虚拟现实技术对慢性阻塞性肺疾病患者康复效果的 meta 分析

钱瑞琪[1]，仲华飞[1]，符翠萍[1]，施劲东[2]，张秀琴[1]*，李善群[3]*
（1. 苏州大学附属第一医院呼吸与危重症医学科，江苏苏州 215006；2. 复旦大学附属上海市第五人民医院呼吸与危重症医学科，上海 201100；3. 复旦大学附属中山医院呼吸内科，上海 200032）

摘要：目的 通过 meta 分析评价虚拟现实技术对慢性阻塞性肺疾病（chronic obstructive pulmonary disease，COPD）患者康复的效果。**方法** 检索 PubMed、Cochrane Library、Web of Science、Embase、中国知网、万方数据库及维普中文期刊全文数据库，收集虚拟现实技术应用于 COPD 患者康复的临床试验，检索时限为建库至 2023 年 7 月。采用 RevMan 5.4 软件进行数据处理。**结果** 共纳入 15 篇文献，包括研究对象 1 058 例。Meta 分析结果显示，虚拟现实康复训练有助于增加 COPD 患者的 6 分钟步行距离［平均差（mean difference，MD）＝21.48，95% 置信区间（confidence interval，CI）：16.01 ～ 26.95，$P < 0.01$］，提升 COPD 患者肺功能，包括血氧饱和度（MD ＝ 1.16，95%CI：0.67 ～ 1.65，$P < 0.01$）、第 1 秒用力呼气容积（MD ＝ 0.27，95%CI：0.22 ～ 0.32，$P < 0.01$）、第 1 秒用力呼气容积与用力肺活量比值（MD ＝ 4.51，95%CI：3.34 ～ 5.67，$P < 0.01$）；改善患者症状控制（MD ＝ −3.05，95%CI：−3.27 ～ −2.83，$P < 0.01$）；在改善缺氧程度［均数差（standardized mean difference，SMD）＝ 0.11，95%CI：−0.22 ～ 0.45，$P = 0.51$］及生活质量（SMD ＝ −0.28，95%CI：−0.62 ～ 0.07，$P = 0.12$）方面，差异无统计学意义。**结论** 虚拟现实技术可改善 COPD 患者的运动耐力、肺功能及症状控制程度，应用效果较好。

关键词： 虚拟现实技术；慢性阻塞性肺病；肺康复
中图分类号： R563.9 **文献标志码：** A **文章编号：** 1672-9188（2024）03-0248-09
DOI：10.13683/j.wph.2024.03.004

A meta-analysis of the rehabilitation effect of virtual reality technology on patients with chronic obstructive pulmonary disease

QIAN Ruiqi[1], ZHONG Huafei[1], FU Cuiping[1], SHI Jindong[2], ZHANG Xiuqin[1]*, LI Shanqun[3]*
(*1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, the First Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China; 2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Shanghai Fifth People's Hospital, Fudan University, Shanghai 201100, China; 3. Department of Respiratory, Zhongshan Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200032, China*)

Abstract: ***Objective*** To evaluate the effect of virtual reality technology on the rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) by meta-analysis. ***Methods*** PubMed, Cochrane Library, Web of Science, Embase, CNKI, Wanfang database and VIP Chinese journal full-text database were searched to collect clinical trials on the application of virtual reality technology to the rehabilitation of COPD patients, and the search time was from the establishment of the database to July 2023. RevMan 5.4 software was used for data processing. ***Results*** A total of 15 literatures were included, including 1 058 subjects. The results of meta-analysis showed that virtual reality rehabilitation training could increase the 6-minute walking distance of COPD patients [mean difference (MD) =21.48, 95% confidence interval (CI): 16.01—26.95, $P<0.01$], and improve pulmonary function, including blood oxygen saturation (MD=1.16, 95%CI: 0.67—1.65, $P<0.01$), forced expiratory volume in the first second (MD=0.27, 95%CI: 0.22—0.32, $P<0.01$), and the ratio of forced expiratory

收稿日期： 2023-08-17
作者简介： 钱瑞琪，硕士研究生，研究方向：呼吸与危重症病学。
通信作者： 李善群，主任医师，博士生导师，研究方向：呼吸睡眠、慢性气道疾病诊治及临床研究。
张秀琴，主任医师，博士生导师，研究方向：支气管哮喘、肺癌、慢性阻塞性肺疾病以及睡眠呼吸暂停综合征等。
基金项目： 国家自然科学基金青年项目（82100109）；江苏省医学重点学科（ZDXK202201）；上海市闵行区卫生健康委员会课题（2022MW52）

volume to forced vital capacity in the first second（MD＝4.51, 95%CI: 3.34－5.67, $P<0.01$）in COPD patients. Symptom control was improved（MD＝−3.05, 95%CI: −3.27－−2.83, $P<0.01$）. There was no significant difference in improving hypoxia［standardized mean difference（SMD）＝0.11, 95%CI: −0.22－0.45, $P=0.51$］and quality of life（SMD＝−0.28, 95%CI: −0.62－0.07, $P=0.12$）. ***Conclusion*** Virtual reality technology can improve the exercise endurance, lung function, symptom control of COPD patients, and the application effect is good.

