다. 20,000회전의 냉각제 적용군에서는 와동형성시간이 약간 짧아졌고 색소침투정도도 약간 증가되었는데 이는 Lloyd et al³²의 연구결과와 같이 냉각수의 온도상승 억제와 함께 잔사의 세척작용에 기인한다고 보겠다. 500,000회전의 냉각제 비적용군에서는 air turbine에서 배출되는 압축공기는 삭제분말은 제거할수 있었으나 별 영향이 없었다. 그러나 20,000회전의 냉각제 비적용군에 비하면 초고속의 기구이므로 압력이 거의 필요없어 결과적으로 마찰열은 감소된것으로 보여진다. 500,000회전의 냉각제 적용군에서는 Peyton¹⁰, Swedlow⁶, Lloyd³², Kins¹¹, Stanley⁷의 연구에서 충분한 물과 배출되는 압축공기는 치아에 손상을 거의 안주는 것으로 보고하였는데 대부분 색소침투 정도가 열 처리하지 않은 대조군의 시편과 비슷했다. 그러나 2개 시편에서 색소침투도가 감소된 시편을 관찰한 바 이는 Lloyd³², Rich¹², Brown²³의 지적에서 치아가 물에 범람되어 있어도 반드시 보호되는 것은 아니라고한 주장과 일치한다. bur의 회전속도로 인하여 냉각수가 원심력에 의해 차단되어 bur와 치아가 접촉되는 중심부위에 도달되지 못하는 현상이 일어난다고 하였다. 따라서 냉각수가 교란되는 부위를 뚫고 들어가려면 고속의 기구사용시 냉각수는 우수 형태의 공급과 충분한 압력을 가져야 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

와동형성시 회전하는 bur에 의해 발생하는 마찰열에 의한 경조직의 변화를 관찰할 목적으로 발거된 45개의 치아를 이용하여, 대조군으로 5개의 치

아를 와동형성없이 이등분하여 각 반쪽을 끓는 물에 20분 동안 열 처리하여 나머지 열 처리하지 않은 시편과 비교하였고 실험군으로 40개의 치아를 20,000rpm과 500,000rpm의 회전속도에 냉각제의 사용을 결부하여 4개군으로 나누어 형성된 와동저와 치수강 사이의 상아질의 변화를 색소침투정도에 따라 관찰한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군에서 끓는 물로 열 처리한 시편은 열 처리 하지 않은 시편들보다 색소침투정도가 감소되었다.
2. 냉각제의 사용군이 비사용군에 비해 색소침투정도가 증가되었다.
3. 20,000rpm회전에 냉각제를 사용안한 군이 가장 감소된 색소침투도를 보였다.
4. 500,000rpm회전에 냉각제를 사용한 군이 와동을 형성안한 대조군의 시편과 거의 비슷한 색소침투정도를 보였다.

