

光照疗法在 2 型糖尿病患者睡眠障碍治疗中的研究进展

郭茂婷¹, 胡秀英², 王晓夏¹, 赵丹¹, 吴霜¹, 罗贞华³, 李喆⁴, 熊真真¹

(1. 成都医学院 护理学院, 四川 成都 610083;

2. 四川大学华西医院 护理创新研究中心 护理学四川省重点实验室, 四川 成都 610044;

3. 成都市新都区中医医院 护理部, 四川 成都 610500; 4. 四川大学华西医院 心理卫生中心)

根据国际糖尿病联盟(international diabetes federation, IDF)数据预测, 到 2045 年全球糖尿病总人数将增加到 7.83 亿, 而我国糖尿病的总人数预计超过 1.4 亿, 居世界首位^[1]。睡眠障碍会导致患者的糖化血红蛋白升高^[2], 而 2 型糖尿病(type 2 diabetes, T2D)患者也被证明更容易发生睡眠障碍^[2]。有研究^[3]总结了 T2D 患者睡眠障碍的发生率, 发现约有 70% 的患者存在睡眠障碍, 其中失眠或有失眠症状的患病率为 30%~40%, 二者相互影响, 易发生恶性循环。因此, 在预防糖尿病或考虑降低其严重程度策略时应注重优化高危人群的睡眠健康, 为睡眠障碍与 T2D 并存患者找到适合的治疗方式。目前临床对于睡眠障碍患者的干预措施以药物治疗为主。药物干预虽然有效但也易发生不良反应, 例如老年人跌倒、白天嗜睡、药物成瘾和依赖性戒断综合征等^[4]。因此, 非药物治疗以及联合疗法应运而生, 光照疗法(以下简称光疗)就是一种很具潜力的非药物治疗方式。本文就光疗对睡眠障碍患者的作用机制、光疗方式、光疗的护理、光疗与 T2D 患者睡眠质量的干预现状进行文献综述, 以期对 T2D 患者睡眠障碍的防治提供新参考。

1 光疗对睡眠障碍的作用机制

光疗对睡眠障碍的干预处于一个较新的领域, 所以光疗对睡眠障碍患者的作用机制尚未统一, 更多的是基于相关睡眠理论做出的假说。根据国际睡眠疾病第 3 版(international classification of sleep disorders edition 3, ICSD-3)的分类标准, 睡眠障碍可分为失眠、睡眠呼吸紊乱、中枢性嗜睡症异态睡眠、睡眠相关运动障碍、昼夜节律睡眠-觉醒障碍^[5]。光疗已经被证明对多种睡眠障碍有效, 尤其是治疗昼夜节律睡眠-觉醒障碍的睡眠障碍^[6]。昼夜节律

又称节律, 由位于下丘脑的视交叉上核(suprachiasmatic nuclei, SCN)调节, 不仅与哺乳动物的摄食、躯体活动等行为有关, 也在睡眠-觉醒周期中起到重要作用^[7]。1982 年, Borbély^[8]提出了“双过程模型”, 他认为人体睡眠和觉醒是由依赖睡眠-觉醒的稳态过程(过程 S)与由昼夜节律起搏器控制的过程(过程 C)相互作用产生的。2013 年, Hubbard 等^[9]基于双过程模型理论提出了“三过程睡眠调节模型”的新理论——光调节与稳态驱动和昼夜节律三者相互作用, 以确定睡眠和醒来的时间和质量。该模型指出, 光照也是调节睡眠的一个重要因素, 光照的时间、强度、波长都会干扰人体的睡眠。明光/暗光变化可以对睡眠和觉醒的表达产生直接、急性和持续的影响。黑视蛋白(melanopsin)是睡眠稳态驱动的一个重要影响因素。黑视蛋白是通过感光视网膜神经节细胞(ipRGC)表达, 在明光阶段, 主要由视杆和视锥细胞影响睡眠和觉醒, 在较小程度上受黑视蛋白影响。相反, 在暗光阶段, 黑视蛋白是明暗光照对睡眠和清醒产生直接影响的主要介质, 黑视蛋白和视杆/视锥细胞相互补偿, 以在 24 h 日常周期中保持光和暗的正常循环^[10]。光疗则可以通过与 ipRGC 相互作用, 影响下丘脑里面控制昼夜节律的视交叉上核以及抑制松果体分泌褪黑素, 完成对睡眠障碍患者的昼夜节律、睡眠稳态以及各种生理功能的调控, 从而建立和巩固规律的睡眠-觉醒周期, 以改善睡眠质量、提高睡眠效率^[11]。

