

## 와동벽에 대한 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 적합도

부산대학교 치과대학 치과보존학 교실  
강미선 · 허 복

Abstract

### THE ADAPTIBILITY OF LIGHT-CURED GLASS-IONOMER CEMENTS TO CAVITY WALLS.

Mi-Sun Kang, Bock Hur

*Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University*

The purpose of this study was to evaluate the adaptability of light-cured glass ionomer cement to cavity walls. Class V cavities were prepared on the labial surfaces of extracted bovine incisor teeth. The cavities were restored with Fuji II as self-cured glass ionomer cement and Fuji II LC, Vitremer as light-cured glass ionomer cement. Fluorescent markers (fluoreceine and rhodamin B) were incorporated into liquid and primer for a better image of microscopic observation. Restored teeth were sectioned by longitudinal and labiolingual direction. The adaptability at the tooth-restoration interface was assessed incisally, axially and cervically by confocal scanning laser microscope.

Following results were obtained :

1. Chemical-cured glass ionomer cement restoration showed close adaptation on the all of the cavity walls, but, cracks formed within the cement.
2. Light-cured glass ionomer cement restoration was well adapted to the cavity walls, but showed crack in the cement adjacent to axial dentinal wall.
3. There was no significant difference in adaptability between two light-cured glass ionomer cement restorations.

### I. 서 론

37% 인산이 치수 조직에 유해한 영향을 끼친다는 논란도 있고, 법랑질에 비해 무기질의 양이 적고 유기질과 수분의 함량이 많은 상아

질에서 얻을 수 있는 결합력도 낮아서 상아질을 산부식 처리하는 방식은 문제시 되었다. 그러나, 와동의 수복에 이용할 수 있는 치질의 면적이 법랑질보다 상아질이 상대적으로 넓으므로, 상아질에 대한 결합은 임상적으로 매우

중요하다. 따라서, 상아질에 화학적으로 결합할 수 있는 재료를 개발하는 데에 관심이 모아졌다<sup>-3)</sup>.

Wilson과 Kent가 glass ionomer cement를 임상에 도입한 이후, 현재에는 재료가 더 개발되었고 수복술식도 많이 발전하였다<sup>4)</sup>. Glass ionomer cement 수복물은, 산부식 처리한 법랑질에 기계적으로 부착하는 것보다 결합력이 낮으나, 법랑질과 상아질 모두를 화학적인 결합에 이용하므로 변연 봉쇄가 우수하다. 그리고 생체 적합성이 양호하고, 경화반응에 수분이 필요하므로 상아질의 수분이 결합력에 영향을 미치지 않는다. 또한, 불소를 유리하므로 이차 우식증이 예방되며 열팽창계수도 법랑질과 비슷하다는 장점이 있어 널리 이용되고 있다<sup>5-7)</sup>.

그러나 glass ionomer cement를 이용한 수복에서 가장 문제가 되는 것은, 초기 경화가 진행되는 동안에 cement가 수분에 접촉되면 경화반응에 차질이 생기게 되는 점과 경화시간이 길기 때문에 즉시 성형과 연마를 시행하기 곤란하다는 점, 그리고 완전히 경화될 때까지 수복물이 건조되지 않도록 주의하여야 한다는 점이다<sup>8-11)</sup>.

따라서, 최근에 이러한 화학중합형 glass ionomer cement를 이용한 수복의 단점들을 보완하기 위하여 cement의 액에 hydroxyethyl methacrylate와 중합개시제를 첨가한 수복용 광중합형 ionomer cement가 개발되었다<sup>6,12-15)</sup>. 이는 화학 중합과 광중합이 동시에 일어나므로 dual cure cement라고도 하며 광조사 후 수십초 내에 중합되므로 경화 시간이 단축되어 수분에 대한 민감성이 해결 되었으며 초기 강도도 증가하였다. 그러나 광중합형 glass ionomer cement의 경화반응과 경화된 cement의 구조등에 관하여 명확하게 밝혀져 있지 않다. 한편, Holtan 등<sup>16)</sup>, Bouke 등<sup>17)</sup> 그리고 Aboush와 Jenkins<sup>18)</sup> 등은 광중합형과 화학중합형 glass ionomer cement의 치질에 대한 전단 결합 강도를 비교한 결과, 광중합형의 결합강도가 더 높다고 하였다. 그리고, Tjan과 Dunn<sup>9)</sup>, Tjan 등<sup>19)</sup>은 광중합 glass ionomer에서 치경부 변연 누출이 감소 되었다고 하였으며, Momoi 등<sup>20)</sup>도 주사전자

