

저출력 레이저가 마우스 모발성장에 미치는 영향

정필상¹ · 김진왕² · 이정옥³ · 이정구¹ · 오충훈¹ · 김유찬^{1,4} · 정상운¹

단국대학교 의학레이저 연구센터¹, 한림의료원 미용성형센터 레이저의학연구소², 한림대학교 의과대학 피부과학교실³,
아주대학교 의과대학 피부과학교실⁴

The Effect of Low-power Laser on the Murine Hair Growth

Phil Sang Chung, M.D.¹, Jin Wang Kim, M.D.²,
Jeong Ok Lee, M.D.³, Chung Ku Ree, M.D.¹,
Chung Hoon Oh, Ph.D.¹, You Chan Kim, M.D.^{1,4},
Sang Woon Chung, B.S.¹

¹Medical Laser Research Center, Dankook University, Cheonan, Korea;

²Department of Plastic Surgery, Laser Center, Hallym University, Korea;

³Department of Dermatology, Hallym University, Korea;

⁴Department of Dermatology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Low-power laser(LPL) delivers a small amount of energy without elevation of tissue temperature. LPL has been reported to have biostimulation effects including anti-inflammatory, analgesic, regenerative, immunocorrective, and vasodilative effects. However, the effect of LPL on hair growth has rarely been studied. We investigated the effect of LPL on hair growth in the mouse. After depilation of back skin of mice, we classified the mice into 4 groups: control, laser irradiated group, MoandMore[®] applied group, and Spella 707[®] applied group. Laser irradiation or application of these drugs were performed on the back skin of the mice for 30 days. The results are summarized as follows. Hair growth of control was first observed at 13 days after depilation, and complete hair regrowth was observed at 25 days. Hair growth of both laser irradiation group and MoandMore[®] applied group was first observed at 9 days

after depilation, and complete hair regrowth was observed at 20 days. Hair growth of Spella 707[®] applied group was firstly observed at the 9 days after depilation, and complete hair regrowth was observed at the 15 days. Hair growth started at the irradiation site in the laser irradiation group, but it started at the random sites in other groups. In conclusion LPL irradiation have a stimulating effect on the hair growth in the mouse.

Key Words: Low-power laser, Hair growth

I. 서 론

저출력 레이저(low-power laser) 치료는 빛을 이용하여 생체활성을 조절하는 광생체조절(photobiomodulation)기작에 의해 생체 손상부위에 대한 자발적 치료효과를 촉진하는 치료방법이다. 1960년대부터 의료 및 미용을 목적으로 하는 레이저 시스템이 개발되었고 이후 동통완화 및 창상치유와 같은 저출력 레이저의 생체효과들이 확인되어져 왔다. 저출력 레이저는 이러한 진통, 창상치유 효과이외에도 항염증, 면역억제, 혈관확장, 혈액순환촉진, 항부종 등의 효과가 있는데 이것을 총칭하여 생체자극 효과(biostimulation effects)라고 한다.^{1,2} 저출력 레이저의 생체자극 효과는 레이저 이용의 간편함, 접근의 용이성, 안정성, 비침습성 등으로 인하여 다양한 의료영역에서 이용되고 있다.^{1,2} 모발에 있어서도 저출력 레이저 조사가 혈관확장, 혈액순환촉진 등의 생체자극 효과에 의해 모발성장에 영향을 줄 수 있을 것으로 기대되나, 이에 대한 문헌은 매우 드물다.^{3,4} 본 연구에서는 저출력 레이저가 마우스에 있어서 발모촉진 효과가 있는지 알아보고자 하였다.

I. 재료 및 방법

가. 연구동물

생후 6주된 C57BL/6 black mouse 16마리를 (주)샘타코에서 구입하여 마우스 사육장에서 3일간 안정화시킨 후 연구에 사용하였다.

Received September 20, 2004

Revised December 6, 2004

Address Correspondence: Jin Wang Kim, M.D., Department of Plastic & Reconstructive Surgery, Hallym University, Hangang Sacred Heart Hospital, 94-200, Yeongdeungpo-dong 2-ga, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-030, Korea. Tel: 02) 2632-5802 / Fax: 02) 2632-5756 / E-mail: Khg000@umitel.co.kr

* 본 연구는 한국과학재단 지역협력연구센터(RRC)의 지원에 의해 이루어진 것임.

