

• 论著 •

下肢部位神经肌肉电刺激对 ICU 机械通气患者影响的 Meta 分析

程洁^{1,2} 孔佳佳¹ 王瑞¹ 计可欣¹ 高慧雅¹ 姚丽¹ 丁楠楠¹ 张志刚^{1,2}¹ 兰州大学护理学院, 甘肃兰州 730000; ² 兰州大学第一医院重症医学科, 甘肃兰州 730000

通信作者: 张志刚, Email: zzg3444@163.com

【摘要】 目的 采用 Meta 分析方法评价下肢部位神经肌肉电刺激(NMES)对重症监护病房(ICU)机械通气患者的有效性。**方法** 应用计算机检索 Cochrane 图书馆数据库、美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、科学网(Web of Science)、荷兰医学文摘 Embase 数据库、中国生物医学文献服务系统(SinoMed)、中国知网(CNKI)、维普中文科技期刊数据库(VIP)和万方数据中,从建库至 2021 年 5 月公开发表的有关 ICU 机械通气患者下肢部位进行 NMES 效果的随机对照试验(RCT)。对照组实施常规康复措施;观察组在常规康复措施基础上进行下肢部位 NMES。由 2 名研究者独立筛选文献、提取资料并评价纳入研究的偏倚风险后,采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析;绘制漏斗图分析文献发表偏倚。**结果** 最终纳入 8 篇 RCT,文献质量评价结果显示,1 项研究为 A 级,7 项研究为 B 级,提示纳入文献质量相对较高。Meta 分析结果显示,与对照组比较,下肢部位 NMES 能够有效缩短 ICU 患者机械通气时间[标准化均数差(SMD)=-0.51,95% 可信区间(95%CI)为 -0.72 ~ -0.31, $P < 0.000 01$],提高最大吸气压[MIP; 均数差(MD)=14.19,95%CI 为 9.30 ~ 19.09, $P < 0.000 01$],改善患者运动功能状态[ICU 运动功能状态评分(FSS-ICU); MD=10.44,95%CI 为 3.12 ~ 17.77, $P = 0.005$],差异均具有统计学意义;然而,在提高 MRC 肌力评估量表评分(MRC 评分; MD=2.13,95%CI 为 -1.38 ~ 5.63, $P = 0.23$)、降低 ICU 病死率[相对危险度(RR)=0.80,95%CI 为 0.51 ~ 1.24, $P = 0.31$]、缩短 ICU 住院时间(MD=-0.54,95%CI 为 -3.67 ~ 2.59, $P = 0.74$)等方面均未见明显优势,合并效应无统计学意义。基于患者机械通气时间相关文献绘制漏斗图显示,纳入文献分布基本对称,未检测到发表偏倚。**结论** 下肢部位 NMES 能有效缩短 ICU 机械通气患者的机械通气时间,提高 MIP 及运动功能状态,但对 MRC 评分、ICU 病死率及 ICU 住院时间无明显影响。未来仍需开展高质量、大样本、多中心的 RCT 对研究结果加以论证。

【关键词】 神经肌肉电刺激; 重症监护病房; 机械通气; ICU 获得性衰弱综合征; Meta 分析**基金项目:** 甘肃省卫生行业科研计划项目(GSWSKY-2019-44);甘肃省教育科技创新项目(2021CXZX-159)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210628-00962

Meta-analysis of effects of neuromuscular electrical stimulation of lower limbs on patients with mechanical ventilation in intensive care unitCheng Jie^{1,2}, Kong Jiajia¹, Wang Rui¹, Ji Kexin¹, Gao Huiya¹, Yao Li¹, Ding Nannan¹, Zhang Zhigang^{1,2}¹School of Nursing, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China; ²Department of Intensive Care Unit, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China

