



运动员睡眠评价方法的应用研究进展

陆姣姣, 邱俊*

摘要: 在以睡眠研究的评价体系和临床诊疗推荐指南作为睡眠评价方法的前提下, 重点讨论运动科学研究中实际涉及运动员睡眠评价的研究案例, 分析睡眠日记、匹兹堡睡眠质量指数量表(PSQI)、Epworth嗜睡量表(ESS)、运动员睡眠筛查问卷(ASSQ)、运动员睡眠行为问卷(ASBQ)、睡眠卫生指数(SHI)、多导睡眠图(PSG)、体动图、商业睡眠技术等主客观睡眠评价工具或手段的适用性和局限性, 为对运动员的睡眠障碍和睡眠相关行为进行准确可靠的评价提供参考意见。

关键词: 睡眠质量; 睡眠评价; 运动能力; 运动表现

中图分类号: G804 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2020)05-0083-10

DOI: 10.12064/ssr.20200512

Studies on Application of Athlete Sleep Evaluation Methods: A Review

LU Jiaojiao, QIU Jun*

(Shanghai Research Institute of Sports Science & Shanghai Anti-Doping Agency, Shanghai 200030, China)

Abstract: With the evaluation system of sleep research and the recommended guideline for clinical diagnosis and treatment as the premise of adult sleep evaluation, this study mainly discussed the actual cases of sleep evaluation for athletes in sports science research. The applicability and limitations of sleep diaries, Pittsburgh Sleep Quality Index scale (PSQI), the Epworth Sleepiness Scale (ESS), Athlete Sleep Screening Questionnaire (ASSQ), Athlete Sleep Behavior Questionnaire (ASBQ), Sleep Hygiene Index (SHI), polysomnography (PSG), Actigraphy, Commercial Sleep Techniques were analyzed, so as to provide a reference for accurate and reliable evaluation of sleep disorders and sleep-related behaviors of athletes.

Key Words: sleep quality; sleep evaluation; athletic ability; sports performance

睡眠、昼夜节律因素与认知及代谢功能之间存在着重要联系^[1-3]。在运动科学研究中, 睡眠时间和睡眠质量被认为是影响运动能力、运动后恢复和运动表现的关键因素^[4], 近年来受到越来越多的关注。睡眠在运动表现、能量恢复、疾病损伤、新陈代谢、认知记忆和情绪方面发挥作用, 它能够为身体提供恢复的能力^[5]。运动员作为一个特殊的群体, 睡眠质量并不优于普通人, 训练和比赛周期又使得运动员的生活节奏异于普通大众^[6], 如何评价运动员的睡眠是难点, 也是运动员睡眠研究中首先需要解决的问题。目前还没有一套标准的方法或流程能够对运动员的睡眠障碍和睡眠相关行为进行准确可靠的评价。笔者将结合临床上关于睡眠障碍的诊疗指南和运动科学研究中涉及运动员睡眠评价的实践案例进

行综述, 对运动员睡眠评价常用的工具和手段进行探讨, 了解各种方法的适用性和局限性, 以期为科研人员开展运动员睡眠研究和实践工作提供参考。

1 睡眠研究的评价体系和推荐指南

1.1 睡眠研究的评价体系

睡眠的评价主要包括睡眠分期和睡眠质量评价两个部分。睡眠分期的准则包括较早的由 Rechtschaffen 与 Kale 提出的 R&K 准则和 2007 年由美国睡眠医学会(AASM)确定的 AASM 准则^[7]。AASM 准则主要根据脑电、眼动、肌电 3 类信号特征, 将睡眠过程分为 5 个间期, 分别是 W 期即觉醒期(wakefulness)、N1 期即非快速眼动睡眠 1 期(NREM1)、N2 期即非快速眼动睡眠 2 期(NREM2)、N3 期即非

收稿日期: 2019-10-29

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划项目(19dz1200700); 上海市体育科技“重点备战攻关”项目(19J015)。

第一作者简介: 陆姣姣, 女, 硕士, 助理研究员。主要研究方向: 运动能力评价、运动机能监控与营养调控。E-mail: lujiaojiao1018@163.com。

* 通信作者简介: 邱俊, 女, 博士, 研究员。主要研究方向: 运动员机能监控和疲劳恢复、减控体重的营养调控应用研究。

E-mail: qiujiang@hotmail.com。

作者单位: 上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心), 上海 200030。



快速眼动睡眠 3 期 (NREM3) 和 R 期即快速眼动睡眠期 (REM)^[18], 这种分期准受到学界的普遍认可。睡眠质量的评价主要分为主观评价和客观评价。主观评价工具包括睡眠日记和各类问卷量表, 客观评价工具主要是多导睡眠图 (polysomnography, PSG) 和体动记录仪。

1.2 睡眠障碍诊疗指南

目前关于睡眠障碍的诊疗指南, 最具代表性的是 2008 年由 AASM 制定的《成人慢性失眠评价和管理临床指南》^[9]。该指南的特点是内容严谨、透明度较高、临床实用性较强, 但该指南涉及人群不包括儿童、老年人, 甚至是运动员这类特殊人群。国内较为权威的指南是 2012 年由中华医学会神经病学分会睡眠障碍学组制定的《中国成人失眠诊断与治疗指南》^[10], 该指南与 AASM 指南 (2008) 的吻合度较高, 考虑到 AASM 指南的权威性, 我国睡眠医学领域的专家于 2016 年以这两部指南为范本, 进行了修订、更新和补充, 完成了《中国失眠障碍诊断和治疗指南》^[11]的撰写, 该指南旨在为临床医护人员和睡眠医学领域研究人员提供规范化睡眠障碍诊断与治疗框架, 主要特点是基于最新的睡眠障碍国际分类标准, 严格依据循证医学证据, 贴近临床实际, 增加了儿童、妊娠期女性和老年人等特殊人群的睡眠障碍诊断与治疗, 并且强调认知行为疗法在失眠障碍治疗中的地位, 还增加了物理治疗和中医药治疗^[12]。全文中对于睡眠质量评价的工具采用了睡眠日记、睡眠问卷、PSG 和体动记录仪等多种手段, 在不同的人群和疾病鉴别诊断中侧重不同, 但均未提及运动员这一特殊的群体。事实上关于特殊人群的睡眠评价, 早在 20 世纪 50 年代, 美国军方就开展了相关研究, 如士兵睡眠障碍对作战能力的影响研究, 近年来仍呈上升趋势^[13-15]。我国的军事睡眠医学专家认为睡眠与觉醒功能的维护和调控是特殊军事作业环境中脑功能防护措施有效性的检验指标。睡眠研究在航空航天领域也一直备受关注^[16-17]。