* 위의 논문은 제 57차 대한성형외과학회 추계학술대회에서 포스터 발표되었음.

나. 광원 및 방법

1) 광원

본 연구에 사용된 레이저는 890 nm의 파장을 내는 diode 레이저([주] 프로스, 한국)로서 2000 Hz의 주파수를 가지는 5 mW 출력의 제품이었다. 레이저의 조사를 위하여 모듈을 아크릴로 제작하여 사용하였다(Fig. 1). 레이저 출력의 측정은 High-Performance Optical Meters(Model 2835-C, Newport, USA)를 이용하여 레이저와 검출기(detector)와의 거리별로 출력을 측정하였다.

2) 방법

마우스 등의 모발은 전기면도기를 이용하여 깎아내고 남은 모발들은 제모크림을 도포하여 완전히 제거하였다. 등의 모발을 제거한 마우스를 아무런 처치를 안한 대조군, 저출력 레이저를 조사한 군, 현재 시판되는 발모촉진제인 모엔모아액[®]([주] 엘지생활건강) 도포군, Spella 707액[®]([주] 스펠라) 도포군 등 4군으로 나누어서 각 군당 4마리

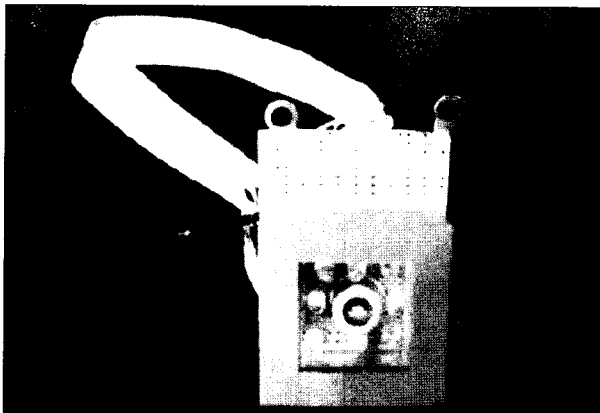


Fig. 1. The photograph of low-power laser module.

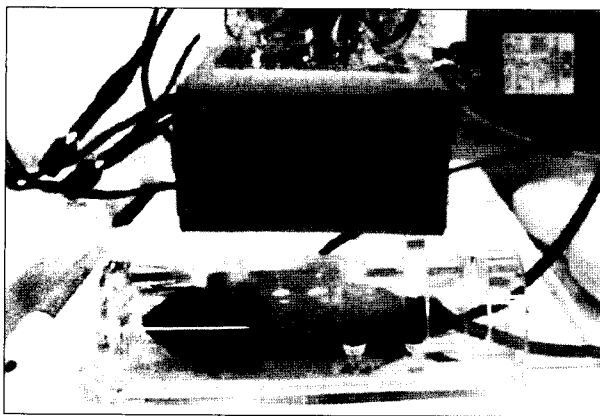


Fig. 2. The photograph of low-power laser irradiation on The back skin of the mouse.

로 할당하였다. 레이저 조사군은 마우스 홀더에 마우스를 고정하고 조사장치아래에서 하루에 1회씩 각각 20분 동안 레이저를 조사하였다(Fig. 2). 모엔모아[®] 도포군과 Spella 707[®] 도포군은 각각의 발모촉진제를 제모 후 1일 1회씩 마우스의 등에 적당량을 실험기간(30일) 동안 계속 도포하였다. 모발의 성장상태를 시간의 경과에 따라 육안 관찰하였으며, 실험시작 1일, 7일, 9일, 15일, 25일에 사진촬영을 시행하였다. 레이저의 조사부위와 비조사부위의 모발성장의 차이를 확인하기 위하여 레이저 조사 12일 후 조직검사를 실시하고 Hematoxylin-Eosin 염색을 시행한 후 광학현미경 하에서 관찰하였다.

