



- 공광식, 김수현, 오석, 김용남¹, 김태열²
- 동신대학교 대학원 물리치료학과, ¹남부대학교 물리치료학과, ²동신대학교 물리치료학과

Wound Contraction Effects of Percutaneous Electrical Stimulation on Excision Wound Models

Gwang-Sik Gong, PT, MS; Su-Hyon Kim, PT, MS; Seok Oh, PT; Yong-Nam Kim, PT, PhD¹; Tae-Youl Kim, PT, PhD²

Department of Physical Therapy, Graduate School, Dongshin University; ¹Department of Physical Therapy, Nambu University; ²Department of Physical Therapy, Dongshin University

Purpose: This study investigated the effect of needle electrode stimulation at various frequencies on change in wound healing in excision wound rats

Methods: Twenty-four Sprague-Dawley adult male rats were assigned to one of four groups: control (n=6), acupuncture group (n=6), low rate (2 Hz) percutaneous electrical stimulation group, high rate (100 Hz) percutaneous electrical stimulation group (n=6). We analyzed morphological effects by measuring the area of the excision wound, the contraction rate, and chromatic red. A digital camera and an image analysis program were used to measure and analyze the wound area, which was also used for the contraction rate. Chromatic red was obtained by calculating red, green, and blue (RGB) values of the wound area.

Results: The electro acupuncture stimulation group showed significant healing effects compared to the control and acupuncture groups.

Conclusion: The results of this study showed that various frequencies of percutaneous electrical stimulation have a therapeutic effect on wound healing.

Keywords: Wound contraction, Percutaneous electrical stimulation, Chromatic red

논문접수일: 2010년 8월 2일

수정접수일: 2011년 1월 15일

게재승인일: 2011년 2월 9일

교신저자: 김태열, ptcep@hanmail.net

1. 서론

창상은 외상, 화상, 당뇨병의 합병증으로 인한 족부괴사 등 다양한 원인으로 인하여 발생 빈도가 점차 증가되고 있는 추세이다. 미국의 경우에 매년 2백 5십만명의 화상환자, 6백만명의 심각한 외상 및 찰과상 등이 발생하는 것으로 알려져 있다.¹ 따라서 창상치료에 지출되는 비용도 만만치 않아 미국의 경우에는 매년 30억 달러, 독일의 경우에는 매년 5억 유로, 영국의 경우에는 순수한 족부괴사 환자의 치료비용만 4억 유로가 지출되는 것으로 보고되었다.² 특히, 대사성 질환인 당뇨병의 합병증으로 나타나는 족부궤양 등 창상의 발생률이 전체 당뇨

환자의 25% 정도로 당뇨를 앓고 있는 동안 많은 환자들이 창상문제로 육체적 장애와 함께 정신적 스트레스가 심각하게 영향을 미쳐 삶의 질을 현저히 떨어뜨리는 요인이 되기도 한다.³ 우리나라의 경우 창상 발생률에 대한 체계적인 조사가 매우 미흡한 실정이나, 일부 보고에 의하면 중환자실 환자의 욕창 발생률이 10.5%~40% 정도인 것으로 보고되고 있으며,⁴ 산업재해, 사고 등에 의한 화상환자의 발생은 2003년 기준으로 16,734명으로 보고되었다.⁵ 창상에 대한 치료방법으로 항생제 및 부신 피질호르몬 등을 이용한 약물치료,⁶ 태아 세포를 이용한 세포치료(fetal cell therapy),⁷ 아시혈을 이용한 침치료 등 다양한 방법들이 사용되고 있다. 창상에 대한 물리치료로 저강도 레이저,

