

5-Fluorouracil이 백서 체모에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

최용철 · 김경욱 · 이재훈

단국대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

Abstract

THE EFFECT OF THE 5-FLUOROURACIL ON THE HAIR OF RAT : SCANNING ELECTRONMICROSCOPIC STUDY

Yong-Chul Choi, Kyung-Wook Kim, Jae-Hoon Lee

Dept. of Oral & Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Dankook University

This study was undertaken to observe the effects of the antineoplastic agent, 5-Fluorouracil(5 FU) on the hair in Sprague-Dawley white rats.

Twenty four sprague-Dawley strain white rats, each weighing about 150-200 grams were used and divided into control and experimental groups. In the experimental group, eighteen rats were injected intraperitoneally with 60 mg of 5-FU per killogram body weight with one time per two days. Six rats were injected with 0.5 cc of normal saline solution intraperitoneally as a placebo on this control group.

Rats were serially sacrificed on the first, third, fifth, seventh, tenth and fourteenth day after 2 times of injection of 5-FU and saline.

The hair were obtained and observed SEM.

After examination and comparision of all specimens, the results of this study were as follows:

1. In the control group, the scale and cuticle of hair was observed smooth surface and equal interval
2. In the experimental group, the first day, scale change was seen from body of hair and crack was seen from fifth day, and irregular scale and cuticle of hair was seen from 10, 14 days
3. The apperance of root of hair was not almost change

From above results, 5-Fluorouracil was more effective on the hair body. The change was begun from first day and crack of scale was seen from fifth day and irregular scale and cuticle of hair was seen from 10, 14 days. The

I 서 론

현대의 발달된 의료장비와 수술기법, 약물의 발달에도 불구하고 여전히 악성종양은 현대인의 생명을 위협하는 질병중의 하나로 종양의 발생 원인에 대하여 화학물질, 바이러스, 유전자의 변이 등에 대하여 연구되어져 오고있으나 명확한 결론이 나지 않은 상태이다.

구강암증은 전체 암종의 약 4%를 차지하며 치료 방법으로는 외과적 수술, 방사선 치료, 항암 화학요법과 이와 동반된 면역요법으로 대별될 수 있다. 암이 국소적으로 국한되어 있고 전이가 없을 경우 외과적 절제가 주된 치료 방법이나 진행된 병기일 경우 수술적 치료와 더불어 항암 화학요법과 방사선 치료가 동반된다.

이중 항암 화학요법은 암세포의 대사 경로에 개입하여 주로 DNA와 직접작용하여 DNA의 복제, 전사, 번역 과정을 차단하거나 세포 분열을 방해하여 암세포에 대한 독성을 나타낸다. 이

때 암세포 외에도 분화가 왕성한 정상세포에도 DNA의 합성이나 세포 분열의 저하를 야기하여 분화가 빠른 조직인 골수, 임파관, 생식기관, 피부, 위장점막, 구강점막 등의 세포에 독성을 초래하여 각 기관에 항암 화학치료 후에 부작용을 유발할수 있다. 이들 부작용으로는 골수에서는 백혈구 감소, 혈소판 감소, 피부와 부속기에서는 탈모가 일어날 수 있으며 오심이나 구토, 식욕부진과 신부전기능등의 전신적 부작용과 구강내로는 구내염, 구강 건조증, 미각이상, 감염등의 부작용이 일어날 수 있다.

피부 및 부속 장기인 체모는 분화가 빠른 조직으로 항암화학치료요법시 독성에 노출이 되면 부작용으로 탈모와 체모의 변색등을 일으켜 환자의 외모 및 정서적인 장애를 유발할 수 있어 이러한 부작용을 감소시키기 위한 많은 치료법이 고안되어 호르몬 제제, 국소적인 성장요소, 냉 찜질등이 이용되고 있으나 탈모와 체모의 변색에 대한 완전한 해명이 이루어 지지 않고 있는 실정이다.

본 연구는 5-FU 투여 후 탈모되기 전의 체모의 변화를

Scanning Electronic Microscope(SEM)으로 관찰 그 변화상을 연구하여 임상에 응용함을 목적으로 하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

실험동물로는 일정 기간 동일조건에서 사육된 체중 150-200 gm 내외의 웅성백서 24 마리를, 투여약제로는 5-FU(250mg/5ml, 중외제약)을 사용하였다.

2. 연구방법

(1) 약물의 투여

24마리를 실험군 18마리, 대조군 6마리로 분류하여 실험군에는 5-FU를 60mg/kg의 용량으로 이틀 연속 1회 복강내 주사하고, 대조군은 동일 시간에 식염수를 각각 주사하였다.