随着运动训练的科学性增加, 体育科学研究者借鉴了临床的应用经验, 一定程度上为研究运动员的睡眠提供了指导性意见。但在解决某一训练或比赛阶段的具体睡眠问题时, 仍需要选择更有针对性的方法。

2 睡眠质量的主观评价方法

2.1 睡眠日记

睡眠日记是不可缺少的主观评价手段, 是应用

范围最广, 也最为经济实用的评价方法。通过记录日记可以获得每日的就寝时间、入睡潜伏期、夜醒次数、夜醒时间、晨醒时间、睡眠总时间、睡眠效率以及白天小睡时间等睡眠数据, 可了解受试者 1 周或者更长时间的睡眠总体情况以及睡眠障碍可能存在的原因 (如白天有无午睡或服用药物情况), 为后续的研究提供可行性依据。

Erlacher 等人对 840 名不同项目的德国运动员进行问卷调查发现: 约 15% 的运动员表示, 在过去 12 个月内, 他们在重要比赛日或比赛前至少做过一次令人痛苦的梦, 这使得研究者认为重大比赛前和比赛中有必要通过睡眠日记来寻找睡眠和运动表现之间的密切关系^[18]。一项涵盖不同国家的 1 766 名受试者的睡眠日记可靠性研究显示: 至少需要 5 个夜晚的睡眠日记记录才能可靠地估计出 5 个睡眠核心数据, 即就寝时间、晨醒时间、入睡潜伏期、睡眠总时间和夜醒时间, 前提是受试者的睡眠模式在连续 12 周中较为稳定^[19]。事实上, 睡眠日记作为传统的睡眠评价手段, 常用于运动员睡眠障碍的行为治疗中。Sargent 等人在一项针对 70 名国家级运动员的运动疲劳研究中指出: 睡眠日记和训练日记结合作为体动图的补充, 解释了“优秀运动员的睡眠时间是由他们的训练计划决定的”这一行为特点, 特别是减少早晨的睡眠时间会明显增加训练前的疲劳程度, 提示了在制定训练时间表时, 教练应该意识到训练安排对睡眠和疲劳感的影响, 在不可避免地要早起的情况下, 应考虑减少睡眠损失的对策^[20]。随着睡眠评价手段的更新, 现在睡眠日记通常和其他评价手段联合使用。在一项为期 6 周的睡眠优化研究中, 为了提高澳大利亚足球联赛 (Australia Football League, AFL) 球员的运动表现, 睡眠日记作为全天身体活动记录、Epworth 嗜睡量表 (The Epworth Sleeping Scale, ESS)、匹兹堡睡眠质量指数量表 (Pittsburgh sleep quality index, PSQI)、情绪状态、训练压力量表、感知压力量表和精神运动警觉任务等众多量表的补充, 综合分析得出总睡眠时间增加 20 min 或睡眠效率提高 2%, 能够提升运动能力, 疲劳感减少^[21]。

2018 年《中国睡眠研究会第十届全国学术年会汇编》摘录了共识睡眠日记的诞生, 有效地标准化了我国临床及实验研究中睡眠的主观评价方法, 便于不同研究成果之间的比较。共识睡眠日记共有 3 个版本, 分别是共识睡眠日记核心版 (Consensus Sleep Diary-Core)、共识睡眠日记—清晨扩展版 (Expanded Consensus Sleep Diary for Morning), 以及共识睡眠日记—夜间扩展版 (Expanded Consensus Sleep Diary for



Evening)^[22],如能推广将有助国内睡眠研究领域的发展。

2.2 PSQI 量表

PSQI 由美国匹兹堡大学精神科医生 Buysse D. J. 博士等于 1989 年编制,属于自评量表,由 19 个单独的项目组成,共产生 7 个“成分”评分:主观睡眠质量、睡眠潜伏期、睡眠持续性、习惯性睡眠效率、睡眠紊乱、使用睡眠药物和白天功能紊乱^[23]。这 7 个部分的分数之和产生 1 个总评分,能够评价受试者最近 1 个月的睡眠质量。得分为 5 分或更高被认为是睡眠质量不佳的标志。量表填写需要 5 min 左右。我国学者对目前研究成年人睡眠障碍的量表进行汇总分析认为,PSQI 量表是成年人睡眠评价研究领域应用最广泛的自评量表^[24],重测信度可达 0.994,与睡眠评价“金标准”——PSG 的相关性较高,最适合无特殊器质性疾病的成年人的睡眠质量评价^[25]。

PSQI 量表因其成本低廉、使用不受地域限制,被广泛应用于运动员的睡眠评价。在一项涵盖 2014 年仁川亚运会全部 891 名日本参赛选手的睡眠调查中,运动员完成了包括 PSQI 量表、ESS 和睡眠卫生指数(Sleep Hygiene Index,SHI)在内的数份问卷。PSQI 量表作为最主要的主观睡眠评估工具,以 5.5 分的临床临界值作为判断睡眠质量的标准被采用^[26]。莫轶采用 PSQI 量表对 782 名专业运动员进行的睡眠调查显示:专业队运动员日常训练期间睡眠障碍的发生率为 15.5%^[27]。Abeln 等在通过脑波声音干预改善顶尖运动员睡眠质量的研究中发现:通过睡眠日记和 PSQI 量表评估 8 周的双耳节拍听觉刺激对睡眠质量的影响,得到了肯定的结果^[28]。Khalladi 等在评估卡塔尔球星联盟足球运动员睡眠特征的横断面研究中,采用 PSQI 量表和失眠严重程度指数(In-somnia Severity Index,ISI)以及 ESS 对运动员睡眠进行定性和定量监测,为后续干预措施提供证据支持,从而改善那些表现出不良睡眠特征的运动员的睡眠^[29]。但 Samuels 等人在一项采用 PSQI 量表针对加拿大成年运动员睡眠功能障碍评价的研究中指出:标准的 PSQI 量表是为普通人群设计的,没有考虑到运动员频繁的外出训练和比赛等旅行对睡眠的影响,也没有考虑环境等外部因素如沉重的训练负荷和比赛竞争压力等,因此这对运动员的睡眠评价的准确性有待商榷^[30]。