초음파 등과 함께 가장 많이 적용되는 다양한 종류의 전기자극은 창상과 주변에 혈류를 증가시켜 창상치유를 촉진시키는 것으로 알려져 있다.¹ 전기자극을 이용한 창상치료로 80V에서 200V사이의 고전압맥동전류(high voltage pulsed current)가 가장 많이 사용되는데, 통상적으로 사용되는 전기자극 조건은 맥동빈도는 50~120 pps, 맥동기간은 150 μ s, 전류양은 15~20 mA 정도이며, 이 정도의 매개변수에서 세포이동의 촉진이 가장 크게 향상되며, 손상전류의 회복, 미세순환증진, 상피세포의 이동을 촉진시키는 효과가 가장 큰 것으로 알려져 있다.^{7,8} 또한 전기자극 시 적용되는 주파수 또는 맥동빈도는 2~5 pps의 저빈도가 미세순환을 현저하게 증가시키며, 피부궤양의 치유가 촉진되는 효과가 큰 것으로 보고되었다.⁷ 임상적으로 창상 치료에 전기자극의 적용은 일반적이지 않지만, 치유과정에서 피부의 내인성 전기장을 조절하는 인자로서 작용한다는 근거들이 제시되고 있다.⁷ Burr 등⁹은 생체전기가 창상치유와 관계가 있다고 주장하였으며, Carey와 Lepley¹⁰가 연속직류의 창상치유효과를 연구한 이래 많은 연구자들이 창상치유를 목적으로 한 전기자극에 대하여 연구를 진행해 오고 있다. 임상에서 전기자극의 개념은 새로운 것이 아니며, 골절 치유, 신경근 재활, 통증조절 등을 포함한 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 또한 동물을 이용한 실험, 환자를 대상으로 한 임상연구가 다양하게 이루어지고 있다.⁷ 대부분의 창상치유를 위한 전기자극은 표면전극을 이용하여 미세전류, 저강도 직류, 고전압 맥동전류, 저전압 맥동전류 등을 통전시키는 방법이 사용되고 있으며, 특히 고전압 맥동전류와 저전압 맥동전류는 창상크기가 줄어드는 속도를 촉진시키며, 지속직류는 조직의 인장력을 증가시키는 것으로 보고되었다.¹¹ 이러한 실험 결과는 비록 동물실험으로서 전기자극의 효과들을 지지 할 수 있는 근거가 되고 있기는 하지만 아직 전기자극을 이용한 창상치료 프로토콜의 더 효과적인 방법의 제안은 미흡한 실정이다.⁷ 침은 질병의 치료나 통증조절을 위한 목적으로 사용되며, 침 전극을 조직에 삽입하고 전류를 통전시키는 침전극전기자극은 1970년대 침 마취를 통해 수술이 가능하다는 사실이 알려지기 시작하면서부터 세계적인 주목을 받게 되었다.¹² 침전극전기자극은 임상적으로 통증조절에 매우 효과적인 것으로 알려져 있으며, 따라서 침전극전기자극의 통증조절 효과에 대한 기전이나 임상적 효과에 대한 연구가 주를 이루고 있다.¹³ 또한 침이 조직치유를 촉진시키는데 효과적이라는 사실이 알려진 이후 창상 주변에 침을 삽입하고 전류를 통전시키는 방법이 임상에서 적용되기 시작하였으며,^{14,15} 침전극전기자극의 치료기전에 대한 연구로 수술 창상은 교감신경계의 활성화로 인한 혈관 수축이 창상부위를 저산소증으로 만들기 때문에 창상부위에 혈액공급과 산소공급이 감소되어 치유를 억제시키나 침 자극은 교감신경계의 활성을 억제시켜 창