(2) 희생

대조군과 실험군을 2회 주사 후 1, 3, 5, 7, 10, 14일째에 대조군은 1마리씩, 실험군은 3마리씩 희생시킨 후 체모를 채취하였다(Table 1).

(3) 표본제작 및 관찰

백서를 희생시킨 후 등부위의 체모를 채취하여 건조시킨 후 20nm로 금피복을 시행후 SEM(JSM-5200, JEOL, Japan)으로 체모의 변화를 관찰하였다.

III. 연구 결과

1. 대조군

전체적으로 경계가 뚜렷하며 꾸불 꾸불한 scale선이 보이고 있었으며 표면은 매끈한 상태를 보이고 있었다. 중간 부분에서 끝으로 갈수록 scale이 평행하고 균일하게 배열되는 모습을 보여주고 있었다.

2. 실험 1일째 소견

모근은 특별한 변화를 보이지 않고 있었다. 모근 주위로 불규칙한 형태의 조직들이 쌓여 있고 scale은 잘 보이지 않았다. 중

간부위에서 scale이 삼각형이나 혹은 다각형의 모습을 보이고 비교적 균일하게 배열된 상태를 보이거나 때때로 결이 불명확한 것이 보이기도하나 명백한 변형이 관찰되지는 않았다. 끝부위로 갈수록 scale의 구성은 미약한 모습을 보이고 벗겨진 상태가 관찰되었다.

3. 실험 3일째 소견

1일째 소견과 특별히 다른 소견을 보이지는 않았으나 scale간의 거리가 대조군 보다 넓은 상태를 보이며 벗겨진 상태가 관찰되었다.

4. 실험 5일째 소견

모근 부위에서는 scale이 보이지 않았으며 몸통부위로 갈수록 일정한 간격이 보이지 않고 있었다. 배열 역시 불규칙하게 나타나고 부분적으로 scale의 면이 날카로운 것을 보여주고 균열이 보이기도 하였다. 침부로 갈수록 벗겨진 상태가 명확하게 보이며 안쪽의 lancet에 날카로운 면이 관찰되었다. 표면의 scale은 보이지 않으며 3일보다는 약간 회복되는 양상을 보여주고 있었다.

5. 실험 7일째 소견

5일째보다 낡아진 상태를 보이고 있었다. 표면이 벗겨진 부분이 보이고 있으며 scale간의 간격은 10 μ m로 넓어진 상태이고 모근에 특이한 변화는 없었다.

6. 실험 10일째 소견

전체적으로 불명확한 scale이 보이고 있었다. 몸통 부위에서 폭은 대조군과 유사함을 보이고 있으며 균열이 관찰되고 있었다. 침부로 갈수록 scale이 벗겨진 상태로 불규칙한 모습을 보여주고 있으며 경계가 상층부로 갈수록 불명확 해지고 있었다.

7. 실험 14일째 소견

전체적으로 벗겨진 상태가 관찰되며 불규칙한 모습을 보이고 있었다. 균열도 관찰된다. scale의 간격은 20-30 μ m의 간격을 보이고 있었다.

8. 결 론

3일째 몸통부위에서부터 변화가 나타나기 시작하며 5일째부터 침부에 scale이 벗겨진 모습이 나타났다.

IV. 총괄 및 고찰

구강암은 미국의 경우 신체 전 부위의 암 비율에서 남자에서

Table 1. Sacrifice Schedule of the Rats after 5-Fluorouracil Injection

Day Group	1 D	3 D	5 D	7 D	10 D	14 D
C	1	1	1	1	1	1
E	3	3	3	3	3	3

Abbreviation:C: Control group E: Experimental group D: Day

4%, 여자에서 2%의 빈도를 보이고 전체 두경부 암중 약 30%의 비율을 차지하는 것으로 보고 되었다. 국내의 통계로는 1987년부터 1991년까지 5년동안 서울대 병원과 치대병원 병리과에 내원한 환자중 확진된 12,429례를 대상으로 검색한 바에 따르면 전체암에서 구강암이 차지하는 발생비는 48%를 차지하고 이중 구순암이 0.15%, 설암이 0.33%, 대타액선암이 0.75%, 설부름 제외하고 소타액선을 포함한 구강암이 2.9%로 나타나고 있다. 남녀 비로는 2.5:1로 남성에게 호발되는 것으로 나타났다. 암종의 분류로는 편평세포암종이 60%, 소타액성 암종이 16%, 악성림프종이 6.5%, 육종 6.3%, 악성흑색종이 3.6%, 기타 악성종양이 7.6%의 비율로 발생하였다²⁾.

