DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20250518

·综　述·

昼夜节律紊乱对军人心理健康的影响及干预策略

宋　扬，陆　莉，张艳飞，柏涌海，潘　霄*
海军军医大学（第二军医大学）第二附属医院医学心理科，上海 200003

［摘要］ 昼夜节律紊乱（CRD）是军事作业环境中较为常见的健康问题，可对军人心理健康与军事作业效能产生不利影响。本文综述了昼夜节律的生理机制及其在军事作业中的失调表现，重点探讨了 CRD 与军人常见心理疾病（如情绪障碍、认知障碍和创伤后应激障碍）之间的双向关系。研究表明，轮班工作、跨时区任务和高强度训练等因素显著干扰军人的昼夜节律，导致褪黑素分泌异常、前额叶皮质功能抑制及下丘脑－垂体－肾上腺轴紊乱，进而加剧情绪障碍和认知功能下降。同时，心理疾病通过神经内分泌通路进一步加重 CRD，形成恶性循环。针对这一问题，本文归纳总结现有研究中的多层次干预策略，包括健康教育、心理治疗（如认知行为疗法）、药物治疗（如褪黑素）和物理治疗（如光照疗法），以期为军事作业所致 CRD 的临床防治提供参考，助力维护军人身心健康，提升军事作业效能。

［关键词］ 昼夜节律紊乱；心理健康；军事人员；干预策略
［引用本文］ 宋扬，陆莉，张艳飞，等 . 昼夜节律紊乱对军人心理健康的影响及干预机制［J］. 海军军医大学学报，2026，47（10）：1356-1364. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20250518.

Circadian rhythm disruption and mental health in military personnel: effects and interventions

SONG Yang, LU Li, ZHANG Yanfei, BAI Yonghai, PAN Xiao*
Department of Medical Psychology, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

［**Abstract**］ Circadian rhythm disruption (CRD) represents a prevalent health concern in military operational settings and may adversely affect service members' mental health and military operational performance. This review summarizes the physiological mechanisms of circadian rhythms as well as their dysregulation manifestations under military operational conditions, with particular emphasis on the bidirectional association between CRD and common mental disorders in service members, including mood disorders, cognitive disorders, and post-traumatic stress disorder. Accumulated evidence demonstrates that stressors such as shift work, cross-time-zone missions, and high-intensity training substantially perturb service members' circadian rhythms. Such perturbations trigger abnormal melatonin secretion, functional suppression of the prefrontal cortex, and dysregulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, which in turn aggravate mood disturbances and cognitive deterioration. Meanwhile, mental disorders may further exacerbate circadian rhythm disruption through neuroendocrine pathways, establishing a self-perpetuating vicious cycle. To tackle this clinical challenge, the present review synthesizes multi-level intervention strategies from existing literature, encompassing health education, psychotherapy (e.g., cognitive-behavioral therapy), pharmacotherapy (e.g., melatonin), and physical therapy (e.g., light therapy). It aims to provide evidence-based guidance for the clinical prevention and management of military-operation-related circadian rhythm disruption, help preserve service members' physical and mental well-being, and optimize military operational performance.

［**Key words**］ circadian rhythm disruption; mental health; military personnel; intervention strategies
［**Citation**］ Song Y, Lu L, Zhang Y, et al. Circadian rhythm disruption and mental health in military personnel: effects and interventions[J]. Acad J Naval Med Univ, 2026, 47(10): 1356-1364. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20250518.

在现代军事环境中，军人需面对高强度训练及复杂任务环境带来的心理压力，这些压力会增加军人睡眠障碍的发生风险[1]。美国兰德公司 2018 年发布的调查简报显示，59.4% 的美国陆军士兵表示睡眠时间达不到自身需求，33.2% 存在睡眠不足引发的精力下降问题；在美军全部现役军事人员中，

［收稿日期］ 2025-07-29　［接受日期］ 2026-05-11
［作者简介］ 宋　扬，硕士生. E-mail: lsy20518@smmu.edu.cn
*通信作者（Corresponding author）. E-mail: pxiao08@aliyun.com

约 8.6% 报告每日或几乎每日服用助眠药物[2]。MacGregor 等[3]开展的回顾性队列研究显示，经历海外战斗部署的美国海军及海军陆战队军人失眠总确诊率为 3.4%，其中医疗岗位人员失眠确诊率高达 7.7%，执法岗位、汽车运输岗位分别为 5.4% 和 4.3%，步兵岗位为 2.9%。面对战争和（或）非战争军事任务的多重考验，军人常经历睡眠困难。研究表明，美军因各种应激刺激引起的失眠发生率达 22.76%，且女性发生率要高于男性[4]。

昼夜节律是生物体的一种先天性、内源性、可控制的生理节律，其周期约为 24 h[5]。昼夜节律紊乱（circadian rhythm disruption，CRD）是因生物体的内部原因和外部环境等共同作用下导致的昼夜节律出现不规律的问题。内部原因是指睡眠－觉醒行为内在调节机制障碍，外部环境因素则包括睡眠习惯改变、睡眠时间严重不足、轮班工作、社交时差、夜间灯光照射时间延长、夜间晚进食等[6]。研究表明，CRD 会导致人出现一系列的身心健康问题[7]。与非轮班工作者相比，轮班工作者由于 CRD 更容易出现失眠症，其抑郁和焦虑的倾向也更为严重[8-9]。本文综述军人 CRD 对心理健康影响的最新研究进展，旨在为防治军事作业所致 CRD 提供参考依据。

1　CRD

昼夜节律是生物体通过细胞内分子振荡调节日常生理和行为以适应昼夜变化的机制，是适应地球自转的内在调节，通常以约 24 h 周期重复[10]。生物体内部的时钟调节着睡眠、觉醒和饮食等生理过程，适应昼夜变化，确保在不同环境下的生存[7,11]。昼夜节律的行为标志包括睡眠－觉醒周期和休息－活动节律，生物标志包括褪黑素、皮质醇以及核心体温[12]。

