

돼지를 이용한 표준화된 화상 모델의 구현

박성철¹ · 손대구¹ · 박관규² · 한기환¹

계명대학교 의과대학 성형외과학교실¹, 병리학교실²

A Standardized Model of Partial Thickness Burn in Domestic Pig

Sungchul Park, M.D.¹, Daegu Son, M.D.¹,
Kwangyu Park, M.D.², Kihwan Han, M.D.¹

Department of ¹Plastic and Reconstructive Surgery, ²Pathology,
Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea

A standardized animal model with an identical burn wound depth is necessary to carry out a study on burn wound healing. It should be easy to operate, reliable and reproducible. The authors used pigs because they histologically resembles human skin most. The method of getting the pigs burned embodied a standardized burn models by using a digitally controlled aluminum thermal block designed by the authors. Nine pigs were burned by maintaining the heat at 70°C for 10 seconds, 15 seconds and 20 seconds, respectively, and at 80°C, 85°C, 90°C, 95°C and 100°C, every 5 seconds, 10 seconds and 15 seconds, for a total of 54 contact burn wounds. And another six pigs were burned at same contact time and temperature (n=3). Another three pigs were burned by maintaining the heat at 80°C for 10 seconds to produce 30 more contact burn wounds (n=30). After wounding, the burned skin was biopsied, stained with H&E and observed under microscopy. Two pathologists measured the vertical distance between the basement membrane and dermal tissue of the deepest burned tissue. The depth of burn increased at a regular phase in proportion to the temperature and the time of increasing temperature. The depth of 30 biopsies of the burned tissue at 80°C for 10 seconds was similar statistically. Therefore, the standardized burn model of a pig, made by using digitally controlled aluminum thermal block is highly simple, reliable and reproducible for a

Received January 23, 2004
Revised May 21, 2004

Address Correspondence: Daegu Son, M.D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Keimyung University School of Medicine, 194 Dongsan-dong, Jung-gu, Daegu 700-712, Korea.
Tel: 053) 250-7636 / Fax: 053) 255-0632 / E-mail: handson@dsmc.or.kr

* 본 논문은 2003년 제 55차 대한성형외과학회 추계학술대회에서 포스터 발표되었음.

standardized burn model, and will be very helpful in the study of burn wound healing.

Key Words: Burn wound model, Aluminum thermal block, Pig skin

I. 서 론

화상 창상의 치유에 관하여 연구하고 나아가 그 치료 방법을 개발하기 위해서는 표준화된 화상 창상을 가진 동물 모델이 있어야 한다.¹ 실험에 이용한 동물 모델이 표준화되지 않은 상태에서 연구된 결과들은 그 신뢰성에 의심을 받을 수밖에 없다.² 따라서 이 동물 모델은 인체의 피부와 유사한 피부조직을 가지고 있어야 하며, 화상을 입히는 기구는 조작이 쉽고, 간단하면서, 누구에 의하여 시행되더라도 같은 조건에서는 항상 같은 깊이로 화상 창상이 재현되어야 한다.¹ 그러나 지금까지 연구되었던 화상 모델들은 이와 같은 표준화된 화상 모델의 요건을 모두 갖추지는 못하였다. 예를 들어, 쥐나 토끼를 대상으로 한 경우 사람과는 피부조직이 다르고,² 화상을 입히는 기구와 방법은 주로 끓는 물에 넣어서 가열시킨 금속 막대기로 접촉화상을 입히는 것이었는데, 절차가 복잡하고 정확한 온도에서 일정한 깊이로 화상을 입히는 데에 한계가 있었다.^{1,3} 이러한 문제점을 보완하기 위하여 저자들은 기존의 여러 연구에서 피부가 사람과 가장 유사하다고 판명된 돼지를 대상으로,⁴ 간단한 조작으로 정확하게 화상을 입힐 수 있도록 저자들이 직접 제작한 자동온도조절 알루미늄블록(digitally controlled thermal block)으로 접촉화상을 입혀서 화상 창상을 만들었다. 조건을 달리하여 화상을 입힌 피부를 시간의 경과에 따라 차례로 생검한 다음 광학현미경하에서 정확한 화상 깊이를 측정하여 화상 모델의 요건에 부합하는지 연구하였다.

II. 재료 및 방법

가. 재료

실험 대상으로 이용한 돼지는 2-3개월 수령에 20-30kg의 체중으로 피부질환을 가지지 않은 요크셔종 암퇘지

를 이용하였다. 실험 일주일 전에 사육장에서 실험실로 옮겨서 이동에 따른 스트레스를 줄였다. 표준화된 돼지사료(육아돈사료, 해표사료, 한국)를 먹였고, 물은 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다. 사육 환경은 1기압, 20 - 23°C, 65%의 습도를 유지하였으며, 반나절은 불을 켜두었고 다른 반나절에는 불을 꺼서 일내변동(diurnal change)을 만들어 주었다.

화상을 입히는 기구인 자동온도조절 알루미늄블록은 피부에 접촉하여 화상을 입히는 알루미늄블록과 블록의 온도를 조절하는 제어부로 구성되어 있다(Fig. 1). 알루미늄블록은 가로, 세로 30 mm이고 높이가 83 mm, 무게가 210 gm인 직육면체 형태의 블록으로 순수 알루미늄으로 가공하였다. 알루미늄블록의 중심(core)에는 가열 코일이 내장되어 있는데 제어부와 전선으로 연결되어 있어서 제어부를 거쳐서 공급되는 전류에 의하여 코일이 가열되어 자체적으로 알루미늄블록이 데워지도록 하였다. 또한 알루미늄블록의 손잡이에 노란색의 신호등(signal lamp)이 있어서 블록이 가열될 때 신호등에 불이 켜져서 가열 여부를 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다. 제어부는 전원과 알루미늄블록 사이에 전선으로 연결되어 있어서 전원에서 알루미늄블록으로 흐르는 전류의 세기를 조절하여서 알루미늄블록의 온도가 사용자가 설정한 온도로 유지되도록 한다. 특히 마이크로프로세서를 내장하고 있어서 미세한 온도변화도 감지하고 이를 되먹임(feedback)하여 알루미늄블록

의 온도 변화를 줄였다. 제어부에 있는 키패드(keypad)에는 설정 버튼과 액정표시창이 있는데 설정 버튼을 눌러서 온도와 온도변환등차 등을 설정하면 액정표시창을 통하여 설정한 조건 및 블록의 온도를 볼 수 있도록 하였다. 설정버튼은 누를 때마다 화씨/섭씨변환설정모드, 온도설정모드, 온도변환등차설정모드, 가열/냉각모드로 전환되며 각 모드마다 조절 버튼을 이용하여 원하는 조건을 입력하도록 하였다.

화상을 입힐 때에 대류에 의한 열의 손실을 줄이기 위하여 32 × 32 × 85 mm 크기의 직육면체 구멍이 있는 목재케이스로 블록을 감싸서 열 손실에 의한 알루미늄블록의 온도 변화를 줄였다.

