

흰쥐에서 치수노출 후 삼차신경절의 신경절아교세포에서 GFAP-IR의 변화

조선대학교 치과대학 구강해부학교실, 치과보존학교실*

김흥중 · 문주훈*

Abstract

GFAP IMMUNOREACTIVITY IN TRIGEMINAL GANGLION SATELLITE CELLS AFTER PULP EXPOSURE IN RAT

Heung-Jung Kim, Joo-Hoon Moon*

Dept. of Oral Anatomy, Dept. of Conservative Dentistry,
College of Dentistry, Chosun University*

Glial fibrillary acidic protein(GFAP) are a group of intermediate filaments that are distributed in the cytoplasm of many type of glial cells. The purpose of this study was to determine change of GFAP immunoreactivity(GFAP-IR) in rat trigeminal ganglion satellite cells in response to pulp exposure. The immunohistochemistry was carried out using the avidin-biotin-peroxidase complex(ABC) method and subsequently stained with AEC(3-aminoethyl-9-carbasol).

1. Control group; Central root astrocytes had strong GFAP-IR, but ganglion satellite cells occasionally had GFAP-IR. This reaction patterns of ganglion satellite cells was not concentrated in any specific region of trigeminal ganglion.
2. Three day pulp exposure group; There was a highly GFAP-IR in satellite cells of trigeminal ganglion in maxillary region. GFAP-IR in neighboring mandibular and ophthalmic regions was less intense compared to maxillary region.
3. Seven day pulp exposure group; In this group, GFAP-IR that was increased compared to control group was seen in the maxillary region. But GFAP-IR was less intense compared to three day pulp exposure group.

These results suggest that GFAP in satellite cell increase in specific region of trigeminal ganglion after pulp exposure and offer useful tool in trigeminal pain research.

Key words : GFAP, satellite cell, trigeminal ganglion, rat, pulp exposure.

*이 논문은 1996년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

I. 서 론

신경절아교세포(위성세포, satellite cell)는 말초감각신경절에서 신경세포체와 축삭의 시작 부분을 둘러싸는 지지세포(supporting cell)로 Valentin에 의해 1839년에 처음 발견되었고, Cajal에 의해 1909년에 신경절아교세포로 명명되었다.

신경절아교세포는 동일한 신경세포를 둘러싸고 있는 인접한 신경절아교세포 및 그들이 둘러싸는 신경세포체와 긴밀한 구조적 관계를 나타낸다. Byers 등⁴⁾은 신경절아교세포들 사이에서는 교통반(gap junction)이, 신경세포와 신경절아교세포 사이에서는 부착반(adherens junction)이 발견된다고 하였고, 또한 신경절아교세포는 바닥판(basal lamina)에 의해서 주위의 결합조직과 분리되어 있다고 하였다.

신경절아교세포와 신경세포체 사이의 기능적 상호관계를 살펴보면 Dekoninck 등⁶⁾은 신생 절지류의 신경절을 이용한 조직배양실험에서 신경절아교세포를 제거하면 신경세포는 거짓축극(위단극)의 형태(pseudounipolar morphology)를 상실하며, 신경성장인자(nerve growth factor)를 첨가하면 신경세포는 가지돌기(dendrite)를 새로 형성하여 서로 연결을 형성한다고 하였다. Morris 등¹⁷⁾은 nitric oxide가 뒤뿌리신경절의 신경세포와 신경절아교세포 사이에 신호전달자로 작용한다고 보고하였다. 그러므로 위의 보고 들을 종합하여 볼 때, 감각신경절의 신경세포 형태 및 기능은 주위의 신경절아교세포와의 상호작용에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다.

Glial fibrillary Acidic Protein(GFAP)은 아교세포(glial cell)의 세포질에 분포하는 중간세사(intermediate filament)의 한 종류로 신경 손상 후 중추 및 말초신경계의 아교세포에서 면역반응성이 증가된다^{8, 11, 18, 20, 22, 30)}. 중추신경계에서의 GFAP의 변화를 살펴보면, 완전한 감각신경 절단 후에 척수내의 별아교세포내의 GFAP의 변화^{18, 20)}, 대뇌에 stab wound를 가한 후에 GFAP의 변화¹¹⁾를 관찰한 것들이 있다. 또한 말초신경계에서의 변화를 살펴보면, Woo-

dham 등³⁰⁾이 흰쥐의 좌골신경을 완전히 절단한 후에 등뿌리신경절(dorsal root ganglion)에서 GFAP의 변화를 관찰하였고, 최근에 Stephenson과 Byers²²⁾는 흰쥐에서 치아에 손상을 가한 후에 삼차신경절에서 GFAP의 변화를 보고하였다.