III. 결 과

가. 레이저의 출력측정 및 조사시간에 따른 조사용량의 계산

제품으로 판매 중인 레이저 모듈의 출력을 측정하였다. 검출기로부터 거리를 각각 0.5 cm에서 시작하여 거의 검출이 안 되는 거리까지 1 cm 간격으로 레이저의 출력을 확인하였다. 검출기로 레이저의 출력을 측정할 결과 레이저로부터 조직까지의 거리가 8 cm 이상인 경우에는 거의 검출이 안되었으며, 1 cm로 하면 약 1.5 mW/cm²의 출력임을 알 수 있었다(Table I). 본 연구에 앞선 예비연구에서 레이저를 조사하는데 있어서 세포의 성장에 가장 좋은 효과를 나타낸 조사시간이 20분이었으므로, 본 연구에서도 레이저로부터 조직까지의 거리를 1 cm로 하고 레이저 조사시간을 20분으로 고정하였다. 이때 레이저 조사용량은 1.5 mW/cm² × 20 × 60 sec = 1800 mJ/cm² = 1.8 J/cm²로서 단위면적당 1.8 J의 레이저가 조사되었다.

Table I. The power and power density of low-power laser according to the distance between laser and detector

Distance (cm)	Power (mW)	Power density (mW/cm ²)
0.5	5.17 ± 0.15	1.64
1	4.68 ± 0.13	1.49
2	3.47 ± 0.16	0.31
3	2.46 ± 0.13	0.78
4	1.68 ± 0.13	0.52
5	1.19 ± 0.13	0.37
6	0.69 ± 0.08	0.21
7	0.35 ± 0.08	0.11
8	0.23 ± 0.17	0.07

나. 육안관찰

대조군에서 마우스 4마리 중 1마리는 모발제거 8일 후, 또 다른 1마리는 21일 후 사망하였다. 모발의 성장은 마우스 등의 모발제거 후 13일 경부터 모발이 자라서 25일 경 모발이 원래 상태대로 회복되었다. 레이저를 처치한 군에서 마우스 4마리 중 1마리가 모발제거 12일 후, 모엔 모아를 처치한 군에서는 마우스 1마리가 22일 후 사망하였다. 레이저를 조사한 군과 모엔모아^R를 처치한 군은 각각 모발제거 후 9일 경부터 모발이 자라서 20일 경에 원래상태로 회복되었다. Spella 707^R을 도포한 군에서 마우스 4마리 중 1마리는 모발제거 13일 후, 또 다른 1마리는 22일 후 사망하였다. 모발의 성장은 모발제거 후 9일 경

부터 모발이 자라서 15일 경에 원래상태로 회복되었다 (Fig. 3).

모발 성장의 형태에 있어서 레이저를 조사한 군은 대조군 및 발모 촉진제를 처리한 군과 차이점을 나타내었다. 대조군 및 발모촉진제를 처리한 군에서는 완전히 제모를 한 이후에 일정시간이 지나면서 제모한 부위에 무작위적으로 모발의 성장이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4A). 하지만, 레이저를 조사한 군에서는 레이저가 조사된 부위에서부터 모발의 성장이 이루어지면서 그 부위가 점차 주변으로 확장되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4B).

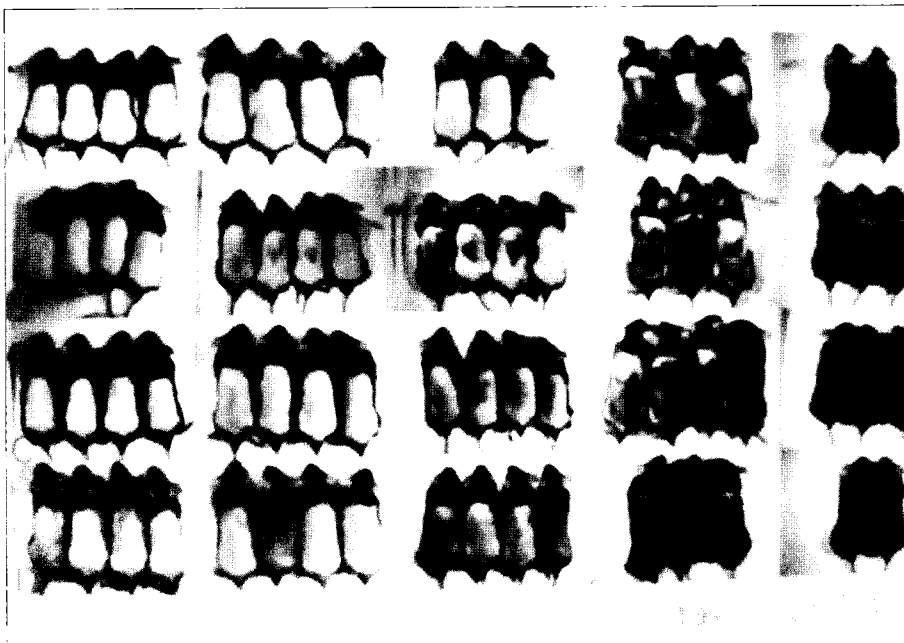


Fig. 3. Change of the gross morphology of hair growth in the depilated area of mice according to the duration: (A) Control, (B) Laser irradiation group, (C) Moen more applied group, (D) Spella 707 applied group.



