

Skin Stretching Device를 이용한 피부결손의 일차봉합: 신장된 돼지 피부의 형태학적 연구 및 임상경험

계명대학교 의과대학 성형외과학교실

예춘호·송중원·강진성

계명대학교 의과대학 병리학교실

김 상 표

=Abstract=

PRIMARY CLOSURE OF SKIN DEFECTS USING A SKIN STRETCHING DEVICE: MORPHOLOGIC STUDY OF THE STRETCHED PORCINE SKIN AND CLINICAL EXPERIENCES

Choon Ho Ye, M.D., Joong Won Song, M.D., Jin Sung Kang, M.D.

*Department of Plastic and Reconstructive Surgery
Keimyung University School of Medicine, Taegu, Korea*

Sang Pyo Kim, M.D.

*Department of Pathology
Keimyung University School of Medicine*

A common goal of plastic surgeons facing skin defects those are difficult to close primarily is providing proper tissue replacement for the defects with minimal scars. To permit closure of problematic areas of skin shortage that might otherwise have required grafts or flaps, harnessing adjacent extra skin using skin expansion, presuturing or skin stretching is best choice.

A skin stretching device is designed to exploit the viscoelastic properties (creep and stress relaxation) of skin using increasing stretching force on the skin margins. It is easy and simple in application on an outpatient basis or at bedside. Preoperative stretching can save operation time and delayed stretching is indicated following severe trauma.

We experienced 11 cases of difficult skin defects on the face, scalp, elbow, chin, lower

leg and heel. All were closed directly 2 to 7 days after stretching without complications.

To elucidate the morphologic changes of the stretched porcine skin, a 7×10cm skin defect was created on the back of pig followed by direct closure of that defect 5 days after stretching. Histologic studies were performed with light and electron microscopes 1, 3, 7 and 14 days after stretching respectively.

The results were as follows:

1) One day after stretching, collagen bundles realigned along the direction of stretching force and collagen fibrils became slender with increased diameter discrepancies. Microfragmentation of elastic fibers appeared

2) Three days after stretching, elastic fibers were mostly fragmented and some activated fibroblasts with mild collagen production were noted.

3) More rough endoplasmic reticulum (RER) appeared within the activated fibroblasts 7 days after stretching. Collagen fibers were synthesized by activated fibroblasts and collagen fibrils became thicker with decreased diameter discrepancies. Regeneration of elastic fiber increased.

4) Fourteen days postoperatively, collagen fibers began to show normal findings of control group and elastic fibers were completely regenerated and all findings were same as control group.

Key Words: Skin stretching, Viscoelastic property

I. 서 론

최근 산업재해 및 교통사고의 증가로 조직 손상의 형태가 복잡다양해졌지만 식피술 각종피판술과 미세수술의 발달로 이제는 일차봉합이 불가능한 어려운 형태의 조직결손이라도 재건이 가능하게 되었다. 가장 손쉽게 재건할 수 있는 방법은 식피술인데 이 방법은 술후 반흔이 크고 불규칙하며 인접 정상피부와 색깔이 다르다는 단점들이 있고, 피판술은 수혜부 및 공여부에 흉한 반흔을 남기며 많은 시간과 경비가 요구된다. 따라서 일차봉합이 불가능한 결손부를 최소한의 반흔을 남기면서 미용적으로나 기능적으로 만족할만하게 재건해 주기 위해서는 결손부 주변의 피부를 늘려서 일차봉합이 가능하도록 해 주는 것이 가장 간단하면서도 효과적인 방법이라 하겠다.

Gibson과 Kenedi¹는 피부를 늘어날 수 있는 한계(extensibility)이상으로 잡아당기면 피부가 더욱 늘어나는 것을 알게 되었는데, 이는 피부의 4가지

특성, 즉 긴장성(tension property), 신전성(extensibility), 방향성(directional property), 점탄성(viscoelastic property) 중 점탄성의 원리에 기초를 두고 있다.

이 점탄성을 이용하여 피부를 늘리는 여러 가지 방법들이 고안되었는데 이러한 방법들로는 피부확장술(skin expansion)²⁻⁴, 전봉합(presuturing)⁵과 피부신장술(skin stretching)⁶ 등이 있다.

피부확장술은 Neumann²이 소이증 재건을 위해 조직확장기를 사용한 이후 Radovan³이 기구(balloon)를 이용하여 시도함으로써 조직확장기 사용에 의한 연부조직 확장을 응용, 발전시켰고 Sasaki⁴는 술중조직확장법(ISLE: Intraoperative Sustained Limited Expansion)을 시도하기도 하였다.

전봉합(presuturing)은 Liang 등⁵에 의해 시도된 방법으로써 수술받기전 절제할 병변주위에 수평 메트리스봉합을 시행하여 피부를 신장시킨 다음 병변제거후 이 신장된 피부를 이용하여 직접 봉합해 주는 방법으로 국내에서도 공봉택등⁷이 임상적으로

사용하였다. 피부 신장술은 피부신장기(skin stretching device)를 이용하여 피부를 지속적으로 당겨서 피부를 늘리는 방법으로 Hirshowitz 등⁸에 의해서 고안되었다. 이 방법은 창상연에 균등한 힘이 서서히 가해지므로 전봉합(presuturing)에 비해 피부를 더 많이 늘릴 수 있으면서, 창상연의 괴사를 예방할 수 있다. 또 최소 두차례의 수술이 필요하며 수개월간 확장시켜야 하는 피부 확장술과는 달리 피부신장기는 병실이나 외래에서 간편하게 사용하여 피부를 단시일내에 늘릴 수 있기 때문에 환자는 시간과 경비를 절약할 수 있는 장점이 있다.

저자들은 어린돼지(10kg 내외) 피부가 조직적으로, 사람과 비슷하고 피부두께와 함유된 elastin 양도 사람과 비슷하기 때문에 동물실험재료로 어린 돼지를 선택하였으며, 피부신장기로 신장시킨 돼지 피부의 단계적인 조직형태학적 변화를 광학현미경 및 전자현미경을 이용하여 관찰하였으며, 임상적으로 11례의 환자에서 두피, 안면부, 하지에 외상에 의해 생긴 피부결손들과 턱과 주관절부의 비후성반흔, 하지의 함몰된 반흔 및 안면부의 편평상피세포암을 절제한 후 생긴 피부결손을 피부신장기를 사용하여 합병증 없이 만족할 만한 결과를 얻었기에 문현고찰과 함께 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

10Kg 전후의 요오크샤 돼지 10마리를 대상으로 시술하였다. Ketamine HCL-acepromazine mealeate 혼합액을 25mg/kg 근육주사하여 마취시킨 후 수술직전에 penicillin G 40만 단위를 1회 근육주사하였다. 사지를 고정하고 등의 털을 깎은 다음 povidone-iodine 용액으로 소독한 후 7×10cm 크기의 전총피부를 돼지의 등에서 절제하였다. 피부신장기(skin stretching device)의 trocar를 창상연 가장자리로 부터 약 3-4mm 바깥의 진피내에 창상연과 평행하게 꽂은 후 clamp device를 trocar 바로 뒤에 장치하여 저항감이 느껴지기 시작할 때까지 tension knob을 돌려서 양편 창상연을 서로 전진시켰다. 4~5시간이 지난 후 느슨해진 clamp device의 tension knob을 다시 조아서