삼차신경절(trigeminal ganglion)은 악안면영역으로부터의 일차감각신경원의 대부분이 존재하는 곳으로 신경절세포의 말초가지는 눈신경(안신경, ophthalmic nerve), 위턱신경(상악신경, maxillary nerve), 아래턱신경(하악신경, mandibular nerve)의 감각신경으로 구성된다. 또한 이들 감각신경의 세포체는 신경절 내에서 해부학적으로 각 각 분리된 영역을 점유하고 있다^{9, 14, 15)}.

삼차신경의 말초가지를 손상 후 삼차신경절에서 일어나는 변화에 대한 연구는 대부분이 신경세포나 축삭의 신경전달물질에 대한 연구^{1, 2, 21, 27, 28)}였고, 삼차신경절의 신경세포와 신경절아교세포 사이의 변화에 대한 연구²²⁾는 이제 시작 단계에 있다.

이제 저자는 치과영역에서의 통통의 한 연구모델로 흰쥐에서 상악대구치의 치수를 노출시킨 후에 시간 경과에 따른 GFAP-IR의 변화 및 삼차신경절내의 반응 부위를 알아보고자 면역조직화학적방법을 이용하여 본 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 재료

체중 200-300g의 Sprague-Dawley계 흰쥐 12마리를 암, 수 구분 없이 사용하였다. Ketamine (0.6ml/200g)으로 마취 후, 상악 우측 제일, 제이대구치의 치관을 bur를 사용하여 고속핸드피스(high speed handpiece)로 치수강을 천공한 후에 치관치수(coronal pulp)를 제거한 다음 z.o.e로 밀봉하였다. 시술 후 각 3일, 7일 경과 후에 ketamine(0.6ml/200g)으로 마취 후 흉강을 열고 좌심실에 삼관을 삽입한 다음 heparin이 함유된 식염수를 관류한 다음 4% paraformaldehyde in 0.1M phosphate buffer를 200

- 300ml 정도 사용하여 관류고정을 시행하였다. 삼차신경절을 적출하여 4°C의 동일 고정액에 24시간 동안 후고정하였다. 냉동절편을 얻기 위하여 4°C의 30% sucrose에 12시간 방치한 후, O.C.T compound에 포매하여 -20°C의 Cryostat에서 20-30um의 두께로 박절하여 gelatin coated slide에 부착시켜 염색시까지 -20°C의 냉동고에 보관하였다.

2. 면역조직화학적염색

1차항체는 Rabbit anti-human GFAP(ZY-MED사)를 사용하였고 HISTOSTAINMSP KIT를 이용하여 면역조직화학적 염색을 시행하였다. 염색과정은 아래와 같다.

- 1) Endogenous peroxidase block : 0.3% H₂O₂ in methanol, 10 min.
- 2) Rinse with 0.01M PBS : 2 min. ×3 times
- 3) Serum blocking solution(10% non-immune serum) : Reagent 1A, 10 min.
- 4) Blot off the blocking solution
- 5) Primary antibody : Rabbit anti-GFAP 1 : 50, 60 min. at 37°C
- 6) Rinse with PBS : 2 min. ×3 times
- 7) Biotinylated secondary antibody : Reagent 1B, 20 min. at 37°C
- 8) Rinse with PBS : 2 min. ×3 times
- 9) Streptavidin-peroxidase conjugate : Reagent 2, 20 min. at 37°C
- 10) Rinse with PBS : 2 min. ×3 times
- 11) Substrate-chromogen mixture(AEC) : Reagent 3, 5-10 min.
- 12) Rinse with DW
- 13) Counterstain : Hematoxylin, 1-3 min.
- 14) Wash slides in tap water
- 15) Put slides into PBS until blue (approx. 30 sec.)
- 16) Rinse with DW
- 17) Mounting & coverslip : GVAMOUNT[®]

3. 관찰

염색된 조직절편을 광학현미경을 이용하여

GFAP-IR를 나타내는 신경절아교세포의 염색 정도 및 분포부위를 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 대조군(control group)

삼차신경절의 중심뿌리(central root) 별아교세포(astrocytes)에서 강한 GFAP-IR를 보였다(Fig. 1). 그러나 삼차신경절의 신경절아교세포(satellite cells)에서는 가끔 GFAP-IR를 보였다. 또한 삼차신경절내의 신경절아교세포에서의 이러한 반응양상은 삼차신경절의 어느 특정한 부위에 국한되지 않고 산재되어 있는 양상을 보였다(Fig. 2).

