

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.24.012

虚拟现实训练联合 FES 对脑卒中后上肢功能障碍患者上肢功能和日常生活能力的影响^{*}

欧阳胜璋^{1,2},解斌²,孔祥宇¹,郄淑燕^{3△}

首都医科大学附属北京康复医院:1. 作业疗法科;2. 职业康复科;3. 康复诊疗中心,北京 100144

摘要:目的 探讨虚拟现实训练联合功能性电刺激(FES)对脑卒中后上肢功能障碍患者上肢功能与日常生活能力的影响。方法 选取 2022 年 1 月至 2024 年 12 月在该院进行治疗的脑卒中后上肢功能障碍患者 112 例作为研究对象,随机分为对照组与联合组,每组 56 例。对照组采用常规作业治疗,联合组在对照组的基础上采用虚拟现实训练联合 FES 治疗。观察并比较 2 组患者的关节活动范围、上肢功能及日常活动能力。结果 治疗后,2 组患者肩关节与肘关节活动范围均较治疗前显著扩大,且联合组大于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗后 2 组简式 Fugl-Meyer 评定量表上肢部分评分、Wolf 运动功能测试评分、偏瘫 Brunnstrom 分级评分较治疗前均有明显升高,且联合组高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。治疗后,2 组患者改良 Barthel 指数(MBI)评分均较治疗前有明显升高,且联合组 MBI 评分高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论 虚拟现实训练联合 FES 治疗可以使脑卒中后上肢功能障碍患者的上肢关节活动范围扩大,对恢复上肢运动功能效果较好,并能显著提升患者日常生活能力,是值得推广、应用的训练治疗方案。

关键词:脑卒中; 上肢功能障碍; 虚拟现实训练; 功能性电刺激; 运动功能

中图法分类号:R493;R743.3

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)24-3379-05

Effects of virtual reality training combined with functional electrical stimulation on upper-limb function and activities of daily living in patients with post-stroke upper-limb dysfunction^{*}

OUYANG Shengzhang^{1,2}, XIE Bin², KONG Xiangyu¹, QI Shuyan^{3△}

1. Department of Occupational Therapy; 2. Department of Vocational Rehabilitation;

3. Center for Rehabilitation Diagnosis and Treatment, Beijing Rehabilitation Hospital

Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100144, China

Abstract: Objective To investigate the effects of virtual reality training combined with functional electrical stimulation (FES) on upper-limb function and activities of daily living in patients with post-stroke upper-limb dysfunction. **Methods** A total of 112 patients with post-stroke upper-limb dysfunction treated at the hospital from January 2022 to December 2024 were selected and randomly assigned to a control group (56 cases) or a VR+FES group (56 cases). The control group received conventional occupational therapy, whereas the VR+FES group received virtual reality training combined with functional electrical stimulation in addition to conventional therapy. Range of motion, upper-limb function and activities of daily living were measured and compared between the two groups. **Results** Compared with pretreatment, shoulder and elbow ranges of motion were significantly increased in both groups, and increases were greater in the VR+FES group than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Following treatment, upper-extremity Fugl-Meyer Assessment scores, Wolf Motor Function Test scores and Brunnstrom stage scores were significantly increased in both groups, and post-treatment scores were higher in the VR+FES group than those in the control group, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$). Modified Barthel Index scores were significantly increased in both groups, with higher post-treatment scores in the VR+FES

* 基金项目:首都临床特色诊疗技术研究及转化应用项目(Z221100007422113);首都医科大学附属北京康复医院 2022—2024 年科研发展专项(2022-001)。

作者简介:欧阳胜璋,女,主管技师,主要从事作业治疗、职业康复方向的研究。△ 通信作者,E-mail:shuyanpb@163.com。

引用格式:欧阳胜璋,解斌,孔祥宇,等.虚拟现实训练联合 FES 对脑卒中后上肢功能障碍患者上肢功能和日常生活能力的影响[J].检验医学与临床,2025,22(24):3379-3382.

group, and the differences were statistically significant. **Conclusion** Virtual reality training combined with FES increases upper-limb joint range of motion, improves upper-limb motor function, and significantly enhances activities of daily living in patients with post-stroke upper-limb dysfunction. This training regimen warrants broader clinical application.