2.3 ESS

ESS 是 1991 年由澳大利亚 Epworth 睡眠研究

中心设计的用于评价白天过度嗜睡的量表,是针 8 种不同的状态下进入睡眠的可能性进行评价的自评量表,得分从 0 到 24,总分大于 10 提示明显的日间功能紊乱^[31],在睡眠研究中较少单独使用,常和 PSQI 量表联合使用进行样本量较大的睡眠研究^[26,29]。一项来自斯坦福大学 628 名运动员的睡眠质量调查显示:通过 PSQI 量表和 ESS 评分能够反映普遍存在的睡眠质量差、睡眠不足、白天嗜睡等问题^[32]。但 ESS 和 PSQI 量表均为普通成年人设计,用于评价运动员的睡眠具有局限性,如对当日的训练强度、训练时长以及训练或比赛的阶段无记录体现,因此,在运动员群体中可能需要一种更有针对性的睡眠评估工具来准确识别显著的睡眠障碍和睡眠相关行为的发生。

2.4 运动员睡眠筛查问卷

Samuels 等人在 2016 年研究设计了一种专门针对运动员的睡眠筛查问卷(Athlete Sleep Screening Questionnaire,ASSQ)。运动员可以在线答卷,并获得相关分值,以指导对睡眠障碍的管理和干预^[33]。2018 年,研究者们通过 199 名加拿大国家队运动员对 ASSQ 问卷进行了临床有效性的验证,将睡眠医学医师的判断与 ASSQ 进行比较,结果显示,ASSQ 的内部一致性(Cronbach's alpha=0.74)和重测信度($r=0.86$)均可接受,ASSQ 与 SMP 的判断结果一致(Cohen's kappa=0.84),诊断敏感性达 81%,特异性为 93%,阳性预测值 87%,阴性预测值 90%。因此认为 ASSQ 提供了一种准确有效的方法用职业运动员的睡眠评价^[34]。

目前 ASSQ 的应用还不是非常普遍,最新的应用报道是关于爱尔兰精英运动员的睡眠调查,显示运动员的睡眠问题与较差的睡眠卫生习惯、对健康的抱怨和情绪紊乱显著相关^[35]。

ASSQ 或许是一个较为适合职业运动员睡眠评价的主观评估工具,但仍需要通过更多的运动员应用研究进行验证。

2.5 运动员睡眠行为问卷

职业运动员的睡眠障碍与睡眠习惯密切相关^[36],因此,Driller 等人设计开发了运动员睡眠行为问卷(Athlete Sleep Behavior Questionnaire,ASBQ),包括 18 项与睡眠行为和习惯相关的调查,通过与 SHI、ESS 和 PSQI 以及体动图进行睡眠监测数据的比较,已完成测试复测的可靠性验证,可以区分运动员和非运动员之间的睡眠实际情况,当研究人员想要评



估运动员的睡眠行为时,ASBQ 能够提供改善运动员个人睡眠习惯方面的信息^[37]。一项针对板球运动员进行的为期 3 周的睡眠监测和个性化的睡眠卫生教育干预研究采用了包括 ASBQ、ESS 和 PSQI 量表在内的 3 份主观睡眠问卷并通过体动图提供客观睡眠指标,结果显示:使用 ASBQ 针对不良睡眠行为进行个性化的睡眠卫生教育,有效地大幅改善了优秀男性运动员的睡眠质量^[38]。有关使用 ASBQ 的应用研究仍较少,其可靠性和准确性有待进一步实践应用验证。

2.6 SHI

SHI 是为了评价睡眠相关行为而制定的,包含 12 个与睡眠习惯相关的问题。睡眠卫生教育(Sleep Hygiene Education, SHE)是临床常用的治疗失眠的方法^[39]。许多研究证实:运动员睡眠障碍可能是睡眠习惯不良导致。一项针对优秀运动员睡眠障碍的发生率及其相关因素的研究显示,有显著临床睡眠问题的运动员占到总数的 16%,而这部分运动员通常有着较差的睡眠卫生习惯、普遍的健康问题和情绪紊乱问题^[40]。另一项涵盖 632 名受试者的研究显示,随着时间的推移,无睡眠障碍的受试者的睡眠卫生行为明显更为稳定,这说明睡眠卫生习惯和睡眠质量有着密切的关系。优秀运动员的睡眠有足够的优化空间,一般的睡眠卫生与睡眠质量显著相关。SHI 的优点是,除了测量简单,它还显示出了一定的心理特性,并且可以推广到所有人群^[41]。因此 SHI 成为了运动员主观睡眠评价中的一种重要工具,也是失眠一线治疗方案认知行为疗法(Cognitive-Behavior Therapy, CBT)的重要组成部分^[42]。

以上提及的是运动员睡眠研究中经常采用的问卷,当睡眠障碍较为严重时,研究者也采用临床上用于睡眠障碍鉴别诊断的相关问卷量表,如用于测定一天中不同时间段的警醒/嗜睡程度,以及作为白天多次小睡潜伏期实验(Multiple Sleep Latency Test, MSLT)的睡前辅助问卷的斯坦福嗜睡程度问卷(Stanford Sleepiness Scale, SSS)^[43]。针对失眠程度进行测评的阿森斯失眠量表(Athens Insomnia Scale, AIS)^[44];我国学者肖卫东等根据中国精神障碍分类与诊断标准,借鉴其他睡眠障碍评定量表制订的睡眠障碍评定量表(Sleep Dysfunction Rating Scale, SDRS),既能够涵盖失眠症的症状,又着重对失眠的严重度进行总体评价,也可以对失眠的不同临床表现形式进行概括描述^[45]。

3 睡眠质量的客观评价方法

睡眠的客观评价主要利用多导睡眠图和体动图两大工具。但随着商业睡眠技术的发展,越来越多的可穿戴设备因其时尚的外形和及时的反馈体验,也在运动员群体中广泛流行,成为实践研究者们主动深入了解的一部分。

3.1 PSG

PSG 被公认为是最有效的睡眠描记技术,是测量睡眠的“金标准”,通常包括脑电、眼动、肌电、心率、呼吸、氧饱和度和身体运动这几个方面^[46]。PSG 最大的优势是能够进行睡眠分期,但因为它是一种昂贵且复杂的技术,需要专业人员来监控受试者并记录睡眠数据。PSG 通常需要在实验室或睡眠中心完成,因此纵向监测是不切实际的。

