



- 이정우, 박수지, 윤세원
- 광주여자대학교 물리치료학과

The Effect of Pulsed Ultrasound on Skin Inflammatory Reaction Induced by Ultraviolet Irradiation

Jeong-Woo Lee, PT. PhD; Su-Ji Park; Se-Won Yoon, PT. PhD

Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

Purpose: This study aims to examine the effects of pulsed ultrasound on skin inflammatory reaction induced by ultraviolet irradiation.

Methods: Twenty subjects were selected for this study. Inflammatory reaction was induced by ultraviolet irradiation in two areas of the lumbar region of the subjects. Pulsed ultrasound (3 MHz) was applied to one of the two areas of inflammatory reaction at a pulse ratio of 1:4, intensity of 0.5 W/cm², once a day for 5 min, and pulsed ultrasound was not applied to the other area. Wound color (chromatic red), luminance (gray) and wound contraction (area) were measured using digital imaging processing method.

Results: There was a significant difference in wound color (chromatic red) in the interaction between time and area. There was a significant difference in luminance in the interaction between time and area. There was a significant difference in wound contraction between the two areas.

Conclusion: These results indicate that pulsed ultrasound increased the wound contraction rate and reduced the inflammatory reaction activity such as erythema induced by ultraviolet irradiation.

Keywords: Pulsed ultrasound, Ultraviolet, Digital image analysis

논문접수일: 2011년 4월 15일

수정접수일: 2011년 7월 19일

게재승인일: 2011년 8월 3일

교신저자: 윤세원, ptyoon2000@kwu.ac.kr

1. 서론

태양광선 중에 하나인 자외선은 200~400 nm 사이의 전자기적 스펙트럼 형태의 광선으로 자외선 중에서도 인체와 직접적인 관련이 있는 파장대는 UVA와 UVB이다.^{1,4} UVA, UVB와 같은 자외선이 피부에 조사되면 체내에 있는 단백질이나 핵산 등의 광화학적 작용에 의해 비타민 D합성, 상피 형성, 살균 효과 등을 일으킨다.⁵ 이러한 광화학적 작용으로 홍반, 부종, 동통 등과 같은 급성 염증반응이 일차적으로 발생되며, 분자 수준의 회복기를 거친 후에는 멜라닌 세포에 의한 색소 침착반응이 나타날 수 있다.⁶ 자외선 조사로 인해 발생하는 피부의 급성 염증

반응은 일시적인 모세혈관의 확장, 모세혈관 벽의 투과성 증대에 의한 삼투현상이 발생됨으로써 나타나는 홍반 반응이 대표적이며, 급성 염증반응이 지나게 되면 멜라닌 세포의 생성이 증가되면서 유해한 자극으로부터 인체를 보호하는 반응인 색소 침착이 발생된다.^{1,7} 따라서 자외선 조사와 같은 광화학적 인자에 의한 효과는 긍정적인 면과 더불어 부정적인 면도 가지고 있으며, 물리치료 분야에서는 그동안 긍정적인 효과에서의 자외선 조사 방법으로 여러 가지 피부질환에 사용하고 있으나 오히려 이러한 자외선 조사와 같은 광화학적 인자에 의한 부정적인 부분에서의 문제점을 해결하려는 연구는 거의 보고되지 않았다. 대부분 피부 염증반응에 대한 치료는 현재 피부 연고 등

의 의학적 처치를 통한 방법으로 접근하여 치료되고 있다.

