

虚拟现实技术对多发性硬化患者症状和生活质量影响的Meta分析



王庆源, 袁红, 明祥英, 林伦玮, 周叶, 马李

泸州市中医医院护理部 (四川泸州 616000)

【摘要】目的 评估虚拟现实 (virtual reality, VR) 技术对多发性硬化 (multiple sclerosis, MS) 患者症状和生活质量的影响。方法 检索 Web of Science、PubMed、Embase、The Cochrane Library、万方、知网、维普和中国生物医学文献数据库中关于 VR 技术干预 MS 患者的随机对照试验。检索时间为建库至 2024 年 12 月 1 日。数据分析使用 RevMan5.4 软件, 评价文献质量采用 Cochrane 偏倚风险评估工具, 评价结局指标质量采用 GRADE 证据分级系统。结果 共纳入 20 篇文献, 涉及 881 名患者, 文献偏倚风险为低度至中度。试验组为 VR 技术干预, 对照组为常规治疗、不干预或运动训练。VR 技术能够显著提高 MS 患者蒙特利尔认知评估量表评分 ($MD=1.34$, $95\%CI: 0.06\sim 2.61$, $P=0.04$)、符号数字模态测验评分 ($MD=5.30$, $95\%CI: 1.64\sim 8.95$, $P=0.005$)、平衡功能 ($MD=2.45$, $95\%CI: 0.36\sim 4.55$, $P=0.02$) 和生活质量 ($SMD=0.27$, $95\%CI: 0.09\sim 0.46$, $P=0.004$), 但抑郁症状 ($SMD=-0.18$, $95\%CI: -0.41\sim 0.06$, $P=0.15$) 和疲劳症状 ($SMD=-0.37$, $95\%CI: -0.80\sim 0.07$, $P=0.10$) 无显著变化。结论 VR 技术能有效改善 MS 患者的认知、平衡功能和生活质量, 但对改善抑郁和疲劳症状效果不明显。本研究纳入文献样本量较小且缺乏随访数据, 今后还需要开展更多高质量的随机对照试验进行验证。

【关键词】 多发性硬化; 虚拟现实; 认知功能; 生活质量; Meta分析

【中图分类号】 R741 **【文献标识码】** A

The effect of virtual reality technology on symptoms and quality of life in multiple sclerosis patients: a Meta-analysis

WANG Qingyuan, YUAN Hong, MING Xiangying, LIN Lunwei, ZHOU Ye, MA Li

Department of Nursing, Luzhou Traditional Chinese Medicine Hospital, Luzhou 616000, Sichuan Province, China

Corresponding author: YUAN Hong, E-mail: lzyyhh@126.com

【Abstract】 Objective To assess the impact of virtual reality (VR) technology on symptoms and quality of life in patients with multiple sclerosis (MS). Methods Web of Science, PubMed, Embase, The Cochrane Library, Wanfang, CNKI, CBM, and VIP databases were searched for randomized controlled trials of VR technology interventions for MS patients. The search was conducted from when the library was built until December 1, 2024. Data were analyzed using RevMan 5.4 software, the Cochrane Risk of Bias Assessment Tool was used to evaluate the quality

DOI: 10.12173/j.issn.1004-4337.202509040

通信作者: 袁红, 主任护师, Email: lzyyhh@126.com

<https://slyyx.whuzhmedj.com/>

of the literature, and the GRADE Evidence Classification System was used to assess the quality of outcome indicators. **Results** A total of 20 publications involving 881 patients were included, and the risk of literature bias was low to moderate. The test group was trained with VR technology and the control group was trained with conventional treatment or no intervention or exercise training. VR technology significantly improved Montreal Cognitive Assessment Scale scores ($MD=1.34$, 95%CI: 0.06~2.61, $P=0.04$), Symbol Digit Modalities Test scores ($MD=5.30$, 95%CI: 1.64~8.95, $P=0.005$), balance function ($MD=2.45$, 95%CI: 0.36~4.55, $P=0.02$), and quality of life ($SMD=0.27$, 95%CI: 0.09~0.46, $P=0.004$) of MS patients, but no significant change for depressive symptoms ($SMD=-0.18$, 95%CI: -0.41~0.06, $P=0.15$) and fatigue symptoms ($SMD=-0.37$, 95%CI: -0.80~0.07, $P=0.10$). **Conclusion** VR technology is effective in improving cognitive function, balance function, and quality of life in patients with MS, but is less effective in improving symptoms of depression and fatigue. However, the small sample size and lack of follow-up data in the literature included in this study require more high-quality randomized controlled trials to be conducted for validation in the future.

【Keywords】 Multiple sclerosis; Virtual reality; Cognitive function; Quality of life; Meta-analysis

多发性硬化 (multiple sclerosis, MS) 是一种中枢神经系统的神经炎性疾病, 可导致脱髓鞘和神经元损伤, 是青壮年非创伤性残疾最常见的原因之一, 据统计, 全球约280万人患有MS, 男女比例为3:1, MS给社会造成了沉重的经济负担^[1]。由于MS中枢神经系统受损, 因此临床症状多样, 常见症状包括认知障碍、平衡失调、疲劳和抑郁等, 对患者的日常生活及其质量造成了严重影响^[1]。管理症状是治疗MS不可或缺的一部分。虚拟现实 (virtual reality, VR) 技术利用计算机硬件和软件进行交互式模拟, 实现视觉、触觉、听觉和其他感官反馈, VR设备包括非沉浸式、半沉浸式和完全沉浸式^[2]。VR技术成本低、易于使用、不良事件发生率低, 可为患者提供真实的体验和沉浸感, 激发患者参与康复的积极性和依从性, 从而改善其症状和生活质量^[3]。目前VR技术已广泛应用于神经康复领域, 有研究表明, VR技术在帕金森和中风患者症状管理方面安全且有效^[4]。然而, VR技术对MS患者症状及生活质量影响仍存在争议。因此, 本研究遵循PRISMA声明^[5], 通过Meta分析探讨VR技术对MS患者症状和生活质量的应用效果。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略

计算机检索Web of Science、PubMed、Embase、the Cochrane Library、知网、万方、维普和中国生物医学文献数据库中关于VR技术干预MS患者的文献。检索时限为建库至2024年12月1日。中文检索式:

(多发性硬化 OR 多发性硬化症) AND (虚拟现实 OR 虚拟环境 OR 虚拟游戏 OR 交互式情景模拟)。英文检索式: (Multiple Sclerosis OR sclerosis multiple OR sclerosis disseminated OR multiple sclerosis acute fulminating) AND (Virtual Reality OR Exergaming OR Virtual OR Virtuality OR Augmented OR computer OR Software OR Game OR Simulation OR reality system OR Interactive OR X-box OR Kinect OR Nintendo OR Wii) AND (Randomized Controlled Trial)。

