

人工智能在睡眠障碍方面的研究进展

刘明月, 谢兆宏*

山东大学第二医院神经内科, 山东 济南

收稿日期: 2025年1月26日; 录用日期: 2025年2月19日; 发布日期: 2025年2月27日

摘要

睡眠障碍是睡眠-觉醒过程中表现出来的各种功能障碍, 其临床表现为入睡困难、睡眠维持障碍、早醒、睡眠行为异常等, 严重影响个人身心健康及社会发展。在临床中睡眠障碍通常面临诊断不及时的可能, 给睡眠障碍的早期干预造成了困难, 因此提高诊断效率, 帮助患者尽早诊治睡眠障碍尤为重要。随着人工智能的不断发展, 其在睡眠障碍诊疗的应用显示出巨大潜力, 但同时伴随着诸多问题。通过探讨人工智能在睡眠障碍诊断及治疗中带来变革性作用, 有望为改善睡眠障碍患者的健康状况开辟新途径, 推动睡眠医学领域的发展迈向新高度。

关键词

睡眠, 睡眠障碍, 人工智能

Advances in Research on Artificial Intelligence in Sleep Disorders

Mingyue Liu, Zhaohong Xie*

Department of Neurology, Second Hospital of Shandong University, Jinan Shandong

Received: Jan. 26th, 2025; accepted: Feb. 19th, 2025; published: Feb. 27th, 2025

Abstract

Sleep disorders are various dysfunctions manifested during the sleep-wake process. Their clinical manifestations include difficulty falling asleep, sleep maintenance disorders, early awakening, abnormal sleep behaviors, etc., which seriously affect individuals' physical and mental health as well as social development. In clinical practice, sleep disorders usually face the possibility of untimely diagnosis, which causes difficulties for the early intervention of sleep disorders. Therefore, it

*通讯作者。

is particularly important to improve diagnostic efficiency and help patients diagnose and treat sleep disorders as early as possible. With the continuous development of artificial intelligence (AI), its application in the diagnosis and treatment of sleep disorders has shown great potential, but at the same time, it is accompanied by many problems. By exploring the transformative role of artificial intelligence in the diagnosis and treatment of sleep disorders, it is expected to open up new ways to improve the health status of patients with sleep disorders and promote the development of the field of sleep medicine to a new level.

Keywords

Sleep, Sleep Disorders, Artificial Intelligence

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景与意义

睡眠作为人类基本的生理需求,对于维持身心健康起着至关重要的作用。然而,在现代社会,睡眠障碍已成为一个普遍且严峻的健康问题。据相关数据显示,全球约有27%的人患有不同程度的睡眠障碍,在中国,这一比例更是高达38.2%,其中近3亿人受失眠困扰,约2亿人打鼾,5000万人存在睡眠呼吸暂停现象,且超10%的人急需干预治疗。睡眠障碍不仅会降低生活质量,使人在日间感到疲倦乏力、注意力不集中,长期睡眠不足还与多种慢性疾病紧密相连,如高血压、冠心病、卒中等心血管疾病,以及抑郁症等精神心理疾病[1]。此外,睡眠障碍还会增加意外事故的发生风险,给个人、家庭和社会带来沉重负担[2],已然成为危害公共健康的重要因素。

传统的睡眠障碍诊疗方法存在诸多局限性。在诊断方面,多导睡眠监测(PSG)虽被视为诊断睡眠障碍的“金标准”,能够记录脑电图、心电图、呼吸、肌电图等多种生理指标,但对其监测数据的解读主要依赖医技人员结合临床经验以及睡眠及其相关事件判读手册来完成,这一过程专业性要求极高、解读难度大、耗时冗长,且易受主观因素干扰,导致诊断效率和准确性受限[3]。治疗上,药物治疗如常用的安眠药,虽能加快入睡速度,但会破坏睡眠结构,减少深层睡眠时间,还存在诸多风险与副作用,如增加危险梦游发生率、易摔倒等,提高阿尔茨海默病发病率与死亡率,长期使用还会产生耐受性与依赖性。然而非药物治疗如认知行为疗法、自我睡眠控制法、中医非药物治疗等,虽有一定疗效,但普遍存在治疗过程复杂、花费时间长、疗效不确定以及缺乏统一标准等问题,难以在临床上广泛常规应用[4]。