피부 염증반응의 물리치료적 접근을 위해서는 치유과정에 대한 정확한 이해가 필요로 한데, 일반적인 창상 치유과정은 손상 조직의 기능과 변화된 구조적 특징을 정상화시키기 위한 필수적인 반응으로, 치유과정에서 급성 염증반응을 시작으로 회복기, 재형성기와 같은 실질적인 치유과정이 시작된다.⁸

이러한 치유과정을 촉진시키기 위한 물리치료적 접근 방법으로는 레이저치료, 미세전류치료 등과 함께 초음파 치료도 사용되고 있다.⁹⁻¹¹ 초음파 치료에 대한 효과 중에서도 온열효과는 혈류 속도를 증가시킴으로써 세포와 조직에 전달되는 산소와 영양분의 양을 일시적으로 증가시킬 수 있을 것이며, 특히, 조직 내의 미세진동을 이용하여 기계적 효과를 일으키는 맥동성 초음파는 혈액 및 조직액의 작은 기포들이 초음파 진동들에 의해 수축과 확장을 반복하면서 공동화를 형성시키는데, 이 때, 적절한 강도와 주파수를 적용하여 발생시키는 안정공동화는 진동하는 기포들 주변에 위치한 세포소기관들에 자극을 주어 조직액의 흐름을 증가시키게 된다.¹²⁻¹⁴ 증가된 조직액의 흐름은 일정한 방향을 흐르게 되고 막투과성, 이온운동, 세포활동을 증가시키는 효과를 줄 수 있다.¹³ Dyson²⁰, Mortrimer와 Dyson²¹은 창상 치유과정 중 손상 초기의 조직치유에 초음파를 적용하는 것이 효과적이라고 보고하였으며, 대부분 초음파의 치료 효과에 대한 연구 경향은 창상치유, 골절치유뿐만 아니라, 최근에는 관절가동범위증진, 통증 완화등과 같이 다양한 분야에 대한 초음파의 치료효과에 대한 연구들로 다변화되고 있다.^{13,22-29} 그러나, 자외선과 같은 광화학적 작용으로 발생되는 피부의 홍반과 같은 염증성 반응에 대한 실험은 거의 보고되고 않고, 대부분 피부 상처 회복이나 항염증반응, 혹은 중추신경계 손상 환자의 기능회복 등에 대한 전기자극의 효과에 대한 연구들만이 일부 보고되고 있다.³⁰⁻³² 따라서, 이 연구의 목적은 자외선 조사와 같은 광화학적 인자에 의한 피부 염증성 반응에 맥동성 초음파가 영향을 미치는지에 대한 객관적인 측정도구를 디지털 영상 분석이라는 방법을 이용하여 분석함으로써 물리치료 분야에서 광화학적 반응에 의한 피부 염증성 반응에 맥동성 초음파의 활용도를 연구하기 위함이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

대상자는 20대 건강한 여성 20명의 지원자를 선발하였다. 선정 기준은 광 과민성 약물을 복용하지 않는 자, 최근 6개월간 요추 부위에 장기간 햇빛 노출이 없는 자, 감각 장애가 없는 자, 피부 질환이 없는 자로 하였다. 대상자들에게 전반적인 실험과

정에 대해 설명하고 실험 참여 동의서를 받은 후에 실험을 진행하였으며, 대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=20)

	Mean±SD	Minimum value	Maximum value
Age (yrs)	21.5±0.9	20	23
Height (cm)	161.2±4.3	152	170
Weight (kg)	54.7±4.9	45	65

2. 실험방법

1) 자외선 조사

자외선기구는 HOHENSONNE 3030 (ORIGINAL HANAU, 독일)을 사용하였으며, 자외선 파장은 311.60 nm, 조사 광량은 0.2 J/cm²이었다. 대상자는 엎드린 자세에서 허리부위에 각 1개씩 5 cm의 상하 간격으로 지름 2 cm의 구멍이 뚫린 천을 허리부위에 올려놓고 고정시킨 후 자외선등과의 거리를 30 cm로 유지하여 설치한 후 자외선을 조사하여 개인 당 2군데에 자외선을 적용하였다. 이때 자외선 등과 피부는 직각이 되도록 하였다. 자외선 조사에 의한 홍반은 부종과 같은 조직 손상을 최소화하기 위해서 판정 기준³³에 따라 최소 홍반량의 5배³⁴인 3도 홍반 용량 미만이 되도록 자외선 조사 10분 후에 휴식시간 1분을 1세트로 설정하여 연속해서 총 5세트를 적용하였다.