악성종양의 치료로는 외과적요법, 방사선요법, 화학요법 및 면역요법으로 크게 나뉘는데 stage I, II의 초기 병변의 경우 수술적 치료와 방사선치료가 효과적이고 stage III, IV기의 경우처럼 진행병기일 경우 수술적 치료와 방사선 치료와 더불어 화학요법과 면역 요법이 병행된다^{3,4)}. 화학요법은 Goodman등(1946)⁵⁾의 nitrogen mustard를 악성 임파종과 호드킨씨 병의 치료에 사용한 보고에 의해 본격적으로 연구되었고 그 이후로 계속 발전되어 왔다. 현재 사용되는 약제로는 크게 알킬화제, 대사 길항제, 항생물질, 식물성 알칼로이드, 스테로이드(steroid)로 분류된다⁶⁻¹⁰⁾. 항암 화학요법제의 작용기전은 암세포의 각종 대사경로에 개입하여 주로 DNA와 직접 작용하여 DNA의 복제, 전사, 번역과정을 차단하거나, 핵산 전구체의 합성을 방해하고 세포분열을 저해함으로써 항암활성, 즉 암세포에 대한 세포독성을 나타나게 하는 것이다¹⁰⁾. 암세포와 정상세포는 일정한 세포주기를 거쳐 분열하게 되는데 G1, S, G2, M의 4기중 S, G2, M주기에 걸리는 시간은 대개 일정하나 G1기에 있어 세포에 따라 차이가 있다. 세포분열에 소요되는 시간의 길이를 결정하는 것은 G1에 의하여 좌우되어 항암제에는 세포주기중 어느 특정기에만 있는 세포에 작용하는 cell cycle-specific drug(CCPS)이 있고 증식하고 있는 세포의 기에는 관계없이 작용하는 cell cycle-nonspecific drug(CCP-NS)로가 있다.

일반적으로 항암제는 세포독성의 약제로서 종양세포를 직접 죽일수는 없고 세포분열을 방해하여 세포증식을 저해하므로, 종양 조직뿐만 아니라 정상조직에서도 DNA의 합성이나 세포분열의 저하를 야기시켜, 분화가 빠른 조직인 골수, 임파결절, 피부, 생식기관, 위장점막, 구강점막 등의 세포에 독성을 유발시킬 수 있다. 이로 인한 부작용으로는 전신적으로 발현되는 혈소판 감소증, 백혈구 감소증 및 빈혈 등의 골수기능저하와^{11,12)} 오심, 구토, 설사, 변비, 식욕부진 등의 위장장애¹³⁾, 간기능장애¹⁴⁾, 신부전증¹⁵⁾, 탈모증 및 피부염¹⁶⁾, 심-독성, 면역기능저하¹⁷⁾, 불임증^{18,19)} 등이 나타나며 구강내 점막의 증상으로는 치아나 치은의 과민증과 동통²⁰⁾, 치은 출혈, 구강건조증, 구강염, 점막과화와 점막위축, 칸디다증, 미각이상, 궤양²¹⁾ 등을 보인다.

본 연구에 사용된 5-FU는 1957년 Heiderberger 등에 의하여 항암 활성이 입증된 대사 길항 항암제이다. 화학구조는 핵산구성 염기의 하나인 Uracil에 5번째 위치의 수소가 불소로 옮겨져 변화한 것으로 생체내에서 Uracil과 같은 대사를 하는 Uracil의 유

사체로 항암작용을 발휘한다. 5-FU의 작용기전은 3가지로 요약되는데 첫 번째로 Thymidine 산합성효소 방해, 두번째로 RNA 생합성에 대한 작용, 세번째로 당쇄 생합성에 대한 작용으로 나뉜다. 5-FU 및 유도체는 현재 임상에서 널리 이용되고 있는데 DNA 연결고리 절단을 일으키는 능력을 갖고 있어 항암효과가 나타나지만 정상세포의 증식에도 강하게 영향을 미친다^{22,23)}.

체모(Hair)는 표피를 구성하고 있는 상피가 피부 및 조직까지 함몰되어 들어간 모낭(Hair Follicle)에서 만들어지며 탄력적이고 각질화된 실 모양의 조직으로는 피부에 널리 분포되어 있으며 휴지기과 성장기가 반복되는 일정한 성장주기를 갖고 있다. 체모는 피부 밖으로 나온 체모의 줄기(Hair Shaft)와 피부 속에 묻혀있는 모근(Hair Root)으로 구분되며 모낭의 밑부분은 팽대되어 있는데 이부위를 체모의 망울(Hair Bulb)라 한다. 체모의 단면 구조는 3개의 층으로 이루어 졌는데 체모의 중심부는 체모속질(Medulla of Hair), 체모의 주성분을 이루는 체모 겉질(Cortex of Hair), 가장 외층은 체모 껍질(Cuticle of Hair)로 나뉜다.