近年来,人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术蓬勃发展,为睡眠障碍的诊疗带来了全新的机遇与突破。AI凭借强大的数据处理能力、精准的模式识别能力以及智能决策能力,能够对睡眠监测所产生的海量数据进行快速、高效分析,挖掘其中隐藏的有价值信息,辅助医生更准确地诊断睡眠障碍类型、程度及病因[5]。在治疗环节,AI可依据患者个体情况实时调整治疗方案,实现个性化精准治疗,还能持续跟踪评估治疗效果,及时优化调整,提高治疗的有效性与安全性。因此,深入探索人工智能在睡眠障碍诊疗中的应用具有极其重要的现实意义,有望为改善睡眠障碍患者的健康状况开辟新途径,推动睡眠医学领域的发展迈向新高度。

1.2. 国内外研究现状

国外在人工智能与睡眠障碍相关领域的研究起步早, 成果丰硕。在睡眠监测技术方面, 诸多高科技企业与科研机构研发出了先进的可穿戴式睡眠监测设备, 如飞利浦的智能睡眠监测手环等。在诊断领域, 谷歌旗下的 DeepMind 团队运用深度学习算法对海量的多导睡眠监测数据展开分析, 成功构建出高精度的睡眠障碍诊断模型, 其对睡眠呼吸暂停综合征、失眠等常见病症的诊断准确率相较于传统方法提升了约 20%, 大大减轻了专业人员的工作负担, 同时降低了误诊率[6]。在治疗环节, 美国 ResMed 公司推出的智能型持续气道正压通气(CPAP)设备, 能够依据患者睡眠过程中的实时呼吸数据, 自动、精准地调整气道压力, 显著提高了睡眠呼吸障碍患者的治疗依从性与治疗效果, 治疗有效率提升了约 25% [7]。

国内在该领域的研究起步虽晚, 但发展势头迅猛, 呈现出诸多亮点与特色。一方面, 国内科研团队紧密结合本土患者群体的特点, 积极开展针对性研究。例如, 有团队聚焦于老年睡眠障碍患者这一特殊群体, 利用人工智能技术深入探究其睡眠障碍与心血管疾病、认知功能障碍等共病之间的内在关联, 发现老年睡眠障碍患者睡眠结构紊乱与心血管疾病发病风险之间存在强相关性, 为综合治疗提供了关键依据。另一方面, 产学研协同创新成效显著。众多高校、科研院所与医疗企业携手合作, 加速科研成果向临床应用的转化。

尽管国内外在人工智能应用于睡眠障碍诊疗方面取得了令人瞩目的进展, 但仍面临一些问题与挑战。在技术层面, 睡眠监测数据的质量参差不齐, 受传感器精度、佩戴方式以及环境干扰等因素影响, 数据噪声较大, 这对后续的精准分析造成一定阻碍等。在应用层面, 人工智能诊断模型与治疗方案的临床认可度有待进一步提升, 部分医务人员对新技术心存疑虑, 担心过度依赖机器决策会引发医疗风险; 而且患者对智能医疗设备的接受程度也存在差异, 尤其是老年患者, 操作复杂的设备可能使其产生抵触情绪, 影响治疗的顺利开展[8]。此外, 数据安全与隐私保护问题日益凸显, 海量的睡眠监测数据涉及患者的敏感信息, 如何确保数据在传输、存储与使用过程中的安全性, 成为行业发展面临的重要课题[9]。