창상연을 점차적으로 전진시켰다. 이러한 “wait and clamp procedure”를 창상연이 서로 맞닿을 때까지 계속하여 5일만에 창상연이 맞닿게 하였고 그 이후로는 더이상 피부를 신장시키지 않았다. 이후 1일정도 기다린 후 clamp device 및 trocar를 제거한 후 긴장감 없이 창상연을 직접 봉합해 주었다(Fig. 1). 술후 1일, 3일, 7일, 14일 후에 trocar 바로 뒤의 신장된 피부를 생검하여 일부 조직은 광학현미경적 관찰을 위하여 10% 프로말린 용액에 고정시킨 후 탈석회화(decalcification) 과정 없이 통상적인 방법으로 파라핀 블록을 만들어서 4-6μm 두께로 박절한 뒤, hematoxylin-eosin 염색과 orcein 염색을 실시하여 관찰하였다. 또한 일부 조직은 투과전자현미경적 관찰을 위하여 1×1×1mm의 크기로 세절하여 2.5% glutaraldehyde 용액 (0.1 M PBS)으로 1-4°C에서 2시간 전고정을 하고 0.1M phosphate buffer로 수세한 후 1% OsO₄ 용액에 2시간 후고정을 실시한 다음 같은 완충용액으로 세척하여 계열에탄올로 탈수를 하였다. Propylene oxide로 치환한 후 Luft 방법⁹에 의한 epon 혼합물로 포매하여 37°C에서 12시간, 45°C에서 12시간, 60°C에서 48시간동안 방치하여 열중합을 시켰다. 포매된 조직을 1μm 두께로 박절한 후 toluidine blue 염색을 하여 관찰부위를 결정한 다음 초박절은 Sorvall MT 5000형 초박절기에 Dupont 다이아몬드 칼을 부착하여 회백색(40-60nm)의 간섭색을 나타내는 초박절편을 얻어서 grid에 부착하여 Waston¹⁰ 및 Reynolds 방법¹¹에 의한 uranyl acetate와 lead citrate로 이중전자염색을 실시하여 Hitachi H-600형 투과전자현미경으로 관찰하였다.

III. 결 과

가. 대조군

표피층 직하방의 유두상 진피는 미세한 교원섬유, 많은 혈관 및 세포성분들로 구성되었고 망상진피는 주로 굵은 교원섬유들이 조밀하게 배열되어 있었으며 이와 더불어 절단되지 않거나 부분적으로 절단된 탄성섬유들이 교원섬유 사이사이에서 관찰되었다. 교원섬유다발들 사이에 수상돌기 모양의

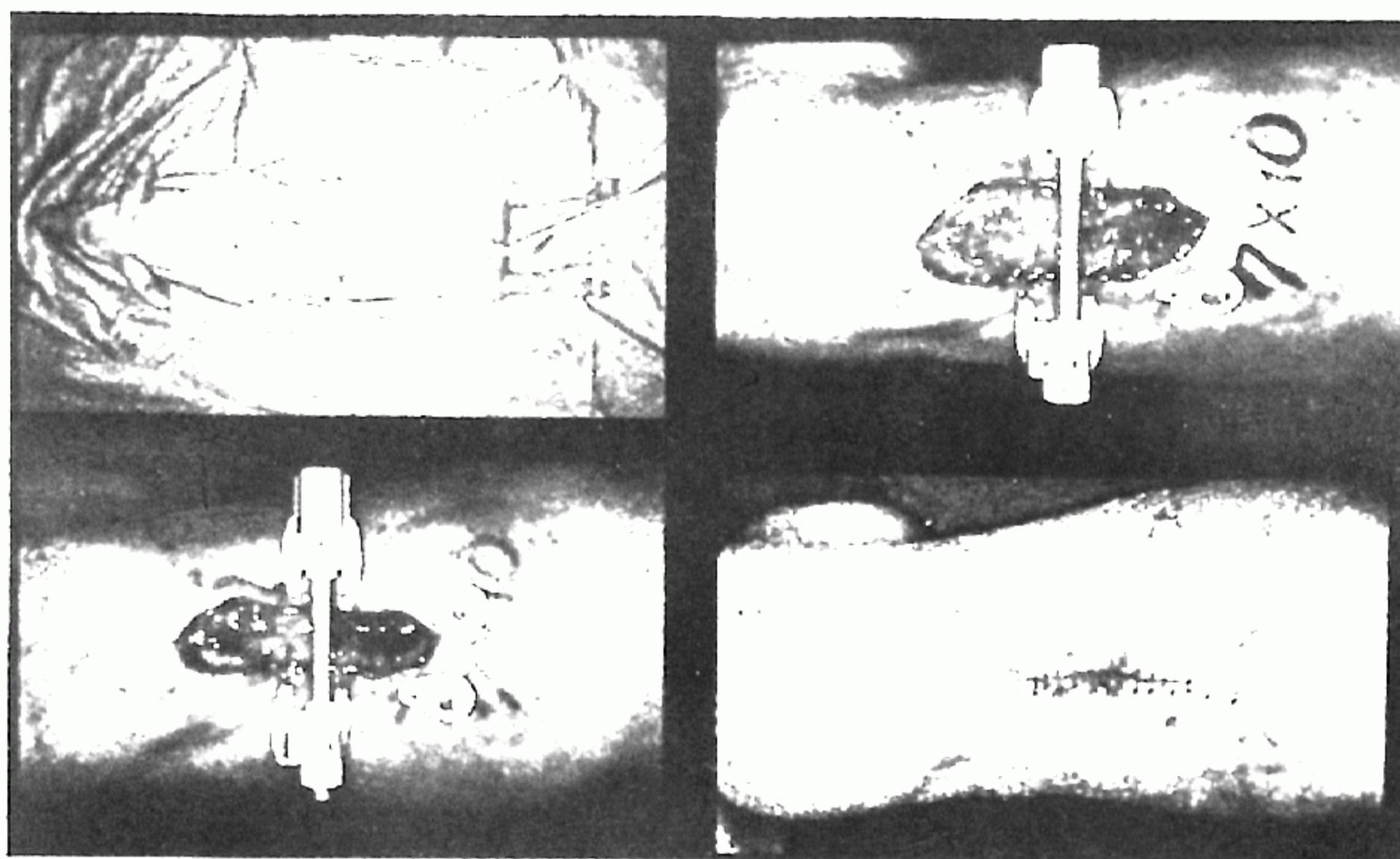


Fig. 1. (Above left) Permanent skin markings : 7×10cm. (Above right) Following excision of the skin, the trocars of the skin stretching system were placed along the wound edge, and the dermal hooks are placed behind the trocars, wait and clamp procedure were applied (Note that there had been no undermining). (Below left) After applying wait and clamp procedure, the original 7.0cm wound defect has reduced to approximately 3.0cm. (Below right) Five days later, the wound margins were approximated and sutured without tension.

