

高光谱技术在皮肤病精准检测领域的应用

陈威¹ 王国燕¹ 陈柯君² 崔勇²

1 皃高森德医疗器械(北京)有限责任公司 2 中日友好医院

DOI:10.12238/ffcr.v3i1.12601

[摘要] 高光谱技术,作为光学检测领域的前沿科技,正逐步革新皮肤病的精准检测方式。这项技术通过捕捉并分析皮肤在不同波段下的光谱特征,揭示了皮肤组织深层次的物理、化学信息,为皮肤病的早期诊断、病情评估及治疗监测提供了强有力的支持。其高灵敏度、高分辨率的特点,使得皮肤病变的细微差异无所遁形,极大地提升了诊断的准确性和效率。随着技术的不断成熟与应用的深入拓展,高光谱技术正引领皮肤病检测迈向更加精准、高效的新时代,为守护人类皮肤健康贡献力量。

[关键词] 高光谱技术; 皮肤病; 精准检测; 应用

中图分类号: R751 **文献标识码:** A

Application of hyperspectral technology in the field of accurate detection of dermatosis

Wei Chen¹ Guoyan Wang¹ Kejun Chen² Yong Cui²

1 Aigao Advanced Medical Equipment (Beijing) Co., Ltd 2 China-Japan Friendship Hospital

[Abstract] Hyperspectral technology, as a cutting-edge technology in the field of optical detection, is gradually revolutionizing the accurate detection of skin diseases. By capturing and analyzing the spectral characteristics of the skin in different bands, this technology reveals the deep physical and chemical information of the skin tissue, which provides a strong support for the early diagnosis, disease assessment and treatment monitoring of skin diseases. Its characteristics of high sensitivity and high resolution make the subtle differences of skin lesions invisible, which greatly improves the accuracy and efficiency of diagnosis. With the continuous maturity of technology and the in-depth expansion of application, hyperspectral technology is leading dermatology detection to a new era of more accurate and efficient, and contributing to the protection of human skin health.

[Key words] hyperspectral technology; Dermatitis; Accurate detection; Apply

引言

近年来,国家层面出台了一系列政策支持医疗装备产业的发展,特别是《“十四五”医疗装备产业发展规划》中明确提到要发展包括激光在内的先进治疗装备,推动医疗装备的精准化、智能化发展。在此背景下,高光谱技术以其独特的光谱分析能力,成为皮肤病精准检测的重要工具。通过捕捉皮肤组织在不同波段下的光谱特征,高光谱技术为皮肤病的早期诊断、病情评估及治疗监测提供了科学依据,展现了其在医疗领域的巨大应用潜力。

1 高光谱技术在皮肤病精准检测领域的应用意义

1.1 提升皮肤病诊断的精确性

高光谱成像技术以其高光谱分辨率和高空间分辨率的特点,可以捕捉到皮肤组织在不同波长下的光谱信息,从而揭示皮肤组织的各种物理和化学特性。这些特性包括但不限于皮肤的水分含量、油脂分布、黑色素含量、血红蛋白浓度等,它们都是评估皮肤健康状态的重要指标。通过高光谱成像技术,医生可以获

取到皮肤组织的详细光谱信息,进而对皮肤病变进行精确诊断。相比传统的皮肤病诊断方法,高光谱成像技术具有更高的灵敏度和准确性,可以更早的发现皮肤病变,为患者争取到宝贵的治疗时间。

1.2 促进皮肤病研究的深入发展

高光谱成像技术为皮肤病研究提供了全新的视角和工具。通过对皮肤组织的光谱信息进行分析,研究人员可以深入了解皮肤病变的发病机制、病理变化以及不同治疗手段对皮肤组织的影响。这有助于研究人员开发出更为有效的治疗方法,提高皮肤病的治疗效果。同时,高光谱成像技术还可以用于皮肤病的分类和分型,为制定个性化的治疗方案提供科学依据。此外,高光谱成像技术还可以用于监测皮肤病的进展和治疗效果^[1],为医生提供实时的反馈信息,帮助医生及时调整治疗方案。