현미경 관찰에서 광중합 glass ionomer cement의 변연파절이 적은 결과를 근거로 강도, 유연성, 탄성이 우수함을 입증하였다.

치질에 대한 glass ionomer cement의 접착 정도는 결합력 조사와 와벽에 대한 적합도 관찰을 통하여 확인할 수 있다<sup>21,22)</sup>. 이 중에서 와벽에 대한 적합도는 변연봉쇄와 직접적인 관련이 있으므로 결합 강도의 측정보다는 더 임상적인 의미가 있는 부분이라고 할수 있다. 치질에 대한 glass ionomer cement의 접합도를 평가하는 방법은, 미세 누출 조사와 접합면 관찰이 주를 이루고 있다. 이 중에서 적합면 관찰에는 주로 주사 전자 현미경을 이용하지만 시편 제작 과정에서 변형이 일어날 수 있으므로 부정확한 결과가 나타날 수 있다. 그러므로 최근에는 별다른 시편 제작 과정이 없이 수복된 치아를 직접 관찰할수 있는 공초점 레이저 주사현미경(confocal scanning laser microscope)을 사용하는 방법이 도입되었다. 이 방법은 광학적인 절편을 이용하므로 표본이 얇지 않아도 선명한 상을 얻을 수 있으며, 표층 하방의 구조도 초점이 맞는 상만 선택적으로 관찰할 수 있으므로 해상력이 높다. 또한 형광 장치가 있어서 여러 종류의 형광을 서로 다른 색깔로 동시에 추적할 수도 있다<sup>23-26)</sup>. 이상과 같은 내용을 토대로 공초점 레이저 주사 현미경을 사용하여, 조성이 변형되어 중합 양상이 달라진 광중합 glass ionomer cement로 수복하였을 때 와동벽에 대한 수복물의 적합도를 관찰하고자 하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 연구 재료

발거된 bovine incisor teeth중 건전한 치아를 선택하여 실험에 사용하였다. 충전 재료로는 수복용 광중합형인 Fuji II LC(GC)와 Vitremer (3-M)를 사용하였고, 광중합형과 비교하기 위하여 화학중합형인 Fuji II도 사용하였다(표1).

### 2. 연구방법

#### 1) 와동 형성

Table 1. Glass ionomers investigated

Material/Source	Class	Composition
Fuji II/GC	chemical cured	powder/calcium aluminosilicate glass liquid/polyalkenoic acid dentin conditioner/polyacrylic acid
Fuji II LC/GC	light cured	powder/photosensitive ion-enriched fluoroaluminosilicated glass liquid/polyacrylic acid, HEMA, photoinitiator dentin conditioner/polyacrylic acid
Vitremer/3M	light cured	primer/HEMA powder/fluoroaluminosilicate glass liquid/HEMA, light sensitive modified polyalkenoic acid finishing gloss/unfilled resin

HEMA = hydroxyethyl methacrylate

고속 handpiece용 557번 carbide bur로 순면 백아-법랑 경계 부위에 5급 와동을 형성하였다.

2) 충전

Fuji II와 Fuji II LC인 경우에는 와동에 10% polyacrylic acid를 20초간 도포하고 세척, 건조하였다. 제조자의 지시대로 분말과 액을 분배하였으며, 이 때 액에는 rhodamine B(SIGMA)를 혼합하였다. 20-25초간 연화한 후 와동에 충전하고, Fuji II에는 varnish를 도포하였으며 Fuji II LC는 Visilux 2(3M)로 40초간 광조사하였다.