Key words: stroke; upper-limb dysfunction; virtual reality training; functional electrical stimulation; motor function

脑卒中是发病率与致残率均较高的一种疾病,多发于老年群体,患者发病后,残疾率为 70% 以上,且大部分患者会出现肢体功能障碍,严重影响患者的生活质量^[1-2]。上肢功能障碍是脑梗死后最常发生的功能障碍,调查显示约 50% 的脑卒中患者会遗留上肢功能障碍,生活自理能力受限^[3]。传统的作业训练方法较为枯燥、乏味,患者训练兴趣不高,依从性较差,无法长期坚持,导致训练效果较差^[4]。因此,寻找效果更好的训练方式至关重要。功能性电刺激(FES)等物理疗法已被证实对脑卒中后肢体功能障碍的恢复具有一定作用^[5-6]。虚拟现实训练是一种通过计算机技术让患者在虚拟情境中进行训练的方法,多感官刺激可收获更好的训练效果^[7-8]。本研究选择 112 例脑卒中后上肢功能障碍患者作为研究对象,观察虚拟现实训练联合 FES 对脑卒中后上肢功能障碍患者关节活动范围、肢体功能以及日常生活能力的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择本院 2022 年 1 月至 2024 年 12 月收治的 112 例脑卒中后上肢功能障碍患者作为研究对象。纳入标准:(1)符合文献[9]中脑卒中的诊断标准,并结合影像学检查等确诊;(2)年龄 45~80 岁;(3)病程<3 个月,生命体征平稳。排除标准:(1)合并精神类疾病或认知障碍者;(2)合并心、肝、肾等重要器官严重功能障碍者;(3)合并视力、听力障碍等严重影响评估或训练配合者;(4)合并其他影响上肢功能恢复疾病或因其他疾病导致上肢功能活动受限无法进行训练者;(5)脑卒中发病前已因其他原因发生肢体功能障碍者。将患者按照随机数字表法分成 2 组。对照组 56 例,其中男 38 例,女 18 例;年龄 47~79 岁,平均(61.05±10.36)岁;脑卒中类型:出血性脑卒中 26 例,缺血性脑卒中 30 例;病灶位置:左侧 31 例,右侧 25 例;病程 21~46 d,平均(30.25±7.31)d;学历:初中及以下 20 例,高中 23 例,大专及以上 13 例。联合组 56 例,其中男 35 例,女 21 例;年龄 49~77 岁,平均(61.48±10.52)岁;学历:初中及以下 18 例,高中 22 例,大专及以上 16 例;脑卒中类型:出血性脑卒中 24 例,缺血性脑卒中 32 例;病灶位置:左侧 28 例,右侧 28 例;病程 22~48 d,平均(30.54±7.61)d。2 组患者年龄、性别、脑卒中类型、病灶位置、病程、学历

比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。本研究已通过本院医学伦理委员会审批(审批号:2022-013),患者或家属均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 对照组 采用常规作业治疗,主要包括手抓握、对掌、对指、套圈、磨砂板、插木钉、推杯子、手夹夹子等训练。每日 1 次,每次 40~50 min,持续训练 1 个月。