2) 초음파 적용방법

초음파는 Sonopuls 434 (Enraf Nonious, 네덜란드)를 사용하였으며, 한 사람의 치료사가 모든 대상자를 치료하였다. 초음파는 주파수 3 MHz, 맥동비 1:4, 강도 0.5 W/cm²로 설정하였으며, 홍반 부위를 초당 약 2.5cm 이동 속도의 원형이동법을 적용하였다. 대상자마다 2군데의 자외선 조사 부위 중 위쪽에 조사된 부위는 대조부위로 아무런 처치도 하지 않았으며, 아래 쪽 조사된 부위에 초음파를 적용하였다. 치료 부위 면적은 초음파 유효방사면적(effective radiating area, ERA)의 2배 이내 면적에서 1일 1회 5분간 적용하였다. 초음파 치료는 자외선 조사 후 바로 그날부터 실시하여 총 6일간 실시하였다.

3. 측정방법

1) 디지털 영상 분석

(1) 이미지 촬영

디지털 카메라(KENOX U-CA4, Samsung Co., 한국)를 사용하였다. 영상 촬영 시에 대상자는 엎드린 자세를 유지한 후, 카메라와 촬영할 부위인 홍반 부위의 거리를 30 cm로 고정 한 후 촬영하였다. 이때 촬영 장소에는 항상 일정한 조명이 비출

수 있도록, 사진 전용 조명기구를 간접반사 방식으로 설치하고 적용하였고 그 이외의 모든 빛은 차단하였다.

(2) 이미지 분석

촬영한 이미지는 image pro plus 4.5 프로그램(Media Cybernetics, Silver Spring, MD20910, 미국)을 사용하여 분석하였고, Chromatic red값과 Luminance값은 다음과 같은 식으로 값을 산출하였다.³⁵

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

$$\text{Luminance}(L) = \frac{R+G+B}{3}$$

(R: Red pixel value, G: Green pixel value, B: Blue pixel value)

상처 수축률(%)은 염증 부위의 화소(pixel) 개수를 면적으로 하여 다음과 같은 식으로 값을 산출하였다.³⁶

$$\text{Wound contraction}(\%) = \frac{[\text{Wound area pixel}(0 \text{ day}) - \text{Wound area pixel}(6 \text{ day})] \times 100}{\text{Wound area pixel}(6 \text{ day})}$$

4. 자료분석

통계학적 분석은 윈도우용 SPSS 12.0 프로그램을 사용하였으며, Kolmogorov-Smirnov 검정을 통하여 측정항목들의 정규분포 유·무를 분석한 결과, 정규분포 가정을 만족하였다. Chromatic red, Luminance는 시간에 따른 두 부위의 변화 양상의 차이를 알아보기 위해서 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였고, 상처 수축률은 부위별 평균 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의 수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. Chromatic red의 변화

Chromatic red의 변화를 분석한 결과, 두 부위와 기간간의 교호작용이 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($F_{4,76}=2.13, p<0.05$). 따라

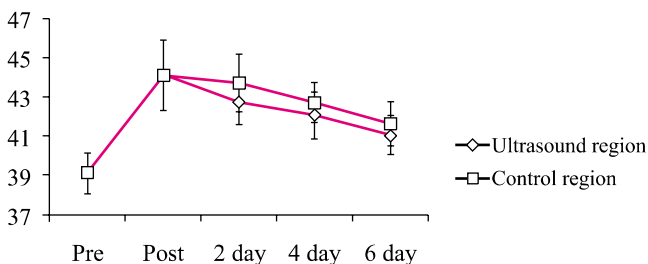


Figure 1. Comparison of chromatic red.

