

# 半导体激光对动脉血管外照射及血液流量变化化学的研究

刘文<sup>①</sup> 魏万林<sup>①</sup> 田国祥<sup>①</sup>

[文章编号] 1672-8270(2008)03-0001-04 [中图分类号] R 454 [文献标识码] B

**[摘要]** 弱激光对动脉血管外照射及血液流量变化化学的研究,是建立在弱激光对血管内照射方法基础上进行的(intravascular low level laser irradiation therapy) ILLIT。血管内照射是通过低功率氦-氖(He-Ne)激光用光纤导入患者的血管内,直接照射循环血液利用激光的生物效应来实现治疗的一种方法<sup>[1]</sup>。此种治疗方法对人体无损伤和不良反应,但(He-Ne)氦-氖激光器体积大、对病人的治疗为有创伤治疗和需要一定治疗环境,以至不能广泛地应用于预防治疗和保健治疗。使用血管外激光照射治疗方法是采用与氦-氖激光器波长近似的半导体激光器,采用多点的照射方法贴近皮肤内大血管进行照射,它的特点是体积小、造价低、治疗中可固定,不需要进行有创伤治疗和特定环境等特点,可以广泛地应用在医院及家庭。

**[关键词]** 弱激光 动脉血管 外照射

**Extravascular semiconductor diode irradiation: effects on the blood flow/Liu Wen,Wei Wanlin,Tian Guoxiang//China Medical Equipment,2008,5(3):01-04**

**[Abstract]** The effects on the arterial blood flow caused by the low level laser irradiation on the extravascular system are derived from the intravascular low level laser irradiation therapy (ILLIT), which is performed by introducing the low-power He-Ne laser propagating in an optic fibre. The therapy is done by the optic fibre laser irradiation happened in the circulation system that raises the biological effect in the blood vessels<sup>[1]</sup>. Though this therapy doesn't show any side effect and it is non-invasive process, however, it is difficult to be broadly used in health and illness protection due to the ponderous He-Ne laser machine and a necessity of professional treatment environment. The idea of extravascular laser therapy is applying a semiconductor laser machine that generates the laser with similar He-Ne laser's wave length to create the irradiation in the trunk blood vessels, which irradiates merely on the surface of the skin. The therapy can be widely used in the hospital and home because the therapy itself is non-invasive and doesn't require any specific environment, in addition, the laser machine is very cheap, handy, and easy to fix during the treatment.

**[Key words]** low level laser, arterial blood vessels, diode irradiation

**[First-author's address]** Medical Engineering Department of the General Hospital of Military Region, Beijing 100700, China

弱激光治疗在前苏联20世纪80年代已经将此种方法广泛用于临床,自20世纪90年代我国也开始了ILLIT的基础及临床研究,国产设备在国内也得到广泛的使用。临床研究表明用ILLIT弱激光对血管内照射,其胆固醇、三酰甘油、低密度脂蛋白明显降低、高密度脂蛋白升高<sup>[2-3]</sup>,其具体的机制推测可能是ILLIT使机体内多种酶被激活、调节离子通道,因此能抗缺氧、纠正脂类代谢异常、抗脂质过氧化、加速自由基清除,解除了脂类过氧化物对生物膜系统的破

坏,使血脂代谢正常化。

半导体激光对动脉血管外照射的原理是建立在血管内照射的基础上,主要是针对人的颈部大血管进行照射,将原有的点激光照射设计为面照射,由多点半导体激光器组成照射面来对颈动脉血管进行照射。它的主要目的之一是为改变脑血管中的红细胞聚集变形性,他们的性质变化与红细胞的粘滞性密度相关,红细胞的黏滞性对血液变化起着一定作用。

