

鲜红斑痣光谱测定系统与临床实验

赵友全¹, 王亚利¹, 范世福¹, 张丽², 顾瑛²

1. 天津大学生物医学工程与科学仪器系, 天津 300072

2. 解放军总医院激光医学科, 北京 100853

摘要 对进行激光治疗的鲜红斑痣患者的皮肤进行光谱定量分析, 有利于正确分析患者病变皮肤的光学特性、调整手术设备的工作参数和提高激光治疗的效果。基于对鲜红斑痣形成机理分析及激光临床治疗过程观察, 文章建立了一套自动数据采集和分析的光谱系统, 可以用于测定鲜红斑痣皮肤微区在 380~780 nm 范围内的光谱, 光谱分辨率为 1 nm。实验可测定不同年龄、不同色素痣的光谱曲线, 分析并讨论了影响系统工作的原因和解决方法。

关键词 鲜红斑痣; 光谱; 激光治疗; 皮肤微区

中图分类号: Q31 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-0593(2007)06-1239-04

引言

鲜红斑痣是一种由于先天性血管畸形而形成的皮肤病, 它多发于面部和颈部。鲜红斑痣患者由于面部的缺陷, 经受着生理和心理方面的双重痛苦。临床中, 整形外科曾采用过手术切除缝合的技术, 这种方法可以治疗较小面积的鲜红斑痣, 如果鲜红斑痣的面积较大, 则需要进行植皮或者应用皮瓣修复的方法, 但是无论是手术切除缝合, 还是植皮或者皮瓣修复, 都很容易留下难看的瘢痕^[1]。同位素和 X 射线也曾应用到鲜红斑痣的治疗中。鲜红斑痣的激光治疗技术迅速发展, 目前, 通过对各种激光临床治疗效果的比较, 波长为 532 nm 的绿色倍频 Nd: YAG 激光显示了它在治疗鲜红斑痣方面有良好前景, 应用光动力疗法(PDT)来进行鲜红斑痣的治疗, 这种激光对鲜红斑痣的治愈率达 75% 以上, 有效率超过了 95%^[2]。

利用激光治疗鲜红斑痣, 患者痛苦少, 疗效明显, 已经应用于大量的临床治疗中。但是由于大部分患者的毛细血管扩张严重, 病损的毛细血管在皮下呈立体分布, 一次治疗无法祛除所有病变的毛细血管, 而且在治疗后, 少数毛细血管会发生再通的现象, 所以鲜红斑痣一般需要进行多次(大约 2~7 次)治疗。在每次治疗前和治疗后都需要记录患者皮肤特性的信息, 据此判断毛细血管损伤恢复的程度。目前, 临床采用直接拍照的方法来记录治疗过程中患者皮肤特性的信息, 这种方法操作起来非常方便; 但在拍照的过程中, 获得

的皮肤图像质量受到很多外界因素(包括摄影器材的性能、照明环境、拍摄角度和脸部弧度等)的影响, 这些因素使获得的皮肤图像失真, 不能给医生的分析提供可靠的信息; 而且基于对图像观察的分析结果, 还不可避免地受到了医生主观因素(医生的情绪、精神状态和经验等)的影响。而且这种主观经验分析无法形成一个精细的定量描述, 只能比较粗略地划分治疗的有效率: 如皮损消退达到 95% 以上为痊愈; 皮损消退在 60% 到 95% 之间为显效^[3]。本文提出的光谱测定和分析的方法, 不仅可以在治疗前和治疗后对患者皮肤进行定量的光谱测定, 而且系统结构非常简单、操作方便, 测定数据和患者资料可以方便地保存、查阅、对照和分析, 这可以为医生针对患者制定治疗方案、调整手术激光参数和评测手术效果提供客观依据。

1 鲜红斑痣光谱测定方法和系统

临床拍摄的彩色照片色彩丰富, 层次清晰, 但受照明条件、医患情绪等多个客观因素影响, 不能定量描述鲜红斑痣的病变情况。目前, 基于正交偏振漫反射成像系统的皮肤图像分析方法日益得到重视^[4], 这种方法用来测定鲜红斑痣患者皮肤中红斑和黑色素共同作用形成的微区图像, 可以较好地消除接触测定和点测定应用的限制。但是, 基于图像分析的结果, 不能充分反映微区的光谱分布, 如血红细胞和黑色素细胞等都对特定波长的光具有较强的吸收。在此提出的病变微区光谱测定系统, 是由一个手持光纤探头、Y 形光纤、