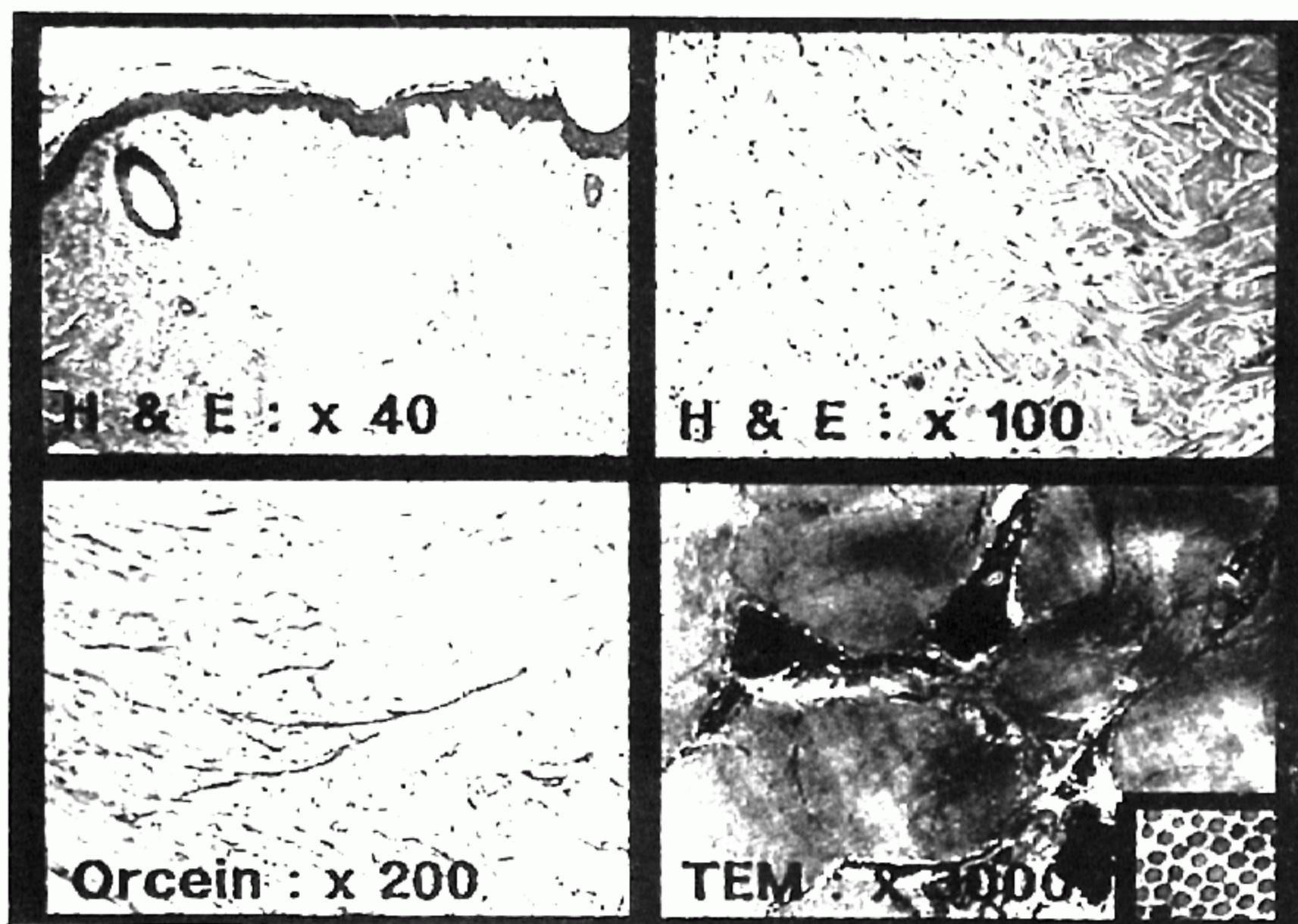


Fig. 2. Photomicrograph of control group. (Above left) Papillary dermis shows compactly arranged fine bundles of collagen. (Above right) Reticular dermis shows unorientated thick bundles of collagen and many inactivated fibroblasts are seen between the collagen bundles. (Below left) Elastic fibers in the reticular dermis are found non-fragmented or partially-fragmented appearance, chiefly parallel to the surface of the skin. (Below right) Collagen fibrils are compactly arranged and dendritic shaped inactivated fibroblasts are noted between collagen bundles. The diameter of collagen fibrils is constant (Inset).

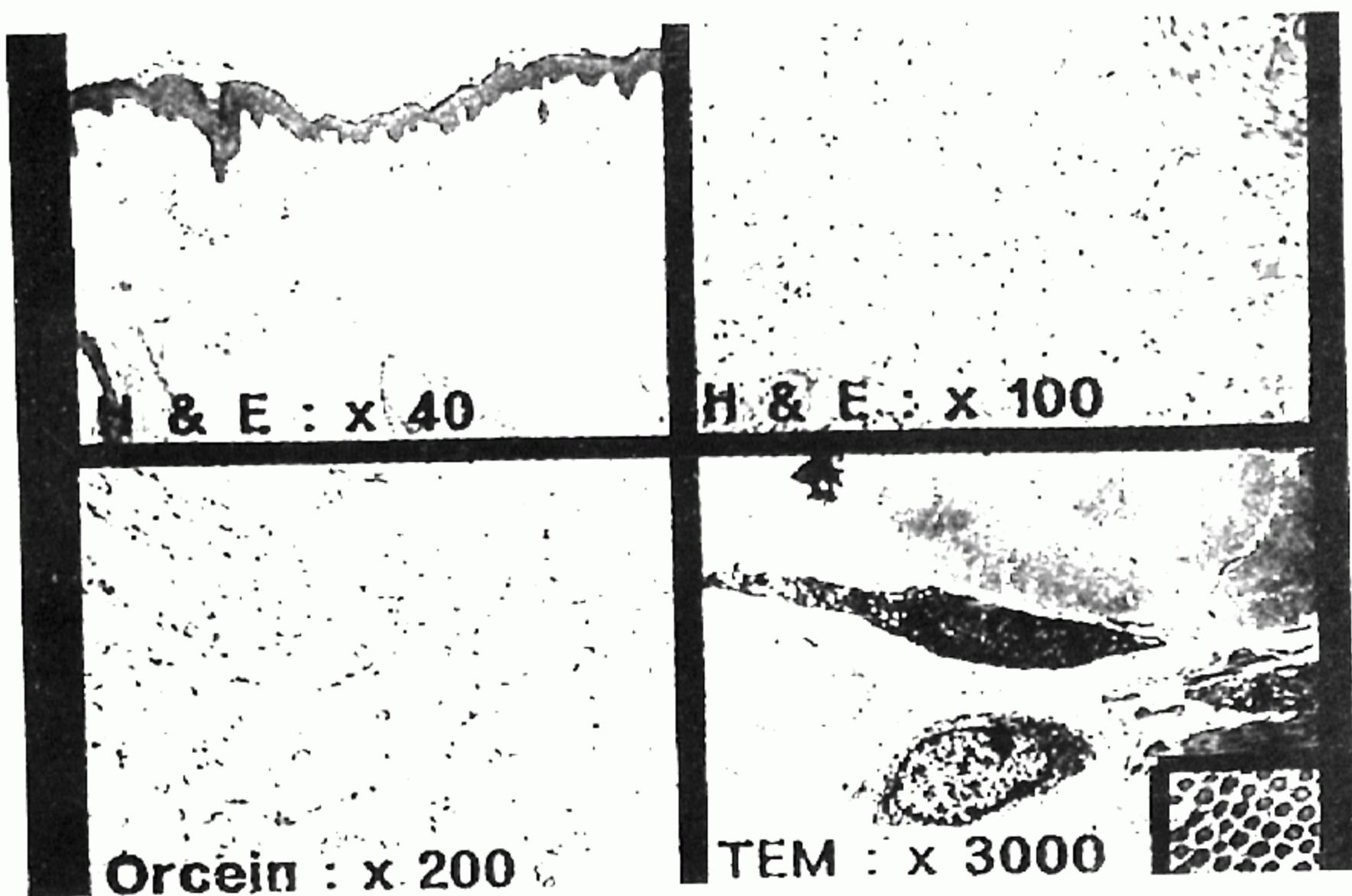


Fig. 3. Photomicrograph of one day after skin stretching. (Above left) Collagen fibers are surrounded by mild increased mucopolysaccharide ground substance and tissue fluid. (Above right) Individual collagen fibers are realigned to the stretched direction and sometimes changed more irregular and thin. (Below left) Fragmented elastic fibers are noted in the reticular dermis. (Below right) Slight dilatation of rough endoplasmic reticulum of fibroblasts. The diameter of some collagen fibrils is slightly reduced (Inset).