REFERENCES

1. Henschel, C. J. Heat impact of revolving instruments on vital dentin tubules. *J. D. Res.* 22:323, 1943.
2. Louis, I. Grossman. *Endodontic practice*. P. 28 8th Edi. 1974 Lea & Febiger.
3. Hartman, L. L.; *Operative dentistry failures due to improper use of anesthesia*. *Tr. Am. D. Soc. Europe.* 1937 P. 22.
4. Marsland, E.A., and Shovelton, D.S. Effect of cavity preparation on human dental pulp. *Brit. D. J.* 102:213 March 19. 1957.
5. Bodecker, C.F. Concerning "Vitality" of calcified dental tissues. *J. D. Res.*, 16:463-475 Dec. 1937.
6. Hudack, Stephen, and McMesters, P. D. Gradient of permeability of skin vessels as influenced by heat, cold and light. *J. Exper, Med.* 55:431, 1932.
7. Swedlow, H., and Stanley, H. Jr. Reaction of human dental pulp to cavity preparation. 1. Effect of water spray at 20,000rpm *JADA* 56:317 March 1958.
2. A. 15,000rpm with air-water spray *J. Pros. Den.* 9:121, Jan-Feb. 1959.
8. Harold, R. Stanley, Jr., and Herbert Swedlow. Reaction of the human pulp to cavity preparation. *JADA* 58:49, 1959.
9. Langeland, K. Effect of various procedures on the human dental pulp. *O. S., O. M., and O. P.* Feb. 1961.
10. Langeland, K. Histologic evaluation of pulp reactions to operative procedures. *O. S., O. M., and O. P.* Oct. 1959.
11. Zach, L., and Cohen, G. The biology of high speed rotary operative dental procedures; 1. Correlation of tooth volume removed and pulpal pathology. *J. D. Res.* 37:67, 1958.
12. Mjor, I. A. Histologic studies of human coronal dentin following cavity preparation and exposure of ground facets in vivo. *Arch Oral. Biol.* 12:247, 1967.
13. Peyton, F.A. Temperature rise in teeth developed by rotating instruments. *JADA* 50:629, 1955.
14. Peyton, F. A. Effectiveness of water coolant with rotary cutting instruments. *JADA* 56:664, 1958.
15. Peyton, F. A. Response to shaping cavities with modern high speed instruments. *New York J. D.* 28:262, 1958.
16. Hudson, D.C., and Sweeney, W. T. Temperatures developed in rotating dental cutting instruments. *JADA* 48:127, 1954.
17. Henschel, C. J. The friction of revolving steel burs. *JADA* 31:895, 1944.
18. Bernier, J. L., and Knapp, M. J. Methods

- used in elevation of high speed dental instrument and some results. *Oral Surg.* 12:234, 1957.
19. Sicher, H., and Bhaskar, S. N. *Orban's oral Histology and Embryology.* 7th edi. St Louis C. U. Mosby Co. 1972.
 20. Samuel Seltzer, I. B. Bender. *The dental pulp.* 3rd edi. J. B. Lippincott Co. 1984.
 21. Gerald, T. Charbeneau, Charles, B. Cartwright. *Operative dentistry* Lea & Febizer Philadelphia 1975.
 22. G. Neil Jenkins. *The physiology and biochemistry of the mouth.* Black well. Scientific publications, 4th edi.
 23. Brown, W. S., Jacobs, H. R., and Thompson, R. E. Thermal fatigue in teeth *J. D. Res.* 51:461, 1972.
 24. Pashley, DH., Kehl, T., and Palmer, P. Comparison of in vitro and in vivo dog dentin permeability. *J. Dent. Res.* 60:763, 1981.
 25. Wainwright, W.W., and Lemoine; F.A. Rapid diffuse penetration of intact enamel and dentin by carbon 14 - labeled urea. *JADA* 41:135, 1950.
 26. Pashley, D. H. and Livingstone, M. J. Effect of degree of tubule occlusion of the permeability of human dentin in vitro. *Arch. Oral Biol.* 23:1127-1131, 1978.
 27. Causton, B.E., and Johnson, N. W. Changes in the dentin of human teeth following extraction and their implication for in-vitro studies of adhesion to tooth substance. *Archs. Oral Biol.* Vol 24, 229, 232 1981.
 28. Fish, E. W. *An experimental investigation of enamel, dentin and the dental pulp.* London, 1933. John Bale, Sons Danielson, Ltd.
 29. Lefkowitz, W. Further observation on dental lymph in the dentin. *J. Dent, Res.,* 22:287, 1943.
 30. Loiselle, R. J., Goldberg, A. F., Gross, R. L., and Stuever, C. H., Jr. Marginal microleakage - an vivo assessment. *JADA* 78:760, 1969.
 31. Hamilton, A. I. and Kramer, I. R. H. Cavity preparation with and without water spray. *Brit, Dent, J.* 123:281 1967.
 32. Lloyd, B. A., Rich, J. A., and Brown, W. S. Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high speed dental drills. *J. Dent, Res.* 51:675 1983.
 33. Stanley, H. R. Jr., and Swerdlow, H. Biological effects of various cutting methods in cavity preparation. *JADA* 61:450, 1960.
 34. Lloyd, B. A., Rich, J. A., and Brown, W. S. Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high speed dental drills. *J. Dent, Res.* 51:675, 1983.