1.2.2 联合组 在对照组的基础上采用虚拟现实训练联合 FES 治疗。(1)虚拟现实训练。使用上肢智能反馈训练系统,包括主机、软件 2 个部分。①主机由外骨骼力臂与底座组成,外骨骼力臂起到固定上肢与支持的作用,其具有握力传感器与上肢支持系统,上肢无法承担的部分负重由力臂支撑,患者可借助力臂的支撑训练上肢功能,训练时还可使患者手部与游戏中的虚拟手保持同步。②软件又分为游戏与评价 2 个板块。游戏板块:根据难度及复杂程度的不同分为 3 种类型。第 1 类是较为简单的单关节训练,包括射箭、赛车等游戏;第 2 类训练是难度适当增加的 2 个及以上关节的协同运动训练,包括拼图、擦玻璃、飞机射击等游戏;第 3 类是最复杂的训练,在第 2 类训练的基础上增加多方向运动,设置击球游戏等。评价板块:用于在每次患者训练时评估其上肢关节活动度,可通过图像展示上肢关节具体运动情况,并自动分析数据。首次训练前,治疗师需向患者详细讲解系统的具体使用方法及注意事项等,并做出示范。训练开始后,首先将患者患肢与外骨骼力臂固定在一起,经由系统评估患肢当前状态,根据评估结果选择难度与复杂程度适合的游戏,从较为简单的游戏开始,逐渐增加难度与训练时间,训练过程中治疗师应给予患者辅助与指导,并持续观察系统的评估结果,据此判断训练效果并调整训练方案。每日训练 1 次,每次 20~25 min,持续训练 1 个月。(2)FES 治疗。使用多功能神经肌肉治疗仪,治疗时选择双相矩形脉冲波,频率设置为 30 Hz,脉宽设置为 200 μs,通电 5 s、断电 5 s,电流强度 0~70 mA,根据患者耐受限度调整电流,对患者三角肌、冈上肌、肱三头肌、腕伸肌、指伸肌等上肢肌群进行刺激,每日治疗 1 次,每次 20 min,持续治疗 1 个月。

1.3 观察指标 (1)关节活动范围:所有患者均使用虚拟现实训练的上肢智能反馈训练系统进行评估,分别于治疗前、后测量患者肩关节前屈、水平外展、水平内收和肘关节屈曲这 4 个运动方向的关节活动角度,关节活动角度越大说明患者上肢活动范围越大。(2)上肢运动功能:评估工具为简式 Fugl-Meyer 评定量表上肢部分 (FMA-UE)^[10] 与 Wolf 运动功能测试 (WMFT) 量表^[11]。前者包括 33 个条目,每个条目为 0、1、2 分,总分 66 分;后者包含 15 个条目,每个条目 0~5 分,总分 75 分,2 个量表均为分数越高代表上肢运动功能越好。(3)偏瘫肢体运动功能:评估工具为偏瘫 Brunnstrom 分级,共分为 I~VI 级,分别赋值 0~5 分,评分越高说明患者偏瘫上肢运动功能越好。(4)日常生活能力:评估工具为改良 Barthel 指数

(MBI) 量表^[12],共 10 项内容,每项 0~10 分,总分 100 分,分数越高提示患者日常生活能力越好。

1.4 统计学处理 采用 SPSS26.0 统计软件进行处理和分析。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内治疗前后比较采用配对 *t* 检验;计数资料以例数或百分率表示,2 组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组关节活动范围比较 治疗前 2 组关节活动范围比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗后,2 组患者 4 个关节活动范围均明显大于治疗前,且联合组关节活动范围大于对照组,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 2 组关节活动范围对比 ($\bar{x} \pm s$, °)

组别	n	肩关节前屈		肩关节水平外展		肩关节水平内收		肘关节屈曲	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
联合组	56	35.79 ± 11.42	82.86 ± 16.94 ^a	15.28 ± 4.87	27.96 ± 7.04 ^a	32.49 ± 10.13	62.05 ± 11.83 ^a	17.06 ± 5.39	52.76 ± 11.24 ^a
对照组	56	36.58 ± 11.83	74.72 ± 14.68 ^a	15.64 ± 5.02	22.57 ± 6.35 ^a	32.87 ± 10.22	55.82 ± 11.16 ^a	17.43 ± 5.62	46.03 ± 9.95 ^a
<i>t</i>		0.360	2.717	0.385	4.254	0.198	2.867	0.356	3.355
<i>P</i>		0.720	0.008	0.701	<0.001	0.844	0.005	0.723	0.001

注:与同组治疗前比较,^a $P < 0.05$ 。

2.2 2 组上肢运动功能比较 治疗前 2 组 FMA-UE、WMFT 评分比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗后 2 组 FMA-UE、WMFT 评分均明显高于治疗前,且联合组高于对照组,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 2 组 FMA-UE、WMFT 评分对比 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	n	FMA-UE 评分		WMFT 评分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
联合组	56	20.68 ± 5.73	40.67 ± 8.15 ^a	27.69 ± 6.81	46.59 ± 8.56 ^a
对照组	56	21.03 ± 6.24	33.84 ± 7.32 ^a	27.43 ± 7.01	40.87 ± 7.73 ^a
<i>t</i>		0.309	4.666	0.199	3.711
<i>P</i>		0.758	<0.001	0.843	<0.001