收稿日期: 2005-12-20, 修订日期: 2006-04-20

基金项目: 天津市科技攻关培育项目(043100711)和天津大学青年教师基金项目资助

作者简介: 赵友全, 1970 年生, 天津大学精密仪器与光电子学院博士 e-mail: zhaoyouquan@tju.edu.cn

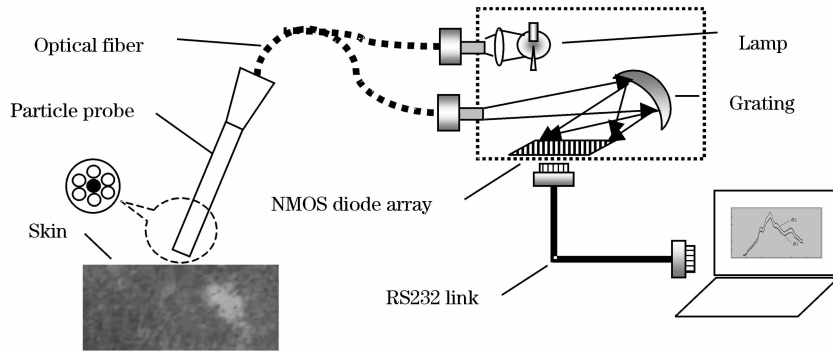


Fig. 1 Diagram of spectral analysis system of port wine stain

凹面光栅色散分光系统和信号采集与分析系统组成^[5], 系统结构如图 1 所示。

其中光纤光源和色散分光部分集成在一起, 组成光谱分析体系的主体。Y 形光纤探头内部由 7 根 $400\ \mu\text{m}$ 的石英光纤组成, 其中中心光纤为接收光纤, 周围光纤为照明光纤。光源为美国 Ocean 公司提供的微型钨灯光源, 经滤色后光谱范围为 $380\sim 780\ \text{nm}$, 系统工作时光谱扫描波长的准确度小于 $1.0\ \text{nm}$, 重复性为 $0.1\ \text{nm}$ 。当手执探头位于距离皮肤表面 $3\ \text{mm}$ 的地方, 照明光斑直径约为 $3\ \text{mm}$ 。入射到病变色素皮肤的光子, 一部分被色素团所吸收, 一部分将在皮肤上产生漫反射, 一部分经过多次组织内散射成为后向散射光, 位于探头中心的光纤负责接收一部分漫射和后向散射的光子, 然后进入凹面光栅色散系统, 光谱展开后被 NMOS 光电二极管阵列接收。整个系统中包括光源开关、探测器积分时间控制和光谱曲线获取与分析都是在单片微机和上位计算机的自动控制下完成的, 系统结构简单、操作方便, 加上软件功能的不断增强, 可以可靠地完成微区皮肤光谱的测定和分析。

光学系统是鲜红斑痣光谱测定与分析系统中最重要的一部分, 它所获得的皮肤信息的质量, 直接影响到后续处理与分析结果的准确程度。本文设计中的手执光纤探头, 体积小且不怕弯曲, 具有较好的灵活性, 可以方便地测定患者面部、颈部和四肢等任何部位的皮肤。

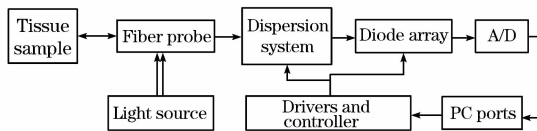


Fig. 2 Electrical schema of the spectral analytical system

鲜红斑痣光谱测定与分析系统的电气系统由电源、光电转换元件、放大电路和接口电路等部分组成, 如图 2 所示。色散系统展开的光谱分布信号, 经由光电转换元件 NMOS 二极管阵列接收, 并被转换成电信号, 然后经过放大电路放大处理, 送给 A/D 转换器, 系统各部分的驱动、A/D 转换器时序控制和信号输出都是在单片微机的控制下自动完成的, 实测时, 只需 PC 机发送开启光源、系统工作参数设置、启动光谱采集和获取光谱数据的指令即可。微机系统收到实测数

据后, 对数据进行分析处理, 绘制患者皮肤的反射光谱图, 显示结果, 并将原始数据和分析的结果存储起来。

2 实验测定

实验中进行皮肤光谱测定的患者根据性别不同, 年龄不同; 他们的治疗方法和过程也不同, 其中一部分患者未接受过激光治疗, 一部分接受了若干次治疗。在皮肤光谱测定之前, 对测定的目标部位用酒精擦拭, 并使患者情绪保持安静。在检测过程中, 选择病患部位的上、中、下三点(个别患者选择了上、下两点)及对称位置正常皮肤的对照点进行测定。