Vitremer는 rhodamine B(SIGMA)를 혼합한 primer를 와동에 도포한 후, 건조시키고 광조사하였다. 제조자의 지시대로 분말로 액을 분배하였으며, 이 때 액에는 fluorescene(SIGMA)을 혼합하였다. 분배된 분말과 액을 45초간 연화하여 와동에 충전하고, 40초간 광조사한 후에 gloss를 도포하고 광조사하였다.

초기 경화 후 각 수복물을 diamond finishing bur로 성형하고 Sof-lex disc(3M)로 최종 연마하였다. 수복된 치아들을 24시간 동안 실온의 증류수에 보관한 후, 주수하여에서 저속 hand-piece용 diamond disc를 이용하여, 순-설 방

향으로 치아 장축에 평행하게, 2-3mm 두께의 절편을 제작한 다음 #600, 1000 sandpaper로 표면을 연마하였다. 제작된 시편들은, 현미경으로 관찰할 때까지, 건조되지 않도록 실온의 수중에 보관하였다.

3) 현미경 관찰

공초점 레이저 주사 현미경(MRC 600, Bio-Rad, UK.)을 이용하여 수복물과 와동벽의 경계면을 400배로 관찰하였다. 절단와벽, 측벽 그리고 치은와벽의 전 경계면에서 수복물과 치질의 접합 상태를 조사하였으며, 546nm 파장의 광선으로 reflected image를 먼저 확인한 후 fluorescene image를 관찰하였다. 이 때 rhodamine B의 경우에는 546nm excitation filter와 600nm barrier filter로, fluorescene인 경우에는 450nm excitation filter와 520nm barrier filter로 형광색소의 분포상황을 확인하는 방법으로 적합도를 조사하였다.

III. 연구결과

Fuji II 수복물은 와벽 전체에 걸쳐 치질과 긴밀히 접합하고 있었으나(그림1, 2), cement의 내부에 균열이 보이는 곳이 있었다(그

립3, 4).

Fuji II LC 수복물의 경우에는, 절단와벽과 치은와벽 및 측벽에서의 접합 상태는 양호하였으나(그림5, 6), 측벽 상아질과 인접한 부위의 cement 내부에서는 와벽을 따라서 길게 형성된 균열을 관찰할 수 있었다(그림7).

Vitremer에서도 와벽 전체에 걸쳐 접합 상태는 양호하였으며 상아질 내부로 primer가 침투된 양상도 보였다(그림8). 그러나, Fuji II LC와 동일하게 측벽 상아질면과 인접한 cement 내부에서 벽을 따라 길게 형성된 균열이 관찰되었다(그림9, 10).

#### IV. 총괄 및 고안

1991년 Mitra는 화학 중합 ionomer에, 주성분이 HEMA인 resin을 18-20% 첨가하여 광중합 glass ionomer cement를 개발하였다<sup>1,2)</sup>. HEMA는 분말과 액을 혼합하였을 때 carboxyl기와 결합하고 수분을 흡수하기 때문에 산-염기 반응을 지연시키므로 작업시간이 연장된다. 그러나 광조사에 의한 HEMA의 중합으로 초기 강도가 급격히 증가하며 동시에 산-염기 반응도 계속 진행되어 수복물의 최종 강도에 도달하게 된다. 이런 역할을 하는 HEMA의 양은 분말/액체의 비율에 좌우되므로 광중합 glass ionomer에서 비율의 중요성은 더 커진다<sup>4,27)</sup>. 레진의 자가 중합, glass ionomer의 광중합, glass ionomer의 산-염기 반응이 모두 일어나므로 광중합 glass ionomer를 tri-cure라고도 하나 통상적으로 dual cure라고 한다. 그리고, glass ionomer와 resin의 특성을 모두 갖추므로 compomer라고 하기도 한다<sup>1)</sup>. Wilson 등<sup>28)</sup>은 실험실 연구에서 치질과 인접한 cement내에 이온이 풍부한 층이 생긴다는 사실을 입증하였다. 한편 Mount<sup>29)</sup>는, 구강내에서 수복한 후 발거한 치아에서 치질과 cement의 결합면을 주사 전자 현미경 사진으로 관찰한 실험에서 cement 내부의 cohesive failure를 관찰하여, 치질과 cement가 화학적인 결합을 한다는 Wilson<sup>28)</sup>의 주장을 임상적으로 증명하였다. 이 층은 glass ionomer의 유지와 미세 누출 방지에