## 1 理论依据

①北京军区总医院医学工程科 北京 100700

### 1.1 激光对红细胞聚集性的影响

我们可以从王之光<sup>[4]</sup>等人研究中发现低能量氦—氖[He-Ne]激光血管内照射24 h后,红细胞聚集性下降,血液黏度下降,照射一周后血液仍有变化。刘小然等<sup>[5]</sup>对23名冠心病或不稳定型心绞痛患者经前臂外周静脉血管进行ILLIT,激光波长为632.8 nm,照射功率为3.0 mW,每次60 min,每日1次,连续10次为一个疗程,1个疗程后红细胞聚集指数、血液黏度、全血还原黏度等较治疗前有显著降低,血浆黏度、血沉、纤维蛋白等指标有不同程度降低。采用酶分形动力学推测ILLIT通过诱导纤维蛋白溶酶激活素产生变构效应,弱激光提供其分形催化过程的内在动力,从而激活了纤维蛋白溶酶原—纤维蛋白溶酶系统,使得血浆中的纤维蛋白溶酶含量提高,从而溶解了血浆中的纤维蛋白,减少了作为红细胞聚集桥梁的大分子—纤维蛋白。因此,经ILLIT治疗后的患者其红细胞聚集程度下降。根据血液流变学原理,一旦红细胞聚集程度下降,血液黏度和血沉也随之下下降,血液流变学特性得到改善。另Siposan等<sup>[6]</sup>推测红细胞聚集性下降的可能原因为:光量子作用于红细胞膜,通过光化学作用,提供相应的能量,离断其异常结合的非共价键,提高和恢复膜的活性、恢复通道蛋白与载体蛋白的正常构象等使红细胞解聚而血液流变学指标改善;破坏血栓形成所必须的纤维蛋白单体之间的C—C生物键,使其不能交联,进而不易形成稳定的血纤维蛋白凝块或使凝块解体,防止血栓形成<sup>[7]</sup>。

### 1.2 对红细胞变形性的影响

邓玲等<sup>[8]</sup>用波长为632.8 nm的(He-Ne)激光器,由光纤经兔耳外周静脉血管内照射,照射功率5 mW,结果表明,1次照射后,红细胞提高12%,全血黏度平均降低17%,7次照射后,红细胞变形指数提高27%,全血黏度平均降低43%。该研究提示He-Ne激光血管内照射能提高红细胞的变形能力,降低血液黏度,且有明显的累积效应。推测是因为(He-Ne)激光血管内照射刺激红细胞膜,使红细胞的膜脂双层和膜骨架发生变化,而改善红细胞膜的黏弹性,提高红细胞的变形能力,进而降低血液黏度。另有研究表明,红细胞膜黏附血红蛋白是红细胞变形能力的决定因素之一,激光照射可以减少红细胞膜黏附血红蛋白含量,且波长为532 nm的激光比632.8 nm的激光降低红细胞膜黏附血红蛋白含量更有效,这与红细胞膜黏附血红蛋白吸收光谱相符合<sup>[9]</sup>。

刘晓然等<sup>[10]</sup>对100例冠心病或不稳定型心绞痛患者经前臂外周静脉血管进行ILLIT,在ILLIT后,弱光治疗组红细胞变形指数和刚性指数与治疗前比较有显著性差异。对照红细胞变形指数和刚性指数在治疗前后的比较无显著性差异,表明ILLIT后红细胞变形指数、刚性指数等指标均有明显改善。采用分形理论研究蛋白质的弹性模量与谱维数的标度关系,得到是由于激光照射增加了红细胞膜中的蛋白质分子谱维数而改善了红细胞变形能力的结论。

许贞峰等<sup>[11]</sup>对46例脑梗死患者用ILLIT,治疗组在弱激光照射10次此后,红细胞变形性及膜Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶活性明显提高,与治疗前比较,其差异有显著性。Kassak等<sup>[12]</sup>用Nd:YAG绿光也观察到其红细胞Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶有明显的阳性作用,酶依赖性无机磷酸盐的产生于光通量之间呈线性相关。激光血管内照射可直接激活红细胞膜Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATP酶,促进ATP的分解,使红细胞的变形能力提高,提高红细胞膜稳定性和膜流动性。

### 1.3 对血小板聚焦功能的影响

赵正杰等<sup>[13]</sup>对球囊损伤腹主动脉内膜(犬)进行大隐静脉内半导体激光(照射功率为2.5 mW)照射,每次30 min,每日1次,连续15 d。结果表明(犬)正常状况下血小板膜CD62P、CD41低表达或不表达;球囊损伤动脉内膜后,血小板膜CD62P、CD41的表达显著增加,低能量激光血管内照射,可显著抑制血小板膜CD62P、CD41的表达(血小板活化和聚集是通过膜黏附分子介导的,其中CD62P为血小板活化的相关标志,CD41为血小板聚集相关指标)。

卢大雷等<sup>[14]</sup>以血小板—颗粒膜蛋白为指标,观察ILLIT对血小板聚集率的影响,发现在弱(He-Ne)激光血管内照射过程中,血小板 $\alpha$ -颗粒膜蛋白、血浆 $\alpha$ -颗粒膜蛋白的动态变化曲线呈“L”形,说明照射前期激光对血小板活化的抑制作用明显,1周左右过到极限,接受治疗的患者 $\alpha$ -颗粒膜蛋白下降显著高于常规治疗组。