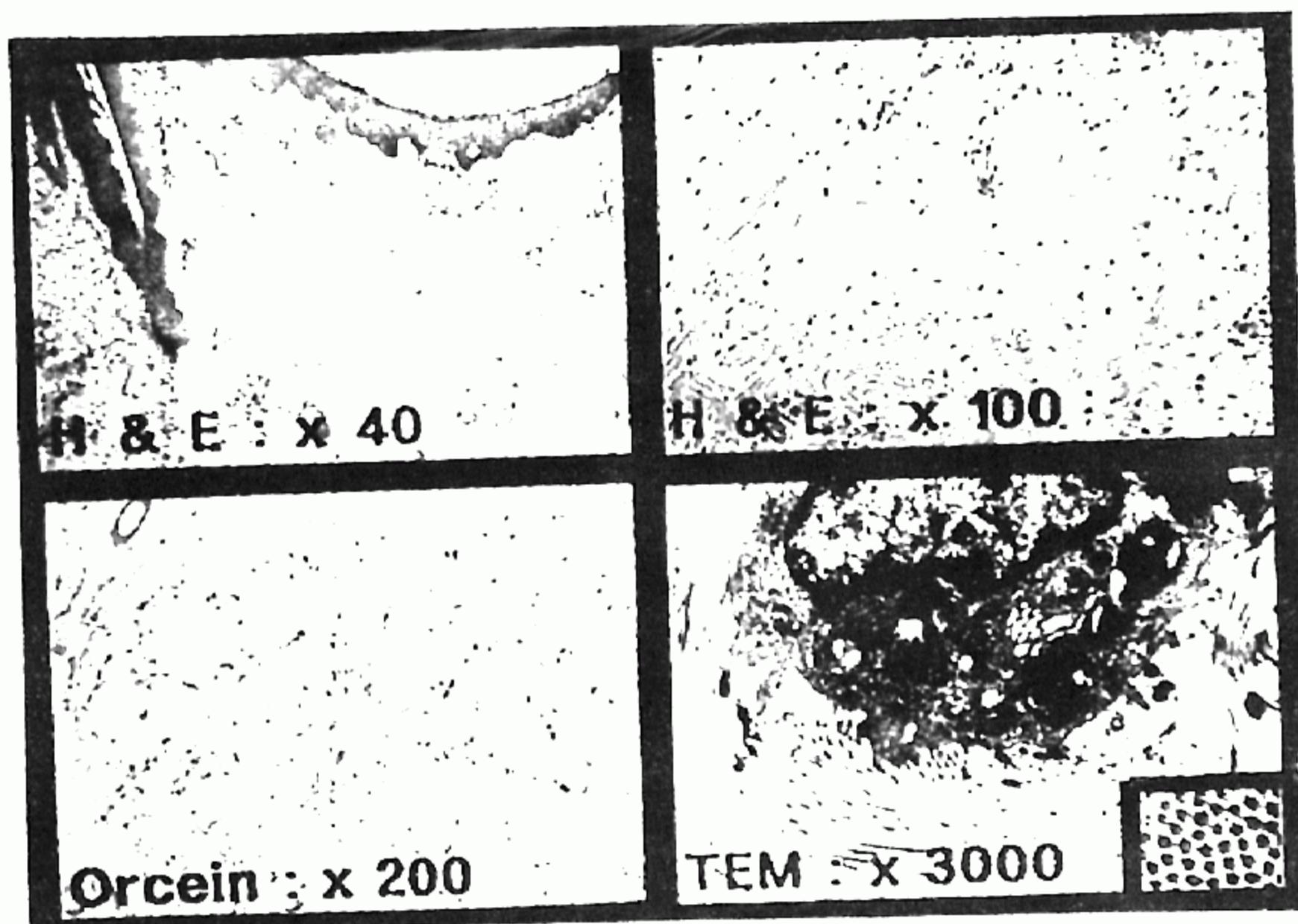


Fig. 4. Photomicrograph of three day after skin stretching. (Above left) Individual collagen fibers are more realigned to the stretched direction. (Above right) Some activated fibroblasts are present within dermal stroma. (Below left) Fragmented elastic fibers are mostly fragmented in the reticular dermis. (Below right) Some activated fibroblasts with mild collagen production are noted. The diameter of collagen fibrils is more reduced and quite variable (Inset).

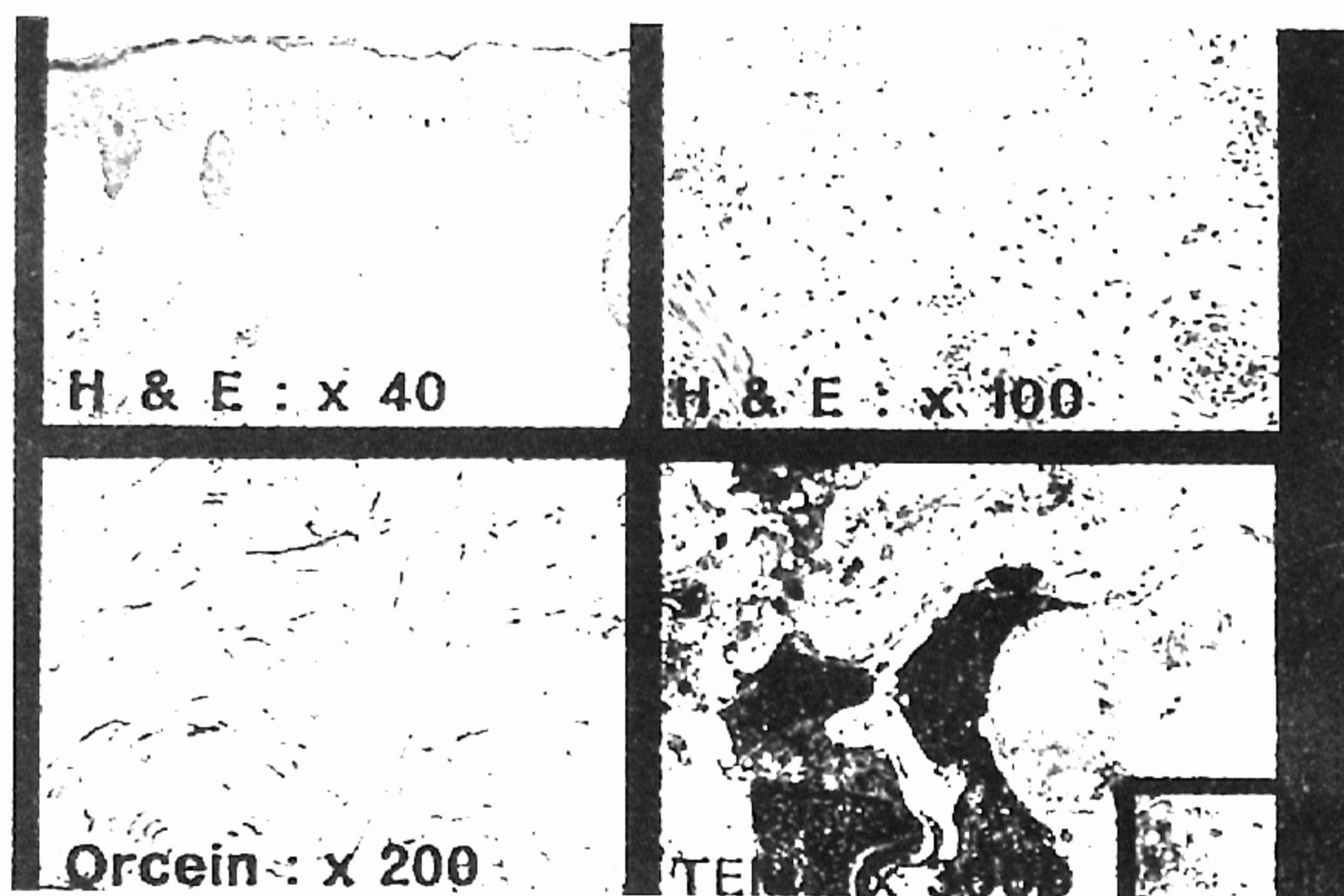


Fig. 5. Photomicrograph of one week after skin stretching. (Above left) Epidermis is mild hyperplastic change and increased mucopolysaccharide ground substance (Above right) Marked activated dermal fibroblasts are noted between the collagen bundles (Below left) Regenerative elastic fibers are frequently seen in the reticular dermis. (Below right) Marked increased rough endoplasmic reticulum of activated fibroblasts with active collagen formation is present. The diameter of collagen fibrils is relatively constant (Inset).