중요한 역할을 한다. 그리고 광중합 glass ionomer는 화학 중합 glass ionomer와 마찬가지로, resin과는 달리 확산에 기초를 둔 결합을 하므로, 레진과 glass-ionomer의 혼합체 또는 광중합 레진으로 간주해서는 안된다고 하였다. 반면, Knight 등<sup>30)</sup>은 atomic force microscope를 이용한 실험에서 광중합 glass ionomer와 상아질간의 결합면은 분자 수준에서 resin과 상아질간의 결합과 비슷하다고 하였다.

Sim과 Sidhu<sup>31)</sup>, Hewlett 등<sup>32)</sup>, Powis 등<sup>33)</sup>, 그리고 Barakat 등<sup>34)</sup>은 화학 중합 glass ionomer에서는 adhesive layer의 형성에 주용한 역할을 하는 도말층의 제거 과정이, 광중합 glass ionomer에서는 어떠한 영향을 끼치는지 조사한 결과 비교할만한 차이점은 없었다고 하였다.

Hinoura 등<sup>6)</sup>은 광중합 glass ionomer의 adhesion 양상은 화학 중합 glass ionomer보다 Scotch Bond와 더 유사하다고 하였으며 첨가된 resin성분의 수화 팽창이 초기 중합 수축을 보상한다고 하였다. Mathis 등<sup>35)</sup>도 monomer의 첨가로 인한 중합 수축이 변연 누출을 증가시킬 정도는 아니라고 하였다. 이는 측벽과 인접한 광중합 glass ionomer cement의 내부에 cohesive failure가 있었음에도 불구하고 와벽 전체에 대한 적합도가 우수한 본 실험의 결과와 유사하였다. Crim<sup>36)</sup>과 Sidhu<sup>37)</sup>의 실험에서도 복합 레진 수복의 이장제로 화학 중합 glass ionomer보다 광중합 glass ionomer의 치경부 변연 봉쇄 능력이 우수하다고 하였으며 이는 액에 첨가된 레진의 성분이 상아질에 대한 cement의 결합력을 증진시키고 또한 레진의 수화 팽창이 중합수축을 보상하였기 때문이라고 하였다.

한편, 화학 중합 glass ionomer와 광중합 glass ionomer가 치질과 결합하는 상태를 조사한 Mitra<sup>5)</sup>, Hinoura 등<sup>6)</sup>, Mount<sup>29)</sup>, Triana 등<sup>38)</sup>, Prado<sup>39)</sup>, 그리고 Tam 등<sup>40)</sup>의 연구에 의하면 cohesive failure가 대부분이었다.

한편 Sidhu와 Watson<sup>41)</sup>은 형광 색소를 이용한 공초점 레이저 주사 현미경 연구에서, glass particle이 관찰되지 않고 쉽게 염색되는, 치밀한 층을 광중합 glass ionomer 수복물과 상아질

사이에서 관찰하였다. 그리고 시편을 건조시키고 관찰한 결과 이 층에서 cohesive failure가 나타났다. 본 실험에서도 위와 유사하게 상아질 축벽에 인접한 cement내부에서 선상으로 cohesive failure를 관찰할 수 있었다. 이것으로 치질과 cement의 화학적인 결합력이 cement내부의 강도보다 강하다는 것을 미루어 짐작할 수 있으며 화학 중합 glass ionomer와 마찬가지로 광중합 glass ionomer에서도 ion enriched layer의 존재를 예상할 수 있다.