管艳敏等<sup>[15]</sup>研究表明,ILLIT还可以降低血栓A2、5羟色胺等的水平,提高前列环素的含量,从而抑制血小板聚集并调节血管功能。

这些结果表明,ILLIT通过抑制血小板的黏附聚集、释放生物活性物质而改善血流动力学状态。

### 2 血管内照射对白细胞黏附和聚集的影响

赵仁亮等<sup>[18]</sup>研究表明,急性脑梗死患者白细胞黏

附功能和血清细胞黏附分子-1浓度明显高于正常对照组。ILLIT治疗组治疗后5d及10d时白细胞黏附功能和血清细胞黏附分子-1浓度均明显降低,且明显低于同期常规药物治疗组。结果提示ILLIT治疗脑梗死可减少脑组织内白细胞的黏附、聚集、浸润,从而减轻白细胞对微循环的影响。ILLIT对白细胞黏附功能和细胞黏附分子-1发挥作用的机制,是直接作用于黏附分子及其受体,还是抑制了黏附分子的表达、抑或是通过作用于细胞因子而间接影响黏附分子的水平有待于进一步研究。

### 3 半导体激光对颈部血管照射的研究原理

综上所述,ILLIT对改善心脑血管疾病患者的血脂及血液流变学方面的疗效已比较肯定,但由于老式激光治疗方法在实际应用方面的限制,激光对血液方面的治疗和保健得不到广泛的普及应用。在研究中我们针对具体的激光治疗方法,对照射方法和激光设备进行了以下改进:

3.1 照射部位 在生理解剖方面,血液变化对人体血管伤害主要靶器官有心脏和脑组织,直接用激光对靶器官进行照射治疗有一定的困难,但在颈部的体表有两对(颈内动静脉、颈外动静脉)大血管对脑部供血,占脑部供需血量的90%以上,且经这两对大血管血流量占全身血流量的18%左右。这两对大血管在解剖中具有距体表较近,容易进行体外定位的特点,是我们理想体外激光照射点的生理途径。

3.2 照射方法 激光治疗是一个用时较长的治疗过程,为了保障治疗效果,保持治疗部位不变,需要对激光照射部位进行固定,我们在颈部血管照射选用了颈托的方法进行固定。固定方法是:将激光头固定在一个专用的颈托架上,将头颈部相对固定。固定托架相当于一个颈椎关节治疗架,在治疗架上留有可调激光头固定位置,在治疗前调整激光头的固定后,每次带好固定好的激光架就可以保障治疗精度和照射部位一致性。

3.3 频率可调节性 颈部动脉血管也是动脉血管病的常发部位,动脉斑块就常发于这个部位。为了更好的对颈部斑块进行治疗和对血流进行激光照射,我们将激光的输出进行了频率调制,调制频率从5 Hz~2000 Hz,频率涵盖了音频和部分超声波。在治疗中根据病人的情况进行选择性治疗,选用2000 Hz治疗时可以对颈部斑块进行有针对性治疗。

3.4 便携式设计 由于激光对血管的照射人群以中老年人为主,我们将治疗设备设计为便携式充电式激

光治疗机,治疗中可对治疗时间进行调整(1 min~45 min)、对输出频率进行调整(5 Hz~2000 Hz),还可以对激光输出组进行调节(1~3组)。由于采用单片机系统和采用电池供电的方法,减轻了设备重量。使用了颈托固定方法,在治疗中可完全不影响病人活动,提高病人的可接受性。

### 4 总结

采用颈部血管对血液进行半导体激光照射的方法,是我们正在探索的一种新的保健方法和治疗方法。从临床上讲有一定的治疗机理和肯定的疗效,随着人们对保健水平要求提高和人们对动脉粥样硬化疾病防治重心的前移,对血管病早期治疗和早期预防将成为今后研究的重点。

### 参考文献

- [1] 刘筑闻.关于“弱激光血管内照射疗法”的几个问题[J].激光生物学,1996,5(2):849-854.
- [2] Vasil'ev AP, Sekisova MA, StreL' tsova NN, et al. Laser correction of micro-circulation disorders in patients having CHD with hypercholesterinemia [J]. Klin Med (Mosk), 2005, 83(2): 33-37.
- [3] 向文海, 蒋建平.低能量氦氛激光血管内照射治疗高脂血症[J].湖北民族学院学报(医学版), 2005, 13(2): 84-86.
- [4] 王之光, 于雷, 戴恩盛, 等.低强度 He-Ne激光血管内照射影响糖尿病兔血液变性质的可能因素分析[J].激光生物学报, 2004, 13(2): 84-86.
- [5] 刘晓然, 陆建, 王亚伟, 等.弱激光照射改善红细胞聚集能力的分形研究[J].南京理工大学学报, 2000, 24(2): 185-195.
- [6] Siposan DG, 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.
- [7] 周凌云, 刘枢晓, 候靖边, 等.激光血管内照射改善血液流变学性质的机理分析及疗效测试[J].激光杂志, 1999, 20(6): 68-70.
- [8] 邓玲, 陈仕国, 马显光, 等. He-Ne激光血管内照射对健康兔血液流变学指标的影响[J].激光杂志, 2004, 25(2): 88.
- [9] Mi XQ, Chen JY, Zhou LW. Effect of low power laser irradiation on disconnecting the membrane-attached hemoglobin from erythrocyte membrane [J]. J Photochem Photobiol B, 2006, 83(2): 146-150.