Key words: virtual reality technology; chronic obstructive pulmonary disease; pulmonary rehabilitation

根据慢性阻塞性肺疾病（chronic obstructive pulmonary disease，COPD）全球倡议（global initiative for chronic obstructive lung disease，GOLD），肺康复已成为 COPD 患者非药物治疗的重要内容[1]。2022 年的 GOLD 指南特别强调了开展家庭肺康复治疗的有效性。但在临床实践中，患者普遍依从性较低，且缺乏规范的内容指导，导致 COPD 患者肺康复效果不佳。新型冠状病毒肺炎大流行也限制了 COPD 患者进行户外活动以及获得门诊医疗，故而远程医疗、虚拟现实（virtual reality，VR）技术成为近年肺康复的有力手段。VR 技术可通过游戏、模拟场景等进行力量训练，提高患者积极性，降低外出感染风险，逐渐在 COPD 患者中得以应用。然而各研究的结局指标并不完全一致，因此本研究采用 meta 分析的方法，全面评价 VR 技术对 COPD 患者的康复效果，为临床推广应用提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略

检索 PubMed、Cochrane Library、Web of Science 英文数据库及中国知网、万方数据库、维普中文期刊全文数据库。检索词为自由词和主题词的组合。中文检索词为“COPD/ 慢阻肺 / 慢性阻塞性肺病”“虚拟现实 / 虚拟环境 / 体感游戏 / 情景互动 / 人机交互技术”“肺康复 / 呼吸康复 / 康复”，英文检索词为“chronic obstructive pulmonary disease/COPD/chronic obstructive airway disease/chronic obstructive lung disease/airflow obstruction”“virtual reality/virtual”“digital”“active video game”“x-box360”“kinect”“wii”等。检索时间为建库至 2023 年 7 月。

1.2 文献筛选

纳入标准：①研究类型为随机对照试验。②研究对象为确诊 COPD 的患者，年龄≥ 18 岁，性别、种族不限。③试验组干预措施为基于 VR 技术的肺康复训练，对照组采用传统肺康复训练。排除标准：①存在研究设计缺陷。②重复发表的文献。③数据不完整或无法转化为可合并数据。

1.3 结局指标

具体包括血氧饱和度、第 1 秒用力呼气容积（forced expiratory volume in one second，FEV_1）、FEV_1 与用力肺活量（forced vital capacity，FVC）比值等肺功能指标；选择 6 分钟步行距离（6-minute walk distance，6MWD）作为衡量运动耐力的指标；使用 COPD 评估测试（COPD assessment test，CAT）评分作为衡量症状控制的指标，Borg 量表作为衡量患者缺氧程度的指标，圣乔治呼吸问卷（St George's respiratory questionnaire，SGRQ）作为衡量生活质量的指标。

1.4 文献筛选和资料提取

文献检索、数据提取和交叉核对由 2 名研究人员分别独立进行，出现分歧时通过共同讨论解决。达成共识后提取第一作者、发表年份、研究人群、分组干预措施及治疗结局等数据。

1.5 文献质量评价

2 名研究人员根据《Cochrane 系统综述手册 5.1.0 版》[2] 对文献质量进行独立评估。评估内容包括选择偏倚、应用偏倚、测量偏倚、随访偏倚及其他偏倚。每条记录的文献质量均按“低风险”“不清楚”“高风险”进行评估。如果符合所有标准，则质量为 A 级；

如果部分符合标准，则质量为B级；如果不符合标准，则质量为C级。

1.6 统计学方法

使用RevMan 5.4进行meta分析。各个研究间通过Q检验计算其异质性，当研究间异质性显著，即$P < 0.10$、$I^2 > 50\%$时，采用随机效应模型进行分析，连续型变量采用平均差（mean difference，MD）及95%置信区间（confidence interval，CI）表示，且通过倒漏斗图判断各研究是否存在发表偏倚。在所有统计检验中，以$P < 0.05$为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 文献筛选与质量评价

初步检索共获得292篇文献，剔除重复文献106篇，通过阅读文题和摘要进行初步筛选后排除无关文献118篇，阅读全文进行复筛，最终纳入15篇文献[3—17]，文献筛选流程及结果见图1。纳入文献的基本信息见表1。文献质量评价结果见图2，文献质量等级均为B级。

2.2 Meta分析结果

2.2.1 6MWD

10篇文献[3,7—9,11,13—17]报告VR技术对COPD患者6MWD的影响。各研究间异质性较高（$P = 0.007$，$I^2 = 60\%$），采用随机效应模型进行合并后示，试验组6MWD显著高于对照组（MD = 21.60，95%CI：11.04～32.16，$P < 0.01$），详见图3。图4提示各项研究无明显发表偏倚。