2 光疗的干预方式

2.1 亮光疗法 亮光疗法(bright light therapy, BLT)也称明亮光疗法或强光疗法, 指利用强光照患者, 舒缓患者的失眠和焦虑症状的治疗方法, 是临床上最常用的光疗干预方式。BLT 所用设备的照明强度往往为 2500~10 000 勒克斯(lux), 远高于普通的家庭照明设备, 10 000 lux 的紫外线过滤广谱白光的光照强度与日出后 40 min 的天窗相当^[12]。而为了吻合人体正常吸收光源的规律, 光疗干预时间通常选择在上 7:00—12:00 之间, 光线与眼睛的平行距离约为 40~60 cm^[13]。BLT 的最佳治疗

【收稿日期】 2023-09-06 【修回日期】 2023-12-15

【基金项目】 四川省中医药管理局科学技术研究专项课题(2023MS262); 护理学四川省重点实验室项目(HLKF2022-4); 成都医学院研究生创新基金(YCX2022-01-48)

【作者简介】 郭茂婷, 硕士在读, 护士, 电话: 028-62308631

【通信作者】 熊真真, 电话: 028-62308631

持续时间尚不清楚,曝光时间取决于光强度,光照强度为 10 000 lux,建议曝光时间为 30 min,更低的光强度则需要更长的曝光时间^[14]。光疗装置最早使用的为光疗灯箱或者灯盒,设定光谱大多为纯色白光。随着研究深入,研究人员发现光可以通过 ipRGC 中新型光感受器的非视觉通路中单独的视网膜-下丘脑束直接访问生物钟^[15],而这些 ipRGC 对短波蓝光敏感性最高。所以把灯箱设定为短波蓝光,但它的舒适度并不优于广谱白光,并且需要患者固定在灯箱前干预,灵活性较差。因此,研究人员又对亮光设备进行了改良,现已经开发富含蓝白两种光线的便捷式的光疗头盔和光疗眼镜,不仅保证了光疗的疗效,且患者的舒适度与便捷度都得到了提高^[16]。

2.2 蓝光阻隔 蓝光阻隔主要包括让患者处于蓝光耗尽的环境和采用局部蓝光眼镜遮挡两种方式。蓝光可以激活含有黑视蛋白的 ipRGC,在减少褪黑激素分泌方面具有决定作用^[17]。现如今,大多数电子设备都使用会发射蓝色光谱波长的发光二极管(light emitting diode, LED)^[18]。而夜间过多地暴露于这种蓝光中会破坏昼夜节律系统^[19],对患者的健康造成危害。夜晚的蓝光阻隔可以减少发生这些危害的风险。最初,研究者选择蓝光阻隔的方式进行干预是采用安装蓝光耗尽的照明环境的方式,这是由可以同时发出彩色光和白光的 LED 照明系统创建的。灯具内的 LED 模块包含红色、绿色-白色和蓝色二极管的混合物,可以单独编程以在一天中的不同时间发出不同的光。为了创建晚上耗尽蓝光照明环境,只有绿白色和红色二极管发光,而蓝色二极管被关闭,绿白二极管只能发出少量蓝光^[20]。这种环境可以抵消夜间人造光照射人体产生的负面影响并帮助稳定患者的睡眠-觉醒模式,提高患者的睡眠质量。但设计一个蓝光耗尽的照明环境在临床会受到限制,因为这样的干预方式患者必须处于完全黑暗中约 12~14 h,且设计成本较高。于是设计出蓝光阻断眼镜对患者进行干预,这种采用局部蓝光遮挡的方式也可以很好地达到临床效果,改善患者的睡眠障碍。

2.3 动态照明 动态照明是指通过照明装置的光输出的控制形成场景明、暗或色彩等变化的照明。与静态的照明环境相比,动态照明能够模仿自然光照射的变化^[21],同步人体昼夜节律。对于长期卧床的患者,动态照明条件能够展现出巨大的潜力。Pamuk 等^[22]的研究发现与普通的重症监护室(intensive care unit, ICU)相比,在装有动态卧室照明系统的 ICU 的患者睡眠质量更好。Stefani 等^[23]的