Corresponding author: Zhang Zhigang, Email: zzg3444@163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the effect of lower limb neuromuscular electrical stimulation (NMES) on mechanical ventilation patients in intensive care unit (ICU). **Methods** Databases including the Cochrane Library, PubMed, Web of Science, Embase, SinoMed, CNKI, VIP and Wanfang database were searched from inception to May 2021. Randomized controlled trials (RCT) about the influence of NMES of lower limbs in patients with mechanical ventilation in ICU were collected. Routine rehabilitation measures were implemented in the control group, while the combination of routine rehabilitation and NMES on the lower limbs was implemented in the observation group. The literature screening, data extracting, and bias risk assessment of included studies were conducted independently by two reviewers. RevMan 5.3 software was used to perform Meta-analysis. Funnel plot was used to test publication bias. **Results** A total of 8 RCT were eventually enrolled. The literature quality evaluation results showed that 1 study was grade A and 7 studies were grade B, suggesting that the quality of the included literature was relatively high. The Meta-analysis results showed that NMES in the lower extremities could effectively shorten the duration of mechanical ventilation in ICU patients [standardized mean difference (SMD) = -0.51, 95% confidence interval (95%CI) was -0.72 to -0.31, $P < 0.000 01$], increase the maximum inspiratory pressure [MIP; mean difference (MD) = 14.19, 95%CI was 9.30 to 19.09, $P < 0.000 01$], and improve the functional status of critically ill patients [functional status score for ICU (FSS-ICU); MD = 10.44, 95%CI was 3.12 to 17.77, $P = 0.005$] with statistically significances. However, there were no significant advantages in increasing the Medical Research Council (MRC) score (MD = 2.13, 95%CI was -1.38 to 5.63, $P = 0.23$), reducing ICU mortality [relative risk (RR) = 0.80, 95%CI was 0.51 to 1.24, $P = 0.31$], shortening length of ICU stay (MD = -0.54, 95%CI was -3.67 to 2.59, $P = 0.74$), and the combined effect was not statistically significant. Funnel plot based on the duration of mechanical ventilation showed that the distribution of included articles was basically

symmetrical, and no publication bias was detected. **Conclusions** NMES of the lower limbs can not only shorten the ventilation duration effectively, but also improve the MIP and functional status of mechanically ventilated patients in ICU. However, it has no significant effect on the MRC score, ICU mortality and length of ICU stay of patients with mechanical ventilation. In the future, high-quality, large sample size and multi-center RCT are needed to verify the effects of NMES.

【Key words】 Neuromuscular electrical stimulation; Intensive care unit; Mechanical ventilation; ICU-acquired weakness; Meta-analysis

Fund program: Health Industry Scientific Research Project in Gansu Province of China (GSWSKY-2019-44); Gansu Provincial Educational Science and Technology Innovation Project of China (2021CXZX-159)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210628-00489

在重症监护病房(intensive care unit, ICU)接受机械通气治疗的危重患者通常会遗留很多后遗症,如 ICU 获得性衰弱综合征(intensive care unit-acquired weakness, ICU-AW)、谵妄、下肢深静脉血栓形成及生活质量降低等^[1-3]。33% 的 ICU 患者接受 7 d 或以上机械通气后出现肌无力,导致机械通气时间延长,1 年病死率增加,对患者的功能独立性损伤将持续至出院后 5 年^[4-6]。早期活动可预防危重患者发生 ICU-AW,缩短 ICU 住院时间,降低谵妄发生率,缩短恢复功能独立性的时间^[7-8]。2018 年 ICU 患者临床实践指南建议危重患者进行早期活动^[2]。然而,一些危重患者由于病情严重、精神错乱、深度镇静、昏迷等原因,无法主动参与早期康复^[9],需要通过医疗设备提供辅助。神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)通过低频脉冲电流刺激神经或骨骼肌引起肌肉被动收缩,以延缓肌肉萎缩、提高肌肉力量及治疗神经肌肉疾病^[10],其安全性已得到证实^[11-12],可应用于不能主动进行早期活动的患者。目前下肢部位 NMES 在临床应用广泛,但在 ICU 机械通气患者中的使用效果尚存在争议^[13-14]。因此,本研究采用 Meta 分析的方法评价下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者的影响,为未来将 NMES 纳入 ICU 早期康复体系提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准

