

## 弱激光照射对生物机体的作用

刘永英<sup>1,2</sup>, 杨继庆<sup>1</sup>, 向甄<sup>1</sup>

[摘要] 弱激光具有独特的生物学刺激效应,利用这一效应,弱激光照射在临床上应用十分广泛。本文概述弱激光的生物学效应,对弱激光照射在机体免疫、血液循环、组织代谢及神经等不同系统功能上的作用进行综述。

[关键词] 弱激光;机体免疫;血液循环;代谢;神经;综述

**Effect of Low level Laser Irradiation on Organism (review)** LIU Yong-ying, YANG Ji-qing, XIANG Zhen. The Institute of Biomedical Engineering, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi, China

**Abstract:** Low-level laser effects a special biology stimulation that has been widely used in clinic. In this article, the biological effect of low-level laser irradiation was summarized, and the application in different systems, such as immunity, circulation, metabolism and nerves were reviewed.

**Key words:** low-level laser; immunity; circulation; metabolism; nerve; review

[中图分类号] R454.2 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2006)07-0586-02

[本文著录格式] 刘永英,杨继庆,向甄.弱激光照射对生物机体的作用[J].中国康复理论与实践,2006,12(7):586—587.

自 1960 年 Mainan 发明了世界上第一台激光器以来,激光作为一种新的技术手段,以其独特的生物组织学作用特征,在临床医学各领域得到广泛应用<sup>[1]</sup>。弱激光(low-level laser)是一种低功率、低能量密度的激光,直接照射生物组织不会造成不可逆性损伤。多年来,弱激光疗法在临床上得到广泛应用,已成为临床治疗的有效手段,也成为发展医学诊疗的关键技术。其不同波长、不同剂量照射身体不同部位所产生的作用不同,国内外已有相关的大量报道。对于其生物刺激作用机理的研究也有很多,但仍不够深入。本文从机体免疫、血液循环、组织代谢及神经等功能等方面综述了弱激光对生物机体的作用,旨在为进一步探讨弱激光生物刺激作用机制提供参考,使其在医学临床上的应用范围更加扩大。

### 1 弱激光的生物学刺激效应

激光的生物效应总体上可分为热效应、压强效应、光化效应及电磁场效应,而弱激光则具有另一种作用:生物刺激作用。激光生物刺激作用对生物体不会产生不可逆损伤,且其生物效应直接产生于辐射而不是热效应。这种特殊作用可产生多种良性生物学效应。

激光生物刺激作用具有如下特点:

- 1.1 刺激或抵制 弱激光刺激是产生兴奋还是抑制作用,取决于它的能量密度,一般来说,能量密度小时,表现为兴奋作用;能量密度大时表现为抑制作用。大小剂量的划分则随生物体的结构和机能的不同而不同。
- 1.2 累积作用 小剂量有累积作用,因此,一次大剂量照射或将该剂量分成小剂量多次照射,所起的生物效应相同。其累积作用的最终效应依赖于激光的总能量。
- 1.3 抛物线效应 即照射次数有阈值,效应不随次数增加无限增大,有一极大值,达极大值后,再增加照射次数,刺激作用反而减弱,甚至变成抵制作用。刺激作用一般从第 3 次开始,逐渐增强,到 10~17 次时达到最强,以后逐渐减弱,并可突变为抑制作用。

### 2 弱激光照射对机体免疫功能的作用

机体免疫功能分为非特异性免疫及特异性免疫。非特异性免疫是人生来就有的屏障结构、体液中杀菌物质及吞噬细胞

等发挥的免疫作用;特异性免疫亦称获得性免疫,为免疫器官及免疫细胞所发挥的免疫作用<sup>[2]</sup>。近年来大量研究结果表明,低能量激光对机体单核巨噬细胞系统具有激活作用,在照射过程中(即近期疗效)以增强体液免疫为主,停照后(即远期疗效)以增强细胞免疫为主。实验证明,He-Ne 激光直接照射小鼠胸腺区<sup>[3]</sup>或行穴位照射<sup>[4]</sup>,小鼠腹腔巨噬细胞的吞噬率及吞噬指数明显增高,并且能提高巨噬细胞内特异性酯酶(NSE)活性。照射脾区,使脾巨噬细胞功能活跃<sup>[5]</sup>,骨髓中的单核细胞作用激活,并对机体的 T 细胞及 B 细胞具有调节作用<sup>[6]</sup>。