研究表明,光谱和光强度适宜的动态照明环境能更好地促进健康男性的褪黑激素分泌和睡眠启动。动态照明可自动提供人工黎明和黄昏以及耗尽蓝光的夜间照明条件,能更好地帮助机体调节昼夜节律,恢复正常的睡眠/觉醒周期。

3 光疗的护理

一般的光疗干预方式不会产生不良反应,但也有极少患者在进行亮光光疗法的干预过程中反映出现了头晕、恶心、口干、眼疲劳等不良反应,大多可自发缓解或在减少剂量后得到缓解^[13]。但也有研究^[24]指出,如果患者在使用光疗前服用了光敏药物或已有严重的眼部疾病,可能会增加发生不良反应的风险甚至对眼睛造成不可逆的损伤。因此,在进行光疗操作前要对患者服药情况进行了解,并且在必要时进行眼部检查^[24],然后根据个体情况选择适宜的波长、参数以及光照强度。若在干预过程中发生不适,操作者应根据患者的具体情况调整光疗的强度、光源的距离以及光照时间,并且在干预结束后进行记录。

4 光疗对 T2D 患者睡眠影响的研究现状

4.1 光疗对 T2D 患者睡眠的干预现状 光疗可以通过改善 T2D 患者内源性的昼夜节律紊乱,调节褪黑素分泌,改善葡萄糖代谢以及睡眠障碍^[25],但相关研究较少。Adhikari 等^[26]发现,对有睡眠障碍的 T2D 患者进行连续 14 d 的 10 000 lux 的补充光照照射 30 min,能够显著改善患者白天过度嗜睡的情况,同时观察到患者睡眠时相延迟相位提前了 23 min。Versteeg 等^[27]发现,强光不会影响健康男性的血浆葡萄糖水平,但会增加空腹和餐后血浆甘油三酯水平;此外,强光还会提高患有 T2D 男性的空腹血糖和餐后血糖以及甘油三酯水平,而甘油三酯水平的升高会导致患者晚上睡觉时四肢麻木以及睡眠呼吸暂停。这些不良的代谢结果极有可能是强光照射引起内源性葡萄糖生成增加或组织对葡萄糖摄取减少所致。Cheung 等^[28]的一项研究为了确定与昏暗光线相比,早上 3 h 和晚上 3 h 蓝光暴露对饥饿、代谢功能和生理唤醒的急性影响,进行了为期 4 d 的实验室干预,结果发现,与昏暗光相比,早晚暴露在蓝光环境下会增加受试者的胰岛素抵抗,同时导致受试者主观嗜睡减少,这说明光照会影响机体葡萄糖代谢水平和嗜睡。而 Harmsen 等^[29]的一项随机对照试验发现,通过在不同时间段调节室内光环境的方式可以改善胰岛素抵抗患者的代谢水平、能量消耗和体温调节,且夜间褪黑素的分泌水平也会受到影响。这些研究都证实了光可以对 T2D 患

者代谢水平、葡萄糖摄取、睡眠质量等方面产生影响,但不难发现光对 T2D 患者产生的影响并不都是积极影响,且这些研究都存在一定的局限性,例如样本量小以及干预时间短、混杂因素多。未来的研究可以扩大干预样本量,延长干预时间,来进一步确定光疗对 T2D 患者睡眠障碍以及其他方面的影响。

4.2 夜间人造光对机体代谢以及睡眠的影响 夜间过多暴露夜间人造光(night artificial light, LAN)环境易发生 T2D。最近一项队列研究^[30]从 2006 年至 2020 年使用卫星数据估计了 283 374 个参与者 LAN 暴露情况,确定了超过 3 027 505 人年的 7775 例 T2D 事件,结果显示,暴露于 LAN 可能会导致睡眠质量下降并且增加患 T2D 风险。Xu 等^[31]发现,经常暴露于 LAN 的轮班工作会影响工人正常的昼夜节律,从而发生睡眠不足和睡眠碎片化的情况,导致出现葡萄糖代谢异常,增加 T2D 患病的风险。对此,Rizza 等^[11]做了一项随机对照试验来研究定时光疗是否会逆转轮班工人的昼夜节律紊乱以及葡萄糖耐受不良,结果发现,间歇性光疗虽然对轮班工人血糖水平没有影响,但是可以纠正轮班工人的昼夜节律紊乱。Mason 等^[32]的一项研究发现,在健康成人中,睡眠期间增加 100 lux 的 LAN 会增加心率,降低心率变异性,并增加第 2 天早上的胰岛素抵抗。总的来说,人体过多暴露于 LAN 会导致出现代谢异常、昼夜节律紊乱等不良后果,严重危害机体健康。但其危害性还未引起广泛研究人员的重视,相关潜在机制也还尚不完全清楚。因此,需要进行更多的研究来说明其相关机制,分析可能对代谢造成的影响,以找到更适合的方式来进行干预。