实验一: 患者为女性, 4 岁; 病患部位位于右额角, 面积比较小; 在进行本次激光治疗之前, 患者已经做过若干次激光治疗, 并取得了比较显著的疗效。患者病患部位皮肤与正常部位皮肤的颜色比较接近。鉴于患者鲜红斑痣的面积比较小, 本次检测选取色素沉着部位皮肤及对侧对称部位正常皮肤各两个位点 $P1'$, $P2'$, $P1$, $P2$ 进行测定, 测定光谱曲线如图 3 所示。

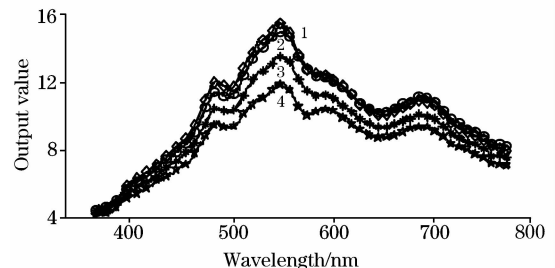


Fig. 3 Spectrum diagram of four spots on patient skin

1: $P2$; 2: $P1$; 3: $P1'$; $P2'$

从图 3 可以看出, 不同部位皮肤的光谱曲线是不完全重合的, 它们之间存在着一定的差异, 但是, 正常皮肤($P1$, $P2$)的光谱分布曲线非常接近。鲜红斑痣病变区皮肤($P1'$, $P2'$)的光谱曲线与正常皮肤对照, 无论是数值上还是波形都有较大的差异, 而且 $P2'$ 位点差异较 $P1'$ 为大。可以发现病变部位这两个点光谱曲线的波形, 已经比较接近正常皮肤的光谱曲线。可以认为患者通过以前的几次激光治疗, 取得了比

较不错的疗效(患者家长对治疗的结果比较满意)。在后续的治疗中,可以酌情降低激光光束的能量密度,减少治疗的时间。

实验 2: 患者为男性, 10 岁; 病患部位位于左额角, 面积比较大; 患者的本次治疗是首次采用激光治疗的方法, 在此之前, 曾使用过其它方法进行治疗, 但未能取得明显的疗效, 病患部位皮肤的损伤比较严重, 用肉眼可以很容易地区分病患部位皮肤和正常皮肤。患者病患部位皮肤的面积比较大, 因此在本次检测中, 选取了病患部位的三个点及对称位置正常皮肤的三个对照点进行测定。

本次激光治疗之前, 测定患者正常皮肤上三个对照点和病患部位皮肤上三个点的光谱曲线图。发现正常皮肤上三个点的光谱曲线几乎完全重合, 病患部位皮肤上三个点的光谱曲线也几乎完全重合, 这说明患者皮肤色泽较均匀, 光谱测定结果与观察结果一致。病患部位皮肤的这个特性给激光治疗带来了方便: 可以使用强度相同的激光对各部分皮肤进行均匀照射治疗, 各部分皮肤比较容易取得接近的疗效, 可以一次性大面积治疗。图 4 为患者测点 2 处皮肤微区的光谱测定结果, 可以看到患者的正常皮肤与病变部位皮肤的光谱曲线存在很大的差异, 无论是强度数值还是光谱分布曲线都有很大的差别。测定的光谱曲线图从客观的角度反应了患者病患部位皮肤的病损程度比较深, 这与用肉眼观察到的结果完全一致。根据光谱曲线图提供的信息, 医生在治疗过程中可以考虑增强激光光束的能量密度、增加光斑的重合面积、延长治疗的时间, 以提高治疗的疗效。对照治疗前后微区光谱曲线发现, 二者发生了很大的变化, 特别是在 500 到 600 nm 波长范围内有比较显著的变化, 这表明点 2 处的病患部位皮肤经过激光治疗后, 病变区有了比较好的改善。

