

적외선과 초음파의 적용이 환귀 반흔 조직 콜라겐 침착에 미치는 영향

대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공

전 경 희

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

박 래 준

The effect of Infrared and ultrasound for the formation of collagen fiber in scar tissue of rats

Jun, kyoung-hee, P. T., M.S.

Major in Physical therapy, Department of Rehabilitation Science, Taegu university

Park, Rae Joon P.T., Ph.D.

Department of Physical therapy, College of Rehabilitation, Daegu university

Abstract

This study was investigated the effects of near Infrared & ultrasound for collagen fiber in open wounded of rats skin. Each group was treated under the following conditions; group I was applied near IR , group II was applied 0.5 MHz continue wave US and group III was control group. The results were prominent in observation of scar tissue and of fibroblast infiltration of group I & II.

I. 서 론

보편적인 물리치료 도구로 쓰이고 있는 적외선과 초음파는 사용의 편리성과 다양한 효과들로 인해서 치료사들에 의해서 사용되는 가장 보편적인 치료도구 중의 하나이다. 다양한 원인들로 인해 상처를 입은 환자들이 그들이 입은 상해로부터 회복을 위해 증식기와 성숙기에 적외선과 초음파 치료를 받고 있다. 창상 등으로 인한 손상 후 반흔 조직의 형성에 어떠한 변화를 주기 위해 많은 치료 방법들이 사용되어지고 있는데 그 대표적인 예가 초음파의 사용이다.

연구에 의하면(Harvey, 1988: Mortimer, 1988), 치료적인 초음파의 사용으로 각 조직의 아교질 생성의 증가가 있었다고 보고하였으며, 건을 대상으로 한 동물 실험 연구에서 섬유모세포의 증식과 아교질 생성 및 성숙이 증진되었다는 보고하였는데(Best, 1993: Enwemeka, 1989: Enwemeka, 1991: Jackson, 1991), 아급성기, 만성기 뿐 아니라 염증기부터 치료가 시행된 군에서도 34.8%정도의 아교질 농도의 증가가 있었다고 하였다.

초음파 뿐 만 아니라 우리가 보편적으로 많이 사용하고 있는 적외선 치료는 온열과 흥반, 색소침착과 진통작용 등을 일으키는데(박찬의, 1989), 급성기를 지난 후의 적외선 치료는 염증작용에 대한 경감의 효과 등이 보고되고 있다. 적외선은 인체의 염증의 진행에서 조직의 재생 또는 육아 조직 형성에 의해 치유되는 기간 동안 화학적 중개자를 조절하는 역할을 한다고 알려져 있다. 적외선의 적용은 염증인자의 활성화를 증강하고 효소 활성화 증가, 혈

관확장 증가, 혈액 점도 저하, 말초 순환개선, 혈관 투과성의 향진을 더욱 증강시키고, 노폐물과 침출물을 혈관 내에 집어넣어 신진대사의 향진을 도모하고 결과적으로 치유를 촉진하는 것으로 알려져 있는데(아베부 등, 1974; 대한병리학회, 1994), 아마도 이러한 작용들이 창상 조직을 복원하기 위한 섬유모세포의 작용을 촉진하는 것 같다.

이미 초음파가 교원조직에 형성에 미치는 영향에 대해서 많은 연구들이 이루어져 있다. 여기에서는 교원조직의 형성과 배열에 미치는 초음파의 영향을 근위 적외선 치료와 비교함으로써 적외선 치료가 교원섬유에 미치는 영향을 연구하므로 초음파 치료와 적외선 치료가 창상 치유를 위한 교원조직에 형성에 미치는 영향을 비교해 향후 치료에 좋은 자료로 사용하고자 이 연구를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구 내용

쥐의 등쪽 표피와 진피조직에 1.5×1.5cm²의 상처를 만들어 잘라내고 가피를 형성시켰다. 2주 후 가피가 탈락하였으며 3군으로 나누어 I군(IR 적용군), II군(0.5 MHz 연속 초음파 적용군), III군(대조군)으로 나누어 실험을 실시하였다.

