REVIEW ARTICLE

ISSN 2508-190X

CLL 10(2):31-35, 2025

www.kslymph.or.kr

림프부종 치료 시 저출력 레이저의 광물리학·광화학적 효과

충남대학교 의과대학 세종충남대학교병원 재활의학과

황창호

Photo-physical and -Chemical Effects of Low-level LASER on Lymphedema Treatment

Chang Ho Hwang, MD, PhD

Department of Physical & Rehabilitation Medicine, Chungnam National University Sejong Hospital, College of Medicine, Chungnam National University, Sejong, Republic of Korea

Since the early 1990s, therapeutic potentiality of low-level LASER has been reported in dozens of trials in-vitro and in-vivo. Following promising results in animal-model-based experiments, low-level LASER has persistently gained high level of evidence of its clinical efficiency such as in randomized controlled trials, and, now a day, it is statistically affirmed in several numbers of meta-analysis articles that low-level LASER can reduce local swelling and its after-effect maintains in some periods in lymphedema patients underwent breast cancer surgery. As for authoritatively commercial approval by national institutions, LTU-904 is the only FDA-approved medical device in remedial management of lymphedema following breast cancer surgery so that it can be used as adjuvant ones to gold-standard treatment, complex decongestive physiotherapy. Therapeutic effects of low-level LASER are basically originated from moleculo-biological phenomenon, such as increased production of ATP and nitrous oxide and altered cytokine reaction in cellular level, especially in mitochondria, following cellular absorption of light within specific range of wavelength. Photo-physical and -chemical action of LASER let cells proliferate and be, in specific condition, repaired by themselves with the help of epigenetic affection: e.g., increased transcription of mRNA, up-regulated translation of DNA, and expanded synthesis of cyclic nucleotides and proteins. As a results, it is expected that lymphocytes proliferate, contractility of lymphatic vessels improves, and lymphangiogenesis may occur. However, every parameter, such as energy, power, frequency, duration, delivery mode, e.t.c., in clinical application has to be exactly in accordance with the FDA-approved protocol, and usage under unproved parameters has to be preemptively investigated in extensive degree in terms of safety issue due to its potentiality inducing mutagenicity and carcinogenicity in cellular level.

Key Words: Lymphedema · LASER · Rehabilitation · Mechanism

서 론

림프부종 관련 저출력 레이저의 치료효과는 지난 35년간 다수의 연구에서 검증되고 있다. 꼬리 림프부종 모델의 설치류 실험에서 항염증 및 림프관신생(lymphangiogenesis) 효과 입증의 동물 연구나[1] 유방암 수술 후 발생한 림프부종 환자 대상 최대 2.5년의 추적 사례군(case series) 연구와[2]

▸Received: June 25, 2025, ▸Accepted: August 20, 2025

Address for correspondence: **Chang Ho Hwang,** MD, PhD
Department of Physical & Rehabilitation Medicine, Chungnam National University Sejong Hospital, College of Medicine, Chungnam National University, Bodeum 7-ro, Sejong 30099, Republic of Korea
Tel: +82-44-995-4715, Fax: +82-44-995-2461
E-mail: chhwang1220@cnu.ac.kr

같은 낮은 근거수준(level of evidence)의 연구 외에도 유방암 후 림프부종 환자군 대상 공기압박치료(pneumatic compression)군과의 무작위 통제연구(randomized controlled trial[3], 위약통제연구(placebo-controlled trial)[4], 이중맹검(double blind) 위약통제연구[5] 등 높은 근거수준의 연구에서도 비열등함(non-inferiority)과 효용성이 입증되었다. 국내에서도 2024년 3월 14일 국민건강보험법 시행령에 의거하여, 저출력 레이저 치료가 제1편 제3부 제7장 이학요법료 소-15로 신설되었다. 해당 행위는 비급여 목록으로 분류되며, 적응증은 "유방절제술 후 림프부종 완화를 위해 허가된 장비를 이용하여 20분 이상 시행한 경우"로 제한하였다. 하지만, 해당 치료에 대한 환자들과 사회의 관심은 높아졌음에도 불구하고 저출력 레이저 치료에 대한 의료진의 관심은 주로 임상적 효과 및 적응증에 국한되어 저출력 레이저 치료에 대한 환자들의 다양한 질의 및 궁금증을 해소하기에 부족한 것이 사실이다. 또한 의료진이 저출력 레이저 치료의 물리·화학적 성상을 충분히 이해하지 못한 채 치료를 진행 시 기대 이하의 치료 결과나 예상하지 못한 부작용을 경험할 수 있다. 이에 저자는 본 종설을 통하여 의료진의 이해도를 증가시키고 관련 후속 연구를 확대하는 터전을 마련하고자 한다.

