下一代LED治疗设备的挑战与机遇

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/37380.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

下一代LED治疗设备的挑战与机遇。 导读

近期，上海交通大学附属瑞金医院伤骨科研究所的卢敏教授、麻省总医院的吴梅教授及上海交通大学化学化工学院的张智涛教授合作完成综述文章，题为Challenges and opportunities in next-generation LED therapeutic devices，发表于Light: Science Applications。

从临床光疗应用的角度出发，深入分析了光疗设备在医学领域的广泛应用，并总结了可穿戴与植入式光疗设备在实际应用中遇到的主要挑战。文章结合光医学、材料科学和软电子学领域的最新进展，提出了针对性策略，以解决现有设备所面临的困境，并总结了跨学科研究如何推动光疗设备的未来发展。文章还探讨了光疗设备如何与人工智能技术和柔性传感模块结合，提出了通过设计闭环光疗监控系统来提升治疗效果的可能性。

光疗作为一种治疗手段，已有3500年的历史。早在古埃及时代，人们就通过阳光与药草的结合治疗白癜风等疾病。到了19世纪末，研究发现阳光对炭疽和佝偻病具有治疗作用。20世纪初，尼尔斯·芬森利用人工光源治疗皮肤结核，因而获得了1903年诺贝尔生理学或医学奖。1960年，梅曼博士发明了固态激光，并首次利用激光技术进行视网膜肿瘤手术。1983年，Rox Anderson提出选择性光热解的概念，为光医学的发展奠定了基础。

随着技术的不断进步，光疗已不再只是治疗中的辅助手段，而成为医学中广泛应用的治疗方法（图1）。如今，光疗在新生儿黄疸、创伤愈合、色素性疾病及血管异常的治疗中发挥着重要作用，同时为多种疾病提供了低成本且高精度的治疗选择。尽管光疗拥有巨大的潜力，但现有的可穿戴和植入式光疗设备仍面临便捷性、个性化、光照均匀性及与目标组织的机械和光学特性兼容性等挑战。

