

## 새로 개발한 실리콘젤시트의 물성에 대한 연구

윤영목<sup>1</sup> · 강낙헌<sup>1</sup> · 김태준<sup>2</sup>

충남대학교 의과대학 성형외과학교실<sup>1</sup>, 한스바이오메드<sup>2</sup>

### Comparison Study of Physical Properties between Two Silicone Gel Sheets

Young Mook Yun, M.D.<sup>1</sup>, Nak Heon Kang, M.D.<sup>1</sup>,  
Tae Joon Kim, Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Plastic & Reconstructive Surgery, College of  
Medicine, Chungnam National University, Daejeon;

<sup>2</sup>Hans Biomed, Daejeon, Korea

**Purpose:** Silicone gel sheet(SGS) is used for preventing and treating keloid or hypertrophic scars. Because the product is weak in tear strength and adherence, it requires several replacements, which requires high cost. As a solution for this problem, we developed a new silicone gel sheet, named as Scar Clinic, and confirmed its physical properties.

**Methods:** Tensile strength, elongation rate, adhesiveness, and water vapor transmission rate were experimentally compared between the most commonly used SGS product and the Scar Clinic.

**Results:** The newly developed SGS showed better results compared to the existed SGS in regards to tensile strength, elongation rate, adhesiveness, and water vapor transmission rate.

**Conclusion:** The Scar Clinic showed higher durability and flexibility. It will be a useful product for treating scars clinically.

**Key Words:** Tensile strength, Elongation, Adhesiveness, Water vapor transmission

### I. 서 론

수술 또는 외상으로 인하여 심부 진피까지 손상을 입은 경우 진피층의 콜라겐이 과다하게 증식하여 반흔조직을 형성한다. 대부분의 반흔은 창상치유의 과정에서

나타나며 시간이 지나면 상처가 성숙되면서 줄어들게 되나 비후성 반흔이나 켈로이드가 형성된 경우에는 해결하기가 쉽지 않은 문제이다. 왜냐하면 이러한 반흔들이 발생한 후에는 몇 개월에 걸쳐 커지는 경향이 있으며 때로는 적절한 치료에도 불구하고 지속적으로 크기가 증가하는 경우도 있기 때문이다. 따라서 비후성 반흔과 켈로이드는 조기의 인식 및 관리가 매우 중요하며, 최근에 반흔의 치료방법으로는 병변내 스테로이드 주사요법, 약물요법, 압박요법, 실리콘젤 부착요법, 냉동 및 레이저 치료, 외과적 절제술 및 방사선요법 혹은 이들의 병행요법들이 추천되고 있다. 이중에서 실리콘젤시트는 반흔에 대한 정확한 기전과 효과 및 조직학적 반응이 불분명하나 흉터를 압박하여 진피 및 결합 조직 내 비후성 반흔을 일으키는 물질을 억제하고 탄력을 증가시켜 반흔을 최소화하는 것으로 알려져 있으며, 단독으로 사용해도 뛰어난 효과를 나타내고 환자들에게 적용하기 용이하여 보존적 흉터 치료 제제로서 각광 받고 있다.<sup>1</sup>

하지만 많이 사용되고 있는 실리콘젤시트들이 쉽게 찢어지고, 신체의 굴곡면(convoluted surface)이나 수부 및 족부와 같은 관절면에서는 적용하기가 쉽지 않으며, 반복해서 사용 할 경우 점착력이 떨어져 자주 교체함으로써 오는 비용 증가의 문제점을 인식하게 되었다. 본 연구에서는 이를 해결하고자 보다 내구성이 강화된 실리콘젤시트를 한스바이오메드 연구소(Daejeon, Korea)와 공동개발하여 이에 대한 인장력, 신장률, 점착력 및 수증기 투과율의 물리학적 특성을 현재 임상에서 가장 많이 사용하고 있는 제품과 각각 비교하였다.

### II. 재료 및 방법

현재 임상에서 가장 많이 사용하는 실리콘젤시트 제품을 대조군으로 하고, 새로 개발한 제품을 실험군으로 하여 각각 인장력, 점착력, 신장률 및 수증기 투과율을 시험하여 비교하였다.

1) 인장력: 내구성의 지표로 증가 할수록 사용기간을 늘릴 수 있다.