서 시간에 따른 두 부위간 Chromatic red의 변화 양상이 다른 것으로 나타났다. 주효과에서 두 부위 사이에서($F_{1,19}=12.85, p<0.01$)와 기간에 따른 변화($F_{4,76}=58.42, p<0.001$)에서도 통계적인 유의한 차이가 나타났다. 대조부위는 자외선 조사 직후에서 평균 44.12 ± 1.81 , 적용 6일 후에서 평균 41.67 ± 1.13 로 자외선 조사 직후부터 적용 2일 후까지 완만하게 감소하는 양상이 나타났으며, 적용 4일 후와 적용 6일 후까지는 점차적으로 감소하는 양상이 지속되었다. 이에 비해, 초음파부위는 자외선 조사 직후에서 평균 44.12 ± 1.81 , 적용 6일 후에서 평균 41.09 ± 0.98 로 적용 2일 후부터 급격히 감소하였고, 적용 4일 후와 적용 6일 후까지도 지속적으로 감소하는 양상이 나타났다(Figure 1).

2. Luminance의 변화

Luminance 변화를 분석한 결과, 두 부위와 기간 간의 교호작용이 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($F_{4,76}=2.42, p<0.05$). 따라서 시간에 따른 두 부위간 Luminance의 변화 양상이 다른 것으로 나타났다. 주효과에서 두 부위 사이에서($F_{1,19}=18.43, p<0.001$)와 기간에 따른 변화($F_{4,76}=8.01, p<0.001$)에서도 통계적인 유의한 차이가 나타났다. 대조부위는 자외선 조사 직후에서 평균 131.68 ± 5.86 , 적용 6일 후에서 평균 133.36 ± 1.45 로 자외선 조사 직후부터 적용 4일 후까지 완만하게 증가하는 양상이 나타났으며 그 이후에도 이 양상이 지속되었다. 이에 비해, 초음파부위는 자외선 조사 직후에서 평균 131.68 ± 5.86 , 적용 6일 후에서 평균 135.43 ± 1.60 으로 자외선 조사 직후부터 적용 6일 후까지 좀 더 급격하게 증가하는 양상이 나타났다(Figure 2).

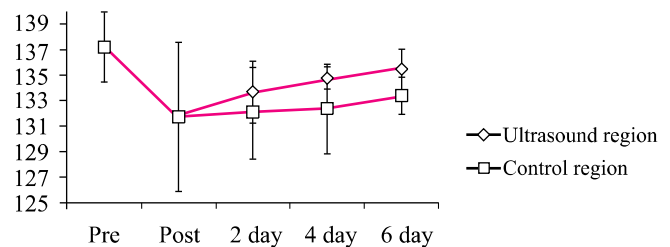


Figure 2. Comparison of luminance.

3. 상처 수축률의 변화

상처 수축률을 비교한 결과, 초음파부위의 평균 59.61 ± 7.66 ,

대조부위의 평균 36.68±6.98로 두 부위 간의 유의한 차이가 있었다(t=9.05, p<0.001)(Table 2).

Table 2. Comparison of wound contraction (unit: %)

	Wound contraction (Mean±SD)	t	p
Ultrasound region	59.61±7.66	9.05	0.00*
Control region	36.68±6.98		

*p<0.001

IV. 고찰

맥동성 초음파가 조직변화에 많은 영향을 줄 수 있다는 선행논문들^{13,20-26}을 토대로, 본 연구는 자외선 조사로 인해 발생하는 홍반과 같은 피부 염증반응에 맥동성 초음파가 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여 연구를 실시하였다. 염증 반응의 과정을 디지털 영상 분석방법으로 측정하는 이유는 Bon 등³⁷이 임상학적으로 창상과 같이 육안 식별이 가능한 조직학적 변화를 형태학적 분석을 통해 살펴보는 것이 중요하다고 한 점 등을 참고하여 측정하였으며, 피부색의 변화는 Chromatic red, Luminance, Gray로 측정하였으며, 크기의 변화는 area값을 이용한 상처 수축률로 측정하였다.