昼夜节律系统是一个复杂的层级结构，由下丘脑前部视交叉上核（suprachiasmatic nucleus，SCN）控制。作为主要的生物钟，SCN 通过视觉通路接收光信号，并同步神经元活动以形成节律，调节身体细胞的外周时钟，协调睡眠、进食、代谢、激素释放和体温等生理活动[13]。SCN 通过神经投射和递质分泌的方式协调大脑其他区域和外周组织的昼夜节律的一致性，保证身体内源性节律的稳态。在分子水平上，所有昼夜节律要素都以相同的方式进行内源性调节。昼夜节律的核心分子机制主要由昼夜节律运动输出周期崩坏蛋白（circadian locomotor output cycles kaput，CLOCK）与脑和肌肉芳香烃受体核转运样蛋白 1（brain and muscle ARNT-like protein 1，BMAL1）调控；两者形成异源二聚复合物后，激活周期基因（period，*PER*）和隐花色素基因（cryptochrome，*CRY*）的转录，随后 PER/CRY 蛋白通过负反馈抑制 CLOCK/BMAL1 活性，形成约 24 h 的节律周期[13]。昼夜节律受到遗传等内源性因素、外界环境（如光线）及人自身活动的影响[14]。褪黑素是昼夜调节的关键生物标志物，负责同步外周生物节律与 SCN，并调节睡眠－觉醒周期。光信号通过抑制 N- 乙酰转移酶活性来控制褪黑素的合成，该酶将血清素转化为褪黑素。松果体在昼夜节律控制下有节奏地分泌褪黑素，白天光照抑制酶活性，夜间光照减弱时酶活性增强，从而增加褪黑素的产生。这一过程由视网膜－下丘脑－视交叉上核束将光相关信号传递至 SCN，再通过颈上神经节将昼夜节律信息传递至松果体，调控夜间褪黑素的分泌[15]。研究显示，褪黑素通过结合 SCN 中的 MT1 和 MT2 受体调节昼夜节律，并通过反馈机制激活这些受体，调整神经元放电频率，影响昼夜节律[16]。它还能直接作用于 SCN 重置昼夜节律，并通过影响基因表达调控昼夜节律，维持正常节律[17]。

CRD 就是人体的节律被外部刺激或内部因素打乱，导致时钟同步失衡、振幅下降或相位错位。现代生活中的人造光、轮班工作、社交时差及跨时区飞行等行为都会导致 CRD[18]。首先是环境光照的因素，如人工光源、夜间强光或光污染会抑制褪黑素分泌，削弱光信号对 SCN 的同步作用，从而导致节律相位提前或延后[19]，因跨时区旅行导致的昼夜光照时间快速改变，使 SCN 与外周时钟之间的相位差增大，产生“时差综合征”[20]。行为与生活方式的变化也会导致 CRD：轮班工作产生的工作时间与自然光暗周期冲突，迫使机体在不适宜的时间进食、活动，与机体的生物钟不匹配进而破坏外周时钟的同步[21]。此外，运动可调控血清素、神经肽 Y、褪黑素等信号分子，调节 SCN 功能；运动不足或运动时间不当会削弱调节作用，诱发 CRD[21-22]。时钟基因突变或表达失调如 *CLOCK*、*BMAL1*、*PER*、*CRY* 等核心基因的突变或转录翻译

负反馈回路受阻，会直接导致内在节律失稳[23]。机体的衰老、代谢性疾病、神经退行性病变等生理与疾病的干扰都会导致 CRD[21]。昼夜节律系统与睡眠联系紧密。当 CRD 后，睡眠状态也会被影响[24]。CRD 引发人体内源性生物钟与外界 24 h 节律的失调，进而导致昼夜节律性睡眠障碍（circadian rhythm sleep disorder，CRSD），主要表现为失眠和白天过度嗜睡（excessive daytime sleepiness，EDS）。失眠可表现为入睡困难、难以维持睡眠或睡眠质量差，而 EDS 则表现为白天过度困倦，难以保持清醒，继而影响其生活质量。一项对护士的研究调查发现，与其他两组没有夜班的护士相比，轮班护士的睡眠质量和心理健康较差，且增加夜班频率会恶化睡眠质量[25]。CRD 虽然无法直接测量，但可以通过生物标志物浓度变化来评估，如血浆或唾液中的褪黑素水平，以及使用体动记录仪等非直接测量方法[14]。

CRD 与睡眠障碍并非是同一个概念。CRD 与各种睡眠障碍之间存在双向、相互强化的关系[18,26-27]。CRD 可通过影响 SCN 相位同步性、褪黑素分泌及时钟基因表达，直接导致失眠、睡眠剥夺、睡眠质量下降等睡眠相关异常[18,28-29]。长期失眠或睡眠不足会削弱 SCN 对光暗信号的敏感性，导致相位漂移，且睡眠－觉醒节律也会导致其外部时间线索失效，进一步加剧 CRD[30]。

2　军事作业中的 CRD

军事作业对昼夜节律的影响体现在许多方面，主要有轮班工作、快速时区转换以及高强度训练等。轮班制度对军人 CRD 的影响显著。因轮班工作而引起的睡眠障碍在雷达部队、长远航舰艇部队、部队医护人员等需连续工作的岗位上发生率较高。2020 年发表的一篇关于美军睡眠的综述中报道，美军士兵在高强度训练和作战环境下，由于昼夜节律的改变，可能会导致睡眠障碍和心理压力增加[31]。Matsangas 等[32]的调查发现，换班、值夜班的海军舰艇官兵睡眠严重不足、睡眠效率低。针对倒班医护人员的调查显示，倒班人员的失眠检出率为 79.25%，高于非倒班人员的失眠检出率（51.16%）[33]。潜艇部队进行潜航任务时，艇员们需要在至少 18 h 的工作周期内执行任务，这会使得他们的生物钟难以同步到新的光暗和睡眠－清醒周期节律[34]，继而导致其在任务后期出现一系列的生理或心理不适。