2.2.2 肺功能

2.2.2.1 血氧饱和度

3篇文献[5,14,17]报告VR技术对COPD患者血氧饱和度的影响。各研究间异质性较高（$P = 0.01$，$I^2 = 78\%$），采用随机效应模型合并后示试验组血氧饱和度显著高于对照组（MD = 1.82，95%CI：

表1 纳入文献基本信息

Table 1 Basic information of the included literatures

文献	发表年份	研究例数		年龄		干预措施	频率和时间
		试验组	对照组	试验组	对照组		
Barata等[3]	2022	58	72	64.30±4.30	64.90±5.70	基于手机应用的定制训练周期	每次45～60 min，3个月
Jiang等[4]	2023	36	36	73.40±6.90	74.60±6.10	播放视频，收集问卷、运动时间	12周
LeGear等[5]	2016	10		65.00±8.70		向前慢走、舞蹈、空中击打练习	一日2次，每次15 min，1 d
Liu等[6]	2021	50	50	–	–	单车模拟	一周7次，每次5～15 min，12周
Mazzoleni等[7]	2014	19	20	68.90±11.00	73.50±9.20	在wii平衡板上进行活动：瑜伽、慢跑、力量训练	一周7次，每次60 min，1周
Rutkowski等[8]	2019	34	34	60.50±4.30	62.10±2.90	漂流、越野跑、击球和乘坐山地车	一周7次，2周
Rutkowski等[9]	2020	34	34	60.60±4.30	62.10±2.90	漂流、越野跑、击球和乘坐山地车	一周5次，每次20 min，2周
Rutkowski等[10]	2021	25	25	64.40±5.70	67.60±9.40	虚拟治疗花园	两周10次，每次10～20 min，2周
Sutanto等[11]	2019	10	10	65.10±7.50	65.60±4.70	在wii平衡板上进行活动：瑜伽、力量训练、慢跑	一周3次，每次30 min，6周
Xie等[12]	2021	30	30	–	–	使用头戴式显示器和数据手套在虚拟环境中	24周
冯兵等[13]	2021	62	62	69.50±6.00	68.10±5.50	选择感兴趣的家务活动或模拟厨房操作情景、模拟骑行或健身踏板	每次5～15 min
周婷满等[14]	2021	61	58	70.54±6.89	71.38±5.78	越野跑、漂流、击球和乘坐山地车	一周5次，每次30 min，24周
柳萍等[15]	2017	38	30	62.70±8.60	63.20±10.40	擦黑板、倒茶、盛汤、骑单车等训练	一周5次，每次15～40 min，20周
胡丹丹等[16]	2018	30	30	73.60±6.30	74.6±5.30	感兴趣的家务活动类、厨房料理类、单车训练	每次5～15 min，一周7次，12周
许婵娟[17]	2022	35	35	66.10±3.30	65.90±3.10	搬箱子、运动轨迹跟随训练、虚拟步态训练等	每次一周5次，5～15 min，12周

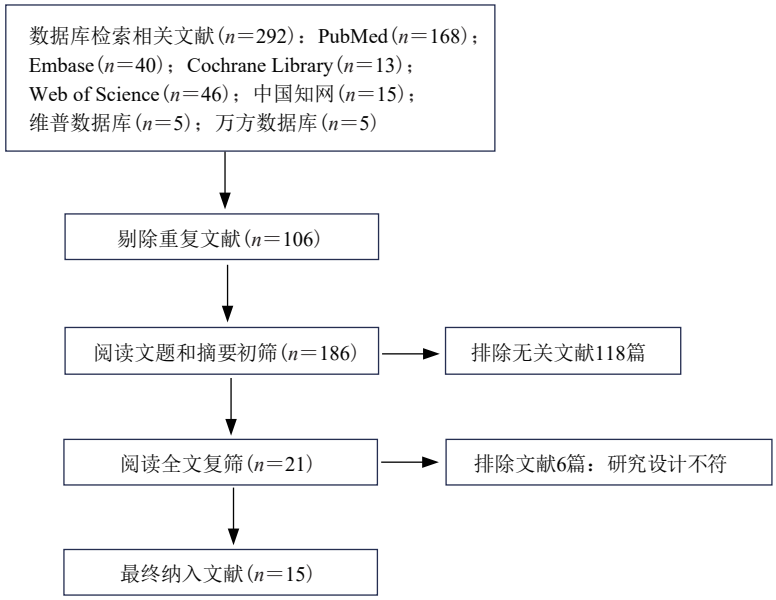
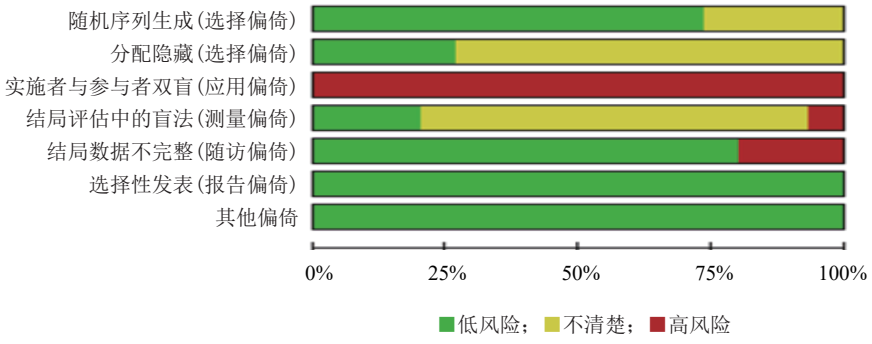