1.3 推动皮肤病无创检测技术的发展

传统的皮肤病检测方法大多需要取样检测,这不仅会给患者带来一定的痛苦,还可能引发感染等风险。而高光谱成像技术

作为一种无创检测技术,可以在不损伤皮肤组织的情况下获取到皮肤的光谱信息^[2],从而实现了对皮肤病的精准检测。这一技术的应用极大的降低了皮肤病检测的风险和痛苦,提高了患者的接受度和舒适度。同时,高光谱成像技术还具有检测速度快、操作简便等优点,使得皮肤病检测更加便捷和高效。

2 现阶段在皮肤病精准检测领域中应用高光谱技术存在的问题

2.1 技术体系尚不完善,标准化进程滞后

高光谱技术作为光学检测领域的新兴力量,其技术体系尚处于不断构建和完善之中。在皮肤病检测这一特定应用场景下,高光谱技术的仪器设计、数据采集、处理算法等环节缺乏统一的标准和规范。这不仅导致不同研究团队或医疗机构之间的数据难以直接比较和共享,还增加了技术应用的复杂性和不确定性。此外,由于标准化进程的滞后,高光谱技术在皮肤病检测中的准确性和可靠性也受到了质疑,限制了其临床应用的广度和深度。

2.2 数据处理难度大,特征提取复杂

高光谱技术能够获取皮肤组织在多个波段下的光谱信息,数据量庞大且维度高。然而,如何从这些海量数据中有效提取出与皮肤病相关的特征信息,是当前面临的一大难题。数据处理过程中的降噪、校正、特征选择等步骤均需要高度专业的知识和技能,且往往依赖于经验判断,缺乏自动化的解决方案。这不仅增加了数据处理的难度和时间成本,还会导致关键信息的丢失或误判,影响检测的准确性。

2.3 设备成本高昂,普及应用受限

高光谱成像设备的研发和生产成本较高,导致其在市场上的售价也相对较高。对于大多数医疗机构而言,尤其是基层医疗机构,购买和维护高光谱设备是一项沉重的经济负担。因此,高光谱技术在皮肤病检测中的普及应用受到了限制,许多患者无法享受到这一先进技术带来的便利和精准。

2.4 数据隐私与安全风险并存

随着高光谱技术在皮肤病检测中的广泛应用,患者数据的隐私和安全性问题也日益凸显。高光谱图像中包含了丰富的个人信息和生物特征信息,一旦这些数据被泄露或滥用,将对患者的个人隐私和生物安全造成严重后果。当前对于高光谱数据的保护和管理机制尚不完善,缺乏有效的数据加密、访问控制和审计追踪等措施,增加了数据泄露的风险。

3 高光谱技术在皮肤病精准检测领域的应用策略

3.1 加强光谱特征挖掘与智能识别技术融合

高光谱技术以其独特的优势,在皮肤病精准检测领域展现出了巨大的潜力。通过捕捉皮肤组织在不同波长下的光谱特征,为皮肤病的早期发现和准确诊断提供了有力支持。然而,要充分发挥高光谱技术的优势,还需进一步加强光谱特征挖掘与智能识别技术的融合。相关部门可以利用深度学习等先进算法,对高光谱图像进行自动特征提取和分类识别^[3]。深度学习算法具有强大的数据处理和模式识别能力,可以通过大量训练数据的学