1.1.1 文献纳入标准:① 研究类型:随机对照试验(randomized controlled trial, RCT),不限定分配隐藏和盲法。② 研究对象:年龄≥18 周岁的 ICU 机械通气患者。③ 干预措施:对照组实施常规康复措施,观察组在常规康复措施的基础上进行下肢部位 NMES。④ 结局指标:主要结局指标包括 MRC 肌力评估量表评分(MRC 评分)、机械通气时间以及 ICU 病死率;次要结局指标包括 ICU 住院时间、最大吸气压(maximal inspiratory pressure, MIP)、ICU 运动功能状态评分(functional status score for the ICU, FSS-ICU),有一项即可纳入。

1.1.2 文献排除标准:① 重复发表的文献。② 通过各种途径未获得全文。③ 非中英文文献。④ 干预措施为 NMES 联合其他干预措施的文献。⑤ NMES 刺激部位包括除下肢部位以外的其他部位。

1.2 文献检索策略:用计算机检索中英文数据库中有关机械通气患者行 NMES 的 RCT 研究。中文检索词:重症监护、ICU、监护室、监护病房、机械通气、人工气道、气管插管、气管切开、神经肌肉电刺激、电刺激、电肌肉刺激;检索数据库:中国生物医学文献服务系统(China Biology Medicine disc, SinoMed)、中国知网(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)、维普中文科技期刊数据库(China Science and Technology Journal Database, VIP)以及万方数据。英文检索词:intensive care units、critical illness、ICU、critical care、critically ill、mechanical ventilation、artificial airway、respiratory insufficiency、positive-pressure respiration、neuromuscular stimulation、electrostimulation、electrical stimulation、electrical muscle stimulation、neuromuscular electrical stimulation;检索数据库:Cochrane 图书馆数据库、美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、科学网(Web of Science)、荷兰医学文摘 Embase 数据库。采取主题词与自由词相结合的方式检索,并检索相关综述和纳入文献的参考文献,检索时限为建库至 2021 年 5 月。

1.3 文献筛选和资料提取:由 2 名研究者独立筛选文献、提取资料并交叉核对,遇到分歧时请第 3 名研究者仲裁。通过阅读文献题目、摘要及全文筛选文献,通过邮件、电话联系原始研究作者获取未确定但对本研究非常重要的信息。文献提取资料:① 纳入研究基本信息:研究题目、第一作者、发表时间等。② 研究对象的基本特征:年龄、性别、样本量等。③ 干预措施具体内容。④ 偏倚风险评价的主要因素。⑤ 相关结局指标及结果测量数据。

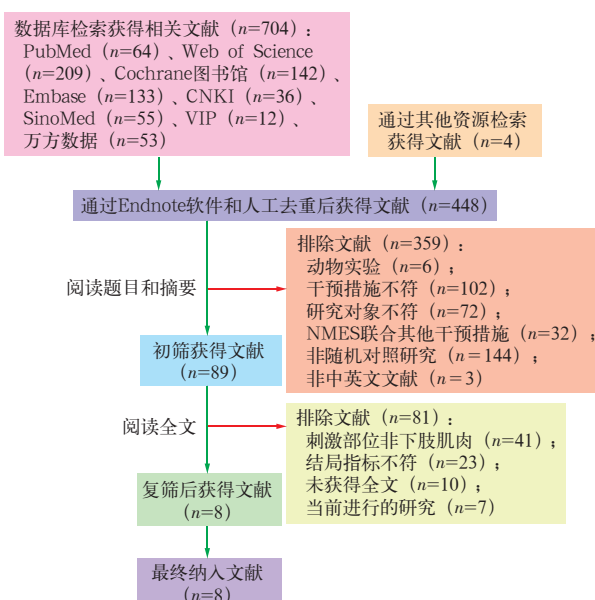
1.4 文献质量评价:由 2 名受过循证培训的研究者按照 Cochrane 工作手册 5.1.0 中针对 RCT 的偏倚风险评价工具独立评价纳入研究的偏倚风险,如意见

