

半导体激光在医疗中应用研究

马品仲¹, 马劲峰², 张金艳³

(¹中国科学院南京天文台,江苏 南京 210042; ²东南大学东大高信通信分公司,江苏 南京 210018;

³南京医科大学附属口腔医院,江苏 南京 210029)

摘要 介绍激光特点及其对生物组织的作用机理,叙述激光在治病机理上应用的新进展。重点评述激光在治疗心血管,高脂血症,高粘血症,高血压,变应性鼻炎和口腔疾病中的新研究。应用 GaAlAs 半导体激光,其波长为 650nm,低功率 5mW,照射时间 15 - 30 分钟,结合穴位血管外照射治疗,其在医疗上应用引人注目。

关键词 半导体激光; 治病机理; 血管外照射; 应用

The Application Research of Semiconductor Laser in Medical Fields

Ma Pinzhong¹, Ma Jingfeng², Zhang Jinyan³

(¹ Chinese Academy of Sciences Nanjing Astronomical, Nanjing, Jiangsu 210042, China; ² Southeast University Nanjing, Jiangsu, 210018, China; ³ Stomatological Hospital of Jiangsu Province, Nanjing, jiangsu 210029, China)

Abstract The characteristics of laser sources and mechanisms of interaction between laser and tissue were introduced. The new development of application of laser in curative mechanism was summarize specially in vein, hypermucomia, hyperlipemia, hypertension, allergic rhinitis and stomatological. The semiconductor laser (GaAlAs) wave length 650 nm, low-power 5 mW, irradiation time 15 - 30 min were used usually in our researches. The acupoints were used ordinarily extravascular irradiation, it has played more and more important part in clinical medicine.

Key words Semiconductor laser; curative mechanism; extravascular irradiation; application

1 概述

低强度激光作用于生物组织,不会造成生物组织损伤,对机体无任何伤害,没有残留。激光的光量子数量可在单位面积,单位时间和单位波长上高度集中,使激光的光功率密度比普通光所能达到的最高值还要高出 10 个以上数量级。因此,激光可使光生物作用大大提高,普通光无能为力的特异诊治,激光却能大显身手,良性刺激机体产生一系列光化反应和生物效应,可达到治疗和保健的目的。五十年代初,俄罗斯首先将 650 纳米的红色激光应用于医疗领域,俄罗斯航天员将激光能量导入仪带上太空作为平日保健的工具,全世界医学界为之震惊。近年来,欧,美,日等国科学家已把该技术转移到民间,作为保健,抗衰老,治疗“三高症”及心脑血管疾病。心脑血管疾病的病根就是动脉粥样硬化,而导致动脉粥样硬化的根本原因就是血液中胆固醇,甘油三酯及低密度脂蛋白的增多和血液粘稠

度增高。人体血液红细胞是靠自身血蛋白与进入细胞膜内的氧气相结合来实现携氧功能的。高粘血症,高脂血症的血红细胞被脂肪层和胆固醇包裹住,原本正常红细胞失去变形,携氧功能,影响氧气正常输送,从而导致人体器官及细胞缺氧。650 纳米红色光量子使血中溶浊脂肪层和胆固醇的酶体(如脂蛋白酶,胆固醇转换酶等)数量增加,从而剥去包裹在红细胞外面的脂肪层,提高红细胞携氧功能,恢复红细胞带电性,减少红细胞聚集,提高红细胞变形能力,降低血液粘度,加速血流,降低血脂,改善微循环,促进脑神经和心肌细胞功能恢复,可有效预防和治疗心脑血管疾病。人体组织主要由水,血红蛋白,黑色素组成,最新激光医学研究表明,人体对激光波长的吸收有选择性,650 纳米激光在血液中极易渗透,并产生能量效应和生物效应,因此被称为“人体血液的黄金波段”。当 650 纳米激光束垂直入射机体,大约有 1/10 的激光能量

透过皮肤,肌肉和血管壁,被血液吸收,激光激发的血液荧光主要在 600 - 670 纳米之间,而 630 - 650 纳米光谱处于峰值,由分子荧光发光机制不难得出:激发血液由基态至激发态,630 - 650 纳米激光最有效,治疗效果最好。由于低能量激光,不造成局部组织热损伤,约有 2 毫瓦激光能量被血液吸收,为损伤阈值的 1/50。激光照射属物理疗法,低强度激光没有副作用,体外注光,无创伤疼痛,最大限度减少药物不良影响。半导体激光治疗仪激光安全等级为 3A,对过敏性鼻炎,高脂血症,心脑血管供血不足,脑血栓等疗效奇特,有效率达 92% 以上,3 至 30 天内可立竿见影。而对顽固性失眠,心律失常,口腔疾病,支气管哮喘等有疗效。