Received February 15, 2008

Revised March 3, 2008

Accepted June 20, 2008

**Address Correspondence:** Nak Heon Kang, M.D., Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Chungnam National University Hospital, 640 Daesa-dong, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea. Tel: 042) 280-7380 / Fax: 042) 280-7384 / E-mail: nhk488@yahoo.com

Table I. Physical Properties between Two Silicone Gel Sheets

| Group        | Property<br>Tensile strength<br>(N) | Elongation rate<br>(%) | Adhesiveness<br>(N/10 mm) | Water vapor transmission<br>(mg/h·cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|---|
| Control      | 16.00 ± 0.56                        | 204.66 ± 17.76         | 0.25 ± 0.01               | 0.28 ± 0.019  |
| Experimental | 24.69 ± 0.87                        | 336.90 ± 22.15         | 0.49 ± 0.02               | 0.23 ± 0.004  |

- 2) 신장률: 굴곡부위를 가지고 있는 환부에 적용 용이성을 나타낸다.
- 3) 점착성: 실리콘젤시트의 환부에 대한 밀착성을 나타내며, 증가할수록 치료 효과를 높일 수 있다.
- 4) 수증기 투과율: 낮을수록 각질층의 폐쇄성 및 수화성을 증가시켜 흉터 치료 효과를 증대시킬 수 있다.

가. 실험방법

1) 인장력

실험방법은 ASTM D882-02 Standard test method를 따랐다.<sup>1</sup> 일정한 이동속도로 가동되는 인장시험기의 그림을 잡아 늘리는 동안 시험편이 절단될 때 얻어진 인장력과 신장률을 측정하였다. 시험편의 길이는 100 mm, 폭 25.4 mm의 조각을 각각 10개씩 사용하였다. 인장시험기는 Liloyd LPX Plus(AMETEK, Fareham, UK)를 사용하였다. 초기 그림 사이의 거리는 50 mm로 시험편을 고정시켰다. 그림의 분리 속도를 500 ± 50 mm/min으로 입력한 후, Y축을 Load, X축을 Extension으로 설정한 후 시험편이 파단 될 때까지 신장시켰다. 신장률의 계산은 다음과 같다.

$$E = 100 L/L_0$$

E = 백분율로 나타낸 신장

L = 파단시 그림 이동 거리

L<sub>0</sub> = 초기 그림 거리

2) 신장률

실험방법은 인장력의 측정방법과 동일하였고, 시험편의 파단 시 신장률을 기록하였다.

3) 점착력

실험방법 ASTM D 3330 Standard test method를 따랐다.<sup>3</sup> 이는 규정된 규격의 시험판에 점착된 시험편을 특정 속도로써 180°로 벗겨내는 데 필요한 힘을 측정하는 것으로 구성된다. 시험판은 크기 50 × 125 mm, 두께 1.1 mm의 판을 이용하고 ASTM D 3330 규격의 롤러를 사용하였다. 하나의 시험재료당 10개의 폭 24 ± 0.5 mm, 길이 150 ± 15 mm 시험편을 얻어 실험하였다. Methanol (95% 이상)로 세척하고 깨끗한 흡수재로 닦아 10분 이상

건조시킨 후 시험편의 한쪽 끝 15 mm 부분을 점착편 쪽으로 접어서 서로 붙이고, 붙이지 않은 반대쪽 끝부분부터 시험판에 롤러를 사용하여 밀착시켜 붙였다. 시험편에 밀착시킨 쪽을 65 mm 정도 벗겨낸 후 인장시험기의 아래쪽 물림구에 끼워 물리고, 다른 쪽 끝을 위쪽 물림구에 끼워 물린 후 5.0 ± 0.2 mm/s의 속도로 작동시켜 시험편을 시험판으로 부터 연속해서 당겨 벗겼다. 50 mm를 벗기는 동안의 작용한 힘의 평균을 구하였다.