상부위에 혈류를 증가시키기 때문에 창상 치유를 촉진시키는 것으로 보고되었다.¹⁶ 창상치유에 대한 평가방법은 창상의 종류와 형태에 따라 달라지며, 창상의 크기를 측정하는 형태학적 분석, 육아조직의 무게와 인장력 측정, 육아조직의 조직학 및 생화학적 분석 등이 많이 사용되고 있다.^{17,18} 창상에 대한 임상연구에서는 형태학적 분석이 매우 중요하기 때문에 창상의 크기, 체적, 색상 등을 측정하는 방법이 많이 사용되는데, 창상이 치유되는 과정 중 색상은 적색에서 옅은 분홍색으로 변화하므로 chromatic red, luminance 값을 구하여 치유율을 평가할 수 있다.¹⁹ 과거에는 창상의 치유과정을 측정하는 객관화된 기준이 없었으나, digital planimeter나 디지털 카메라로 촬영 후 디지털 영상분석 프로그램을 이용하여 면적, chromatic red, luminance 등을 분석하거나, 두 대의 카메라로 3차원 영상을 구성할 수 있는 stereophotogrammetry로 분석하는 방법이 활용되고 있다.²⁰ 침 또는 침전극전기자극이 창상 치유에 효과적이라는 주장은 일부 임상가들에 의해 제시되었지만, 체계적인 창상 연구는 아직까지는 매우 미흡하기 때문에 임상적 근거를 제시하는데 많은 제한점을 가지고 있다. 또한 전기자극의 치유효과에 대한 연구가 다양하게 이루어지지 않아 여러 가지 경피전기 자극 방법이나 침 등과 침전극전기자극의 효과에 대한 비교나 침전극전기자극 시 적용되는 주파수 등 매개변수의 차이에 따른 효과도 명확히 제시되어 있지 않다.

따라서 이 연구에서는 침과 침전극전기자극의 창상수축 효과를 비교하고, 침전극전기자극 시 주파수 차이에 따른 효과의 알아보고자 디지털 영상분석을 통한 형태학적인 분석을 실시하였다.

II. 연구방법

1. 실험동물

이 연구에서는 체중이 245 \pm 1.23 g의 8주령 Sprague-Dawley계 백서를 분양 받아 1주일간 안정시킨 후 사용하였다. 사육실의 온도는 22 \pm 1°C, 습도 55 \pm 10%를 유지 하였으며 명암은 12시간 주기로 하고, 고형사료와 물은 자유롭게 먹도록 하였다. 실험군은 네 군으로 분류하였으며, 각 6마리씩 총 24마리의 백서를 사용하였다. I군은 아무런 치료를 적용하지 않은 대조군, II군은 피하전기자극 침을 자입하고 전기자극을 하지 않은 침 자극군이다. 피하전기자극을 적용한 III군과 IV군은 각각 주파수를 2 pps와 100 pps로 설정하여 자극하였다. 측정은 중재 적용전, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14일에 각각 적출창상의 사진을 촬영하여 창상의 크기, 수축률, chromatic red를 분석하였다.

2. 실험방법

1) 적출창상 유발

백서의 적출창상을 유발하기 위하여 ether를 이용하여 흡입마취 시킨 후 백서의 외이로부터 5 cm거리의 등배흉부 중앙부의 전피층에서 직경 0.8 cm, 깊이 0.2 cm을 Acupunch (solo I-1908, 대한민국)를 이용하여 피부층을 드러냈다.¹⁸

2) 창상의 형태학적 측정

(1) 창상의 크기

적출창상의 면적을 측정하기 위하여 디지털 카메라(Fujifilm A350, 일본)를 카피 스탠드(copy stand)에 고정한 후 창상 부위로부터 수직으로 40 cm 떨어진 거리에서 촬영 하였다. 동일한 명도와 조도를 유지하기 위하여 카피 스탠드를 무반사 텐트로 덮고, 촬영용 500 W 텅스텐 데이라이트 램프를 무반사텐트의 30 cm 거리에서 적용하면서 촬영하였다. 촬영한 창상의 면적은 Image analysis program (Image Pro Plus 4.1, 미국)을 이용하여 분석하였다.