5 总结与展望

治疗 T2D 患者的睡眠障碍有利于 T2D 患者的健康管理,但如何更好地改善 T2D 患者的睡眠质量仍是临床医护人员亟待解决的问题。光疗是一种非药物的干预方法,使用较为方便且成本较低,不仅可以提高糖尿病患者的葡萄糖代谢水平,也在治疗各类睡眠障碍方面展现良好的疗效。光疗可以作为治疗 T2D 睡眠障碍的一种新的治疗手段和补充性的治疗策略,帮助改善患者的睡眠质量。虽然近年来光疗对睡眠障碍的疗效已经得到了一定的关注,但相关机制尚不明确,且研究人员对于光疗与 T2D 睡眠障碍的相关研究还较少,现有的研究还存在光疗设备不统一、干预时间短、混杂因素多、样本量小、结局指标不够客观等局限性。因此,未来可对 T2D 患者睡眠障碍进行更大规模的多中心、前瞻性的研究,以更深入地研究这一主题,为找到合适的光疗干预方案提供更多的理论支撑。

【关键词】 光照疗法;2 型糖尿病;睡眠障碍;研究进展

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2024.02.021

【中图分类号】 R473.58 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2024)02-0089-04

【参考文献】

- [1] SUN H, SAEEDI P, KARURANGA S, et al. IDF Diabetes atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J/OL]. (2021-12-06). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34879977>. DOI:10.1016/j.diabres.2021.109119.
- [2] 黄镇, 陈平, 孙昕冀, 等. 2 型糖尿病患者睡眠时长、睡眠规律性与糖化血红蛋白相关性的研究[J]. 中国糖尿病杂志, 2022, 30(10): 755-761.
- [3] OGILVIE R P, PATEL S R. The Epidemiology of sleep and diabetes[J/OL]. (2021-01-26). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30120578>. DOI:10.1007/s11892-018-1055-8.
- [4] ATKIN T, COMAI S, GOBBI G. Drugs for insomnia beyond benzodiazepines: pharmacology, clinical applications, and discovery[J]. Pharmacol Rev, 2018, 70(2): 197-245.
- [5] GAULD C, LOPEZ R, GEOFFROY P A, et al. A systematic analysis of ICSD-3 diagnostic criteria and proposal for further structured iteration[J/OL]. (2021-01-26). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33596531>. DOI:10.1016/j.smrv.2021.101439.
- [6] SUN S Y, CHEN G H. Treatment of circadian rhythm sleep-wake disorders[J]. Curr Neuropharmacol, 2022, 20(6): 1022-1034.
- [7] GENTRY N W, ASHBROOK L H, FU Y H, et al. Human circadian variations[J/OL]. (2021-08-16). <https://doi.org/10.1172/JCI148282>. DOI:10.1172/JCI148282.
- [8] BORBÉLY A. The two-process model of sleep regulation: beginnings and outlook[J/OL]. [2022-05-03]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35502706>. DOI:10.1111/jsr.13598.
- [9] HUBBARD J, RUPPERT E, GROPP C M, et al. Non-circadian direct effects of light on sleep and alertness: lessons from transgenic mouse models[J]. Sleep Med Rev, 2013, 17(6): 445-452.
- [10] KUSUMOTO J, TAKEO M, HASHIKAWA K, et al. OPN4 belongs to the photosensitive system of the human skin[J]. Genes Cells, 2020, 25(3): 215-225.
- [11] RIZZA S, LUZI A, MAVILIO M, et al. Impact of light therapy on rotating night shift workers: the EuRhythDia study[J]. Acta Diabetol, 2022, 59(12): 1589-1596.
- [12] WIRZ-JUSTICE A, SKENE D J, MÜNCH M. The relevance of daylight for humans[J/OL]. (2020-10-28). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33129807>. DOI:10.1016/j.bcp.2020.114304.
- [13] ZHANG M, WANG Q, PU L, et al. Light therapy to improve sleep quality in older adults living in residential long-term care: a systematic review[J]. J Am Med Dir Assoc, 2023, 24(1): 65-74.
- [14] RUMANOVA V S, OKULIAROVA M, ZEMAN M. Differential effects of constant light and dim light at night on the circadian control of metabolism and behavior[J/OL]. (2020-07-31). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32751870>. DOI:10.3390/ijms21155478.
- [15] KIRSCHBAUM-LESCH I, GEST S, LEGENBAUER T, et al. Feasibility and efficacy of bright light therapy in depressed adolescent inpatients[J]. Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother, 2018, 46(5): 423-429.
- [16] SCHOONDERWOERD R A, BUCK T M, ANDRIESEN C A, et al. Sleep deprivation does not change the flash electroretino-