## V. 결 론

광중합 glass ionomer의 와동벽에 대한 접합도를 조사하기 위하여 bovine incisor teeth의 순면 치경부에 5급 와동을 형성하고 Fuji II LC와 Vitremer로 수복하였다.

또한 조성과 중합 방식이 변형된 광중합형과 함께 화학중합형의 와벽 적합도를 비교하기 위하여 Fuji II도 사용하였다. 현미경 관찰을 위하여 Fuji II와 Fuji II LC의 경우에는 cement의 액에 rhodamine B를 첨가하였으며, Vitremer인 경우에는 primer에 rhodamine B를 그리고 cement의 액에는 fluorescene를 첨가하였다. 수복된 치아들을 치아 장축에 평행하게 순, 설 방향으로 전단하여 2-3mm 두께의 시편을 제작하고, 수복물과 와동벽의 경계면을 공초점 레이저 주사 현미경으로 관찰하여 적합도를 조사한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 와동벽에 대한 화학 중합 glass ionomer cement 수복물의 적합도는 우수하였으나 cement의 내부에 형성된 균열이 관찰되었다.
2. 광중합 glass ionomers cement 수복물의 와벽 적합도도 우수하였으나, 축벽과 인접한 cement의 내부에서 균열이 관찰되었다.
3. 광중합 glass ionomers간에는 적합도에 차이가 없었다.

## References

1. Mount, G. J. : Glass-ionomer cements : past, present and future. *Oper. Dent.* 19 : 82-90, 1994.
2. Croll, T. P. : Light-hardened Class I glass-ionomer-resin cement restoration of a permanent molar. *Quintessence Int.* 24 : 109-113, 1993.
3. Watson, T. F. and Bartlett, D. W. : Adhesive system : composites, dentin bonding agents and glass ionomers.
4. Mclean, J. W. : Glass-ionomer cements. *Br. Dent. J.* 164 : 293-300, 1988.
5. Mitra, S. B. : Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J. Dent. Res.* 70(1) : 72-74, 1991.
6. Hinoura, K. et al. : Dentin bond strength of light-cured glass-ionomer cements. *J. Dent. Res.* 70(12) : 1542-1544, 1991.
7. McCaghren, R. A. et al. : Shear bond strength of light-cured glass ionomer to enamel and dentin. *J. Dent. Res.* 69(1) : 40-45, 1993.
8. Tjan, A. H. L. and Dunn, J. R. : Microleakage at gingival dentin margins of class V composite restorations lined with light-cured glass ionomer cement. *JADA.* 121 : 706-710, 1990.
9. Fuks, A. B. et al. : Microleakage of class 2 glass-ionomer-silvers restorations in primary molars. *Oper. Dent.* 17 : 62-69, 1992.
10. Schwartz, J. L. et al. : Reducing microleakage with the glass-ionomer/resin sandwich technique. *Oper. Dent.* 15 : 186-192, 1990.
11. Leclair, C. C. et al. : Use of a two-stage composite resin fill to reduce microleakage below the cemento-enamel junction. *Oper. Dent.* 13 : 20-23, 1988.