目前已制成激光器的半导体材料有镓铝砷(GaAlAs)等。绝大多数半导体激光器的激励方式是电注入,即给 Pn 结加正向电压,以使在结平面区域产生受激发射,也就是说是个正向偏置的二极管,因此半导体激光器又称为半导体激光二极管,它具有效率高,体积小,重量轻,结构简单,能将电能直接转换为激光能,功率转换效率高(已达 10% 以上,最大可达 50%),便于直接调制,省电等优点,因此应用领域日益扩大。目前,固定波长半导体激光器的使用数量居所有激光器之首,在半导体激光器件中,目前比较成熟,性能较好,应用较广的是具有双异质结构的电注入式二极管激光器,650nm 红光半导体激光器大量进入应用,接着,波长 635nm,670nm 问世,由于它的波长范围宽,制作简单,成本低,易于大量生产,并且由于体积小,重量轻,寿命长,因此,品种发展快,应用范围广。半导体激光器最大缺点是:激光性能受温度影响大,光束的发散角较大(一般在几度到 20 度之间),所以在方向性,单色性和相干性等方面较差。

2 疾病的生理和病理过程

2.1 心脑血管类疾病

心脑血管类疾病是血液污染导致动脉粥样硬化,引起心脑血管的相应病变,包括:高血压,冠心病(心梗和心绞痛),脑缺血性病变(脑血栓形成,脑梗塞)及脑出血,形成原因:1)血管壁问题:物理因素和化学因素造成血管内膜损伤,如高血压,病毒,细菌及自由基对人体细胞攻击,使内膜变粗糙,凹凸不平,纤维断裂,失去弹性。2)血液污染:血脂升高,血粘加大,血小板在损伤处粘附,聚集导致血流速减慢,血中有形物沉积在血管壁上,使血管

腔变窄,管壁变厚,变硬变脆最后形成动脉粥样硬化斑块。

缺血性中风称“脑梗塞”,在所有中风中占 70% 至 80%,病理变化是在动脉硬化基础上,血管内形成血栓,或游离栓子阻塞血流,造成脑组织缺血,缺氧和坏死,使病人出现偏瘫,失语,脑梗塞可致命。

出血性脑中风又叫“脑溢血”,是脑血管破裂后,血液渗入脑实质引起的,发病快,病情急,一般较脑血栓,脑梗塞严重。原因是高血压,动脉硬化,脑血管畸形,先天性动脉瘤等。脑出血常在活动或情绪激动时发病,有跌倒,昏迷,偏瘫,呕吐,可致命,如在六小时内送医院进行积极治疗可取得较好效果。

心绞痛,心肌梗塞属冠心病即冠状动脉粥样硬化心脏病。冠状动脉是心肌供血的动脉血管,不粗但循环血量很大,每分钟约 250 - 300 毫升。冠状动脉硬化失去弹性,没有扩张能力,有动脉硬化斑块形成,就供血不足,心绞痛是冠状动脉供血不足。冠状动脉如阻塞 90% 以上,随时会发生心肌梗死,危及生命。

2.2 鼻炎疾病

鼻炎是指鼻腔粘膜和粘膜下组织的炎症。有过过敏性鼻炎,鼻窦炎,慢性单纯性鼻炎等,分为急性鼻炎和慢性鼻炎,原因是病菌入侵及免疫功能受损造成。过敏性鼻炎:某些细菌及其毒素,物理因素(如冷热变化),内分泌失调或体液酸碱平衡失调等。感冒后病毒感染,细菌感染导致的鼻粘膜炎症属于急性鼻炎,伴有发热,鼻腔粘膜红肿。急性鼻炎变为慢性鼻炎表现为鼻阻,通气差。另外还有干燥性鼻炎。

2.3 口腔疾病

牙周手术或洁牙时产生:根管填充后根尖组织反应等引起剧痛,急性根尖周炎,牙本质过敏,复发性口疮,颞颌关节功能紊乱,光固化树脂填充后的牙髓敏感,牙髓充血和牙龈炎,牙周炎,急性冠周炎,齿周膜手术后过敏反应等。拔牙和齿周手术前后激光照射 3 min 可减少出血和疼痛。