(2) 창상의 수축률

창상의 면적을 분석한 값으로 수축률을 구하였으며, 다음과 같은 식을 이용하였다.²¹

$$\text{Wound contraction}(\%) = \frac{\text{wound area day 0} - \text{wound area day}(n)}{\text{wound area day}(n)}$$

(3) Chromatic red

Chromatic red 값을 얻기 위해 Image analysis program (Image Pro Plus 4.1, 미국) 을 이용하여 창상의 전체면적에서 Red, Green, Blue (RGB) 평균값을 얻어 사용하였다.²⁰ 전체 창상의 표준면적에서 RGB 평균값을 산출한 후 다음의 식(r)을 이용하여 chromatic red 값을 산출하였다.²²

$$\text{Chromatic red}(r) = \frac{R}{R+G+B} \times 100$$

3) 피하전기자극

피하전기자극기(Myopoint II, Daeyang Medical Co., 대한민국)에 4개의 단극형 피하전기자극용 침전극을 연결한 후에 침전극을 창상의 가장자리 부위에 삽입하여 교차배치 시켰다. III군과 IV군의 전기자극 조건은 다음과 같다(Table 1). 피하전기자극은 주 3회씩 2주 간 적용하였다.²³

Table 1. Percutaneous electrical stimulation (PES) mode

	Pulse rate (pps)	Pulse duration (μ s)	Treatment time (min)
Low PENS	2	50	10
High PENS	100	50	10

Low PENS: Low rate percutaneous electrical stimulation

High PENS: High rate percutaneous electrical stimulation

3. 자료분석

이 연구의 통계는 SPSS/PC 12.0을 이용하여 처리하였다. 각 측정 항목의 정규분포 유무를 알기 위하여 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규 분포가 인정되어 적출창상의 면적과 수축률, chromatic red 의 변화를 알아보기 위해 반복 측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 사후검정은 Tukey 검정을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다

III. 결과

1. 창상크기의 변화

창상크기의 변화를 분석한 결과시간과 군 간의 교호작용에서 유의한 차이가 나타나, 시간에 따른 군 간 전체 면적의 변화 양상이 서로 다른 것으로 나타났다($F=4.171, p<0.01$). 대조군과 비교하여 치료군 들은 염증 초기인 2일째와 6일째에 급격하게 감소하였으며, 특히 침자극에 비해 침전극전기자극군인 III군과

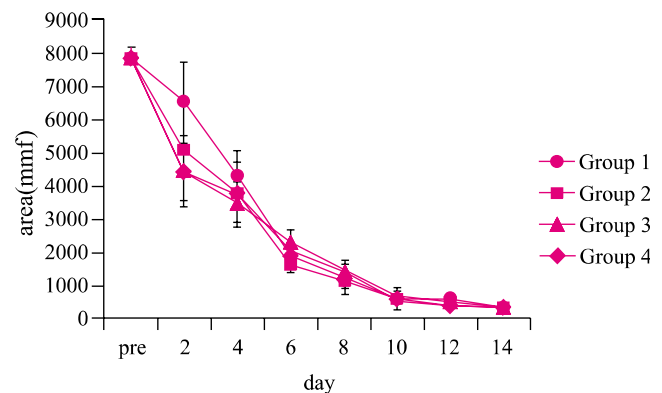


Figure 1. Changing wound area following the measurement day.

Time: $p<0.01$

Time * Group: $p<0.01$

Group: $p>0.05$

Group 1: Control

Group 2: Acupuncture

Group 3: Low rate percutaneous electrical stimulation

Group 4: High rate percutaneous electrical stimulation

IV군이 더 큰 감소를 보였다. III군과 IV군의 창상크기의 변화는 침전극전기자극 6일째부터 완만한 감소를 보였으며, 10일째부터는 대조군과 차이가 없었다(Figure 1).

2. 적출창상 수축률(%)의 변화

적출창상 수축률의 변화를 분석한 결과, 주 효과에서 시간에 따른 효과만 나타났다(F = 75.161, p<0.01)(Figure 2).