12. Knight, G. M. : The co-cured, light-activated glass-ionomer cement-composite resin restoration. *Quintessence int.* 25 : 97–100, 1994.
13. Croll, T. P. and Killian, C. M. : Visible light-hardened glass-ionomer-resin cement restorations for primary teeth : new developments. *Quintessence int.* 23 : 679–682, 1992.
14. Kerby, R. E. and Knobloch, L. : The relative shear bond strength of visible light-curing and chemically curing glass-ionomer cements to composite resin. *Quintessence int.* 23 : 641–644, 1992.
15. Smith, D. C. : Composition and characteristics of glass ionomer cements. *JADA.* 120 : 20–22, 1990.
16. Holtan, J. R. et al. : Bond strength of a light-cured and two auto-cured glass ionomer liners. *J. Dent.* 18 : 271–275, 1990.
17. Bourke, A. M. et al. : Bond strength to dentine of two light-activated glass polyalkenoate(ionomer) cements. *J. Dent.* 22 : 242–246, 1994.
18. Aboush, Y. E. Y. and Jenkins, C. B. G. : An evaluation of the bonding of glass-ionomer restoratives to dentin and enamel. *Br. Dent. J.* 161 : 179–184, 1986.
19. Tjan, A. H. L. et al. : Microleakage of light-cured glass-ionomer under class V composite restorations. *J. Dent. Res. (IADR abstracts)*, 945, 1989.
20. Momoi, Y. et al. : Flexural properties of light activated cements. *J. Dent. Res. (IADR abstracts)*, 219, 1994.
21. Trowbridge, H. O. : Model systems for determining biologic effects of microleakage. *Oper. Dent.* 12 : 164–172, 1987.
22. Tsai, Y. H. et al. : A comparative study : bond strength and microleakage with dentin bond systems. *Oper. Dent.* 15 : 53–60, 1990.
23. Watson, T. F. : Applications of confocal scanning optical microscopy to dentistry. *Br. Dent. J.* 9 : 287–291, 1991.
24. Watson, T. F. : A confocal microscopic study of some factors affecting the adaptation of a light-cured glass ionomer to tooth tissue. *J. Dent. Res.* 69(8) : 1531–1538, 1990.
25. Chong, B. S. et al. : Light-cured glass ionomer cements as a retrograde root seal. *Int. Endo. J.* 26 : 218–224, 1993.
26. Chong, B. S. et al. : The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings. *Int. Endo. J.* 24 : 223–232, 1991.
27. Bourke, A. M. et al. : Light-activated glass glass polyalkenoate(ionomer) cements : the setting reaction. *J. Dent.* 20 : 115–120, 1992.
28. Wilson, S. D. et al. : Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J. Dent. Res.* 62(5) : 590–592, 1983.
29. Mount, G. J. : Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. *Oper. Dent.* 16 : 114–148, 1991.
30. Knight, G. T. et al. : Atomic force microscopy of light-cured glass-ionomer/dentin interfaces. *J. Dent. Res. (IADR abstracts)*, 328, 1994.
31. Sim, T. P. C. and Sidhu, S. K. : The effect of dentinal conditioning on light-activated glass-ionomer cement. *Quintessence int.* 25 : 505–508, 1994.
32. Hewlett, E. R. et al. : Glass ionomer bond strength and treatment of dentin with polyacrylic acid. *J. Prost. Dent.* 66 : 767–772, 1991.
33. Powis, D. R. et al. : Improved adhesion of a glass ionomer cements to dentin and enamel. *J. Dent. Res.* 61(12), 1416–1422,

- 1982.
34. Barakat, M. M. et al. : Parameters that affect in vitro bonding of glass-ionomer liners to dentin. *J. Dent. Res.* 67(9) : 1161–1163, 1988.
  35. Mathis, R. S and Ferracane, J. L. : Properties of glass ionomer/resin-composite hybrid material. *Dent. Mat.* 5 : 355–358, 1989.
  36. Crim, G. A. : Marginal leakage of visible light-cured glass ionomer restorative materials. *J. Prosth. Res.* 69 : 561–563, 1993.
  37. Sidhu, S. K. : Sealing effectiveness of light-cured glass ionomer cement liners. *J. Prosth. Dent.* 68 : 891–894, 1992.
  38. Triana, R. et al. : Shear bond strength to dentin of resin-reinforced ionomer. *J. Dent. Res.* 73(IADR Abstracts). 328, 1994.
  39. Prado, C. : Influence of acid etching on modified ionomer dentin bonding. *J. Dent. Res.* 73(IADR Abstracts). 328, 1994.
  40. Tam, L. E. et al. : Fracture toughness of dentin-glass ionomer interfaces. *J. Dent. Res.*(IADR abstracts), 219, 1994.
  41. Sidhu, S. K. and Watson, T. F. : Fluid permeability and other interfacial characteristics of light-cured glass-ionomer restorations. *J. Dent. Res.*(IADR abstracts), 183, 1994.