2. 3일 경과 치수노출군(Three day pulp exposure group)

손상과 직접 관련이 있는 삼차신경절의 상악부위(maxillary region)의 신경절아교세포에서 매우 강한 GFAP-IR를 보였다(Fig. 3, 4, 5). 반면에 인접한 눈신경부위와 하악신경부위의 신경절아교세포에서는 상악부위에 비하여 약한 GFAP-IR를 보였으나 대조군보다는 강한 반응이 관찰되었다(Fig. 6).

3. 7일 경과 치수노출군(Seven day pulp exposure group)

7일 경과 치수노출군에서는 상악부위의 신경절아교세포의 GFAP-IR는 대조군에서보다 증가된 양상을 보였으나 그 반응 정도는 3일 경과 치수노출군보다 약하였다(Fig. 7). 인접한 눈신경부위와 하악신경부위의 신경절아교세포의 GFAP-IR 또한 대조군보다는 강하였으나 그 차이는 미약하였고, 전체적으로 3일 경과 치수노출군 보다는 감소된 양상을 보였다(Fig. 8).

IV. 총괄 및 고안

본 연구에서 흰쥐의 상악대구치 치수를 누출시켰을 때 손상에 직접 반응한 삼차신경절의 상악부위(maxillary region)의 신경절아교세포에서 강한 GFAP-IR를 보였다. 이는 말초신경에

손상을 가한 부위에 대응하는 신경절의 해당 부위의 아교세포에서 강한 GFAP-IR을 보인 Stephenson과 Byers²²⁾의 연구와 일치하였다. 그러나 Stephenson과 Byers²²⁾는 GFAP의 반응 양상이 삼차신경절 여러 부위에 퍼져 나타난다고 하였으나, 본 연구에서는 3일 경과 실험군에서 미약하게 인접 부위에서 반응할 뿐 전체에 퍼진 양상은 극히 미약하였다.

Woodham 등³⁰⁾은 신경절아교세포에서 GFAP-IR의 비슷한 효과를 흰쥐 좌골신경(scia-tic nerve) 절단시 등뿌리신경절(dorsal root ganglion)에서 관찰하였다. 이 연구에서 L4와 L5의 등뿌리신경절의 모든 신경세포가 좌골신경에 축삭을 투사하지는 않지만 이들 등뿌리신경절의 대부분의 신경절아교세포에서 GFAP-IR을 관찰하였다. 또한 Hozumi 등¹¹⁾은 대뇌의 손상시 GFAP가 인접부위의 별아교세포까지 퍼져서 반응한다고 보고하였다.

Rappaport와 Devor¹⁹⁾는 최근에 삼차신경절에서의 neural discharge의 변화된 양상에 대한 역할을 제한하였다. 그들은 neural discharge의 변화가 삼차신경통(trigeminal neuralgia)의 임상증상에 관여하리라고 믿었다. 그들은 다른 형태의 여러 신경손상^{7, 26, 29)}에서와 같이 삼차신경절내의 신경세포체의 작은 집단(small clusters of TG neurons)에서 활성화는 병적상태에서의 신경세포-지지세포 상호반응(neuron-support cell interaction)에 관련이 있다고 하였다.

Stephenson과 Byers²²⁾는 이들 신경세포와 신경절아교세포 사이의 임시적 또는 장기적인 교통(communication)에 대한 가능한 신호들(signals)로 다음을 예로 들었다. 1) extracellular potassium의 변화; 2) 다른 extracellular ion 농도의 변화; 3) 신경세포로부터 손상 관련 인자들(injury-related factors)의 유리; 4) 성장인자들(growth factors)의 이용도의 변화; 5) nitric oxide와 CGRP와 같은 삼차신경절의 정상 상태에서 존재하는 물질의 수준의 변화 등을 예로 들었다.

