

虚拟现实技术对失能老年人护理的应用进展综述

李广朝¹, 张敏^{2*}

¹黑龙江中医药大学第一临床医学院, 黑龙江 哈尔滨

²黑龙江中医药大学第三附属医院纪委办公室, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2026年1月3日; 录用日期: 2026年1月28日; 发布日期: 2026年2月4日

摘要

随着全球老龄化进程的加速, 失能老年人的护理需求日益突出, 但传统护理模式面临诸多挑战。虚拟现实(VR)技术作为一种新兴的干预手段, 近年来在老年护理领域展现出广阔的应用前景。文章系统综述了虚拟现实技术对失能老年人护理在康复训练、心理支持、社交互动及疼痛管理等多领域的应用现状, 并特别关注该群体因功能受限所带来的特殊适应性问题。同时, 对现有研究的质量进行评述, 指出其在样本代表性、对照设计、长期随访等方面的局限, 以期为未来研究提供更严谨的理论依据与实践方向。

关键词

虚拟现实技术, 失能老年人, 老年护理, 康复训练, 心理干预, 社交互动

Review on the Application Progress of Virtual Reality Technology in Nursing Care for Disabled Elderly

Guangchao Li¹, Min Zhang^{2*}

¹First Clinical Medical College, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

²Discipline Inspection Commission Office, The Third Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin Heilongjiang

Received: January 3, 2026; accepted: January 28, 2026; published: February 4, 2026

Abstract

With the acceleration of global aging, the care needs of disabled elderly individuals have become

*通讯作者。

文章引用: 李广朝, 张敏. 虚拟现实技术对失能老年人护理的应用进展综述[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 939-944.
DOI: 10.12677/acm.2026.162471

increasingly prominent, while traditional nursing models face numerous challenges. Virtual reality (VR) technology, as an emerging intervention, has demonstrated broad application prospects in the field of geriatric care in recent years. This article systematically reviews the current status of VR technology applications in the care of disabled elderly individuals across multiple domains, including rehabilitation training, psychological support, social interaction, and pain management, with particular attention to the unique adaptive challenges arising from functional limitations in this population. Additionally, the article evaluates the quality of existing research, highlighting limitations in sample representativeness, control design, and long-term follow-up, aiming to provide a more rigorous theoretical foundation and practical direction for future research.

Keywords

Virtual Reality Technology, Disabled Elderly, Elderly Care, Rehabilitation Training, Psychological Intervention, Social Interaction

Copyright © 2026 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

“十五五”时期是我国人口老龄化快速发展的阶段,也是国家老龄事业发展和应对人口老龄化的关键窗口期。预计到2050年,我国60岁以上人口将占35.1%,成为老龄人口最多的国家[1]。失能老人是指由于年龄、疾病、伤残等原因导致机体功能受损,生活自理能力下降,需要依赖照料的一类社会群体[2]。其常伴随着多种慢性疾病,承受着身体和心理上的双重挑战。人口老龄化和高龄化趋势的快速推进使失能、半失能老人数量攀升,目前已超4000万人,占老年人口的18.3%[3]。失能老年群体是老龄化社会的公共议题并引发了广泛讨论,更因持续攀升的照护成本和复杂的多维度需求给照护者带来巨大挑战。提升失能老人的生活质量是我国目前亟待解决的问题,随着全球老龄化进程的加速,失能老人数量持续攀升,对护理服务提出了更高要求[4],而传统护理模式面临着资源有限、个性化不足等突出问题[5],难以满足日益增长的多元化照护需求[6]。在此背景下,虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术通过其独特的沉浸式体验和多感官刺激特性,为失能老人护理开辟了创新路径[7]。本文旨在系统综述VR技术在失能老人护理中的应用进展,并特别关注该群体特有的功能限制与适配需求,同时对现有研究的方法学质量进行评述,以期对未来研究与临床实践提供参考。