본 론

전세계적으로 32종의 가정용 저출력 레이저 장비가 미국 FDA의 승인을 받아 시판되고 있을 만큼, 저출력 레이저는 우리 주변에서 매우 흔하게 사용 중이다. 주름 제거 및 피부 미용 개선을 목적으로 판매되고 있는 LED 안면 마스크가 좋은 예이다. 이러한 예를 보면 저출력 레이저가 인체에 매우 안전하게 사용 가능하다고 생각할 수 있지만, 림프부종에 있어서는 RiamCorp사의 LTU-904만이 상지의 림프부종 치료에 대하여 미국 FDA, 유럽(CE Mark), 호주(Australian TGA), 일본(Department of Agriculture clearance)의 승인을 받은 유일한 장비라는 점을 생각해보면 비슷한 레이저를 치료에 사용하는 당뇨성 망막병증(diabetic retinopathy)처럼 매우 제한적으로 적용되어야 하는 장비임을 유추할 수 있다[6]. 해당 장비의 레이저는 인체 무해1등급으로, 5 mW의 평균 파워와 5 W의 최대 파워를 기반으로 904 nm의 파장(wavelength), 200 ns의 펄스길이(pulse duration)의 파동성(pulsed) 레이저를 0.2 cm^2 면적에 초당 5,000 횟수로 발광(radiance)한다.

레이저(LASER)의 영문 약어를 풀어보면 Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation이다. 즉 인위적 자극 방사 방출로 증폭된 빛을 의미한다. 인체 유해성 관련하여, 1등급(0.4 uW 수준의 무해), 2등급(1 mW 이하의 가시[visible] 저출력 레이저로 건강한 인체에 무해하지만 1,000 초 이상 눈으로 보는 경우 유해 가능), 3등급(1 mW - 5 mW의 중출력 레이저로 직접 보거나 반사광을 보는 경우 잠재적으로 유해할 수 있지만, 발화성은 없음), 4등급(5 mW 이상의 고출력 레이저로 보는 것뿐 아니라 미만성 반사만으로도 피부에 유해하며 발화가 가능)으로 구분된다. 쉽게 풀어보면 저출력 레이저는 의료용으로, 고출력 레이저는 군사용으로 사용된다고 이해하면 된다. 이러한 인체 유해성 때문에 레이저의 에너지(Joule), 에너지강도(intensity: J/cm^2), 파워(Watt), 파워밀도(density: W/cm^2), 펄스길이(pulse duration: ms), 횟수(frequency: Hz), 전달모드(continuous, pulsed, monophasic, biphasic, e.t.c.), 조사시간 등의 변수(parameter)를 엄격하게 통제해야 한다. 또한, 의료용 레이저는 대부분 파동성이기 때문에, 에너지와 주파수를 곱한 평균파워와 에너지와 펄스길이를 곱한 최대 파워는 각각의 변수에 따라 변동 폭이 심할 수 있다(예; 100 mJ * 10 Hz 레이저와 0.2 mJ * 5,000 Hz 레이저의 평균 파워는 동일하게 1 W이다).

2023년 Donahue 등은 Breast Cancer Research and Treatment지에 발표한 유방암 후 림프부종의 최신 예방과 치료법 리뷰 논문에서 비수술적 방법 중 하나로 광생물조절(photobiomodulation [PBM])을 등재하였다[7]. 이러한 광생물조절은 붉은색 가시광과 근적외선 파장대(650 nm - 1,000 nm)의 발광으로서, 저출력 레이저 중 하나이다. 의료용 저출력 레이저의 세대별 개발에 따라 살펴보면, 초기 1세대는 사이질 치료(interstitial therapy)로 사용되었으며, 빛을 열에너지로 변환하는 온열치료 효과가 치료 기전이기 때문에 림프부종 치료에는 적합하지 않았다. 2세대는 광역학 치료(photodynamic therapy [PDT])로 발전되어 특정 파장의 빛 조사를 통하여 주입된 5-aminolevulinic acid, phthalocyanines 등과 같은 광민감제(photosensitizers)를 활성화시켜 조직 내 산소를 매개로 활성산소종(reactive oxygen species [ROS])을 방출하고