말초신경계의 신경절아교세포와 중추신경계의 별아교세포에서 일어나는 반응성 아교세포 증다증(reactive gliosis)의 과정이 어떠한 차

이가 있는지는 명확하지 않다. 단지 신경절아교세포가 별아교세포와 비교하여 다른 점은 별아교세포는 정상 상태에서도 GFAP-IR을 나타내며 손상에 대응하여 GFAP-IR가 증가하는 반면에 삼차신경절의 신경절아교세포는 정상 상태에서는 거의 GFAP-IR를 보이지 않고 말초 손상에 의해 GFAP-IR의 증가를 보인다. 그러므로 삼차신경절의 신경절아교세포내에서의 GFAP와 같은 중간세사(intermediate filament)의 증가는 병적상태나 변화된 환경에 대한 반응으로 생각된다.

중추신경계에서 나타나는 GFAP 반응의 시간은 다음 두시기로 구분된다. 처음 GFAP-IR의 빠른 증가가 손상 후 3분에서 3시간 사이에서 관찰되고, 약 3일 경과 후에 두 번째의 증가를 보인다^{11, 20)}. 말초신경계에서는 신경절아교세포의 GFAP의 반응은 3일 후에 나타나서 7일 경에 최고조에 이른다고 하였다^{22, 30)}. 그러나 본 연구에서는 3일 경과에 후에 반응이 가장 강하게 나타났고, 7일 경과군에서는 감소하는 양상을 보였다. GFAP-IR의 증가에 있어 흥미로운 점은 삼차신경절의 신경세포에서 Vasoactive intestinal peptide와 Neuropeptide-Y 같은 다른 여러 Neuropeptides가 발현되는 시기가 손상 후 3일이 경과된 시점으로 일치한다는 것이다. 이는 앞으로 더욱 깊이 있는 연구를 요하는 중요한 부분으로 생각된다.

또한 흰쥐의 치아에 실험적인 손상은 손상 받은 치수나 치아를 지배하는 신경세포의 말초가지에서 일어나는 일련의 과정을 연구하는데 유용하게 이용된다. 이들 과정에 대한 연구를 종합하여 보면 첫째, 초기의 축삭 손상과 신경 펩티드(neuropeptide)의 유리^{3, 10)}; 둘째, 치수세포에서 신경성장인자들(nerve growth factors)의 유리⁵⁾; 셋째로 1-2일 경과 후에 말단신경 발아(sprouting)^{12, 13, 24, 25)} 등이 있다.

삼차신경절은 부위별로 감각지배영역이 따로 존재하고 있으나 동일 감각지배영역내에서 특정 부위에 축삭을 투사하는 신경세포는 일반적으로 해당 감각지배영역내에서 산재하여 분포한다^{9, 15, 16, 23)}. 직접적인 손상을 받지않는 축삭의 신경세포를 둘러싸는 신경절아교세포에서도 GFAP-

IR를 보이는 것은 말초신경장애(peripheral neuropathy)와 관련하여 매우 흥미롭다고 할 수 있다. 앞으로 여러 요인의 말초신경손상 등에 의한 삼차신경절의 신경절아교세포에서 GFAP의 반응 변화를 연구하는 것은 신경절아교세포와 그들이 둘러싸는 신경세포 사이의 상호작용을 연구하는데 유용하리라 생각한다.

V. 결 론

GFAP는 아교세포의 세포질에 분포하는 중간세사의 한 종류로 신경 손상 후에 신경계의 아교세포에서 면역반응성이 증가된다. 이에 저자는 흰쥐에서 상악대구치의 치수를 노출시킨 시간 경과에 따른 GFAP-IR의 변화 및 신경절내의 반응 부위를 알아보고자 본 실험을 시행하였다.

체중 200-300g의 Sprague-Dawley계 흰쥐 12마리를 암, 수 구분 없이 사용하였다. 상악 우측 제1, 제2대구치의 치수장을 천공 후, 각 3일, 7일 경과 후에 삼차신경절을 적출하여 ABC 방법을 이용하여 면역조직화학염색을 시행하였다.