2. 실험 방법

1) 실험전 처치

엽산케타민과 럼폰을 1:1의 비율로 섞어 제조한 전신마취제를 복강 주사하여 쥐를 마취시킨 후 쥐의 배부를 삭모하고, 수술용 칼을 사용해 배부에 1×1cm²의 창상을 만들어 방치하였다. 2주 후 형성된 가피가 탈락한 후 실험을 실시하였다.

2) 실험방법

I 군은 중등도의 강도로 40cm 거리에서 근위 적외선을 약 10분간 적용하였고, II군은 0.5 MHz 연속초음파를 3분간 1주 일간 적용하였다. 대조군은 그대로 방치한 후, 각 군의 반흔 부위를 절취하였다.

3) 현미경적 관찰

절취된 조직을 반흔 부위만을 잘라서 4%의 paraformaldehyde 용액에 보관한 후 파라핀으로 포매하였으며, 염색과정을 거쳐 콜라겐 섬유만을 특수 염색(메이슨 트릭롬)하는 방법과 일반적인 조직의 치밀도를 관찰하기위해서 H-E 염색을 실시하여 광학 현미경으로 관찰하였다.

III. 결 과

1. 육안적 소견

적외선을 적용한 실험군 I, 연속형 초음파를 적용한 실험군 II에서 각각 적용하였는데, 실험군 I 과 실험군 II에서 창상부위의 반흔 형성과 수축의 정도가 더 잘 나타났으며, 반흔 부위의 혈관형성이 실험 종료 시에 대조군보다 더 많이 형성되었음을 관찰 할 수 있었다. 대조군의 경우 혈관 형성은 잘 관찰되지 않았으며, 반흔은 아직은 과도한 형성을 보이지 않았다.

2. 광학현미경적 소견

1) 트라이 크롬 염색

실험군 I의 염색 후 현미경적 소견을 보면 트라이 크롬에 염색된 파란색의 치밀한 교원 섬유를 볼 수 있는데 많은 염색의 정도를 볼 수 있고, 교원섬유가 새로운 조직에 많이 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. (그림 1. 2)

실험군 II의 트라이 크롬 염색 후 소견을 보면 가장 많은 염색의 형태를 볼 수 있으며 100배 200 소견 모두 더욱 많은 염색의 형태를 볼 수 있다. I 군과 비교했을 때 크게 눈에 띄이는 차이는 발견되지 않았으나 피부조직 전체에 걸쳐서 치밀하고 고른 염색의 정도를 볼 수 있었다. 대조군과 비교했을 때 트라이 크롬의 염색의 정도가 눈에 띄게 치밀한 것을 볼 수 있었다(그림 3. 4).

대조군은 다른 두 군에 비해서는 염색의 정도는 미약했으며, 조직의 치밀함에 있어서도 특별한 변화를 관찰할 수 없었다(그림 5. 6).

2) H-E 염색

실험군 I의 H-E 염색 후 현미경적인 관찰에서 보면 전반적인 조직에서 치밀한 섬유성 조직의 침착을 볼 수 있으며, 많은 섬유와 세포가 관찰되어진다. 특히 경피 바로 아래에서 더욱더 많은 치밀한 섬유성 성분들이 관찰된 것을 볼 수 있다(그림 7. 8).

실험군 II의 H-E 염색 후 광학현미경 관찰은 실험군 I에서 보는 것과 같이 치밀한 섬유성 조직의 형성을 볼 수 있으며, 또한 많은 수의 섬유아 세포들과 규칙적인 배열을 이루는 섬유들을 볼 수 있다. 실험군 I과 비교해서 큰 차이가 나지는 않으나, 대조군과 비교했을 때 더욱더 치밀한 조직의 구성을 볼 수 있었으며, 피부 조직의 깊이에 관계없이 전체적으로 규칙적이며 치밀한 섬유 성분들의 침착이 있었다(그림 9. 10).

대조군은 많은 섬유아 세포들이 관찰되나 결합조직의 배열에 있어서 불규칙적이며, 섬유들 사이사이 조직도 실험군 I, II와 비교해서 더욱 더 느슨한 모양을 하고 있다(그림 11. 12).