2. 虚拟现实相关概述

虚拟现实(VR)是多学科交叉技术,核心为构建可交互的三维虚拟环境,通过多感知通道实现沉浸式人机交互,该技术契合护理实操培训、临床模拟等核心需求。VR技术在护理领域,应用已从基础培训拓展至临床技能强化(静脉穿刺、心肺复苏等)、专科护理培训、老年康复辅助、精神科心理疏导等核心场景。近年来,VR技术在老年护理领域的应用研究呈现快速增长趋势[8]。研究表明,VR技术通过多感官整合(包括视觉、听觉和触觉反馈)创造的身临其境体验,已被证实能增强认知功能、改善情绪状态并促进运动康复[9]。针对养老院居民的随机对照试验显示,接受VR干预的老人在疼痛、僵硬和功能能力等方面较传统药物治疗组获得更显著的改善[7]。在技术特点方面,VR系统通过头戴式显示设备和交互式控制器,能够模拟真实环境并提供个性化刺激[10]。此外,VR技术还展现出良好的用户接受度,在针对失能老人的研究中,超过86.7%的参与者对VR体验表示高度满意[11]。然而,该技术的临床应用仍面临硬

件适配性、操作复杂性和成本效益等挑战[12]。下文将系统分析 VR 技术在失能老年人护理中的应用现状,旨在为开发更高效、人性化的智能护理方案提供理论依据和实践指导。

3. 虚拟现实技术在失能老年人护理中核心应用领域的研究

3.1. 认知功能训练

VR 通过沉浸式任务与多感官刺激,可促进神经可塑性,改善认知功能。有研究表明[13],VR 工作记忆训练对抑郁症患者的认知多个领域均有提升作用;在阿尔茨海默病患者中,VR 干预也有助于延缓认知衰退、改善记忆与平衡功能[14][15]。此外,针对卒中患者的比较研究显示,VR 训练在改善执行功能与视觉空间能力方面优于传统纸笔训练[16]。失能老年人常伴有肢体活动受限、长期卧床等情况,其在接受 VR 认知训练时面临独特挑战。例如,前庭功能减退或体位性低血压者易在沉浸式环境中出现眩晕、恶心等不适[17];上肢瘫痪或协调障碍者则难以操作传统手柄,需依赖眼动追踪、语音指令等替代交互方式[18]。认知训练内容需与其日常生活功能(如穿衣、进食)紧密结合,以提升生态效度与迁移效果。未来研究应更多关注低运动负荷、高适配性的 VR 认知方案,并纳入不同失能程度的老年亚组进行效果验证。现有研究多集中于轻度至中度功能障碍的老年人,对重度失能或长期卧床人群的关注不足,多数试验样本量较小($n < 50$)、干预周期短(4~12 周),缺乏长期随访数据[16]。对照组设计亦常限于常规护理或被动观察,缺乏与强度匹配的非 VR 认知训练对照,可能高估 VR 的特异性效应[15]。未来需开展更大规模、长周期、严格对照的试验,并采用盲法评估以提升证据等级。

3.2. 运动康复训练

VR 通过游戏化任务与实时反馈,可提升康复训练的趣味性与参与度,增强患者依从性[19]。虚拟环境能模拟日常活动场景(如烹饪、过马路),促进功能迁移[20]。对于活动能力严重受限者,VR 还可提供被动运动训练,延缓肌肉萎缩与关节僵硬[21]。例如,针对老年人设计的认知-生活技能 VR 游戏,能有效提升其在现实环境中的自理能力[22]。失能老年人常因瘫痪、肌力下降或平衡障碍而无法完成传统康复动作。VR 训练需根据其功能残存程度进行个性化调整,如采用坐姿 VR 训练、结合上肢代偿或辅助器具。此外,训练强度与持续时间需谨慎控制,避免因疲劳或不适导致不良事件。未来应开发更多适用于卧床或轮椅使用者的低强度、安全性高的 VR 康复程序,并整合生理监测(如心率、血氧)以实时调节训练负荷[23]。目前 VR 运动康复研究多聚焦于轻中度功能障碍者,对重度失能、多病共存老年人的适用性证据不足。干预方案在设备类型、训练内容、频率等方面异质性高,难以进行跨研究比较。此外,多数研究未系统报告不良反应(如跌倒、视觉疲劳),长期功能维持效果亦缺乏评估[20][21]。

