

Stereoimage Optical Topometer System을 이용한 새로운 창상 계측 방법

노경환 · 한승규 · 김우경

고려대학교 의과대학 성형외과학교실

New Measurement Method of Wound Healing by Stereoimage Optical Topometer System

Kyoung-Hwan Rho, M.D., Seung-Kyu Han, M.D.,
Woo-Kyung Kim, M.D.

Department of Plastic Surgery, Korea University College of
Medicine, Seoul, Korea

Purpose: In order to determine the amount of wound healing, objective sequential assessments of changes in wound size and depth are essential. Although a variety of measurements for wound healing have been proposed, a gold standard for quantifying day-to-day changes in healing has not been established. We present here a simple and non-invasive wound measurement method that quantitatively and accurately documents changes of the size of a raw surface and the volume of a soft tissue defect using a stereoimage optical topometer(SOT) system.

Methods: Using a 5mm diameter biopsy punch, four circular wounds were created on abdominal area of a diabetic mouse. Photographs were taken using SOT system at baseline, 5th day and 10th postoperative day. The wound margin was traced on a digitalized photo and evaluated the area and the volume of the wound by SOT system.

Results: The SOT system calculated a mean wound surface of $15.93 \pm 0.29 \text{ mm}^2$ and volume of $827.50 \pm 88.86 \text{ intensity/pixel} \times \text{area(I/PA)}$ immediately after wounding. On the 5th day after the operation wound surface declined by 10.73 mm^2 and on the 10th day declined by 5.95 mm^2 . The wound volume also declined from 827.50 I/PA to 161.75 I/PA and 30.50 I/PA on 0, 5th and 10th day, respectively.

Conclusion: The SOT system described in this study

represents a reliable, simple, practical, and non-invasive technique to accurately monitor and evaluate wound healing.

Key Words: Wound healing, Stereoimage optical topometer

I. 서론

창상회복은 상피화, 수축, 기질 합성의 세 부분으로 이루어지며, 이러한 창상회복 정도의 각 요소를 효과적으로 측정하는 것은 중요하지만 어려운 과정이다.^{1,2} 이는 임상외사가 각 환자의 치료 정도를 보는데 필요할 뿐만 아니라, 어떤 치료법이 어느 정도의 효과를 가지는지 비교 연구하는데도 쓰일 수 있다. 이상적인 창상회복에 대한 평가방법은 정확하며 신뢰성 있고, 쉽고 경제적이며 환자에게 안전한 방법으로 그 결과를 얻을 수 있어야 한다.^{1,2} 그러나 그 동안의 창상회복의 정도를 측정해온 방법들은, 대부분의 경우에 실험대상을 희생시킴으로써 연속적인 창상의 변화를 알기 어려웠으며, 창상 자체를 계측하기보다 창상회복에 대한 표지자를 측정함으로써 간접적으로 그 정도를 가늠했거나, 필름을 창상에 직접 접촉시켜 오염이나 손상의 가능성이 있었다.^{1,7} 그리고 위에 언급한 창상의 3가지 요소 각각을 따로 측정하여 복잡하고 시간이 많이 걸리는 등의 제한점들이 있었다. 이에 저자는 stereoimage optical topometer(SOT) system을 이용하여 위와 같은 제한점을 극복하면서 창상회복의 3가지 요소인 상피화, 수축, 기질 합성을 동시에 측정하는 새로운 방법을 제시하고자 한다.

II. 신고안

가. Stereoimage Optical Topometer System⁸

이 기계는 사람의 양안이 사물을 인식하는 방법에 근간을 둔, 'stereoimage'라는 개념을 사용하여 만들어졌다. 이는 2개의 charge coupled device(CCD) camera(TM440[®], Pulnix Co, Sunnyvale, CA, USA)가 동일한 대상에 대해 2장의 사진을 찍으면 이를 컴퓨터의 data acquisition board(PC vision plus[®], AES, Sydney, Australia)를 사

Received March 28, 2008

Revised May 26, 2008

Accepted June 16, 2008

Address Correspondence: Seung-Kyu Han, M.D., Department of Plastic Surgery, Korea University Guro Hospital, 97 Guro-dong, Guro-gu, Seoul 152-703, Korea. Tel: (02) 2626-3333 / Fax: (02) 868-6698 / E-mail: pshan@kumc.or.kr

* 본 논문은 2007년 대한성형외과학회 추계학술대회에서 구연 발표되었음.