Netzer 等采用 PSG 记录 13 名训练有素的男性自行车运动员的睡眠周期变化,并同步测试尿儿茶酚胺水平,结果显示,尿儿茶酚胺是与快速眼动变化相关的标志物,均受到比赛强度刺激的影响^[47]。Davies 等使用 PSG 监测运动员的午睡结果显示,较晚开始的小睡比较早开始的小睡在慢波睡眠的持续时间明显更长。考虑到慢波睡眠对于恢复非常重要,PSG 对睡眠的分期能够较为准确地为不同午睡时间对训练后恢复提供准确的指导^[48]。Dunican 等采用 PSG 对精英橄榄球联盟球员进行睡眠评估,以调查阻塞性睡眠呼吸暂停在橄榄球运动员中的患病率^[49],并确定 PSG 技术在睡眠疾病鉴别诊断中是不可被替代的。我国学者齐华等通过同步测量 PSG 的脑电、眼动和颌肌电等指标以及心率变异,找出睡眠质量指标和心率变异指标之间的关联性,从而利用心率变异指标来反映睡眠质量^[50]。在运动员群体中也有采用 PSG 相关指标和心率变异性对吸氧干预后女子拳击运动员睡眠质量的影响等研究^[51]。但多数针对运动员的研究样本量较小,时间较短,主要还是由 PSG 在精英运动员中的可操作性决定的,PSG 的测试复杂,需要佩戴多根导线,不可避免地会对受试者睡眠本身产生影响,具有“首夜效应”,对于精英运动员高强度的训练后恢复,本身是一种负担。事实上,AASM 指南(2008)、《中国睡眠障碍诊断和治疗指南》(2017)以及澳大利亚睡眠协会均未将其作为睡眠障碍评价的首要方法,但由于 PSG 能够对睡眠进行准确的分期,因此推荐其应用于阻塞性睡眠呼吸暂停或重叠性睡眠障碍的鉴别诊断中^[12,52]。



3.2 体动记录仪

体动图由体动记录仪描记绘制,体动记录仪是基于三轴加速度计原理及算法技术的小型可穿戴设备^[53]。可以提供包括入睡潜伏期(SOL)、睡后觉醒时间(WASO)、睡眠总时间(TST)和睡眠效率(SE)在内的睡眠核心数据以及其他睡眠数据,如觉醒次数、每次觉醒时间等。目前在运动科学领域最常用的体动仪是Actigraph的GT3X+和飞利浦的ActiWatch 2,这两者与PSG的相关性均已在运动员群体中得到验证,被证实能够得出与PSG高度一致的信息,并且应用广泛^[54-56]。而与PSG相比,体动图可以方便地连续记录数天的睡眠数据,从而进行纵向的比较。

Leeder等人使用体动仪对47名奥运会运动员比赛期间每天的睡眠进行量化的描述性分析,为研究顶尖运动员的睡眠特征提供了新的客观数据^[57]。运动员的睡眠特征通常与旅行和比赛关系最为密切,Richmond等人针对洲际航空旅行对澳大利亚优秀足球运动员睡眠质量影响的研究中,采用体动仪记录整个赛季每场比赛的前、中、后运动员的睡眠数据来评估运动员睡眠模式,从而得出优秀球员跨洲旅行对比赛期间睡眠模式的影响^[58]。Montaruli等人研究了马拉松运动员在跨越时区的飞行后的睡眠,由体动仪记录的睡眠变化显示,运动可以改善睡眠质量,也可以促进飞行后的睡眠再同步,从而对变化的昼夜节律产生积极影响^[59]。

体动图的获取不需要在实验室进行,此外,体动仪可以提供详细的量化数据分析和反馈报告,尤其适合运动员的睡眠模式和睡眠行为研究。Caia等调查了45名橄榄球运动员在比赛季一周内的睡眠个体内变化。结果显示,不同级别橄榄球运动员的习惯性睡眠模式存在明显的差异,不同级别的运动员睡眠个体内的差异较大,体动图可以为制定个性化的睡眠干预措施提供依据^[60]。运用体动图来研究睡眠模式还能够为研究与睡眠密切相关的其他因素(如饮食、训练、行为等)提供更多的可能性。Daniel等人通过体动图观察到睡眠模式和饮食模式之间具有相关性,发现了比赛前白天的食物摄入总量对运动员睡眠的影响要大于正餐的升糖指数(GI)值的高低^[61]。在有关于运动员睡眠行为习惯的研究中,体动图通常配合睡眠日记来研究运动员的睡前行为(包括白天打盹,咖啡因、茶、烟酒的摄入,电子设备使用)对睡眠质量的影响^[62]。由于运动员的生物节律与训练有密切的关系,休息—活动昼夜节律(RARs)参与控制睡眠—觉醒周期。Vitale等在一项针对不同运动项目之间

RARs特征的研究中通过Actiwatch 2和ActigraphGT3X+对3个不同项目的43名运动员进行RARs的研究,结果显示不同的训练计划、训练负荷和强度会转化为不同的RARs,体能教练和医务人员应考虑将体动图作为一种常规工具来监测运动员的睡眠行为和活动水平,通过体动图纠正潜在的RARs紊乱可能有助于预防肌肉骨骼损伤^[63]。他在另一项研究中,通过体动图记录分析了高水平排球运动员在比赛前后的所有睡眠变量和知觉变化的显著差异,结果提示,教练和医务人员应该利用这些发现,在比赛不同阶段对运动员实施睡眠干预^[64]。Costa等利用体动图分析了女足运动员睡眠模式后发现,训练时间及比赛地点会导致运动员睡眠模式的改变^[65]。

在一项基于深度学习方法预测睡眠质量的研究中,Actigraph作为可穿戴医疗设备用于采集身体活动数据^[66]。事实上,体动仪在运动员群体中非常受欢迎,简单方便的佩戴方式和连续记录睡眠变化使得研究者的研究内容有了更多的可能性。AASM指南(2008)于2018年更新,推荐采用体动图进行成年人的睡眠障碍评估^[54]。体动图能够在不借助量表的情况下,独立评价睡眠模式和睡眠差异。但必须要结合睡眠日记,记录详细的入睡时间,对入睡潜伏期进行校正,否则容易造成数据偏差。尤其是混杂的影响因素也需要靠日记来记录,如饮食、药物、咖啡因等补剂,比赛地点,训练负荷变化等^[67]。

另外需要指出的是,虽然在运动员睡眠研究中推荐使用体动图,但目前还没有确切的关于体动仪佩戴在身体不同部位的优越性比较,大部分的研究均佩戴在非优势手腕^[68]。另外,体动仪得到的入睡潜伏期(SOL)必须要和睡眠日记进行校正后,才能够得到较为准确的睡眠数据^[69]。除此之外,在不同软件的使用上需要注意哪些事项(包括采样频率、数据处理准则)以获得更有效和更具有可比性的数据都是研究者需要关注的问题。

3.3 商业睡眠技术

睡眠评价方法和工具大多需要一定程度的专业知识和/或购置成本,都是经过大量的科学研究去证实其信度和效度才能够被广泛使用的。近几年,很多商业公司致力于制造一些设计时尚、成本相对较低且用户体验友好的大众化睡眠监测设备。