1.2 纳入和排除标准

纳入标准: ①研究对象被诊断为MS; ②研究设计为随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT); ③试验组采取VR技术, 对照组采取常规治疗、不干预或运动训练; ④结局指标为蒙特利尔认知评估 (Montreal cognitive assessment, MoCA) 量表评分、符号数字模态测验 (symbol digit modalities test, SDMT) 评分、伯格平衡量表 (the Berg balance scale, BBS)、抑郁症状、疲劳症状或生活质量中任意一项。

排除标准: ①未报告相关结局指标或文献数据无法提取; ②综述等文献类型; ③重复发表。

1.3 文献筛选和资料提取

两人独立筛选文献、提取资料并交叉核对, 若出现分歧, 与第三名研究者商讨。首先将检索出来的文献导入Endnote 21软件查重并删除重复项, 然后阅读题目和摘要删除不符合文献, 最后对剩余文献进行全文阅读, 筛选出符合纳入标准的文献。资料提取内容包括第一作者、发表年份、国家、年龄、样本量、干预和对照措施、干预时间、结局指标等。

1.4 文献质量评价

两人独立使用Cochrane手册5.1.0版的RCT偏倚风险评估工具^[6]对文献质量进行评估。该工具包括随机序列生成、分配隐藏、研究者及受试者盲法、结局评价者盲法、结果数据完整性、选择性报告和其他偏倚等条目，并将评估结果分为“low risk”、“high risk”或“unclear risk”。如果所有条目均为“low risk”，则文献质量为高质量；如有条目为“unclear risk”，但无“high risk”，则为中等质量；如有条目为“high risk”，则为低质量。此外，结果指标的证质量采用GRADE证据分级系统进行评估，该系统将每个结局指标的证质量从高到低分为四类：高、中、低和极低。出现分歧时，与第三名研究者讨论。

1.5 统计学分析

使用RevMan 5.4软件进行数据分析。本研究纳入的结局指标为连续性变量，若使用相同量表，用均数差（mean differences, MD）和95%置信区间（confidence interval, CI）表示，反之则用标准化均数差（standard mean difference, SMD）及其95%CI表示^[7]。异质性检验，当 $P < 0.1$ 且 $I^2 > 50\%$ 时，认为存在异质性，采用随机效应模型，反之采用固定效应模型。当异质性较大时，逐一剔除研究进行敏感性分析。显著性水平 $\alpha=0.05$ 。若纳入文献量 ≥ 10 篇，绘制漏斗图评估发表偏倚。

2 结果

2.1 文献筛选流程与结果

从957篇文献中筛选出符合纳入标准的文献20篇^[8-27]。文献筛选流程见图1。

2.2 纳入文献基本特征

纳入的20篇^[8-27]均为英文文献，涉及881名患者。发表时间在2013年至2024年。试验组采

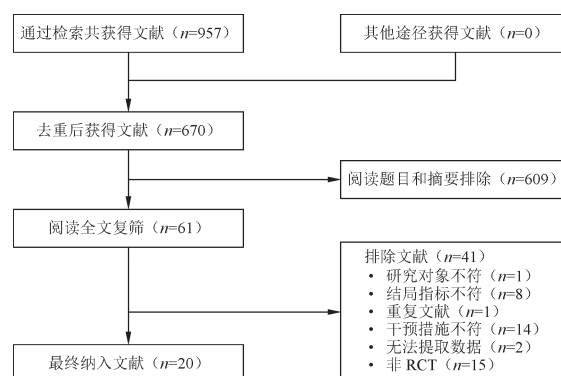


图1 文献筛选流程图

Figure 1. Flow chart of literature screening

注：检索的数据库及检出文献数为Web of Science (n=191), PubMed (n=184), Embase (n=352), the Cochrane Library (n=88), 知网(n=6), 万方(n=118), 维普(n=5), 中国生物医学文献数据库(n=13)。

用VR技术，对照组采用常规治疗、不干预或运动训练。干预疗程每周1~5次，每次20~60 min，共4~12周。评估认知功能时，3项研究^[10, 14, 16]使用MoCA，4项^[14, 16, 20, 26]使用SDMT；评估平衡功能时，10项^[12, 13, 15, 17, 19, 22-25, 27]均使用BBS；评估疲劳症状时，5项^[9, 14, 17-19]使用疲劳严重程度量表（Fatigue Severity Scale, FSS），4项^[11, 20, 26, 27]使用改良疲劳影响量表（the Modified Fatigue Impact Scale, MFIS）；评估抑郁症状时，3项^[14, 16, 20]使用贝克抑郁自评量表（Beck Depression Inventory, BDI），1项^[11]使用患者健康问卷-9（Patient Health Questionnaire-9, PHQ-9），1项^[21]使用汉密尔顿抑郁量表（Hamilton Depression Rating Scale, HDRS）；评估生活质量时，2项^[17, 20]使用MS多维国际生存质量调查表（Multiple sclerosis international Quality of Life questionnaire, MusiQoL），7项^[8, 11, 12, 14, 16, 18, 26]使用MS生存质量（Multiple Sclerosis Quality of Life, MSQOL），1项^[9]使用MS影响量表-29（Multiple Sclerosis Impact Scale, MSIS-29）。见表1。

表1 纳入文献基本特征

Table 1. Basic characteristics of the included literature

研究	国家	平均年龄 (岁, T/C)	样本量 (T/C)	干预措施	干预疗程	结局指标
Maggio等2024 ^[8]	意大利	(46.09 ± 10.40) / (52.46 ± 8.99)	35/35	T: 半沉浸式VR训练 C: 常规治疗	每周2次，每次60 min， 共8周	①
Marcos-Antón等2023 ^[9]	西班牙	(48.67 ± 7.63) / (47.87 ± 6.70)	15/15	T: 半沉浸式VR训练 C: 常规治疗	每周2次，每次60 min， 共8周	①⑥
Maggio等2023 ^[10]	意大利	(49.00 ± 13.40) / (53.60 ± 9.50)	53/53	T: 半沉浸式VR训练 C: 常规治疗	每周3次，每次60 min， 共8周	②