时差综合征是指个体在转换时区后出现疲劳、迷乱和睡眠不佳的症状。它的发生与跨时区数以及航行方向有关，研究表明通常跨越 4 个时区以上会出现时差综合征[35]。时差综合征在维和部队、长航官兵、潜艇官兵和飞行员等群体中较为常见。2021 年的一项研究显示，持续的 CRD 会导致抑郁样行为，并抑制免疫反应，这表明 CRD 可能通过神经生物学机制影响情绪健康[36]。对长航人员的研究显示，处于失眠状态的 39 位官兵中有 76.3% 的官兵认为时差调整影响了其睡眠[37]。另有研究表明，频繁跨时区飞行会扰乱褪黑素分泌节律，时差障碍可引发日间嗜睡以及决策能力受损，该现象与褪黑素在调节昼夜节律和睡眠中的关键作用密切相关[38-39]。

高强度军事训练和作战环境下的压力也会对军人的昼夜节律产生影响。研究表明，在高强度的训练环境下，自然的皮质醇节律可能会被打乱，导致皮质醇水平在不适当的时间段内升高或降低，从而影响睡眠习惯和整体生物钟[40]。这些压力不仅会影响军人的睡眠质量，还会导致体内神经连接、内分泌和分子信号级联的变化，从而对短期和长期的心理和行为结果产生负面影响[31]。

此外，除上述 3 类普遍影响因素外，性别差异带来的节律敏感性差异也值得关注。女性军人在部署期间面临较大的心理和生理压力，这些压力可能通过改变褪黑素分泌水平或扰乱昼夜节律稳态来影响睡眠质量[25]。有研究报道，军队部署期间的睡眠时间减少和睡眠质量下降与心理健康问题（如抑郁和焦虑）密切相关[41-42]。

3　CRD 与军人心理疾病的关系

情绪障碍、认知障碍和创伤后应激障碍（post-traumatic stress disorder，PTSD）是军人常见的心理疾病[43]，这些心理疾病与 CRD 之间存在双向关系，CRD 可以增加多种心理疾病的患病率，而心理疾病也会加重 CRD[44]。

3.1　情绪障碍

CRD 与情绪障碍之间存在密切关联[26,45-48]。夜间大部分工作会持续暴露于人造光下，而人造光会通过 SCN 影响到参与情绪调节的大脑区域，可能导致出现情绪障碍，可以表现为抑

郁、焦虑、双相情感障碍甚至是精神分裂症。一项针对韩国 14 114 名电子产品制造厂工作人员的调查分析发现，与白班工人相比，轮班工人的失眠、抑郁和自杀的概率显著增加[49]。Karatsoreos 等[50]将小鼠饲养在与其内源节律不匹配的 20 h 光暗周期环境后发现，小鼠的血浆胰岛素和瘦素水平升高；小鼠大脑内侧前额叶皮质神经元的复杂性降低，前边缘皮质树突长度减少；行为上表现为学习能力下降和情绪的显著变化。内侧前额叶皮质与认知、记忆、社交、情绪相关，有研究表明慢性压力会导致内侧前额叶皮质的神经元萎缩和突触缺陷，从而诱发焦虑和抑郁样行为[51]。CRD 是双相情感障碍的状态标志和特征，有报道表明，昼夜节律的破坏可以诱发双相情感障碍[18]。部分作息不规律的人群即便昼夜节律与睡眠未出现显著异常，其认知与情绪功能仍可能受损，该现象或与光照对内在光敏感视网膜神经节细胞的直接作用有关[48]。

3.2　*认知功能下降*　CRD 对认知功能，特别是对工作记忆和信息处理速度有不良影响。一项系统评价指出，夜班工作可能会对注意力、记忆和反应抑制等认知领域产生严重的即时负面影响，并且随着连续夜班或长时间工作暴露的增加，认知表现会逐渐恶化[52]。还有研究指出，睡眠中断（包括睡眠剥夺、睡眠限制和昼夜节律中断）会影响复杂认知任务的表现，不过该效应弱于其对简单认知任务的损害[53]。CRD 可以通过影响时钟基因表达水平和振荡节律来促进术后认知功能障碍的发生发展，而改善 CRD 可以缓解甚至逆转认知损害[54]。此外，有动物实验表明早期生活中的 CRD 会加速大鼠后期认知衰退[55]。总之，睡眠不足和 CRD 会导致记忆力减退、思维迟缓、决策能力下降等认知功能损害[56-58]，这对需要高度集中注意力和快速反应的军事任务来说尤为不利，而且长期的 CRD 还与神经退行性疾病的风险增加相关[11]。

军人在经历睡眠剥夺后，其认知功能和决策能力会受到显著影响，包括注意力、判断力、反应能力和决策力的受损，以及信息整合能力和决策质量的降低[59]。研究显示，睡眠剥夺还会导致认知资源的减少与认知能力的普遍性下降，同时诱导复杂的负性情绪，并造成个体对输－赢的情绪反应不同[60]。此外，CRD 还会导致神经退行性病变的发生。CRD 会导致神经系统内的星形胶质细胞和小胶质细胞激活，并且诱导神经炎症；会使氧化还原防御基因的昼夜节律转录受损并对神经造成伤害；会减少褪黑素的分泌，使 β- 淀粉样蛋白（amyloid β-protein，Aβ）在大脑中沉积并导致疾病进一步发展[61]。睡眠剥夺显著增加脑脊液中 Aβ、Tau 蛋白两种与神经退行性疾病相关的蛋白水平[62]。

3.3　*PTSD*　CRD 在 PTSD 的发病、维持和加重过程中扮演关键角色，约 70%～80% 的 PTSD 患者伴随失眠、早醒、噩梦等睡眠障碍，这些症状与昼夜节律失调密切相关[63]。患有 PTSD 的军人会出现睡眠结构的改变，表现为入睡潜伏期延长、觉醒次数增多、总睡眠时间缩短、深睡和快速眼动睡眠比例下降，这些均是 CRD 的客观指标[64]。