一类是和体动仪类似,也是利用内置陀螺仪和磁力计产生的体动数据结合算法来获得睡眠参数的可穿戴设备(手环),有些还能够同时获得心电、血氧、温度、光、噪声、电流,甚至皮温等指标^[70],可以多



维度地评价用户的睡眠质量。有研究者将 Fitbit、Jawbone、Whoop 等一些流行设备与 PSG 和 / 或体动仪进行比较,结果显示它们往往低估了睡眠中断,高估了正常受试者的总睡眠时间和睡眠效率^[71]。在一项采用 Fitbit HR Charge 智能手环和 PSG 测量年轻运动员夜间睡眠和白天小睡期间总睡眠时间的有效性的研究指出,Fitbit 计算的所谓浅睡眠和深睡眠与 PSG 测量的睡眠分期并无关系^[72]。另一项测试 Fitbit Charge 2 准确性的研究指出,当 PSQI < 5 分以及 WASO < 30 min 时推算的睡眠指标错误会显著增加^[73]。一项关于 Fitbit 模型用于睡眠评估的荟萃分析指出:新一代 Fitbit 模型综合利用心率变异性和身体运动来评估睡眠阶段,比早期一代仅利用身体运动来评估睡眠阶段的模型表现更好,但仍倾向于高估总睡眠时间,低估睡眠潜伏期,相较常规腕部运动描记器具有更高的灵敏度和特异性^[74]。另一项采用 Polar PFT 对青少年进行睡眠评估有效性的研究指出,该设备在定义睡眠开始时是准确的,但与 PSG 相比它还是低估了睡眠总时间^[75]。目前来看,研究更倾向于采用身体活动记录仪或者 PSG 进行特殊人群的睡眠科学研究^[76]。

另外一类设备是基于多普勒生物雷达技术或投影心搏仪技术以及其他一些非接触式传感技术获取如呼吸、心率、体动等相关生命参数,再通过算法来进行睡眠评价。一般将设备放在床上或床附近进行监测,对应之前的“可穿戴”(Wearable)设备,也翻译为“非接触式”(Nearable)设备。其特点是监测过程舒适度更高,不需要佩戴任何设备,完全不影响原有的睡眠习惯。如 Beddit 是一条很薄的传感带,只要把它放在被单之下,就可以获取睡眠时间、心率、呼吸及打鼾等数据,它甚至能监控到床上的湿度和温度,用户还可以从手表上得到睡眠报告和睡觉时间等提醒。

廖鹏等采用基于多普勒雷达技术的赫斯(HES)运动员睡眠与静态体征测试系统对 18 名优秀女子

水球运动员的午睡和夜间睡眠进行监测^[77]。基于中枢与心脏活动之间存在密切的神经耦联,因此不同睡眠阶段的心率会出现对应变化^[78]。结果显示不同时长午睡对运动员夜间睡眠效率无影响,但与 120 min 午睡相比,60 min 午睡有利于缩短夜间睡眠潜伏期,延长深睡时长,降低睡眠心率变异性。该研究采用的多普勒生物雷达技术所使用的传感器能够精确地重建由心肺活动引起的胸壁运动,算法能够估计呼吸、心率和心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)的一些指标^[79],但由于对内外环境敏感,睡眠监测需持续一定的长度。好处是设备为非接触式,减少了运动员睡眠过程中因佩戴设备不习惯而可能影响睡眠质量的因素。但一般对于此类设备使用的算法知之甚少,针对与 PSG 的验证也不全面。此外,这类设备由于不需要和人体特定部位接触,设备的定位以及其他外部物理因素可能影响数据质量^[70]。而一款名为 Sleep Cycle 的睡眠周期应用程序更是能够通过加速度计和听觉输入从智能手机设备检测睡眠时间和睡眠阶段,能够在长达几年的时间对人群的睡眠状况进行调查^[80]。商业睡眠设备种类繁多,但最新的研究一致认为基于移动健康的可穿戴设备用于睡眠监测是可行的且具有良好的前景,但目前来看可靠性较差^[81]。事实上,针对商业睡眠设备在运动员中的有效性研究还非常少。但这类设备用户体验较好,在运动员群体中有越来越高的使用度。以往的调查发现,运动员对自己的睡眠时间和质量缺乏自我评估^[82]。但现在看来,运动员采用各种商业设备进行自我评估也较为常见,因此有必要对此类设备的局限性进行论述。

虽然商业睡眠技术在成本和用户体验方面有一些优势,但是他们的确切机制和算法是保密的,并且后台数据无法向用户开放,因此其准确性和可靠性有限,且难以得到验证。表 1 就上述运动员常用的睡眠评价的主观及客观方法进行简单比较,以便研究者根据研究的实际情况进行选择。

表 1 运动员常用睡眠评价方法的比较

Table 1 Advantages and Disadvantages of Sleep Monitoring Tools

方法	特点和优势	局限性	应用	工具举例	出处 / 来源
睡眠日记	主观评价 低成本 操作简便	受年龄、认知和主观期望 偏差影响	运动员睡眠障碍的行为 治疗 配合客观监测工具使用	共识睡眠日记	Short M.A., 等 ^[19] 谢亮, 等 ^[21]
睡眠问卷	主观评价 低成本 操作简便 ASSQ、ASBQ 专门针对精英运动员	受年龄、回忆偏差影响 职业运动员的睡眠模式 不同,仅一种问卷不能反 应问题 ASSQ、ASBQ 在国内的 应用有待验证	日常训练期间的睡眠质 量评估 失眠 / 嗜睡程度、睡眠卫 生评估 精英运动员睡眠评估	PSQI、EES、SHI、AS- SQ、ASBQ 等	Buysse D.J., 等 ^[23] Johns M.W., 等 ^[31] Samuels C., 等 ^[33] Juliff L.E., 等 ^[36] Chung K.F., 等 ^[39]

(转下页)



(接上页)