이를 통하여 세포간이음(gap junction) 중 특정 밀착연접(tight junction) 단백질을 열거나 밀착연접 간극을 벌려 생체 내 효과를 발휘하였다. 하지만, 외인성 광민감제를 주사해야 되고 방출된 활성산소종으로 인한 세포 손상 가능성이라는 제한점이 있어, 3세대가 개발되었다. 3세대인 광생물조절은 2세대와 작용 기전은 유사하나 protoporphyrin X와 같은 내인성 광민감제를 매개체로 이용하기 때문에 활성산소종 방출이 적다는 장점이 있다. 현재 림프부종 치료 장비로 FDA 승인된 LTU-904 또한 3세대 의료용 레이저이다. 하지만 위의 1, 2, 3세대 의료용 레이저는 20 mm 깊이 이상의 인체 침투가 어려워 충분한 에너지를 원하는 부위에 전달하기 어렵다는 한계가 있어, 향후 이를 개선하기 위한 연구가 요구된다[8].

광생물조절에 의한 림프부종 치료 기전을 이해하기 위해서는 분자생물학적 관점에서 저출력 레이저의 생체 내 효과를 살펴볼 필요가 있다. 650 nm - 1,000 nm파장의 발광 시 세포는 일차적으로 해당 파장의 빛을 미토콘드리아(mitochondria)의 호흡사슬(respiratory chain)에서 흡수한다. 이후 이차적으로 세포질(cytoplasm)과 미토콘드리아 내 산화환원반응(reduction-oxidation reaction [REDOX])의 변화로 인한ATP 합성이 증가하고, 이차적으로 세포내 신호전달 연쇄반응(intracellular signaling cascade), 사이토카인 반응(cytokine reaction), 아산화질소(nitrous oxide [NO]) 합성, 성장 인자들(growth factors) 방출을 촉진시켜 세포증식(proliferation)을 유도한다. 이러한 세포 증식은 림프구(lymphocyte) 및 림프관(lymphatic vessels)에서도 동일하게 발생하며 이차적으로 림프관 수축력을 증가시켜 결과적으로 국소 림프액 흐름을 개선시킨다[9-11].

의료용 레이저의 조사가 위 단락에서 기술한 세포 내 분자생물학적 변화를 유도하는 기전을 이해하기 위해서는 레이저의 세포 대상 광물리학광화학적(photo-physical, photo-chemical) 효과에 대한 이해가 필요하다. 레이저는 입자와 파동의 성질을 둘 다 띄고 있기 때문에 광물리학광화학적 효과를 동시에 발현한다. 특히 3세대 의료용 저출력 레이저는 연속(continuous) 레이저보다 단상성(monophasic) 또는 이상성(biphasic) 파동형(pulsed) 레이저가 사용되는데, 이는 기존의 요통 치료나[12] 근육통[13]에 사용되는 1세대 의료용 저출력 레이저와는 구분해서 살펴볼 필요가 있다. 1990년 Osanai 등은 GaAlAs 이극진공관(diode) 레이저를 이용한 생체외(in-vitro) 연구에서 조사 에너지 및 시간에 따라 중성구(neutrophil) 탐식성이 변화되는 것을 보고하였다[14]. 1991년 Bolton 등도 유사한 실험을 진행하여 방사 파워밀도와 시간이 섬유모세포(fibroblast)의 개체수에 영향을 주는 것을 보고하였다[15]. 두 실험 모두에서 레이저 조사시간이 증가함에 따라 탐식성이 초기 증가 후 감소되거나 파워밀도에 따라 세포 수가 초기 증가 후 감소되는 패턴을 보인 것을 고려할 때 레이저의 세포 효과는 선형효과와 다르게 유발되는 것을 알 수 있다. Bolton 등은 후속 연구에서 섬유모세포 개체수가 에너지강도(J/cm^2)의 증가(0, 2.4, 4.8, 7.2)에 따라 양의 용량-반응(dose-response)을 보이지만, 특정 에너지 강도부터 오히려 음의 용량-반응(9.6 J/cm^2 방사 시 7.2 J/cm^{2}방사의 50% 수준으로 감소)이 관찰됨을 보고하였다. 또한 위와 동일한 에너지 강도 우선 순위(0, 2.4, 4.8, 7.2)에 따라 조사 72시간 이후부터의 개체 수 증식의 정도가 결정됨을 보고하였다[16]. 즉 레이저의 에너지강도 또는 파워밀도 및 조사시간에 따른 세포 변화는 양의 또는 음의 용량-반응을 보일 수 있다. 이는 위의 연구들이 비록 생체외 실험이지만 중성구 및 섬유모세포가 레이저에 의하여 생존 기간 및 활동성이 조절될 수 있다는 것을 시사하는 것이다. 저출력 레이저의 림프부종 치료효과에 대한 분자생물학적 설명이 부족한 시점에서 의료진의 임상적 적용 고려할 때 치료 기전을 설명할 수 있는 래이저의 후생유전학적 생체 내 변화 유도 가능성을 이해하는데 도움이 된다[17]. 이러한 후생유전학적 발현에 대한 설명은 아래 단락에서 이어서 논의된다