나. 방법

돼지의 둔부에 azaperone(Stresnil[®]; Janssen, Belgium) 2.2 mg/kg을 근육 주사하여 진정시킨 다음 glucuronic acid chlorhexidine(Microshield[®]; Johnson & Johnson, USA)액으로 척추주위근육(paravertebral muscle) 부위를 세척하고 면도기를 이용하여 털을 모두 깎은 다음 생리식염수로 씻었다(Fig. 2). 돼지를 수술대 위에 올려놓은 다음 다리를 묶어서 고정하였다. xylazine hydrochloride(Rompun[®]; Bayer Korea, Ansan, Korea) 3 mg/kg과 ketamine hydrochloride (Ketalar[®]; Yuhan, Seoul, Korea) 8 mg/kg을 귀의 연변정맥(auricularis externalis vein)에 주사하여 정맥마취 하였다. 척추주위근육 부위의 피부에 창상을 입힐 자리를 작도하였는데 창상은 알루미늄 블록의 접촉면과 동일한 크기인 30 × 30 mm로 하였고 창상 사이에 40 mm의 간격을 두었다. 한 마리의 돼지에서 8-10개의 화상을 만들 수 있었다. 화상을 입히는 온도는 70, 80, 85, 90, 95, 100°C로 하고 접촉 시간은 70°C에서는 10, 15, 20초 동안 화상을 입히고, 80, 85, 90, 95, 100°C에서는 각 조건 당 5, 10, 15초 동안 화상을 입히기로 하였다. 화상을 입힐 알루미늄블록의 온도는 제어부의 키패드를 조절하여 설정하였다. 설정 버튼을

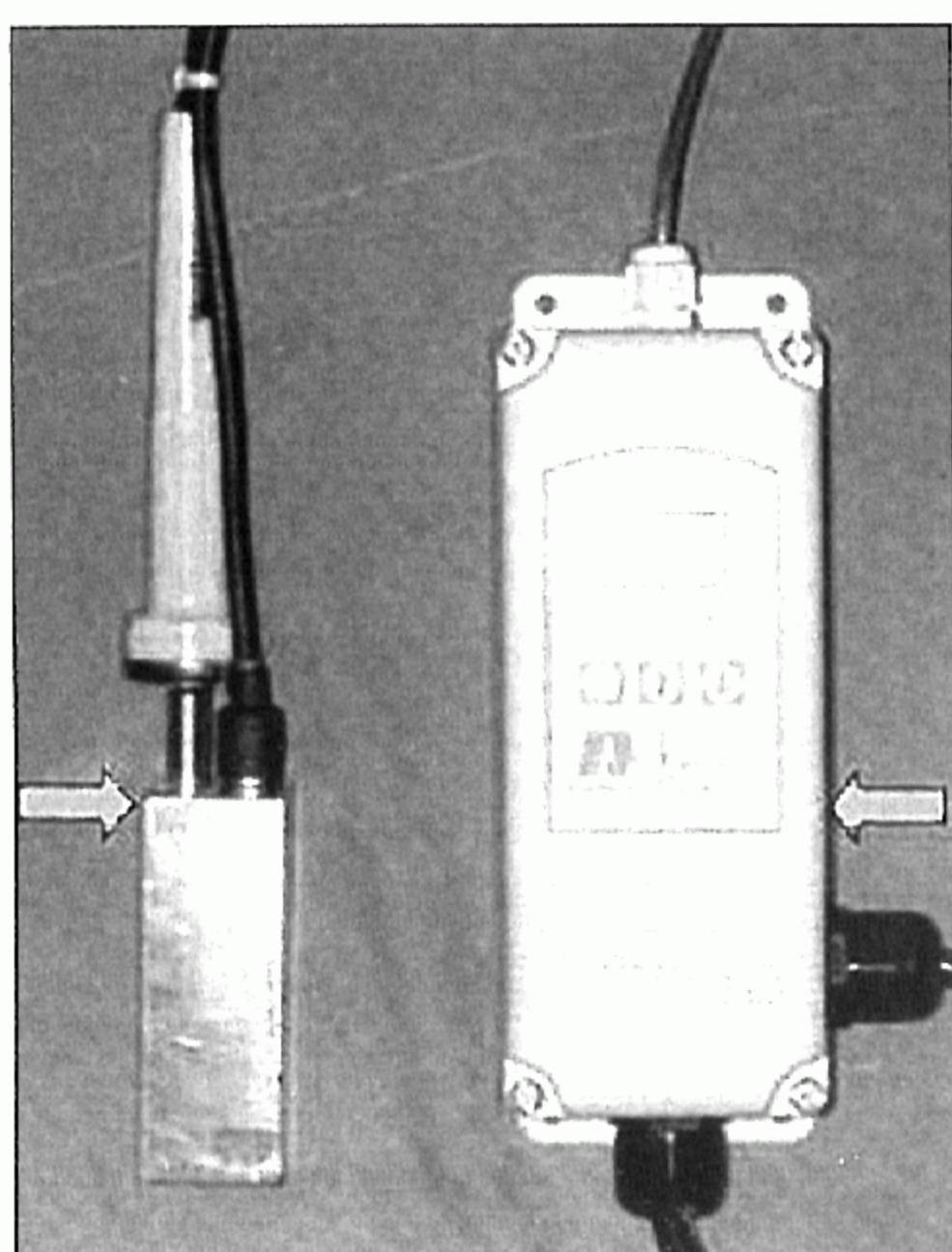


Fig. 1. Digitally controlled aluminum thermal block. (Left arrow) Aluminum block has a coil built-in the core which enable to heat itself when it is live with electricity. (Right arrow) Controller has a microprocess built-in which adjust electricity passing through the block and maintains regular temperature of the block.