#### 3 弱激光照射对血液循环的作用<sup>[7]</sup>

3.1 降低血液粘滞度<sup>[8-11]</sup> 红细胞聚集性升高是引起血液粘度升高的主要原因,是体内血栓形成的危险因素之一。当血液粘度增高时,血流量减少,造成组织器官微循环紊乱,毛细血管中发生血液停滞、闭塞和血栓形成。实验证明,低能量激光可通过降低红细胞聚集性、红细胞压积、纤维蛋白原含量及血小板聚集率,降低血液的高凝状态。

3.2 促进红细胞变形<sup>[12-13]</sup> 红细胞的变形性是微循环保持有效灌注的必要条件,当红细胞变形性降低时,可引起红细胞在毛细血管入口处停滞,导致微循环障碍。低能量激光能够改善脂蛋白色谱改变,使红细胞的磷脂成分增加,磷脂和胆固醇比值正常化,使红细胞的变形能力增强。

3.3 增强血液携氧能力<sup>[14-15]</sup> 血液携氧能力增加,使组织内供氧增加,有利于机体新陈代谢的保持和恢复。血红蛋白是血液中氧的运载体,而在其氧合作用中,卟啉起了重要作用。实验发现,弱激光照射循环血液后能使红细胞的氧解离曲线左移,血红蛋白的氧亲和力增加,红细胞的载氧能力提高,并且在一定条件下能够使血液的氧合速率提高。这是因为激光照射血液后使血液中多种酶的活性被激发,蛋白质分子的动能增加,铁卟啉的氧化作用加速,氧合能力增强。

3.4 提高抗氧化能力<sup>[16]</sup> 自由基具有极强的氧化活性,能在体内引起脂质过氧化反应,对机体产生氧化损伤。超氧化物歧化酶是一种主要的自由基清除剂。临床实验证实,弱激光治疗可使血液中红细胞内的超氧化物歧化活性提高,有助于清除患者体内过多的自由基,从而避免脂质过氧化等作用的损伤。

3.5 改善血管功能<sup>[17]</sup> 弱激光照射具有扩张血管的作用,可以使受累部位微循环加强:使血流速度低、脑部供血不足者血流速度明显升高;血流速度高者(血管痉挛或狭窄),治疗后血流速度下降。有研究证明,He-Ne 激光血管内照射可使血管一氧化氮分泌增多,使血管舒张。

作者单位:1. 第四军医大学生物医学工程系,陕西西安市 710032; 2. 西安闫良六三〇医院,陕西西安市 710089。作者简介:刘永英(1978-),女,陕西旬阳县人,硕士研究生,主要研究方向:物理因子的生物效应。

4 对组织代谢的影响

4.1 提高多种酶活性<sup>[18-19]</sup> 弱激光照射可提高多种酶活性,包括糖代谢及线粒体呼吸链重要酶类如琥珀酸脱氢酶、细胞色素氧化酶、NADPH 氧化酶、磷酸化酶等。这些酶类的激活,可提高内源性胰岛素水平,促进糖的利用和 ATP 的产生,进而恢复膜  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$  酶,调节离子泵功能,恢复膜内外离子平衡和膜电位,从而纠正糖代谢性酸中毒、多元醇能通路和电解质紊乱。

4.2 促进细胞增殖效应<sup>[20-21]</sup> 细胞的增殖是细胞的一个重要生理功能,生物体依赖细胞增殖增加细胞的数量,使生物体进行正常的生长、发育。实验证实,低强度激光对成纤维细胞、纤维原细胞、内皮细胞、造血细胞、神经细胞、软骨细胞、成骨细胞等多种细胞均有不同程度的增殖效应。

4.3 促进细胞运动<sup>[22]</sup> 弱激光照射,无论波长的长短,都会引起一定程度的细胞运动加速。这是因为低强度激光照射影响细胞膜钙离子的交换,短时间即可使钙离子在细胞质中集中。同时,弱激光还影响  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  的传导系统,这种传导系统参与调控钙离子水平,结果加速细胞运动。