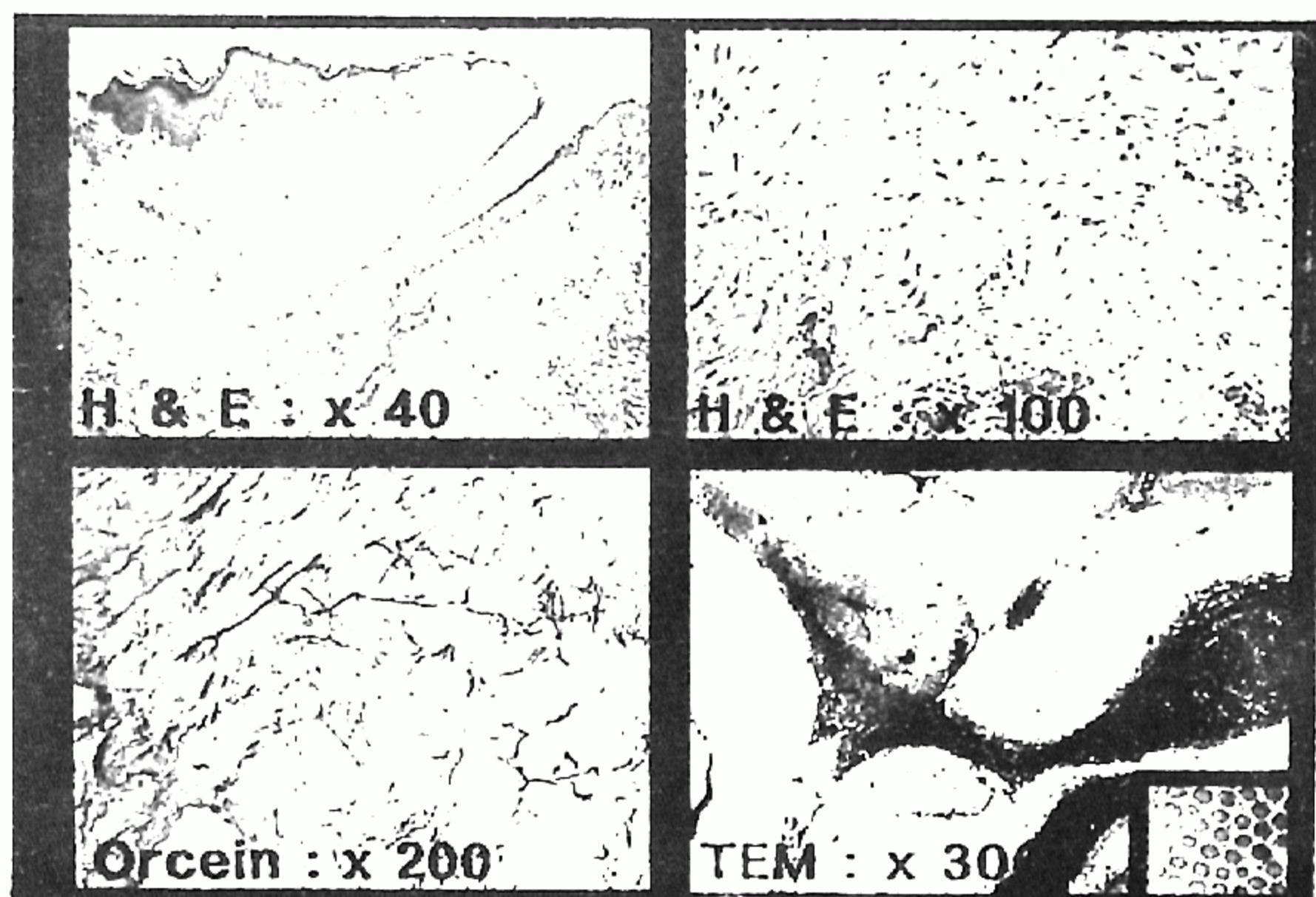


Fig. 6. Photomicrograph of two weeks after skin stretching. (Above left) Mucopolysaccharide ground substance is markedly reduced. (Above left) The dermal collagen bundles reveal relatively compact rearrangement with some activated fibroblasts. (Below right) Elastic fibers are completely regenerated. (Below right) Dermal collagen fibrils and fibroblasts show same findings of control group. The diameter of collagen fibrils is constant (Inset)

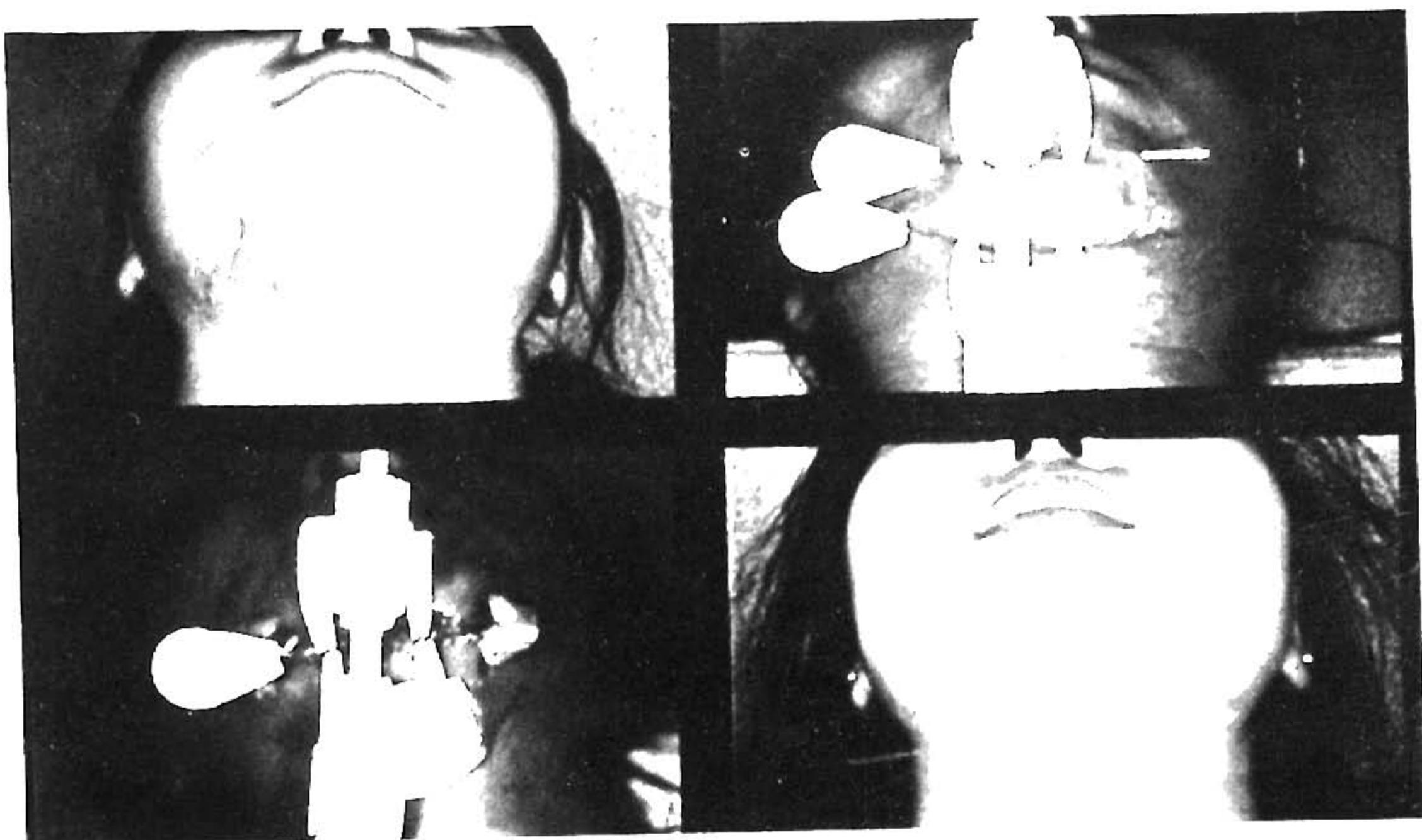


Fig. 7. Case 1. (Above left) A 23-year-old woman with 8×6 cm hypertrophic scar after thermal burn injury of the chin. (Above right) Under local anesthesia, the skin stretching device was employed without excision of the scar for three days. (Below left) Following excision of the scar, the skin stretching device was reemployed for another two days. (Below right) Patient at one month follow up.



Fig. 8. Case 2. (Above left and right) A 24-year-old woman, who had previously undergone skin graft, with 7×5 cm depressed scar of the right medial leg. (Below left) Under local anesthesia, the skin stretching device was employed without excision of the scar for three days. (Below right) Two months postoperative.