不统一则由第 3 名研究者参与讨论或仲裁。评价内容包括随机序列的产生、分配隐藏、参与者及研究者盲法、结果测评者盲法、结局指标完整性、选择性报道、其他偏倚来源,每项以“低偏倚风险”“不清楚”“高偏倚风险”评价。纳入研究若完全满足评价标准,则表明偏倚可能性最小,质量等级为 A 级;若部分符合质量标准,则表明偏倚可能性为中度,质量等级为 B 级;若完全不符合,则表明偏倚可能性最高,研究质量较低,质量等级为 C 级。

1.5 统计学方法:采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。计量资料以均数差(mean difference, MD)或标准化均数差(standardized mean difference, SMD)为效应统计量,计数资料以相对危险度(relative risk, RR)作为效应统计量,并计算其 95% 可信区间(95% confidence interval, 95% CI)。纳入研究结果间的异质性采用 χ^2 检验进行分析,同时结合 I^2 值定量判断异质性大小。如 $I^2 < 50\%$ 、 $P > 0.1$,则采用固定效应模型;如 $I^2 \geq 50\%$ 、 $P \leq 0.1$,则考虑研究间有异质性,在排除明显临床异质性的影响后,采用随机效应模型进行 Meta 分析。绘制漏斗图分析文献发表偏倚。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献检索结果(图 1):通过数据库初步检索获得文献 704 篇,通过其他资源补充获得文献 4 篇。经 Endnote X9 软件去重及人工去重后获得 448 篇,初步阅读题目、摘要后排除文献 359 篇;阅读全文进一步排除 81 篇,最终纳入 8 篇文献^[9, 13-19]。



注: NMES 为神经肌肉电刺激, ICU 为重症监护病房

图 1 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者影响的 Meta 分析文献筛选流程

2.2 纳入文献基本特征及方法学质量评价(表 1):纳入的 8 篇文献中仅 1 篇为中文文献^[19];文献来自 5 个不同国家,研究发表时间为 2010 至 2020 年。文献质量评价结果显示,1 项研究^[9]质量等级为 A 级,其余 7 项^[13-19]均为 B 级。所有研究均提到了研究对象的随机化,其中仅有 2 项研究^[9, 14]描述了分配隐藏;2 项研究^[9, 14]报告了盲法评估。所有纳入研究均比较了研究对象的年龄、性别、体质量指数、疾病严重程度等基线资料,结果均提示观察组与对照组的基线资料具有可比性。

表 1 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者影响的 Meta 分析纳入文献基本特征及方法学质量评价

纳入文献	国家	研究对象特征	样本量(例)		年龄(岁,均值)		干预措施		结局指标	证据等级(级)
			观察组	对照组	观察组	对照组	观察组	对照组		
Kho 等 ^[9]	美国	机械通气 ≥ 1 d	16	18	54	56	双下肢股四头肌、胫骨前肌和腓肠肌; 50 Hz, 每次 60 min	常规康复	①②③④⑤⑥	A
Abu-Khabr 等 ^[13]	埃及	机械通气 > 24 h	40	40	59.07	57.57	双下肢股四头肌; 50 Hz, 每日 1 次, 每次 1 h	常规康复	①②③	B
Silva 等 ^[14]	巴西	机械通气 > 24 h、外伤性脑损伤	30	30	33	30	双下肢股四头肌、腓肠肌、胫前肌和腓肠肌; 100 Hz, 每日 1 次, 每次 25 min, 共 14 d	常规康复	②③④	B
Koutsoumpa 等 ^[15]	希腊	机械通气 > 96 h	38	42	64	66	双下肢股四头肌; 50 Hz, 每次 1 h	常规康复	①②③④	B
Leite 等 ^[16]	巴西	机械通气 > 24 h	24	26	48.8	42.4	双下肢股四头肌; 50 Hz, 每次 45 min	常规康复	①④⑤⑥	B
Dos Santos 等 ^[17]	巴西	机械通气 < 72 h	11	15	50.2	51.8	双下肢股直肌、股外侧肌和股内侧肌; 45 Hz, 每次 55 min, 每日 2 次	常规康复	②③④	B
Routsis 等 ^[18]	希腊	机械通气	70	72	61	58	双下肢股外侧肌、股内侧肌和腓肠肌; 45 Hz, 每次 55 min	常规康复	①②④	B
孙建兰等 ^[19]	中国	机械通气	28	28	未报道		双下肢股四头肌; 按频率分为 1~10 档, 每日 2 次, 每次 30 min	常规康复	②	B