4) 수증기 투과율

일정한 온도 및 습도 조건에서 단위시간에 단위면적의 시험편을 통과하는 수증기의 양을 측정하는 것으로 시험방법의 규정은 ASTM E96-00 Standard test methods를 따랐다.<sup>2</sup> 시험용기는 직경이 60 mm 이상이었고 시험편은 직경보다 5.6 mm 이하로 잘랐다. 온도는 37°C, 상대 습도는 15%로 유지될 수 있는 챔버를 사용하였다. 식염수로 시험용기를 시험판에서 19 ± 6 mm 떨어지도록 채우고, 식염수의 깊이는 3 mm 이상이 되도록 하였다(Fig. 1). 시험용기에 시험편을 부착한 후 시험용기의 무게를 측정하고 제어된 환경 하에 챔버 속에 넣었다. 시험은 240시간 동안 진행하면서 매일 무게를 측정하였다.

수증기 투과도는 다음 식에 따라 산출하였다.

$$WVTR = \Delta G/tA$$

ΔG = 시험편 장착된 용기의 무게 변화량(mg)(G-Go)

t = 시험시간(h)

A = 용기입구의 면적(cm<sup>2</sup>, πr<sup>2</sup>)

$$WVTR = \text{수증기 투과율(mg/h·cm}^2\text{)}$$

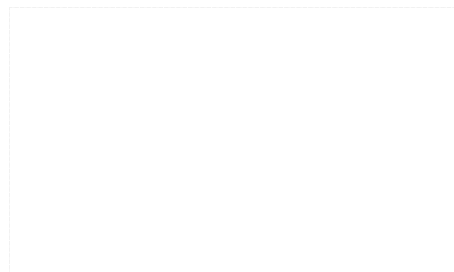


Fig. 1. Testing bottle to estimate Water vapor transmission rate.

나. 통계분석

통계분석은 SPSS program(Version 15.0)을 사용하였고 측정치는 평균과 표준편차로 표현하였다. 실험군과 대조군의 비교는 paired T-test로 검정하였으며, 유의수준(p 값)이 0.05 이하일 때 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

III. 결 과

가. 인장력

각각 10개의 시험편에서 시험한 결과 대조군의 경우 16.00 ± 0.56 N이었고, 실험군의 경우 24.69 ± 0.87 N으로 측정되어 실험군이 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가하였다(p < 0.05)(Fig. 2).

나. 신장률

각각 10개의 시험편에서 대조군의 경우 204.66 ± 17.76%이었고, 실험군의 경우 336.90 ± 22.15%로 측정되어 실험군이 대조군에 비해 유의성 있게 증가하였다(p < 0.05)(Fig. 3).

다. 점착력

각각 10개의 시험편을 시험하였으며 대조군의 경우 0.25 ± 0.01 N/10 mm이었고, 실험군의 경우 0.49 ± 0.02 N/10 mm으로 측정되어 대조군보다 실험군에서 유의한 증가를 보였다(p < 0.05)(Fig. 4).

라. 수증기 투과율

240시간 동안 10회의 측정결과 대조군의 경우 0.28 ± 0.019 mg/h·cm<sup>2</sup>이었고, 실험군의 경우 0.23 ± 0.004 mg/h·cm<sup>2</sup>로 측정되어 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p < 0.05)(Fig. 5).

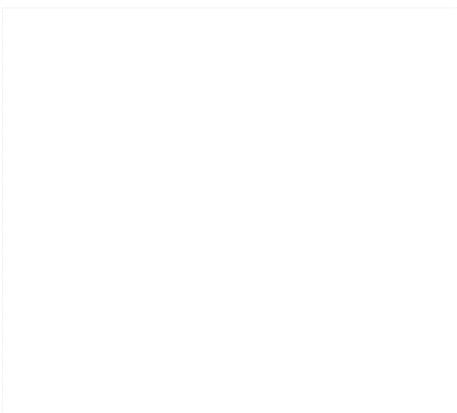


Fig. 2. Mean difference between two materials of tensile strength.

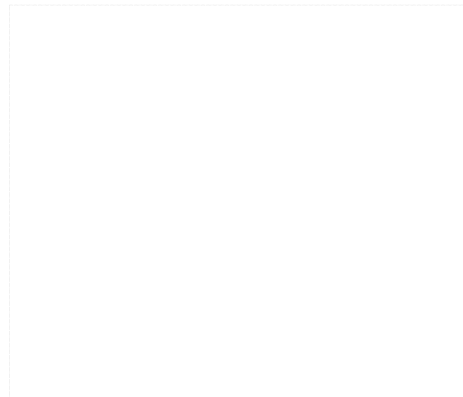


Fig. 3. Mean difference between two materials of elongation rate.