체모와 모낭의 각 층은 서로 체모의 망울 부위에 있는 경계를 찾아볼수 없이 미분화 세포덩어리로 되어있는데 이것을 체모의 바탕질(Hair matrix)이라고 한다. 체모의 성장은 체모의 바탕질에 있는 미분화 상피세포에서 분열된 세포에 의하여 이루어진다. 체모 유두의 밑바닥에 있는 미분화 세포가 분열과 성장을 멈추면 털의 성장도 멈춘다. 모근이 체모의 바탕질로부터 뿔어지면 모낭에 남아있던 상피세포는 일단 휴지기에 돌입하고 상피세포가 남아있던 체모 유두나 새로운 체모 유두가 만나게 되면 새로운 체모의 바탕질을 만들고, 체모는 새로 생긴 모낭으로부터 성장하기 시작한다²⁴⁾.

체모에 대한 호르몬의 영향을 보면, 인체의 모든 모낭은 안드로젠 호르몬에 의하여 영향을 받으며 이러한 호르몬은 털 주머니 내에서 털 주머니 자체에 내재적으로 존재 하는 리듬에 의하여 활동을 시작하고 중단하는데 이 활동을 호르몬이 더 촉진하거나 더 더디게 한다. 남성에게서는 testosterone이 여성에게서는 dehydroepiandrosterone(DHEA)과 DHEA-sulfate 등이 주로 작용하는 호르몬이며 부신에서 생산되고 있다.

항암 화학요법의 가장 일반적인 부작용은 탈모증(Alopecia)이다. 체모의 재증식 후의 색소(Pigmentation)의 변색 또한 보고되어져 왔다. 항암약제에 의한 탈모증은 항암제체가 모구의 세포분열을 멈추게하여 모근이 가늘어져 협착부가 발생하고 협착부가 끊어지게 된다. 그러나 이것은 가역적 반응으로 털은 다시 자라게 된다²⁷⁻²⁹⁾.

본 연구는 항암제 투여후 탈모되기 전에 발생하는 털 자체의 겉질의 변화를 SEM으로 연구한 것으로 대조군의 겉질은 전체적으로 경계가 뚜렷하며 구불구불한 scale선이 보이며 표면은 매끈한 상태이다. 항암제 투여 후의 변화로는 1일째 소견에서 명백한 변형을 보이지는 않았고 3일째 소견에서는 scale간의 거리가 넓어지는 양상을 보이며 벗겨진 상태가 관찰되었고 5일째, 7일째 소견에서도 같은 변화상이 관찰되었다. 모근 자체의 변화는 크게 나타나고 있지 않았다. 7일째 소견에서는 침부로 갈수록 scale이 불규칙이 더욱 심해 지고 경계가 불명확해지고 14일

제 소견에서는 전체적으로 벗겨진 상태가 관찰되고 불규칙한 모습
을 보여주고 있었다. 이와 같은 결과로 5-FU투여 후 체모의
겉질에 변화가 일어남을 알수 있었다.

탈모와 체모의 변색을 막기위한 노력은 국소적인 성장인자의
주입, 냉 찜질, 호르몬제의 투입등 노력이 계속되고 있지만 세
포의 분열이 왕성한 체모의 바탕질에 주안점을 둔 것으로 여기
에 덧붙여서 체모의 바탕질과 체모의 관계에 대한 더 깊은 연
구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 구강암의 치료시 항암제로 사용되는 5-Fluorouracil(5-
FU)을 백서에 투여 후 탈모가 생기기 전의 털의 줄기와 뿌리
부분에서의 변화를 전자현미경상으로 관찰하였다.

5-FU를 동일조건에서 사용된 150-200g의 웅성 백서 24마리를
대조군 6마리 실험군 18마리로 배정하고 5-FU 60mg/Kg으로 이
틀에 걸쳐 복강에 투여 하였다. 투여후 실험군과 대조군을 각각
3마리씩 1, 3, 5, 7, 10, 14일에 희생시켜 털을 채취후 건조시켜 주
사 전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대조군의 Scale과 겉겉질은 일정한 간격과 매끈한 면을 보여
주고 있었다.
2. 실험군 1일째 소견시 몸통부위에서 scale의 변화가 시작되면
서 5일째에는 scale의 균열이 보이기 시작하였고 10일과 14일
째 소견에서 전체적으로 불명확한 scale과 겉겉질이 벗겨진
상태를 나타내었다.
3. 털 뿌리는 외형상 변화는 크게 나타나지 않았다.