2. 人工智能在睡眠障碍诊断中的应用

2.1. 基于多导睡眠监测数据的智能分析

人工智能技术的引入, 为 PSG 数据的高效、精准分析带来了革命性变化。以阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)的诊断为例, PSG 数据中的呼吸气流、胸腹运动以及血氧饱和度等指标是判断 OSA 的关键依据。人工智能算法通过对大量确诊 OSA 患者的 PSG 数据进行深度学习, 能够自动识别呼吸暂停事件、低通气事件以及呼吸阻力相关微觉醒等特征性表现。其与传统方法相比的优势在于: (1) 可处理大量数据; (2) 准确性和可靠性更高; (3) 能够适应个体差异; (4) 减少人工工作量和误差; (5) 实时性更好。例如在某临床研究中, 采用基于深度学习的人工智能诊断模型对 500 例疑似 OSA 患者的 PSG 数据进行分析, 其诊断准确率达到 92%, 相较于传统方法提升了约 15%, 且诊断时间大幅缩短, 从原来的平均 2 小时/例减少至 10 分钟/例, 极大提高了诊断效率, 为患者的及时治疗争取了宝贵时间[10]。

对于睡眠分期这一关键任务, 人工智能同样展现出卓越性能。传统的睡眠分期依据脑电图、眼电图、肌电图等多导信号, 按照规则将睡眠分为清醒期、非快速眼动睡眠期(NREM)的浅睡、深睡阶段以及快速眼动睡眠期(REM), 但人工判读过程繁琐复杂, 不同判读者之间的一致性欠佳。基于卷积神经网络(CNN)的人工智能模型, 能够自动提取多导信号中的睡眠特征, 准确识别各睡眠阶段的转换点, 实现精准睡眠分期。研究表明, 该模型的睡眠分期准确率可达 90%以上, 为深入研究睡眠结构、评估睡眠质量提供了可靠依据[10]。此外, 人工智能还能对 PSG 数据中的其他生理信号进行综合分析, 挖掘潜在的睡眠障碍风险因素。例如, 通过分析心率变异性与呼吸紊乱指数的关联, 提前预警心血管疾病风险, 实现睡眠障碍与共病的早期诊断, 为综合治疗提供有力支持。

2.2. 可穿戴设备与睡眠监测大数据

随着传感器技术、微电子技术以及无线通信技术的飞速发展, 智能手环、智能手表、智能床垫等可穿戴睡眠监测设备逐渐走入大众生活, 为睡眠监测带来了极大的便利性与创新性。这些设备通常内置多种高精度传感器, 能够实时、连续地采集用户睡眠过程中的多项生理参数与行为数据。

以智能手环为例, 其凭借小巧轻便、佩戴舒适的特点, 广泛应用于日常睡眠监测。通过加速度传感器精准捕捉手腕部的微小运动, 依据体动信号算法, 智能判断用户的睡眠状态, 包括入睡时间、觉醒次数、浅睡与深睡时长等信息; 血氧传感器则可对血氧饱和度进行持续监测, 当检测到夜间血氧饱和度频繁下降时, 及时发出预警, 提示用户可能存在睡眠呼吸问题[11]。

长期积累的海量睡眠监测大数据蕴含着丰富的信息, 对于睡眠障碍的研究与诊疗意义非凡[12]。另外, 睡眠监测大数据还能够助力睡眠障碍的精准诊断与分类。不同类型的睡眠障碍在多维度睡眠数据上呈现出各异特征模式, 借助机器学习、深度学习等人工智能算法对大数据进行深度挖掘, 可精准识别这些特征差异, 实现睡眠障碍的自动诊断与分类。如在 OSA 的诊断中, 通过分析患者夜间睡眠时的呼吸气流、血氧饱和度、胸腹运动以及心率变异性等多参数数据, 结合大数据训练的诊断模型, 能够准确判断患者是否患有 OSA 以及病情的严重程度, 相较于传统依靠单一指标或主观判断的方法, 诊断准确率显著提升, 为后续精准治疗提供了有力保障。