Fig. 4. The pattern of hair growth after depilation: (A) Control, (B) Laser irradiated mouse.

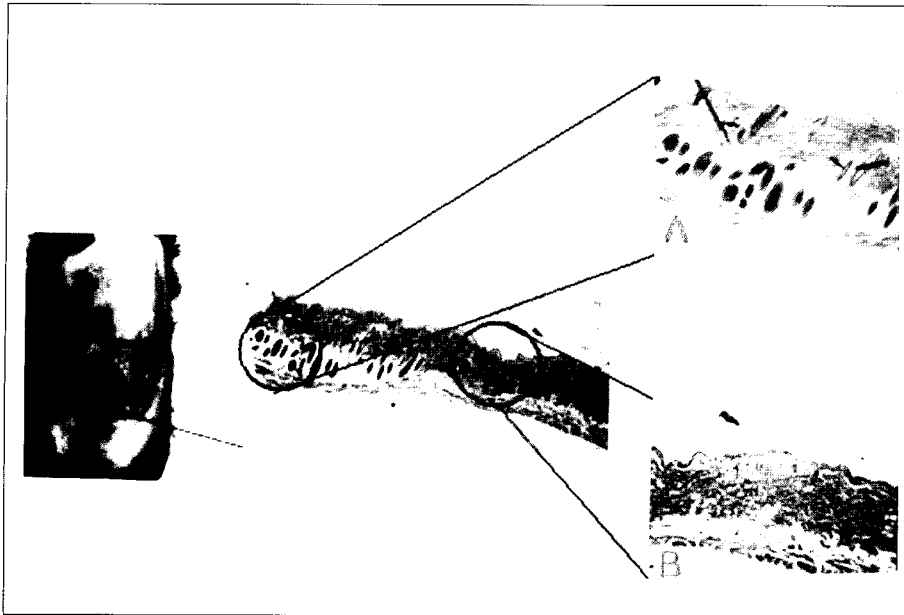


Fig. 5. The histopathologic findings of the mouse skin at the 12th day after depilation: (A) Laser irradiated site, $\times 200$ magnification, more than 20 neo-hair follicle formation compare to control. (B) Laser non-irradiated site.

다. 병리조직학적 관찰

레이저조사 12일 후 시행한 병리조직학적 검사 상 레이저를 조사한 부위에는 매우 많은 성장기의 모낭을 관찰할 수 있었으나, 레이저를 조사 받지 않은 부위에서는 모낭이 거의 관찰되지 않았다(Fig. 5).

IV. 고 찰

의학분야에서 치료목적으로 주로 이용되는 레이저는 고출력 레이저로 레이저 조사된 빛이 조직 내에 흡수된 후 열에너지로 변하여 조직파괴를 유발시킨다. 반면 저출력 레이저는 소량의 에너지만을 형성하므로, 생체학적 변화는 온도변화에 의한 것이 아니라 직접적인 조사(direct irradiation) 효과에 의해 유발된다. 저출력 레이저에서는 온도상승이 0.1°C 미만에서 0.5°C 사이에 국한된다.¹⁵ 임상적으로 고출력 레이저가 100 W까지 출력을 높일 수 있는 고가의 레이저인 것에 반해, 저출력 레이저는 수 mW의 출력을 갖는 저가의 레이저이다.⁵ 본 연구에서는 5 mW의 출력을 갖는 레이저를 사용하였다. 저출력 레이저의 생물학적 작용은 소염, 동통 완화, 창상치유 촉진, 항부종, 항균, 면역조정, 국소 혈액순환 개선 작용 등으로 다양하게 보고되고 있다.^{1,2,6-11} 이러한 작용은 자극에 의한 생체작용으로 생각되어 '생체자극'이라 표현되었다. 하지만 저출력 레이저가 자극뿐 아니라 억제도 할 수 있다는 것이 밝혀지면서 현재는 생체자극 대신 비열성이며 적은 에너지를 강조하는 low intensity, low level, low power 등의 용어가 많이 사용되고 있다.²