## 사진 부도 설명

- Fig 1. Fluorescence image shows enamel(E)/Fuji II(F) interface of the incisal wall.(×400)
- Fig 2. Fluorescence image shows dentin(D)/Fuji II(F) interface of the incisal wall.(×400)
- Fig 3, 4. Fluorescence image shows cervical dentin(D)/Fuji II(F) interface.(×400)··· Crack(arrow) within the Fuji II is discernible.
- Fig 5. Reflection image shows dentin(D)/Fuji II LC(F II LC) interface.(×400)
- Fig 6. Fluorescence image of Fig 5.
- Fig 7. Reflection image shows axial dentin(D)/Fuji II LC(F II LC) interface.(×400)
- Fig 8. Fluorescence image shows dentin(D)/Vitremer(V) interface.(×400)
- Fig 9, 10. Fluorescence image shows axial dentin(D)/Vitremer(V) interface.(×400)··· Crack(arrow) within the Vitremer and the penetration of primer(P) into the dentin are discernible.



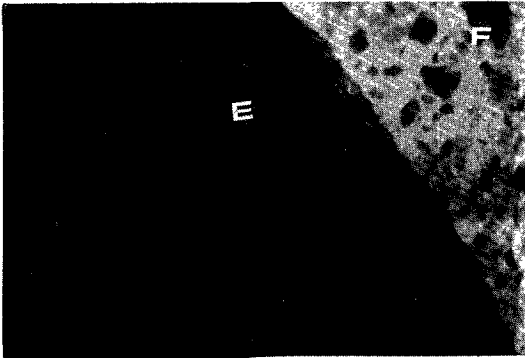


Fig 1.

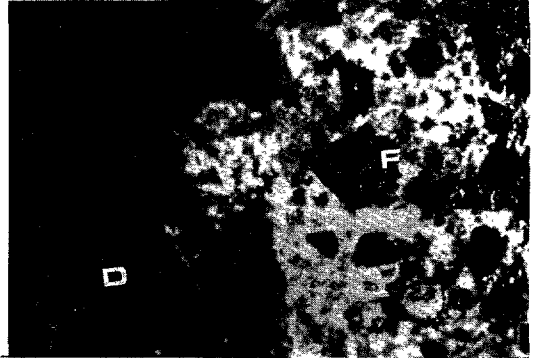


Fig 2.

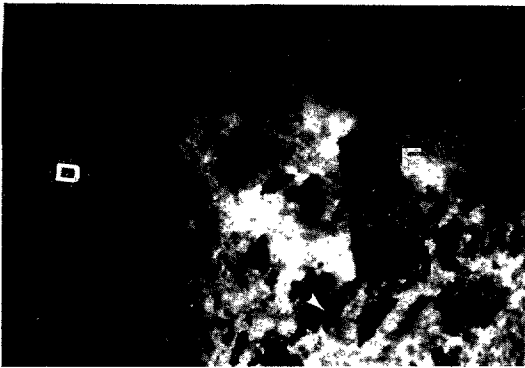


Fig3.

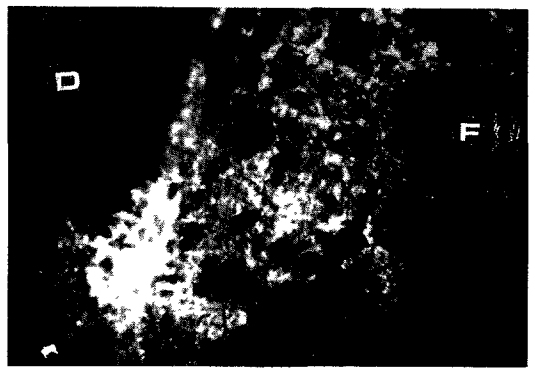


Fig 4.