创伤应激会激活下丘脑－垂体－肾上腺轴，导致皮质醇分泌发生 CRD；同时褪黑素分泌受 SCN 调控受阻，进一步扰乱情绪调节[65-66]。研究表明，军人 PTSD 患者的夜间唾液褪黑素峰值幅度出现钝化，特定夜间时间窗褪黑素水平显著下降，提示其生理性昼夜节律功能受损[63]。PTSD 患者的交感神经活动增强、迷走神经活动下降，使得其昼夜节律的自主调节功能受损，进而加重创伤记忆的再现性[63]。良好的睡眠有助于情绪记忆的巩固，CRD 削弱了记忆整合，导致创伤记忆的侵入性复现（闪回）更为顽固[67]。CRD 会引发炎症因子升高、代谢紊乱，这些生理改变与 PTSD 的慢性化和共病（如代谢综合征）相互促进[65,68]。CRD 的程度与 PTSD 患者的总体症状、抑郁、焦虑以及自杀风险呈正相关[69-71]。研究表明，社会节律规律性（如固定的起居、进餐、工作时间）能够缓冲睡眠紊乱对 PTSD 与抑郁症状的负面影响[72]。

4　针对军人 CRD 的干预措施

4.1　*一般方法*　开展相关卫生健康教育，进行广泛的昼夜节律和睡眠障碍相关知识科普，促使军人养成良好的昼夜节律尤其是睡眠卫生习惯。合理安排军人作息，保障充足的睡眠时间，同时保障良好的休息环境，避免长时间从事高噪声、高强度的活动。避免在睡前摄入咖啡因和酒精。在执行军事任务前延长睡眠时间进行睡眠储备，以及在长时间行动中条件允许时进行预防性小睡，甚至在必要时使用药物诱导睡眠，可以减轻军事行动所致的睡眠剥夺带来的损害[73]。美国陆军生物技术高性能

计算软件应用研究所研发的睡眠 / 警觉性管理工具（2B-Alert），依托整合睡眠压力与警觉性昼夜节律的统一行为表现模型开展量化测算，通过心理运动警觉性测试动态评估个体对睡眠剥夺的敏感程度，可精准预测不同咖啡因摄入方案对认知表现的改善效应，同时结合个体此前一周的睡眠基线数据，预判其后续遭遇睡眠限制阶段的认知能力下降速率，以及后续恢复睡眠阶段的警觉性复原效率，完整实现对睡眠储备效应的精准模拟[74]，进而帮助准备执行任务的军人在任务前进行睡眠储备，防止因睡眠不足导致 CRD 而影响官兵身心健康以及任务的完成。此外，适量的体力活动和定期锻炼也有助于调整昼夜节律。

4.2　*心理治疗*　心理治疗如失眠认知行为疗法和正念认知疗法在改善睡眠质量和管理心理健康方面具有显著效果。认知行为治疗是用于治疗失眠障碍的首选治疗方案。针对美国现役军人的失眠认知行为疗法研究显示，该疗法显著改善了睡眠效率、总睡眠时间、入睡潜伏期和整体睡眠质量，26% 失眠患者的失眠症状达到临床显著改善[75]。美国匹兹堡大学精神病学系开发交互式增强复原力睡眠策略（interactive resilience-enhancing sleep tactics），对现役及退伍军人开展干预研究，依托移动健康平台对受试者睡眠进行电子监测，并提供个体化睡眠行为指导；结合受试者睡眠行为变化进行周期性评估与动态干预调整，以期改善受试者睡眠结局[76]。这种数字化移动平台有助于认知行为治疗的推广，十分适合相对独立，且就医不便并有广泛需求的军人群体[76]。正念认知疗法通过培养个体对当下的觉察和对想法、情绪的接纳，在管理心理健康问题和提升睡眠质量方面成效显著[77]。

4.3　*药物治疗*　传统的药物治疗方案仍是治疗军人 CRD 的主要方式，包括褪黑素、苯二氮䓬类药物、非苯二氮䓬类药物、褪黑素受体激动剂、具有镇静催眠作用的抗抑郁药等。药物治疗需严格按照医嘱进行，正规使用相关药物，防止出现药物滥用及药物依赖等不良事件[73]。褪黑素因其较低的不良作用风险，现被广泛应用于调节睡眠及昼夜节律。研究表明，褪黑素可以通过调节体温和唤醒系统，帮助人们更快入睡，并改善睡眠－觉醒周期[78]。对于发生时差反应的健康成年人，跨时区飞行后使用褪黑素或可缩短睡眠潜伏期、改善睡眠质量，但该结论尚需更大样本研究进一步验证[78]。褪黑素的催眠效果取决于摄入时间，通常在睡前 30 min 至 1 h 内服用效果最佳[78]。食欲素 -A（orexin-A）是一种下丘脑特定神经元分泌的神经肽，参与睡眠与觉醒状态的调控，具有促进和维持觉醒的作用[79]。食欲素受体拮抗剂（如苏沃雷生）现已投入临床治疗失眠。在军事环境中，药物干预也被用于提升作战能力。例如，美国空军批准使用短效药物来帮助士兵应对时差反应[80]。针对失眠所致的日间困倦，促醒药物如氟马西尼、咖啡因、食欲素 -A、莫达芬尼等可用来配合军事行动的部署，减少因嗜睡导致的意外事故[81]。

4.4　*物理治疗*　目前针灸、电疗、光照疗法、音乐疗法等临床常用的综合物理疗法，可以合理应用于治疗军人的睡眠障碍及调整昼夜节律[82-84]。针灸和电刺激可以调节人体褪黑素水平，从而改善睡眠质量。光照暴露对昼夜节律有重要影响。在进行自西向东的任务中，到达新的时区后，应尽量避免中午前的阳光直射导致昼夜节律延迟，而应在午后 15:00～18:00 内进行最大化阳光暴露，以强化节律提前，从而适应新的时区[82-85]。此外，使用防蓝光眼镜可以在晚上减少有害蓝光的暴露，有助于改善睡眠质量[82-84]。另有研究开发了专门针对海上军事人员的昼夜节律、光照和睡眠技能计划（CLASS-SIM），以解决其独特的睡眠问题[86]。