1. 대조군; 중심뿌리 별아교세포는(central root astrocytes)에서 강한 GFAP-IR를 보였다. 그러나 삼차신경절 신경절아교세포에서는 가끔 GFAP-IR를 보였다. 신경절내의 신경절아교세포에서의 이러한 반응양상은 삼차신경절의 어느 특정한 부위에 국한되지 않고 퍼져 있는 양상을 보였다.
2. 3일 경과 치수노출군; 삼차신경절의 상악부위의 신경절아교세포에서 매우 강한 GFAP-IR를 보였다. 인접한 하악부위 및 눈부위의 신경절아교세포의 GFAP-IR는 상악부위에 비하여 매우 미약 하였다.
3. 7일 경과 치수노출군; 대조군에서보다 증가된 GFAP-IR가 신경절의 상악부위에서 관찰되었으나 그 정도는 3일 경과 치수노출군과 비교하여 약하게 관찰되었다.

이들 결과를 종합하여 보면, 치수 노출 후에 삼차신경절아교세포의 GFAP는 삼차신경절내의 손상과 관련된 특정 부위에서 증가를 나타

내며 이러한 변화는 삼차신경통 연구에 유용한 자료를 제공하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김명국, 백기석, 이승표 : 흰쥐에서 안와하 신경을 절단한 후 삼차신경절에서의 calcitonin gene-related peptide 면역반응세포의 분포에 관한 연구, 대한구강해부학회지 20(1) : 1-10, 1996.
2. 박종섭, 이승표, 백기석 : 흰쥐에서 하치조 신경을 절단한 후 삼차신경절에서의 calcitonin gene-related peptide 면역반응세포의 분포에 관한 연구, 대한구강해부학회지 19(1) : 1-12, 1995.
3. Byers MR, Costello RJ : Cation-binding sites in trigeminal ganglia and maxillary nerve; unusual reactivity of perikarya, stem axons, and satellite cells, Brain Res 443 : 125-136, 1988.
4. Byers MR, Narhi MV, Mecifi KB : Acute and chronic reactions of dental sensory nerve fibers to cavities and desiccation in rat molars, Anat Rec 221 : 872-883, 1988.
5. Byers MR, Taylor PE, Khayat BG, Kimberly CL : Effects of injury and inflammation on pulpal and periapical nerves, J Endod 16 : 78-84, 1990.
6. Dekoninck P, Carbonetto S, Cooper E : NGF induces neonatal rat sensory neurons to extend dendrites in culture after removal of satellite cells, J Neurosci 13 : 577-588, 1993.
7. Devor M, Wall PD : Cross-excitation in dorsal root ganglia of nerve-injured and intact rats, J Neurophysiol 64 : 1733-1746, 1990.
8. Eddleston M, Mucke L : Molecular profile of reactive astrocytes-implications for their role in neurologic disease, Neuroscience 54 : 15-36, 1993.

9. Fried K, Arvidsson J, Robertson B, Pfaller K : Anterograde horseradish peroxidase tracing and immunohistochemistry of trigeminal ganglion tooth pulp neurons after dental nerve lesions in the rat, *Neuroscience* 43 : 269–278, 1991.
10. Gazelius B, Edwall B, Olgart LM, Lundberg JM, Hokfelt T, Fischer JA : Vasodilatory effects and coexistence of CGRP and substance P in sensory nerves of cat dental pulp, *Physiol Scand* 130 : 33–40, 1987.
11. Hozumi I, Chin FC, Norton WT : Biochemical and immunocytochemical changes in GFAP after stab wounds, *Brain Res* 524 : 64–71, 1990.
12. Khayat BG, Byers MR, Taylor PE, Mecifi KB, Kimberly CL : Responses of nerve fibers to pulpal inflammation and periapical lesions in rat molars demonstrated by calcitonin gene-related peptide immunocytochemistry, *J Endod* 14 : 577–587, 1988.
13. Kimberly CL, Byers MR : Inflammation of rat molar pulp and periodontium causes increased calcitonin gene-related peptide and axonal sprouting, *Anat Rec* 222 : 289–300, 1988.
14. Marfurt CF, Turner F : The central projections of tooth pulp afferent neurons in the rat as determined by the transganglionic transport of horseradish peroxidase, *J Comp Neurol* 223 : 535–547, 1984.
15. Marfurt CF : The somatotopic organization of the cat trigeminal ganglion as determined by the horseradish peroxidase technique, *Anat Rec* 201 : 105–118, 1981.
16. Mazza JP, Dixon AD : A histologic study of chromatolytic cell groups in the trigeminal ganglion of the rat, *Arch Oral Biol* 17 : 377–387, 1972.
17. Morris R, Southam E, Braid DJ, Garthwaite J : Nitric oxide may act as a messenger between dorsal root ganglion neurons and their satellite cells, *Neurosci Lett* 137 : 29–32, 1992.
18. Murray M, Shwun-De W, Goldberger ME, Levitt P : Modification of astrocytes in the spinal cord following dorsal root or peripheral nerve lesions, *Exp Neurol* 110 : 248–257, 1990.
19. Rappaport HZ, Devor M : Trigeminal neuralgia : the role of self sustaining discharge in the trigeminal ganglion, *Pain* 56 : 127–138, 1994.
20. Rubel EW, MacDonald GH : Rapid growth of astrocytic processes in N. magnocellularis following cochlea removal, *J Comp Neurol* 318 : 415–425, 1992.
21. Sasaki Y, Wakisaka S, Kurisu K : Effect of peripheral axotomy of the inferior alveolar nerve on the levels of neuropeptide Y in rat trigeminal primary afferent neurons, *Brain Res* 664 : 108–114, 1994.
22. Stephenson JL, Byers MR : GFAP immunoreactivity in trigeminal ganglion satellite cells after tooth injury in rats, *Exp Neurol* 131 : 11–22, 1995.
23. Sugaya A, Chudler EH, Byers MR : Uptake of exogenous fluorescent DiI by intact junctional epithelium of adult rats allows retrograde labelling of trigeminal sensory neurons, *Brain Res* 653 : 330–334, 1994.
24. Taylor PE, Byers MR, Redd PE : Sprouting of CGRP nerve fibers in response to dentin injury in rat molars, *Brain Res* 461 : 371–376, 1988.
25. Taylor PE, Byers MR : Immunocytochemical study of the response of nerves containing CGRP to microabscess formation and healing of rat molars, *Arch Oral Biol* 35 : 629–638, 1990.
26. Utzschneider D, Kocsis J, Devor M : Mutual excitation among dorsal root ganglion neurons in the rat, *Neurosci Lett* 146 : 53–56, 1992.