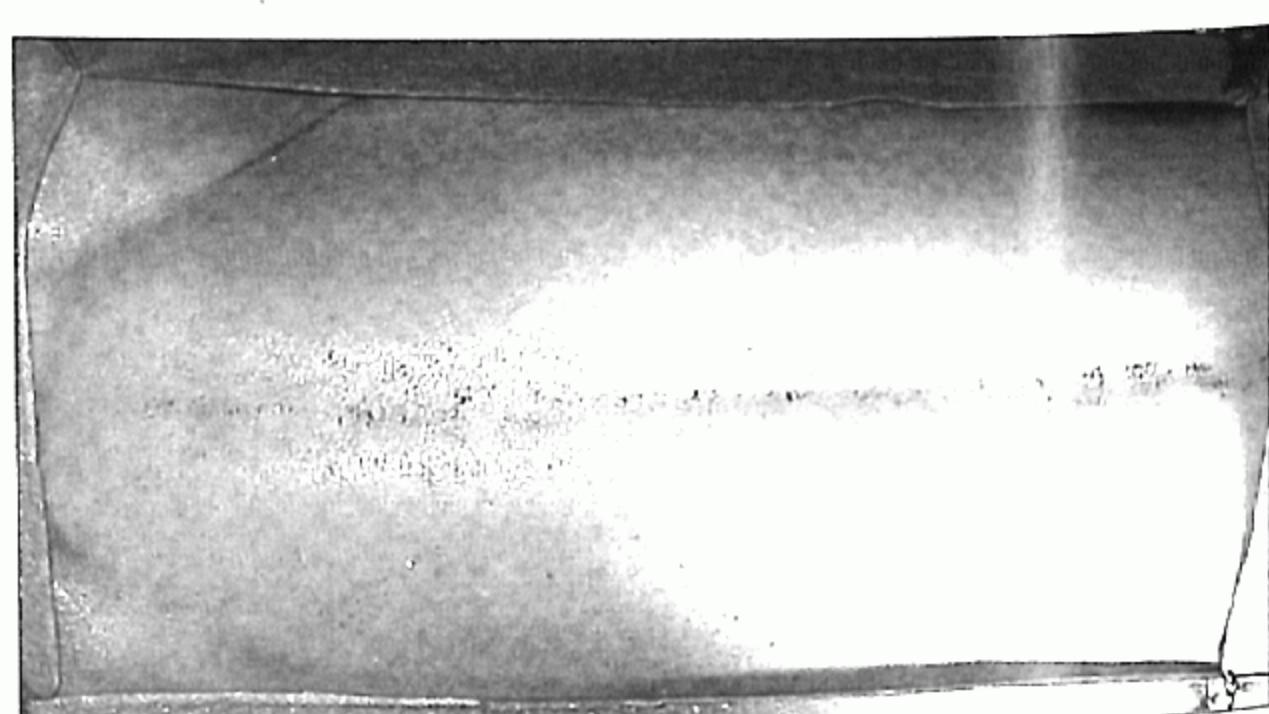


Fig. 2. A figure of prepared back of pig age of 2 - 3 months. Paravertebral muscle area was washed with disinfected solution, shaved and cleansed with normal saline.

한번 눌러서 섭씨/화씨변환설정모드를 선택한 다음 조절 버튼을 눌러 섭씨 모드를 선택하고, 설정 버튼을 한번 더 눌러서 온도설정모드를 선택한 다음 조절 버튼으로 온도를 선택하였다. 온도변환등차모드에서는 기기가 허용하는 범위에서 가장 작은 범위인 1°C로 조절 버튼을 이용하여 설정하였다. 마지막으로 가열/냉각모드를 선택하여 조절 버튼으로 액정표시창에 가열모드인 'h1'이 표시되도록 설정하였다.

창상을 입힐 부분의 피부가 수평이 되도록 한 다음 목재케이스를 창상을 입히기 위하여 작도한 부위에 가볍게 얹어 놓았다. 알루미늄블록이 가열되어 액정표시창에 원하는 조건의 온도가 표시되었을 때 알루미늄블록을 목재케이스의 가운데에 있는 구멍을 통하여 돼지의 피부에 얹어서 화상을 입혔다(Fig. 3, 4). 이 때 압력은 블록 자체의 무게에 의한 압력만이 가해지도록 하였다. 온도설정모드에서 설정온도를 조건에 따라 달리하면서 화상을 입혔다. 먼저 온도와 시간의 증가에 따라 화상이 어느 정도로 깊어지는지 알아보기 위하여, 3마리의 돼지에서 가열 온도(6가지)와 접촉 시간(3가지)을 달리하면서 18개의 화상 창상을 내었고, 또 다른 6마리의 돼지에서 동일한 조건과 방법으로 2회 더 반복하여 총 54개($n=3$)의 화상 창상을 만들었다. 그리고 정확성과 재현성을 알아보기 위하여 또 다른 6마리의 돼지에서 80°C에서 10초간 동일한 조건으로 30개($n=30$)의 화상을 입힌 창상을 만들었다.

화상을 입힌 후 30분, 2시간, 6시간째에 창상 조직을 생

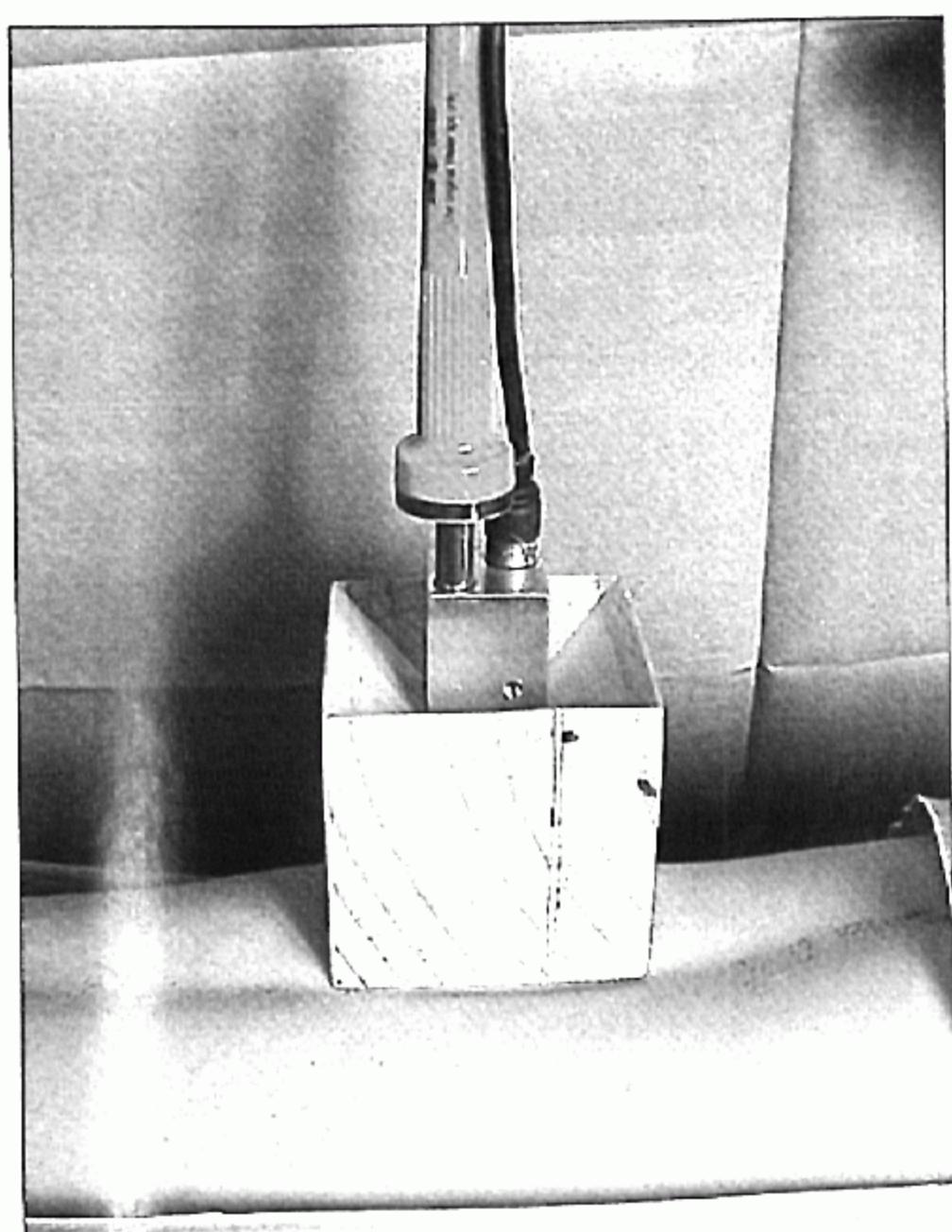


Fig. 3. After positioning the pig on a level, a woodcase is placed on the area of designed wound area and the heated aluminum block was applied to the site of wound through the hole of woodcase.