5　总结与展望

本文综述了 CRD 对军人心理健康的影响及其内在生理机制，并探讨了多层次的干预策略。

综上所述，昼夜节律作为维持机体稳态的核心内源性机制，其稳定运行对保障军人身心健康与军事作业效能至关重要。军事环境中的轮班工作、跨时区部署及高强度持续作业等因素，通过干扰 SCN 的正常节律，引发褪黑素分泌抑制、下丘脑－垂体－肾上腺轴功能紊乱及时钟基因表达失调，进而从分子到行为层面加剧情绪障碍、认知障碍等心理问题，并与心理问题形成恶性循环。综合现有研究证据，健康教育、心理行为干预、药物治疗及物理疗法等多层次干预策略，可为军人 CRD 的防治提供科学参考与实践思路。然而，该领域仍存在诸多亟待探索的科学问题。未来对军人昼夜节律研究可

着重在以下方向进行深化与拓展：

（1）机制研究的深化与整合：未来应充分利用多组学技术，探究军事应激条件下 CRD 在特定脑区（如前额叶皮质、海马体、杏仁核）的特异性分子改变。同时，整合神经内分泌－免疫网络视角，阐明 CRD 如何通过“脑－体轴”影响全身生理功能，特别是其与神经炎症的相互作用，从而揭示情绪与认知共病障碍的深层机制。

（2）个性化与精准化干预策略的构建：鉴于军人个体在时型、时钟基因多态性及职业暴露上的差异，开发基于生物钟基因型的个体化干预方案是未来研究的关键方向。例如，根据个体的时型特征和任务周期，定制个性化的光照暴露时间表、褪黑素等节律调节药物的精准给药方案，以及认知行为疗法的最优介入时机。

（3）新技术的应用与干预：随着可穿戴设备与移动健康技术的快速发展，有望构建整合活动记录仪、环境光传感器及多维度生理参数监测模块的数字化平台。不仅可以实现对军人昼夜节律状态的实时、动态评估，还可通过算法预测 CRD 的发生风险，并自动推送个性化的干预提示，为舰艇、潜艇、高原、极地等特殊军事环境中相对独立且就医不便的军事人员提供干预支持。针对上述特殊军事场景的光照、噪音和特殊工作周期特征，还可开发与之精准适配的专属昼夜节律干预方案。

（4）长期健康影响的追踪与干预：应建立军人职业健康的长期队列，追踪考察军事生涯中的慢性 CRD 与退役后神经退行性疾病、代谢性疾病及心血管疾病风险的关联，为制定贯穿军人整个生命周期的健康保障政策提供循证依据。

总之，未来的研究应致力于从“机制探索”走向“精准干预”，通过跨学科的合作，将有关昼夜节律的研究成果转化为能够保障军人身心健康、提升军事效能的实用策略，为维护军人的健康提供坚实的保障。

［参 考 文 献］

［1］ Farhadian N, Moradi A, Nami M, et al. The nexus between sleep disturbances and mental health outcomes in military staff: a systematic review[J]. Sleep Sci, 2022, 15(3): 356-362. DOI: 10.5935/1984-0063.20220063.

［2］ RAND Corporation. Are they living healthy? How well are soldiers taking care of themselves[EB/OL]. [2018-06-21]. *https://www.rand.org/pubs/infographics/IG129z4.html.*

［3］ MacGregor A J, Markwald R R, Dougherty A L, et al. The relationship between military occupation and diagnosed insomnia following combat deployment[J]. J Clin Sleep Med, 2020, 16(7): 1125-1132. DOI: 10.5664/jcsm.8444.

［4］ Klingaman E A, Brownlow J A, Boland E M, et al. Prevalence, predictors and correlates of insomnia in US army soldiers[J]. J Sleep Res, 2018, 27(3): e12612. DOI: 10.1111/jsr.12612.

［5］ Guan D, Lazar M A. Interconnections between circadian clocks and metabolism[J]. J Clin Invest, 2021, 131(15): e148278. DOI: 10.1172/JCI148278.

［6］ Stenvers D J, Scheer F A J L, Schrauwen P, et al. Circadian clocks and insulin resistance[J]. Nat Rev Endocrinol, 2019, 15(2): 75-89. DOI: 10.1038/s41574-018-0122-1.

［7］ Samanta S, Ali S A. Impact of circadian clock dysfunction on human health[J]. Explor Neurosci, 2022: 4-30. DOI: 10.37349/en.2022.00002.

［8］ Vallières A, Azaiez A, Moreau V, et al. Insomnia in shift work[J]. Sleep Med, 2014, 15(12): 1440-1448. DOI: 10.1016/j.sleep.2014.06.021.

［9］ Sweeney E, Cui Y, Yu Z M, et al. The association between mental health and shift work: findings from the Atlantic PATH study[J]. Prev Med, 2021, 150: 106697. DOI: 10.1016/j.ypmed.2021.106697.

［10］ Bass J, Lazar M A. Circadian time signatures of fitness and disease[J]. Science, 2016, 354(6315): 994-999. DOI: 10.1126/science.aah4965.

［11］ Codoñer-Franch P, Gombert M, Martínez-Raga J, et al. Circadian disruption and mental health: the chronotherapeutic potential of microbiome-based and dietary strategies[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(8): 7579. DOI: 10.3390/ijms24087579.

［12］ Leng Y, Musiek E S, Hu K, et al. Association between circadian rhythms and neurodegenerative diseases[J]. Lancet Neurol, 2019, 18(3): 307-318. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30461-7.