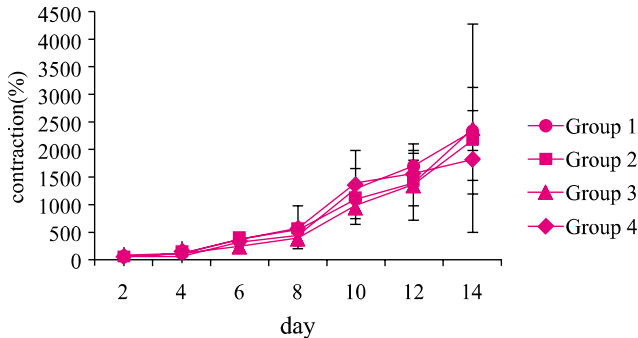


Figure 2. Comparison of contraction rate following the measurement day.

Time: p<0.01
 Time * Group: p>0.05
 Group: p>0.05
 Group 1: Control
 Group 2: Acupuncture
 Group 3: Low rate percutaneous electrical stimulation
 Group 4: High rate percutaneous electrical stimulation

3. Chromatic red의 변화

적출창상에서의 chromatic red의 변화를 분석한 결과, 시간과 군 간의 교호작용에서 유의한 차이가 나타났고(F=2.546, p<0.05), 시간에 따른 군 간 전체 면적의 변화 양상이 서로 다른 것으로 나타났다. 또한 군 간 유의한 차이가 있어 사후 분석 결과 대조군과 저빈도 침전극전기자극군, 대조군과 고빈도 침전극전기자극군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 대조군과 고빈도 침전극전기자극군은 6일, 침자극군은 4일, 저빈도 침전극전기자극군은 4일까지 증가하다가 14일째 감소하는 양상을 보였다(Figure 3).

IV. 고찰

뇌혈관장애나 척수손상과 같은 환자에 있어서 허혈성 피부괴양은 심각한 합병증 중 하나이다.²⁴ 척수손상환자의 합병증 중 욕창이 차지하는 비율은 약 19.9%이며,²⁵ 당뇨병자들은 창상의

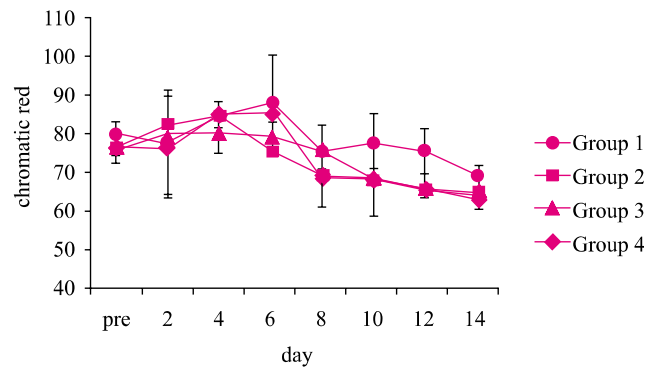


Figure 3. Comparison of chromatic red following the measurement day.

Time: p<0.01
 Time * Group: p<0.01
 Group: p<0.01
 Group 1: Control
 Group 2: Acupuncture
 Group 3: Low rate percutaneous electrical stimulation
 Group 4: High rate percutaneous electrical stimulation