注:与同组治疗前比较,^a $P < 0.05$ 。

2.3 2 组偏瘫肢体运动功能比较 治疗前 2 组偏瘫 Brunnstrom 分级评分比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗后 2 组偏瘫 Brunnstrom 分级评分较治疗前显著升高,联合组高于对照组,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 3。

2.4 2 组日常生活能力比较 治疗前 2 组 MBI 评分比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗后,2 组 MBI 评分较治疗前升高,且联合组 MBI 评分高于对照组,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 4。

表 3 2 组偏瘫 Brunnstrom 分级评分对比 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	n	治疗前	治疗后
联合组	56	2.37 ± 0.64	3.58 ± 1.05 ^a
对照组	56	2.21 ± 0.59	2.97 ± 0.72 ^a
<i>t</i>		1.376	3.585
<i>P</i>		0.172	0.001

注:与同组治疗前比较,^a $P < 0.05$ 。

表 4 2 组 MBI 评分对比 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	n	治疗前	治疗后
联合组	56	44.77 ± 10.52	71.26 ± 9.83 ^a
对照组	56	44.13 ± 9.68	62.35 ± 8.94 ^a
<i>t</i>		0.335	5.018
<i>P</i>		0.738	<0.001

注:与同组治疗前比较,^a $P < 0.05$ 。

3 讨 论

临幊上多数脑卒中患者会伴有较重的肢体功能障碍,尤其是上肢运动功能障碍。上肢包括肩关节、肘关节与手部,骨骼结构精细,是人体灵活性较强的部位,操控多种生活必需的动作,如吃饭、穿衣、洗漱、如厕等,脑卒中导致的上肢功能障碍给患者的日常生活与工作等带来诸多不便^[13-15]。传统康复训练方法,

如运动疗法、作业治疗等,形式较为单一,其训练效果也存在局限性,无客观、定量反馈,医护人员与患者无法及时观察到上肢关节的微小变化以便调整训练方案,训练过程也较为枯燥,患者难以坚持,导致最终康复效果并不理想^[16]。因此,医护人员也在不断通过各种新型训练方式以达到更好的康复效果。

FES 治疗是一种物理刺激疗法,通过加强运动输出与感觉输入,诱导支配上肢的大脑功能区发生重组,从而加速上肢功能恢复^[17]。虚拟现实技术已广泛应用于游戏、学习等多个领域,在医学方面,也逐渐应用于康复医学^[18-19]。虚拟现实技术具有互动性强、沉浸感好等优点,已有研究表明该技术能明显改善脑卒中患者的各项运动功能,推测其改善脑卒中患者运动功能主要通过激活患者患侧的额叶白质、运动皮质与小脑募集等实现^[20-21]。本研究结果显示,治疗后,2 组患者肩关节前屈、水平外展、水平内收和肘关节屈曲的活动范围均明显大于治疗前,且联合组关节活动范围显著大于对照组;治疗后 2 组患者的上肢运动功能评分(FMA-UE、WMFT 评分)及代表运动恢复阶段的 Brunnstrom 分级评分均明显高于治疗前,联合组较对照组更高,说明虚拟现实训练联合 FES 治疗能更加有效地增加上肢关节活动范围并更好地恢复上肢运动功能。本研究中的虚拟现实训练采用上肢智能反馈系统,训练内容涉及肩关节与肘关节的各项运动,主要使用游戏的方式对患者进行训练,增加趣味性以保证患者可长期坚持,患者在训练中还可及时获得视觉与听觉反馈,多感官的刺激使患者在训练过程中更加集中注意力且轻松、愉快,患者训练依从性显著提升,对改善患者关节活动范围与运动功能效果更好^[22-24];同时,此训练系统的数据也可给医护人员增加客观量化指标,帮助医护人员更加准确地评估患者上肢功能的恢复情况^[25]。治疗后,2 组患者 MBI 评分均明显高于治疗前,联合组显著高于对照组,提示虚拟现实训练联合 FES 治疗对于提升患者日常活动能力效果更好。当患者关节活动范围更大,上肢运动功能恢复得更好时,其日常活动能力也会随之大幅提升。本研究也存在局限性,如未进行长期随访,难以评估远期维持效果;样本量有限,可能高估效应量;尚缺依从性与不良事件的系统报告。未来建议开展多中心、随机对照研究,延长随访,纳入客观可穿戴/系统日志指标,完善安全性评估,并探索最佳训练剂量与人群分层获益情况。