용하여 stereo-matching process를 거쳐 해석해 동일점의 좌표를 구하게 된 후, 이 2장의 사진을 서로 비교, 분석하여 불일치되는 정도로 3차원적 깊이를 구할 수 있게 해주는 원리이다.⁸

과거 피부과적 영역에서 피부 모공의 크기에 대한 연구 및 아토피피부염과 건선 병변의 분석 등에 쓰여왔던 것으로 우리는 이 기계를 창상에 적용하여 창상회복의 세 가지 과정을 동시에 측정할 수 있으리라 가정하였다.

나. 방법

한 마리의 당뇨 쥐에게 5 mm 펀치 생검으로 복부에 4군데의 창상을 만들었다. 각 창상에 대하여 케양 생성 직후, 5일째 및 10일째에 동일한 조건 하에서 SOT system으로 사진 촬영을 하였다. 그리고 이 사진을 사용하여 치유 안된 면적, 연부조직 결손 부피 및 상피화와 기질 합성, 수축의 정도를 계산하였다.

처음 창상이 생겼을 때의 SOT system을 사용하여 구한 넓이(Fig. 1)와 회복 후 검사한 창상의 넓이(Fig. 2)를 구했다. 상피화의 경우 후자 자체가 상피조직으로 덮인

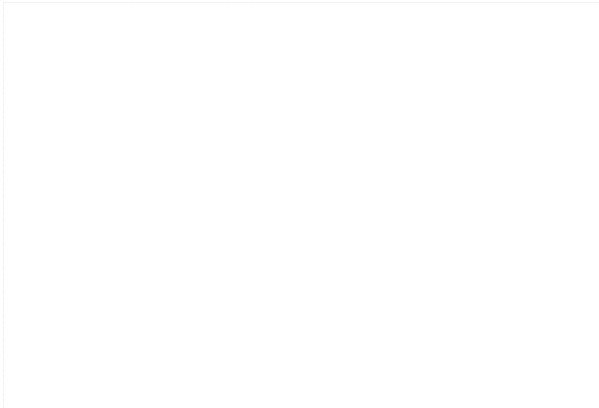


Fig. 1. Initial wound area.

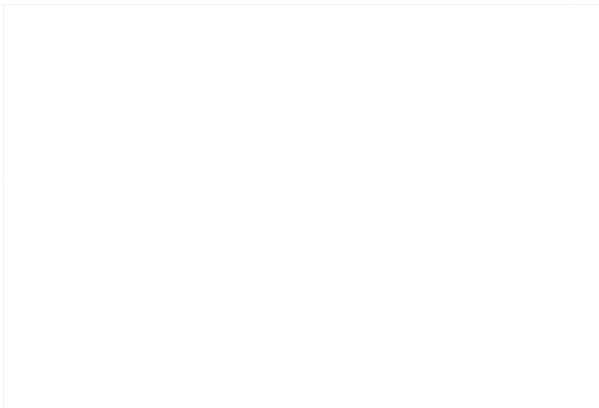


Fig. 2. Healed wound area.

면적이므로 그 영역은 SOT system을 사용하여 직접 구할 수 있으며, 창상 수축으로 회복된 넓이(Fig. 3)는 초기 창상의 크기와 현재 회복된 창상의 크기의 차이, 즉 두 면적 값의 차로 구했다. 그리고 기질 합성은 아래의 식에 의해 컴퓨터로 구해진 창상의 입체적 부피로, 앞의 방법과 같이 초기 부피 값과 검사 당시의 부피 값 간의 차이로 구했다.

다. 결과

각 계측 값들을 분석한 결과 각 결과값들은 연속적인 상관관계를 가지는 것으로 나왔다. 생성 후 측정된 케양의 평균 면적은 $15.93 \pm 0.29 \text{ mm}^2$ 이었고, 평균 부피는 $827.50 \pm 88.86 \text{ intensity / pixel} \times \text{area(I/PA)}$ 이었다. 5일째와 10일째에 측정된 케양의 면적은 $10.73 \pm 0.86 \text{ mm}^2$, $5.95 \pm 0.25 \text{ mm}^2$ 이었고, 상피화 되지 않은 면적은 $3.60 \pm 0.84 \text{ mm}^2$, $1.45 \pm 0.51 \text{ mm}^2$ 로 측정되었다. 이에 따라 상피화된 면적은 $7.13 \pm 0.53 \text{ mm}^2$, $4.50 \pm 0.66 \text{ mm}^2$, 창상

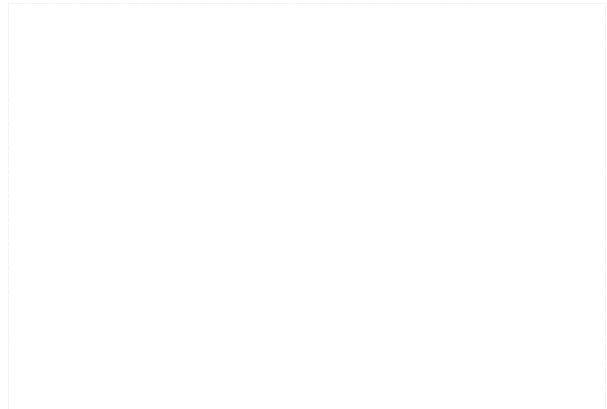


Fig. 3. Contractured wound area.