2.4 高血压病因

血液流变学方面的改变和异常,即血粘度升高,造成外周血管阻力过高。而血粘度主要决定于红细胞和血小板的聚集程度和血浆中纤维蛋白原的浓度。

2.5 糖尿病

由于机体内胰岛素绝对或相对分泌不足,导致机体多种物质代谢紊乱的综合症。糖尿病本身不可怕,可怕的是糖尿病引起致命的并发症,如心脑血管类疾病。糖尿病患者经常出现胆固醇和甘油三酯增高,红细胞膜总磷脂下降,同时红细胞变形指数出现明显异常,原因:糖代谢紊乱,葡萄糖渗透到细胞膜内,细胞内糖蛋白及糖基化血红蛋白 Hb1A1c 增高,细胞内粘度升高;代谢异常引起钠离子(Na^+),钙离子(Ca^{2+}),三磷酸腺苷(ATP)酶等活性下降,导致能量代谢与物质交换障碍。钠离子在细胞内聚集使过多的水进入细胞,红细胞因而变圆;钙离子过多积聚则使细胞内溶胶变为凝胶,红细胞变硬变厚。

3 半导体激光治病机理

3.1 活血

降低血粘度,改善肌体细胞血氧状况及微循环,提高红细胞变形能力,增加携氧量,改善心脑血管供血不足。650nm 光子可提高红细胞变形能力,降低红细胞及血小板聚集性,提高红细胞携氧能力,使红细胞原来负电荷量恢复正常,相互间排斥力加大,使原来聚集成团的红细胞分散开,从而起到降低血粘度的目的。血液中红细胞约占 95%,正常红细胞表面带负电荷,同性相斥,故红细胞分散处于血液当中。当血液中脂质增多,包裹在红细胞表面的脂肪层增厚,使红细胞表面负电荷减少,引起血细胞聚集,从而使血粘度升高,红细胞变形能力下降,机体微循环和供氧受到影响。用 650 纳米低强度激光照射鼻腔,激光穿透毛细血管被血液中的氧合血红蛋白和还原血红蛋白分别强烈地吸收,光子被血液分子吸收并转化为分子内能,可产生一系列有益的光化生物共振效应,迅速激活细胞内能与活力,剥落包裹在红细胞表面的脂肪层,使血细胞恢复带电性能,打散粘合在一起的红血细胞簇,保持红血细胞离散性,降低血粘度,红细胞及血小板聚集性,激活纤维蛋白溶解系统,使血浆纤维蛋白原水平明显下降,提高内源性肝素水平,使血小板凝集性降低,血液粘稠度降低,血液处于低凝状态,血流速度提高,使红细胞与氧更好结合,发挥其携氧和输送氧气功能,使人体全身供血改善,特别是末端微循环改善,可预防和治疗缺血性心脑血管疾病。

3.2 净血

降低血脂:650nm 光子可激活血液中多种酶

体,使氧化还原反应和物质代谢加强,并消融分解血液中多余脂肪,提高血氧含量,减少并清除血管内胆固醇,降低血脂。激光使血液中蛋白质(酶和其它功能蛋白质)分子构象改变,通过换能性光化学作用使机体产生一系列生物效应。血液中脂质增多时,红细胞表面类脂层增厚,造成红细胞积聚程度增加和红细胞变形能力及携氧能力减低。激光激活血液中机体歧化酶(与血脂有关的酶有脂蛋白酶,卵磷脂胆固醇转移酶等),有助于消融,分解血液中过多脂类物质,溶脱红细胞表面类脂层,溶解粘附在血管内壁上的胆固醇结晶,加速杂质清除,迅速改善血脂代谢异常,避免血脂对内脏器管损害。激活提高体内溶脂酶和超氧化物歧化酶活性,溶解包裹在红细胞周围类脂层,使其脱落,抑制血小板纤维蛋白聚集,恢复红细胞负电荷,提高红细胞运送养料,氧气的功能。照射后血液中超氧化物歧化酶升高,丙二醛下降,谷胱甘肽过氧化物酶升高,避免氧化物对组织细胞的毒害和损伤。