综上所述,虚拟现实联合 FES 可有效改善关节活动范围、上肢运动功能与日常生活能力,具备临床应用潜力,仍需高质量研究进一步验证其长期效益。

参考文献

- 赵啟帆,桂晓彤,徐晨曦,等.高频 rTMS 联合吞咽-摄食训练对脑卒中吞咽障碍患者 EAT-10 评分、吞咽安全性的影响[J].中华神经外科疾病研究杂志,2025,19(1):53-58.
- 吕彤,陈德鹏,陈东阳.急性前循环大血管闭塞性脑卒中患者早期血管内治疗前后单核细胞趋化蛋白和钙黏蛋白水平变化及其临床意义[J].感染、炎症、修复,2024,25(4):283-287.
- 任玉,许亮,任莎莎,等.运动想象疗法对脑卒中偏瘫患者上肢功能康复、睡眠障碍及心理状态的影响[J].国际精神病学杂志,2024,51(5):1533-1535.
- 谷力荣,郭晓贺,屈博涵,等.手指操联合中医情志护理对恢复期脑卒中患者康复效果评价[J].护理实践与研究,2024,21(5):668-674.
- 熊杏秀,张正辉,邓春燕,等.减重结合功能性电刺激对脑卒中患者下肢运动功能的疗效[J].中国康复理论与实践,2024,30(5):554-559.
- 厚双龙,潘义,赵雨亭,等.脑机接口集成功能性电刺激在脑卒中康复中的应用研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2025,47(4):376-379.
- 李爽,杨学婧,张晓颖.虚拟现实训练系统联合平衡训练对脑卒中偏瘫患者肢体和平衡功能及生活能力的影响[J].中国实用神经疾病杂志,2023,26(7):848-852.
- 谢秋蓉,林婉琪,张琪,等.脑卒中上肢康复智能化评估与虚拟现实训练研究进展[J].康复学报,2023,33(3):271-279.
- 倪小佳,林浩,罗旭飞,等.脑卒中中西医结合防治指南(2023 版)[J].中国全科医学,2025,28(5):521-533.
- GLADSTONE D J, DANELLS C J, BLACK S E. The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. Neuro-rehabil Neural Repair, 2002, 16(3): 232-240.
- 吴媛媛,闵瑜,燕铁斌. Wolf 运动功能测试量表评定脑卒中急性期患者上肢功能的效度和信度研究[J].中国康复医学杂志,2009,24(11):992-994.
- 王赛华,施加加,孙莹,等.简体版改良 Barthel 指数在脑卒中恢复期中的信度与效度研究[J].中国康复,2020,35(4):179-182.
- 曲斯伟,朱琳,严莉,等.基于改良分级运动想象的康复训练对脑卒中患者上肢功能改善的疗效分析[J].中国康复医学杂志,2023,38(8):1084-1089.
- 郭春兰,张冬云,马江,等.经皮耳迷走神经刺激治疗脑卒中后上肢功能障碍的临床研究进展[J].中华物理医学与康复杂志,2025,47(6):561-565.
- 谢冰,陈丹,倪伟,等.末端牵引式上肢机器人联合间歇性短阵脉冲刺激治疗对脑卒中上肢功能障碍的疗效研究[J].中国康复,2025,40(8):458-462.
- 彭源,张熙斌,梅伟文,等.不同治疗时程的重复经颅磁刺激对脑卒中患者上肢运动功能及脑功能连接的影响[J].中国康复医学杂志,2024,39(10):1436-1442. (下转第 3387 页)