注: 纳入文献的研究设计均为随机对照试验; 对照组实施常规康复措施, 观察组在常规康复措施基础上进行下肢部位神经肌肉电刺激(NMES); 结局指标包括: ① 为 MRC 肌力评估量表评分(MRC 评分), ② 为机械通气时间, ③ 为重症监护病房(ICU)病死率, ④ 为 ICU 住院时间, ⑤ 为最大吸气压(MIP), ⑥ 为 ICU 运动功能状态评分(FSS-ICU)

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 肌力评估(图 2):有 5 项研究^[9, 13, 15-16, 18]报告了 NMES 对 MRC 评分的影响,根据异质性检验结果($I^2=54\%$, $P=0.07$)选用随机效应模型。结果显示,观察组 MRC 评分与对照组比较差异无统计学意义($MD=2.13$, $95\%CI$ 为 $-1.38 \sim 5.63$, $P=0.23$)。

2.3.2 机械通气时间(图 3):有 7 项研究^[9, 13-15, 17-19]报告了 NMES 对机械通气时间的影响,根据异质性检验结果($I^2=40\%$, $P=0.12$)选用固定效应模型。结果显示, NMES 组机械通气时间较对照组明显缩短($SMD=-0.51$, $95\%CI$ 为 $-0.72 \sim -0.31$, $P<0.000\ 01$)。

2.3.3 ICU 病死率(图 4):有 5 项研究^[9, 13-15, 17]报告了 NMES 对 ICU 病死率的影响,根据异质性检验结果($I^2=0\%$, $P=0.60$)选用固定效应模型。结果显示,观察组 ICU 病死率与对照组比较差异无统计学意义($RR=0.80$, $95\%CI$ 为 $0.51 \sim 1.24$, $P=0.31$)。

2.3.4 ICU 住院时间:表 2 显示,6 项研究^[9, 14-18]报告了 NMES 对 ICU 住院时间的影响,根据异质性检验结果($I^2=80\%$, $P=0.000\ 1$)选用随机效应模型。结果显示,观察组 ICU 住院时间与对照组比较差异无统计学意义($MD=-0.54$, $95\%CI$ 为 $-3.67 \sim 2.59$, $P=0.74$)。