검하였고, 이 때 생검에 의하여 발생하는 개방성 창상으로 인하여 남아 있는 화상 창상이 영향을 적게 받도록 그리고 정상 피부와 비교하기 위하여 창상연에서 10 mm 가량의 정상 피부를 포함하여, 근막 상층부로, 정해진 순서와 크기로 생검하였다(Fig. 5). 생검을 하여 얻은 조직이 수축되면 화상의 깊이를 측정할 때 오차가 발생하므로 이를 방지하기 위하여 생검 즉시 두꺼운 종이판 위에 원래의 크기대로 편 채, 판으로 고정시킨 다음, 10% 중성완충포름알데하이드액(neutral buffered formaldehyde)에 넣었다. 정확성과 재현성을 알아보기 위한 실험에서는 화상 후 30분에 한번 조직을 생검하였다.

헤마톡실린-에오신염색(hematoxylin and eosin stain)을 한 다음 광학현미경으로 관찰하여 화상의 깊이를 측정하였다. 염색을 하였을 때 붉은색의 진피가 푸른색으로 염색

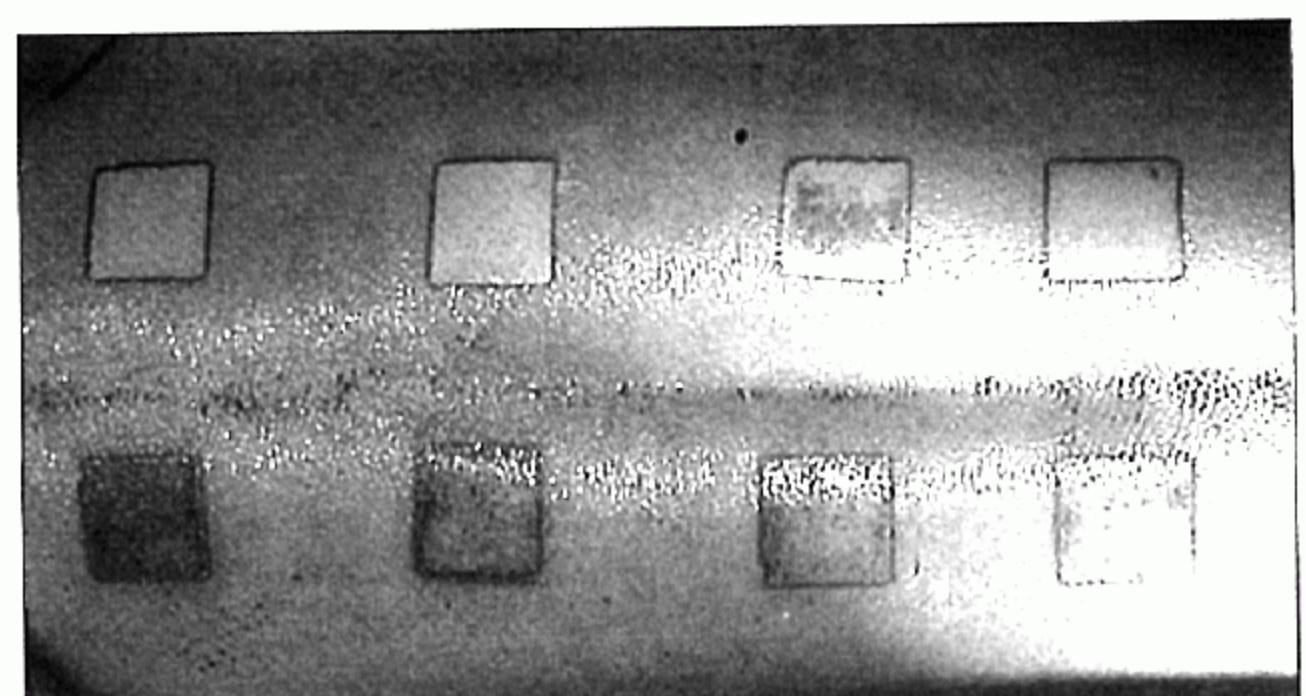


Fig. 4. A figure of postburn wound.

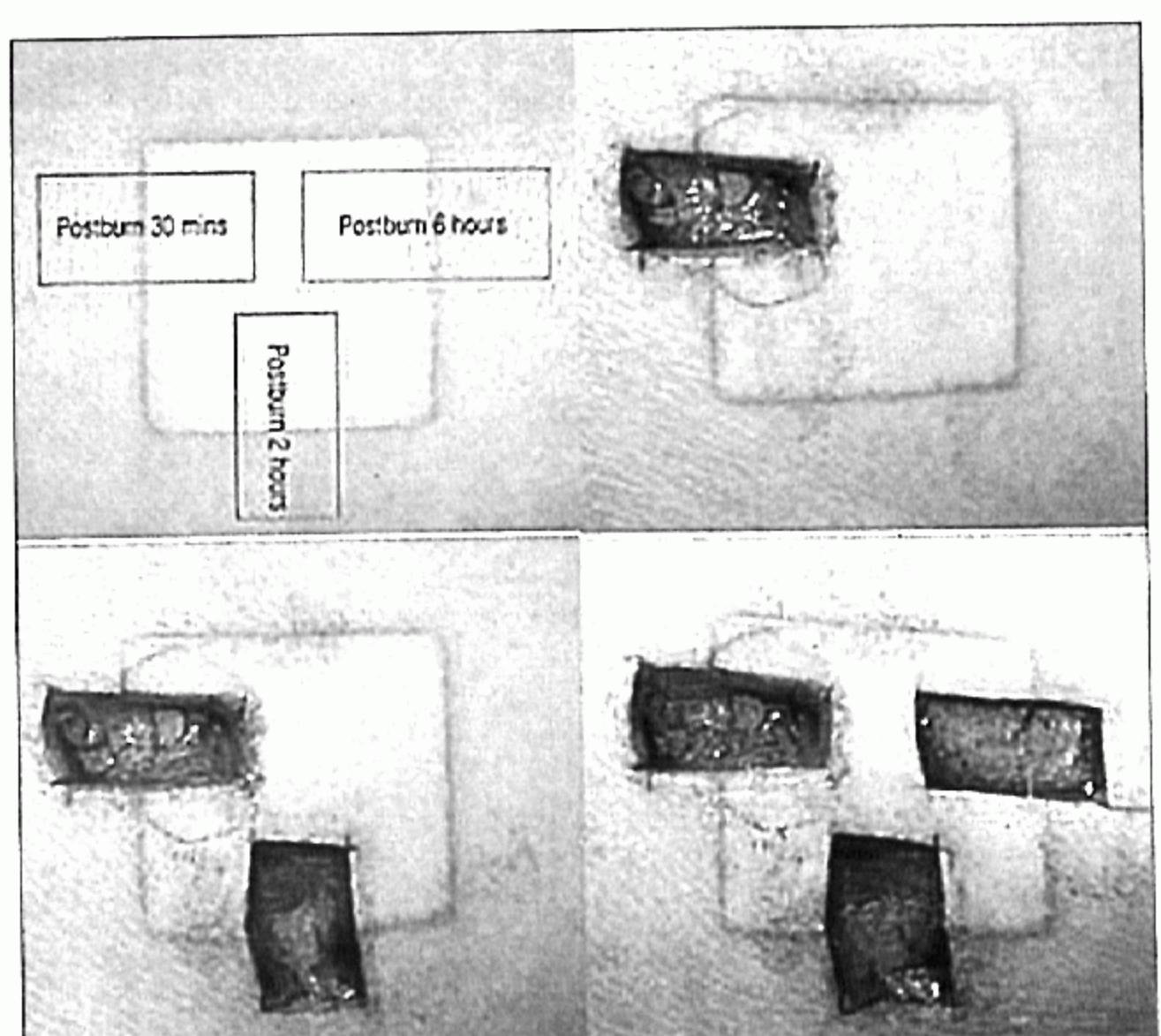


Fig. 5. (Above, left) Biopsy was proceeded in the order of postburn 30 minutes, 2 hours and 6 hours. (Above, right) A figure of biopsy at postburn 30 minutes. (Below, left) A figure of biopsy at postburn 2 hours. (Below, right) A figure of biopsy at postburn 6 hours.