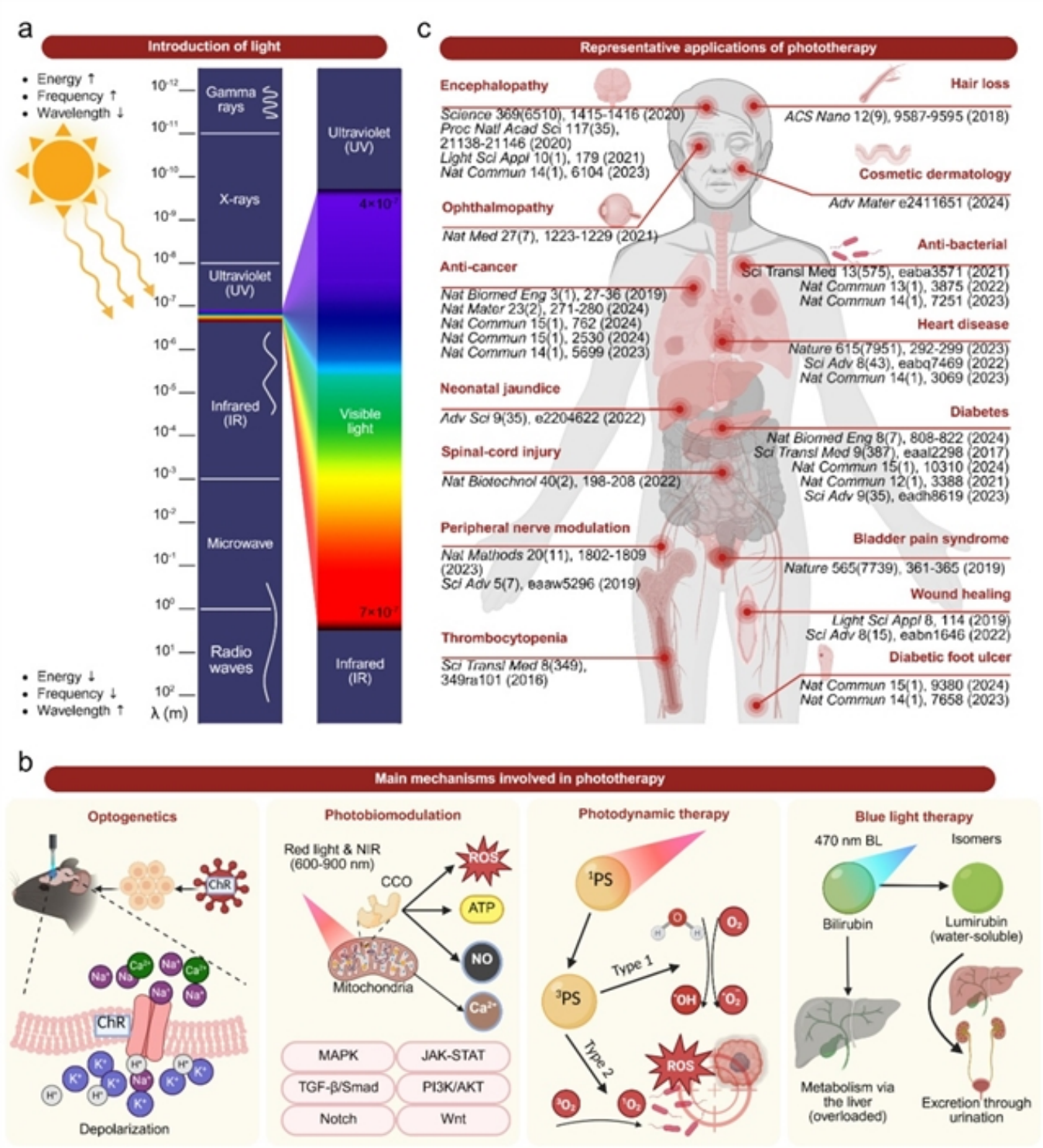


图1：光疗的应用领域和机制. a) 电磁波谱展示了电磁波在不同波长下的分布。放大的部分对应紫外线、可见光和红外线区域，这些是光疗应用中主要使用的波长。b) 光疗的主要机制示意图，包括光遗传学、光生物调节、光动力疗法和蓝光疗法。光遗传学激活光敏蛋白，如通道视紫红质-2（ChR2），使阳离子显著涌入，特别是Na+，通过离子通道引起去极化和神经兴奋。光生物调节使用红光和近红外（NIR）光激活线粒体电子传递链中的细胞色素C氧化酶（CCO），增强ATP合成，减少氧化应激，同时上调信号分子如一氧化氮（NO）和钙离子（Ca2+）。ATP为三磷酸腺苷。光动力疗法使用特定波长的光激活光敏剂（PSs），生成活性氧（·OH、·O2-和1O?）来消除癌症和病原体。蓝光光疗增强皮肤对胆红素的吸收，将其转化为水溶性的小胆红素，从

而通过排泄排出体外，无需经过肝脏代。c) 光疗治疗的疾病代表性应用

在光疗设备的制备加工过程中，文章探讨了多项技术可有效解决现有问题（图2）。例如，OLED/μLED技术能够改善光照均匀性，并通过模块化设计推动设备的小型化。液态金属和可拉伸导电聚合物作为柔性材料，可以帮助设备更好地贴合复杂的组织器官表面。为了实现这些技术的潜力，低温制造技术显得尤为关键，尤其是常规柔性活性材料往往不耐受高温。此外混合有机-无机薄膜封装技术以及先进的可穿戴/植入电源解决方案，也将进一步提高可穿戴/可植入光疗设备的生物相容性，加速光疗设备的发展。

