

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0302-03

低能量激光治疗脱发及其相互作用机理研究

范晓红, 李正佳, 李迎春, 何艳艳

(华中科技大学激光技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要 低能量激光对生物组织有好的生物效应, 因此可以利用低能量激光对人体的相关穴位或者病灶进行照射产生积极的生物效应, 以达到治疗的效果。采用波长为 600~800 nm 之间的半导体激光器(LD)设计了适合头部照射的治疗仪器, 通过将近 1 年的实际治疗发现, 这种激光照射穴位和病灶的理疗治疗方法能够达到一定的治疗效果。

关键词 热传导; 激光二极管; 低能量激光; 热相互作用

中图分类号 R318.51

文献标识码 A

Using Low Energy Laser to Cure Bald and Study on its Interaction Mechanism

FAN Xiao-hong, LI Zheng-jia, LI Ying-chun, HE Yan-yan

(National Lab of Laser Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract For the marked bio-effect of low energy laser on bio-tissue, with low energy laser irradiating patient's points focused laser can help to cure them. Low energy laser can help to speed blood circulation and cure the wound. Using LD with wave length between 600 nm and 800 nm to treat patient bald, a good effect was got.

Key words thermal transmit; laser diode (LD); low energy laser; thermal interaction

1 引言

低能量 He-Ne 激光器存在体积庞大, 转换效率低, 连续工作时间短, 仪器寿命短, 工作电压高, 容易造成危险等问题。半导体激光二极管(LD)可较好地解决上述问题。

毛发是表皮下陷到真皮的衍生物, 由毛干和毛根组成。毛发生长调节主要依靠毛囊周围的血管和神经内分泌系统。脱发原因为毛球营养不够, 要改善脱发必须改变毛囊处的微循环状态, 促进血液的循环。采用低能量二极管激光直接照射脱发部位以及相应生发穴位如: 白会、凤池穴、天柱穴以及大椎穴等, 改善毛囊周围的局部血液循环和刺激神经从而促进毛发的生长, 达到治疗的效果。

2 激光与皮肤间相互作用分析

低能量激光刺激毛发生长, 是一种低能量生物效应, 研究表明低能量激光的生物效应实际上是生

物电磁场效应和光效应的综合, 生物电磁效应可能导致分子跃迁, 也可能光子与生物大分子产生作用导致生物大分子的振动改变, 这两者实际上和激光与生物组织热相互作用机理相一致。因此研究低能量激光的生物效应可以转而直接分析激光与皮肤之间的热相互作用。

2.1 热相互作用方程

皮肤分为三层, 表皮、真皮、皮下组织, 表皮不存在血管不考虑血液灌注率对热传导的影响, 真皮和皮下组织都存在血管要考虑血液灌注率的影响, 真皮和皮下组织两者之间没有很明显的区别可以考虑为一层, 因此在热学分析之后可以将皮肤简化分为两层, 分别设定第一、第二层的热学参量为吸收系数 μ_1, μ_2 , 热传导系数 k_1, k_2 , 组织的密度 ρ_1, ρ_2 , 热容量 c_1, c_2 , 温升场分布 $T_1(x, t), T_2(x, t)$, 设定 $U(x, t) = T(x, t) + t_0$ 为生物组织的温度场分布。给定初始条件后组织的温升场分布方程组为

作者简介: 范晓红(1977-), 女, 华中科技大学激光技术与工程研究院教师, 主要从事激光生物医疗方面的研究。

E-mail: anmelody@sohu.com, hongfan@263.sina.com

$$\begin{cases} \mu_1 I_0 \exp(-\mu_1 x) = \rho_1 c_1 T'_1(x, t) - K_1 T''_{xx}(x, t) \\ 0 \leq x \leq x_1, t > 0 \\ \mu_2 I_0 \exp(-\mu_2 x_1) = \rho_1 c_b w_b T'_2(x, t) + \rho_2 c_2 T'_1(x, t) - K_2 T''_{xx}(x, t) \\ x_1 \leq x < \infty \\ T_1(0, t) \leq 0.5 \\ T_1(x, 0) = T_2(x, 0) = 0 \\ T_2(0.01, t) = 0 \\ T_1(x_1, t) = T_2(x_1, t) \end{cases}$$