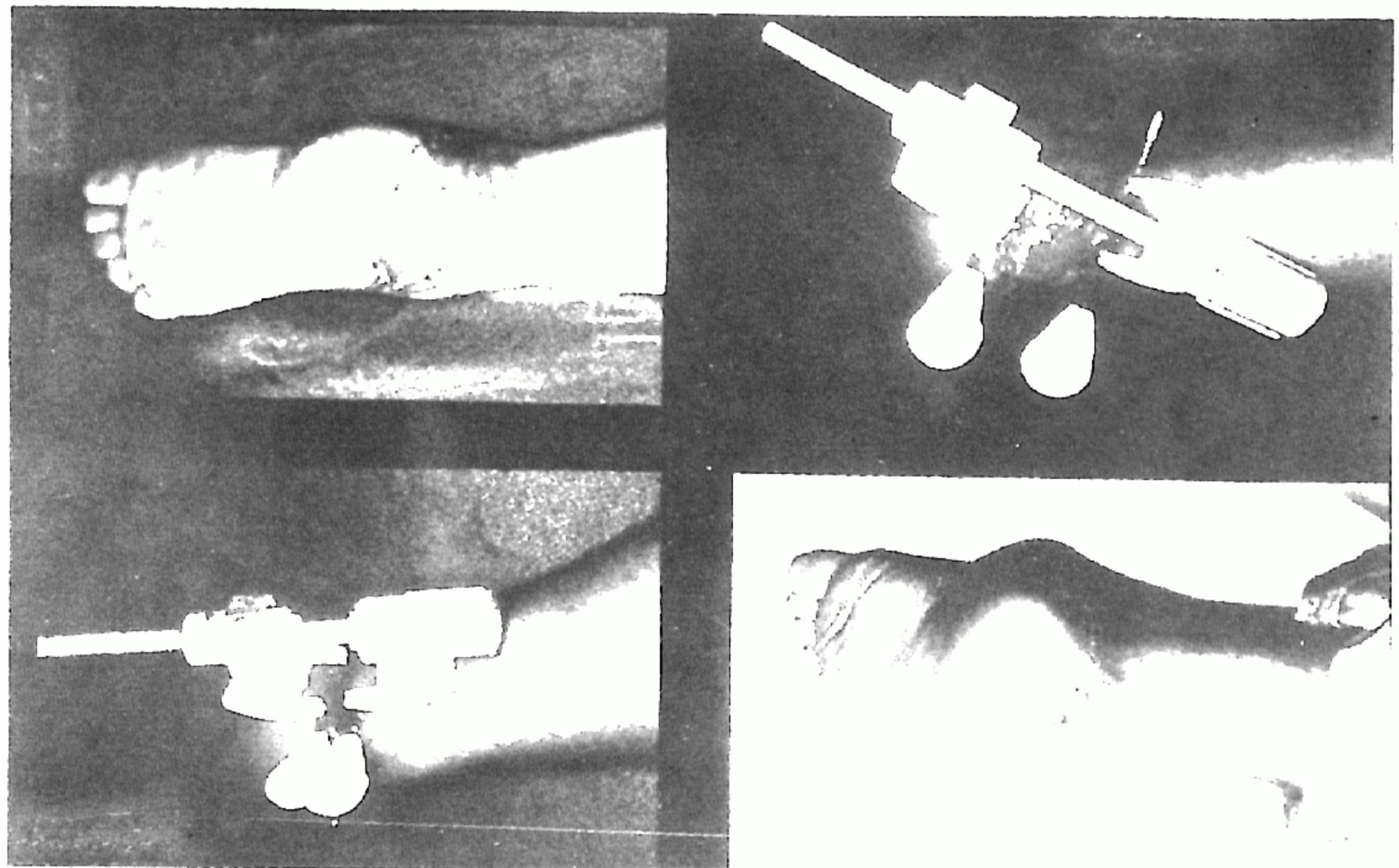


Fig. 9. Case 3. (Above left) A 60-year-old man with squamous cell carcinoma of the cheek. (Above right) Following excision of the lesion, the defect measured 8×7cm. (Below left) Skin stretching device was employed intraoperatively. (Below right) One week postoperative.

섬유아세포들이 존재하였으며 드물게 elastin matrix가 보였고 각 교원세섬유들 간의 직경차이는 없이 거의 동일하였다(Fig. 2).

나. 실험군

신장시작후 제 1일에는 망상 진피의 교원섬유들이 신장력의 방향과 평행하게 재배열되기 시작하였고 교원섬유들 간의 간격이 조금 넓어져 있다. 탄성섬유들이 대조군에 비해 자주 절단된 소견을 보여주었고 염증세포의 침윤은 관찰되지 않았다. 교원세섬유의 직경이 대조군에 비해 감소되었으며 이들 직경이 차이를 보이기 시작하였다. 소수의 섬유아세포들에서 거친면 세포질 내세망(rough endoplasmic reticulum)의 경미한 확장이 관찰되었다(Fig. 3).

신장시작후 제 3일에는 교원섬유다발의 재배열이 더 뚜렷해지고 교원섬유들 간의 간격이 제 1일 군에 비해 더욱 넓어지면서 기질성분이 증가하였다. 교원세섬유의 직경은 제 1일군에 비해 더 감소하였고 더 큰 직경차이를 보였으며 탄성섬유들의

절단이 아주 많이 관찰되었다. 거친면 세포질 내세망을 많이 가진 활성화된 섬유아세포들이 출현하였으며 교원섬유를 생성하기 시작하였다(Fig. 4).

신장시작후 제 7일 즉, 신장종료후 제 2일에는 교원섬유들간의 간격이 보다 더 넓어지면서 기질성분이 증가하였고 거친면 세포질 내세망을 많이 가진 많은 수의 활성화된 섬유아세포들이 교원섬유 및 탄성섬유들을 활발히 생성하였고 일부에서 교원세섬유의 직경이 증가하면서 이들 직경차이는 감소하였고 밀집되는 양상이 보였다(Fig. 5).

신장시작후 제 14일 즉, 신장종료후 제 9일에는 교원섬유 다발이 무작위하고 조밀하게 배열되었으며 교원세섬유의 직경이 증가하고 이들 직경의 차이가 거의 없이 동일하게 되었으며 탄성섬유들은 완전히 재생되어 전반적으로 대조군과 유사한 소견을 보였으나 국소적으로 소수의 활성화 된 섬유아세포들이 관찰되었다(Fig. 6).

다. 임상증례

저자들은 1995년 2월부터 8월까지 두피, 안면

또는 하지에 외상에 의해 생긴 피부결손 7례와 턱의 비후성반흔, 주관절부의 비후성 반흔 또는 하지의 함몰된 반흔을 주소로 내원한 환자 3례와 뺨에 생긴 편평상피세포암 제거후 생긴 피부결손 1례에서 피부신장기를 이용하였다(Table I). 외상에 의한 피부결손 7례는 병실에서 피부신장기를 장착하였고 피부신장이 끝난후 역시 병실에서 직접 봉합하였다. 반흔을 주소로 내원한 3례에서는 병실에서 반흔주위의 정상피부에 skin stretching device를 장착시켜 술전에 피부를 미리 신장시킨 후 수술실에서 반흔을 절제하고 직접 봉합하였다. 편평상피세포암을 주소로 내원한 1례는 수술실에서 종양을 제거후 술중에 피부 신장을 시도한후 직접 봉합해 주었다. 피부신장을 시도한 후 대개 2~7일(평균 4.9일)내에 직접 봉합이 가능하게 되었고 특별한

합병증은 없었다.

증례 1(Fig. 7):

23세 여자환자로 턱에 있는 화상에 의한 비후성 반흔을 주소로 내원하였다. 비후성 반흔의 크기는 8×6cm였다. 술전에 3일간 피부신장을하여 반흔의 폭을 2cm까지 줄였으나 비후성반흔이 중간에서 더 튀어나와 이것이 신장력에 저항으로 작용하였다. 그래서 이 비후성반흔을 절제후 다시 피부신장시켜 2일후에 직접봉합이 가능하게 되었다. 피부신장후 입술이 뒤집어지는 것을 우려했으나 다행히 입술은 원위치에 유지되었고 환자는 만족하였다.