3.3 激光可激活 SOD

增加红细胞 SOD(超氧化物歧化酶)含量,SOD 能清除血液中自由基和垃圾,净化血液,从而避免脂质过氧化作用的损伤,延缓衰老。激光有效纠正脂代谢异常,维持体内脂代谢平衡水平。使细胞膜,胆固醇/磷脂比例正常化,提高脂稳定性和膜流动性。同时抗自由基-脂质过氧化损伤,加速自由基的清除,使血液血细胞成分年轻化。在缺氧性疾病时,人体会产生大量自由基,除加重脑血管病外,还可损害蛋白质和酶,损害核酸物质和细胞膜,诱发肿瘤炎症,衰老和自身免疫性疾病;人体内存在超氧化物歧化酶(SOD 体内清除自由基的一种酶),使超氧化物阴离子自由基发生歧化反应,保护细胞,减少对细胞组织损伤。降低血液中血栓形成物含量;改善机体中毒状态,保护机体免受自由基及其它毒性物质损害;迅速清除血液中毒素 PAF(自由基),分解,消除动脉硬化斑块和血栓,使净化血液流向各组织器官。

3.4 激光照射鼻腔可直接照射到颅底,所有颅神经和入颅动静脉穿经颅底。这里血管丰富,人体内血液每三分钟会循环流过这里一次,这里皮层最浅,毛孔丰富,易于注光,照射效果没有衰减。鼻腔附近穴神经密布,鼻腔内植物神经和毛细血管丰富,激光刺激鼻腔内交感神经和副交感神经,使鼻粘膜血管收缩,扩张,鼻粘膜血液有 60%流经动静脉,从而反射性地引起颅内血液循环和全身血液循环。激光照

射鼻腔,刺激脑部神经血管,激活脑神经元 90% 处于睡眠状态的“睡眠神经元”,使脑部血流灌注增加,提高脑细胞功能,激活脑细胞,彻底改善脑部微循环,通窍醒脑。经激光治疗仪治疗半个月,即可使顽固性失眠症状明显好转。激光通过光学透镜,直接照射于鼻腔敏感区,引起血管扩张,流血加快,使细胞和酶动力加强,物质代谢旺盛。局部组织营养改善,有促进炎症吸收代谢及调节精神反射作用。增强抗病能力,起到消除鼻粘膜水肿,减少渗出,治愈鼻炎的效果。鼻腔照射有无创伤,无痛苦,无交叉感染优点。

3.5 650nm 的激光和人体卟啉类物质的光谱是一样的,卟啉类主要功能就是合成血红素,增强血液携氧能力。随着血液携氧能力提高,人体组织缺血缺氧状况改善,恢复心脑血管健康。从事脑力劳动者,每日要消耗大量三磷酸腺苷(ATP),这种能量必须有氧和葡萄糖参与。激光提高红细胞携氧和释放能力,从而保证大脑有充足能量来源达到健脑增记。激光使血液中氧含量增加,氧有助于脂类物质氧化,变成脂肪酸或在肝脏内生成酮体再供其他组织利用。光子能量可补充红细胞生物能量,剥离红细胞表面脂肪层,避免细胞粘连,加大血细胞携氧能力。血细胞直径多为 5-7 微米,而毛细血管直径仅为 3-5 微米,血粘稠病态红细胞携氧变形能力下降,无法顺利通过毛细血管,极易形成血栓,并供血不足,能导致多种疾病。

3.6 提高机体内的免疫(包括体液免疫和细胞免疫)状态

650nm 激光照射可促使机体物质代谢和能量代谢,利于受损组织修复和再生,全面改善微循环。激活白细胞,提高其吞噬活性和趋化性,因而具有提高机体内免疫状态的作用。能调整红血细胞比积,刺激新生细胞增多,从而使血液年轻化,增加免疫力。

3.7 改善机体中毒状态

激光照射能降低中分子物质(MMS),由于液体中分子吸收激光光子,使分子处于激发状态,提高分子能量,使中分子物质裂解或聚合,从而降低血液的中分子含量。尿毒症是由血中尿素,肌酐,尿酸等中分子有机物质引起。所以清除中分子,使血液净化,便成为治疗疾病手段之一。