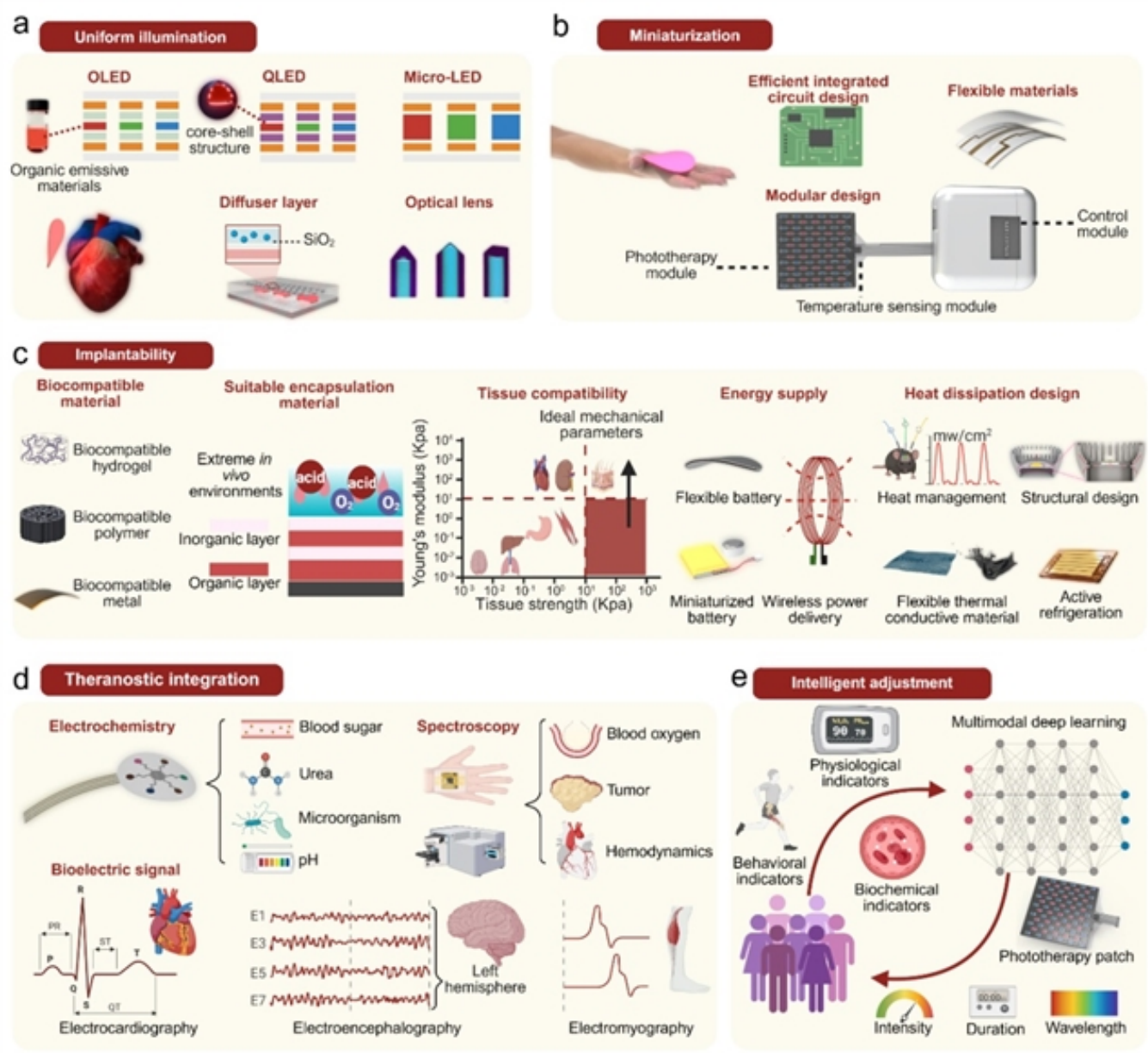


图2：解决光疗临床应用中挑战的潜在策略. a)
通过OLED、微型LED、扩散层和光纤末端修饰技术增强光疗的均匀照明。 b)
通过有效的集成电路、柔性材料和模块化设计实现设备的小型化。c) 通过选择生物兼容材料、采用适当的封装策略、确保柔性光疗设备与组织的机械兼容性，并优化能源供应方案，增强光疗设备的植入性。 d) 通过监测相关的电化学、光谱和生物电信号，实现治疗诊断一体化。 e)

利用AI技术智能整合检测信息并输出适当的光疗参数

最后，作者基于现有技术进展，为下一代光疗设备提供了设计思路（图3）。目前人工智能与光疗设备的结合，为光医学领域提供了重大的发展机遇。通过结合可穿戴和植入式柔性传感技术，人工智能有望构建闭环系统，将诊断与治疗功能紧密结合，实时调整临床应用，从而提高医疗效果。随着这些技术的不断进步，光医学的前景变得更加广阔，并将在精准医疗中发挥日益重要的作用。