성의 차이를 보이는 부분과 핵이 봉괴(nuclear pyknosis)된 조직을 화상을 입은 조직으로 정의하고,^{1,5} 표피의 기저막에서 가장 깊이 화상을 입은 조직까지의 수직 길이를 mm 단위로 측정하여 화상의 깊이를 구하였다(Fig. 6). 이 때 관찰자간의 오차를 줄이기 위하여 2명의 피부병리학자가 서로의 결과에 대하여 모른 상태에서 각각 관찰하여 화상의 깊이를 구하였다.

현미경적으로 관찰한 화상의 깊이를 각각 시간과 온도의 변화에 따라 그래프로 나타내어서 화상 깊이의 변화 양상을 살펴보았다. 정확성과 재현성이 어느 정도인지 통계학적으로 확인해 보기 위하여 80°C에서 얻은 30개 조직의 화상 깊이를 일원분산분석법(analysis of variance, ANOVA)으로 서로 비교하여 통계학적 유의성을 알아보았다, 자료처리는 통계처리전문프로그램인 SPSS(statistical package for the social science) WIN 11.0을 사용하였다.

III. 결 과

온도, 접촉 시간 그리고 생검 시간을 달리하여 162개의 화상 창상 조직을 얻었으며, 80°C에서 10초간 동일한 조건으로 화상을 입힌 30개의 화상 창상 조직을 얻었다. 광학 현미경으로 관찰하여 각 조건에서의 화상의 깊이를 구하였다(Fig. 7, Table I). 접촉 시간을 동일하게 한 채 알루미늄 블록의 온도를 높였을 때 온도의 변화만큼 일정한 비율

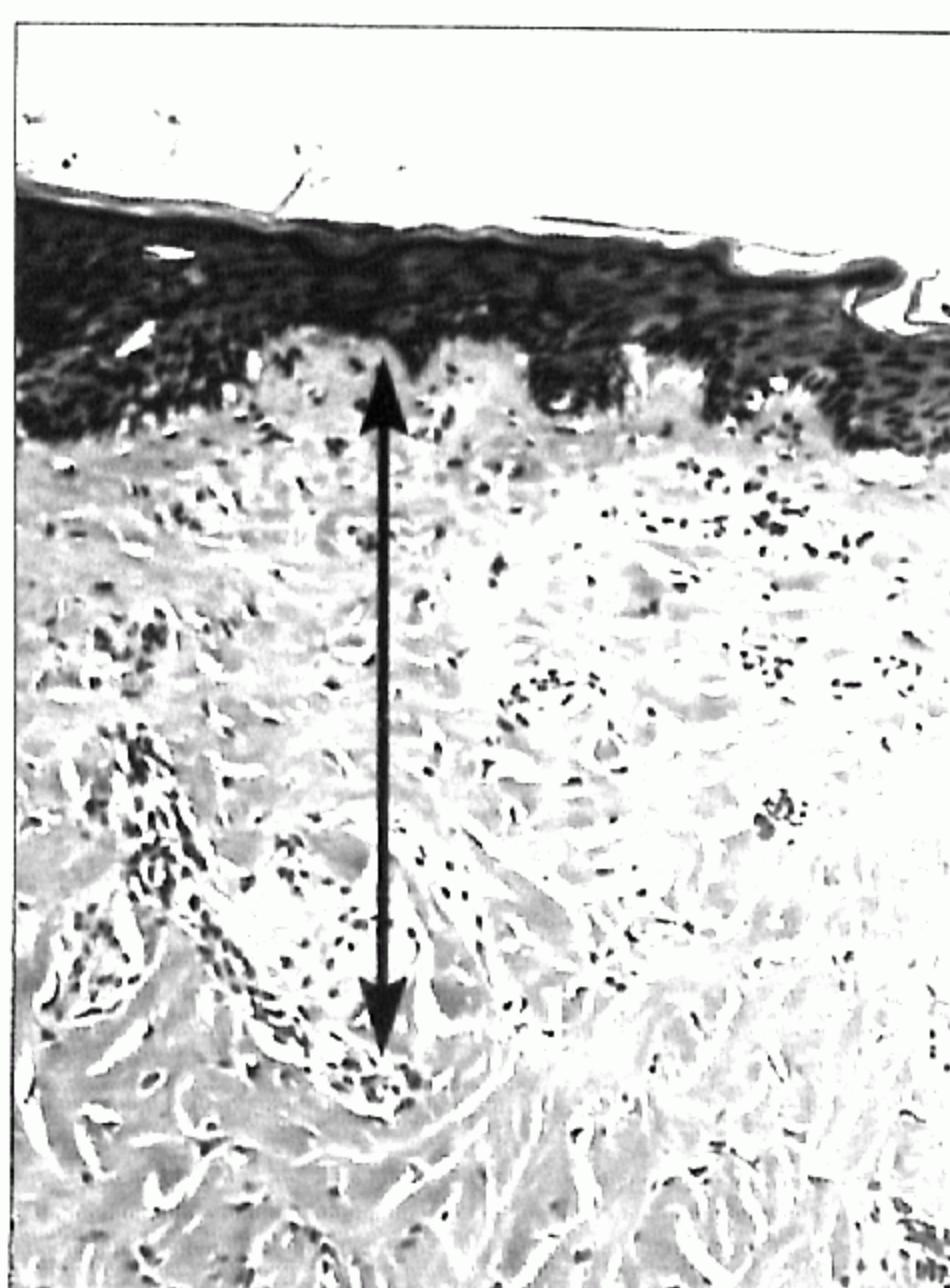


Fig. 6. Depth of burn wound. Burn tissue was arranged in view of collagen dermal discoloration, intercollagen discoloration and nuclear pyknosis and the depth of burn wound was obtained by measuring the depth of burn to the deepest burn tissue vertically from basement membrane.

로 화상의 깊이가 깊어졌다. 예를 들어 10초간 화상을 입히고 30분 후에 생검하였을 때에 화상의 깊이는 70°C에서는 0.1 mm 80°C에서는 0.5 mm였으며 85°C에서 100°C로 증가할 때 0.8, 1.1, 1.4, 1.7 mm의 깊이로 일정한 비율로 화상의 깊이가 깊어졌다. 블록의 온도를 동일하게 하고 화상을 입히는 시간을 길게 하였을 때에도 마찬가지로, 80°C에서 5초간 화상을 입힐 경우 0.5 mm, 10초에서는 0.6 mm, 15초에서는 0.7 mm로 일정한 비율로 화상이 깊어졌다. 그러나 동일온도, 동일 접촉 시간에서 생검 시간을 달리하였을 때에는 화상의 깊이는 변화가 없었다(Fig. 8, Table I). 80°C에서 10초간 화상을 입히기를 반복하여서 얻은 30개 화상 조직의 깊이는 평균 0.52 mm, 표준편차 0.009로 거의 동일하였으며 통계학적으로 의미가 있었다(Table II).