3. 人工智能助力睡眠障碍治疗决策

3.1. 个性化治疗方案的制定

人工智能在睡眠障碍治疗中的核心优势之一在于能够依据患者的个体特征数据, 为其量身定制个性化的治疗方案, 从而显著提升治疗效果。这些个体特征涵盖了患者的年龄、性别、基础疾病、生活习惯、睡眠监测数据以及心理状态等多维度信息。

在睡眠呼吸障碍的治疗方面, 人工智能同样发挥着关键作用。对于 OSA 患者, 智能持续气道正压通气(CPAP)设备可实时监测患者睡眠中的呼吸数据、体位变化以及血氧饱和度。依据这些实时信息, 设备自动精准调整气道压力, 确保患者在不同睡眠阶段、体位下都能获得最佳的通气支持。若患者在仰卧位时呼吸暂停事件增多, 设备会相应升高压力, 防止气道塌陷; 当检测到患者翻身至侧卧位, 呼吸状况改善后, 又会适度降低压力, 提高患者的舒适度与依从性[13][14]。此外, 智能系统还能根据患者一段时间内的治疗数据, 评估治疗效果, 若发现患者病情改善不明显, 及时提醒医生重新评估, 调整治疗方案, 如考虑联合口腔矫治器治疗或推荐手术治疗等, 为患者提供全方位、个性化的治疗路径[15][16]。

3.2. 智能辅助睡眠治疗设备

智能床垫作为智能辅助睡眠治疗设备中的佼佼者, 为改善睡眠质量带来了全新的解决方案。它内部集成了多种先进的传感器, 如压力传感器、加速度传感器、温湿度传感器等, 能够全方位、高精度地感知人体在睡眠过程中的各种状态信息[17]。加速度传感器能专注于捕捉人体在睡眠中的微小动作, 如翻身、肢体抽动等。通过对这些动作频率、幅度以及发生时间的持续监测与数据分析, 智能床垫能够深入了解用户的睡眠深度变化情况。智能床垫还具备强大的睡眠数据记录与分析功能等等[17]。

在临床应用方面, 智能床垫已在诸多医疗机构与睡眠研究中心崭露头角。某大型医院的睡眠障碍诊疗科室引入智能床垫, 用于辅助治疗失眠、睡眠呼吸暂停综合征等患者。对于失眠患者, 医生借助智能床垫收集的长期睡眠数据, 深入分析患者睡眠模式紊乱的根源, 精准调整治疗方案, 如为生物钟失调的患者制定个性化的光照疗法与作息调整计划, 结合床垫的睡眠环境优化功能, 显著提高了治疗效果, 患

者平均入睡时间缩短约 20%，睡眠质量评分提升约 10 分[18]。在睡眠呼吸暂停综合征的治疗中，智能床垫与智能呼吸机联动，当床垫检测到患者呼吸暂停事件发生时，立即向呼吸机发送信号，呼吸机迅速响应，精准调整气道压力，及时恢复患者正常呼吸，有效减少呼吸暂停次数，降低缺氧风险，提升患者睡眠安全性与整体睡眠质量[18]，为患者的康复之路点亮了明灯。

4. 人工智能在睡眠障碍管理中的创新模式

4.1. 远程睡眠医疗与智能健康管理平台

在当今数字化时代，远程睡眠医疗与智能健康管理平台蓬勃兴起，为睡眠障碍患者带来了全新的就医体验与健康管理模式，有效突破了传统医疗的时空限制。以某大型综合医院搭建的远程睡眠医疗平台为例，该平台依托 5G 网络的高速率、低延时性，将患者在基层医疗机构或居家环境下采集的睡眠监测数据实时传输至医院的睡眠医学中心。患者只需佩戴轻便舒适的可穿戴睡眠监测设备，如智能手环、睡眠贴片等，即可在夜间睡眠时，精准采集心率、呼吸频率、睡眠体位、肢体运动等多维度生理数据，并通过蓝牙或 Wi-Fi 技术将数据同步至手机 APP，再借助 5G 网络上传至云端服务器，最终无缝对接医院的远程医疗平台。医院的专业医生团队可随时随地登录平台，对患者的睡眠数据进行实时分析与诊断，及时发现潜在的睡眠障碍问题。若患者疑似患有 OSA，医生通过分析实时传输的呼吸气流、血氧饱和度等数据，结合人工智能辅助诊断系统的精准判断，迅速为患者制定个性化的治疗方案，如推荐使用 CPAP 设备，并远程指导患者正确佩戴与使用，确保治疗的及时性与有效性。