解上述方程得温升表达式分别为:

$$\begin{aligned} T_1(x, t) &= \left(\frac{I_0 \mu_1}{K_1 \mu_1^2 - \rho_1 c_1 / t} + 0.5 \right) \times \\ &\quad \exp\left(-\sqrt{\frac{\rho_1 c_1}{K_1 t}} x\right) - \frac{I_0 \mu_1}{K_1 \mu_1^2 - \rho_1 c_1 / t} \exp(-\mu_1 x) \\ T_2(x, t) &= \frac{I_0 \mu_2}{K_2 \mu_2^2 - \rho_2 c_2 / t - \rho_b c_b w_b} \times \\ &\quad \exp\left[\left(-\mu_2 + \sqrt{\frac{\rho_2 c_2}{K_2 t} + \frac{\rho_b c_b w_b}{K_2}}\right) \times 0.03\right] - \\ &\quad \exp\left(-\sqrt{\frac{\rho_2 c_2}{K_2 t} + \frac{\rho_b c_b w_b}{K_2}} x\right) - \\ &\quad \frac{I_0 \mu_2}{K_2 \mu_2^2 - \rho_2 c_2 / t - \rho_b c_b w_b} \exp(-\mu_2 x) \end{aligned}$$

2.2 组织温度场分析

对于具体的激光二极管阵列, 每个激光器发射面为 $50 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 。输出的波长为 780 nm , 功率为 $2.6 \sim 10 \text{ mW}$ 。取激光器的功率为 2.6 mW , 取光斑直径为 $100 \mu\text{m}$, 此时功率密度为

$$I_0 = \frac{2.6 \times 10^{-3}}{\pi w^2} = \frac{2.6 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.5^2 \times 10^{-6}} = 3.3121 \times 10^3 \text{ J/s} \cdot \text{m}^2$$

组织比热:

$$c_1 = 1.55 + 2.63 \frac{W}{\rho} = 1.55 + 2.63 \times 0.7 = 3.391 \text{ J/g} \cdot \text{C} =$$

$$3.391 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{C}$$

$$c_2 = 1.55 + 2.63 \frac{W}{\rho} = 1.55 + 2.63 \times 0.8 = 3.654 \text{ J/g} \cdot \text{C} =$$

$$3.654 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{C}$$

皮肤组织的密度可以取为:

$$\rho = 1.2 \text{ g/cm}^3 = 1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

组织的热传导率:

$$K_1 = \left(0.5586 + 5.712 \frac{W}{\rho} \right) \times 10^{-3} = 4.557 \times 10^{-3} \text{ J/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{C}$$

$$= 0.4557 \text{ J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{C}$$

$$K_2 = \left(0.5586 + 5.712 \frac{W}{\rho} \right) \times 10^{-3} = 5.128 \times 10^{-3} \text{ J/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{C}$$

$$= 0.5128 \text{ J/m} \cdot \text{s} \cdot \text{C}$$

考虑初始温度为 37 C 。

从图 1 可知激光照射时间不同, 皮肤内的温度分

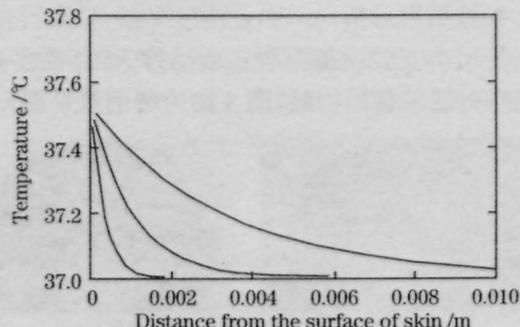


图 1 同一时间内组织内不同位置的温度分布图(第一层近似)

Fig.1 Temperature distribution in difference distance of the tissue in the same time(consider the first layer)

布不同, 组织的温升以及热量传导的深度与激光照射的时间相关联。同样功率密度的激光照射的时间越长, 组织的温度升高越多, 热传导的深度越深。

以第一层参量或者第二层参量代替皮肤的热参量作温度场分析得图 2, 图上显示在经过相同的照射时间之后以第一层近似时激光产生的热量传导深度较以第二层近似时深, 而且组织内同一位置的温升相对较大, 由此可见长时间照射后组织内血液的散热对热传导的贡献较大。