续表1

研究	国家	平均年龄 (岁, T/C)	样本量 (T/C)	干预措施	干预疗程	结局指标
Galperin等2023 ^[11]	以色列、美国、德国	(49.00 ± 10.00) / (49.10 ± 9.70)	56/52	T: 半沉浸式VR跑步机训练 C: 跑步机训练	每周3次, 每次45 min, 共6周	①④⑥
Behrouz等2023 ^[12]	伊朗	(39.93 ± 7.13) / (39.13 ± 7.52)	15/15	T: 半沉浸式VR康复训练 C: 常规治疗	每周3次, 每次20~30 min, 共8周	①⑤
Salbs等2022 ^[13]	土耳其	(37.60 ± 6.30) / (37.20 ± 5.90)	20/20	T: 半沉浸式VR训练 C: 常规治疗	每周3次, 每次35 min, 共12周	①⑤
Pagliari等2021 ^[14]	意大利	(48.33 ± 9.66) / (52.23 ± 9.34)	30/30	T: 半沉浸式家庭VR康复训练 C: 常规治疗	每周5次, 每次45 min, 共6周	①②③ ④⑥
Molhemi等2021 ^[15]	伊朗	(36.80 ± 8.40) / (41.60 ± 8.40)	19/20	T: 半沉浸式VR平衡训练 C: 常规治疗	每周3次, 每次35 min, 共6周	⑤
Leonardi等2021 ^[16]	意大利	(57.40 ± 7.90) / (51.80 ± 1.20)	15/15	T: 半沉浸式VR康复训练 C: 常规治疗	每周3次, 每次45 min, 共8周	①③④
Yazgan等2020 ^[17]	伊朗	(47.46 ± 10.53) / (40.66 ± 8.82)	15/15	T: 半沉浸式VR平衡游戏 C: 不干预	每周2次, 每次60 min, 共8周	①⑤⑥
Tramontano等2020 ^[18]	意大利	(46.70 ± 10.40) / (52.30 ± 5.40)	14/16	T: 半沉浸式VR康复训练 C: 常规治疗	每周3次, 每次40 min, 共4周	①⑥
Ozkul等2020 ^[19]	土耳其	(31.00 ± 4.76) / (35.63 ± 3.17)	13/13	T: 完全沉浸式VR干预 C: 放松运动	每周2次, 每次30 min, 共8周	⑤⑥
Ozdogar等2020 ^[20]	土耳其	(39.20 ± 8.60) / (37.90 ± 12.40)	21/20	T: 半沉浸式VR游戏运动 C: 不干预	每周1次, 每次45 min, 共8周	①③④⑥
Russo等2018 ^[21]	意大利	(42.00 ± 7.00) / (41.00 ± 8.00)	30/15	T: 机器人步态训练+半沉浸式VR C: 常规治疗	每周3次, 每次60 min, 共6周	④
Peruzzi等2017 ^[22]	意大利	(43.60 ± 10.20) / (42.00 ± 12.00)	14/11	T: 半沉浸式VR跑步机训练 C: 跑步机训练	每周3次, 每次45 min, 共6周	⑤
Calabrò等2017 ^[23]	意大利	(44.00 ± 2.00) / (41.75 ± 2.25)	20/20	T: 机器人步态训练+半沉浸式VR C: 常规治疗	每周5次, 每次40 min, 共8周	⑤
Kalron等2016 ^[24]	以色列	(47.30 ± 9.60) / (43.90 ± 10.60)	15/15	T: 半沉浸式VR训练 C: 常规治疗	每周2次, 每次30 min, 共6周	⑤
Eftekharsadat等2015 ^[25]	伊朗	(33.40 ± 8.10) / (37.00 ± 8.30)	15/15	T: 半沉浸式VR稳定性训练 C: 不干预	每周2次, 每次20 min, 共12周	⑤
Giglio等2015 ^[26]	意大利	(44.64 ± 7.63) / (42.99 ± 9.42)	18/17	T: 半沉浸式VR认知康复训练 C: 不干预	每周5次, 每次30 min, 共8周	①③⑥
Brichetto等2013 ^[27]	意大利	(40.70 ± 11.50) / (43.20 ± 10.60)	18/18	T: 半沉浸式VR平衡训练 C: 常规治疗	每周3次, 每次60 min, 共4周	⑤⑥

注: T. 试验组; C. 对照组; VR, virtual reality, 虚拟现实; ①MSQOL, multiple sclerosis quality of life, 多发性硬化生存质量; MusiQoL, multiple sclerosis international quality of life questionnaire, 多发性硬化多维国际生存质量调查表; MSIS-29, multiple sclerosis impact scale-29, 多发性硬化影响量表-29; ②MoCA, Montreal cognitive assessment, 蒙特利尔认知评估; ③SDMT, symbol digit modalities test, 符号数字模态测验; ④PHQ-9, patient health questionnaire-9, 患者健康问卷-9; BDI, Beck depression inventory, 贝克抑郁自评量表; HDRS, Hamilton depression rating scale, 汉密尔顿抑郁量表; ⑤BBS, the Berg balance scale, 伯格平衡量表; ⑥MFIS, the modified fatigue impact scale, 改良疲劳影响量表; FSS, fatigue severity scale, 疲劳严重程度量表。

2.3 纳入文献质量评价结果

所有研究均采用了具体的随机化方法。13项^[9, 11, 13-15, 18-25]使用分配隐藏。3项^[9, 11, 17]对患者施盲, 17项^[8-11, 13-15, 18-27]对评估者施盲, 1项^[17]未对评估者施盲。其余文献未具体描述分配隐藏和盲法。纳入的20篇文献中, 1篇^[9]为高

质量, 其余均为中等质量。见图2、图3。

2.4 Meta分析结果

2.4.1 蒙特利尔认知评估评分

3篇^[10, 14, 16]文献评价了VR技术对患者MoCA评分的影响。研究间存在异质性($P=0.08$, $I^2=61%$), 采用随机效应模型。结果

显示，试验组 MoCA 评分高于对照组 ($MD=1.34$, $95\%CI: 0.06\sim 2.61$, $P=0.04$)。因各研究间干预周期不同，分为 6 周和 8 周，为进一步分析异质性来源，进行亚组分析。结果显示，干预周期为 8 周的研究间无显著异质性 ($P=0.63$, $I^2=0\%$)，采用固定效应模型，试验组 MoCA 评分高于对照组 ($MD=2.01$, $95\%CI: 1.20\sim 2.81$, $P < 0.001$)。见图 4。

2.4.2 符号数字模态测验评分

4 篇 [14, 16, 20, 26] 文献评价了 VR 技术对患者 SDMT 评分的影响。各研究间无显著异质性

($P=0.65$, $I^2=0\%$)，采用固定效应模型。结果显示，试验组 SDMT 评分高于对照组 ($MD=5.30$, $95\%CI: 1.64\sim 8.95$, $P=0.005$)。见图 5。