이상의 결과로 5-FU 투여후 3일째 몸통부위에서 부터 변화가
시작되어 5일째 끝 부분의 scale이 벗겨진 모습이 보였으며 14
일째에는 몸통과 끝부분이 상한 모습을 보였다. 3일째 부터 겉
겉질이 벗겨진 모습이 관찰되기도 하였다. 털 뿌리의 변화는 특
이적으로 보이지는 않았다.

참 고 문 헌

1. Goodman LS and Gilman A : The pharmacological basis of ther-
apeutics., ed.5. McMillian Pub. Co. New York, 1975
2. 홍삼표 : 구강암종의 병리. 구강암, 1996:143-149.
3. Kim JH : The effect of induction chemotherapy on squamous cell
carcinoma at head and neck. J.K.A.C, 1985:17:1243-1249.
4. Batsakis JG : Tumors of the head and neck. Clinical and patho-
logical considerations. 2nd Ed., The Wilkins Co., Baltimore,
1979:144-149.
5. Macgregor LA, Macgregor FM : Cancer of the face and
mouth. Pathology and management for surgeons. Churchill
Livingstone, Edinburgh, 1986:345-352.
6. Yang SE, Lee EW : Combination therapy on squamous cell car-

- cinoma at head and neck, J KAOMS 1985:11:1007-1017.
7. Goodman LS, Wintrobe MM, Dameshek W : et al : Nitrogen mus-
tard therapy : Use of methyl bis(beta-chio-roethyl) amino
hydrochloride for Hodgkin's disease, lymphosarcoma, leukemia, and
certam allied and miscellaneous disorders, JAMA 1946:132:126-
134.
8. Bottomley WK, Perlin E and Ross GR, Antineoplastic agents and
their oral manifestations, Oral Surg 1977:44 : 527-534.
9. Skeel RT : Manual of cancer chemotherapy. Little & Brown Co.,
Boston, 1982:31-41.
10. Shklar G : Oral cancer. The diagno sis, therapy, management and
rehabilitation of the oral cancer patient, W.B. Sauhnders Co.,
Philadelphia, 1984:7, 8, 155-180, 449-457.
11. Davis HL Jr : Toxicity in Solid tumor chemotherapy. In
Ansfeld, F.J. : Chemotherapy of malignat neoplasms, Spring field,
Ill, 1973, Charles C. Thomas Publishers, pp. 146-159.
12. Henderson ES : The granulocytopenia effects of cancer chemother-
apeutic agents. In Dimitrov, N.V., and Nodine, J.H. Drugs and
Hematological Reactions, Grune & Stratton Publishers, New
York, 1974:207-221.
13. Vogler WW, Huguley CM, Kerr W, Tosicity and anitumor
effect of divided of methotrexate. Arch. Intern. Med 1965:115:
285-292.
14. Hersh EM, Wong VG, Henderson ES, Freireich EJ : Hepatotoxic
effects of Methotrexate. Cancer 1966:19:600-604.
15. Greenwald ES : Cancer Chemotherapy, ed. 2, Flushing, N.Y., Medical
Examinations Publishing company, 1973:325-334.
16. Greenwald ES : Cancer chemotherapy, ed. 2, Flushing N.Y., Medical
Examinations publishing company, 1973:334-335.
17. Greenwald ES : Cancer chemotherapy, ed. 2, Flushing N.Y., Medical
Examinations publishing company, 1973:334-335.
18. Walker SE, Bole GG, Jr : Augmented Incidence of Neoplasia in
NZB & NZW mice Treated with long term Cyclophosphamide,
J Lab Clin Med 1973:82:619-633.
19. Fairley K.F., Barrie, J.U., Johnson, W. : Sterility and Testicular
Atrophy related to cyclophosphamide therapy, Lancet 1972:1:568-
569.
20. Min BK, Chung, I K : The effects of preoperative and postop-
erative chemotherapy on the healing of surgical wound. J
KAOMS 1990:16:101-111.
21. Bottomley WK, Perlin E and Ross GR : Antineoplastic agents and
their oral manifestations, Oral Surg 1977:44:527-534.
22. Dollinger MR, Golbey RB, Karnofsky DA : Cancer Chemotherapy
DM1969:89-98.
23. Lockhart PB, Sonis ST : Alterations in the oral mucosa caused
by chemotherapeutic agent, J Dermatol Surg 1981:7:1019-1025.
24. Kim MK : The study on the effect of 5-Fluorouracil on the tem-
poromandibular disc in the white rat. Recent Medicine 1977:21:
569-576.
25. Zubrod GC : Effects of 5-Fluorouracil and 5-Fluorodeoxyuridine
on Gastrointestinal Cancer. JAMA 1961:178:832-834.
26. 조직학교재편찬위원회. 조직학 1997: 제3판:347-351.
27. Anne Robinson, William Johes. : Changes in Scalp Hair After Cancer
Chemotherapy. Eur J Cancer Clin Oncol, 1989:25(1):155-156.
28. Gauci L, Serrou B : Changes in hair pigmentation associated with
cancer chemotherapy. Cancer Treat Rep 1980:64:193.
29. Loureiro C, Gill PS, Rarick M, Levine : Am.Red hair and hyper-
pigmentation in a black man after chemotherapy. J Clin Oncol 1987:
5:1705.