［13］ de Leeuw M, Verhoeve S I, van der Wee N J A, et al. The role of the circadian system in the etiology of depression[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2023, 153: 105383. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2023.105383.

［14］ Fishbein A B, Knutson K L, Zee P C. Circadian disruption and human health[J]. J Clin Investig, 2021, 131(19): e148286. DOI: 10.1172/jci148286.

［15］ Covassin N, Somers V K. Sleep, melatonin, and cardiovascular disease[J]. Lancet Neurol, 2023, 22(11): 979-981. DOI: 10.1016/S1474-4422(23)00363-0.

［16］ Pevet P, Challet E. Melatonin: both master clock output

and internal time-giver in the circadian clocks network[J]. J Physiol Paris, 2011, 105(4/5/6): 170-182. DOI: 10.1016/j.jphysparis.2011.07.001.

[17] Tordjman S, Najjar I, Bellissant E, et al. Advances in the research of melatonin in autism spectrum disorders: literature review and new perspectives[J]. Int J Mol Sci, 2013, 14(10): 20508-20542. DOI: 10.3390/ijms141020508.

[18] Walker W H 2nd, Walton J C, DeVries A C, et al. Circadian rhythm disruption and mental health[J]. Transl Psychiatry, 2020, 10(1): 28. DOI: 10.1038/s41398-020-0694-0.

[19] Reiter R J, Liu X, Manchester L C, et al. Processes underlying chronodisruption and their proposed association with illness[M]//Chronobiology and Obesity. New York, NY: Springer New York, 2013: 55-73. DOI: 10.1007/978-1-4614-5082-5_4.

[20] Escobar C, Salgado-Delgado R, Gonzalez-Guerra E, et al. Circadian disruption leads to loss of homeostasis and disease[J]. Sleep Disord, 2011, 2011: 964510. DOI: 10.1155/2011/964510.

[21] Potter G D M, Skene D J, Arendt J, et al. Circadian rhythm and sleep disruption: causes, metabolic consequences, and countermeasures[J]. Endocr Rev, 2016, 37(6): 584-608. DOI: 10.1210/er.2016-1083.

[22] Baron K G, Reid K J. Circadian misalignment and health[J]. Int Rev Psychiatry, 2014, 26(2): 139-154. DOI: 10.3109/09540261.2014.911149.

[23] Brainard J, Gobel M, Scott B, et al. Health implications of disrupted circadian rhythms and the potential for daylight as therapy[J]. Anesthesiology, 2015, 122(5): 1170-1175. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000596.

[24] Roenneberg T, Foster R G, Klerman E B. The circadian system, sleep, and the health/disease balance: a conceptual review[J]. J Sleep Res, 2022, 31(4): e13621. DOI: 10.1111/jsr.13621.

[25] Lin P C, Chen C H, Pan S M, et al. Atypical work schedules are associated with poor sleep quality and mental health in Taiwan female nurses[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2012, 85(8): 877-884. DOI: 10.1007/s00420-011-0730-8.

[26] Logan R W, McClung C A. Rhythms of life: circadian disruption and brain disorders across the lifespan[J]. Nat Rev Neurosci, 2019, 20(1): 49-65. DOI: 10.1038/s41583-018-0088-y.

[27] Abbott S M, Malkani R G, Zee P C. Circadian disruption and human health: a bidirectional relationship[J]. Eur J Neuroscience, 2020, 51(1): 567-583. DOI: 10.1111/ejn.14298.

[28] Ahmad M, Md Din N S B, Tharumalay R D, et al. The effects of circadian rhythm disruption on mental health and physiological responses among shift workers and general population[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(19): 7156. DOI: 10.3390/ijerph17197156.

[29] He Q Y, Dai N, Mao M, et al. Insomnia and circadian rhythm: a bibliometrics study and visualization analysis via CiteSpace[J]. Front Neurol, 2023, 14: 1184302. DOI: 10.3389/fneur.2023.1184302.

[30] Flynn-Evans E E, Shekleton J A, Miller B, et al. Circadian phase and phase angle disorders in primary insomnia[J]. Sleep, 2017, 40(12). DOI: 10.1093/sleep/zsx163.

[31] Good C H, Brager A J, Capaldi V F, et al. Sleep in the United States military[J]. Neuropsychopharmacology, 2020, 45(1): 176-191. DOI: 10.1038/s41386-019-0431-7.

[32] Matsangas P, Shattuck N L. Sleep quality, occupational factors, and psychomotor vigilance performance in the U.S. Navy sailors[J]. Sleep, 2020, 43(12): zsaa118. DOI: 10.1093/sleep/zsaa118.

[33] 武陈陈，杨晓萍，任伟，等. 倒班对某部队医院ICU护士心理健康及睡眠质量影响的调查[J]. 工业卫生与职业病，2021，47(1)：34-36，39. DOI: 10.13692/j.cnki.gywsyzyb.2021.01.010.

[34] Youngstedt S D, Elliott J, Patel S, et al. Circadian acclimatization of performance, sleep, and 6-sulfatoxymelatonin using multiple phase shifting stimuli[J]. Front Endocrinol, 2022, 13: 964681. DOI: 10.3389/fendo.2022.964681.

[35] 王志翔. 飞行时差综合征[J]. 旅行医学科学，2000，6(3)：6-7.

[36] Chen R, Weitzner A S, McKennon L A, et al. Chronic circadian phase advance in male mice induces depressive-like responses and suppresses neuroimmune activation[J]. Brain Behav Immun Health, 2021, 17: 100337. DOI: 10.1016/j.bbih.2021.100337.

[37] 费宇行，王丽华，李靖，等. 长时间海上航行人员睡眠状况调查分析[J]. 军事医学, 2012, 36 (8): 571-574.

[38] Grajewski B, Nguyen M M, Whelan E A, et al. Measuring and identifying large-study metrics for circadian rhythm disruption in female flight attendants[J]. Scand J Work Environ Health, 2003, 29(5): 337-346. DOI: 10.5271/sjweh.740.