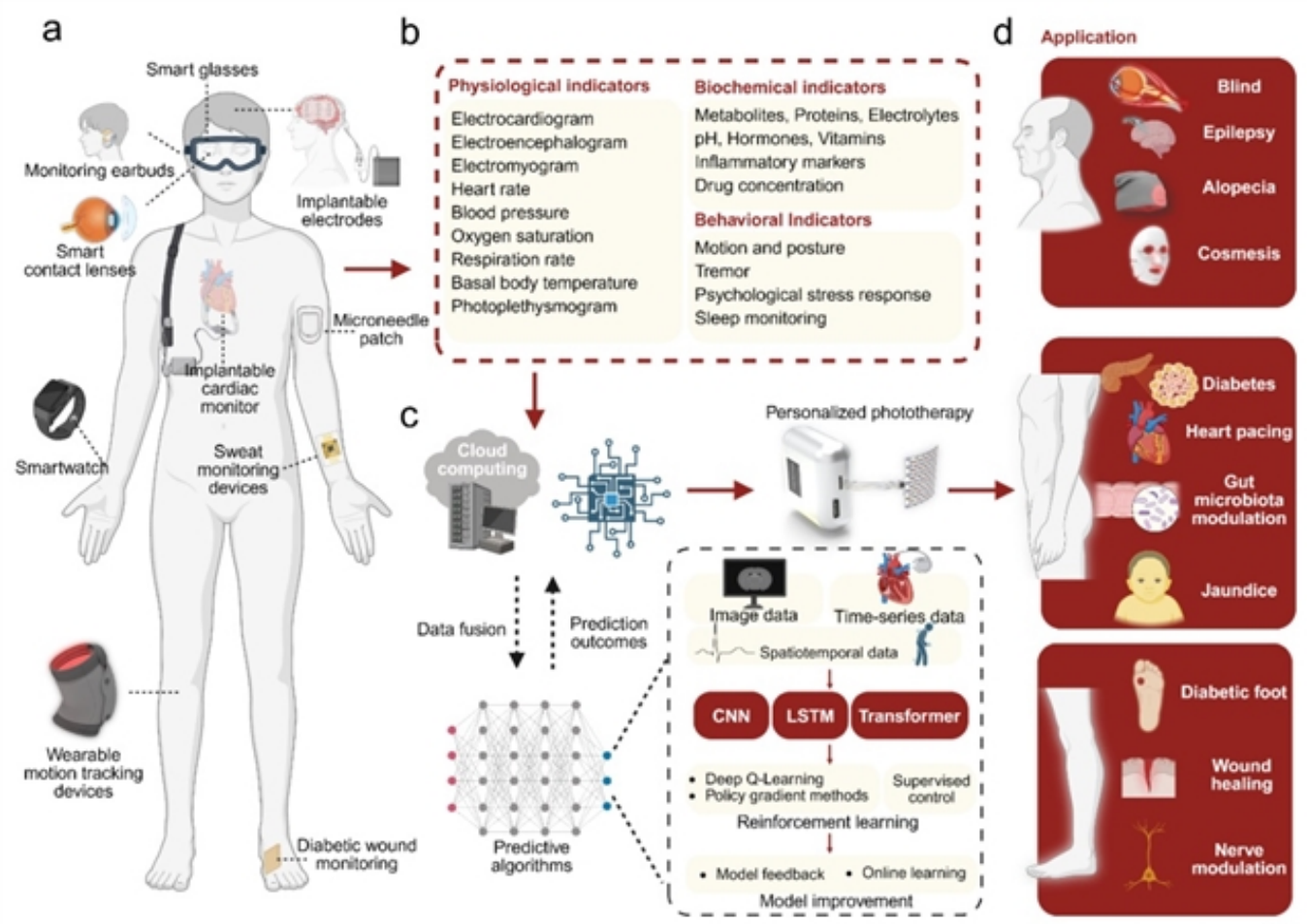


图3：与可穿戴检测设备AI算法的潜在结合方式. a) 现有的可穿戴监测设备：智能眼镜、隐形眼镜、耳塞、植入电极、微针贴片、智能手表、汗液监测设备、可穿戴运动追踪设备、糖尿病伤口监测。 b) 可穿戴设备的监测指标，包括生理指标、生化指标和行为指标。 c) 监测数据处理流程和潜在算法，包括从传感器获取监测信息、数据融合、训练模型以预测患者的生理状态，并输出个性化的光疗参数。d) 将可穿戴监测设备与光疗设备结合的应用

这些跨学科的创新不仅为未来的智能城市、智能家居、人机交互界面以及健康监测和安全筛查提供了新的解决方案，也预示着光疗设备将在临床实践中发挥更为关键的作用。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-025-01990-z

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真

实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：卢敏等 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发