图 1　文献筛选流程

Figure 1　Flow chart of literature screening



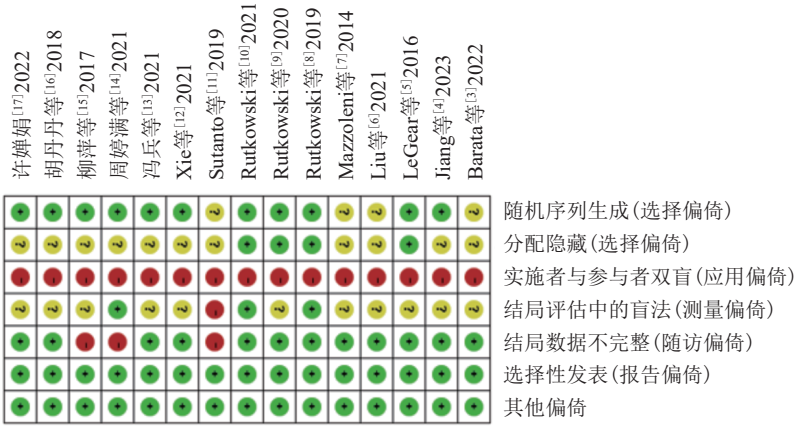


图 2　纳入文献的质量评价

Figure 2　Quality evaluation of the included literature

研究	试验组			对照组			权重/%	MD（95%CI）随机效应模型	MD（95%CI）随机效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
Barata等[3]2022	58	387.30	56.30	72	371.50	79.60	10.20	15.80（−7.61～39.21）	
Mazzoleni等[7]2014	19	350.50	106.70	20	291.50	91.30	2.50	59.00（−3.47～121.47）	
Rutkowski等[8]2019	34	508.40	44.30	34	514.70	33.00	12.50	−6.30（−24.87～12.27）	
Rutkowski等[10]2021	34	523.38	37.60	34	508.30	37.68	12.90	15.08（−2.81～32.97）	
Sutanto等[11] 2019	10	420.00	77.60	10	477.50	122.40	1.30	−57.50（−147.32～32.32）	
冯兵等[13] 2021	62	456.81	42.34	62	419.34	39.57	14.80	37.47（23.04～51.90）	
周婷满等[14] 2021	61	523.27	29.12	58	503.64	13.32	18.20	19.63（11.56～27.70）	
柳萍等[15] 2017	38	446.28	67.72	30	425.34	63.22	7.30	20.94（−10.29～52.17）	
胡丹丹等[16] 2018	30	450.30	54.40	30	416.80	61.70	7.90	33.50（4.07～62.93）	
许婵娟[17] 2022	35	457.28	39.82	35	418.52	40.08	12.40	38.76（20.04～57.48）	
总例数	381	–	–	385	–	–	100.00	21.60（11.04～32.16）	

异质性检验：Chi^2=22.51，df=9（P=0.007），I^2=60%
效应检查：Z=4.01（P<0.000 01）

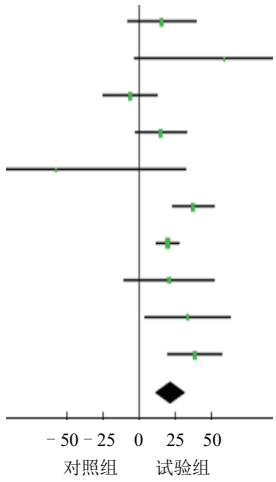


图 3 VR 对 COPD 患者 6MWD 影响的森林图

Figure 3 Forest plot of the effect of VR on 6MWD for COPD patients

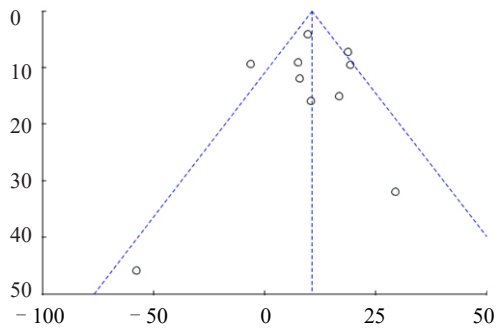


图 4 VR 对 COPD 患者 6MWD 影响相关文献的漏斗图

Figure 4 Funnel plot of the literature on the effect of VR on 6MWD for COPD patients