习,自动发现光谱特征与皮肤病类型之间的关联。例如,相关部门可以开发一种基于卷积神经网络(CNN)的智能识别系统,自动分析高光谱图像中的光谱特征,通过逐层卷积和池化操作,提取出最具代表性的特征信息。然后,利用全连接层和分类器,结合其他检测技术,如光学相干断层成像(OCT)^[4]、激光共聚焦显微镜等,实现多模态检测,实现对皮肤病的智能识别,为皮肤病精准检测提供更全面的信息支持。通过加强光谱特征挖掘与智能识别技术的融合,可以显著提高皮肤病的检测精度和效率。这种融合不仅可以准确区分正常皮肤和病变皮肤,还能为皮肤病的早期发现和精准治疗提供科学依据,从而推动皮肤病精准检测领域的发展。

3.2 构建多维度信息融合与综合诊断模型

皮肤病精准检测不仅需要关注皮肤组织的光谱特征,还需要综合考虑其他维度的信息,如形态学特征、生理指标等。为了实现多维度信息的融合与综合诊断,相关部门可以制定统一的数据采集和处理标准,确保不同研究团队和医疗机构之间的数据可比性和可重复性,并构建基于高光谱技术的综合诊断模型。该模型可以整合来自不同维度的信息,通过特征提取、特征融合和决策融合等步骤,实现对皮肤病的全面评估。例如:相关部门可以将高光谱图像与皮肤组织的病理切片图像进行融合,通过特征提取算法提取两者的关键特征,并利用决策树、支持向量机等分类器进行融合决策,提高皮肤病的诊断准确率。此外,还可以将高光谱技术与皮肤生理指标监测相结合,如血氧饱和度^[5]、血流量等,通过综合分析多维度信息,为皮肤病的精准治疗提供更加全面的依据。

3.3 强化光谱成像技术与远程医疗服务的结合

随着远程医疗服务的兴起,高光谱技术在皮肤病精准检测领域的应用路径也得到了拓展。通过将光谱成像技术与远程医疗服务相结合,可以实现皮肤病远程检测与诊断。相关部门可以开发基于移动设备的便携式高光谱成像系统,实时采集患者皮肤组织的光谱图像,并通过无线网络传输至远程医疗服务中心。远程医疗专家可以利用高光谱图像进行远程分析和诊断,为患者提供及时、准确的医疗服务。此外,还可以建立基于云计算的高光谱图像处理和分析平台,实现大规模数据的存储、处理和分析,为远程医疗服务提供技术支持和保障。通过光谱成像技术与远程医疗服务的结合,可以打破地域限制,提高皮肤病的检测与诊断效率,为患者提供更加便捷、高效的医疗服务。

3.4 探索光谱特征数据库建设与共享机制

为了充分利用高光谱技术在皮肤病精准检测领域的优势,需要建立光谱特征数据库,并实现数据的共享与利用。光谱特征数据库是存储和管理皮肤病高光谱图像及其相关信息的重要平台,可以为相关研究和应用提供丰富的数据资源。为了建设高效、实用的光谱特征数据库,需要制定统一的数据采集和处理标准,确保数据的质量和可比性。同时,还需要建立数据共享机制,促进数据的交流和利用。过程中,相关部门可以建立基于云计算的光谱特征数据库平台,实现数据的存储、查询、下载等功能。

通过制定数据共享政策和激励机制,鼓励研究人员和医疗机构将高光谱图像数据上传至数据库平台,实现数据的共享与利用。此外,还可以建立基于区块链的数据安全保障机制,确保数据在传输和存储过程中的安全性和隐私性。

3.5制定光谱特征监测与个性化治疗方案

高光谱技术不仅可以用于皮肤病的精准检测,还可以用于皮肤病治疗效果的监测和个性化治疗方案的制定。通过定期采集患者皮肤组织的光谱图像,可以监测皮肤病变区域的光谱特征变化,评估治疗效果。此外,相关部门还可以开发一种基于高光谱技术的皮肤病治疗效果监测系统,实时采集患者皮肤组织的光谱图像,并通过特征提取和分类识别算法,评估治疗效果。根据监测结果,医生可以及时调整治疗方案,提高治疗效果,并利用皮肤色素检测仪制定个性化治疗方案。医生可以了解患者的皮肤类型和病变程度,从而制定更加精准、个性化的治疗方案。同时,还可以开发一种基于皮肤色素检测仪的皮肤病个性化治疗辅助系统,根据患者的光谱特征,推荐最适合的治疗方法和药物剂量,提高治疗效果和患者满意度。