3.3. 心理干预

VR 通过提供沉浸式自然场景或怀旧环境,可有效缓解失能老年人的抑郁与焦虑情绪。例如,卒中后老年患者在接受 VR 花园疗法后,抑郁量表得分显著降低[24];慢性阻塞性肺病患者在 VR 辅助下,情绪状态亦明显改善[25]。即便在安宁疗护中,VR 也能为晚期癌症患者提供即时情绪舒缓[26]。失能老年人常因身体限制与社会隔离而出现孤独、无助等情绪问题[16]。VR 心理干预需注重内容的情感共鸣与操作简便性,避免复杂交互加重心理负担。针对视力减退、听力下降者,应调整视觉对比度、增加字幕或音频描述。此外,VR 场景宜以平静、正向为主题(如自然风光、家庭团聚),避免引发负面联想。未来可开发支持远程家庭共同参与的 VR 心理支持系统,增强其社会联结感。现有心理干预研究样本量普遍较小,且多集中于特定疾病群体(如卒中、COPD),对失能老年人的普遍适用性尚不明确。干预效果评估多依赖自评量表,易受主观偏差影响;缺乏生理指标(如皮质醇、心率变异性)的客观佐证。长期情绪改善效果及

预防复发的作用仍未得到充分验证[24]-[26]。未来需结合混合研究方法, 从多维度评估 VR 心理干预的可持续性。

3.4. 社交互动

VR 能通过多用户虚拟环境与化身技术, 帮助失能老年人突破空间限制参与社交活动。例如, 基于“元宇宙”概念的虚拟世界支持远程家庭互动与群体游戏, 缓解社会隔离[27]; 代际互动 VR 项目则能促进老年人与年轻一代的情感交流[28]。失能老年人常因行动不便、沟通障碍而难以参与传统社交活动。VR 社交平台需简化操作流程, 提供语音指令、一键加入等适老化设计。对于认知衰退者, 界面应清晰直观、避免信息过载。此外, 社交内容宜以轻松、合作型活动为主, 减少竞争性压力。未来可开发照料者辅助模式, 帮助重度失能老年人完成虚拟社交参与[18]。VR 社交相关研究尚处于探索阶段, 实证研究较少, 且多关注技术可行性而非社交效果的长期影响。现有研究缺乏对社交质量、关系深度等指标的量化评估, 亦未充分考虑数字鸿沟与使用意愿的代际差异[27][28]。未来需开展纵向研究, 评估 VR 社交对老年人心理健康与社会归属感的持续作用。

3.5. 疼痛管理

VR 通过注意力转移、放松诱导及神经调节等多机制缓解疼痛。研究表明, 沉浸式 VR 能激活前扣带回皮层等疼痛调控脑区, 降低疼痛感知[29]; 虚拟自然场景可促进副交感神经活动, 减少镇痛药物需求[30]。在骨关节炎、术后疼痛等场景中, VR 均显示出与药物相近的镇痛效果, 且无成瘾风险[31][32]。失能老年人常伴有多部位慢性疼痛, 且可能因认知或沟通障碍无法准确表达疼痛感受。VR 镇痛方案需避免复杂交互, 可采用被动观看模式, 并结合舒缓音乐与自然场景。对于无法佩戴头显者, 可考虑投影式 VR 或音频引导想象训练。此外, 疼痛评估工具需适配其认知水平, 如使用面部表情量表替代数字评分[33]。现有疼痛研究多集中于门诊或住院患者, 对长期照护机构或居家失能老年人的关注不足。干预时长、频率缺乏标准化, 且较少开展与药物联合使用的协同效应研究。长期镇痛效果与安全性数据有限, 尤其是对心血管、前庭系统的影响尚未明确[34][35]。

4. 技术挑战

然而, 虚拟现实技术在失能老年人群护理发展并不是一帆风顺。首先, VR 技术在临床推广方面的过程中并非毫无障碍。目前, 应用过程中面临的主要挑战包括: 硬件与老年人口生理特征的适配性、高昂的投资与健康效益之间的成本效益比, 以及老年人对新兴技术的认可与使用障碍, 这些都成为了其规模化和常态化应用的关键制约因素, 这些问题并不是独立存在的, 而是相互关联的系统性挑战。其次, 在虚拟现实技术硬件的层面面临诸多挑战。高质量的 VR 设备价格不菲, 且其设置、佩戴和交互操作对老年人而言可能过于复杂[36]。此外, 在远程康复等场景中, 通信延迟问题也会影响交互体验, 在关于外骨骼远程操作的研究指出, 为确保舒适的远程操作, 总通信周期延迟需控制在 400 毫秒以内, 这对网络基础设施提出了较高要求[37]。因此, 未来需要在提升技术易用性、降低成本和优化网络性能方面做出更多努力。