0.27～3.38，P = 0.02），详见图 5。

2.2.2.2 FEV_1

4 篇文献[3,13,15,17]报告 VR 技术对 COPD 患者 FEV_1 的影响。各研究间异质性较高（P < 0.01，I^2 = 90%），采用随机效应模型合并后示试验组 FEV_1 显著高于对照组（MD = 0.25，95%CI：0.07～0.43，P = 0.006），详见图 6。

2.2.2.3 FEV_1/FVC

7 篇文献[3,12—17]报告 VR 技术对 COPD 患者 FEV_1/FVC 的影响。各研究间异质性较高（P < 0.01，I^2 = 93%），采用随机效应模型合并后示试验组 FEV_1/FVC 显著高于对照组（MD = 7.05，95%CI：2.49～11.61，P = 0.002），详见图 7。

2.2.3 CAT 评分

6 篇文献[3,4,13,15—17]报告 VR 技术对 COPD 患者 CAT 评分的影响。各研究间异质性较低（P = 0.04，I^2 = 56%），采用随机效应模型分析合并后示 VR 技术显著改善 COPD 患者 CAT 评分（MD = −2.85，95%CI：−3.35～−2.34，P < 0.01），详见图 8。

2.2.4 Borg 缺氧评分

2 篇文献[5,14]报告 VR 技术对 COPD 患者 Borg 缺氧评分的影响。各研究间无异质性（P = 0.25，I^2 = 23%），采用固定效应模型分析示试验组与对照组间差异无显著统计学差异（MD = 0.06，95%CI：−0.11～0.22，P = 0.49），详见图 9

2.2.5 生活质量

3 篇文献[4,7,11]报告 VR 技术对 COPD 患者 SGRQ 评分的影响。各研究间无异质性（P = 0.29，I^2 = 18%），采用固定效应模型分析。试验组与对照组间 SGRQ 评分无显著统计学差异（MD = −2.89，

研究	试验组			对照组			权重/%	MD (95%CI) 随机效应模型	MD (95%CI) 随机效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
LeGear等[5] 2016	10	94.70	2.50	10	92.30	3.30	20.40	2.40 (−0.17～4.97)	
周婷满等[14] 2021	61	97.00	1.35	58	96.21	1.65	43.60	0.79 (0.25～1.33)	
许婵娟[17] 2022	35	96.29	2.27	35	93.54	2.89	35.90	2.75 (1.53～3.97)	
总例数	106	–	–	103	–	–	100.00	1.82 (0.27～3.38)	

异质性检验：Chi^2=9.23，df=2 (P=0.010)，I^2=78%
效应检查：Z=2.30 (P=0.02)

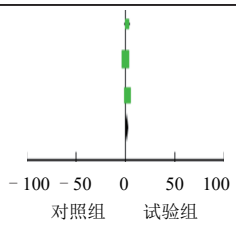


图 5 VR 对 COPD 患者血氧饱和度影响的森林图

Figure 5 Forest plot of the effect of VR on blood oxygen saturation for COPD patients

研究	试验组			对照组			权重/%	MD (95%CI) 随机效应模型	MD (95%CI) 随机效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
Barata等[3]2022	52	1.40	0.20	78	1.20	0.20	27.40	0.20 (0.13～0.27)	
冯兵等[13]2021	62	1.96	0.35	62	1.45	0.22	26.10	0.51 (0.41～0.61)	
柳萍等[15]2017	38	1.65	0.27	30	1.58	0.45	22.10	0.07 (−0.11～0.25)	
许婵娟[17] 2022	35	1.90	0.30	35	1.70	0.30	24.40	0.20 (0.06～0.34)	
总例数	187	–	–	205	–	–	100.00	0.25 (0.07～0.43)	

异质性检验：Chi^2=30.27，df=3 (P<0.000 01)，I^2=90%
效应检查：Z=2.72 (P=0.006)

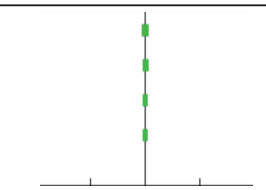


图 6 VR 对 COPD 患者 FEV_1 影响的森林图

Figure 6 Forest plot of the effect of VR on FEV_1 for COPD patients

研究	试验组			对照组			权重/%	MD (95%CI) 随机效应模型	MD (95%CI) 随机效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
Barata等[3] 2022	58	44.50	6.20	72	45.20	5.70	15.30	−0.70 (−2.77～1.37)	
Xie等[12] 2021	30	65.17	4.33	30	57.63	6.32	15.00	7.54 (4.80～10.28)	
冯兵等[13] 2021	62	75.89	15.26	62	56.35	8.25	13.80	19.54 (15.22～23.86)	
周婷满等[14] 2021	61	90.00	15.00	58	82.00	13.00	13.30	8.00 (2.96～13.04)	
柳萍等[15] 2017	38	64.69	9.18	30	59.02	9.67	13.70	5.67 (1.14～10.20)	
胡丹丹等[16] 2018	30	68.60	6.91	30	60.53	10.47	13.70	8.07 (3.58～12.56)	
许婵娟[17] 2022	35	70.40	4.90	35	67.90	5.10	15.20	2.50 (0.16～4.84)	
总例数	314	–	–	317	–	–	100.00	7.05 (2.49～11.61)	