저자연락처

우편번호 330-715

충남 천안시 신부동 산 7-1

단국대학교 치과대학 구강악안면외과학

최 용 철

Reprint requests

Young-Chul Choi

Dept. of OMFS, School of Dentistry Dankook Univ.

7-1 Sinbu-Dong, Cheonan-City, Choongnam, 330-715, Korea

Tel. (0417)550-1993 Fax. (417)550-8988

사진부도설명

- Fig. 1. 대조군 몸통 소견(SEM 1000) : 경계가 뚜렷한 scale선과 매끈한 면이 관찰되었다.
- Fig. 2. 대조군 침부 소견(SEM 1000) : Scale이 평행하고 균일하게 배열되어 있었다.
- Fig. 3. 실험군 1일 뿌리 소견(SEM 500) : 특이적 변화는 없었다.
- Fig. 4. 실험군 1일 몸통 소견(SEM 750) : Scale이 삼각형이나 다각형의 모습을 보였다.
- Fig. 5. 실험군 1일 침부 소견(SEM 750) : Scale의 구성이 미약하였다.
- Fig. 6. 실험군 3일 몸통 소견(SEM 1000) : Scale선이 약간 넓어져 있었다.
- Fig. 7. 실험군 5일 뿌리 소견(SEM 1000) : 특이적 변화는 관찰되지 않았다.
- Fig. 8. 실험군 5일 몸통 소견(SEM 1000) : Scale의 면이 날카로워지고 균열이 관찰되었다.
- Fig. 9. 실험군 5일 침부 소견(SEM 1000) : 벗겨진 상태가 관찰되었다.
- Fig. 10. 실험군 7일 뿌리 소견(SEM 750) : 특이적 변화 없었다.
- Fig. 11. 실험군 7일 몸통 소견(SEM 750) : 표면에 벗겨진 상태가 관찰되었다.
- Fig. 12. 실험군 7일 침부 소견(SEM 500) : Scale의 간격이 넓어져 있었다.
- Fig. 13. 실험군 10일 뿌리 소견(SEM 500) : 특이적 변화 없었다.
- Fig. 14. 실험군 10일 몸통 소견(SEM 1000) : 전체적으로 scale의 선이 불명확 해 졌다.
- Fig. 15. 실험군 10일 침부 소견(SEM 750) : 경계가 불명확 해졌다.
- Fig. 16. 실험군 14일 뿌리 소견(SEM 500) : 특이적 변화 없었다.
- Fig. 17. 실험군 14일 몸통 소견(SEM 1500) : 균열이 관찰되었다.
- Fig. 18. 실험군 14일 뿌리 소견(SEM 750) : 벗겨진 상태가 관찰되었다.

사진부도①

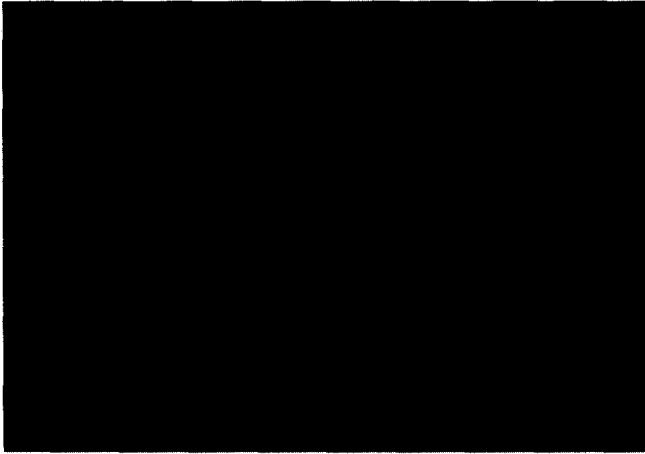


Fig. 1.



Fig. 2.