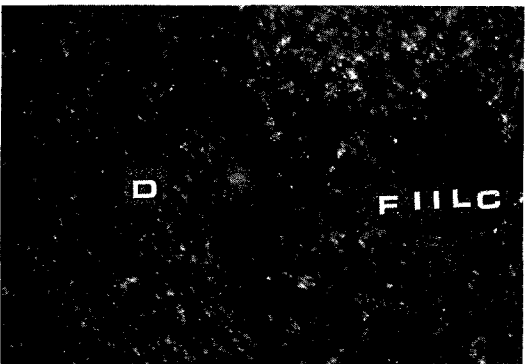


Fig 5.

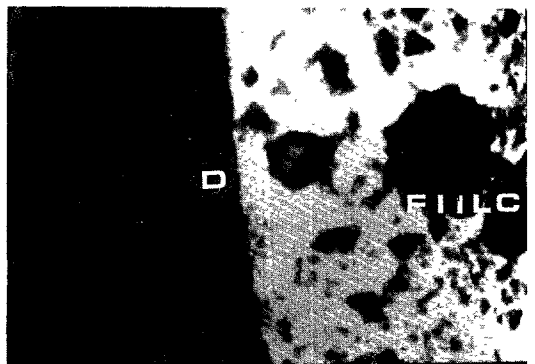


Fig 6.

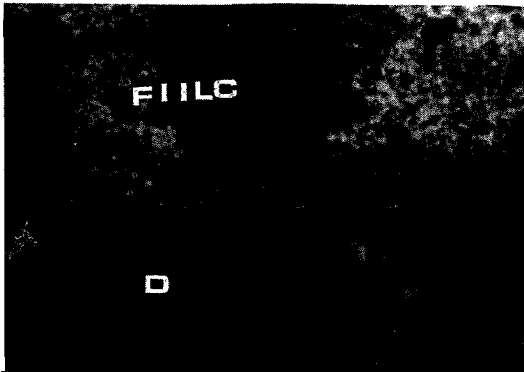


Fig 7.

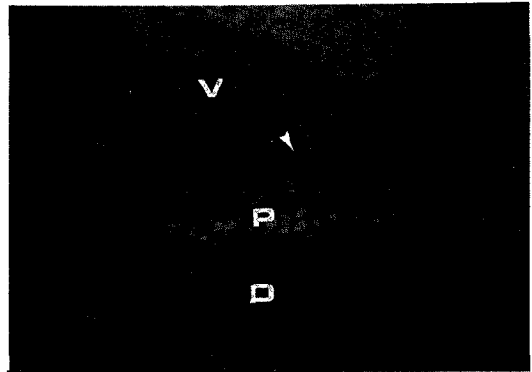


Fig 8.

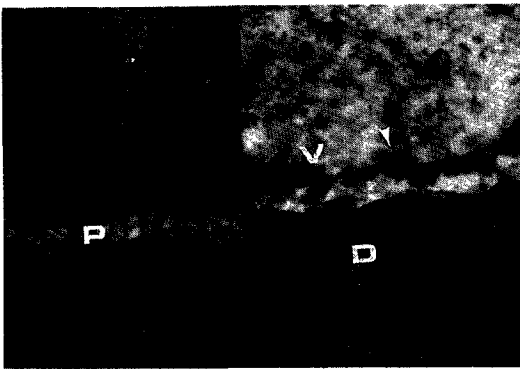


Fig 9.

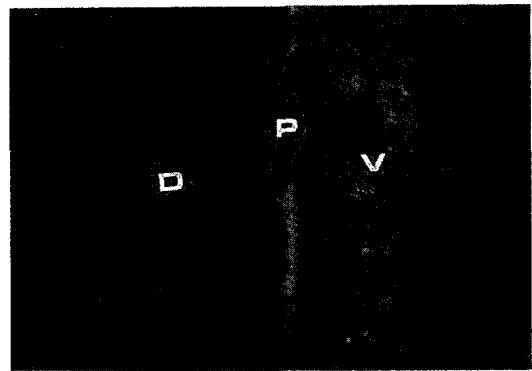


Fig 10.