[39] Zee P C, Attarian H, Videnovic A. Circadian rhythm abnormalities[J]. Continuum, 2013, 19(1): 132-147. DOI: 10.1212/01.con.0000427209.21177.aa.

[40] Soslu R, Uysal A, Devrilmez M, et al. Effects of high-intensity interval training program on pituartry function in basketball players: a randomized controlled trial[J]. Front Physiol, 2023, 14: 1219780. DOI: 10.3389/fphys.2023.1219780.

[41] Gehrman P, Seelig A D, Jacobson I G, et al. Predeployment sleep duration and insomnia symptoms

as risk factors for new-onset mental health disorders following military deployment[J]. Sleep, 2013, 36(7): 1009-1018. DOI: 10.5665/sleep.2798.

[42] Cooper A D, Kolaja C A, Markwald R R, et al. Longitudinal associations of military-related factors on self-reported sleep among U.S. service members[J]. Sleep, 2021, 44(12): zsab168. DOI: 10.1093/sleep/zsab168.

[43] 冯正直，甘丽英. 中国军人抑郁的流行病学特征及危险因素横断面研究[C]//第十七届全国心理学学术会议，2014：615-619.

[44] 郭金虎，马晓红，甘锡惠. 时差的生理影响及治疗[J]. 自然杂志，2021，43(4)：297-307. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9608.2021.04.008.

[45] Walker W H, Walton J C, Nelson R J. Disrupted circadian rhythms and mental health[J]. Handb Clin Neurol, 2021, 179: 259-270. DOI: 10.1016/B978-0-12-819975-6.00016-9 .

[46] Bhatnagar A, Murray G, Ray S. Circadian biology to advance therapeutics for mood disorders[J]. Trends Pharmacol Sci, 2023, 44(10): 689-704. DOI: 10.1016/j.tips.2023.07.008.

[47] Lane J M, Qian J, Mignot E, et al. Genetics of circadian rhythms and sleep in human health and disease[J]. Nat Rev Genet, 2023, 24(1): 4-20. DOI: 10.1038/s41576-022-00519-z.

[48] 田杰，张怡琳，万嗣宝，等. 昼夜节律、肠道微生物与精神健康关系的研究进展[J]. 食品与发酵工业，2023，49(19)：329-337. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034541.

[49] Kang M Y, Kwon H J, Choi K H, et al. The relationship between shift work and mental health among electronics workers in South Korea: a cross-sectional study[J]. PLoS One, 2017, 12(11): e0188019. DOI: 10.1371/journal.pone.0188019.

[50] Karatsoreos I N, Bhagat S, Bloss E B, et al. Disruption of circadian clocks has ramifications for metabolism, brain, and behavior[J]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2011, 108(4): 1657-1662. DOI: 10.1073/pnas.1018375108.

[51] Wohleb E S, Terwilliger R, Duman C H, et al. Stress-induced neuronal colony stimulating factor 1 provokes microglia-mediated neuronal remodeling and depressive-like behavior[J]. Biol Psychiatry, 2018, 83(1): 38-49. DOI: 10.1016/j.biopsych.2017.05.026.

[52] Leso V, Fontana L, Caturano A, et al. Impact of shift work and long working hours on worker cognitive functions: current evidence and future research needs[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(12): 6540. DOI: 10.3390/ijerph18126540.

[53] Wickens C D, Hutchins S D, Laux L, et al. The impact of sleep disruption on complex cognitive tasks: a meta-analysis[J]. Hum Factors, 2015, 57(6): 930-946. DOI: 10.1177/0018720815571935.

[54] 宋佳. 昼夜节律紊乱在术后认知功能障碍中的作用及相关机制研究[D]. 南京：南京大学，2017.

[55] Zhang Y, Wang W, Li Y, et al. Does circadian rhythm disruption during their early development have lasting effects on cognition of the elder rats?[J]. Neuroreport, 2020, 31(7): 544-550. DOI: 10.1097/WNR.0000000000001443.

[56] Valdez P. Circadian rhythms in attention[J]. Yale J Biol Med, 2019, 92(1): 81-92.

[57] Yalçin M, Mundorf A, Thiel F, et al. It’s about time: the circadian network as time-keeper for cognitive functioning, locomotor activity and mental health[J]. Front Physiol, 2022, 13: 873237. DOI: 10.3389/fphys.2022.873237.

[58] Valdez P, Ramírez C, García A. Circadian rhythms in cognitive performance: implications for neuropsychological assessment[J]. ChronoPhysiology Ther, 2012, 2: 81-92. DOI: 10.2147/CPT.S32586.

[59] Passi T, Lukander K, Laarni J, et al. Effects of overnight military training and acute battle stress on the cognitive performance of soldiers in simulated urban combat[J]. Front Psychol, 2022, 13: 925157. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.925157.

[60] 彭嘉熙，赵鹿鸣，方鹏，等. 睡眠剥夺对风险决策的影响机制探讨[J]. 心理科学进展，2020，28(11)：1789-1799. DOI: 10.3724/SP.J.1042.2020.01789.

[61] Uddin M S, Tewari D, Mamun A A, et al. Circadian and sleep dysfunction in Alzheimer’s disease[J]. Ageing Res Rev, 2020, 60: 101046. DOI: 10.1016/j.arr.2020.101046.

[62] Holth J K, Fritschi S K, Wang C, et al. The sleep-wake cycle regulates brain interstitial fluid Tau in mice and CSF Tau in humans[J]. Science, 2019, 363(6429): 880-884. DOI: 10.1126/science.aav2546.

[63] Paul M A, Love R J, Jetly R, et al. Blunted nocturnal salivary melatonin secretion profiles in military-related posttraumatic stress disorder[J]. Front Psychiatry, 2019, 10: 882. DOI: 10.3389/fpsyt.2019.00882.

[64] 李国正，钟文波，张志斌，等. 驻疆官兵创伤后应激障碍及睡眠障碍的调查[J]. 神经损伤与功能重建，2018，13(3)：138-141.