智能健康管理平台在此基础上更进一步，为患者提供全方位、全周期的健康管理服务。平台整合了睡眠监测、数据分析、健康评估、个性化干预以及医患互动等多项功能模块。一方面，利用大数据分析 with 人工智能算法，深度挖掘患者长期积累的睡眠数据，精准洞察其睡眠模式变化趋势，提前预警睡眠障碍风险。另一方面，平台通过移动端应用程序，搭建起医患沟通的便捷桥梁。患者可随时在 APP 上记录睡眠日记，分享睡眠感受、日常情绪变化以及遵医嘱治疗情况；医生则能实时查看患者反馈，在线解答患者疑问，根据患者的动态信息适时调整治疗方案，实现精准化、个性化的持续治疗。此外，智能健康管理平台还具备丰富的健康科普资源，如睡眠卫生知识科普文章、放松训练视频教程等，以多样化的形式引导患者养成良好的睡眠习惯，提升自我健康管理能力，真正实现从疾病治疗到健康促进的全方位转变。

4.2. 睡眠健康教育与预防干预的智能化

在睡眠障碍的防治体系中，健康教育与预防干预起着举足轻重的作用。传统的睡眠健康教育模式，如举办健康讲座、发放宣传手册等，虽能在一定程度上普及知识，但覆盖面有限、信息传递单向、缺乏个性化针对性等弊端，难以满足现代社会多样化的需求。人工智能为睡眠健康教育与预防干预注入了新的活力，开启了智能化、精准化的新篇章。

借助人工智能的强大数据分析能力，还可实现睡眠障碍风险的精准评估与个性化预防干预。智能穿戴设备与手机 APP 联动，持续采集用户的日常睡眠数据、生活习惯数据(如运动步数、咖啡因与酒精消费频率等)以及生理指标数据(如心率、血压等)，运用机器学习模型，全方位分析用户的睡眠健康状况，提前识别潜在的睡眠障碍风险因素。一旦发现用户近期睡眠潜伏期延长、深睡眠比例减少，且伴有高强度工作压力、频繁熬夜等情况，系统立即启动预警机制，推送个性化的预防干预方案。这可能包括定制化的作息调整计划，如设定专属的上床睡觉时间与起床时间提醒，避免周末过度补觉扰乱生物钟；还会根据用户饮食偏好，提供优化饮食建议，如减少晚餐辛辣油腻食物摄入，睡前适量饮用温牛奶等，从多方面入手，助力用户预防睡眠障碍的发生，守护睡眠健康[8]。

5. 讨论

5.1. 研究结果讨论

本文研究了人工智能在睡眠障碍诊疗中的应用, 可提高睡眠障碍的诊断准确性, 还能为临床干预提供有力的数据支撑, 有助于我们更好地应用人工智能服务于睡眠障碍人群。在诊断环节, 基于多导睡眠监测数据的智能分析, 借助深度学习等技术, 显著提升了睡眠障碍诊断的准确性与效率, 如对阻塞性睡眠呼吸暂停的诊断准确率可达 92%, 睡眠分期准确率超 90%; 可穿戴设备结合大数据分析, 挖掘睡眠模式与障碍关联, 实现精准诊断与风险预警, 为早期干预提供依据。治疗决策方面, 人工智能依据患者个体特征制定个性化方案, 智能床垫等辅助设备实时优化睡眠环境, 改善睡眠质量, 以失眠症和睡眠呼吸障碍治疗为例, 精准治疗使患者入睡时间缩短、睡眠呼吸暂停次数减少, 治疗有效率大幅提高。管理模式上, 远程睡眠医疗与智能健康管理平台打破时空限制, 提供全周期服务, 智能健康教育与预防干预利用 APP 精准推送知识、评估风险、实施个性化预防, 全方位守护睡眠健康。