方法	特点和优势	局限性	应用	工具举例	出处 / 来源
体动图	客观评价 无地域限制	入睡潜伏期(SOL)需要校正 需配合睡眠日记 不能对睡眠分期	连续多天的睡眠质量评估 运动员睡眠模式研究	Actigraph GT3X+ 、 PhilipsActiWatch 2	Smith M.T., 等 ^[64] Vitale J.A., 等 ^[63] Lastella M., 等 ^[67] Bonnar D., 等 ^[69]
PSG	客观评估金标准可对睡眠分期	只能在医疗睡眠中心 / 实验室 费用高 首夜效应	睡眠基础研究 睡眠障碍鉴别诊断及治疗评估	实验室 / 便携式多导睡眠记录仪	Roomkham S., 等 ^[49] Douglas J.A., 等 ^[52]
商业睡眠技术	客观评价 无地域限制 用户体验良好 可快速反馈	信效度不确定 受位置、环境因素影响大	运动员睡眠质量自我评估 多参数综合评价睡眠	FitBit、Polar、HES	Haghighyegh S., 等 ^[74] 廖鹏, 等 ^[77]

4 小结

对运动员睡眠的深入研究能够使科研人员、教练员和运动员有意识地、更积极地关注睡眠,最终的目的是帮助运动员提升运动表现和整体健康水平。而目前的研究由于方法手段的不统一,结果总是模棱两可,容易被质疑,不同睡眠评价方法会对睡眠评价的结果造成影响。广泛用于睡眠基础研究和临床鉴别诊断的 PSG 由于测试环境非自然化、操作复杂、具有“首夜效应”等,用于运动员的日常睡眠评价和纵向研究几乎不可能实现。但 PSG 作为睡眠测量的“金标准”可以作为运动人体睡眠基础研究的必要手段,用于运动员睡眠研究时需同时采用睡眠日记和 / 或睡眠问卷量表的方式进行综合评价;睡眠日记目前通常作为其他主观或客观评价手段的必要补充,尤其是在于睡眠数据缺陷的查缺和睡眠相关行为的补充调查中显得十分必要,也常被应用于运动员睡眠障碍的行为治疗中。睡眠问卷量表大多经过信度和效度检验,与客观评估方法之间也存在显著的相关性^[83],PSQI 量表主要用于一个月或一段时间的睡眠评价,ESS 是日间功能评价的必要手段,SHI 对于研究运动员睡眠行为有很大帮助,专门针对运动员的 ASSQ 和 ASBQ 更符合精英运动员的训练生活实际,但无论是哪种问卷量表,实际的操作中还是依赖研究对象的主观判断,多存在宽容性误差和倾向以及成见效应。显然,采用主、客观睡眠评价方法综合评价睡眠更能增加研究的深度和可靠性。体动图是目前采用较多的 PSG 替代技术,虽然精度相对 PSG 较差且不能对睡眠分期,但体动仪价格便宜,携带方便,分析报告直观易懂,测试环境为自然睡眠,可以长期纵向研究运动员的睡眠模式和行为,尤其适合精英运动员群体,根据研究目的,选择 1~2 种睡眠问卷进行补充,配合睡眠日记对入睡潜伏期进行校

正即可。当然如果希望什么都不用写也不佩戴任何设备,或者同时获得除了睡眠核心指标之外的心率、呼吸及打鼾,甚至环境的湿度和温度等来为优化睡眠获得更多的数据信息,也可以尝试商业睡眠设备。

但无论使用哪种方法,在进行运动员睡眠评价时,均需要对训练负荷、训练内容、重大比赛和长途旅行等主要影响因素进行记录和控制,并且在监测期间,运动员作息需要较为固定(除非研究内容为睡眠行为),有时候需要同时测试运动员的常规身体机能指标,为研究结果的可靠性奠定基础。运动员睡眠评价的研究体系还远未成熟,较多的研究报告均来自于国外运动员,问卷的制订者和对象也是来自于国外,而中国运动员大多是封闭训练,不同项目训练周期的安排也大相径庭,需要根据训练和比赛实际需求有针对性地选择合适的评价方法才能真正为提高训练效果和提升竞技状态服务。

参考文献:

- [1] Jones K., Harrison Y. Frontal lobe function, sleep loss and fragmented sleep[J]. Sleep Medicine Reviews, 2001, 5(6): 463-475.
- [2] Knutson K. L., Van Cauter E. Associations between sleep loss and increased risk of obesity and diabetes[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2008, 1129(1): 287-304.
- [3] Halson S.L. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep[J]. Sports Medicine, 2014, 44(1): 13-23.
- [4] Sargent C., Halson S., Roach G. D. Sleep or swim? Early-morning training severely restricts the amount of sleep obtained by elite swimmers[J]. Eur. J. Sport Sci., 2014, 14(1): 310-315.
- [5] Erren T. C., Gross J. V., Kantermann T., et al. Chronobiology and competitive sports: recent studies and future