[65] Agorastos A, Kellner M, Baker D G, et al. When time stands still: an integrative review on the role of chronodisruption in posttraumatic stress disorder[J]. Curr Opin Psychiatry, 2014, 27(5): 385-392. DOI: 10.1097/YCO.0000000000000079.

[66] Speer K E, Semple S, Naumovski N, et al. HPA axis function and diurnal Cortisol in post-traumatic stress disorder: a systematic review[J]. Neurobiol Stress,

2019, 11: 100180. DOI: 10.1016/j.ynstr.2019.100180.

［67］ Rosi-Andersen A, Meister L, Graham B, et al. Circadian influence on intrusive re-experiencing in trauma survivors' daily lives[J]. Eur J Psychotraumatol, 2022, 13(1): 1899617. DOI: 10.1080/20008198.2021.1899617.

［68］ Serhiyenko A, Baitsar M, Sehin V, et al. Post-traumatic stress disorder, insomnia, heart rate variability and metabolic syndrome (narrative review)[J]. Proc Shevchenko Sci Soc Med Sci, 2024, 73(1). DOI: 10.25040/ntsh2024.01.07.

［69］ Sandahl H, Baandrup L, Vindbjerg E, et al. Social zeitgebers and circadian dysrhythmia are associated with severity of symptoms of PTSD and depression in trauma-affected refugees[J]. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci, 2021, 271(7): 1319-1329. DOI: 10.1007/s00406-021-01266-8.

［70］ Dell'Osso L, Massimetti G, Conversano C, et al. Alterations in circadian/seasonal rhythms and vegetative functions are related to suicidality in DSM-5 PTSD[J]. BMC Psychiatry, 2014, 14: 352. DOI: 10.1186/s12888-014-0352-2.

［71］ Carmassi C, Cruz-Sanabria F, Gravina D, et al. Exploratory study on the associations between lifetime post-traumatic stress spectrum, sleep, and circadian rhythm parameters in patients with bipolar disorder[J]. Int J Environ Res Public Health, 2023, 20(4): 3566. DOI: 10.3390/ijerph20043566.

［72］ Boland E M, Goldschmied J R, Kelly M R, et al. Social rhythm regularity moderates the relationship between sleep disruption and depressive symptoms in veterans with post-traumatic stress disorder and major depressive disorder[J]. Chronobiol Int, 2019, 36(10): 1429-1438. DOI: 10.1080/07420528.2019.1644344.

［73］ 刘雅贞，蒋晓江，郎莹，等. 军事人员睡眠障碍防护研究进展[J]. 西南国防医药，2020，30(3)：267-269. DOI:10.3969/j.issn.1004-0188.2020.03.031.

［74］ Capaldi V F, Balkin T J, Mysliwiec V. Optimizing sleep in the military challenges and opportunities[J]. Chest, 2019, 155(1): 215-226. DOI: 10.1016/j.chest.2018.08.1061.

［75］ Hoyt T, Lee M R G, Stolee J D, et al. Cognitive behavioral therapy for insomnia among active duty military personnel diagnosed with obstructive sleep apnea[J]. Mil Med, 2023, 188(9/10): 2856-2861. DOI: 10.1093/milmed/usac264.

［76］ Pulantara I W, Parmanto B, Germain A. Clinical feasibility of a just-in-time adaptive intervention app (iREST) as a behavioral sleep treatment in a military population: feasibility comparative effectiveness study[J]. J Med Internet Res, 2018, 20(12): e10124. DOI: 10.2196/10124.

［77］ Lei S. Recent advances on the relationship between mental health and sleep disorders[J]. PIJ, 2023, 6(3): 9-14. DOI: 10.55014/pij.v6i3.380.

［78］ Costello R B, Lentino C V, Boyd C C, et al. The effectiveness of melatonin for promoting healthy sleep: a rapid evidence assessment of the literature[J]. Nutr J, 2014, 13(1): 106. DOI: 10.1186/1475-2891-13-106.

［79］ 张明慧，高颖. 食欲素参与失眠、偏头痛治疗的研究现状[J]. 中国临床药理学杂志，2021，37(15)：2104-2107，2112. DOI: 10.13699/j.cnki.1001-6821.2021.15.040.

［80］ Ferrer C F Jr, Bisson R U, French J. Circadian rhythm desynchronosis in military deployments: a review of current strategies[J]. Aviat Space Environ Med, 1995, 66(6): 571-578.

［81］ 韩政元，武子敬，洪德轩，等. 飞行人员睡眠障碍表现特点与干预措施研究进展[J]. 空军军医大学学报，2024，45(11)：1324-1328. DOI: 10.13276/j.issn.2097-1656.2024.11.025.

［82］ West K E, Jablonski M R, Warfield B, et al. Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans[J]. J Appl Physiol (1985), 2011, 110(3): 619-626. DOI: 10.1152/japplphysiol.01413.2009.

［83］ 龚珏如，唐玲. 睡眠障碍物理治疗的研究进展[J]. 中国当代医药，2023，30(10)：48-53. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2023.10.013.

［84］ 王晓丽，邹鑫平，张紫燕，等. 物理疗法干预睡眠障碍研究进展[J]. 科学技术与工程，2023，23(27)：11477-11485. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1815.2023.27.001.

［85］ Sandbakk Ø, Solli G S, Talsnes R K, et al. Preparing for the Nordic skiing events at the Beijing olympics in 2022: evidence-based recommendations and unanswered questions[J]. J Sci Sport Exerc, 2021, 3(3): 257-269. DOI: 10.1007/s42978-021-00113-5.

［86］ Harrison E M, Schmied E A, Hurtado S L, et al. The development, implementation, and feasibility of a circadian, light, and sleep skills program for shipboard military personnel (CLASS-SM)[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(5): 3093. DOI: 10.3390/ijerph19053093.

［本文编辑］ 魏学丽