2003년 Rubinov는 레이저의 광물리학적 현상을 보고하였다. 적혈구 연전(RBC rouleaux) 축과 평행한 레이저 조사 시의 무 변화와 달리, 비스듬히 조사를 한 경우 연전이 풀어지고 적혈구의 기능이 회복되었으며 조사 중단 이후에도 이러한 연전 풀림 현상이 유지되는 것을 발견하였다. 추가적으로 비 공간조정(spatial modulation) 레이저를 림프구에 6분간 조사 시 소핵(micronuclei)이 1,000 림프구 당 67개 방출되는 것과 비교 시 동일한 6분간 1.2 mkm 공간조정 레이저 방사 시 1,000 림프구 당 42개와 5.1 mkm 공간조정 레이저 방사 시 27개처럼 소핵 방출이 감소하였고 13.1 mkm 공간조정 레이저 방사 시 75개로 소핵 방출이 비 공간조정 조사 시 보다 오히려 112% 증가하였다. 또한, 비 공간조정 레이저 조사 시 시간의 증가에 따라 CD95, p53 방출 및 세포자멸(apotosis)

세포가 증가하는 것과 달리, 5.1 um의 간섭주변(interference fringes)을 이용한 공간조정 레이저를 12분에서 21분 동안 조사하는 경우 CD95, p53 방출 및 세포자멸 세포가 감소하는 것을 보고하였다[18]. 소핵 증가가 유전자 불안정을 시사하고 CD95, p53 방출 증가가 DNA 손상을 대변하는 것을 고려할 때, 비 공간조정 레이저는 유전자 돌연변이유발(mutagenic)을 조장하는 반면, 공간조정 조사 및 이로 인한 세포 내 레이저 기울기체(gradient field) 형성은 미토콘드리아의 형태(configuration)를 변경시켜 변수에 따라 세포의 재생복구를 촉진할 수 있다고 추정된다. 즉, 저출력 레이저의 의료적 효과는 비 공간조정 조사 대신 공간조정 조사로 이루어져야 되며, 공간조정에 의한 세포 내 경도력(gradient force) 같은 변수가 세밀히 통제되어야 한다. Antiva, Vladimirov, Pope 등이 발표한 레이저 조사에 의한 세포의 분자생물학적 변화를[9-11] 기반으로 하는 위의 광물리학적 현상은 모든 세포에서 발현되기 때문에 당연히 림프계에서도 발생한다. 림프부종 시 림프액 울혈로 인한 이차적 손상 또는 림프액 흐름 감소 및 중단으로 인한 이차적 위축이 발생한 림프구에도 유도되어 각각의 림프구 재생 또는 활성화가 발생하고 이러한 변화가 통합되어 결과적으로 림프관의 기능 및 수축력 호전과 림프관 재생을 기대해 볼 수 있다[9].