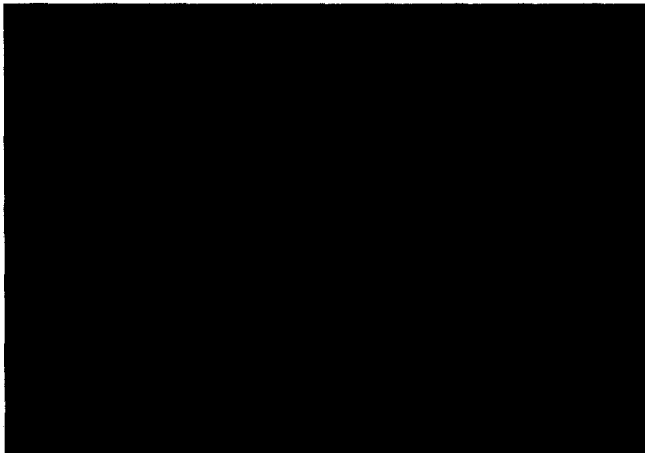


Fig. 3.

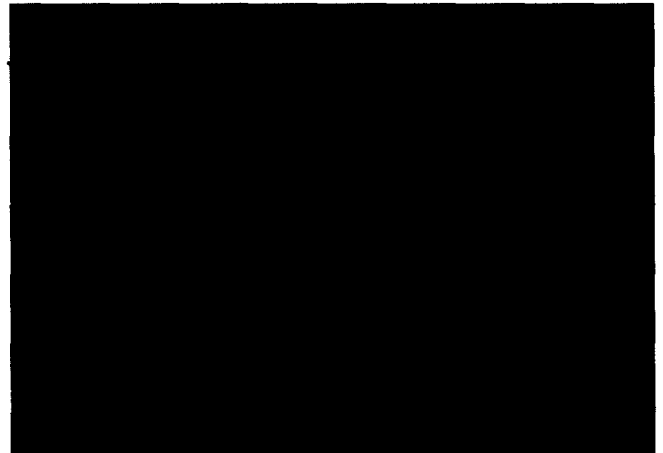


Fig. 4.

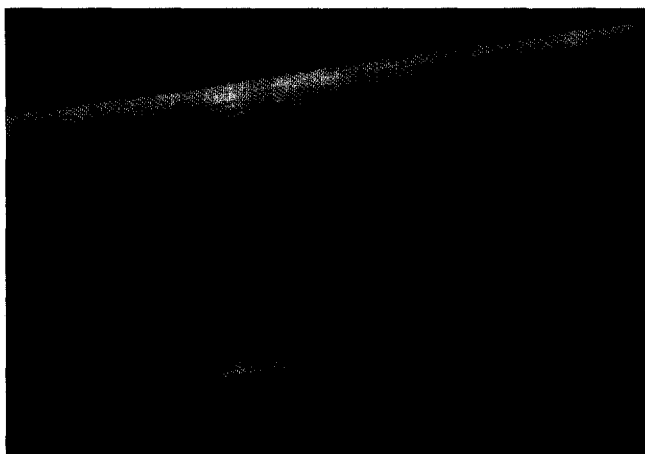


Fig. 5.



Fig. 6.

사진부도②



Fig. 7.

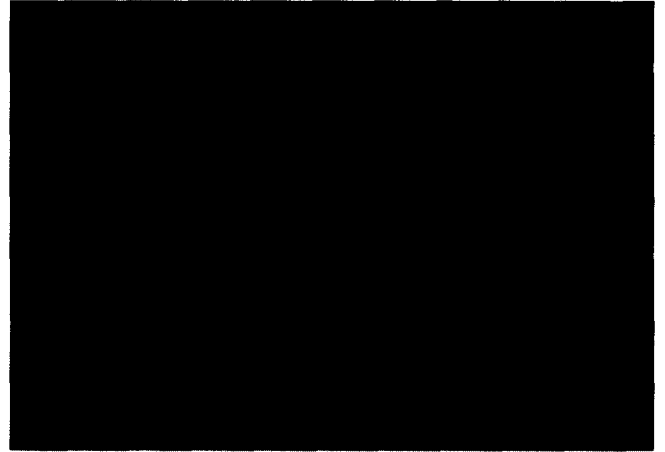


Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.

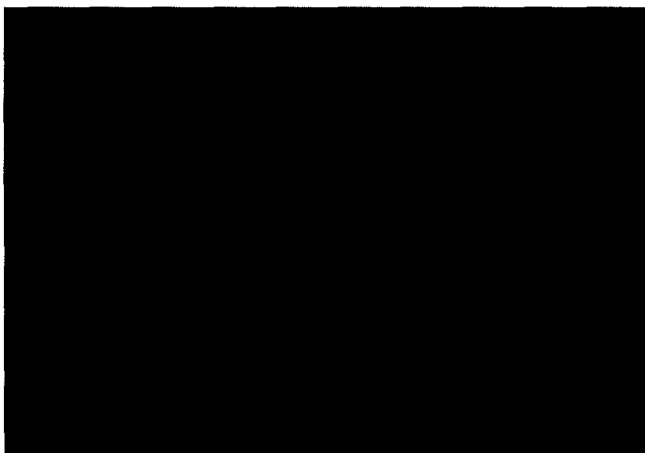


Fig. 11.