IV. 고 칠

동물 실험을 통한 창상연구, 특히 화상 창상을 연구할 때 표준화된 화상 모델이 필요함을 절실히 느낀다. 하루

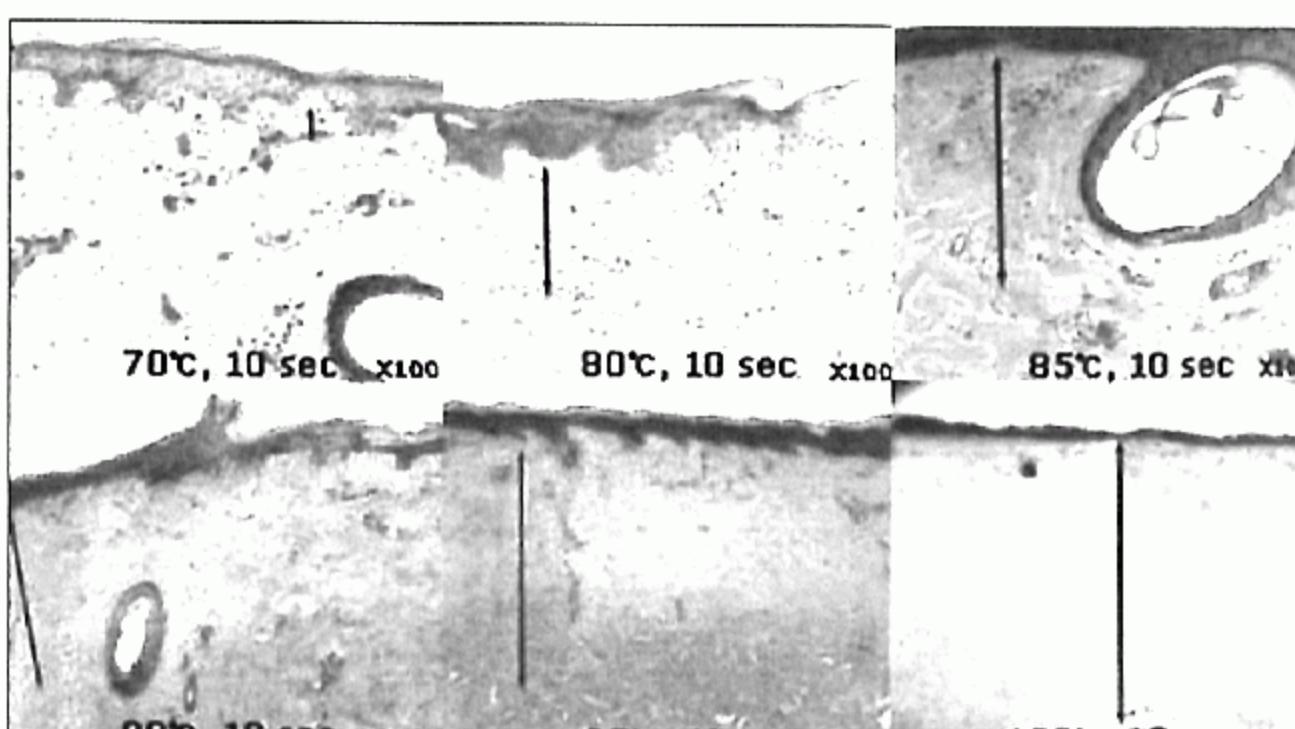


Fig. 7. Burn wound viewed from microscope.

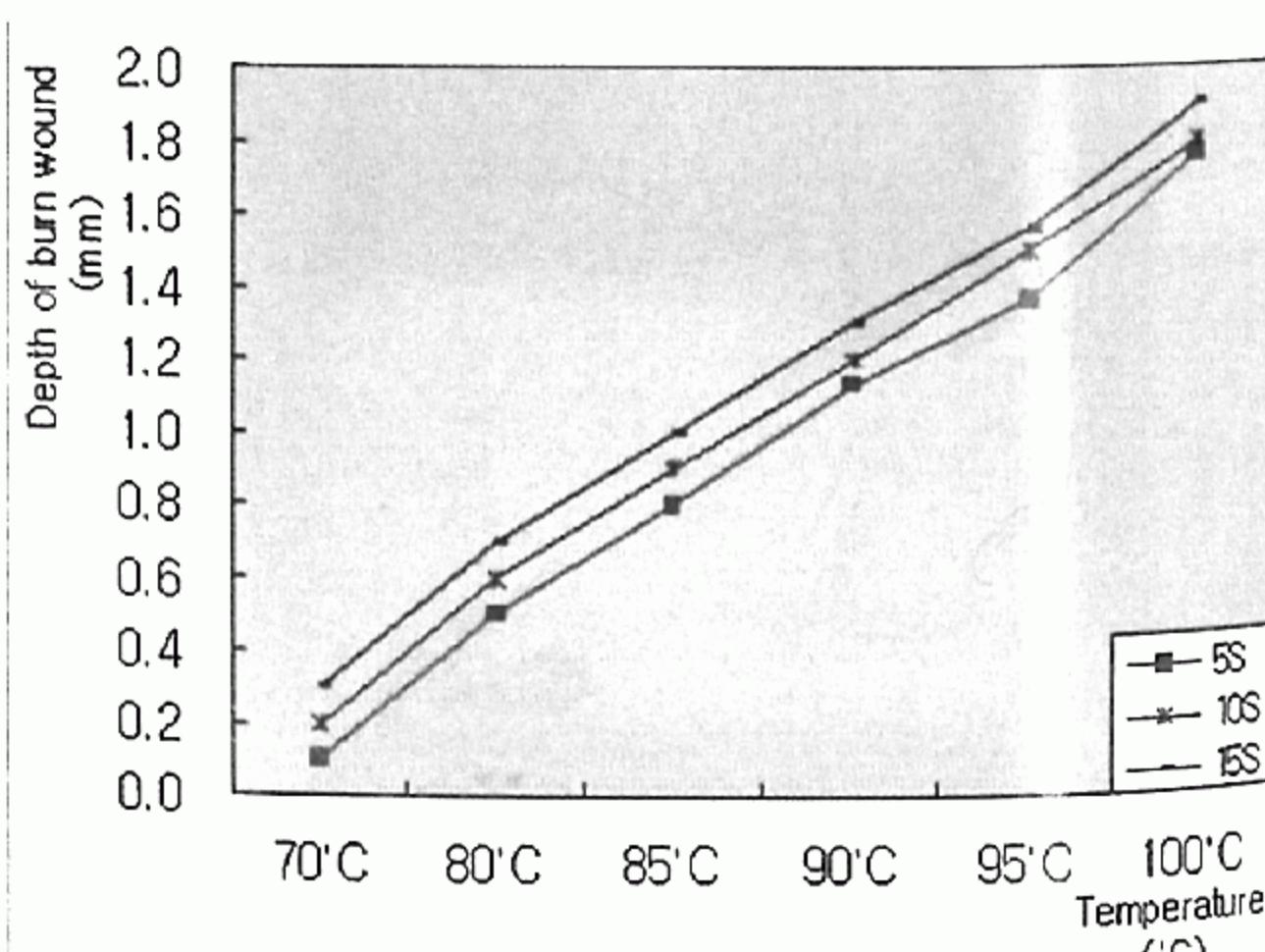


Fig. 8. Depth of burn wounds among three groups. It was highly correlated.