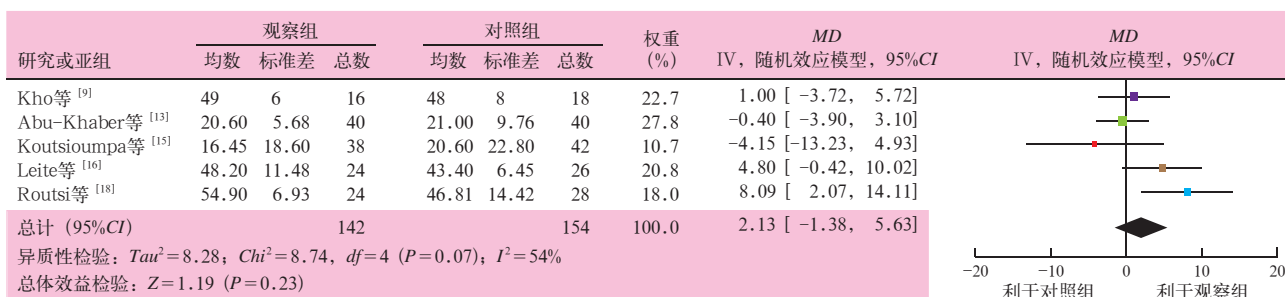


图 2 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者 MRC 评分影响的 Meta 分析

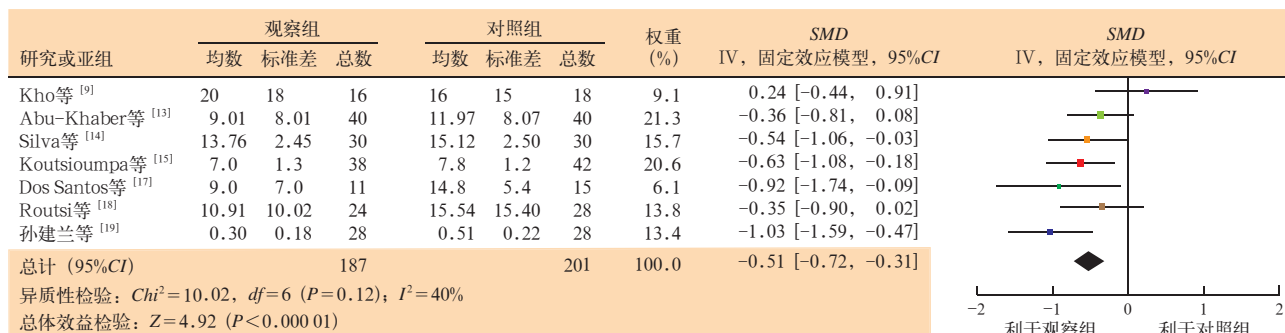


图 3 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者机械通气时间影响的 Meta 分析

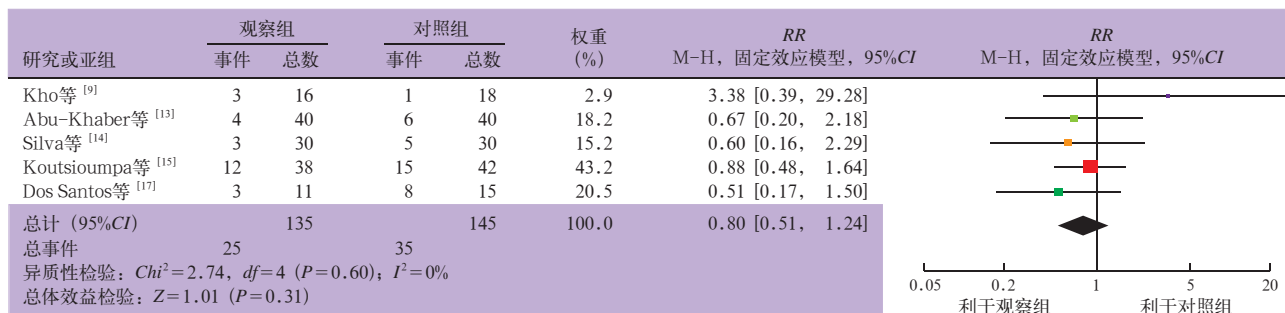


图 4 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者 ICU 病死率影响的 Meta 分析

表 2 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者次要结局指标影响的 Meta 分析

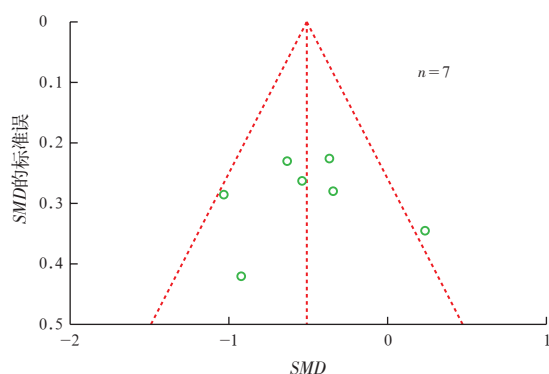
次要结局指标	文献数 (篇)	样本量 (例)		合并效应			异质性	
		观察组	对照组	MD	95%CI	P 值	I ² 值 (%)	P 值
ICU 住院时间	6	143	159	-0.54	-3.67 ~ 2.59	0.74	80	0.000 1
MIP	2	40	44	14.19	9.30 ~ 19.09	<0.000 01	0	0.65
FSS-ICU 评分	2	40	44	10.44	3.12 ~ 17.77	0.005	77	0.04

注: 对照组实施常规康复措施, 观察组在常规康复措施基础上进行下肢部位神经肌肉电刺激 (NMES); ICU 为重症监护病房, MIP 为最大吸气压, FSS-ICU 为 ICU 运动功能状态评分, MD 为均数差, 95%CI 为 95% 可信区间

由于采用随机效应模型后各研究间异质性仍较大, 因此将 6 项研究逐个剔除后进行敏感性分析, 发现 Koutsoumpa 等^[15]的研究是异质性的主要来源, 剔除该研究后异质性降低 ($I^2=0\%$, $P=0.43$), 但是结果并未发生显著变化 ($MD=-1.37$, 95%CI 为 $-2.98 \sim 0.24$, $P=0.09$), 可能存在统计学异质性, 与该研究的置信区间较小有关。