- gram in wild-type and *Opn4* (-/-) *Gnat1* (-/-) mice [J]. *J Biol Rhythms*, 2022, 37(2): 216-221.
- [17] RAYMACKERS J M, ANDRADE M, BAEY E, et al. Bright light therapy with a head-mounted device for anxiety, depression, sleepiness and fatigue in patients with Parkinson's disease [J]. *Acta Neurol Belg*, 2019, 119(4): 607-613.
- [18] MITSUI K, SAEKI K, TONE N, et al. Short-wavelength light exposure at night and sleep disturbances accompanied by decreased melatonin secretion in real-life settings: a cross-sectional study of the HEIJO-KYO cohort [J]. *Sleep Med*, 2022, 90: 192-198.
- [19] REUTRAKUL S, CROWLEY S J, PARK J C, et al. Relationship between intrinsically photosensitive ganglion cell function and circadian regulation in diabetic retinopathy [J/OL]. (2020-01-31). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32005914>. DOI: 10.1038/s41598-020-58205-1.
- [20] NANKIVELL V A, TAN J T M, WILSDON L A, et al. Circadian disruption by short light exposure and a high energy diet impairs glucose tolerance and increases cardiac fibrosis in *Psammomys obesus* [J/OL]. (2021-05-06). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33958671>. DOI: 10.1038/s41598-021-89191-7.
- [21] ENGWALL M, FRIDH I, JOHANSSON L, et al. Lighting, sleep and circadian rhythm: an intervention study in the intensive care unit [J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2015, 31(6): 325-335.
- [22] PAMUK K, TURAN N. The effect of light on sleep quality and physiological parameters in patients in the intensive care unit [J/OL]. (2020-01-31). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35840273>. DOI: 10.1016/j.apnr.2022.151607.
- [23] STEFANI O, FREYBURGER M, VEITZ S, et al. Changing color and intensity of LED lighting across the day impacts on circadian melatonin rhythms and sleep in healthy men [J/OL]. (2021-01-18). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33378563>. DOI: 10.1111/jpi.12714.
- [24] BROUWER A, NGUYEN H T, SNOEK F J, et al. Light therapy: is it safe for the eyes? [J]. *Acta Psychiatr Scand*, 2017, 136(6): 534-548.
- [25] DUMPALA S, ZELE A J, FEIGL B. Outer retinal structure and function deficits contribute to circadian disruption in patients with type 2 diabetes [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(6): 1870-1878.
- [26] ADHIKARI P, PRADHAN A, ZELE A J, et al. Supplemental light exposure improves sleep architecture in people with type 2 diabetes [J]. *Acta Diabetol*, 2021, 58(9): 1201-1208.
- [27] VERSTEEG R I, STENVERS D J, VISINTAINER D, et al. Acute effects of morning light on plasma glucose and triglycerides in healthy men and men with type 2 diabetes [J]. *J Biol Rhythms*, 2017, 32(2): 130-142.
- [28] CHEUNG I N, ZEE P C, SHALMAN D, et al. Morning and evening blue-enriched light exposure alters metabolic function in normal weight adults [J/OL]. (2016-05-18). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27191727>. DOI: 10.1371/journal.pone.0155601.
- [29] HARMSSEN J F, WEFERS J, DOLIGKEIT D, et al. The influence of bright and dim light on substrate metabolism, energy expenditure and thermoregulation in insulin-resistant individuals depends on time of day [J]. *Diabetologia*, 2022, 65(4): 721-732.