5. 展望未来

VR 技术在老年护理中的深入应用与普及, 需要在以下三个方面持续努力: 首先, 从技术角度来看, 必须坚持以用户为中心的设计理念, 研发更自然、直观, 并符合老年人认知与运动能力的交互方式(如手势控制、眼动追踪、生物反馈), 同时大幅提升系统的易用性和安全性, 这实质上是要将“适老化”的理念深入融入技术的设计中。其次, 在研究层面, 需从短期效果的验证, 转向设计严谨的大规模随机对照试验和长期跟踪研究, 以积累高级别的证据, 明确不同 VR 干预方案对特定健康结局的效果、最佳剂量

和持续性。最后, 在实践层面, 要加强多学科协作的生态, 这需要临床医生、护理人员、工程师、心理学家等打破专业壁垒, 共同参与方案的设计、效果评估与迭代优化, 确保 VR 干预不仅“技术可行”, 而且是“临床必需”和“用户评价良好”的产品。

总之, VR 技术为提升失能老年人的生活质量带来了希望的光芒。随着其在失能老年人群护理中的应用范围不断扩大, 老年健康干预方式正经历重要转变。VR 技术已超越早期探索阶段, 在认知训练、运动康复、心理调适、社交促进和疼痛管理等多个关键护理领域显示出巨大的临床价值。通过创造可控、沉浸式和个性化的干预环境, 它为应对失能老年人因身体局限性所导致的康复动力不足、社交孤立和认知衰退等复杂问题, 开辟了传统方法难以达到的新路径。