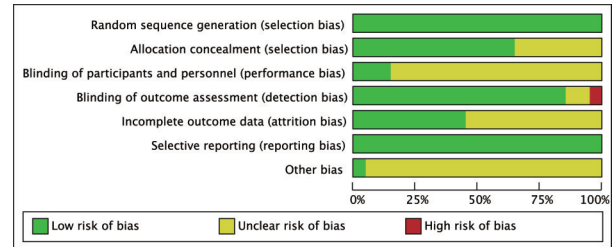


图 2 偏倚风险比例图

Figure 2. Proportion risk of bias graph

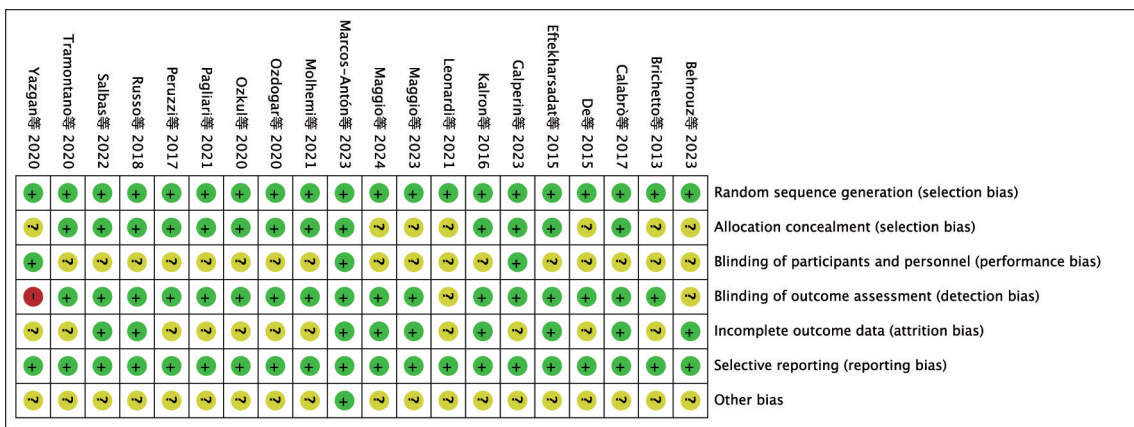


图 3 偏倚风险评价图

Figure 3. Risk of bias evaluation

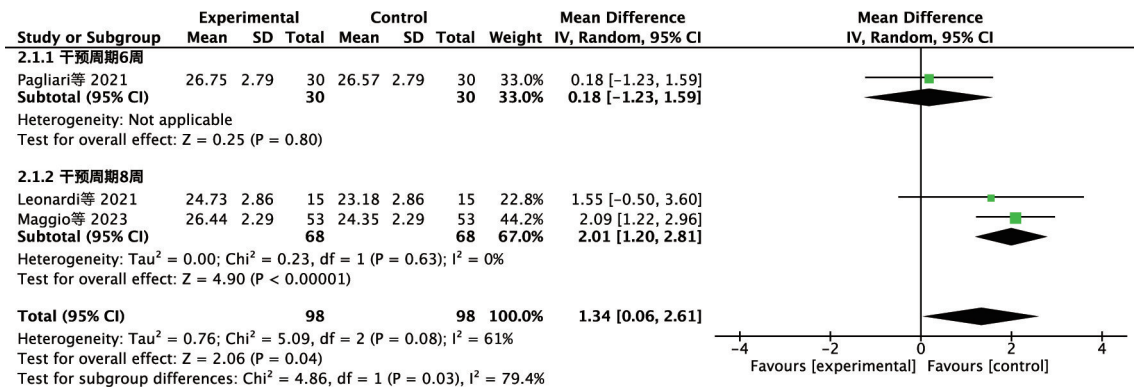


图 4 虚拟现实技术对蒙特利尔认知评估评分影响的森林图与亚组分析

Figure 4. Forest plot of the effect of virtual reality technology on Montreal cognitive assessment scores and subgroup analyses

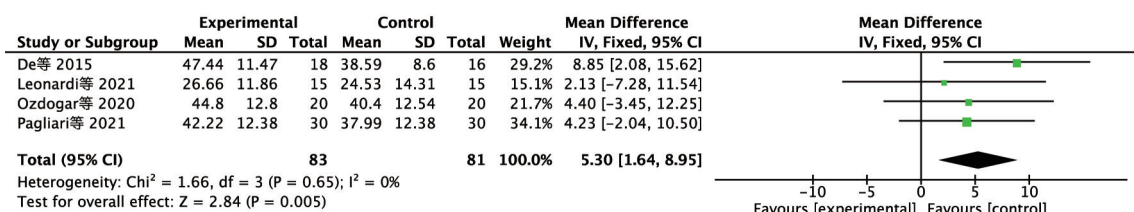


图 5 虚拟现实技术对符号数字模态测验评分影响的森林图

Figure 5. Forest plot of the effect of virtual reality technology on symbol digit modalities test scores

2.4.3 伯格平衡量表评分

10篇^[12, 13, 15, 17, 19, 22-25, 27]文献评价了VR技术对患者BBS评分的影响。各研究间存在显著异质性 ($P < 0.001$, $I^2=82.0\%$), 采用随机效应模型。结果显示, 试验组BBS评分高于对照组 ($MD=2.45$, $95\%CI: 0.36\sim 4.55$, $P=0.02$)。由于各研究间干预方式不同, 为进一步分析异质性的来源, 进行亚组分析。结果显示, 干预方式为半沉浸式VR技术对比常规治疗/不干预的研究间无显著异质性 ($P=0.65$,

$I^2=0\%$), 采用固定效应模型, 试验组改善患者平衡功能优于对照组 ($MD=3.98$, $95\%CI: 2.92\sim 5.05$, $P < 0.001$)。见图6。

2.4.4 抑郁症状

5篇^[11, 14, 16, 20, 21]文献评价了VR技术对患者抑郁的影响, 由于评分量表不同, 采用SMD合并效应量, 各研究间异质性较小 ($P=0.36$, $I^2=7\%$), 采用固定效应模型。结果显示, 两组间无显著差异 ($SMD=-0.18$, $95\%CI: -0.41\sim 0.06$, $P=0.15$)。见图7。

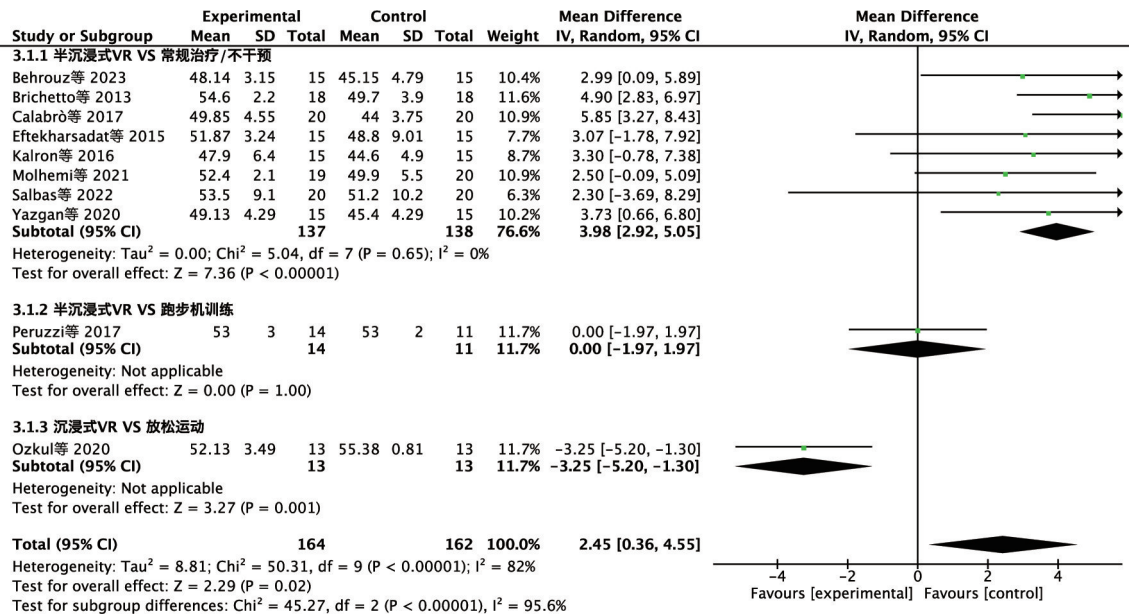


图6 虚拟现实技术对平衡功能影响的森林图与亚组分析

Figure 6. Forest plot of the effect of virtual reality technology on balance function and subgroup analyses