III. 고 찰

만약 급성기나 순환장애, 출혈성 경향이 있는 부위에 온열을 적용하게 된다면 혈관투과성의 향진과 혈관 확장에 의해 염증성 부종이 형성되며 히스타민, 세로토닌, 브라디키닌 등에 의해서 혈관내피세포 사이 간격은 더욱 확장되어지며, 염증의 정도가 더욱 악화되어진다는 보고가 있으며, 또한 온열은 혈관벽의 긴장을 저하시켜 혈관의 탄성이 없어지고 혈류량을 감소시킬 수 있다. 이 연구에서는 염증을 지난 증식기가 시작될 무렵 온열성 인자인 지속적 초음파와 적외선의 치료를 실시하였다. 연구결과에서 보는 바와 같이 이시기에 적용한 적외선과 초음파는 모두 증식기의 진행에 좋은 효과를 보여주었다.(대한 병리학회, 1994:

박래준외, 2001).

창상의 치유기에서 증식기에서 결합조직에서는 섬유조직형성(fibroplasia)이 일어나게 된다. 미분화 간엽 세포에서 섬유아 세포가 발생되며, 피브린 실을 따라 염증이 일어난 곳으로 이주해와서 상흔 조직을 합성하기 시작한다. 상흔 조직은 결합조직의 일종인데 일차적으로 단백질 교원질과 뮤코다당(mucopolysaccharides)으로 구성되는 것으로 섬유아 세포는 이들 두 가지를 분비하며 수복을 위한 장력 강도를 제공한다. 이 과정을 통해 결합조직 기질은 재형성된다. 손상 후 6 - 7일경에 상피세포는 계속해서 자라고 가피(debris et al, 1991)는 탈락되며, 섬유아 세포, 대식세포와 함께 새로 형성된 모세혈관이 붉은 육아조직 덩어리를 형성하여 조직사이를 채운다(Gavan 등, 1991). 섬유아 세포는 형성된 반흔 전체에 무작위 방식으로 침착되는 교원질 섬유를 생성하기 시작하고 교원질이 계속해서 증식함에 따라 상처의 장력이 교원질의 합성비율에 따라 빠르게 증식하고 성숙 재형성기에 들어가게 된다 (Pretice, 1994)

조직 수복의 두 번째 시기는 결합조직 기질의 재형성으로 상흔조직이 성숙하는 이 시기는 몇 년간 지속될 수도 있는데 섬유아 세포가 사라지는 것이 특징이며, 교원 섬유들은 초기에 섬유아 세포에 의해 놓여지게 되는데 무작위로 방향을 정하고 있어 결합조직 기질은 약한 상태이다. 재형성기 동안 섬유들은 좀더 조직화된 패턴으로 창상 표면에 평행으로 놓이게 됨에 따라 장력성 강도가 더 커지게 된다. 이러한 재형성에도 불구하고 상흔조직은 이전의 조직만큼 강해질 수 없다. 최고 강도에서 상흔조직은 인접 조직의 70%정도의 강도를 가지며, 혈관 분포가 더 낮으며(Levenson, SM, et al, 1965), 산소와 영양물질 확산 장벽을 만들며 조직에 가해지는 열을 분산시킬 수 있는 능력이 감소된다. 재형성 기전은 교원조직의 재합과 관련되는 것으로 교원은 흡수되고 파이브로 네티인이라는 실을 따라 다시 놓여지게 된다(brant, 1977: Clark, 1988). 교원의 생성과 흡수 사이의 불균형 시에 비정상적인 상흔 조직이 발달되는 것으로 교원이 너무 많이 생성되면 과 형성 상흔 또는 켈로이드 상흔이 된다(성형외과학, 1994).

급성염증과 만성염증 사이의 차이점은 섬유아 세포의 증식의 정도로 만성염증에서는 염증의 지속에 따라 보다 더 많은 섬유아 세포가 형성되고 더 많은 교원이 생성되며 상흔 형성은 더 확장되어진다(Leadbetter, 1990: Carrico 등, 1984).