参考文献

- [1] Ansah, J.P., Chiu, C., Wei-Yan, A.C., Min, T.L.S. and Matchar, D.B. (2021) Trends in Functional Disability and Cognitive Impairment among the Older Adult in China up to 2060: Estimates from a Dynamic Multi-State Population Model. *BMC Geriatrics*, **21**, Article No. 380. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02309-4>
- [2] 于普林, 高超, 雷平, 等. 预防老年人失能核心信息中国专家共识(2019) [J]. 中华老年医学杂志, 2019, 38(10): 1073-1074.
- [3] 邓欢欢, 郝习君, 崔慧英, 等. 家庭环境和社区服务对 失能老年人照护需求的影响路径分析[J]. 中国实用护理杂志, 2024, 40(10): 752-758.
- [4] Qin, Y., Yao, X., Ma, Q., Salvador, J.T. and Pang, L. (2023) Needs and Influence Factors of Medical-Nursing-Pension of Disabled Elderly. *Medicine*, **102**, e35189. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000035189>
- [5] Wang, M., Li, D., Li, J. and Zhang, X. (2024) Professional Competencies in Geriatric Nursing for Geriatric Nurses: A Latent Profile Analysis. *BMC Nursing*, **23**, Article No. 512. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-02157-8>
- [6] Lu, S. and Kuang, Y. (2025) Prediction of Disability Levels and Research on Nursing Economic Costs for Elderly People in China. *PLOS ONE*, **20**, e0336605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0336605>
- [7] Huygelier, H., Schraepen, B., Lafosse, C., Vaes, N., Schillebeeckx, F., Michiels, K., *et al.* (2020) An Immersive Virtual Reality Game to Train Spatial Attention Orientation after Stroke: A Feasibility Study. *Applied Neuropsychology: Adult*, **29**, 915-935. <https://doi.org/10.1080/23279095.2020.1821030>
- [8] Chang, A., Lin, P., Lin, P., Lin, Y., Kabasawa, Y., Lin, C., *et al.* (2022) Effectiveness of Virtual Reality-Based Training on Oral Healthcare for Disabled Elderly Persons: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Personalized Medicine*, **12**, Article No. 218. <https://doi.org/10.3390/jpm12020218>
- [9] 王鑫宇, 黑鹏, 兰超玉, 等. 虚拟现实技术在康复领域的发展与应用[J]. 运动科学与健康研究, 2025(5): 52-58+15.
- [10] Früh, A., Wetzel-Yalelis, A., Jelgersma, C., Wasilewski, D., Weber, C.F., Truckenmueller, P., *et al.* (2025) Spinal Anesthesia and Digital Anxiolysis (SPIDA) for the Treatment of Lumbar Spinal Stenosis—A Feasibility Study. *Neurosurgical Review*, **48**, Article No. 316. <https://doi.org/10.1007/s10143-025-03433-0>
- [11] Saab, M.M., Hegarty, J., Murphy, D. and Landers, M. (2021) Incorporating Virtual Reality in Nurse Education: A Qualitative Study of Nursing Students' Perspectives. *Nurse Education Today*, **105**, Article ID: 105045. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.105045>
- [12] Yan, S., Shen, S., Lu, Q., Zhong, S., Lv, S., Lai, S., *et al.* (2024) Virtual Reality Working Memory Training Improves Cognitive Performance of Acute and Remitted Patients with Major Depressive Disorder. *Journal of Affective Disorders*, **344**, 267-276. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.10.067>
- [13] Yi, Y., Hu, Y., Cui, M., Wang, C. and Wang, J. (2022) Effect of Virtual Reality Exercise on Interventions for Patients with Alzheimer's Disease: A Systematic Review. *Frontiers in Psychiatry*, **13**, Article ID: 1062162. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.1062162>
- [14] Santos, V.D., Costa, A.C., Junior, N.C., Delaere, F.J., Serlet, S. and Dourado, M.C.N. (2024) Virtual Reality Interventions and Their Effects on the Cognition of Individuals with Alzheimer's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Alzheimer's Disease*, **103**, 68-80. <https://doi.org/10.1177/13872877241299037>
- [15] Faria, A.L., Pinho, M.S. and Bermúdez i Badia, S. (2020) A Comparison of Two Personalization and Adaptive Cognitive Rehabilitation Approaches: A Randomized Controlled Trial with Chronic Stroke Patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **17**, Article No. 78. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00691-5>
- [16] 何欣欣, 谢冬梅, 王晓玲, 等. 人工智能在失能老年人照护中的应用研究进展[J]. 实用老年医学, 2025, 39(8): 757-761.