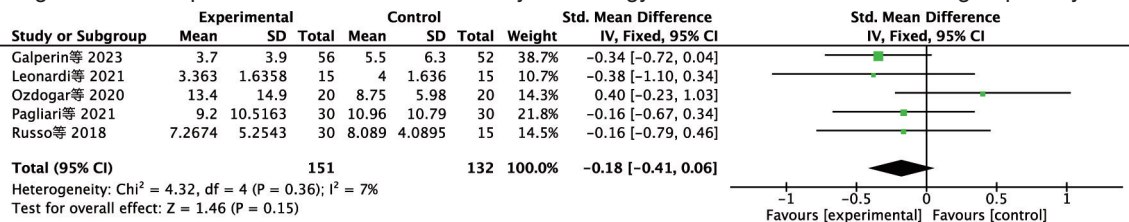


图7 虚拟现实技术对抑郁影响的森林图

Figure 7. Forest plot of the effect of virtual reality technology on depression

2.4.5 疲劳症状

9篇^[9, 11, 14, 17-20, 26, 27]文献评价了VR技术对患者疲劳的影响, 由于评分量表不同, 采用SMD合并效应量, 各研究间存在显著异质性 ($P < 0.001$, $I^2=76\%$), 采用随机效应模型。结果显示, 两组间无显著差异 ($SMD=-0.37$, $95\%CI: -0.80\sim 0.07$, $P=0.10$)。见图8。

($P=0.54$, $I^2=0\%$), 采用固定效应模型。结果显示, 试验组生活质量评分高于对照组 ($SMD=0.27$, $95\%CI: 0.09\sim 0.46$, $P=0.004$)。见图9。

2.5 发表偏倚

结局指标BBS评分和生活质量纳入文献数 ≥ 10 篇, 绘制漏斗图, 散点基本对称, 提示发表偏倚较小。见图10。

2.4.6 生活质量

10篇文献^[8, 9, 11, 12, 14, 16-18, 20, 26]评价了VR技术对患者生活质量的影响, 由于评分量表不同, 采用SMD合并效应量, 各研究间无显著异质性

2.5 证据质量评价

结局指标生活质量证据等级为高, MoCA评分、SDMT评分和抑郁评分均为低, 平衡评分和疲劳评分为极低。见表2。

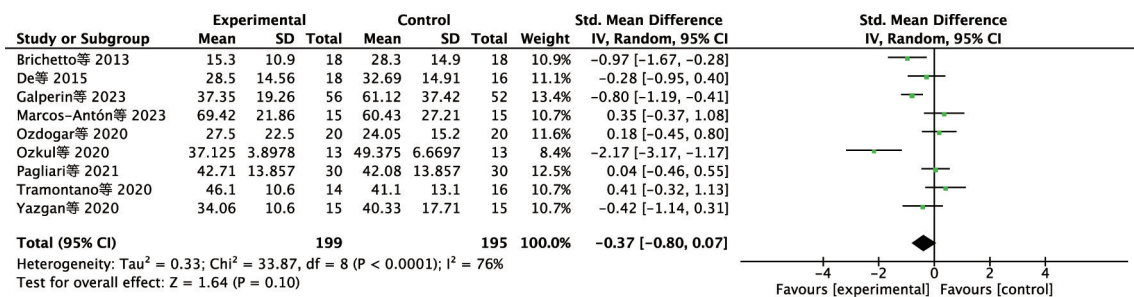


图8 虚拟现实技术对疲劳影响的森林图

Figure 8. Forest plot of the effect of virtual reality technology on fatigue

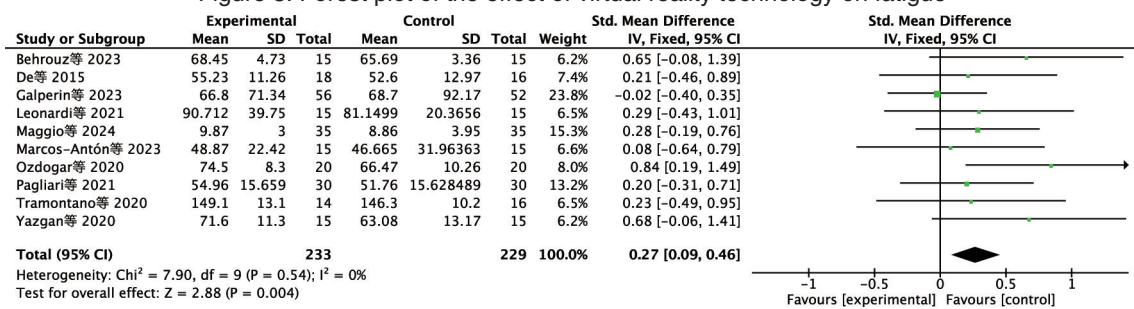


图9 虚拟现实技术对生活质量影响的森林图

Figure 9. Forest plot of the impact of virtual reality technology on quality of life

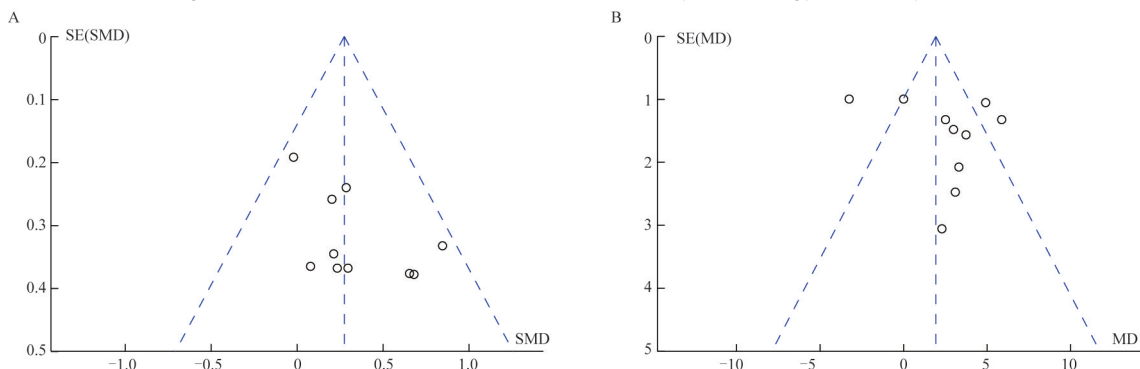


图10 结局指标伯格平衡量表评分与生活质量的纳入文献漏斗图

Figure 10. Funnel plot of quality of the Berg balance scale and life scores

注: A. 结局指标生活质量纳入文献漏斗图; B. 结局指标伯格平衡量表评分纳入文献漏斗图。

表2 结局指标的GRADE证据质量评价

Table 2. GRADE evidence quality evaluation of outcome indicators

结局指标	降级因素					证据质量
	偏倚风险	不一致性	间接性	精确性	其他因素	
MoCA 评分 ^[10, 14, 16]	0	-1	0	-1	0	低
SDMT 评分 ^[14, 16, 20, 26]	-1	0	0	-1	0	低
BBS 评分 ^[12, 13, 15, 17, 19, 22-25, 27]	-1	-2	0	-1	0	极低
抑郁症状 ^[11, 14, 16, 20, 21]	0	0	0	-2	0	低
疲劳症状 ^[9, 11, 14, 17-20, 26, 27]	0	-2	0	-2	0	极低
生活质量 ^[8, 9, 11, 12, 14, 16-18, 20, 26]	0	0	0	0	0	高