디지털 영상분석을 통해 Chromatic red의 변화를 분석한 결과, 자외선 유발 후 Chromatic red 값이 급격히 높아졌으며, 1일 후부터 6일까지의 변화 양상은 초음파부위와 대조부위가 모두 감소하였다. 이는 Bon 등³⁷이 제시한 창상의 치유과정 중 색갈의 변화가 빨간색에서 옅은 분홍색으로 변한다는 보고와 본 연구에서 나타난 치유과정의 색갈변화와 비슷한 결과가 나왔다. 하지만, 대조부위보다 초음파부위가 2일부터 6일까지 더 급격하게 감소하는 양상이 유지되어 나타났고, 이러한 결과를 Chromatic red의 감소가 홍반 반응의 감소를 의미한다는 또 Hopkins 등⁹의 분석을 통해 유추해보면 초음파부위에서의 홍반 반응이 대조부위보다 급격하게 감소한 것으로 생각된다.

Gostishchev 등³⁸은 낮은 주파수의 초음파가 미세 순환계를 정상화시키고, 대식세포의 반응을 활성화시키며 섬유모세포의 통합활동과 증식을 증가시킴으로써 상처 치유 기전에 긍정적인 영향을 준다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 자외선 유발 후에 모세혈관의 확장, 모세혈관 벽의 투과성 증대에 의한 삼투 현상으로 발생하는 홍반 반응이 적용 6일 후에 감소되는 양상을 띤 것은 초음파가 홍반 반응이 일어난 부위의 대식세포의 반응을 촉진시켰으며, 미세 순환계를 정상화시키는 데 도움을 준 것으로 생각된다.

디지털 영상분석을 통해 Luminance의 변화를 분석한 결과,

자외선 유발 후 Luminance값이 급격히 감소하였고, 1일 후부터는 초음파부위와 대조부위가 모두 증가되었으나 증가하는 양상이 초음파부위에서 더 급격하게 나타났으며, 이러한 양상은 6일 후까지 유지되어 나타났다. Hopkins 등⁹은 Luminance가 조직 치유의 균질성을 의미하며 손상 부위의 밝기를 나타내는 것으로 보고하였고, Kim 등³⁹은 비색계를 사용하여 피부색의 변화를 관찰한 연구에서 손상 부위의 밝기는 멜라닌 합성으로 인해 발생하는 색소 침착을 반영한 것이라 주장하였다. 따라서, 본 연구에서 자외선 유발 후, 두 부위에서 Luminance값이 급격히 감소되는 것은 일시적인 색소침착 반응에 의해 피부의 밝기가 어두워진 것으로 생각된다. 6일 후, 대조 부위보다 초음파 부위의 Luminance값이 증가되는 것은 초음파가 멜라닌 합성 물질의 활성화를 감소시킴으로써 자외선 유발 전의 상태로 회복시키는 것을 촉진시켜 주는 것으로 생각된다.

자외선 직후와 6일 후의 상처 수축률을 비교한 결과, 초음파부위의 상처 수축률이 대조부위보다 더 높은 것으로 나타났다. Altomare 등²⁵은 동물 실험 연구에서 초음파의 적용이 교원질의 분포밀도를 증가시키고, 상처 수축을 가속화시킨다고 보고하였으며, Byl 등⁴⁰은 손상 초기에 초음파의 적용을 통하여 발생하는 콜라겐의 침착, 비만세포의 탈과립의 증가를 관찰하였다고 주장하였다. 따라서, 본 연구에서 초음파부위가 대조부위보다 수축률이 높은 것은 초음파가 콜라겐, 비만세포 등과 같은 세포들의 활동을 촉진시켜 나타난 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 자외선과 조사로 인한 홍반과 같은 염증성 반응에 대한 물리치료 분야에서의 연구가 거의 없었으며 또한 이러한 피부의 변화를 디지털 영상분석한 연구가 적었기에 이들 연구들을 직접 비교 분석하는 데는 한계가 있었다. 따라서 향후에는 자외선 조사와 같은 광화학적 인자에 의해 유발된 피부 염증반응 등에 대한 좀 더 효과적이고도 다양한 물리치료 방법 등에 대한 추가 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 자외선 조사로 유발된 피부 염증성 반응에 대한 맥동성 초음파의 영향을 알아보기 위하여 실시한 결과, 디지털 영상분석에서 피부 염증 반응 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 자외선 조사와 같은 광화학적 반응에 의한 피부 염증성 반응에 대한 물리치료적 접근이라는 점과 피부 염증성 반응에 대한 디지털 영상분석에 의한 객관적이고도 비침습적이며 쉽게 접근 가능한 평가도구를 이용한 연구였기에 향후에도 임상에서 이를 활용한 다양한 물리치료적 접근과 평가 도구에서의 활용가치가 높을 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Lee JW