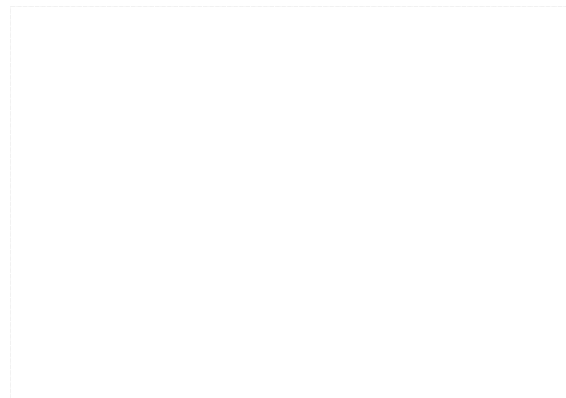


Fig. 4. Mean difference between two materials of adhesiveness.

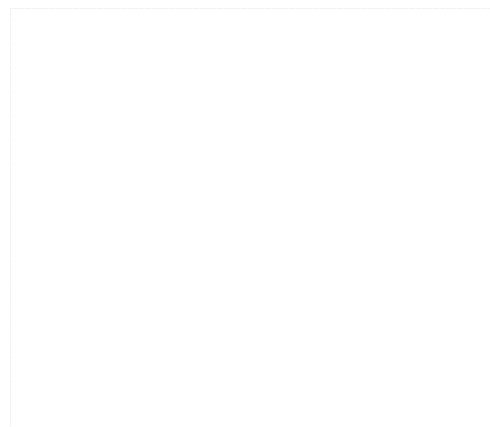


Fig. 5. Mean difference between two materials of Water vapor transmission rate.

IV. 고 찰

실리콘젤은 dimethyl과 vinyl이 교차 결합되어 처리된 polymethidylsiloxane으로 구성되었으며, 화상 후 발생한

반흔의 치료법으로 처음 소개되었다. Perkins 등<sup>4</sup>은 화상 후 반흔을 가진 환자에 대하여 실리콘젤시트를 사용하여 치료한 결과를 보고하였는데, 42명 중 압박요법을 시행하지 않고 실리콘젤시트만 단독으로 사용한 22명의 환자에서도 반흔의 현저한 개선을 경험할 수 있었다고 하였다.

실리콘젤시트의 작용기전에 대하여 여러 가설들이 있다. 1985년 Quinn 등<sup>5</sup>은 실리콘젤시트의 수증기 투과율은 정상 피부조직의 반 정도임을 확인하면서 각질층이 수분을 보유할 수 있는 여건을 만들어 주는 것으로 작용기전을 설명하였다. 또 다른 작용기전으로는 1986년 제7차 국제화상학회 학술대회에서 Davey가 실리콘젤시트의 비투과성으로 각질층이 항상성을 유지하도록 도와주고 충혈 및 섬유화를 줄여주어 최종 반흔의 형성을 억제할 수 있다고 보고하였다. 또한 Hirshowitz 등<sup>8</sup>은 실리콘젤시트의 막에서 볼 수 있는 일정한 전기장이 비후성 반흔 발생에 방해신호로 작용하여 반흔의 발생을 억제한다고 보고하였으며, Lorenzo는<sup>9</sup> 비후성 반흔과 켈로이드의 조직학적 및 면역조직화학적 분석을 통하여 실리콘젤시트가 방추상세포의 감소와 CD11a/CD18을 표현하는 림프구를 강하게 증가시킴으로써 이로 인한 비후성 반흔과 켈로이드의 총 두께가 감소하였음을 보고하였다. 현재까지 실리콘젤시트의 반흔에 대한 정확한 기전과 효과 및 조직학적 반응은 불분명하나 경험적으로 조직의 감소와 비후성 반흔 및 켈로이드의 형성을 예방하는데 효과가 있음을 Niessen등이 증명하였다.<sup>10</sup>

실리콘젤시트는 최소한 하루에 12시간 이상 사용할 것을 권장하고 있으며 24시간 동안 부착 시 최대 효과를 낼 수 있다. 사용기간은 2-6개월 정도가 추천되며,<sup>11</sup> 발생한지 6-12개월이 지난 반흔에서는 효과가 적다. 실리콘젤시트의 적용은 환자에 의하여 직접 시행되므로 순응도가 치료에서 매우 중요하며 사용 방법 및 기간에 대한 상담이 성공적인 치료를 위하여 필수적이다.