상처의 치유를 촉진시키기 위해 온열인자를 적용했을 때 교원섬유에 미치는 효과에 대한 여러 실험들이 있었다. Harvey와 Mortimer의 연구에 의하면, 치료적인 초음파의 사용이 각 조직의 아교질 생성의 증가가 있었다고 보고하였으며, 견을 대상으로 한 동물 실험 연구에서 섬유모 세포의 증식과 아교질 생성 및 성숙이 증진되었다는 보고하였다(Best, 1993: Enwemeka, 1989: Enwemeka, 1991: Jackson, 1991).

염증기부터 치료가 시행된 군에서도 34.8%정도의 아교질 농도의 증가가 있었다고 하였다.

Gum 등의 연구에서도 손상 다음 날 부터 14일간 초음파, 레이저 전기자극치료를 시행하여 손상 부위의 아교질 양이 23%정도 증가하였다고 보고하였다(Harvey, 1998: Mortimer, 1988).

증식기에 초음파를 적용하면, 초음파는 세포분열을 자극한다(Ramirez 등 1997)고 하였고, Best에 의하면, 이시기는 섬유모 세포의 증식이 주가 되는 시기로 아교원 섬유와 아교 섬유들의 생성이 왕성하다고 하였다(Best, 1993). 황 등의 연구에 따르면, 증식기에 초음파를 치료한 군에서 대조군에 비해 55.7%의 아교질 농도의 증가가 있었으며, 증식기(손상 후 5일

후부터)에 초음파 치료를 행했을 때 치료 직후 섬유모 세포들의 수가 대조군에 비해 증가된 경향을 보였으며, 교원섬유의 배열에 관한 관찰에서 증식기와 성숙기에 초음파를 적용한 군에서 규칙적인 교원섬유의 배열을 보였다고 하였는데 이들은 증식기의 저장도 단속적 초음파 치료의 시행이 조직학적으로 섬유모 세포들의 출현을 증가시키고, 이것으로 인해 교원섬유들 중 I형 및 III형 아교질 총량이 지속적으로 증가하였다고 보고하면서 이시기의 초음파 적용이 치유증진의 가장 적절한 시기라고 하였다. (황지혜 등, 2000).

성숙기에 심부 투열 치료 방법인 초음파, 초단파 투열기, 극초단파 투열기는 심부 조직에 순환을 증가시키기 위해 사용될 수 있으며, 이러한 심부 투열기의 일차적 효과는 일반적으로 열 효과로 조직온도의 증가, 혈류 증가, 대사율 증가, 근이완, 동통 억제 증가 등이며 심부투열이 효과적으로 사용되기 위해서는 조직 온도를 40 - 45도로 증가시켜야 하는데 심부 조직의 온도가 상승하면 혈류, 섬유아 세포 활동, 교원 섬유 침착, 신생 혈관의 성장이 증가되고, 성숙 교원섬유의 수와 질이 증가하고 증가된 ATP 활동과 피사성 근육 부분이 감소한다(Bansal 등, 1990). 초음파로 투여된 열은 교원질에서 다량 흡수한다(이재형, 1995). 성숙기에 시행된 초음파 치료 후 아교질의 농도를 보면 증식기에 초음파를 투여한 군이나 대조군에 비해 유의한 차이를 보이지 않았다는 보고를 하였다. 이들은 증식기에 적용한 초음파가 보다 많은 섬유모세포의 침윤을 유도해내며, 성숙기에 시행한 치료는 아교질 생성이나 조직학적 소견에 의미있는 영향을 주지 못한다고 보고하였다(황지혜 등, 2000).