注: MoCA, Montreal cognitive assessment, 蒙特利尔认知评估; SDMT, symbol digit modalities test, 符号数字模态测验; BBS, the Berg balance scale, 伯格平衡量表。

3 讨论

VR技术作为一种新兴的康复治疗手段,近年来逐渐应用于神经系统疾病的治疗^[28]。通过模

拟真实世界的环境,VR技术可以激发患者的内在动力,尤其是融入游戏元素时,能够增加治疗的趣味性,帮助患者全身心沉浸在虚拟环境中,增强他们的参与感和完成任务的动机,即便是一

些看似无趣的任务^[29]。尽管已有研究表明,VR技术对MS患者的认知和运动功能有一定改善,但不同类型的VR技术对康复效果的影响可能存在差异,根据沉浸感的不同,VR技术可分为非沉浸式、半沉浸式和完全沉浸式三种类型。非沉浸式VR技术主要通过屏幕显示虚拟环境,患者在现实环境中进行互动,通常不需要佩戴VR头盔^[30]。这种技术适合较轻度的MS患者,或无法长时间适应完全沉浸感的患者。其优势在于设备较简便,成本较低,患者能够保持一定的现实感,但可能缺乏足够的沉浸性和互动性,限制了康复效果的提升^[31]。半沉浸式VR技术结合了虚拟环境和现实世界,通常通过虚拟现实设备(如触觉反馈设备)增强与虚拟环境的互动^[30]。对于MS患者,半沉浸式VR提供了更加丰富的感官刺激,能够更好地激活患者的运动和认知功能,尤其在平衡训练和运动康复中,能够带来显著改善。患者可以通过与虚拟物体的互动进行重复练习,这对于神经塑性和功能恢复尤为重要^[31]。完全沉浸式VR技术通过佩戴头戴显示器等设备,完全将患者置于虚拟世界中,从而带来强烈的沉浸感^[30]。通过模拟复杂的运动和环境任务,患者能够在虚拟环境中进行重复练习,从而促使大脑和神经系统的重塑,有助于提高患者的运动能力和认知功能^[32]。

本研究通过Meta分析综合评估了VR技术对MS患者认知功能、平衡功能及生活质量的疗效。结果显示,与对照组相比,VR技术在改善患者MoCA评分、SDMT评分、BBS评分以及生活质量方面均取得了更优的效果。认知功能障碍是MS最常见的症状之一,据估计,45%~70%的MS患者存在认知功能障碍,最常受影响的是信息处理速度、语言和视觉记忆^[33-34]。认知功能障碍不仅与疾病进展密切相关,还可能对患者的健康状态、工作和家庭生活造成广泛影响。MoCA是一种有用且敏感的工具,可用于识别MS的整体认知障碍^[35]。SDMT用于评估信息处理速度和记忆能力,由于其操作简单、耗时少,是MS可靠而敏感的评估工具^[1]。本研究结果显示,VR技术对改善MS患者MoCA和SDMT评分的效果优于对照组,原因可能是VR技术通过高度仿真的场景和任务,有效激发了患者的内在动机与注意力。这种高强度、高参与度的训练能够促进大脑皮质的功能重组,

提高认知储备,从而减轻灰质萎缩和脑损伤对MS患者认知处理速度和记忆力的影响^[36]。

维持平衡功能需要中枢神经系统的控制,然而由于MS患者中枢神经系统受损,50%~80%的MS患者常出现平衡功能障碍^[37]。平衡失调会增加跌倒的风险和恐惧。本研究纳入文献均使用了评估神经系统疾病平衡功能最广泛的BBS量表^[38]。合并结果显示,VR技术显著提高了MS患者的平衡功能,这可能是由于患者在VR环境中进行重复的运动锻炼影响了神经元树突的重塑,从而促进初级感觉运动皮层的激活和运动能力的提高^[39]。

改善MS患者的症状是提高其生活质量的关键。随着疾病的进展,MS可能导致严重的残疾^[40]。由于MS患者症状多样,面对诸多挑战,其生活质量通常低于普通人群^[41]。本研究纳入文献均使用了MS特异性生活质量评估工具,这些工具能够精确评估MS患者的生活质量。合并结果显示,VR技术显著改善了MS患者的生活质量。既往研究也表明,VR技术有助于减轻残疾程度,对于提升生活质量尤为重要^[42]。然而,虽然VR技术在群体水平上确实带来了积极变化,但对于个体患者而言,这种改善是否足以被感知,或能够对个体日常活动、社会参与度和整体幸福感产生实质性影响,仍需进一步研究验证。

需要注意的是,VR技术并非旨在完全取代传统康复,而应被视为一项强有力的补充。传统的物理治疗主要通过运动训练来改善MS患者的身体功能,然而,由于其可能缺乏足够的趣味性,患者的参与度较低,尤其是在长期治疗中容易产生厌倦感。VR技术通过提供虚拟环境中的互动任务,增加了治疗的趣味性和患者的体验感,因此在运动康复和认知训练方面可能更为高效^[43]。此外,VR技术能够模拟现实生活中难以在治疗室中安全、反复练习的场景(如驾驶),从而提供了独特的情境化训练机会^[30]。药物治疗对MS患者的症状管理至关重要,但其主要针对疾病的免疫反应和炎症反应,对于平衡功能和认知障碍等影响有限^[44]。VR技术在这些方面的应用效果更加突出,尤其是在通过虚拟训练帮助患者改善平衡功能、认知能力和心理健康方面具有独特优势。与药物治疗相比,VR技术的无创性、可调节性和副作用较少等优势,可能为患者提供更多的康复方案选择。

综上, VR 技术能有效改善 MS 患者的认知、平衡功能和生活质量, 但对抑郁和疲劳症状效果不明显。本研究存在一些局限性: 首先, 纳入研究样本量和质量有限, 可能会降低结果的可靠性; 其次, 纳入研究采用的 VR 技术在类型、干预方式和干预周期方面不完全一致, 存在异质性; 此外, 大多数研究缺乏随访数据, 所有分析均基于治疗后数据, 难以预测 VR 技术对 MS 患者的长期效果。未来有必要开展更多关于 VR 技术对 MS 患者影响的高质量研究。