Acquisition of data: Park JW

Analysis and interpretation of data: Lee JW

Drafting of the manuscript: Lee JW, Park JW

Research supervision: Yoon SW

참고문헌

- Clydesdale GJ, Dandie GW, Muller HK. Ultraviolet light induced injury: Immunological and inflammatory effects. *Immunol Cell Biol.* 2001;79(6):547-68.
- Duthie MS, Kimber I, Norval M. The effects of ultraviolet radiation on the human immune system. *Br J Dermatol.* 1999;140(6):995-1009.
- Svobodova A, Walterova D, Vostalove J. Ultraviolet light induced alteration to the skin. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2006;150(1):25-38.
- Jung JH, Yoon JI, Ko WS et al. UVB induced minimal erythema dose (MED) and minimal melanogenic dose (MMD) in young adult koreans. *Korean J Dermatol.* 1994;32(2):253-7.
- Kim JH, Park JK, Haw CR et al. The effects of multiple UVB exposures on proliferation and melanization in cultured human melanocyte. *Korean J Dermatol.* 1994;32(6):1035-45.
- Yeo UC, Kim KH, Jo MK et al. Inflammatory skin response to ultraviolet radiation: ear swelling response in C57BL Mouse. *Korean J Dermatol.* 1989;27(6):650-4.
- Shono S, Imura M, Ota M et al. The relationship of skin color, uvb-induced erythema, and melanogenesis. *J invest Dermatol.* 1985;84(4):265-7.
- Woodley DT, O'Keefe EJ, Prunieras M. Cutaneous wound healing: a model for cell-matrix interactions. *J Am Acad Dermatol.* 1985;12(2 Pt 2):420-33.
- Hopkins JT, McLoda TA, Seegmiller JG et al. Low-level laser therapy facilitates superficial wound healing in humans: A triple-blind, sham-controlled study. *J Athl Train.* 2004;39(3):223-9.
- Oh HJ, Kim JW, Kim MS et al. The effect of microcurrent stimulation on histological structure of wound in rat. *J Kor Soc Phys Ther.* 2008;20(1):67-73
- Lowe AS, Walker MD, Cowan R et al. Therapeutic ultrasound and wound closer: lack of healing effect on x-ray irradiated wound in murine skin. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1507-11.
- Kim SM, Lee MP, Choi, BC et al. A study of ultrasound rehabilitation therapy: Physiological effects by change of ultrasound intensity. *Journal of biomedical engineering research.* 2008;29(1):40-5.
13. Min SG, Kim KY, Oh MH. The effects of wound healing of pulsed ultrasound in diabetic induced rats. *J Kor Acad Clin Elec.* 2003;1:89-100.
- Nyborg WL. Ultrasonic microstreaming and related phenomena. *Br J Cancer Suppl.* 1982;5:156-60.
- Duarte LR. The stimulation of bone growth by ultrasound. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1983;101(3):153-9.
- Klug W, Franke WG, Knoch HG. Scintigraphic control of bone-fracutre healing under ultrasonic stimulation: An animal experimental study. *Eur J Nucl Med.* 1986;11(12):494-7.
- Hadjarhyrou M, McLeod K, Ryaby JP et al. Enhancement of fracutre healing by low intensity ultrasound. *Clin Orthop Relat Res.* 1998;355:S216-29.
- Ko HY, Kim KS. Tissue temperature change according to ultrasound application techniques. *J Korean Acad Rehab Med.* 1993;17(1):76-80.
- Dinno MA, Dyson M, Young SR et al. The significance of membrane changes in the safe and effectvie use of therapeutic and diagnostic ultrasound. *Phys Med Biol.* 1989;34(11):1543-52.
- Dyson M. Non-thermal cellular effects of ultrasound. *Br J Cancer Suppl.* 1982;5:165-71.
- Mortimer AJ, Dyson M. The effect of therapeutic ultrasound on calcium uptake in fibroblasts. *Ultrasound Med Biol.* 1988;14(6):499-506.
- Altomare M, Nascimento AP, Romana-Souza B et al. Ultraound accelerates healing of normal wounds but not of ischemic ones. *Wound Repair Regen.* 2009;17(6):825-31.
- Ikail H, Tamura T, Watanabe T et al. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates periodontal wound healing after flap surgery. *J Periodontal Res.* 2008;43(2):212-6.
- Della Rocca GJ. The science of ultrasound therapy for fracture healing. *Indian J orthop.* 2009;43(2):121-6.
- Pounder NM, Harrison AJ. Low intensity pulsed ultrasound for fracutre healing: A review of the clinical evidence and the associated biological mechanism of action. *Ultrasonics.* 2008;48(4):330-8.