3.8 防止血栓形成

650nm 光子能降低缩血管活性物质,提高舒血管活性物质,降低血液中形成血栓物含量,有利

于防止脑梗塞,心肌梗塞,冠心病等。激光加快血液流速,减少血小板粘着,降低血小板聚集。血小板聚集是血管内膜受损,血小板附着于血管内膜,称血小板粘着,多个粘着相互粘连,形成血小板聚集。激光照射能保护血管内皮细胞,软化血管,增强或恢复血管弹性,减少低密度脂蛋白,纠正酸血症,增加免疫力,全面增加血液有益因子。激光照射血液后,迅速有效纠正脂代谢异常,维持体内脂代谢平衡,使细胞膜,胆固醇/磷脂比例正常,提高脂稳定性和膜流动性,同时抗自由基-脂质过氧化损伤,加速自由基清除,减轻对血管壁损伤,通过血粘度降低,减少脂质及血小板沉积,从而改善动脉硬化,降低血压。

其治病机理归纳如下:

- 1) 增强细胞代谢功能及多种酶(如脂质代谢酶类)的功能;
- 2) 加强线粒体产生能量(ATP)的功能;
- 3) 减少红细胞聚集,改善血液微循环,改善红细胞携氧功能;
- 4) 降低胆固醇水平,改善血粘度;
- 5) 改善细胞活性,维护血管内皮细胞的功能和完整性;
- 6) 强的抗氧自由基的产生以及脂质过氧化过程;
- 7) 刺激特异性及非特异性免疫功能,加强机体抵抗力;
- 8) 增加抗体水平的合成(尤其 IgA 水平升高)。
- 9) 减轻组织对创伤的过度反应,减轻受创伤细胞退化及变性,促进创伤愈合;促进心肌损伤后血管的再生;
- 10) 减少炎性介质的合成,使前列腺素合成水平正常化;抗炎,抗水肿以及镇痛作用;
- 11) 降低心肌梗塞后瘢痕形成的严重程度及坏死的面积(50-70%);并降低心肌梗塞后死亡率;

4 半导体激光治疗仪

4.1 主要性能及指标

激光媒介 GaAlAs 半导体 激光波长 发红光
 $\lambda = 650\text{nm}$
终端激光输出功率 5mW 定时范围 每档 15 分钟,时间到发出提示信号
工作电压 5v,有可充电锂电池 3 节 环境温度
5 - 40 相对湿度 80 %
用波长为 650nm 的低强度 5mW 红色激光照射

鼻腔:正确安装导光鼻塞,启动开关,有激光导出后,将之轻插至鼻腔即可,每侧鼻腔照射15分钟,一次治疗时间为30分钟,每天治疗1-2次。治疗仪用微电脑控制,自动定时,体积小,随身携带,配有专用导光鼻塞,使用安全,操作简便。血液循环周期大约6分钟左右,30分钟照射,可使血液被激光治疗仪治疗5次左右。如果治疗时间长于30分钟并不会危害,但是请不要超过时间过长,以免造成红细胞处于疲劳状态。治疗仪治疗时间短于30分钟并不会起不到作用,只是治疗功效达不到预期效果。激光治疗仪治疗30分钟后,经过显微镜下血液粘稠度的检测发现:治疗后与治疗前明显改善。激光管在使用较长时间后是有一定衰减,但其寿命在数万个小时以上,不会影响到治疗效果。激光波长有少量偏移,但其波长仍在630-670纳米之间,不影响治疗效果。故可长期佩戴应用,不需定时检测。单色红光是冷激光,它的温度是恒定的,并且温度升高不超过0.5-1。

4.2 疾病治疗应用

4.2.1 心脑血管疾病治疗机理

激光光子能够刺激吞噬细胞使其能力增加,加快脂蛋白降解,降低外周阻力,改善血液循环,能迅速缓解周身症状,提高活动耐力。提高红细胞变形能力,降低血液粘度,加速血流,降低血脂,改善微循环,改善动脉粥样硬化,增加动脉血管弹性,预防血栓形成,促进脑神经和心肌细胞功能恢复,可有效预防和治疗心脑血管疾病。降低血粘和血脂,降低红细胞聚集度和提高红细胞变形能力,恢复红细胞活力,提高红细胞携氧能力,增加血氧含量,改善缺血缺氧状态;改善血液循环,改善微循环,使血液正常流动起来,增加组织血液灌注量,使人体各部位得到充分养料和氧气,改善心脑血管供血不足症状;