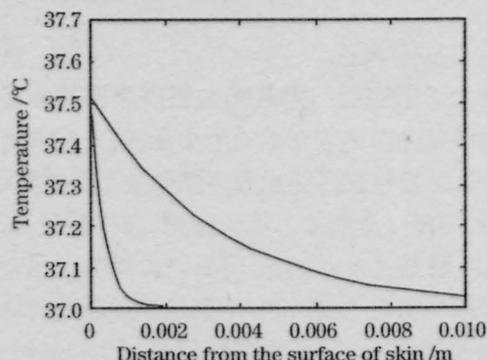


图 2 激光照射 100 s 后考虑和不考虑血液灌注率时温度场曲线比较

Fig.2 Comparing temperature curves of the first and second layers after 100 s laser irradiation

3 实验研究

3.1 实验设备

将低能量半导体激光二极管按照一定的形状排列设计适应佩戴的形状, 研究中采用了方形的治疗盘, 其顶部视图如图 3。

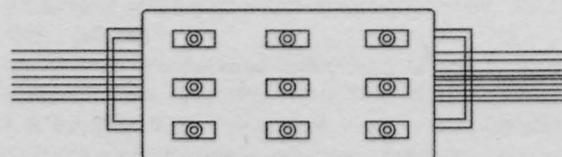


图 3 方形治疗盘的顶部视图

Fig.3 Treatment square disk

3.2 实验结果分析

使用本实验设备为脱发者治疗,半年后多数患者治疗的效果相当明显,图4给出两例效果图。

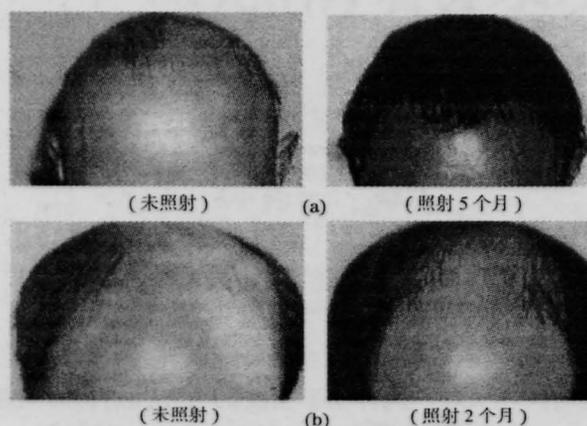


图4 治疗效果图

Fig4 Result of this treatment

4 展 望

本研究中设计的实验设备可以应用到人体的不同部位的治疗,促进照射部位的血液循环,从而可以用来治疗扭伤、水肿、关节痛、各部位炎症等,只要将

治疗盘设计成各种形状适应不同部位照射即可。

参 考 文 献

- 1 Li Zhongming. Theoretical analysis of temperature elevation in tissue during laser irradiation [J]. *J. Optoelectronics · Laser*, 2000, **11**(4): 431~433
李忠明. 激光照射对组织温升分布影响的理论分析[J]. 光电子·激光, 2000, **11**(4): 431~433
- 2 Li Hejie, Zhang Xuexue, Liu Jing. Heat transfer analysis of laser tissue thermal interaction using heterogeneous model [J]. *Chinese J. Laser*, 2002, **A29**(5): 465~470
李和杰, 张学学, 刘静. 激光与生物组织热相互作用的多层结构模型[J]. 中国激光, 2002, **A29**(5): 465~470
- 3 Tian Xiaoming. Research on the one dimensional rule of instantaneous temperature in biological tissue caused by laser thermal effect [J]. *Chinese J. Laser*, 2002, **A29**(6): 565~568
田晓明. 激光生物热作用的一维瞬态温度分布规律研究[J]. 中国激光, 2002, **A29**(6): 565~568
- 4 F. C. Henriques, A. R. Mortiz. Studies of thermal injury and conduction of heat to and through the skin [J]. *Am. J. Pathol.*, 1947, **23**: 531~549
- 5 A. J. Welch. Laser irradiation of tissue, in Switzer A, Eberhart RC (eds) *Heat transfer in medicine and biology: analysis and applications* [M]. New York: Plenum Press, 1985, 2: 130~135