A STUDY OF THE EFFECT OF HEAT ON DENTAL HARD TISSUE

Sung Sik Cho, Yung Hai Kim

Dept. of Operative Dentistry, Seoul National University

..... ≧ Abstract ≪

The purpose of this study was to examine the effect of heat generated by rotating bur on the dental hard tissue in vitro.

Freshly extracted molar teeth with normal appearance from early 20's male were collected and experimental teeth were divided into 4 groups and the teeth in each group were prepared class I cavity with different clinical procedures as follows.

The four methods were .

- I. 20,000rpm without coolant
- II. 20,000rpm with coolant
- III. 500,000rpm without coolant
- IV. 500,000rpm with coolant

Five teeth were reserved intact as a control group.

These teeth were longitudinally split into two parts by means of chisel after class I cavity preparation.

In a control group 5 parts were boiled in water for 20 minutes and the other 5 specimens were not boiled..

All specimens were immersed in 2% methylene blue dye solution and the image of dye penetration was examined and photographed under stereomicroscope.

Followings were the results obtained through the study.

- 1. In control group, dye penetration of the unboiled specimens was increased than with the boiled group.
- 2. The specimens prepared cavity without coolant showed decreased dye penetration than with the coolant group.
- 3. 20,000rpm without coolant group showed the least dye penetration.
- 4. 500,000rpm with coolant group showed similar level of dye penetration to the unboiled specimens from the control group.

.....

EXPLANATION OF FIGURES

— Photographed by Stereomicroscope Zwiss, DRC. W. Germany (orig mag x 15) —

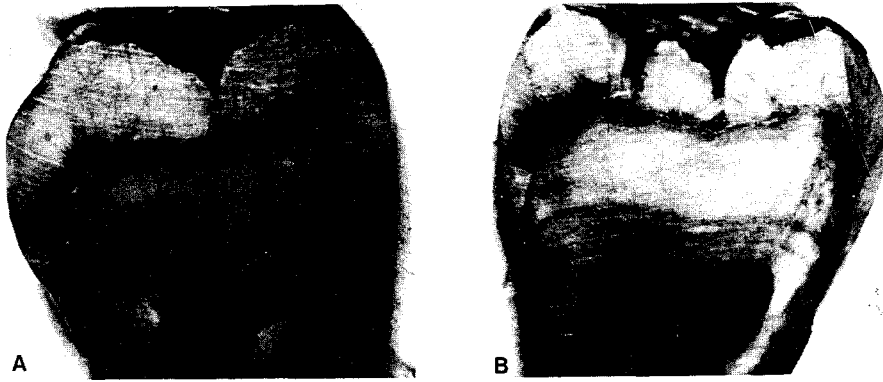


Fig. 1

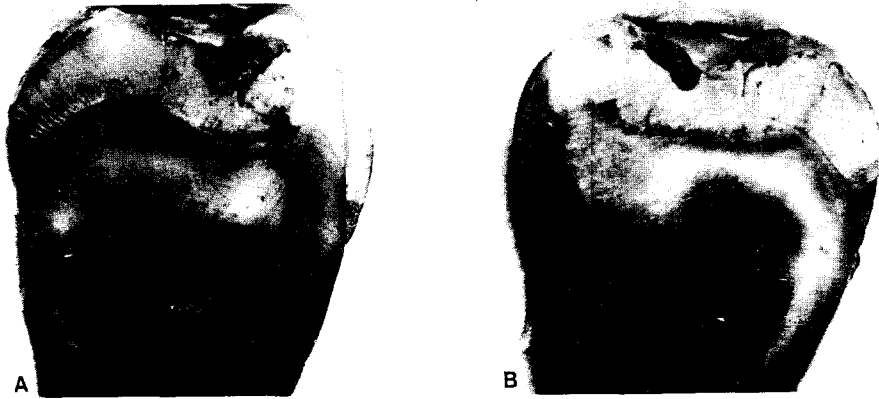


Fig. 2.



Fig. 3.

Fig. 1-3. A. longitudinally split tooth specimen. no heat treatment.
B. the opposite part, heat treated. Shows decreased dye penetration, compared with the specimen without heat treatment.