27. Wakisaka S, Sasaki Y, Kurisu K : Temporal analysis of neuropeptide Y expression in the rat trigeminal ganglion following peripheral axotomy of the inferior alveolar nerve, *Neurosci Lett* 188 : 49–52, 1995.
28. Wakisaka S, Takikita S, Sasaki Y, Kato J, Tabata MJ, Kurisu K : Cell size-specific appearance of neuropeptide Y in the trigeminal ganglion following peripheral axotomy of different branches of the mandibular nerve of the rat, *Brain Res* 620 : 347–350, 1993.
29. Wall PD, Devor M : Sensory afferent impulses originate from dorsal root ganglia as well as from the periphery in normal and nerve injured rats, *Pain* 17 : 321–339, 1983.
30. Woodham P, Anderson PN, Nadim W, Turmaine M : Satellite cells surrounding axotomised rat dorsal root ganglion cells increase expression of a GFAP-like protein, *Neurosci Lett* 98 : 8–12, 1989.

사진부도설명

- Fig. 1. GFAP-IR in the central root astrocyte in control group. ($\times 40$)
- Fig. 2. GFAP-IR in the satellite cells of the trigeminal ganglion in control group. ($\times 100$)
- Fig. 3. GFAP-IR in the satellite cells of the maxillary dental region in three day pulp exposure group. ($\times 100$)
- Fig. 4. High magnification of Fig. 3. ($\times 200$)
- Fig. 5. GFAP-IR in the satellite cells of the neighboring maxillary region in three day pulp exposure group. ($\times 100$)
- Fig. 6. GFAP-IR in the satellite cells of the mandibular region in three day pulp exposure group. ($\times 200$)
- Fig. 7. GFAP-IR in the satellite cells of the maxillary dental region in seven day pulp exposure group. ($\times 100$)
- Fig. 8. GFAP-IR in the satellite cells of the trigeminal ganglion in seven day pulp exposure group. ($\times 100$)