Fig. 4. The graph showing the result of table I.

Table I. Epithelization and Contraction Result(mm²)

Sample No.	Initial wound area (I)	Wound area at 5th day				Wound area at 10th day			
		Total wound area (T)	Non-Epithelized Area (N)	Epithelized Area (I-N)	Contracted area (I-T)	Total wound area (T)	Non-Epithelized Area (N)	Epithelized Area (T-N)	Contracted area (I-T)
1	16.1	10.8	3	7.8	5.3	5.5	1.8	3.7	10.6
2	15.6	11.4	4.4	7	4.2	6	1.5	4.5	9.6
3	16.1	9.7	2.9	6.8	6.4	5.8	0.8	5	10.3
4	15.9	11	4.1	6.9	4.9	6.5	1.7	4.8	9.4
Mean	15.93	10.73	3.60	7.13	5.20	5.95	1.45	4.50	9.98
SD	0.29	0.86	0.84	0.53	1.10	0.25	0.51	0.66	0.51

Table II. Matrix Synthesis Result(I/PA)

Sample No.	Initial defect volume (IDV)	At 5th day		At 10th day	
		Defect volume (DV)	Amount of matrix synthesis(IDV-DV)	Defect volume (DV)	Amount of matrix synthesis(IDV-DV)
1	812	243	569	43	769
2	957	159	798	37	920
3	761	78	683	17	744
4	780	167	613	25	755
Mean	827.50	161.75	665.75	30.50	797.00
SD	88.86	67.46	99.88	11.70	82.64

수축의 면적은 $5.20 \pm 1.10 \text{ mm}^2$, $9.98 \pm 0.51 \text{ mm}^2$ 로 계산되었다(Table I). 이를 그래프로 그려보면 상피화되지 않은 면적이 시일이 지남에 따라 감소하고 있음을 알 수 있고, 상피화된 면적과 창상수축의 면적 각각의 정도도, 동시에 얻을 수 있었다(Fig. 4). 궤양의 부피 변화 또한 5일째 $161.75 \pm 67.46 \text{ I/PA}$ 및 10일째는 $30.50 \pm 11.70 \text{ I/PA}$ 로 감소하였으며, 이를 토대로 기질 합성의 정도는 $665.75 \pm 99.88 \text{ I/PA}$, $797.00 \pm 82.64 \text{ I/PA}$ 의 결과값을 구할 수 있었고(Table II), 그래프에서 보여지듯 궤양의 부피가 시간에 따라 감소하고 있으며, 증가하는 기질 합성의 정도도 구할 수 있었다(Fig. 5).

III. 고 찰

SOT system은 피부 표면의 윤곽의 특징과 형태학적 변화 및 정도를 분석하기 위하여 개발된 것으로, 삼차원적 피부 구조의 정량적 측정이 가능할 뿐 아니라 피부 모공이나 작은 주름 같은 미세한 구조물의 측정도 가능

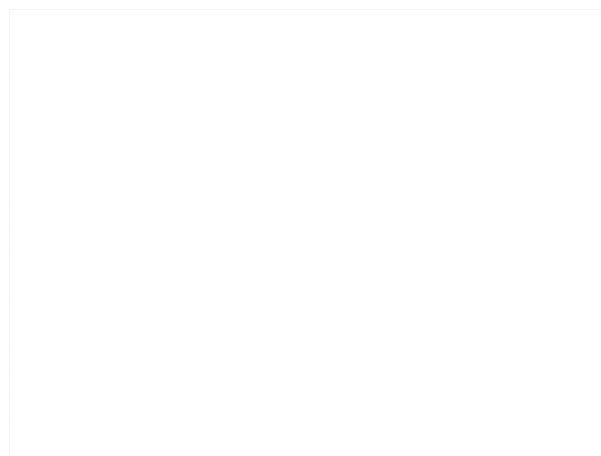


Fig. 5. The graph showing the result of table II.

하게 만들어 졌다.⁸ 이 기계는 그 동안 피부과적 영역에서 아토피피부염과 건선 병변의 심도 비교와 분석 그리고 피부 모공 확장의 양적 연구에 사용되어 정량적 계측 및 기존의 방법들과의 비교 연구에 사용되어 왔다. 이에

우리는 SOT system을 창상에 적용시켜 형태학적 변화를 분석하여 창상회복의 정도를 평가해 보았다.