异质性检验：Chi^2=82.94，df=6 (P<0.000 01)，I^2=93%
效应检查：Z=3.03 (P=0.002)

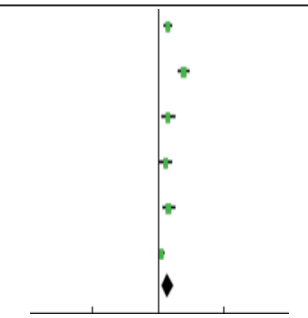


图 7 VR 对 COPD 患者 FEV_1/FVC 影响的森林图

Figure 7 Forest plot of the effect of VR on FEV_1/FVC for COPD patients

95%CI：−7.49 ～ 1.71，P = 0.22)，详见图 10。

3 讨论

COPD 患者由于吸烟、营养不良等原因常合并骨骼肌障碍，且四肢肌力和呼吸肌力均明显降低。为避免呼吸困难的发生，患者常会减少运动量，骨骼肌力量进一步恶化。肺康复训练是一种针对骨骼肌功能障碍的重要治疗方式，但多数患者因年龄偏高、文化水平有限、对疾病的认知程度不够，无法理解或合格完成传统肺康复运动处方中的多组锻炼。本研究结果显示，VR 康复训练通过游戏、场景设置

研究	试验组			对照组			权重/%	MD(95%CI) 随机效应模型	MD(95%CI) 随机效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
Barata等[3] 2022	58	13.90	4.50	72	14.70	4.10	8.90	−0.80(−2.30～0.70)	
Jiang等[4] 2023	36	16.92	6.00	36	19.84	6.48	2.80	−2.92(−5.80～−0.04)	
冯兵等[13] 2021	62	7.54	0.68	62	10.76	0.94	37.90	−3.22(−3.51～−2.93)	
柳萍等[15] 2017	38	8.60	2.32	30	10.95	4.64	6.50	−2.35(−4.17～−0.53)	
胡丹丹等[16] 2018	30	7.40	2.10	30	10.80	3.60	9.00	−3.40(−4.89～−1.91)	
许婵娟[17] 2022	35	7.46	0.72	35	10.37	0.87	34.90	−2.91(−3.28～−2.54)	
总例数	259	–	–	265	–	–	100.00	−2.85(−3.35～−2.34)	

异质性检验：Chi^2=11.35，df=5(P=0.04)，I^2=56%
效应检查：Z=11.12(P<0.000 01)

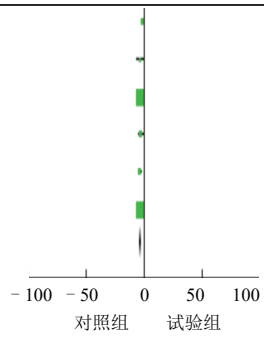


图 8 VR 对 COPD 患者 CAT 评分影响的森林图

Figure 8 Forest plot of the effect of VR on CAT score for COPD patients

研究	试验组			对照组			权重/%	MD(95%CI) 固定效应模型	MD(95%CI) 固定效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
LeGear等[5]2016	10	3.40	0.52	10	3.10	0.50	13.70	0.30(−0.15～0.75)	
周婷满等[14] 2021	61	3.91	0.50	58	3.89	0.49	86.30	0.02(−0.16～0.20)	
总例数	71	–	–	68	–	–	100.00	0.06(−0.11～0.22)	

异质性检验：Chi^2=1.30，df=1(P=0.25)，I^2=23%
效应检查：Z=0.69(P=0.49)

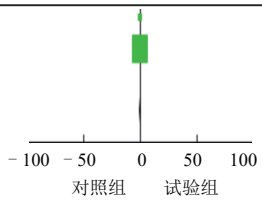


图 9 VR 对 COPD 患者 Borg 缺氧评分影响的森林图

Figure 9 Forest plot of the effect of VR on Borg dyspnea score for COPD patients

研究	试验组			对照组			权重/%	MD(95%CI) 固定效应模型	MD(95%CI) 固定效应模型
	例数	均数	标准差	例数	均数	标准差			
Jiang等[4] 2023	36	31.91	15.19	36	38.99	17.55	36.80	−7.08(−14.66～0.50)	
Mazzoleni等[7] 2014	19	31.50	10.50	20	35.10	19.80	21.70	−3.60(−13.48～6.28)	
Sutanto等[11] 2019	10	30.60	5.90	10	29.40	9.90	41.50	1.20(−5.94～8.34)	
总例数	65	–	–	66	–	–	100.00	−2.89(−7.49～1.71)	

异质性检验：Chi^2=2.45，df=2(P=0.29)，I^2=18%
效应检查：Z=1.23(P=0.22)