- perspectives[J]. *Chronobiology International*, 2014, 31(5): 746-747.
- [6] Gupta L., Morgan K., Gilchrist S. Does elite sport degrade sleep quality? a systematic review[J]. *Sports Medicine*, 2017, 47(7): 1317-1333.
- [7] Hori T., Sugita Y., Koga E., et al. Proposed supplements and amendments to 'a manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects', the Rechtschaffen & Kales (1968) standard[J]. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 2001, 55(3): 305-310.
- [8] Berry R. B., Brooks R., Gamaldo C., et al. AASM Scoring Manual Updates for 2017 (Version 2.4)[J]. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2017, 13(5): 665-666.
- [9] Schutte-Rodin S., Broch L., Buysse D., et al., Clinical guideline for the evaluation and management of chronic insomnia in adults[J]. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2008, 4(5): 487-504.
- [10] 张鹏,赵忠新.《中国成人失眠诊断与治疗指南》解读[J].*中国现代神经疾病杂志*,2013,13(05):363-367.
- [11] 顾平,何金彩,刘艳骄,等.中国失眠障碍诊断和治疗指南[A].国际注册多导睡眠技师(RPSGT)认证课程十周年大会,2017.
- [12] 刘帅,张斌.《中国失眠障碍诊断和治疗指南》解读[J].*中国现代神经疾病杂志*,2017,17(09):633-638.
- [13] Kelly M. R., Robbins R., Martin J. L. Delivering Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia in Military Personnel and Veterans[J]. *Sleep Medicine Clinics*, 2019, 14(2): 199-208.
- [14] Foster S. N., Hansen S. L., Capener D. C., et al. Gender differences in sleep disorders in the US military[J]. *Sleep Health*, 2017, 3(5): 336-341.
- [15] Ritland B. M., Simonelli G., Gentili R. J., et al. Sleep health and its association with performance and motivation in tactical athletes enrolled in the Reserve Officers' Training Corps[J]. *Sleep Health*, 2019, 5(3): 309-314.
- [16] Zully J. The influence of isolation on psychological and physiological variables[J]. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 2000, 71(9): 44-47.
- [17] 王尊升,唐晓英,刘伟峰,等.在轨睡眠及其对航天员认知的影响综述[J].*航天医学与医学工程*,2018,31(06): 663-668.
- [18] Erlacher D., Ehrlenspiel F., Schredl M. Frequency of nightmares and gender significantly predict distressing dreams of German athletes before competitions or games[J]. *Journal of Psychology*, 2011, 145(4): 331-342.
- [19] Short M. A., Arora T., Gradisar M., et al. How Many Sleep Diary Entries Are Needed to Reliably Estimate Adolescent Sleep?[J]. *Sleep*, 2017, 40(3):1-10.
- [20] Sargent C., Lastella M., Halson S.L., et al. The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes[J]. *Chronobiology International*, 2014, 31(10): 1160-1168.
- [21] Van Ryswyk E., Weeks R., Bandick L., et al. A novel sleep optimisation programme to improve athletes' well-being and performance[J]. *Eur. J. Sport Sci.*, 2017, 17(2): 144-151.
- [22] 谢亮,付晓,邓丽影.睡眠标准化自我评估工具“共识睡眠日记”介绍[A].中国睡眠研究会第十届全国学术年会,2018.
- [23] Buysse D. J., Reynolds C. F., Monk T. H., et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research[J]. *Psychiatry Research*, 1989, 28(2): 193-213.
- [24] 段莹,孙书臣.睡眠障碍的常用评估量表[J].*世界睡眠医学杂志*,2016,3(04):201-203.
- [25] 路桃影,李艳,夏萍,等.匹兹堡睡眠质量指数的信度及效度分析[J].*重庆医学*,2014,43(03):260-263.
- [26] Hoshikawa M., Uchida S., Hirano Y., A Subjective Assessment of the Prevalence and Factors Associated with Poor Sleep Quality Amongst Elite Japanese Athletes[J]. *Sports Med. Open*, 2018, 4(1): 10.
- [27] 莫轶.专业运动员睡眠障碍相关因素分析[J].*基层医学论坛*,2016,20(31):4350-4351.
- [28] Abeln V., Kleinert J., Struder H. K., et al., Brainwave entrainment for better sleep and post-sleep state of young elite soccer players - a pilot study[J]. *Eur. J. Sport Sci.*, 2014, 14(5): 393-402.
- [29] Khalladi K., Farooq A., Souissi S., et al., Inter-relationship between sleep quality, insomnia and sleep disorders in professional soccer players[J]. *BMJ Open Sport Exerc. Med.*, 2019, 5(1): e000498.
- [30] Samuels C. Sleep, recovery, and performance: the new frontier in high-performance athletics[J]. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 2009, 20(1): 149-159.
- [31] Johns M. W., A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale[J]. *Sleep*, 1991, 14(6): 540-545.
- [32] Mah C. D., Kezirian E. J., Marcello B. M., et al. Poor sleep quality and insufficient sleep of a collegiate student-athlete population[J]. *Sleep Health*, 2018, 4(3): 251-257.
- [33] Samuels C., James L., Lawson D., et al., The Athlete Sleep Screening Questionnaire: a new tool for assessing and managing sleep in elite athletes[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2016, 50(7): 418-422.



- [34] Bender A. M., Lawson D., Werthner P., et al. The Clinical Validation of the Athlete Sleep Screening Questionnaire: an Instrument to Identify Athletes that Need Further Sleep Assessment[J]. *Sports Med. Open*, 2018, 4(1): 23.
- [35] Biggins M., Purtill H., Fowler P., et al., Sleep in elite multi-sport athletes: Implications for athlete health and wellbeing[J]. *Physical Therapy in Sport* 2019, 39: 136-142.
- [36] Juliff L. E., Halson S. L., Peiffer J. J. Understanding sleep disturbance in athletes prior to important competitions[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18(1): 13-18.
- [37] Driller M. W., Mah C. D., Halson S. L. Development of the athlete sleep behavior questionnaire: A tool for identifying maladaptive sleep practices in elite athletes[J]. *Sleep Sci.*, 2018, 11(1): 37-44.
- [38] Driller M. W., Lastella M., Sharp A. P. Individualized sleep education improves subjective and objective sleep indices in elite cricket athletes: A pilot study[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2019, 37(17): 2121-2125.
- [39] Chung K. F., Lee C. T., Yeung W. F., et al. Sleep hygiene education as a treatment of insomnia: a systematic review and meta-analysis[J]. *Family Practice*, 2018, 35(4): 365-375.
- [40] Zengin L., Aylaz R. The effects of sleep hygiene education and reflexology on sleep quality and fatigue in patients receiving chemotherapy[J]. *European Journal of Cancer Care*, 2019, 28(3).
- [41] Mastin D. F., Bryson J., Corwyn R. Assessment of sleep hygiene using the Sleep Hygiene Index[J]. *Journal of Behavioral Medicine*, 2006, 29(3): 223-227.
- [42] Rajabi Majd N., Broström A., Ulander M., et al. Efficacy of a Theory-Based Cognitive Behavioral Technique App-Based Intervention for Patients With Insomnia: Randomized Controlled Trial[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020, 22(4): e15841.
- [43] 张成.睡眠质量的评价方法[J].*世界睡眠医学杂志*, 2016,3(04):196-200.
- [44] Soldatos C. R., Dikeos D. G., Paparrigopoulos T. J., Athens Insomnia Scale: validation of an instrument based on ICD-10 criteria[J]. *Journal of Psychosomatic Research*, 2000, 48(6): 555-560.
- [45] 肖卫东,刘平,马弘,等.睡眠障碍评定量表的信度和效度分析[J].*中国心理卫生杂志*,2007,27(01):40-41+51.
- [46] Roomkham S., Lovell D., Cheung J., et al. Promises and Challenges in the Use of Consumer-Grade Devices for Sleep Monitoring[J]. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 2018, 11: 53-67.
- [47] Netzer N. C., Kristo D., Steinle H., et al. REM sleep and catecholamine excretion: a study in elite athletes[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2001, 84(6): 521-526.
- [48] Davies D. J., Graham K. S., Chow C. M. The effect of prior endurance training on nap sleep patterns[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2010, 5(1): 87-97.
- [49] Dunican I. C., Walsh J., Higgins C. C., et al. Prevalence of sleep disorders and sleep problems in an elite super rugby union team[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2019, 37(8): 950-957.
- [50] 齐华,周越.利用心率变异指标评价运动员睡眠质量[J].*中国体育科技*,2009,45(06):83-86.
- [51] 谢元攀.吸氧干预对女子拳击运动员睡眠质量的影响[D].北京:首都体育学院,2016.
- [52] Douglas J. A., Chai-Coetzer C. L., McEvoy D., et al. Guidelines for sleep studies in adults—a position statement of the Australasian Sleep Association[J]. *Sleep Medicine*, 2017, 36(1): 2-22.
- [53] Migueles J. H., Cadenas-Sanchez C., Ekelund U., et al. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations[J]. *Sports Medicine*, 2017, 47(9): 1821-1845.
- [54] Smith M. T., McCrae C. S., Cheung J., et al. Use of Actigraphy for the Evaluation of Sleep Disorders and Circadian Rhythm Sleep-Wake Disorders: An American Academy of Sleep Medicine Systematic Review, Meta-Analysis, and GRADE Assessment[J]. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2018, 14(7): 1209-1230.
- [55] Fuller K. L., Juliff L., Gore C. J., et al. Software thresholds alter the bias of actigraphy for monitoring sleep in team-sport athletes[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2017, 20(8): 756-760.
- [56] Sargent C., Lastella M., Halson S. L., et al. The validity of activity monitors for measuring sleep in elite athletes[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2016, 19(10): 848-853.
- [57] Leeder J., Glaister M., Pizzoferro K., et al. Sleep duration and quality in elite athletes measured using wristwatch actigraphy[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2012, 30(6): 541-545.
- [58] Richmond L., Dawson B., Hillman D. R., et al. The effect of interstate travel on sleep patterns of elite Australian Rules footballers[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2004, 7(2): 186-196.
- [59] Montaruli A., Roveda E., Calogiuri G., et al. The sports-