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.24.013

机械通气联合俯卧位通气在重度 ARDS 患者中的效果及安全性分析:一项单中心回顾性研究*

杜文辉,王明明[△],赵红艳,李豆敏

铜川矿务局中心医院重症医学科,陕西铜川 727000

摘要:目的 探讨机械通气联合俯卧位治疗重度急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的临床效果及安全性。**方法** 选择 2023 年 1 月至 2024 年 3 月该院收治的 89 例重度 ARDS 患者作为研究对象,根据治疗方法不同分为 2 组。对照组(45 例)采用机械通气治疗,观察组(44 例)采用机械通气联合俯卧位通气治疗,治疗 7 d 后评估 2 组疗效,比较 2 组呼吸功能气道平均压(Pmean)、气道峰压(Ppeak)、肺动态顺应性(Cdyn)、肺泡-动脉氧分压[P(A-a)DO₂]、血流动力学指标[心率(HR)、中心静脉压(CVP)、平均动脉压(MAP)]、炎症因子[白细胞介素-6(IL-6)、白细胞介素-10(IL-10)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)]、并发症发生情况及近期病死率。**结果** 干预后,2 组 Pmean、Ppeak、P(A-a)DO₂ 较干预前降低,Cdyn 较干预前升高,观察组 Pmean、Ppeak、P(A-a)DO₂ 低于对照组,Cdyn 高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。干预后,2 组 HR、MAP 较干预前升高,CVP 较干预前降低,观察组 HR、MAP 低于对照组,CVP 高于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。干预后,2 组 IL-6、IL-10、TNF- α 较干预前水平均降低($P < 0.05$),观察组 IL-6、IL-10、TNF- α 水平低于对照组($P < 0.05$)。2 组并发症总发生率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。观察组近期病死率低于对照组($P < 0.05$)。**结论** 机械通气联合俯卧位通气用于重度 ARDS 患者,能改善患者呼吸功能,对血流动力学影响较小,并降低炎症因子水平及近期病死率,且未增加并发症发生率,值得临床推广应用。

关键词:急性呼吸窘迫综合征; 机械通气; 俯卧位通气; 安全性; 白细胞介素-6

中图法分类号:R563.8;R459.7

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2025)24-3383-05

Efficacy and safety of mechanical ventilation combined with prone ventilation in patients with severe ARDS:a single-center retrospective study*

DU Wenhui, WANG Mingming[△], ZHAO Hongyan, LI Doumin

Department of Critical Care Medicine, Central Hospital of Tongchuan Mining Bureau, Shaanxi 727000, China

Abstract: Objective To investigate the clinical efficacy and safety of mechanical ventilation combined with prone positioning ventilation in the treatment of severe acute respiratory distress syndrome (ARDS).

Methods A total of 89 patients with severe ARDS admitted to the hospital from January 2023 to March 2024 were selected as study subjects. Based on different treatment approaches, they were divided into two groups. The control group (45 cases) received mechanical ventilation, while the observation group (44 cases) received mechanical ventilation combined with prone positioning ventilation. After 7 d of treatment, efficacy of the two groups was assessed. Respiratory function indices including mean airway pressure (Pmean), peak airway pressure (Ppeak), dynamic lung compliance (Cdyn) and the alveolar-arterial oxygen partial pressure gradient [P(A-a)DO₂]; hemodynamic parameters including heart rate (HR), central venous pressure (CVP) and mean arterial pressure (MAP); inflammatory cytokines including interleukin-6 (IL-6), interleukin-10 (IL-10) and tumor necrosis factor- α (TNF- α); as well as the incidence of complications and short-term mortality were compared between the two groups. **Results** After the intervention, Pmean, Ppeak and P(A-a)DO₂ were reduced compared with before intervention, whereas Cdyn was increased compared with before intervention in both groups ($P < 0.05$). Pmean, Ppeak and P(A-a)DO₂ were significantly lower, and Cdyn was significantly higher in the observation group compared with those in the control group, and the differences were statistically

* 基金项目:陕西省卫生健康委员会科研基金项目(2022D037)。

作者简介:杜文辉,女,主治医师,主要从事呼吸衰竭、急性呼吸窘迫综合征、急性肾损伤方向的研究。 △ 通信作者, E-mail:296376015@qq.com。

引用格式:杜文辉,王明明,赵红艳,等. 机械通气联合俯卧位通气在重度 ARDS 患者中的效果及安全性分析:一项单中心回顾性研究[J]. 检验医学与临床,2025,22(24):3383-3387.