参考文献

- Jakimovski D, Bittner S, Zivadinov R, et al. Multiple sclerosis[J]. *Lancet*, 2024, 403(10422): 183–202. DOI: [10.1016/S0140-6736\(23\)01473-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)01473-3).
- Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 11(11): Cd008349. DOI: [10.1002/14651858.CD008349.pub4](https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4).
- Benedict RHB, Amato MP, DeLuca J, et al. Cognitive impairment in multiple sclerosis: clinical management, MRI, and therapeutic avenues[J]. *Lancet Neurol*, 2020, 19(10): 860–871. DOI: [10.1016/S1474-4422\(20\)30277-5](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(20)30277-5).
- Ioannou A, Papastavrou E, Avraamides MN, et al. Virtual reality and symptoms management of anxiety, depression, fatigue, and pain: a systematic review[J]. *Sage Open Nurs*, 2020, 6: 1–13. DOI: [10.1177/2377960820936163](https://doi.org/10.1177/2377960820936163).
- Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, et al. Prisma 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews[J]. *Bmj*, 2021, 372: n160. DOI: [10.1136/bmj.n160](https://doi.org/10.1136/bmj.n160).
- Higgins JP, Altman DG, Gøtzsche PC, et al. The cochrane collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials[J]. *Bmj*, 2011, 343: d5928. DOI: [10.1136/bmj.d5928](https://doi.org/10.1136/bmj.d5928).
- Furlan AD, Pennick V, Bombardier C, et al. 2009 updated method guidelines for systematic reviews in the cochrane back review group[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2009, 34(18): 1929–1941. DOI: [10.1097/BRS.0b013e3181b1e99f](https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b1e99f).
- Maggio MG, Rizzo A, Quartarone A, et al. Virtual reality rehabilitation in patients affected by multiple sclerosis: impact on quality of life and sexual functions[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2024, 84: 105470. DOI: [10.1016/j.msard.2024.105470](https://doi.org/10.1016/j.msard.2024.105470).
- Marcos-Antón S, Jardón-Huete A, Oña-Simbaña E D, et al. Semg-controlled forearm bracelet and serious game-based rehabilitation for training manual dexterity in people with multiple sclerosis: a randomised controlled trial[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2023, 20(1): 110. DOI: [10.1186/s12984-023-01233-5](https://doi.org/10.1186/s12984-023-01233-5).
- Maggio MG, Stagnitti MC, Rizzo E, et al. Limb apraxia in individuals with multiple sclerosis: Is there a role of semi-immersive virtual reality in treating the cinderella of neuropsychology?[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2023, 69: 104405. DOI: [10.1016/j.msard.2022.104405](https://doi.org/10.1016/j.msard.2022.104405).
- Galperin I, Mirelman A, Schmitz-Hübsch T, et al. Treadmill training with virtual reality to enhance gait and cognitive function among people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *J Neurol*, 2023, 270(3): 1388–1401. DOI: [10.1007/s00415-022-11469-1](https://doi.org/10.1007/s00415-022-11469-1).
- Behrouz Jazi AH, Rasti J, Etemadifar M. Balance rehabilitation for patients with multiple sclerosis using a kinect®-based virtual training program[J]. *J Clin Neurosci*, 2023, 116: 104–111. DOI: [10.1016/j.jocn.2023.08.026](https://doi.org/10.1016/j.jocn.2023.08.026).
- Salbaş E, Karahan AY. Effects of hippotherapy simulation exercise vs. conventional home exercises on muscle strength and balance in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2022, 68: 104111. DOI: [10.1016/j.msard.2022.104111](https://doi.org/10.1016/j.msard.2022.104111).
- Pagliari C, Di Tella S, Jonsdottir J, et al. Effects of home-based virtual reality telerehabilitation system in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *J Telemed Telecare*, 2021, 30(2): 344–355. DOI: [10.1177/1357633X211054839](https://doi.org/10.1177/1357633X211054839).
- Molhemi F, Monjezi S, Mehravar M, et al. Effects of virtual reality vs conventional balance training on balance and falls in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2021, 102(2): 290–299. DOI: [10.1016/j.apmr.2020.09.395](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2020.09.395).
- Leonardi S, Maggio MG, Russo M, et al. Cognitive recovery in people with relapsing/remitting multiple sclerosis: a randomized clinical trial on virtual reality-based neurorehabilitation[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2021, 208: 106828. DOI: [10.1016/j.clineuro.2021.106828](https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2021.106828).
- Yazgan YZ, Tarakci E, Tarakci D, et al. Comparison of the effects of two different exergaming systems on balance, functionality, fatigue, and quality of life in people with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2020, 39: 101902. DOI: [10.1016/j.msard.2019.101902](https://doi.org/10.1016/j.msard.2019.101902).
- Tramontano M, Morone G, De Angelis S, et al. Sensor-based technology for upper limb rehabilitation in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2020, 38(4): 333–341. DOI: [10.3233/RNN-201033](https://doi.org/10.3233/RNN-201033).
- Ozkul C, Guclu-Gunduz A, Yazici G, et al. Effect of immersive virtual reality on balance, mobility, and fatigue in patients with multiple sclerosis: a single-blinded randomized controlled trial[J]. *Eur J Integr Med*, 2020, 35: 101092. DOI: [10.1016/j.eujim.2020.101092](https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101092).
- Ozdogar AT, Ertekin O, Kahraman T, et al. Effect of video-based exergaming on arm and cognitive function in persons with multiple sclerosis: a randomized controlled trial[J]. *Mult Scler Relat Disord*, 2020, 40: 101966. DOI: [10.1016/j.msard.2020.101966](https://doi.org/10.1016/j.msard.2020.101966).
- Russo M, Dattola V, De Cola MC, et al. The role of robotic gait training coupled with virtual reality in boosting the rehabilitative outcomes in patients with multiple sclerosis[J]. *Int J Rehabil Res*, 2018, 41(2): 166–172. DOI: [10.1097/MRR.0000000000000270](https://doi.org/10.1097/MRR.0000000000000270).
- Peruzzi A, Zarbo IR, Cereatti A, et al. An innovative training program based on virtual reality and treadmill: effects on gait of persons with multiple sclerosis[J]. *Disabil Rehabil*, 2017, 39(15): 1557–1563. DOI: [10.1080/09638288.2016.1224935](https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1224935).
- Calabrò RS, Russo M, Naro A, et al. Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: can virtual reality make the