본 실험에서 초음파의 적용시기를 증식기로 정하여 투여한 것도 이러한 실험 결과들에 토대를 두고 있다. 실제로 본 실험을 통해 알 수 있었던 사실은 하루에 단 3분간 1주일만을 초음파를 적용하였음에도 광학 현미경 소견 상의 교원질 침착의 차이를 확인 할 수가 있었다. 또한 증식기에 투여한 적외선도 이시기의 교원질 침착에 많은 영향을 미쳤는데 특히 적외선의 표면열 효과(박찬의, 1989)로 인해서 경피 근처의 피부에서 많은 교원질의 침착을 볼 수 있었다. 이러한 것들을 통해서 볼 때 증식기에 손상 조직내로 투여된 열은 상처의 치유에 이로운 영향을 가져다주고, 많은 섬유성 성분들의 침착을 가져올 수 있다. 연구 결과에서 보는 것처럼 교원질의 침착의 정도와 배열의 규칙성에서 적외선 적용군과 초음파 투여군에서 각각 다른 영향을 보이는 데 이것은 또한 향후 치료에서 교원질의 침착을 얼마나 유도할 것인가, 어느 부위에 더 많은 교원질의 침착을 유도할 것인가에 대해서 치료 기구를 적절하게 선택하게 하는 기준으로 사용할 수 있을 것으로 전망된다. 논문 내용에 들어가지는 않았지만, 저자의 실험 중 초기부터 적외선을 적용한 경우, 강도를 조절했을 경우와 초음파 적용군에서 주파수를 변형시켰을 때와 펄스파를 적용한 군 등에서 모두에서 대조군에 비해 교원섬유의 침착정도와 섬유아세포의 침윤정도가 우수한 것을 볼 수 있었다.

이 연구에서 아쉬운 점은 좀더 많은 시간을 투자해서 증식기 이후 재형성기 동안에 지속적으로 적외선과 초음파를 투여함으로 반흔이 과형성 될 것인가 덜 형성될 것인가에 관한 시도를 하지 못했던 점이다. 향후 연구에서 여러 가지 원인으로 인한 조직의 창상발생의 수복에서 과도하게 반흔을 형성시키지 않기 위한 더 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

증식기에 투여된 적외선과 초음파가 교원조직의 형성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 적외선 적용군, 연속 초음파 투여군, 대조군으로 나누어 실험을 실시하였다. 적외선 적용군

에는 중정도의 강도의 적외선을 40cm 거리에서 적용하였고, 초음파 투여군에서는 같은 시기에 0.5 MHz의 단속초음파를 3분간 투여하고, 대조군은 그대로 방치하였다.

1. 적외선 적용군에서 실험 종료 후 광학 현미경상 섬유아 세포의 많은 침윤(in-filtration)과 치밀한 교원섬유의 형성 정도를 보였다.

2. 초음파 투여군은 대조군과 비교해 많은 섬유아 세포의 침윤과 치밀한 결합조직의 침착과 규칙적인 배열을 보였다.

3. 대조군의 경우 섬유아 세포의 침윤이 관찰되었으나 육안적 소견상으로 실험 종료 시 섬유아 세포의 치밀성의 정도와 배열에 있어서 적외선 적용군과 초음파 투여군에 비해서 미약하였다.

4. 적외선 적용군에서는 경피 근처의 피부에서 더욱 많은 섬유아 세포의 형성과 규칙적인 배열을 들 수 있었고, 초음파 투여군에서는 피부의 깊이에 관계없이 전체에 걸쳐 규칙적인 섬유아 세포의 형성을 관찰할 수 있었다.