# 传染病人负压隔离病床控制系统设计

孙秋明<sup>①</sup> 刘圣军<sup>①</sup> 田丰<sup>①</sup> 倪爱娟<sup>①</sup> 谢新武<sup>①</sup>

[文章编号] 1672-8270(2008)03-0004-03

[中图分类号] R181.9

[文献标识码] B

**[摘要]** 通过实验,采用系统辨识方法获得负压隔离病床开环传递函数模型。据此模型,设计PID控制器,进行Matlab数值仿真,并优化控制参数。采用PT201型差压变送器测量负压,设计相应信号处理电路,建立以C8051F330为核心的单片机系统,实现信号采集、PID运算、键盘输入、液晶显示、风机驱动等功能。最后进行试验,验证控制效果。

**[关键词]** 负压 传递函数模型 PID控制 传感器 单片机

**The design of the negative pressure isolation sickbed's controlling system/Sun Qiuming, Liu Shengjun, Tian feng, Ni Aijuan, Xie Xinwu//China Medical Equipment,2008,5(3):04-06**

**[Abstract]** Based on experiment and system identification, the open loop transfer function of the Negative Pressure Isolation Sickbed has been established. According to mathematic model, PID controller has been designed. Then simulation has been accomplished using Matlab and controlling parameters have been optimized. Negative pressure is measured by PT201 pressure sensor and signal processing circuits are designed. PID operation, keyboard input, LCD and fan driving are achieved by MCU. At last, controlling effect has been validated by experiments.

**[Key words]** Negative pressure, Transfer function, PID controlling, Sensor, MCU

**[First-author's address]** Institute of Medical Equipment, Academy of Military Medical Sciences, Tianjin 300161, China

①军事医学科学院卫生装备研究所 天津 300161

- [10] 刘晓然, 陆建, 王亚伟, 等. 弱激光照射改善红细胞变形[J]. 中国激光, 2002, 29(2): 189-191.
- [11] 许贞峰, 辛平, 金丽英, 等. 氦氖激光血管内照射对脑梗死患者红细胞变形性和Na<sup>+</sup>-k<sup>+</sup>-ATP酶的影响[J]. 中华理疗杂志, 1999, 22(3): 141-142.
- [12] Kassak P, Sikurova L, Kvasnicka P, et al. The response of Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase of human erythrocytes to green laser light treatment [J]. Physiol Res, 2006, 55(2): 189-194.
- [13] 赵正杰, 董为人, 陈勇, 等. 激光对血小板膜黏附分子表达的影响及其氧化氮机制[J]. 中华心血管病杂志, 2003, 31(2): 127.
- [14] 卢大雷, 任丽君, 卢洁, 等. 脑梗死患者血小板 $\alpha$ -颗粒膜蛋白在氦氖激光照射过程中的变化[J]. 中华理疗杂志, 2000, 23(4): 204-206.
- [15] 管艳敏, 卢瑛. 氦氖激光血管内照射对急性脑梗死患者神经功能缺损恢复的影响[J]. 中国临床康复, 2004, 8(13): 25-29.
- [16] 刘筑闻, 马宗廉, 李毅, 等. He-Ne激光血管内

照射对家兔纤维蛋白溶解功能影响的实验研究[J]. 中国激光医学杂志, 1997, 6(4): 213-216.

- [17] 夏绪刚, 郑华, 邢永前, 等. 氦氖激光血管内照射对急性脑血栓患者血浆GMP-140、MDA、SOD含量的影响及康复[J]. 中华物理医学与康复杂志, 1999, 21(3): 160-161.
- [18] 赵仁亮, 王春霞, 李文健, 等. 氦氖激光血管内照射对脑梗死患者白红细胞黏附功能的影响[J]. 中华理疗杂志, 2001, 24(1): 17-19.



## 作者简介

刘文, 男, 北京军区总医院医学工程科, 高级工程师。北京交通大学兼职教授, 主要从事医学生物工程研究和医疗设备的质量与安全工作。

收稿日期: 2008-01-06