Friedman과 Lubart는 저출력 레이저를 세포 내 조사하면 플라빈 탈수소효소(Flavin dehydrogenase), 시토크롬 산화효소(cytochromes oxidases)와 같은 세포 내 호흡 사슬에 흡수되어 생체자극 효과를 발현하는 것을 발표하였다. 이는 레이저의 광화학적 효과인데, 세포 내 존재하는 발색단(chromophores)을 통한 특정 파장의 빛 흡수를 통하여 미토콘드리아 막이 자극되어 막전위(membrane potential)와 광경도(photonic gradient)가 증가하여 미토콘드리아의 광성상(optical property)이 변화되어, 이로 인하여 NADH 활성도가 증가하여 미토콘드리아 내 RNA, ATP, 단백질 합성이 증가한다. 또한, 막투과성 변동으로 Na^+/H^+ 비율과 Na^+-K^+/ATPase 활성도의 증가로 $Ca2^+$ 유입이 증가하고, 이는 고리형 뉴클레오타이드(cyclic nucleotides)에 영향을 주어 DNA 및 mRNA 합성을 조절하여 세포 사이클을 변화시킨다. 이 외에도 세포 내 pH를 증가시켜 체세포분열(mitosis)도 촉진한다[19]. 앞 단락의 광물리학적 현상과 유사하게 위의 광화학적 현상은 레이저 조사된 림프구에도 발현되어 림프구 세포 대사가 활성화되어 이차적으로 림프관의 기능 및 수축력 호전과 림프관 재생을 기대할 수 있다[9].

림프관 생성 조절 단백질인 혈관내피성장인자(vascular endothelial growth factor:VEGF) C와 D 같은 성장인자들에 의하여 후생적으로도 조절이 가능하고[20,21], 수정란 착상 시 결정된 체내 유전자의 통제 외에도 세포내외 환경에 따라 세포 스스로의 자가변화가 가능하다. 이러한 후생유전학 관점에서 보면 손상된 림프계의 레이저에 의한 호전 현상을 위에서 언급한 저출력 레이저의 광물리학광화학적 효과로 설명할 수 있다[17]. 설치류에서 냉동손상(cryoinjury)을 가한 근육이 림프부종 치료 시 파장과 유사한 585 nm의 파동성 저출력 레이저 조사 후 재생이 증가하고 섬유화가 감소된 연구와[22] 동일 파장의 파동성 저출력 레이저 조사 후 수술 후 안면 봉합 상처가 감소되었다는 연구를[1] 참고하면 쉽게 이해가 된다.

레이저가 백혈병 세포를 증가시키지 않는다는 생체외 연구도 있지만[23], 고출력 레이저를 조사한 경우 생체와내 실험에서 흑생종(melanoma)을 증가시킨다는 보고와[24] 조사 모드에 따라 유전자 불안정성 및 DNA 손상을 증가시킬 수 있다는 Rubinov의 연구를 고려하면 돌연변이유발성(mutagenicity) 또는 발암성(carcinogenicity) 가능성에 대비하여 에너지강도, 파워밀도, 조사시간, 펄스길이, 횟수, 전달모드 등과 같은 변수들에 대한 안정성 검증과 치료 변수 지침(protocol) 확립 및 준수가 반드시 필요하다.

결 론

의료용3세대 저출력 레이저인 광생물조절은 유방암 수술 후 발생한 림프부종 치료에 높은 근거수준을 보이고 있다. 세포 생존을 결정짓는 에너지 공장인 미토콘트리아를 활성화시켜 세포 증식 또는 복구라는 후생유전학적 자극을 통한 분자생물학적 변화를 매개로 거시적으로 국소 림프부종 개선, 섬유화 감소, 림프관재생 등을 기대해 볼 수 있다. 이러한 레이저의 광물리학광화학적 효과는 입자성과 파동성을 동시에 가진 발광을 매개로 하기 때문에 에너지, 파워, 시간, 전달모드 등의 변수 조합에 따라 오히려 유전자 손상을 초래하여 치료결과 및 환자 건강에 부정적인 영향을 초래할 수 있다. 이를 예방하기 위해서는 치료 지침 검증 및 개발된 지침 준수가 반드시 필요하다.

Acknowledgments

This work was supported by the research fund of Chungnam National University.