저출력 레이저의 연구 및 임상적 적용은 1960년대 중반 헝가리와 동부 유럽권에서 유행하기 시작하여⁶ 현재는 전 세계에서 근골격계 손상, 동통, 염증 등의 치료에 사용되고 있다. 영국에서도 물리치료 기관 중 40% 이상에서 사용되고 있으며, 스칸디나비아에서는 치과의 약 30%에서 사용되고 있다. 최근 미국에서는 NASA의 후원을 받은 각 대학병원의 연구결과에 힘입어 미국 식약청(Food and Drug Administration(FDA))의 승인이 이루어졌다.² 저출력 레이저는 다양한 임상분야에서 치료목적으로 사용되고 있으며, 최근에도 류마티스 관절염, 창상치유, 포진후 신경통, 손상된 신경회복, 재발성 단순포진 감염, 백반증 등에 대한 효과가 보고되었다.¹²⁻¹⁴ 국내에서는 홍주남 등¹⁵이 포진 후 신경통이 있는 환자에게 저출력 레이저를 조사한 결과 60%의 환자에서 포진후 신경통이 완화되었다고 보고하였고, 김종민 등¹⁶은 급성기 대상포진 환자에게 저출력 레이저를 조사한 결과 피부발진은 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았으나, 동통은 레이저 조사군에서 유의하게 감소된 것으로 보고하였다.

2002년 Vlacohs 등³은 400 nm - 1200 nm의 파장을 내는 intense pulsed light 광원을 사용하여 화염상 모반(nevus flammeus)과 문신을 각각 제거한 후 그 부작용으로 치료 부위에 성모(terminal hair)가 발생한 2예를 처음으로 보고하였으며, 이런 현상은 레이저 치료부위에 수일간 염증반응이 심하였으므로 레이저 치료에 의한 국소적 염증반응에 의한 것으로 추측하였다. 이러한 레이저의 부작용은 반대로 모발성장을 위한 레이저의 치료효과의 가능성을 기대하게 한다. 실제적으로, 2003년에 Satino 등⁴은 35명

의 안드로겐 탈모증 환자(남자:28명, 여자:7명)를 대상으로 저출력 레이저 빛이 나오는 빗(HairMax LaserComb, Lexington International, Boca Raton, FL, 미국)을 사용하여 6개월간 2일에 한번씩 5-10분 동안 머리를 빗도록 한 결과 남녀 모두 측두부 및 두정부에 모낭수 및 모낭 신장력(tensile strength)이 현저히 증가한 것을 보고하였다. 이 연구자들은 저출력 레이저 조사가 모낭수 및 모낭 신장력을 증가시킨 정확한 기전은 알 수 없으나, 창상치유 연구에서 밝혀진 저출력 레이저 조사에 의한 조직 내 미세 혈액순환 증가와 염증 감소, adenosine triphosphatase(ATP) 형태의 세포에너지 증가 등의 요소 중 하나 또는 그 이상이 작용했으리라 추측하였다. 본 연구에서도 저출력 레이저 조사에 의해 발모가 촉진되었는데, 이것은 저출력 레이저의 여러 가지 생체자극 효과 중 혈관확장을 유발하는 효과에 의해 혈류량이 증가되고, 미세 혈액순환을 원활하게 됨으로서 조직내 영양 공급이 증가되어 모발성장이 촉진되었을 가능성이 있다고 생각한다.