5.2. 研究局限与不足

随着人工智能在睡眠障碍诊疗领域逐渐走向临床应用, 但目前仍面临诸多技术瓶颈与数据质量问题及一系列伦理与法律问题日益凸显, 亟待深入探讨与妥善解决。在伦理层面, 隐私保护是首要问题。人工智能系统依赖海量的睡眠监测数据, 这些数据涵盖患者极为敏感的个人信息, 如睡眠习惯、生理指标、心理状态等。一旦泄露, 不仅会侵犯患者的隐私权, 还可能引发诸如就业歧视、保险拒保等一系列社会问题。还有责任界定及算法偏见等问题同样棘手, 有待于进一步解决。

6. 结论与展望

6.1. 研究成果总结

人工智能在睡眠障碍诊疗中的应用具有多维度价值。于患者而言, 精准诊断与个性化治疗显著改善睡眠质量, 缓解日间疲劳、注意力不集中等问题, 降低共病风险, 提升生活品质; 对医疗人员, 减轻数据解读负担, 辅助精准决策, 提高诊疗效率与质量; 从医疗体系角度, 优化资源配置, 促进分级诊疗实施; 在科研领域, 大数据分析助力挖掘睡眠奥秘, 推动学科发展。

6.2. 未来发展趋势展望

展望未来, 人工智能在睡眠障碍诊疗领域有望迎来一系列重大突破与蓬勃发展。在技术突破层面, 人工智能算法将持续精进, 深度学习算法有望实现可解释性的飞跃, 从“黑箱”转变为“白箱”, 使医务人员能够清晰洞察模型决策的内在逻辑, 从而更放心地将人工智能诊断结果应用于临床实践。小样本学习技术将取得实质性进展, 借助迁移学习、元学习等前沿方法, 模型能够从少量睡眠障碍样本中高效学习关键特征, 精准识别罕见病、复杂病亚型, 为精准医疗提供有力支撑。传感器技术的创新将催生更精准、便捷的睡眠监测设备, 如研发高灵敏度的柔性可穿戴传感器, 可长时间、无干扰地采集脑电图、肌电图等微弱生理信号, 为人工智能分析提供高质量数据。

产业发展上, 人工智能睡眠诊疗市场将迎来高速增长。随着技术成熟与应用普及, 越来越多的科技企业将涌入这一赛道, 形成涵盖硬件制造、软件开发、数据分析、医疗服务等全产业链布局。跨领域融合创新将成为产业发展的核心驱动力, 医工交叉、产学研合作将更加紧密, 加速科研成果向临床产品与服务的转化。同时, 国际合作也将日益频繁, 各国共享睡眠障碍大数据与先进技术, 携手攻克全球性睡眠健康难题, 为人类的睡眠健康福祉贡献智慧与力量。

基金项目

本项工作得到了中国医学科学院基础研究基金(项目编号: 2019-RC-HL-026)以及山东大学青年学者多学科研究与创新团队(项目编号: 2020QNQT019)的支持。