- [17] 杨祺, 宋朝晖. 社区居家失能老年人住所环境适老化改造现状[J]. 护理研究, 2025, 39(18): 3129-3134.
- [18] 张蕾, 刘征, 何文梅, 等. 虚拟现实技术在失能老年人康复中的应用研究进展[J]. 中国疗养医学, 2024, 33(6): 79-83.
- [19] Zhang, C. and Yu, S. (2024) Technology to Enhance Patient Motivation in Virtual Reality Rehabilitation: A Review. *Games for Health Journal*, **13**, 215-233. <https://doi.org/10.1089/g4h.2023.0069>
- [20] Wang, S., Meng, H., Zhang, Y., Mao, J., Zhang, C., Qian, C., et al. (2025) Effect of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Mental Health and Quality of Life of Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, **106**, 607-617. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2024.10.006>
- [21] Cheng, L., Pang, W.Y.J. and Kong, A. (2025) A Virtual Reality Game for Older Adults' Immersive Learning. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 22195. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-07354-2>
- [22] Kiper, P., Przysiężna, E., Cieślík, B., Broniec-Siekaniec, K., Kucińska, A., Szczygiał, J., et al. (2022) Effects of Immersive Virtual Therapy as a Method Supporting Recovery of Depressive Symptoms in Post-Stroke Rehabilitation: Randomized Controlled Trial. *Clinical Interventions in Aging*, **17**, 1673-1685. <https://doi.org/10.2147/cia.s375754>
- [23] 鞠惠, 王湘云, 李玲, 等. 虚拟现实技术在老年慢病中的应用进展[J]. 牡丹江医学院学报, 2023, 44(6): 128-131.
- [24] Rutkowski, S., Szczegielniak, J. and Szczepańska-Gieracha, J. (2021) Evaluation of the Efficacy of Immersive Virtual Reality Therapy as a Method Supporting Pulmonary Rehabilitation: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article No. 352. <https://doi.org/10.3390/jcm10020352>
- [25] Moscato, S., Sichi, V., Giannelli, A., Palumbo, P., Ostan, R., Varani, S., et al. (2021) Virtual Reality in Home Palliative Care: Brief Report on the Effect on Cancer-Related Symptomatology. *Frontiers in Psychology*, **12**, Article ID: 709154. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.709154>
- [26] Vecchio, M., Chiaramonte, R., Buccheri, E., Tomasello, S., Leonforte, P., Rescifina, A., et al. (2025) Metaverse-Aided Rehabilitation: A Perspective Review of Successes and Pitfalls. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article No. 491. <https://doi.org/10.3390/jcm14020491>
- [27] Zhang, J. (2025) Preventing Suicide among Older Women in China: The Integration of Gamified Group-Based Exercise in a Virtual Reality Environment. *Frontiers in Psychology*, **16**, Article ID: 1626476. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1626476>
- [28] Darnall, B.D., Krishnamurthy, P., Tsuei, J. and Minor, J.D. (2020) Self-Administered Skills-Based Virtual Reality Intervention for Chronic Pain: Randomized Controlled Pilot Study. *JMIR Formative Research*, **4**, e17293. <https://doi.org/10.2196/17293>
- [29] Hughes, S. (2025) Immersive Nature-Based Virtual Reality for Chronic Pain: From Analgesia to Accessibility. *Current Opinion in Supportive & Palliative Care*, **19**, 145-149. <https://doi.org/10.1097/spc.0000000000000768>
- [30] Pretat, T., Koller, C. and Hügler, T. (2025) Virtual Reality as a Treatment for Chronic Musculoskeletal Pain Syndromes. *Joint Bone Spine*, **92**, Article ID: 105769. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2024.105769>
- [31] Ehioghae, M., Montoya, A., Keshav, R., Vipra, T.K., Manuk-Hakobyan, H., Hasoon, J., et al. (2023) Effectiveness of Virtual Reality-Based Rehabilitation Interventions in Improving Postoperative Outcomes for Orthopedic Surgery Patients. *Current Pain and Headache Reports*, **28**, 37-45. <https://doi.org/10.1007/s11916-023-01192-5>
- [32] Ioannou, A., Papastavrou, E., Avraamides, M.N. and Charalambous, A. (2020) Virtual Reality and Symptoms Management of Anxiety, Depression, Fatigue, and Pain: A Systematic Review. *SAGE Open Nursing*, **6**. <https://doi.org/10.1177/2377960820936163>
- [33] 冯新凌. VR技术的应用——针对老年人及残障人士的探究[J]. 科技与创新, 2016(12): 56.
- [34] Yang, Q., Du, S., Tang, L., Zhang, Y. and Wang, X. (2025) Analgesic Effects and Neural Oscillatory Mechanisms of Music-Synchronized Virtual Reality Intervention. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **22**, Article No. 202. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01740-7>
- [35] Medina, S. and Hughes, S.W. (2025) Immersion in Nature through Virtual Reality Attenuates the Development and Spread of Mechanical Secondary Hyperalgesia: A Role for Insulo-Thalamic Effective Connectivity. *Pain*, **166**, 2181-2193. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003701>
- [36] Matys-Popieliska, K., Popieliski, K. and Sibilska-Mroziewicz, A. (2024) Study of the Possibility of Using Virtual Reality Application in Rehabilitation among Elderly Post-Stroke Patients. *Sensors*, **24**, Article No. 2745. <https://doi.org/10.3390/s24092745>
- [37] Falkowski, P., Zawalski, K., Jeznach, K., Oleksiuk, J., Aktan, M.E., Ömürlü, V.E., et al. (2025) Investigation of Delays and Connection Stability in Teleoperation via VR Capabilities for Remote Exoskeleton-Aided Physiotherapy. 2025 *International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, Chicago, 12-16 May 2025, 308-313. <https://doi.org/10.1109/icorr66766.2025.11063170>