- difference? findings from a randomized controlled trial[J]. *J Neurol Sci*, 2017, 377: 25–30. DOI: [10.1016/j.jns.2017.03.047](https://doi.org/10.1016/j.jns.2017.03.047).
- 24 Kalron A, Fonkatz I, Frid L, et al. The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the caren virtual reality system: a pilot randomized controlled trial[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2016, 13: 1–12. DOI: [10.1186/s12984-016-0124-y](https://doi.org/10.1186/s12984-016-0124-y).
- 25 Eftekharsadat B, Babaei-Ghazani A, Mohammadzadeh M, et al. Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis[J]. *Neurol Res*, 2015, 37(6): 539–544. DOI: [10.1179/1743132815Y.0000000013](https://doi.org/10.1179/1743132815Y.0000000013).
- 26 De Giglio L, De Luca F, Prosperini L, et al. A low-cost cognitive rehabilitation with a commercial video game improves sustained attention and executive functions in multiple sclerosis: a pilot study[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2015, 29(5): 453–461. DOI: [10.1177/1545968314554623](https://doi.org/10.1177/1545968314554623).
- 27 Bricchetto G, Spallarossa P, de Carvalho ML, et al. The effect of nintendo® wii® on balance in people with multiple sclerosis: a pilot randomized control study[J]. *Mult Scler*, 2013, 19(9): 1219–1221. DOI: [10.1177/1352458512472747](https://doi.org/10.1177/1352458512472747).
- 28 Levin MF, Weiss PL, Keshner EA. Emergence of virtual reality as a tool for upper limb rehabilitation: incorporation of motor control and motor learning principles[J]. *Phys Ther*, 2015, 95(3): 415–425. DOI: [10.2522/ptj.20130579](https://doi.org/10.2522/ptj.20130579).
- 29 Dąbrowski M, Pastucha D, Janura M, et al. Effect of virtual reality therapy on quality of life and self-sufficiency in post-stroke patients[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(9): 1–13. DOI: [10.3390/medicina59091669](https://doi.org/10.3390/medicina59091669) Abstract.
- 30 Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2025, 6(6): Cd008349. DOI: [10.1002/14651858.CD008349.pub4](https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4).
- 31 De Keersmaecker E, Guida S, Denissen S, et al. Virtual reality for multiple sclerosis rehabilitation[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2025, 1(1): Cd013834. DOI: [10.1002/14651858.CD013834.pub2](https://doi.org/10.1002/14651858.CD013834.pub2).
- 32 Hao J, Xie H, Harp K, et al. Effects of virtual reality intervention on neural plasticity in stroke rehabilitation: A systematic review[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2022, 103(3): 523–541. DOI: [10.1016/j.apmr.2021.06.024](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.06.024).
- 33 Meca-Lallana V, Gascón-Giménez F, Ginestal-López RC, et al. Cognitive impairment in multiple sclerosis: Diagnosis and monitoring[J]. *Neurol Sci*, 2021, 42(12): 5183–5193. DOI: [10.1007/s10072-021-05165-7](https://doi.org/10.1007/s10072-021-05165-7).
- 34 Wojcik C, Fuchs TA, Tran H, et al. Staging and stratifying cognitive dysfunction in multiple sclerosis[J]. *Mult Scler*, 2022, 28(3): 463–471. DOI: [10.1177/13524585211011390](https://doi.org/10.1177/13524585211011390).
- 35 Freitas S, Batista S, Afonso AC, et al. The montreal cognitive assessment (moca) as a screening test for cognitive dysfunction in multiple sclerosis[J]. *Appl Neuropsychol Adult*, 2018, 25(1): 57–70. DOI: [10.1080/23279095.2016.1243108](https://doi.org/10.1080/23279095.2016.1243108).
- 36 Modica CM, Bergsland N, Dwyer MG, et al. Cognitive reserve moderates the impact of subcortical gray matter atrophy on neuropsychological status in multiple sclerosis[J]. *Multiple Sclerosis Journal*, 2015, 22(1): 36–42. DOI: [10.1177/1352458515579443](https://doi.org/10.1177/1352458515579443).
- 37 Cameron MH, Nilsagard Y. Balance, gait, and falls in multiple sclerosis[J]. *Handb Clin Neurol*, 2018, 159: 237–250. DOI: [10.1016/B978-0-444-63916-5.00015-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63916-5.00015-X).
- 38 Meseguer-Henarejos AB, Rubio-Aparicio M, López-Pina JA, et al. Characteristics that affect score reliability in the berg balance scale: a meta-analytic reliability generalization study[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2019, 55(5): 570–584. DOI: [10.23736/S1973-9087.19.05363-2](https://doi.org/10.23736/S1973-9087.19.05363-2).
- 39 Jang SH, You SH, Hallett M, et al. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: An experimenter-blind preliminary study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(11): 2218–2223. DOI: [10.1016/j.apmr.2005.04.015](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.04.015).
- 40 López-Armas GDC, Ramos-Márquez ME, Navarro-Meza M, et al. Leukocyte telomere length predicts severe disability in relapsing-remitting multiple sclerosis and correlates with mitochondrial DNA copy number[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(2): 916. DOI: [10.3390/ijms24020916](https://doi.org/10.3390/ijms24020916).
- 41 Faraclas E, Lynn J, Lau JD, et al. Health-related quality of life in people with multiple sclerosis: how does this population compare to population-based norms in different health domains? [J]. *J Patient Rep Outcomes*, 2022, 6(1): 1–11. DOI: [10.1186/s41687-022-00415-4](https://doi.org/10.1186/s41687-022-00415-4).
- 42 Bunch M, Johnson M, Moro SS, et al. Virtual reality hope machines in a curative imaginary: Recommendations for neurorehabilitation research from a critical disability studies perspective[J]. *Disabil Rehabil*, 2022, 44(24): 7655–7663. DOI: [10.1080/09638288.2021.1982024](https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1982024).
- 43 Duval L, Smith MC, Reading SA, et al. Fun and games: a scoping review of enjoyment and intensity assessment in studies of game-based interventions for gait rehabilitation in neurological disorders[J]. *Disabil Rehabil*, 2025, 47(8): 1893–1911. DOI: [10.1080/09638288.2024.2390044](https://doi.org/10.1080/09638288.2024.2390044).
- 44 Sarpourian F, Bahaadinbeigy K, Fatemi Aghda SA, et al. Effectiveness of computer-based telerehabilitation software (rehaicom) compared to other treatments for patients with cognitive impairments: A systematic review[J]. *Digit Health*, 2024, 10: 20552076241290957. DOI: [10.1177/20552076241290957](https://doi.org/10.1177/20552076241290957).

收稿日期: 2025 年 09 月 14 日 修回日期: 2025 年 11 月 01 日
 本文编辑: 沈力 黄笛

引用本文: 王庆源, 袁红, 明祥英, 等. 虚拟现实技术对多发性硬化患者症状和生活质量影响的 Meta 分析[J]. 数理医药学杂志, 2026, 39(5): 373–382. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202509040](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202509040).
 Wang QY, Yuan H, Ming XY, et al. Effects of virtual reality technology on symptoms and quality of life in multiple sclerosis patients: a Meta-analysis[J]. *Journal of Mathematical Medicine*, 2026, 39(5): 373–382. DOI: [10.12173/j.issn.1004-4337.202509040](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-4337.202509040).