현재까지 국내외에서 실리콘젤시트의 물성학적 특성에 대한 연구 및 논문은 미비한 실정이다. 사용이 증가되고 있는 실리콘젤시트의 경제적이고 편리한 사용을 위해서는 오랫동안 유지되는 접착성과 견고성, 탈부착의 용이성, 신체의 여러 부위에 적용될 수 있는 신축성, 각질층이 수분을 보유할 수 있도록 도와주는 낮은 투과성을 요한다. 이러한 특성들을 수치화하고 비교하기 위하여 이번 연구에서는 미국재료시험협회(American Society for testing Materials, ASTM)의 규정을 준수하였다. 실리콘젤시트에 요구되는 특성들에 관계되는 물성학적 특성으로, 견고성을 인장력 실험, 신축성을 신장력 실험, 접착성을 접착력 실험으로, 수분 보유율을 수증기 투과율 실험으로 평가하였다. 비교 결과 측정된 모든 지표에서 통계적으로 유의한

개선을 확인할 수 있었다. 앞으로 사용기간에 따른 물리학적 특성의 변화에 대한 실험과 임상에서 사용 시 문제점, 그리고 치료 효과에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

실리콘젤시트는 비후성 반흔과 켈로이드에 안전하고 효과적인 치료 방법으로 추천되지만, 사용 시 불편한 점들이 적지 않아 이들 단점을 보완한 제품을 개발하여 기존에 임상에서 가장 많이 사용하는 실리콘젤시트와 물리학적 특성들을 비교 시험하였다.

인장력, 점착력 및 신장률은 실험군이 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가하였으며, 수증기 투과율에서는 유의성 있게 감소되었음을 알 수 있었다.

이상의 결과로 보아 새로 개발한 실리콘 제품은 기존의 제제보다 내구성이 뛰어나 쉽게 찢어지지 않고, 신체의 굴곡면이나 관절면에 적용하기가 쉬우며, 반복해서 사용해도 점착력이 떨어지지 않아 오래 쓸 수 있을 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. Fulton JE Jr: Silicone gel sheeting for the prevention and management of evolving hypertrophic and keloid scars. *Dermatol Surg* 21: 947, 1995
2. ASTM D882-02 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. 2002
3. ASTM D 3330 Standard test method for peel adhesion of pressure-sensitive tape. 2002
4. ASTM E96-00 Standard test methods for water vapor transmission of materials. 2002
5. Ketchum LD, Cohen IK, Masters FW: Hypertrophic scars and keloids. A collective review. *Plast Reconstr Surg* 53: 140, 1974
6. Perkins K, Davey RB, Wallis KA: Silicone gel: a new treatment for burn scars and contractures. *Burns Incl Therm Inj* 9: 201, 1983
7. Quinn KJ, Evans JH, Courtney JM, Gaylor JD, Reid WH: Non-pressure treatment of hypertrophic scars. *Burns Incl Therm Inj* 12: 102, 1985
8. Hiroshowitz B UY, Har-Shai Y: Silicone occlusive sheeting(SOS) in the management of hypertrophic and keloid scarring, including the possible mode of action of silicone by static electricity. *Eur J Plast Surg* 16: 8, 1993
9. Borgognani L: Biological effects of silicone gel sheeting. *Wound Repair Regen* 10: 118, 2002
10. Niessen FB, Spauwen PH, Robinson PH, Fidler V, Kon M: The use of silicone occlusive sheeting(Sil-K) and silicone occlusive gel(Epiderm) in the prevention of hypertrophic scar formation. *Plast Reconstr Surg* 102: 1962, 1998
11. Ahn ST, Monafu WW, Mustoe TA: Topical silicone gel: a new treatment for hypertrophic scars. *Surgery* 106: 781, 1989