원활한 치유과정을 방해 받게 되는 어려움을 갖고 있다.²⁶

창상의 치유는 피부와 그 밖의 다른 연부조직의 손상 후의 재생 과정이고,²⁷ 그 과정은 염증기, 새로운 조직의 형성기, 숙성기의 복잡한 과정을 거친다.²⁸ 당뇨병환자의 25%는 일생 동안 창상으로 인한 통증, 신체적 제한, 정신적 스트레스에 시달리고 있다.³ Paul 등²⁹이 초음파를 이용하여 압박성 궤양을 치료한 이래 최근 많은 연구자들은 창상의 치유를 촉진시키기 위하여 레이저나 초음파 등을 이용한 물리적 방법들을 이용하고 있다.^{30,31} 동양의학에서는 침을 이용하여 다양한 질환 치료에 이용해 왔으며,³² Han 등³³은 침전기자극을 이용하여 내재성 아편물질을 분비시켜 유해수용기의 역치를 상승시켰다고 보고 하였고, 저빈도(2 Hz) 침전기자극을 이용하여 항유해수용 물질인 엔케팔린, 베타 엔도르핀 등을 유도해 내었다.³⁴ 많은 보고에 의하면 전기자극을 통해 창상에서 육아조직의 수가 증가하고 콜라겐 형성이 증가하는 것을 설명하였다.³⁵ 직류자극으로 창상을 치료한 결과에서는 장력이 향상된 것을 볼 수 있었고, 대부분 전극은 음극 전극을 창상부위 위 또는 내부에 배치하였다.³⁶ Oh 등³⁷은 창상을 유발한 흰쥐에 미세전류를 적용한 결과 창상치유 촉진에 영향을 미친다고 하였으며, Devitt은¹ 창상 주위에 전기 자극을 함으로써 창상 치유를 촉진시킨다고 보고하였다. 또한 고전압 맥동전류를 이용하여 창상유발 쥐에 적용하였을 창상조직의 콜라겐 합성에 영향을 미쳐 창상회복에 효과적이라고 하였다.³⁸ 이 연구는 창상에 침자극과 주파수를 다르게 한 침전극전기자극이 창상치유에 미치는 효과에 대하여 형태학적 측면에서 알아보려고 하였다. 침전극전기자극이 창상치유에 미치는 영향을 알아보기 위하여 침전극전기자극을 적용한 결과

형태학적 분석인 창상의 면적, 수축률, chromatic red에서 대조군에 비하여 주파수에 따른 침전극전기자극군에서 유의한 효과를 나타내었다. 주파수에 따른 침전극전기자극에서 효과는 고빈도(100 pps)가 저빈도(2 pps)에 비해 부분적으로 높게 나타났다. 창상의 면적의 변화가 대조군과 비교하여 유의한 차이가 보였다. 특히 창상 초기에서 대조군과 비교하여 치료군들의 창상 면적의 감소폭이 큰 것으로 나타났고, 침자극군보다 고빈도, 저빈도침전극전기자극군의 감소폭이 더 컸으나 주파수에 따른 차이는 크지 않았다. 수축률의 변화에서는 주 효과에서 시간에 따른 효과만 나타났다. Chromatic red의 변화에서는 치유 정도에 따라 red값이 점차 감소되는데, Bon 등¹⁹은 창상의 치유과정 중 적색에서 옅은 분홍색으로 변화한다고 하였다. 분석 결과 대조군과 침전극자극군간의 유의한 차이가 있었고, 고빈도침전극전기자극군에서 가장 큰 감소를 보였다. 이러한 연구결과로 볼 때 고빈도, 저빈도침전극전기자극의 효과에는 큰 차이가 없지만, 침전극만을 사용할 때 보다는 효과적인 것으로 나타났다. 창상의 치유과정 중 콜라겐의 형성은 중요한데, 많은 보고에서 전기자극을 통한 창상치유에서 육아조직의 수가 증가하고 콜라겐 형성이 증가하는 것을 보고하였다.³⁵ 이상의 결과를 종합하여 볼 때 창상유발 쥐에게 고빈도, 저빈도침전극전기자극을 적용하면 상처회복에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. 창상치유에 대한 많은 방법들 중 약물치료는 간편하고 신속한 효과와 정확한 정량적 기준을 갖고 있어 대부분 약물을 중심으로 이루어지고 있지만 약물에 대한 내성이 문제가 되며, 레이저와 같은 경우에는 사용이 간편하지만 장비가 고가이고 치료비가 많이 든다. 그러나 전기자극을 이용한 창상 치료는 사용이 간편하고, 경제적이기 때문에 창상 치료를 위한 물리치료적인 좋은 중재방법으로 생각된다. 그러나 전류 및 자극기의 종류, 창상의 종류와 크기, 전극의 형태, 자극매개변수 등에 따른 일 변화 된 창상치료를 위한 전기자극 프로토콜은 아직 미흡한 점이 있고 전기자극을 이용한 창상치유의 임상적 근거를 제시할 다양한 연구들이 지속적으로 이루어져야 될 것이다.