과거의 창상회복의 정도를 평가하는 방법은 상피화의 경우 조직학적 방법으로 보거나,³ 창상에 직접 필름을 대고 가장자리를 그리거나,² 사진을 찍은 후 면적계로 넓이를 구하는 방식이었고,² 창상수축 역시 사진을 찍어 줄어든 정도를 보거나,² 육아조직의 장력을 측정하거나,⁴ Anti-SMA Antibody같은 중간 매개체의 양을 측정하여 간접적으로 수축의 정도를 예측하였으며,⁵ 기질 합성의 경우도 조직학적 방법으로 광학 또는 전자현미경을 통해 형태 분석을 하거나,⁶ 기질 합성에 필요한 Cytokine의 양을 측정하여 간접적으로 그 정도를 보아 왔다.⁷ 그러나 이러한 방법들은 각 창상치유 요소들을 따로 측정을 해야 했고, 면적계 등을 직접 창상에 접촉시켜 오염의 가능성을 내재하고 있었으며,² 조직학적인 방법으로 분석하기 위하여 실험동물이나 창상에 침습적인 조작을 가해야 하였다.^{1,7} 또한 창상회복의 중간 매개물의 양을 측정하여 간접적으로 그 회복의 정도를 추정해야 했다.⁵

이번 연구에서 SOT system을 사용한 창상회복의 정도 측정은 영상촬영을 통하여 창상회복의 3가지 요소를 한 번에 측정할 수 있는 간단한 방법이었을 뿐 아니라, 영상을 획득하는 방법이 일반적인 사진촬영과 유사하므로, 침습적인 조작이나 직접적인 접촉의 과정이 없어 연속적인 창상의 변화를 기록할 수 있고, 오염의 가능성을 최소한으로 줄일 수 있었다. 또한 중간 매개물을 통한 추정이 아니므로 정확한 측정이 가능하였다.

다만, 이러한 측정을 위해서는 새로운 SOT system을 도입해야 한다는 단점과 계산 과정에서 부피를 사용한 기질 합성의 측정은 수축과 상피화의 두 과정도 포함할 수 있으므로 정확한 값을 대변할 수 없는 단점이 있었다. 또한 SOT system을 이용한 부피 변화의 측정은 계측 단위를 통한 실제 부피를 측정하는 것은 아니었고, 사진을 통하여 표현되는 촬영 단면의 화소별 명암의 강

도를 비교하여 부피의 변화를 측정하는 것으로 이에 따른 단위는 $\text{intensity}/\text{pixel} \times \text{area}$ 로 표시되므로 창상치유의 변화만을 반영한다는 제한점이 있다.

이번 실험의 결과값에서 보여지듯, SOT system을 이용한 창상의 계측은 창상에 직접적인 접촉이나 손상없이, 면적과 부피 값의 연속적인 변화를 한 번에 측정할 수 있는 새로운 방법이라 사료되어 보고하는 바이다.

REFERENCES

1. Smith RB, Rogers B, Tolstykh GP, Walsh NE, Davis MG Jr, Bunegin L, Williams RL: Three-dimensional laser imaging system for measuring wound geometry. *Lasers Surg Med* 23: 87, 1998
2. Lucas C, Classen J, Harrison D, De H: Pressure ulcer surface area measurement using instant full-scale photography and transparency tracings. *Adv Skin Wound Care* 15: 17, 2002
3. Devalaraja RM, Nanney LB, Qian Q, Du J, Yu Y, Devalaraja MN, Richmond A: Delayed wound healing in CXCR2 knockout mice. *J Invest Dermatol* 115: 234, 2000
4. Snowden JM, Kennedy DF, Cliff WJ: The contractile properties of wound granulation tissue. *J Surg Res* 36: 108, 1984
5. Sumiyoshi K, Nakao A, Setoguchi Y, Okumura K, Ogawa H: Exogenous Smad3 accelerates wound healing in a rabbit dermal ulcer model. *J Invest Dermatol* 123: 229, 2004
6. Colwell AS, Krummel TM, Longaker MT, Lorenz HP: An *in vivo* mouse excisional wound model of scarless healing. *Plast Reconstr Surg* 117: 2292, 2006
7. Ferreira AM, Takagawa S, Fresco R, Zhu X, Varga J, DiPietro LA: Diminished induction of skin fibrosis in mice with MCP-1 deficiency. *J Invest Dermatol* 126: 1900, 2006
8. Park SY, Ha SH, Yu DS, Son SW, Kim DJ, Kim IH, Moo JS, Kim MG, Oh CH: Quantitative evaluation of severity in psoriatic lesions using three-dimensional morphometry. *Exp Dermatol* 13: 223, 2004