REFERENCES

1. Jang DH, Song DH, Chang EJ, Jeon JY. Anti-inflammatory and lymphangiogenetic effects of low-level laser therapy on lymphedema in an experimental mouse tail model. Lasers Med Sci 2016;31:289-296.
2. Piller NB, Thelander A. Treatment of chronic postmastectomy lymphedema with low level laser therapy: a 2.5 year follow-up. Lymphology 1998;31:74-86.
3. Kozanoglu E, Basaran S, Paydas S, Sarpel T. Efficacy of pneumatic compression and low-level laser therapy in the treatment of postmastectomy lymphoedema: a randomized controlled trial. Clin Rehabil 2009;23:117-124.
4. Storz MA, Gronwald B, Gottschling S, Schöpe J, Mavrova R, Baum S. Photobiomodulation therapy in breast cancer-related lymphedema: a randomized placebo-controlled trial. Photodermatol Photoimmunol Photomed 2017;33:32-40.
5. Ahmed Omar MT, Abd-El-Gayed Ebid A, El Morsy AM. Treatment of post-mastectomy lymphedema with laser therapy: double blind placebo control randomized study. J Surg Res 2011;165:82-90.
6. Wilczyński M, Dzivgielewski K. [Results of laser photocoagulation in patients with diabetic retinopathy developed as a complication of diabetes type 2]. Klin Oczna 2006;108:66-69.
7. Donahue PMC, MacKenzie A, Filipovic A, Koelmeyer L. Advances in the prevention and treatment of breast cancer-related lymphedema. Breast Cancer Res Treat 2023;200:1-14.
8. Won S, An J, Song H, Im S, You G, Lee S, et al. Transnasal targeted delivery of therapeutics in central nervous system diseases: a narrative review. Front Neurosci 2023;17:1137096.
9. C. Antipa CM. The treatment with low energy laser in medicine. HAL 2008;04:193-198.
10. Vladimirov Iu A, Klebanov GI, Borisenko GG, Osipov AN. [Molecular and cellular mechanisms of the low intensity laser radiation effect]. Biofizika 2004;49:339-350.
11. Pope NJ, Denton ML. Differential effects of 808-nm light on electron transport chain enzymes in isolated mitochondria: Implications for photobiomodulation initiation. Mitochondrion 2023;68:15-24.
12. Ay S, Doğan SK, Evcik D. Is low-level laser therapy effective in acute or chronic low back pain? Clin Rheumatol 2010;29:905-910.
13. Nambi G, Abdelbasset WK, Soliman GS, Alessi AA, Alsalem IN, Ali ZA. Clinical and functional efficacy of gallium-arsenide super pulsed laser therapy on temporo mandibular joint pain with orofacial myalgia following healed unilateral cervicofacial burn - A randomized trial. Burns 2022;48:404-412.
14. Tsuyoshi Osanai CS, Y. M, E. K., T. K., K. S., S. N., T. K., K. S., M. S. Measurement of GaAIAs diode laser action on phagocytoic activity of human neutrophils as a possbile therpeutic dosmetry determinant. LLLT 1990;90:123-133.
15. Peter Bolton SY, M. D. Macrophage responsiveness to light therapy with varying power and energy densities. LLLT 1991;91:105-111.
16. Young S, Bolton P, Dyson M, Harvey W, Diamantopoulos C. Macrophage responsiveness to light therapy. Lasers Surg Med 1989;9:497-505.
17. Goldberg AD, Allis CD, Bernstein E. Epigenetics: a landscape takes shape. Cell 2007;128:635-638.
18. Rubinov AN. Physical grounds for biological effect of laser radiation. Journal of Physcis D: Applied Physics 2003;36:2317-2330.
19. Lubart R, Eichler M, Lavi R, Friedman H, Shainberg A. Low-energy laser irradiation promotes cellular redox activity. Photomed Laser Surg 2005;23:3-9.
20. Rauniyar K, Jha SK, Jeltsch M. Biology of Vascular Endothelial Growth Factor C in the Morphogenesis of Lymphatic Vessels. Front Bioeng Biotechnol 2018;6:7.
21. Varricchi G, Loffredo S, Galdiero MR, Marone G, Cristinziano L, Granata F, et al. Innate effector cells in angiogenesis and lymphangiogenesis. Curr Opin Immunol 2018;53:152-160.
22. Assis L, Moretti AI, Abrahão TB, de Souza HP, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser therapy (808 nm) contributes to muscle regeneration and prevents fibrosis in rat tibialis anterior muscle after cryolesion. Lasers Med Sci 2013;28:947-955.
23. Dastanpour S, Momen Beitollahi J, Saber K. The effect of low-level laser therapy on human leukemic cells. J Lasers Med Sci 2015;6:74-79.
24. Frigo L, Luppi JS, Favero GM, Maria DA, Penna SC, Bjordal JM, et al. The effect of low-level laser irradiation (In-Ga-Al-AsP - 660 nm) on melanoma in vitro and in vivo. BMC Cancer 2009;9:404.