V. 결론

창상을 유발한 24마리의 백서를 대상으로 침자극과, 저빈도 침전극전기자극, 고빈도 침전극전기자극을 하였을 때 창상 치유에 미치는 효과를 알아보기 위하여 창상의 면적, 수축률, chromatic red의 형태학적 분석한 결과 대조군에 비하여 치료군들이 초기에 현저하게 회복되는 추세를 보였고, 특히 침자극에 비하여 침전극전기자극군에서 큰회복세를 보였다. 그러나 침전극전기자극군들의 맥동빈도에 따른 차이는 나타나지 않았다. 따

라서 창상유발 시 지속적인 침전극전기자극을 적용하면 창상부위의 회복에 효과적인 치료방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Gong GS, Kim TY

Acquisition of data: Gong GS, Oh S, Kim SH

Analysis and interpretation of data: Gong GS, Oh S, Kim SH

Drafting of the manuscript: Gong GS, Kim TY, Kim YN

Administrative, technical, and material support: Oh S

Research supervision: Kim TY

Acknowledgements

이 논문은 공광식의 석사학위 논문으로 수행되었음.

참고문헌

1. Devitt M. Acupuncture promotes wound healing. *Acupuncture Today*. 2000;1(3):1-3.
2. Ramelet AA, Hirt-Burri N, Raffoul W et al. Chronic wound healing by fetal cell therapy may be explained by differential gene profiling observed in feral versus old skin cells. *Exp Gerontol*. 2008;44(3):208-18.
3. Velander P, Theopold C, Bleiziffer O et al. Cell suspensions of autologous keratinocytes or autologous fibroblasts accelerate the healing of full thickness skin wounds in a diabetic porcine wound healing model. *J Surg Res*. 2008;157(1):14-20.
4. Yang YH, Kim WS. The influence of the risk factors and nutritional status on the development of pressure sores for the risk patients in ICU. *The Journal of Fundamentals of Nursing*. 1998;5(2):280-92.
5. Choi SY. The effects of therapeutic music listening on the pain relief for the patients with burn. Myongji University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
6. Kim SK, Choi HY, Jee SY et al. An experimental study on the synergic effect of jawoongo and gentamicin in dermal wound healing and skin wound infection against *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, and *Pseudomonas aeruginosa*. *Kor J Herbology*. 2004;19(4):137-60.
7. Ojingwa JC, Isseroff RR. Electrical stimulation of wound healing. *Dermatology Foundation*. 2002;36(4):1-12.