본 연구에서 레이저를 조사한 군과 모엔모아[®]를 처치한 군은 모발제거 후 9일경부터 모발이 자라서 20일경에 원래상태로 회복된 반면, 대조군은 13일경부터 모발이 자라서 25일경 회복되었고, Spella 707[®]을 도포한 군은 9일경부터 모발이 자라서 15일경 회복되었다. 모발 성장의 형태에 있어서 대조군 및 발모촉진제를 처리한 군은 제모한 부위에 무작위적으로 모발의 재생장이 이루어진 반면, 레이저를 조사한 군은 레이저가 조사된 부위에서부터 모발의 성장이 이루어지면서 그 부위가 점차 주변으로 확장되었다. 레이저조사 12일 후의 병리조직학적 소견상 레이저를 조사한 부위에는 매우 많은 성장기의 모낭을 관찰할 수 있었으나, 레이저를 조사 받지 않은 부위에서는 모낭이 거의 관찰되지 않았다. 이와 같이 본 연구에서 마우스에 대한 저출력 레이저 조사가 비록 다른 모발촉진제에 비해 같거나 약한 모발성장 촉진효과를 나타내었지만 대조군에 비해서는 모발촉진 효과가 있었다는 것과, 임상 및 조직학적으로 레이저를 조사한 부위부터 모발성장이 나타났다는 것은 저출력 레이저와 마우스의 모발성장 촉진과의 연관성을 말해주며, 저출력 레이저를 탈모증의 치료에 사용할 수 있다는 가능성을 제시한다. 앞으로의 연구에서는 저출력 레이저가 인체의 모발성장에 미치는 효과와 저출력 레이저가 어떠한 기전으로 모발촉진 효과를 보이는지에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 저출력 레이저 조사가 마우스에 있어서 발모촉진 효과가 있는지 알아보았다. 저출력 레이저 조사는

발모촉진제와 마찬가지로 두피의 혈행을 증가시키고 그 결과 대조군에 비해서는 모발촉진 효과가 있었다. 대조군 및 발모촉진제를 처치한 군에서는 제모한 부위에 무작위적으로 모발의 성장이 이루어졌지만, 저출력 레이저를 조사한 군에서는 레이저가 조사된 부위에서부터 모발의 성장이 이루어지면서 그 부위가 점차 주변으로 확장되어지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 연구결과는 저출력 레이저 조사가 마우스의 모발성장 촉진에 관여하였을 가능성을 제시한다. 저출력 레이저에 의해 모발성장촉진이 발생하는 기전에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Babapour R, Glassberg E, Lask GP: Low-energy laser systems. *Clin Dermatol* 13: 87, 1995
2. Ron Waynant: *Light activated tissue regeneration and therapy*. Engineering Conference International Supplement 2004, p 22
3. Vlachos SP, Kontoes PP: Development of terminal hair following skin lesion treatments with an intense pulsed light source. *Aesth Plast Surg* 26: 303, 2002
4. Satino JL, Markou M: Hair regrowth and increased hair tensile strength using the HairMax LaserComb for low-level laser therapy. *Int J Cosm Aesth Dermatol* 5: 113, 2003
5. Yu HS, Wu CS, Yu CL, Kao YH, Chiou MH: Helium-Neon laser irradiation stimulates migration and proliferation in melanocytes and induces repigmentation in segmental vitiligo. *J Invest Dermatol* 120: 56, 2003
6. Mester E, Spiry T, Szende B, Tota JG: Effect of laser rays on wound healing. *Am J Surg* 122: 532, 1971
7. Kana JS, Hutschenreiter G, Haina D, Waidelich W: Effect of low-power density laser radiation on healing of open skin wounds in rats. *Arch Surg* 116: 293, 1981
8. Mester E, Mester AF, Mester A: The biomedical effects of laser application. *Lasers Surg Med* 5: 31, 1985
9. Nemeth AJ: Lasers and wound healing. *Dermatol Clin* 11: 783, 1993
10. Tadakuma T. Possible application of the laser in immunobiology. *Keio J Med* 42: 180, 1993
11. Conlan MJ, Rapley JW, Cobb CM: Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation. A review. *J Clin Periodontol* 23: 492, 1996
12. Schindl A, Neumann R: Low-intensity laser therapy in an effective treatment for recurrent herpes simplex infection. Results from a randomized double-blind placebo-controlled study. *J Invest Dermatol* 113: 221, 1999
13. Khuller SM, Bordin P, Barkvoll P, Haanaes H.: Preliminary study of low-level laser for treatment of longstanding sensory alteration in the inferior alveolar nerve. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 2, 1996
14. Goldman JA, Chiapella J, Casey H, Bass N, Graham J, McClatchey W, et al: Laser therapy of rheumatoid

- arthritis. *Lasers Surg Med* 1: 93, 1980
15. Hong JN, Kim TH, Ohshiro T, Lim SD: Clinical effect of LLLT in postherpetic neuralgia. *Korean J Dermatology* 28:54, 1990
16. Kim JM, Lee HK, Kim DH, Lee SH, Park S: Clinical effect of LLLT in acute phase herpes zoster. *Korean J Dermatology* 37: 305, 1999