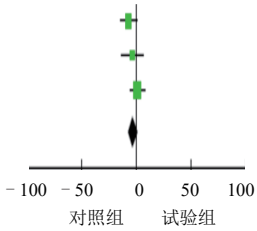


图 10 VR 对 COPD 患者 SGRQ 评分影响的森林图

Figure 10 Forest plot of the effect of VR on SGRQ score for COPD patients

及虚拟奖励等，提供多种间歇性互动锻炼游戏，鼓励患者主动运动，有助于提高 COPD 患者的运动耐力。Alcazar 等[18]研究发现，一周 2 次、持续 12 周的高强度间歇运动联合力量训练能显著改善老年 COPD 患者的全身氧化应激指标、运动耐量及临床症状，同时可部分逆转肢体肌肉功能障碍，提升肌力和肌肉质量。与被动运动相比，主动进行特定运动能增加运动神经的可塑性，改善肌肉控制能力，从而增加运动耐量[19]。

COPD 患者处于长期慢性全身性炎症状态，炎症介质的释放不断破坏肺组织，气道平滑肌增生形成瘢痕，导致气流受限；同时肺纤维化导致肺通气血流比例失调，二氧化碳潴留，形成高碳酸血症和低氧血症。在治疗中，患者的依从性十分重要，可

直接影响最终的疗效。本研究显示，VR 技术有助于控制 COPD 患者临床症状，改善肺功能及低氧情况。VR 系统借助虚拟视觉具象呈现锻炼动作，易于模仿，并可及时纠正、规范患者训练行为。通过 VR 设备，患者可及时获得练习的视听信息及反馈，医生可远程进行同步监督、指导。此外，VR 系统较传统肺康复锻炼增加多种虚拟上肢运动，如击球、擦桌子、倒茶及做家务等[20]。在日常生活中，COPD 患者常在进行手臂活动时发生呼吸困难，可能是由于上肢活动期间呼吸肌的神经机械功能障碍及肺容量变化所导致[21]。研究显示，手臂的力量训练不仅能提高患者肌力及手臂运动能力，并可减少运动时的呼吸困难及疲惫感[22]，从而减少恐惧窒息感导致的运动积极性下降[23]。VR 可提升患者肺康复锻炼的依从性、增强呼吸肌力量、改善肺功能，从而改善症状控制，减少急性发作次数，降低入院风险[24]。

缺氧主要是由于肺泡中的气体交换受损所致[25]。本研究结果显示，基于 VR 技术的肺康复训练对患者缺氧评分的改善不显著。这可能是由于现有成熟的 VR 设备侧重于全身运动的耐力练习，无专门针对 COPD 患者的 VR 系统，很少与呼吸训练相结合[26]。而缺氧症状会增加患者对运动后劳累的恐惧，进而避免进行活动。长期以往，将进入恶性循环，运动进一步受限，给患者带来焦虑、抑郁及放弃情绪。生活质量是呼吸困难、运动耐力、焦虑抑郁情绪及认知功能等多方面的总和。VR 技术的主要优势在于能够为患者提供多元化的感官体验，激发其思维、记忆、认知和积极性，且视频示范动作内容与日常活动相结合，简单易学，易于掌握。同时，相较以往传统康复锻炼，减少时间和场地限制。不过，分析中纳入的参考文献和受试者数量较少，需要更多高质量的随机对照试验来验证 VR 技术对患者缺氧和生活质量的影响。

本研究纳入文献质量均为 B 级，由于 VR 干预的特殊性，试验组很难做到盲法，可能会存在选择实施偏倚。纳入本分析的研究未考虑患者教育水平、VR 设备技能或随访频率的影响，因此在数据收集方面存在一定异质性。

4 结论

VR 技术作为一项 20 世纪发展起来的全新的实用技术，可提供逼真的三维视觉、触觉、嗅觉等多种感官体验的虚拟世界，应用于 COPD 患者的肺康复训练能在一定程度上帮助改善其运动耐力、肺功能及症状控制。随着社会生产力和科学技术的不断发展，VR 技术的应用效果与应用领域具有巨大潜力，未来可进一步开发针对 COPD 患者病理生理及心理特点的 VR 技术，融合应用吸入药物相关装置及指导，为患者带来更多获益。

参考文献：

[1] Halpin DMG, Criner GJ, Papi A, *et al*. Global initiative for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease. The 2020 GOLD Science Committee report on COVID-19 and chronic obstructive pulmonary disease[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2021, 203(1): 24-36.

[2] Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, *et al*. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials[J]. Br Med J, 2011, 343: d5928.

[3] Barata PI, Crisan AF, Maritescu A, *et al*. Evaluating virtual and inpatient pulmonary rehabilitation programs for patients with COPD[J]. J Pers Med, 2022, 12(11): 1764.

[4] Jiang Y, Nuerdawulieti B, Chen Z, *et al*. Effectiveness of patient decision aid supported shared decision-making intervention in in-person and virtual hybrid pulmonary rehabilitation in older adults with chronic obstructive pulmonary disease: a pilot randomized controlled trial[J]. J Telemed Telecare, 2023, doi: 10.1177/1357633X231156631.