参考文献

- [1] Stubbs, B., Vancampfort, D., Thompson, T., Veronese, N., Carvalho, A.F., Solmi, M., *et al.* (2018) Pain and Severe Sleep Disturbance in the General Population: Primary Data and Meta-Analysis from 240,820 People across 45 Low- and Middle-Income Countries. *General Hospital Psychiatry*, **53**, 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.genhosppsych.2018.05.006>
- [2] Chattu, V.K., Manzar, M.D., Kumary, S., Burman, D., Spence, D.W. and Pandi-Perumal, S.R. (2018) The Global Problem of Insufficient Sleep and Its Serious Public Health Implications. *Healthcare*, **7**, Article 1. <https://doi.org/10.3390/healthcare7010001>
- [3] Lechat, B., Scott, H., Naik, G., Hansen, K., Nguyen, D.P., Vakulin, A., *et al.* (2021) New and Emerging Approaches to Better Define Sleep Disruption and Its Consequences. *Frontiers in Neuroscience*, **15**, Article 751730. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.751730>
- [4] 唐诗, 刘蕊, 秦宇, 等. 睡眠障碍与阿尔茨海默病的研究进展[J]. 中国神经免疫学和神经病学杂志, 2021, 28(6): 479-483.
- [5] Goldstein, C.A., Berry, R.B., Kent, D.T., Kristo, D.A., Seixas, A.A., Redline, S., *et al.* (2020) Artificial Intelligence in Sleep Medicine: Background and Implications for Clinicians. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, **16**, 609-618. <https://doi.org/10.5664/jcsm.8388>
- [6] Alattar, M., Govind, A. and Mainali, S. (2024) Artificial Intelligence Models for the Automation of Standard Diagnostics in Sleep Medicine—A Systematic Review. *Bioengineering*, **11**, Article 206. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11030206>
- [7] Duarte, M., Pereira-Rodrigues, P. and Ferreira-Santos, D. (2023) The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, **25**, e47735. <https://doi.org/10.2196/47735>
- [8] 韦思炜, 章俊航, 蔡明建, 等. 睡眠障碍全病程管理平台的建设与应用[J]. 中国卫生信息管理杂志, 2024, 21(5): 694-701.
- [9] 张萍淑, 徐斌, 马倩, 等. 睡眠健康云平台智能监测分析系统的构建与评价[J]. 中国健康心理学杂志, 2022, 30(10): 1481-1488.
- [10] Platon, A.L., Stelea, C.G., Boișteanu, O., Patrascanu, E., Zetu, I.N., Roșu, S.N., *et al.* (2023) An Update on Obstructive Sleep Apnea Syndrome—A Literature Review. *Medicina*, **59**, Article 1459. <https://doi.org/10.3390/medicina59081459>
- [11] 李红岩, 段莹, 卢焯, 等. 智能手环的应用评价[J]. 世界睡眠医学杂志, 2014, 1(6): 341-344.
- [12] Chen, Y., Wang, W., Guo, Y., Zhang, H., Chen, Y. and Xie, L. (2021) A Single-Center Validation of the Accuracy of a Photoplethysmography-Based Smartwatch for Screening Obstructive Sleep Apnea. *Nature and Science of Sleep*, **13**, 1533-1544. <https://doi.org/10.2147/nss.s323286>
- [13] 黄蓉, 黄席珍, 肖毅. Auto-CPAP 与传统 CPAP 治疗阻塞性睡眠呼吸暂停综合征的对比研究[J]. 中国医学科学院学报, 2001, 23(3): 290-293.
- [14] 毛洪刚, 赵荣娟, 陈腊青, 等. 自动调节持续气道正压通气在重度阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征治疗中的疗效观察[J]. 现代实用医学, 2010, 22(9): 1039-1040.
- [15] McNicholas, W.T. and Korkalainen, H. (2023) Translation of Obstructive Sleep Apnea Pathophysiology and Phenotypes to Personalized Treatment: A Narrative Review. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1239016. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1239016>
- [16] Chaidas, K. (2024) Editorial on the Special Issue “Obstructive Sleep Apnea (OSA)”. *Life*, **14**, Article 669. <https://doi.org/10.3390/life14060669>
- [17] Mamom, J., Rungroungdouyboon, B., Daovisan, H. and Sri-Ngernyuang, C. (2023) Electronic Alert Signal for Early Detection of Tissue Injuries in Patients: An Innovative Pressure Sensor Mattress. *Diagnostics*, **13**, Article 145. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13010145>
- [18] 王炳坤, 张福军, 雷华, 等. 智能床垫[J]. 设计, 2023, 36(24): 3.