4.4 引起细胞凋亡<sup>[23]</sup> 细胞凋亡是细胞对内外刺激作出的应答反应,作为防御机制消除癌变细胞、自身反应免疫细胞及病毒感染细胞,细胞凋亡的紊乱可导致或促进多种疾病的发生。低强度激光照射可引起细胞凋亡。实验证明,He-Ne 激光血管内照射后,外周淋巴细胞出现凋亡现象;照射离体小鼠胸腺,细胞发生凋亡,且随照射时间延长,凋亡相对倍数增大。

5 对神经的刺激作用

弱激光对中枢神经系统、神经节和末梢神经系统均有明显的刺激作用:促进脊髓运动神经细胞的功能,加速轴突再生<sup>[24]</sup>;促进神经元的代谢,增强神经细胞功能<sup>[25]</sup>;促进损伤神经功能的恢复<sup>[26]</sup>。在临床上,利用激光对神经系统的生理效应治疗神经衰弱、坐骨神经痛、脊髓损伤、臂丛神经损伤、面神经麻痹、三叉神经痛等,均取得较好的疗效。

6 弱激光生物刺激作用机理

弱激光在临床上应用十分广泛,但关于弱激光生物刺激作用机理,目前尚不成熟,在此列出了比较典型的机理假说:①受体蛋白质的中介作用,调整细胞功能假说:超微弱光子辐射提高受体蛋白质活性,控制着整个细胞的新陈代谢及其相应的细胞间的活动;②细胞膜受体吸收,活化细胞机能假说:在弱激光作用下,通过受体的参与,发生光致敏化,产生了光照活化效应,刺激细胞内外生理过程和修复再生过程;③生物组织的共振效应,调整生物场假说:一定频率的激光共振作用将使生物等离子体恢复稳定,并使之回到正常状态;④偏振光的定向电场力改变细胞膜的构型假说:当用线偏振光去照射细胞时,线偏振光的电场力强迫类脂分子的极化头顺着所施偏振光的电场方向重新排列,结果改变了细胞膜上类脂双分子层的构象;⑤光色素系统吸收、调节生命过程假说:高等动物中也存在着和植物、微生物类似的光色素系统,吸收弱激光后能对多种生理变化起触发作用,能调节和控制 RNA 和蛋白的合成。此外还有相干电振膜假说和由孤子状态进入混沌状态假说等。

7 总结

低功率激光在机体免疫、血液循环、组织代谢及神经等功能上有着明显的作用,这些也都是低功率激光辐照所引起的综合效应,而且其疗效与激光的功率密度、剂量、辐照时间及生物体所处的状态等都有着密切的关系。弱激光生物刺激效应所需的剂量要求相对较低,辐照时间较短。一般说来,辐照产生的温升不大于  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,功率小于  $50\text{ mW}$ ,剂量  $10 \sim 1000\text{ J/m}^2$ ,周期  $10 \sim 100\text{ s}$ ,辐照波长  $551.2 \sim 820.3\text{ nm}$ ,在临床上才能导致较长持续时间的宏观效应,才会有明显的医疗作用<sup>[18,27]</sup>。

[参考文献]

[1] Mester E. The biomedical effect of laser application [J]. Lasers Surg Med, 1985, 5: 31-239.

[2] 白惠卿, 陈育民, 安云庆. 医学免疫学与微生物学[M]. 2 版. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1998.

[3] 龙开平, 段新民, 杨继庆, 等. 弱激光刺激对小鼠免疫系统的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 1995, 12(3): 131 - 133.

[4] 任明姬, 师永红, 辛兰, 等. He-Ne 激光穴位照射对小鼠腹腔巨噬细胞功能的影响[J]. 中国激光医学杂志, 2000, 9(2): 109 - 112.

[5] Karu TI, Ryabykh TP, Fedoseyeva GE. Helium-Neon Laser induced respiratory burst of phagocytic cells[J]. Laser Surg Med, 1989, 9: 585.

[6] 崔芳, 陈庭仁. 低能量激光照射对机体单核巨噬细胞系统及淋巴细胞功能的影响[J]. 中华理疗杂志, 1994, 17(1): 42 - 44.