사진부도 1

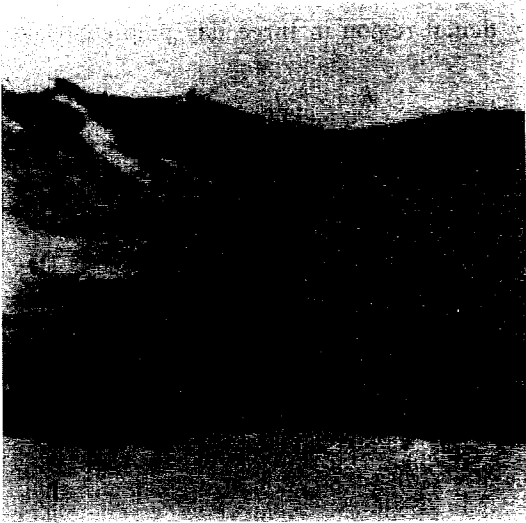


Fig. 1

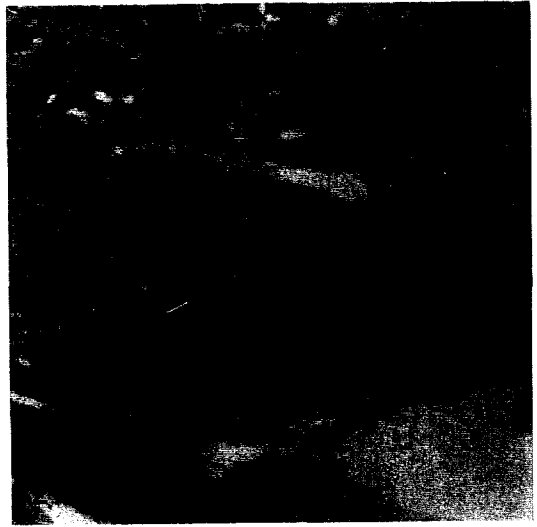


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

사진부도 2



Fig. 5

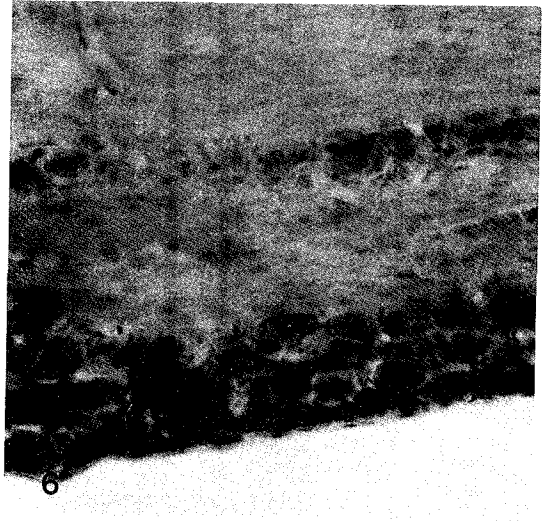


Fig. 6

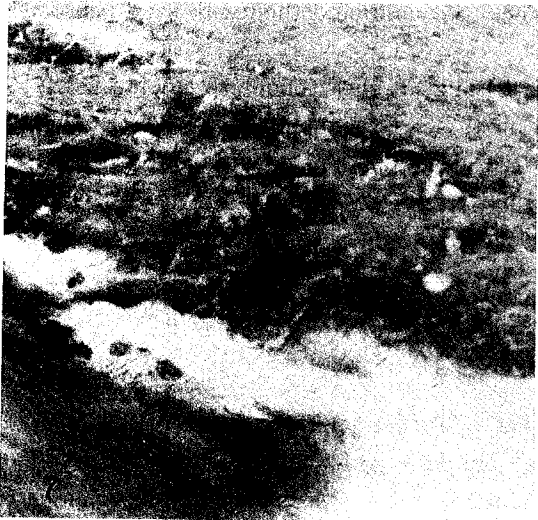


Fig. 7

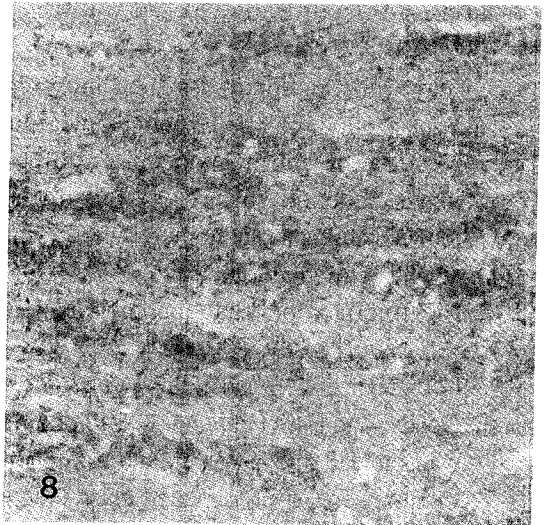


Fig. 8