8. Newton RA, Karselis TC. Skin pH following high voltage pulsed galvanic stimulation. *Phys Ther.* 1983;63(10):1593-6.
9. Burr HS, Harvey SC, Taffel M. Bio-electric correlates of wound healing. *Yale J Biol Med.* 1938;11(2):103-7.
10. Carey LC, Lepley D Jr. Effect of continuous direct electric current on healing wounds. *Surg Forum.* 1962;13:33-5.
11. Carley PJ, Wainapel SF. Electrotherapy for acceleration of wound healing: low intensity direct current. *Arch Phys Med Rehabil.* 1985;66(7):443-6.
12. Kim ID, Oh HH, Song HC et al. The nuclear medical study on the effect of ST36 electroacupuncture on cerebral blood flow. *The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society.* 2001;18(2):18-26.
13. Takeshige C, Sato T, Mera T et al. Descending pain inhibitory system involved in acupuncture analgesia. *Brain Res Bull.* 1992;29(5):617-34.
14. Stromberg BV. Effects of electrical currents on wound contraction. *Ann Plast Surg.* 1988;21(2):121-3.
15. Reich JD, Tarian PP. Electrical stimulation of skin. *Int J Dermatol.* 1990;29(6):395-400.
16. Hopf HW, Sherman JD. *Acupuncture and post-surgical wound healing.* San Francisco, University of California, 2006.
17. Azeez S, Amudhan S, Adiga S et al. Wound healing profile of areca catechu extracts on different wound. *Kuwait Medical Journal.* 2007;39(1):48-52.
18. Nayak S, Nalabothu P, Sandiford S et al. Evaluation of wound healing activity of *Allamanda cathartica*. L. and *Laurus nobilis*. L. extracts on rats. *BMC Complement Altern Med.* 2006;6:12.
19. Bon FX, Briand E, Guichard S et al. Quantitative and kinetic evolution of wound healing through image analysis. *IEEE Trans Med Imaging.* 2000;19(7):767-72.
20. Hopkins JT, McLoda TA, Seegmiller JG et al. Lower-level laser therapy facilitates superficial wound healing in humans: A triple-blind, sham-controlled study. *J Athl Train.* 2004;39(3):223-9.
21. Rajasekaran NS, Nithya M, Rose C et al. The effect of finger millet feeding on the early responses during the process of wound healing in diabetic rats. *Biochim Biophys Acta.* 2004;1689(3):190-201.
22. Hansen GL, Sparrow EM, Kokate JY et al. Wound status evaluation using color image processing. *IEEE Trans Med Imaging.* 1997;16(1):78-86.
23. Han JS. Acupuncture and endorphin. *Neurosci Lett.* 2004;361(1-3):258-61.
24. McKinley WO, Gittler MS, Kirshblum SC. Spinal cord injury medicine. 2. Medical complications after spinal cord injury: Identification and management. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(3 Suppl 1):S58-64.
25. Son JW, Nam CH. The occurrence properties of the complications in spinal cord injury. *J Kor Soc Phys Ther.* 1992;4(1):27-42.
26. Hunt TK. In wound healing and wound infection: theory and surgical practice. New York, Appleton-Century-Crofts, 1980:192-3.
27. Shetty S, Udapa S, Udapa L. Evaluation of antioxidant and wound healing effects of alcoholic and aqueous extract of *Ocimum sanctum* linn in rats. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2007;5(1):95-101.
28. McNees P. Skin and wound assessment and care in oncology. *Semin Oncol Nurs.* 2006;22(3):130-43.
29. Paul BJ, La Fratta CW, Dawson AR et al. Use of ultrasound in the treatment of pressure sores in patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1960;41:438-40.
30. Abergel P, Lyons RF, Castel JC et al. Biostimulation of wound healing by lasers. Experimental approaches in animal models and in fibroblast cultures. *J Dermatol Surg Oncol.* 1987;13(2):127-31.
31. Conlan M, Rapley JW, Cobb CM. Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation. A review. *J Clin Periodontol.* 1996;23(5):492-6.
32. Chang SL, Lin JG, Chi TC et al. An insulin-dependent hypoglycemia induced by electroacupuncture at the Zhongwan (CV12) acupoint in diabetic rats. *Diabetologia.* 1999;42(2): 250-5.
33. Han JS, Tang J, Ren MF et al. Central neurotransmitters and acupuncture analgesia. *Am J Chin Med.* 1980;8(4): 331-48.
34. Chen XH, Han JS. Analgesia induced by electroacupuncture of different frequencies is mediated by different types of opioid receptors: another cross-tolerance study. *Behav Brain Res.* 1992;47(2):143-9.
35. Taskan I, Ozyazgan I, Tercan M et al. A comparative study of the effect of ultrasound and electrostimulation on wound healing in rats. *Plast Reconstr Surg.* 1997;100(4):966-72.
36. Smith J, Romansky N, Vomero J. & Davis RH. The effect of electrical stimulation on wound healing in diabetic mice. *J Am Podiatry Assoc.* 1984;74: 71-5.

37. Oh HJ, Kim JW, Kim MS et al. The effects of microcurrent stimulation on histological structure of wound in rat. J Kor Soc Phys Ther. 2008;20(1):67-73.
38. Lee JH, Song IY, Kim JG. Acceleration of wound healing and collagen deposition in rat skin by high voltage pulsed current stimulation. J Kor Soc Phys Ther. 2003;15(4):1-12.