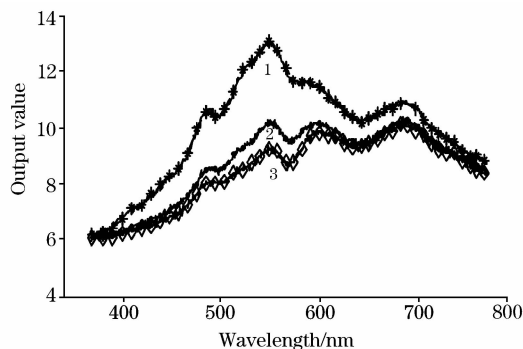


Fig. 4 Spectral distribution of a given spots comparing with normal skin

1: Ormal; 2: After; 3: Before

3 讨论

由于皮肤光谱测定很容易受到一些因素的影响, 因此在对鲜红斑痣进行光谱测定与分析的过程中, 应该比较全面地考虑这些影响因素。

人体不同部位的皮肤颜色不同; 皮肤发生病变时, 由于病患部位各部分皮肤损伤程度不同, 颜色也存在差异^[6]。本文设计中使用的光纤探头直径比较小, 一次测定获得的是面积很小的一部分皮肤的信息, 可以看作每次获得的是皮肤上一个点的信息。从小面积的皮肤上获得信息, 可以使测定与分析做得更精细, 得到的结论更准确。但是, 这也给测定带来了一个问题, 就是要保证在治疗前、治疗后, 测定的两个点为同一个点, 这样测定的信息才能用来进行比较分析。在这种情况下, 仅靠医生凭借个人的专业技能对每个点都进行准确定位与记录就显得不现实, 做到每个测定点都严格的对应比较困难。因此, 对测定点的定位与记录系统的设计非常必要。

其次, 在对鲜红斑痣患者皮肤进行光谱测定的过程中, 要尽量保持患者姿势的一致性。由于每次检测都需要测定多个点, 检测过程的时间比较长, 要保证在整个过程中患者的姿势保持不变比较困难, 尤其是一些年龄比较小的患者, 在检测过程中更不容易保证不动。解决这个问题一个方法是提高系统的测定速度, 减少检测的时间。另外, 还可以设计一些保持患者姿势的固定设备。例如, 可以做一个固定头和下巴的支架, 以适应不同患者的需要。

影响鲜红斑痣光谱测定的因素还很多^[7], 在进行测定时应尽量减少它们的干扰。这就有必要对测定方法规范化, 例如, 室内温度控制在 25 °C 左右, 在测定前, 清洗欲测定部位的皮肤并暴露一段时间, 使皮肤的温度与室内温度达到平衡等。总之, 在每次测定时, 应该将这些影响因素控制在同一水平。实际测定时, 我们是对同一部位的皮肤进行测定时, 每次取测得的结果是多次测量的平均值, 这也能减少上述因素对测定结果的影响。

4 结论

本文工作完成的鲜红斑痣光谱测定与分析系统, 可以测定 380~780 nm 光谱范围内皮肤微区光谱分布, 它为激光治疗临床提供一个光谱量化分析的手段和客观数据。实现对于色素沉着皮肤的量化检测而不是目测, 是一种更为严谨和科学的工作方法和工作态度, 不仅有利于临床诊断和过程科学化, 手术结果数据化, 而且也有助于增进医患之间沟通。

参 考 文 献

- [1] LI Wei, LI Ming-shan, GUO Guang-zhao, et al(李 伟, 李明山, 郭光照, 等). Chinese Journal of Plastic Surgery(中华整形外科杂志), 2002, 18(2): 111.
- [2] YUE Xue-zuang, ZHU Wen-yuan. J. Clin. Dermatol., 2003, 32(9): 554.
- [3] Haeghen Y V, Philips Wilfried, et al. IEEE Trans. on Medical Imaging, 2000, 19(7): 755.
- [4] Jung Byungjo, Choi Bernard, Durdin Anthony J. Laser in Surgery and Medicine, 2004, 34: 174.
- [5] ZHENG Yong-mei, LIANG Lu-guang, ZHANG Tie-qiang(郑咏梅, 梁路光, 张铁强). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(1): 25.
- [6] Haeghen Y V, Philips Wilfried, Lemahieu Ignace, et al. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2000, 19(7): 755.
- [7] Shriver Mark D, Parra Esteban J. American Journal of Physical Anthropology, 2000, 112: 17.

Spectral Measurement System and Laser Therapy Experiments for Port Wine Stains

ZHAO You-quan¹, WANG Ya-li¹, FAN Shi-fu¹, ZHANG Li², GU Ying²

1. Department of Biomedical Engineering and Scientific Instrument, Tianjin University, Tianjin 300072, China

2. Department of Laser Medicine, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Abstract To measure and analyze the spectrum of a small skin region for laser therapy of port wine stain is very useful for clinical doctor to understand the optical characters of patient's pigmented skin, to adjust the output parameters of lasers and then to improve the therapy effects. Based on the analysis of the forming mechanism of port wine stains and clinical operation of the disease, the present paper presents an automatic spectral measurement and analysis system for port wine stain therapy. It can accomplish the spectral detection in the range from 380 to 780 nm, with a spectral resolution of 1 nm. Experiments were performed for patients with various age and pigment diseases; finally, some influencing factors and relevant solutions are enumerated and discussed.

Keywords Port wine stain; Spectral measurement; Laser therapy; Small skin region

(Received Dec. 20, 2005; accepted Apr. 20, 2006)