이상에서 보는 것과 같이 적외선 적용군과 초음파 투여군 모두에서 규칙적이고, 치밀한 섬유아 세포조직의 형성을 관찰할 수 있었고, 대조군과 비교해 우수한 것으로 관찰되었으며, 특히 적외선 적용군에서는 경피에 인접한 부위가, 초음파 적용군에서는 피부 조직 전체에 걸쳐서 치밀한 교원조직의 형성을 관찰 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 박찬의. (1989). 광선치료학. 서울: 대학서림
- 대한병리학회. (1995). 병리학. 서울 : 고문사.
- 박래준 외. (2001). 물리치료대백과사전, 서울 : 도서출판 나눔의 집
- 이재형.(1995). 전기치료학. 서울 : 대학서림
- 강태도, 장기연, 박동식, 김선복, 정은하. (1999). 화상 후 비후성 반흔에 대한 비수술적 치료 효과의 초음파 검사 비교. 대한 재활의학회지 23(2): 397 - 404
- 황지혜, 강세윤, 김현숙, 신현보. (2000). 흰쥐 아킬레스힘줄 손상 후 단속적 초음파 치료의 치유효과. 대한재활의학회지. 24(5): 824-835.
- 쓰르미 등. (1974). 병증의 발생기전, 일본: 약국 25(1,2). 367-372.
- 아베부. (1974). 염증. 일본 : 약국 25(1,2). 373-378.
- 上田敏. (1994). 他 篇. Rehabilitation. 基礎醫學 第2版 日本: 醫學書院
- Dean P.C., Roger M.N. (1992) *Dynamics of Human Biologic Tissues*, Philadelphia: F.A Davis.
- Best TM, Collins A, Lilly EG, Seaber AV, Goldner R R, Murrell GA. (1993). Achilles tendon healing: A correlation between functional and mechanical performance in the rat. J onhop Res. 11(6). 897 - 906.
- Boyadjiev C., Popchristova J.(1995)Histomorphologic change in keloid treated with kenacort. J Trauma. 38(2) : 299 - 302.
- Carrico TJ, Mehrhol AI, Cohen IK. (1984). Biology and wound healing, Surg Clin. North Am 64(4), 721 - 734.

Cheng N (1982), The effects of electrocurrents on ATP generation, protein synthesis and membrane transport, *J Orth Res*, 171: 264-272 .

Enwaneka CS. (1989). Inflammation, cellularity, and fibrillogenesis in regenerating tendon: Implications for tendon rehabilitation. *Phys Ther*. 69: 816 - 825.

Enwaneka, CS. (1990). Ultrastructural changes induced by cast immobilization in the isolated soleus tendon. APTA annual conference abstract R-123, Anaheim, CA. June 24-28 : 60.

Enwaneka C.S. (1989). The effects of therapeutic ultrasound on tendon healing. *Am J Phys Med Rehabil* .68(6) : 283 - 287

Enwaneka CS. (1991). Connective tissue plasticity: Ultrastructural biomechanical, and morphometric effect of physical factors on intact and regenerating tendons. *Orthop Sports Ther*. 14(5): 198 - 212.

Goldstein, WM and Barnada R.(1984). Early mobilization of rabbit medial collateral ligament repairs. Biologic and histologic study. *Arch Phys Med Rehabil* 65 : 239 - 242.

Govan A.D.T., Macfarlane P.S., Callander R.(1991). *Pathology illustrated*, Churchill Livingstone, 3: 76-83.

Goldspink DF.(1977). The influence of immobilization and stretch on protein turnover in rat skeletal muscle. *J Physiology* , 267-282

Halar EM, Bell KR. (1993). Contracture and other deleterious effects of immobility. *Rehabilitation Medicine Principle and Practice*, 2, Philadelphia, 681-699

Harvey B, Dyson M, Pond JB, & Grahame R. (1988). The stimulation of protein synthesis on human fibroblasts by therapeutic ultrasound. *Rheumatol Rehabil* . 14: 237-249.

Krusche T, Worret WI. (1995). Mechanical Properties of keloids in vivo during treatment with intralesional triamcinolone acetonide. *Arch Dermatol*. 131 : 742 - 743

Leadbetter, W. (1990). Introduction to sports-induced soft-tissue inflammation, Park Ridge, Ill. American Academy of Orthopaedic Surgeons.

Prentice W.E. (1994). *Therapeutic modalities in sports medicine*. 3rd edition: 13-27.

Mortimer AJ, Dysort M. (1988). The effect of therapeutic ultrasound on calcium uptake in fibroblasts. *Ultrasound Med & Biol*. 14(6): 499 - 506.

Ramirez A.(1997). The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblast proliferation in vitro. *Med sci sports Exercise*. 29 : 326.