증례 2(Fig. 8):

24세 여자환자로 개에 물려 식피술을 받은후 생긴 장단지 내측의 7×5cm 크기의 함몰된 반흔을 주소로 내원하였다. 술전에 3일간 미리 반흔 주위

Table I. Patient Summary

Case	Sex/Age	Indication	Site	Size(cm)	Length of stretching(day)	Complication
1	F/23	Hypertrophic scar (burn)	Chin	8×6	5	0
2	F/24	Depressed scar (dog biting)	Leg	7×5	3	0
3	M/60	Squamous cell carcinoma	Cheek	8×7	Intraoperative	0
4	F/21	Skin defect (traffic accident)	Heel	8×5	7	0
5	M/37	Skin defect (traffic accident)	Cheek	7.0×4.5	5	0
6	M/60	Skin defect (trauma)	Scalp	6×4	6	0
7	M/19	Skin defect (traffic accident)	Leg	8×5	7	0
8	F/57	Skin defect (traffic accident)	Heel	6×4	7	0
9	M/33	Skin defect (traffic accident)	Scalp	4×4	7	0
10	F/30	Hypertrophic scar (burn)	Elbow	13×8	2	0
11	M/36	Skin defect (traffic accident)	Scalp	6×5	5	0

M : Male

F : Female

의 정상 피부를 신장시킨 후 반흔을 절제하고 일차 봉합하였다.

증례 3(Fig. 9):

60세 남자환자로 뺨에 생긴 편평상피세포암을 주소로 내원하였다. 종양제거후 생긴 $8 \times 7\text{cm}$ 크기의 피부결손을 술중(intraoperative)에만 피부신장후 직접봉합하였다.

IV. 고 찰

일차봉합이 불가능한 피부결손부는 대개 식피술이나 피판술로 창상을 덮어준다. 그러나 이 방법은 술후에 공여부나 수혜부에 반흔을 많이 남기므로 미용적으로 좋지 않다. 이런 경우 주변의 피부를 늘려서 봉합이 가능하게 해주면 미용적으로 반흔이 가장 적게 남을 뿐 아니라⁴ 피부의 질감이나 색깔이 거의 같고, 감각이 있으며, 피부부속기(모낭, 한선, 피지선)를 유지할 수 있다.

사람의 신체 일부를 인위적으로 늘리는 것은 오래전부터 시행되어 왔는데 아직도 미용적인 목적으로 입술이나 귀 또는 목을 늘리는 원시민족들이 존재하는 것을 볼 수 있다.

1960년대부터 피부에 힘을 가하면 피부가 늘어나는 것이 점차 밝혀짐에 따라^{1, 12-14}이에 대한 연구가 활발히 이루어져서 피부를 늘려주는 여러 가지 방법이 개발되었다.

피부확장술(skin expansion)²⁻⁴, 전봉합(presuturing)⁵, 피부신장술(skin stretching)^{6, 8}은 모두 피부의 점탄성 특성(viscoelastic property) 즉 포복(creep)과 스트레스 완화(stress relaxation)를 이용한 것이다. 포복이란 피부를 일정한 힘으로 당기면 힘이 가해지는 방향으로 피부가 늘어나는 것을 말하고 스트레스 완화란 피부가 일정한 길이로 늘어나면 그 길이를 유지하기 위한 힘이 점차 감소하는 것을 말한다.¹³

점탄성 특성을 이용해 반복적인 힘(cycle loading)이 가해지면 피부가 계속 늘어나는 성질을 이용해 Hirshowitz 등⁸은 피부신장기(skin stretching device)를 사용하여 신장된 피부로 피부결손부를 덮어주었다. 피부신장술은 창상연에 고르게 힘이 가해지므로 전봉합(presuturing) 보다 창상

연의 괴사가 적고 또 피부도 더 많이 늘려줄 수 있다. 또 수개월간 확장기를 확장시키면서 여러번 수술해야 하는 조직확장술과는 달리 피부신장술은 병실이나 외래에서 간편하고 쉽게 사용할 수 있고 경비와 시간을 절감할 수 있는 장점이 있다.

저자들은 상품화된 피부신장기(Sure-Closure^R)을 사용하였다. 창상연을 따라 진피내에 꽂는 바늘(trocar)은 신장력이 가해지는 방향과 직각이 되어야 하며 양쪽 창상연의 바늘이 서로 평행해야 균등한 힘이 창상연에 가해지고 피부신장기가 뒤틀리거나 빠지지 않는 것을 경험하였다. Hirshowitz 등⁸은 술중에 단시간(2시간 이내)에 피부를 신장시켜 봉합하거나 술전에 1-2일간 피부를 미리 신장시켜 수술시 일차봉합하였으나 저자들은 이보다 서서히 신장시켜 대개 2-7일(평균 4.9일) 동안 신장시킨 후 봉합하여 창상연에 괴사가 생기는 것을 예방하였다.

피부신장시 혈행의 장애가 없도록 장력을 조절하는 것이 중요하다. 왜냐하면 과도한 힘이 가해지면 창상연의 괴사가 오기 때문이다.

종래는 창상연이 창백해지는 정도, 팽팽한 정도, 통통등으로 신장력을 판단하였으나 상품화된 Sure-Closure^R는 장력표시기(tension indicator)가 있기 때문에 창상연에 가해준 신장력을 쉽게 알 수 있다. 또 장력손잡이(tension knob)를 조으거나 풀어서 신장력을 조절할 수 있다.

Hirshowitz 등⁸은 창상연의 장력의 한계가 1.6kg-3.0kg이며 장력이 1.6kg 가해질 때 산소분압이 75%까지 감소하나 점차 정상으로 회복된다고 하였다.

저자들은 건강한 피부는 2-4일만에 신장시켰으나 손상을 입은 조직은 이보다 천천히 6-7일간 신장시켰다. 손상이 심한 조직은 부종이 심하고 정상기질이 섬유화로 대체되어 있어서 교원섬유들이 재배치되는 것이 느리기 때문이다. 술전에 늘여야 할 피부의 양은 손가락으로 피부를 집어서 당겨 봄으로써 대개 추측할 수 있는데 주위 피부의 상태에 좌우된다.

Mackay 등¹⁵은 창상연주위를 잠식(undermining)하는 것이 안하는 것보다 봉합시 장력이 적게 간다고 하였으나 Hirshowitz 등⁸은 잠식하는 것이

창상연으로 가는 영양혈관(feeding vessel)을 자르게 되므로 창상연의 혈행에 지장을 줄 수 있다고 하였다. 저자들은 창상 주위 피부를 잠식하지 않고도 피부를 원하는 대로 신장시킬 수 있었다.

저자들은 피부결손이 있거나 함몰된 반흔을 절제하기 위해 피부신장기를 장착한 경우에는 피부신장에 문제가 되지 않지만 비후성반흔을 절제하기 위해 술전에 미리 피부신장을 하는 경우는 비후성반흔이 더 튀어나와 이것이 신장력에 저항으로 작용하기 때문에 이것을 절제하고 신장하는 것이 좋다는 것을 경험했다.

저자들이 경험한 11례에서 7례는 사고로 인한 피부결손 환자였는데 이들은 모두 외래나 병실에서 피부신장기를 장착하였고 피부신장 후 병실에서 봉합하였다. 3례는 반흔을 제거하기 위해 술전에 미리 병실에서 피부신장을 하여 수술시 일차봉합이 가능하였다. 나머지 1례는 피부종양을 가진 환자였는데 종양제거후 술중에만 피부신장후 직접 봉합해주었다. 저자들은 별다른 합병증 없이 창상을 봉합하였고 환자들도 부담스러운 수술을 받지 않고 간편하게 단시일에 창상을 봉합할 수 있게 되어 경비를 절감할 수 있었고 수술결과에 만족하였다.