- [30] TOUITOU Y, REINBERG A, TOUITOU D. Association between light at night, melatonin secretion, sleep deprivation, and the internal clock: health impacts and mechanisms of circadian disruption [J/OL]. (2017-03-15). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28214594>. DOI: 10.1016/j.lfs.2017.02.008.
- [31] XU Z, JIN J, YANG T, et al. Outdoor light at night, genetic predisposition and type 2 diabetes mellitus: a prospective cohort study [J/OL]. (2022-12-23). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36572333>. DOI: 10.1016/j.envres.2022.115157.
- [32] MASON I C, GRIMALDI D, REID K J, et al. Light exposure during sleep impairs cardiometabolic function [J/OL]. (2022-03-14). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35286195>. DOI: 10.1073/pnas.2113290119.
- (本文编辑: 陈晓英)
- +++++
- (上接第 88 页)
- [12] 栾琳琳, 丁敏, 卢振玲, 等. 虚拟现实技术在 ICU 危重症患者中的应用进展 [J]. *中华护理杂志*, 2021, 56(8): 1255-1260.
- [13] WANG L J, CASTO B, LUH J Y, et al. Virtual reality-based education for patients undergoing radiation therapy [J]. *J Cancer Educ*, 2022, 37(3): 694-700.
- [14] 赵瑞莹, 许妍. 虚拟认知训练在肺癌化疗患者中的应用价值分析 [J]. *内科*, 2021, 16(5): 674-677.
- [15] 舒晓, 刘军晓, 刘俊鹏. VR 视频宣教联合心理护理对肺癌患者术前焦虑及麻醉恢复的影响 [J]. *癌症进展*, 2022, 20(12): 1256-1259.
- [16] HOFFMAN A J, BRINTNALL R A, COOPER J. Merging technology and clinical research for optimized post-surgical rehabilitation of lung cancer patients [J/OL]. (2016-01-10). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26889481>. DOI: 10.3978/j.issn.2305-5839.2016.01.10.
- [17] 郑佳莉, 张桃, 吴晓, 等. 沉浸式虚拟现实技术在肺癌患者肺康复健康教育中的应用 [J]. *护理学杂志*, 2023, 38(19): 96-99.
- [18] 王宁, 张静, 王晓丹, 等. VR 在肺腺癌化疗患者健康宣教中的应用研究 [J]. *中国继续医学教育*, 2020, 12(30): 180-184.
- [19] BIRKHOFF S, WADDINGTON C, WILLIAMS J, et al. The effects of virtual reality on anxiety and self-efficacy among patients with cancer: a pilot study [J]. *Oncol Nurs Forum*, 2021, 48(4): 431-439.
- [20] BROWN-JOHNSON C G, BERREAN B, CATALDO J K. Development and usability evaluation of the mHealth tool for lung cancer (mHealth TLC): a virtual world health game for lung cancer patients [J]. *Patient Educ Counsel*, 2015, 98(4): 506-511.
- [21] 骆佳慧, 罗园园, 方庆虹, 等. 肺癌患者认知功能的现状及影响因素分析 [J]. *护理学报*, 2023, 30(18): 1-5.
- [22] 于亚萍, 李永亮, 冯蓓, 等. 癌症相关认知功能障碍的研究进展 [J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42(9): 1531-1535.
- [23] PAUL G, KARIN R A, PAUL S M. Transition from acute to chronic pain after surgery [J/OL]. [2023-10-14]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30983589>. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30352-6.
- [24] BERNARD M G, GORDON T, TARNIA T, et al. Patients perceptions of virtual reality therapy in the management of chronic cancer pain [J/OL]. [2023-10-11]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32426540/>. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03916.
- [25] 杨恒. 肺癌患者癌因性疲乏与中医体质类型的相关性研究 [D]. 南宁: 广西中医药大学, 2021.
- [26] 雷黎黎, 刘坤, 雷娜, 等. 虚拟现实对癌因性疲乏的疗效及癌因性疲乏的影响因素 [J]. *肿瘤研究与临床*, 2021, 33(5): 383-385.
- [27] AHMAD A, MIAD F. Augmenting breath regulation using a mobile driven virtual reality therapy framework [J]. *IEEE J Bio Health Inf*, 2014, 18(3): 746-752.
- (本文编辑: 陈晓英)