3.6加强光谱特征与健康管理服务相结合

随着健康管理服务的普及和发展,高光谱技术在皮肤病精准检测领域的应用路径也得到了拓展。通过将光谱特征与健康管理服务相结合,可以为患者提供更加全面、个性化的健康管理服务。相关部门可以利用高光谱技术建立皮肤健康档案,记录患者皮肤组织的光谱特征和变化情况。通过定期监测和分析光谱特征,可以及时发现皮肤病变的苗头,为患者提供早期预警和干预措施。此外,还可以将光谱特征与健康APP相结合,为患者提供个性化的皮肤健康建议和管理方案。例如,开发一种基于高光谱技术的皮肤健康管理APP,该APP可以根据患者的光谱特征,推荐适合的护肤产品、饮食和生活习惯等,帮助患者维护皮肤健康。通过光谱特征与健康管理服务的结合,可以为患者提供更加全面、个性化的健康管理服务,提高皮肤病的预防和治疗效果。

以皮肤色素检测仪为例,其为皓高森德公司研发的全球首款基于高光谱图像的皮肤成分无创定量检测医疗器械,靶目标皮肤最大有效观察面积:60mm×60mm,最大有效分析面积:30mm×25mm,光谱范围:400nm-700nm,光谱最小采样间隔:0.5nm,高光谱仿真误差:平均仿真误差不大于0.05%,能够定量计算靶

目标皮肤每个像素的19个皮肤生物学参数,实现了白癜风强病理关联的黑色素成分的分离和提取,形成量化的单成分分布形态图,从而为临床建立了客观指标,剥离了混合信息对观察的影响,使人们能够看到白癜风本质的变化,支持白癜风白斑病理进展分析,用于准确的病情判断和疗效监测,支持白癜风全过程精准治疗。

总而言之,高光谱技术在皮肤病精准检测领域的应用,不仅提升了皮肤病诊断的精确性,促进了皮肤病研究的深入发展,还推动了皮肤病无创检测技术的发展以及皮肤病预防与护理的科学化。随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展,相信高光谱技术将在皮肤病精准检测领域发挥更加重要的作用,为人类的皮肤健康事业作出更大的贡献。未来,期待看到更多基于高光谱技术的创新应用涌现出来,为皮肤病的预防、诊断和治疗带来革命性的变化。

[科研项目]

中关村开放实验室成果转化概念验证项目(编号20220481087)。

[参考文献]

- [1]尚柳彤,王肖,李瑞欣,等.成像技术在烧伤伤情评估中的应用研究进展[J].中华烧伤与创面修复杂志,2024,40(8):796-800.
- [2]于秀琪,李文彬,刘春宇,等.光谱法检测皮肤病的研究进展[J].科技创新与应用,2022,12(8):3.
- [3]张勇,黄丹飞,张乐超,等.基于深度学习的癌变组织显微高光谱图像分类[J].激光与光电子学进展,2024,61(20):11.
- [4]戴佳宁.基于OCT和高光谱成像的双模态皮肤成像系统研究[D].江苏:苏州大学,2020.
- [5]王雨晨,孔令琴,赵跃进.RGB图像高光谱重建的组织血氧饱和度评估[J].光谱学与光谱分析,2023,43(10):3193-3201.

作者简介:

陈威(1986—),男,汉族,中国北京市人,研究生,研究方向:算法研究。

*通讯作者:

崔勇(1972—),男,汉族,中国安徽省人,博士,教授、博导、中日友好医院副院长,研究方向:皮肤病临床医学、皮肤影像、皮肤病人工智能。