26. Min SG, Chun JS, Young JH et al. The effects of pulsed ultrasound on the bone healing process in fracture model of diabetes mellitus rat. *J Kor Soc Phys Ther.* 2006;18(2): 47-58.
27. Jang C, Bae SS, Kim HJ. The effects of ultrasound treatment on the angle of cervical vertebrae movement of VDT syndrome patient. *J Kor Soc Phys Ther.* 2003;15(3):277-94.
28. Warden SJ, Metcalf BR, Kiss ZS et al. Low-intensity pulsed ultrasound for chronic patellar tendinopathy: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Rheumatology (Oxford).* 2008;47(4):467-71.
29. Lee SH, Pi ER, Jung HN et al. The effects of ESWT and US on muscle power, pain and muscle tension at trigger point of the sapular inter angle. *J Kor Acad Clin Elec.* 2009;7(1):29-34.
30. Lee JH, Park CE, Park RJ. Electrical Stimulation Induces the Collagen Deposition and TGF- β 1 RNA Expression in Skin Wound of Rat. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(3):87-92.
31. Lee HM, Chae YW. Influence of Microcurrent Therapy in Interleukin-1 Expression in Rheumatoid Arthritis Rats. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(2):103-8.
32. Ha MS, Park RJ. The Effect of Electroacupuncture on Concentration and Activity of CK, ALP, and IgG in Serum and Central Nervous System of Rats. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(2):47-54.
33. Han DU, Nam HC, Park RJ. *Phototherapy* 5th edition. Seoul, Jeongdammidia, 2008:80-1.
34. Ham YU. *Phototherapy* 4th edition. Seoul, Hyeonmunsa, 1995:98.
35. Hansen GL, Sparrow EM, Kokate JY et al. Wound status evaluation using color image processing. *IEEE Trans Med Imaging.* 1997;16(1):78-86.
36. Rafasekaran 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.
37. 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.
38. Gostishchev VK, Bařchorov EK, Berchenko GN. Effect of low-frequency ultrasound on the course of the wound process. *Vestn Khir Im II Grek.* 1984;133(10):110-3.
39. Kim JS, Park SW, Choi TH et al. The evaluation of relevant factors influencing skin graft changes in color over time. *Dermatol Surg.* 2008;34(1):32-9.
40. Byl NN, McKenzie AL, West JM et al. Low-dose ultrasound effects on wound healing: A controlled study with yucatan pigs. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(7):656-64.