- man readjustment after transcontinental flight: a study on marathon runners[J]. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2009, 49(4): 372-381.
- [60] Caia J., Halson S. L., Scott T. J., et al. Intra-individual variability in the sleep of senior and junior rugby league athletes during the competitive season[J]. *Chronobiology International*, 2017, 34(9): 1239-1247.
- [61] Daniel N. V. S., Zimberg I. Z., Estadella D., et al. Effect of the intake of high or low glycemic index high carbohydrate-meals on athletes' sleep quality in pre-game nights[J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 2019, 91(1): e20180107.
- [62] Jones M. J., Dawson B., Gucciardi D. F., et al. Evening electronic device use and sleep patterns in athletes[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2019, 37(8): 864-870.
- [63] Vitale J.A., Banfi G., Sias M., et al. Athletes' rest-activity circadian rhythm differs in accordance with the sport discipline[J]. *Chronobiology International*, 2019, 36(4): 578-586.
- [64] Vitale J. A., Banfi G., Galbiati A., et al. Effect of a Night Game on Actigraphy-Based Sleep Quality and Perceived Recovery in Top-Level Volleyball Athletes[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2019, 14(2): 265-269.
- [65] Costa J. A., Brito J., Nakamura F. Y., et al. Sleep patterns and nocturnal cardiac autonomic activity in female athletes are affected by the timing of exercise and match location[J]. *Chronobiology International*, 2019, 36(3): 360-373.
- [66] Sathyanarayana A., Joty S., Fernandez-Luque L., et al. Sleep Quality Prediction From Wearable Data Using Deep Learning[J]. *JMIR mhealth uhealth*, 2016, 4(4): e125.
- [67] Lastella M., Roach G.D., Halson S.L., et al., Sleep/wake behaviours of elite athletes from individual and team sports[J]. *Eur. J. Sport Sci.*, 2015, 15(2): 94-100.
- [68] Morgenthaler T., Alessi C., Friedman L., et al. Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep and sleep disorders: an update for 2007[J]. *Sleep*, 2007, 30(4): 519-529.
- [69] Bonnar D., Bartel K., Kakoschke N., et al. Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery: A Systematic Review of Current Approaches [J]. *Sports Medicine*, 2018, 48(3): 683-703.
- [70] Bianchi M. T. Sleep devices: wearables and nearables, informational and interventional, consumer and clinical[J]. *Metabolism*, 2018, 84: 99-108.
- [71] Kolla B. P., Mansukhani S., Mansukhani M. P. Consumer sleep tracking devices: a review of mechanisms, validity and utility[J]. *Expert Review of Medical Devices*, 2016, 13(5): 497-506.
- [72] Sargent C., Lastella M., Romyn G., et al. How well does a commercially available wearable device measure sleep in young athletes?[J]. *Chronobiology International*, 2018, 35(6): 754-758.
- [73] Liang Z., Chapa-Martell M. A. Accuracy of Fitbit Wristbands in Measuring Sleep Stage Transitions and the Effect of User-Specific Factors[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2019, 7(6): e13384.
- [74] Haghayegh S., Khoshnevis S., Smolensky M. H., et al. Accuracy of Wristband Fitbit Models in Assessing Sleep: Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2019, 21(11): e16273.
- [75] Pesonen A.K., Kuula L. The Validity of a New Consumer-Targeted Wrist Device in Sleep Measurement: An Overnight Comparison Against Polysomnography in Children and Adolescents[J]. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 2018, 14(4): 585-591.
- [76] Kubala A. G., Barone Gibbs B., Buysse D. J., et al. Field-based Measurement of Sleep: Agreement between Six Commercial Activity Monitors and a Validated Accelerometer[J]. *Behavioral Sleep Medicine*, 2019: 1-16.
- [77] 廖鹏,郝雯,隋永浩,等.午睡时长对运动员夜间睡眠质量的影响[J].*天津体育学院学报*,2018,33(03):224-229.
- [78] Waldeck M. R., Lambert M. I. Heart rate during sleep: implications for monitoring training status[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2003, 2(4): 133-138.
- [79] Hu W., Zhao Z., Wang Y., et al. Noncontact accurate measurement of cardiopulmonary activity using a compact quadrature Doppler radar sensor[J]. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2014, 61(3): 725-735.
- [80] Robbins R., Affouf M., Seixas A., et al. Four-Year Trends in Sleep Duration and Quality: A Longitudinal Study Using Data from a Commercially Available Sleep Tracker[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020,22(2): e14735.
- [81] Guillodo E., Lemey C., Simonnet M., et al. Clinical Applications of Mobile Health Wearable-Based Sleep Monitoring: Systematic Review[J]. *JMIR mhealth uhealth*, 2020, 8(4): e10733.
- [82] Watson A. M., Sleep and Athletic Performance[J]. *Current Sports Medicine Reports*, 2017, 16(6): 413-418.
- [83] Jungquist C. R., Pender J. J., Klingman K. J., et al. Validation of Capturing Sleep Diary Data via a Wrist-Worn Device[J]. *Sleep Disord*, 2015: 758937.

(责任编辑:刘畅)