Table I. Change of Depth of Burn with Different Time and Temperature

Temperature of thermal block	Depth of burn wound in each time of contact (at 70°C) (mm)								
	5 Seconds (10 Seconds)			10 Seconds (15 Seconds)			15 Seconds (20 Seconds)		
	30 M	2 H	6 H	30 M	2 H	6 H	30 M	2 H	6 H
70°C	0.1	0.1	0.1	0.16	0.2	0.2	0.3	0.3	0.33
80°C	0.5	0.5	0.56	0.56	0.6	0.6	0.66	0.7	0.7
85°C	0.8	0.8	0.83	0.83	0.9	0.9	0.9	1.0	1.03
90°C	1.1	1.13	1.13	1.16	1.2	1.2	1.3	1.36	1.36
95°C	1.3	1.36	1.36	1.46	1.5	1.5	1.56	1.56	1.6
100°C	1.73	1.76	1.76	1.8	1.8	1.83	1.86	1.9	1.9

30 M, biopsy at postburn 30 minutes; 2 H, biopsy at postburn 2 hours; 6 H, biopsy at postburn 6 hours

Table II. The Depth of Burn Wound at 80°C for 10 Seconds Repeatedly

Temperature of thermal block	Depth of burn wound (mm)					
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
80°C	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6
	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

가 다르게 쏟아져 나오는 화상치료 방법과 재료들의 효과를 객관적으로 비교 평가하기 위해서라도 그렇다.⁶ 그렇기 때문에 화상을 입히는 동물의 피부는 당연히 사람과 가장 유사한 동물을 이용하여야 하겠고, 화상을 입히는 기구와 방법은 간단하면서, 안전하고 재현성이 높아서 누구에 의해서 시행되더라도 같은 조건에서는 항상 동일한 깊이의 화상이 만들어져야 한다.¹

그동안 여러 가지 화상 모델이 제시되었다. Gorman 등⁷은 쥐를 대상으로 놋쇠 막대기(brass metal bar)를 일정한 온도로 끓는 물에 담궈 가열시킨 다음 이를 이용하여 쥐의 배에 10-19 mm의 접촉화상 창상을 만들었고, Kistler 등⁸도 역시 쥐를 대상으로, 일정한 온도와 압력으로 화상을 입히도록 제작한 기구(burning apparatus)를 이용하여 전충의 화상 창상을 가진 동물 모델을 제시하였다. 또한 Hu 등⁵은 토끼를 이용하여 끓는 물로 직접 열탕화상 창상을 만들었으며, Singer 등¹은 돼지를 대상으로 일정한 온도로 가열된 물에 알루미늄 막대기(aluminum bar)를 넣어 가온 시켜 이것으로 접촉화상을 입혔다. 그러나 실험의 대상으로 토끼나 쥐를 이용할 경우, 개체가 작아서 충분한 양과 크기의 창상을 얻을 수 없으며 개체의 곡면으로 인하여 화상을 입힐 때에 균일한 압력으로 화상을 입히기 어려웠을 것이다.

또한 털이 많고 빨리 자라기 때문에 화상을 입은 조직을 장기간 경과를 관찰하기 어려우며, 피부의 두께 밀 형태학적 구조가 사람과는 많이 달라서 얻어진 실험 결과를 이용하여 실제 임상에서의 결과를 유추하기에는 다소 무리가 있다. 화상을 입히는 방법으로 끓는 물에 개체를 직접 담궈 열탕화상을 입힐 경우 정확한 범위만큼 화상을 입히기 어려우며, 시간이 갈수록 진행하는 열탕화상의 특징으로 인하여 실험하는 시점에 따라서 화상의 깊이가 변한다. 일정한 온도로 가열된 물에 담궈 가온한 놋쇠나 알루미늄 막대기로 화상을 입힐 경우에 물에서 꺼내어 화상을 입히기까지의 과정이 번거롭고, 그 과정에서 막대기의 열 손실로 정확하게 화상을 입히기가 힘들다. 또한 화상을 입히는 막대기의 온도를 객관적으로 측정할 수 없는 단점들이 있다.

저자들은 실험 대상으로 돼지를 이용하였는데 이유는 사람의 피부와 해부학적 및 생리학적으로 가장 비슷하기 때문이다.⁴ 돼지는 사람과 마찬가지로 두꺼운 표피층을 가지고, 진피와 표피의 상대적인 두께비가 비슷하고, 피하지 방층이 풍부하다. 돼지 진피의 콜라겐은 사람의 콜라겐과 유사하며, 상대적으로 탄성 섬유가 많이 포함되어 있고, 진피에 있는 혈관의 크기와 방향, 분포가 사람과 유사하다. 또한 털이 적으며 이 털의 주기는 사람에서처럼 주변

에 있는 텔에 영향을 받지 않는데, 이는 창상 치유의 마지막 단계인 상피화 과정에 영향을 미치는 것으로, 창상 치유 과정을 비교 연구할 때 큰 의의를 가진다. 그리고 사지에 비해 상대적으로 몸통이 커서 등이나 옆구리에 많은 창상을 만들 수 있고 습성이 무디어서 화상으로 인한 스트레스에도 잘 견디는 것으로 알려져 있다.

저자들은 화상을 입히는 방법 중에서 접촉 화상을 선택 하였는데 그 이유는 접촉 화상이 열탕화상이나 다른 화상에 비하여 표준화된 화상 모델의 요건을 만족시키기 때문이다.³ 접촉 화상은 열손상을 입을 때 접촉면에 건조한 가피가 생성되면서 심부 조직 특히 혈관으로의 열의 전달을 막아서 구분이 명확하고 더 이상 진행하지 않는 화상 창상을 만든다. 반면에 열탕화상은 혈관을 통한 열전달이 일어나서 심부 조직의 손상을 유발하며 또한 세포질을 가열시켜서 이로 인하여 시간이 지나면서 화상 창상이 깊어진다고 한다.³ 저자들의 연구에서도 화상 후 30분, 2시간, 6시간 째에 시간을 달리하여 생검하였지만 화상의 깊이는 차이가 없는 것이 관찰되었다.

이번에 저자들이 고안하여 제작한 자동온도조절 알루미늄블록은 중심부에 있는 내장되어 있는 가열 코일이 제어부를 통해 공급되는 전류에 의하여 가열되어 알루미늄 블록 전체가 데워지도록 설계되어 있다. 이는 금속막대기를 끓는 물에 넣어 가열시켜서 접촉 화상을 입히는 기존의 방법보다 일정한 온도로 가열하고 그 온도를 그대로 유지하는 탁월한 기능을 가졌기 때문에 매번 정확한 깊이로 일정한 화상 창상이 재현되었다. 또한 액정 표시창을 통하여 모든 조건들이 표시되기 때문에 다양한 변수들을 객관화할 수 있는 장점이 있었다. 그리고 순수 알루미늄은 고열에 잘 견디고 열전도성이 좋기 때문에,¹ 짧은 시간에 화상을 입힐 수 있고 가벼워서 자체 무게로 인한 압력 오차를 줄일 수 있었다.