저자들은 어린돼지 피부가 조직적으로 사람과 비슷하고 두께와 elastin양도 비슷하기 때문에 동물실험의 재료로 어린돼지 피부를 선택하였다.¹⁵⁻¹⁹ 조직학적으로 피부의 점탄성특성은 진피내의 교원섬유와 탄성섬유의 양과 분포 그리고 이들 사이의 기질 양과 위치에 따라 좌우된다. 피부에 신장력이 가해지면 정상에서는 불규칙하게 꼬여있던 교원섬유다발들은 신장력의 방향과 평행하게 재배열되며 교원섬유가 더 조밀하게 분포하여 신장력에 저항하게 된다.^{1, 3, 5, 12-14, 20} 저자들은 동물실험을 통해 이와 비슷한 소견을 관찰하였다. 또 신장 1일째부터 교원섬유 다발이 가늘어지면서 각각의 교원세섬유의 직경차이가 점차 심해지는 것을 알 수 있었다. 이것은 신장력에 의해 초기에 교원섬유다발이 당겨짐으로써 나타나는 현상이라 생각된다. 교원섬유가 너무 과도하게 당겨지면 단절(breakage)가 일어나지만 저자들은 서서히 신장시켰기 때문에 이러한 현상은 관찰하지 못했다.

섬유아세포는 미세혈관의 외막(adventitia)에서

발견되는 specialized stem cell에서 생겨나와 교원섬유를 합성한다. 섬유아세포내의 거친면 세포질내세망(rough endoplasmic reticulum)에서 교원섬유들이 생성되는 것으로 알려져 있다.²¹ 저자들은 신장시작후 제 3일째부터 활성화된 섬유아세포가 많아지면서 세포내의 거친면 세포질 내세망이 많아지는 것을 관찰하였고 교원섬유들이 새로 생성되는 것을 관찰하였다. 이러한 소견은 신장시작후 7일째에 가장 왕성하였는데 이것은 신장력에 견디기 위해 더 많은 교원섬유를 생성하는 것이라 생각된다. 피부가 과도하게 늘어나면 탄성섬유에는 절단(microfragmentation)이 나타난다.¹⁵ 저자들은 신장시작후 제 1일째부터 탄성섬유의 절단이 나타나서 신장시작후 제 3일째에 가장 심한 소견을 보였고, 신장시작후 제 7일 즉, 신장종료후 제 2일에는 재생되기 시작하였다. 피부에는 교원섬유와 탄성섬유외에도 혈관과 림프관, 신경 등이 존재하는데 이 구조물들은 피부가 신장되고 다시 늘어나는 것에 저항력으로 작용하지 않는다. 교원섬유와 탄성섬유를 둘러싸는 간질액과 간질은 피부가 신장됨에 따라 다른 곳으로 이동하는데 저자들의 경우 신장이 끝나 (5일) 창상연을 봉합한 후 약 8-9일, 즉 처음 신장시작후 2주째부터는 교원섬유다발이 대조군과 같이 조밀하고 무작위하게 배열되며, 절단된 탄성섬유가 완전히 재생되는 것이 관찰되고 대개의 소견이 정상피부와 비슷해지기 시작하였고, 2주째에는 정상피부와 같은 소견을 보였다. 이것은 스트레스 완화에 의해 신장력이 감소하면서 신장력에 적응하기 위해 변화한 소견들이 정상으로 회복되는 것이라 생각된다.

저자들은 이상의 소견을 바탕으로 신장직후에는 단단하고 꽉죄던 피부가 점차 부드러워지고 늘어나면서 조직학적으로도 정상화 되기 때문에 피부신장술은 안전하게 쓰일 수 있는 방법이라 사료된다.

V. 결 론

어린 돼지를 이용한 동물실험을 통하여 다음과 같은 소견을 관찰하였다. 신장 초기에는 신장력에 의한 변화 즉, 교원섬유 다발들이 신장력에 평행하게 재배열되면서 교원세섬유들의 직경이 감소하였

고 교원세섬유들의 직경차이가 심해지고 아울러 탄성섬유들의 절단이 많아지는 소견이 나타난다. 그러나 시간이 지나면서 섬유아세포들이 활성화되어 거친면 세포질 내세망에서 교원섬유들이 많이 생성되고 탄성섬유들이 재생되기 시작하여 신장력에 적응하기 시작하고 신장이 끝난후에는 교원섬유다발들의 배열이 다시 불규칙해지고 교원섬유다발의 직경이 정상으로 회복되고 탄성섬유들도 완전히 재생되고 섬유아세포는 비활성화되어 모든 변화들이 정상으로 회복되는 것을 확인하였다. 또 11례의 피부결손, 반흔 및 피부암 환자들에서 임상적용결과 별다른 합병증 없이 만족할 만한 결과를 얻었다. 종합적으로 피부신장술은 직접봉합이 불가능한 피부결손이 있을 때 간단하면서도 편리하게 시술할 수 있으면서 시간과 노력 그리고 경비를 절감할 수 있는 또 하나의 유용한 재건술이라 생각된다.

References

1. Gibson T, Kenedi RM : *Biochemical properties of skin*. Clin North Am 47 : 279, 1967
2. Neumann CG : *The Expansion of an area of skin by progressive distension of a subcutaneous balloon*. Plast Reconstr Surg 19 : 124, 1959
3. Radovan C : *Adjacent flap development using expandable silastic implants*. Presentation, The American Society of Plastic and Reconstructive Surgery Forum, Boston Massachusetts, september 1976
4. Sasaki GH : *Intraoperative Sustained Limited Expansion (ISLE) as an Immediated Reconstructive Technique*. Clin in Plastic Surg 14 : 563, 1987
5. Liang MD, Briggs P, Hecker FR, Futrell JW : *Presuturing - A New Technique for Closing Large Skin defects : Clinical and Experimental Studies*. Plast Reconstr Surg 81(5) : 694, 1988
6. Ersek RA, Vazquez - Salisbury A : *Wound Closure Using a Skin Stretching Device*. Contemporary Orthopaedics 28(6) : 495, 1994
7. 공봉택, 김응춘, 서인석, 하지운 : Presuturing Technique을 이용한 피부결손의 직접재건술. 대한성형외과 학회지 17(2) : 291, 1990
8. Hirshowitz B, Lindenbaum E, Har-Shai Y : *A Skin Stretching Device for the Harnessing of the Viscoelastic Properties of Skin*. Plast Reconstr Surg 82(2) : 260, 1993
9. Luft JH : *Improvement in embedding method*. J Biophysic Biochem Cytol 9 : 409, 1961
10. Watson ML : *Staining of tissue sections for electron microscopy with heavy metals*. J Biophysic Biochem Cytol 6 : 475, 1958
11. Reynolds ES : *The use of lead citrate at high PH as an electron opaque stain in electron microscopy*. J Cell Biol 17 : 208, 1963
12. Gibson T, Kenedi RM, Craik JE : *The mobile architecture of dermal collagen : A bioengineering study*. Br J Surg 52 : 764, 1965
13. Gibson T : *Physical Properties of Skin*. In JG McCarthy(Eds) : Plastic Surg Vol. 1, Philadelphia Saunders 1990, p 208
14. Gibson T, Kenedi RM : *The Structural Components of the Dermis and their Mechanical Characteristics*. In W Montagna, JP Bentley and RL Dobson (Eds) : The Dermis. New York, Allpeton-Century-Crofts 1968, p 19
15. Mackay DR, Saggers GC, Kotwal N, Manders EK : *Stretching skin. Undermining is More important than Intraoperative Expansion*. Plast Reconstr Surg 86(14) : 722, 1990
16. Rose EH, Ksander GA, Vistnes LM : *Skin Tension Line in the Domestic Pig*. Plast Reconstr Surg 57(6) : 729, 1976
17. McGuire MF : *Studies of the Expansion Wound I. Biochemical Effects of Undermining and Wound Orientation on Closing Tension and Work*. Plast Reconstr Surg 66 (3) : 419, 1980
18. Rose EH, Vistnes LM, Ksander GA : *The*

panniculus carnosus in the domestic pig.
Plast Reconstr Surg 59: 94, 1977

19. Kerrigan CL, Zelt RG, Thomson JG, Diano E: *The pig as an experimental animal in plastic surgery research for the study of skin flaps, myocutaneous flaps and fasciocuta-*

- neous flaps.* *Lab Anim Sci* 36: 408, 1986
20. Stark HL: *Directional variations in the extensibility of human skin.* *Br J Plast Surg* 30: 105, 1977
21. Ross R: *The fibroblast and Wound repair.* *Biol Rev Camb Philos Soc* 43(1): 51, 1968