Fig. 12.

사진부도③

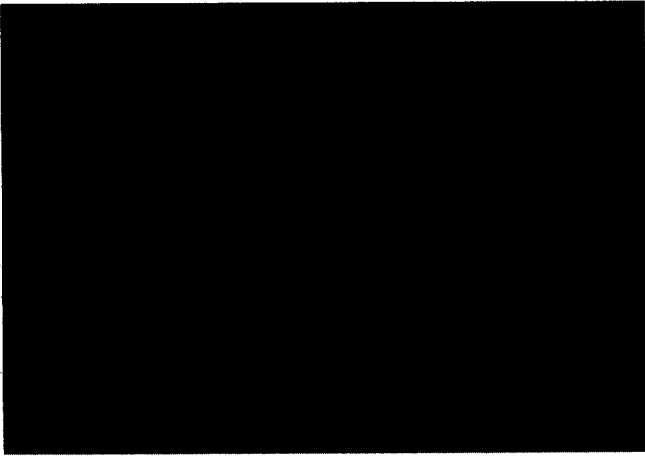


Fig. 13.

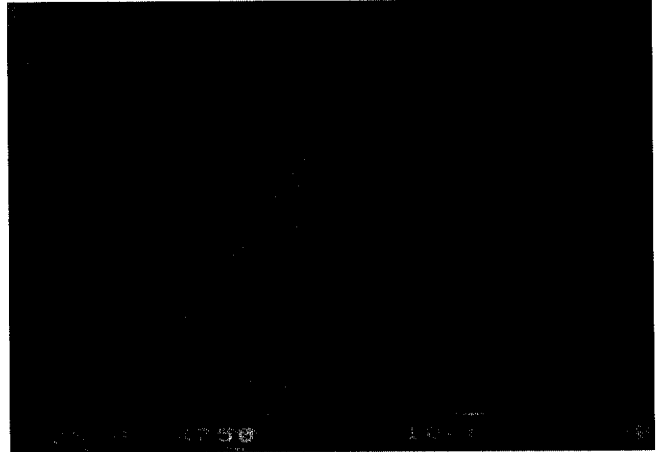


Fig. 14.

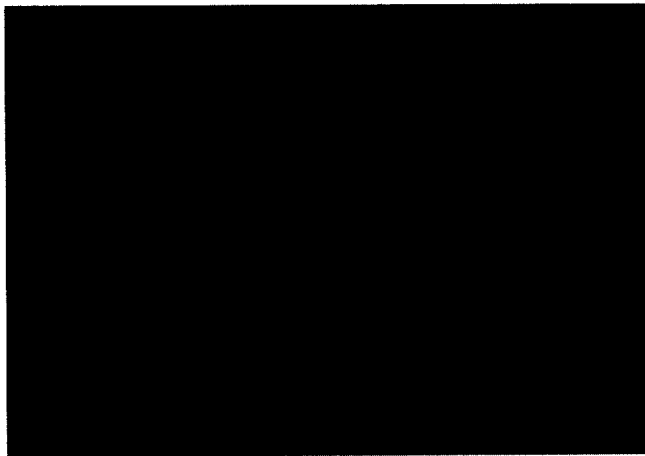


Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.

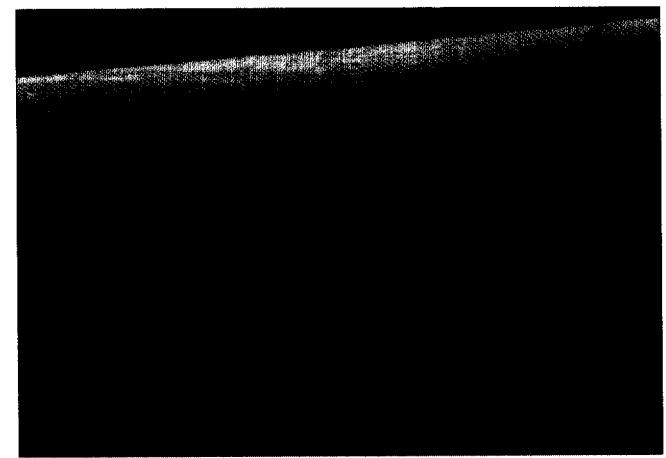


Fig. 18.