이 실험에서 저자들은 가로, 세로 각 30 mm의 장방형 화상 창상을 만들었는데 3번에 걸쳐 나누어 생검하기에 충분하였다. 한 마리의 돼지에서 8-10개의 창상을 얻을 수 있었다. 창상의 크기는 알루미늄블록의 크기에 달려 있으므로 실험의 목적에 따라 다양한 크기로 제작하면 될 것이다.

접촉 화상을 입히는 부위로 돼지의 척추주위근육부위 피부를 이용하였는데 이 부위는 편평하여 화상을 입힐 때 균일한 압력으로 화상을 입힐 수 있고, 또한 척추를 중심으로 대칭의 화상 창상을 만들 수가 있어서 부위에 따른 피부 조직의 차이를 줄일 수 있었다. 생검한 피부조직은 즉시 나무판 위에 원래의 크기대로 편 채로 편으로 고정하여야 한다. 왜냐하면 조직이 수축되면 화상의 깊이가 왜곡되어 또 다른 변수로 작용할 수 있기 때문이다.

알루미늄 블록의 온도가 70°C일 때 접촉하는 시간에

관계없이 0.1 mm 두께로 화상 창상이 만들어 졌으며, 광학현미경으로 관찰하였을 때에도 표피층에만 손상이 국한되어 있었다. 또한 80°C에서 5-10초간 화상을 입히는 경우 0.2-0.6 mm의 깊이로 화상 창상이 만들어 졌는데 이는 조직학적으로는 유두진피층에 해당되었다. 80°C에서 15초 이상 화상을 입히거나 85°C에서 5초 이상 화상을 입히는 경우 0.6-1.9 mm 깊이의 화상 창상이 만들어 졌고 광학현미경하에서 망상진피층에 손상을 입었음을 관찰할 수 있었다. 그래서 임상에서 흔히 사용하고 있는, 1871년 Billroth¹가 제시한, 1도, 2도, 3도 화상분류법에 저자들의 결과를 적용하여 보면, 1도화상 창상을 얻기 위하여서는 70°C에서 10-20초간, 부분층 2도화상은 80°C에서 5-10초간, 전층 2도화상은 80°C에서 15초 이상 혹은 85°C에서 5초 이상 접촉시키면 원하는 깊이의 화상을 얻을 수 있음을 알게 되었다.

저자들의 실험에서 화상의 깊이는 동일한 조건 즉 알루미늄블록이 돼지의 피부와 접촉하는 시간과 접촉할 때의 온도, 그리고 화상 후 생검 할 때까지의 시간이 동일하면 구현된 화상의 깊이는 동일하였다. 또한 접촉 시간을 동일하게 한 채 알루미늄블록의 온도를 높였을 때 온도의 변화 만큼 일정한 비율로 화상의 깊이가 깊어졌으며, 블록의 온도를 동일하게 하고 화상을 입히는 시간을 길게 할 때에도 시간의 변화만큼씩 일정한 비율로 화상이 깊어졌다. 다시 말해서 동일한 온도와 접촉 시간으로, 저자들이 고안하여 제작한 자동온도조절 알루미늄블록을 이용하여 화상을 입혔을 경우 항상 동일한 깊이로 화상 창상이 재현되었다. 여기서 저자들은 통계학적인 유의성을 검증하기 위하여 80°C에서 10초간 화상을 입히기를 반복하여서 얻은 화상 조직의 깊이를 측정하였고, 그 결과 통계학적으로 동일한 화상의 깊이로 재현됨을 알 수 있었다. 이는 표준화된 화상모델의 요건이 되는 높은 정확성, 신뢰성, 재현성이 있음을 나타낸 것으로 저자들이 고안한 방법이 표준화된 화상 모델로 적합함을 입증하는 것이다.

지금까지 수많은 드레싱 재료와 피부조직을 복원하기 위한 제품들이 개발되었으나 그 효과를 객관적으로 입증하기 위한 동물실험과정에는 많은 문제점들이 있었다. 임상에 적용한 연구들에서도 화상 환자의 화상 창상이나 피부이식제공부위 등을 실험군과 대조군으로 나누어 제품들을 적용하고 그 효과를 비교, 연구하였지만 인접한 창상이라도 화상의 깊이가 동일하다고는 할 수 없으므로 객관성을 확보하지 못한 연구 결과들을 그대로 수용하기에는 무리가 있었다. 뿐만 아니라 동일한 시점에서 동일한 화상 깊이를 가진 환자의 수는 한정되어 있어서 통계학적으로 유의할 정도로 충분히 실험 개체를 확보할 수도 없는 한계도 있었다. 저자들은 저자들이 고안한 장치로 돼지에서 표준화된 화상

모델을 얻었으며 이 모델은 모든 전제조건을 만족하였다. 그러므로 이 화상 모델을 이용하면 드레싱 제품들을 객관적으로 평가할 수 있을 뿐 아니라 창상치유 영역의 실험에서도 매우 유용하게 이용될 것으로 기대하고 있다.

V. 결 론

화상 창상의 치유에 관한 연구를 위해서는 반드시 표준화된 화상 동물 모델이 필요하다. 이 모델은 조작이 쉽고, 간단하면서, 누구에 의하여 시행되더라도 같은 조작에서는 항상 같은 깊이로 화상 창상이 재현되는 것이어야 한다. 저자들이 고안한 화상의 모델은, 사람의 피부와 조직학적으로 유사한 돼지를 대상으로 하여, 직접 고안하여 제작한 자동온도조절 알루미늄블록으로 화상을 입혔고, 생검하여 화상의 깊이를 확인한 결과 반복성과 재현성이 우수하여 모델의 전제조건을 모두 만족하였다.

REFERENCES

- Singer AJ, Berruti L, Thode HC, McClain SA: Standardized burn model using a multiparametric histologic

- analysis of burn depth. *Acad Emerg Med* 7: 1, 2000
- Kaufman T, Sagher LU, Wexler MR: Deep partial skin thickness burn: a reproducible animal model to study burn wound healing. *Burns* 16: 13, 1990
- Brans TA, Dutrieux RP, Hoekstra MJ, Kreis RW, du Pont JS: Histopathological evaluation of scalds and contact burns in the pig model. *Burns* 20: S48, 1994
- Sullivan TP, Eaglstein WH, Davis SC, Mertz P: The pig as a model for human wound healing. *Wound Repair Regen* 9: 66, 2001
- Chvapil M, Speer DP, Owen JA, Chvapil TA: Identification of the depth of burn injury by collagen stainability. *Plast Reconstr Surg* 73: 438, 1983
- Brigham PA, McLoughlin E: Burn incidence and medical care use in the united states: estimates, trends, and data sources. *J Burn Care Reliabil* 17: 95, 1996
- Gorman PJ, Saggars G, Ehrlich P, Mackay DR, Graham WP III: Effect of topical nitrogen and flubiprofen in the rat comb burn model. *Ann Plast Surg* 42: 529, 1999
- Kistler D, Hafemann B, Schmidt K: A model to reproduce predictable full thickness burns in an experimental animal. *Burns* 16: 297, 1988
- Hu RH, Yu YM, Costa D, Young VR, Ryan CM, Burke JF, Tompkins RG: A rabbit model for metabolic studies after burn injury. *J Surg Res* 75: 153, 1998