[7] 尹振春, 董英海, 朱菁. 低能量 He-Ne 激光血管内照射对血液循环的影响[J]. 应用激光, 2004, 24(6): 413 - 414.

[8] Cho HJ, Lim SC, Kim SG, et al. Effect of low-level laser therapy on osteoarthritis in rabbit[J]. In Vivo, 2004, 18(5): 585 - 594.

[9] Siposand GS, Lukacs A. Effect of low-level laser radiation on some rheological factors in human blood: an in vitro study[J]. J Clin Laser Med Surg, 2000, 18(4): 185 - 195.

[10] Mi XQ, Chen JY, Cen Y, et al. A comparative study of 632.8 and 532 nm laser irradiation on some rheological factors in human blood in vitro[J]. J Photochem Photobiol B, 2004, 74(1): 7 - 12.

[11] 张灿邦, 周凌云, 刘晓枢, 等. 激光血管内照射降解纤维蛋白原浓度的机制[J]. 光电子·激光, 2003, 14(10): 1109 - 1112.

[12] 陈敏, 骆清铭. 弱激光的生物学效应及对红细胞变形性的改善作用[J]. 激光生物学报, 2002, 11(1): 55 - 57.

[13] Foo JJ, Liu KK, Chan V. Thermal effect on a viscously deformed liposome in a laser trap[J]. Ann Biomed Eng, 2003, 31(3): 354 - 416.

[14] 骆晓森, 倪晓武, 陆健, 等. He-Ne 激光对红细胞氧解离的影响[J]. 光电子·激光, 2002, 13(4): 413 - 415.

[15] 贺庆丽, 徐延亮, 徐蓉, 等. 弱激光调节血红蛋白活性的机理分析[J]. 光子学报, 2003, 32(6): 646 - 648.

[16] Tuomisto TT, Korkeala A, Rutanen J, et al. Gene expression in macrophage-rich inflammatory cell infiltrates in human atherosclerotic lesions as studied by laser microdissection and DNA array[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2003, 23(12): 2235 - 2275.

[17] Xie H, Bendre SC, Burke AP, et al. Laser-assisted vascular end to end anastomosis of elastin heterograft to carotid artery with an albumin stent: a preliminary in vivo study[J]. Lasers Surg Med, 2004, 35(3): 201 - 206.

[18] 贺庆丽, 贺健, 张镇西. 弱激光提高生物酶活性的一种物理模型[J]. 激光杂志, 2004, 25(4): 53 - 54.

[19] Pourzarandian A, Watanabe H, Ruwanpura SM, et al. Er:YAG laser irradiation increases prostaglandin E production via the induction of cyclooxygenase-2 mRNA in human gingival fibroblasts[J]. J Periodontal Res, 2005, 40(2): 182 - 186.

[20] Vinck EM, Cagnie BJ. Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation[M]. London: Springer London, 2003: 95 - 99.

[21] Hamajima S, Hiratsuka K. Effect of low-level laser irradiation on osteoglycin gene expression in osteoblasts[J]. Springer Verlag London Limited, 2003: 78 - 82.

[22] Koutna M, Janisch R. Effects of low-power laser irradiation on cell locomotion in protozoa[J]. Photochemistry Photobiology, 2004, 80(3): 531 - 535.

[23] Klein F, Feldhahn N, Lee S, et al. T lymphoid differentiation in human bone marrow[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2003, 100(11): 6747 - 6799.

[24] Rupperecht S, Tangermann Gerk K, Wiltfang J, et al. Sensor-based laser ablation for tissue specific cutting: an experimental study[J]. Lasers Med Sci, 2004, 19(2): 81 - 89.

[25] Vitreshchak TV, Mikhailov VV, Piradov MA, et al. Laser modification of the blood in vitro and in vivo in patients with Parkinson's disease[J]. Bull Exp Biol Med, 2003, 135(5): 430 - 432.

[26] 丁玲玲. 弱激光等物理因子对神经损伤的治疗作用[J]. 激光杂志, 2004, 25(3): 89.

[27] 骆清铭, 刘贤德, 李再光. 低功率激光治疗作用机理的探讨[J]. 中国激光医学杂志, 1994, 3(1): 39 - 40.

(收稿日期: 2005-12-12)