减少缩血管活性物质,增加舒血管活性物质,减少血液中形成致栓物质含量,防止血栓发生。对头晕,头痛,胸闷,气短,语滞,健忘,嗜睡,乏力等心脑血管疾病症状有明显改善。

4.2.2 鼻炎治疗机理

激光直接照射鼻腔粘膜及敏感区,引起血管扩张,流血加快,使酶和蛋白分子构象发生改变而产生换能性生物效应,使细胞和酶动力加强,物质代谢旺盛,局部组织营养改善,有促进炎症吸收代谢及调节精神反射作用。从而增强抗病能力,起到消除鼻粘膜水肿,减少渗出。通过刺激鼻腔内交感神

经和副交感神经,增强鼻粘膜血管收缩扩张弹性。并在直接杀灭鼻腔表层病菌的同时,剥离红细胞表面包裹层,使细胞带负电荷数量恢复正常,相互排斥力加大,把原来聚集成团的红细胞分散开。促进鼻腔血系携氧能力,增强鼻腔自身杀菌免疫机能,快速修复受损鼻粘膜,治愈鼻炎。中医认为变应性鼻炎因肺气虚寒,气不通畅,以至鼻涕常流,鼻痒,多喷嚏。照射迎香穴鼻痛穴起到温肺散寒达到治疗目的。

4.2.3 口腔疾病治疗机理

主要产生刺激调理作用,消炎止痛,抗感染,改善血液循环,增强机体免疫功能。改善微循环系统,抑制平滑肌紧张,增加毛细血管血流量,减少血小板凝聚,减少血液中缓冲物质聚集,减少血脂氧合作用产物,稳定红细胞损伤指数,增强抗凝血酶活性系数,增加组织渗透性,减少水肿和血肿,细胞中线粒体产生更多ADP和增加细胞内能ATP(三磷酸腺苷)含量,增强细胞膜Ca和Na泵作用,对神经元增加破碎和完好的神经的运动电位,增加了供血量和神经轴突数,抑制创伤组织,增加神经膜渗透性,增加了RNA和DNA产量,产生单分子氧,对细胞再生起重要作用,恢复由神经损伤造成的病理学退化,增强血细胞杀菌作用,消炎止痛,基本上杜绝感染,促进渗出物的吸收,加快伤口的愈合

4.2.4 高血脂症治病机理

激活血液中多种酶体,消融分解过多脂肪,减少清除血管内的胆固醇;促使血液中溶蚀脂肪层和胆固醇的酶体数量增加,剥除包在红细胞外面的脂肪层,有效恢复红细胞通气能力,提高血氧含量;加速自由基清除干扰脂质过氧化的代谢过程,避免高血脂导致的脏器损伤。

4.2.5 高血压治疗机理

650nm光子改变血红细胞和血小板聚集性,促进血浆中纤维蛋白溶解,使血粘度降低,外周阻力减少。降低血中脂类物质含量,对改善血管壁弹性和降低血粘度有明显作用,使血压恢复正常。光子降低外周阻力,减轻心脏负荷起到平稳血压作用。通过对血管内壁杂质的消融,清除,使血管内壁恢复原有空间,使血液畅通,血液对血管壁压力减少,改善血压,维持血压正常值。激光改善动脉硬化,改善血粘度,减低血流阻力,使血压降低。由于血液循环和细胞活性的改善,神经,内分泌系统功能自身调节能力增强,有利于血压的改善和血

压自身调节功能。降低血粘度,改善红细胞和血小板的聚集程度,减小外周阻力,减轻心脏负荷,起到平稳血压作用;降低血脂,改善血管壁的弹性使血压恢复正常。

4.2.6 糖尿病治疗机理

提高血氧含量,提高与糖代谢有关酶类的活力,调节胰岛素分泌,使糖尿病微循环功能得到明显改善。降低血粘度,改善血液循环,提高血氧含量,改善糖尿病人的症状,降低糖尿病并发症;提高糖代谢相关酶的活性,裂解葡萄糖调节胰岛素分泌,

有利于糖的分解,运转和利用逐步纠正糖代谢的紊乱。

参考文献

- [1] 成侃等,低功率半导体激光在康复与治疗中的应用,应用激光,2006年01期
- [2] 苏华等,半导体激光器在医疗上的应用及其前景展望,应用激光,2006年02期
- [3] 乔渝珍等,低能量激光鼻腔照射疗法的临床应用研究,应用激光,2004年01期

www.cnki.net