그림
트라이크롬 염색

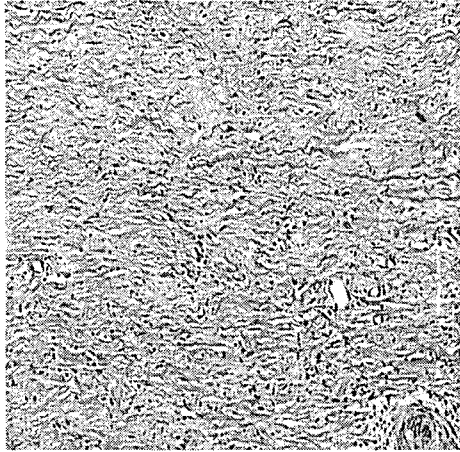


그림 1. I 군 x 100

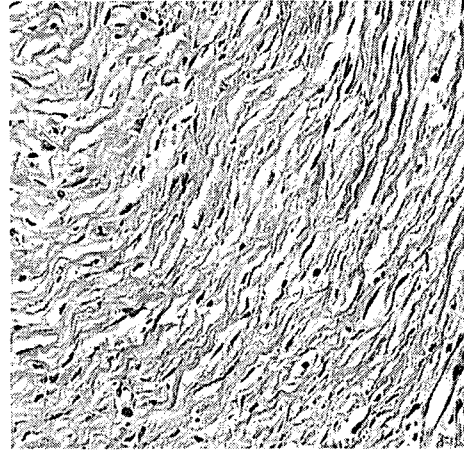


그림 2. I 군 x 200

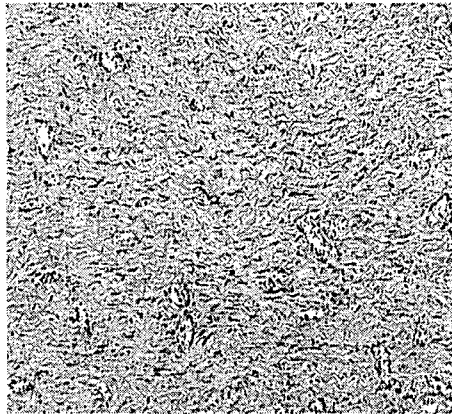


그림 3. II 군 x 100

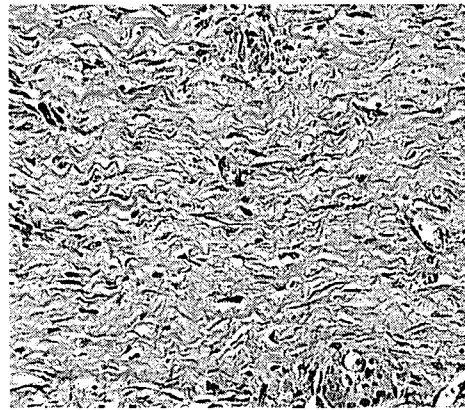


그림 4. II 군 x 200

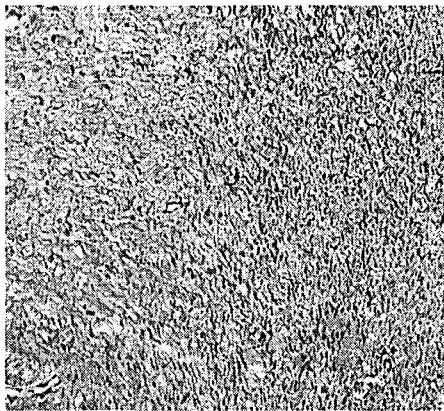


그림 5. 대조군 x 100

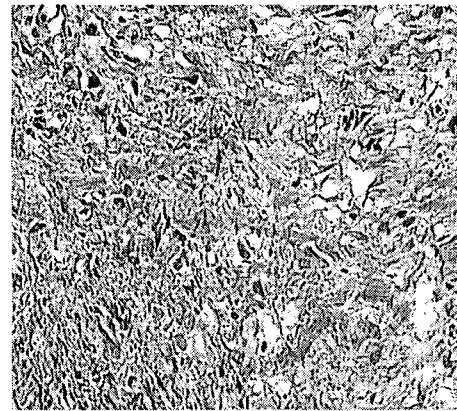


그림 6. 대조군 x 200