[5] LeGear T, LeGear M, Preradovic D, *et al*. Does a Nintendo Wii exercise program provide similar exercise demands as a traditional pulmonary rehabilitation program in adults with COPD?[J]. Clin Respir J, 2016, 10(3): 303-310.

[6] Liu H, Yang X, Wang X, *et al*. Study on adjuvant medication for patients with mild cognitive impairment based on VR technology and health education[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2021, 2021: 1187704.

[7] Mazzoleni S, Montagnani G, Vagheggini G, *et al*. Interactive videogame as rehabilitation tool of patients with chronic

respiratory diseases: preliminary results of a feasibility study[J]. Respir Med, 2014, 108(10): 1516-1524.

[8] Rutkowski S, Rutkowska A, Jastrzębski D, *et al*. Effect of virtual reality-based rehabilitation on physical fitness in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. J Hum Kinet, 2019, 69: 149-157.

[9] Rutkowski S, Rutkowska A, Kiper P, *et al*. Virtual reality rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial[J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2020, 15: 117-124.

[10] Rutkowski S, Szczegielniak J, Szczepańska-Gieracha J. Evaluation of the efficacy of immersive virtual reality therapy as a method supporting pulmonary rehabilitation: a randomized controlled trial[J]. J Clin Med, 2021, 10(2): 352.

[11] Sutanto YS, Makhabah DN, Aphridasari J, *et al*. Videogame assisted exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a preliminary study[J]. Pulmonology, 2019, 25(5): 275-282.

[12] Xie X, Fan J, Chen H, *et al*. Virtual reality technology combined with comprehensive pulmonary rehabilitation on patients with stable chronic obstructive pulmonary disease[J]. J Healthc Eng, 2021, 2021: 9987200.

[13] 冯兵, 史静琴, 杨斌, 等. Bio Master虚拟情景互动康复辅以组合式呼吸训练对老年慢性阻塞性肺病患者肺功能恢复的影响[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(5): 681-685.

[14] 周婷满, 张焱林, 朱盈盈. 基于体感互动游戏的运动方案在老年COPD稳定期患者中的应用[J]. 中华现代护理杂志, 2021, 27(3): 303-308.

[15] 柳萍, 刘青, 韩伟, 等. 虚拟现实技术结合综合肺康复对稳定期慢性阻塞性肺疾病患者疗效评估[J]. 国际老年医学杂志, 2017, 38(2): 59-62.

[16] 胡丹丹, 何俊, 丁渝权, 等. 虚拟现实技术在老年慢性阻塞性肺疾病并轻度认知障碍患者肺康复训练中的应用效果[J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2018, 26(6): 85-88.

[17] 许婵娟. 虚拟场景康复技术联合综合呼吸训练对老年COPD患者的影响[J]. 中外医学研究, 2022, 20(19): 169-172.

[18] Alcazar J, Losa-Reyna J, Rodriguez-Lopez C, *et al*. Effects of concurrent exercise training on muscle dysfunction and systemic oxidative stress in older people with COPD[J]. Scand J Med Sci Sports, 2019, 29(10): 1591-1603.

[19] Sampson P, Freeman C, Coote S, *et al*. Using Functional electrical stimulation mediated by iterative learning control and robotics to improve arm movement for people with multiple sclerosis[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2016, 24(2): 235-248.

[20] Wang YQ, Liu X, Ma RC, *et al*. Active video games as an adjunct to pulmonary rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2020, 99(5): 372-380.

[21] Miranda EF, Malaguti C, Corso SD. Peripheral muscle dysfunction in COPD: lower limbs versus upper limbs[J]. J Bras Pneumol, 2011, 37(3): 380-388.

[22] Calik-Kutukcu E, Arikan H, Saglam M, *et al*. Arm strength training improves activities of daily living and occupational performance in patients with COPD[J]. Clin Respir J, 2017, 11(6): 820-832.

[23] Colombo V, Mondellini M, Fumagalli A, *et al*. A virtual reality-based endurance training program for COPD patients: acceptability and user experience[J]. Disabil Rehabil Assist Technol, 2023, doi: 10.1080/17483107.2023.2219699.

[24] 孙志成, 张丽霞, 王彤. 虚拟现实技术在老年康复医学领域的应用进展[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(4): 493-498.

[25] O'Donnell DE, Milne KM, James MD, *et al*. Dyspnea in COPD: new mechanistic insights and management implications[J]. Adv Ther, 2020, 37(1): 41-60.

[26] Colombo V, Mondellini M, Gandolfo A, *et al*. Usability and Acceptability of a Virtual Reality-Based System for Endurance Training in Elderly with Chronic Respiratory diseases[M]// Bourdot P, Interrante V, Nedel L, *et al*. Virtual Reality and Augmented Reality. Cham: Springer International Publishing, 2019: 87-96.

（编辑：王 佳）