H-E 염색

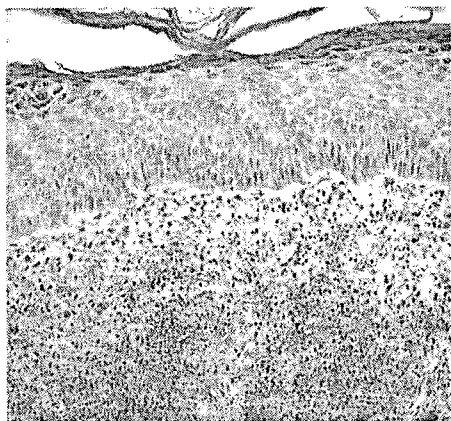


그림 7. I군 x 100

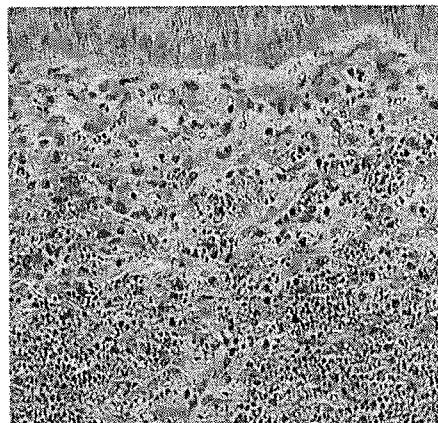


그림 8. I군 x 200

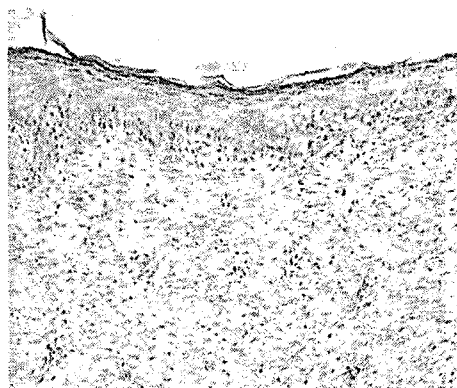


그림 9. II군 x 100

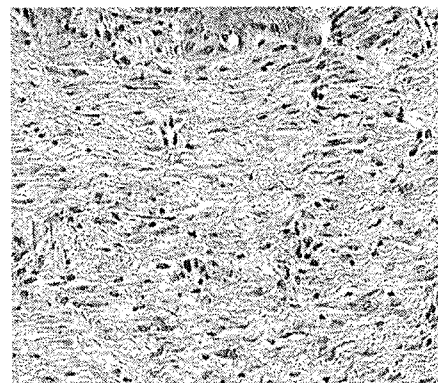


그림 10. II군 x200

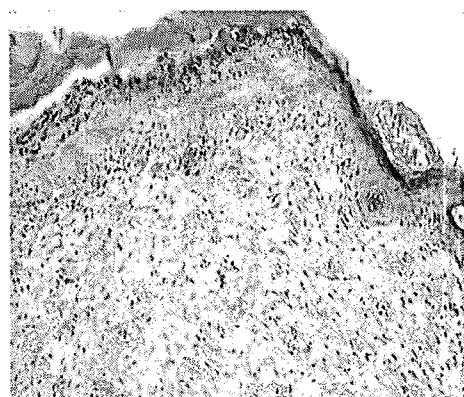


그림 11. 대조군 x 100

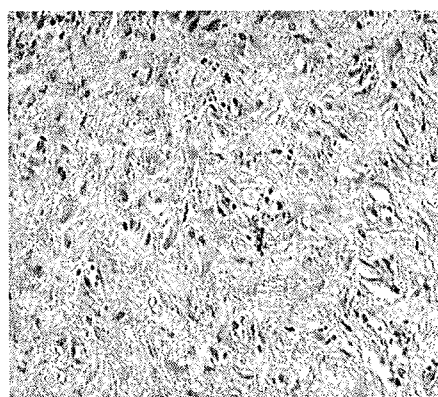


그림 12. 대조군 x 200