2.3.5 MIP 及 FSS-ICU 评分 (表 2): 有 2 项研究^[9,16]报告了 NMES 对 MIP 及 FSS-ICU 评分的影响, 根据异质性检验结果分别选用固定效应模型和随机效应模型。结果显示, 观察组 MIP 及 FSS-ICU 评分均较对照组明显提高 (均 $P<0.01$)。

2.3.6 文献发表偏倚 (图 5): 针对报告了机械通气时间的研究绘制漏斗图, 结果显示, 散点分布基本对称, 未检测到发表偏倚。由于该指标涉及文献数小于 10 篇, 结果可能不稳定。



注: NMES 为神经肌肉电刺激, ICU 为重症监护病房, SMD 为标准化均数差

图 5 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者机械通气时间影响的 Meta 分析纳入文献发表偏倚漏斗图

3 讨论

3.1 纳入文献的方法学质量分析: 本次 Meta 分析纳入的 8 项 RCT 研究^[9, 13-19]均提到了对研究对象的随机化; 2 项研究^[9, 14]报告了分配隐藏; 仅有 1 项研究^[9]报告了参与者及研究者盲法, 该研究将仪器振幅设定为 0 mA 对研究者施盲, 可供借鉴。

本次 Meta 分析纳入文献总体质量较高。

3.2 下肢部位 NMES 对肌力的影响: NMES 是一种不需功能锻炼即可增加膈肌负荷的方法, 可在深度镇静情况下避免呼吸肌过度卸载负荷^[20]。MIP 是最常用、无创、直接测量呼吸肌力量的敏感指标, 与膈肌力量密切相关^[21], 可评定呼吸肌收缩力异常、呼吸肌疲劳和呼吸肌病变^[22-23]。本次 Meta 分析显示, 下肢部位 NMES 能有效改善 ICU 机械通气患者呼吸肌力量、缩短机械通气时间, 与相关研究结果一致^[12,24], 说明 NMES 是一种可有效提高呼吸肌力量的早期康复方法。

本次 Meta 分析中 MRC 评分结果显示, NMES 对提高肢体肌力偏向有利结局, 但差异无统计学意义, 与张桂宁等^[11]研究结果一致, 但与刘晶涛等^[12]研究结果不同, 可能与纳入人群不同有关。本研究纳入人群为 ICU 机械通气患者, 病情较重, 治疗和护理措施较复杂, 如镇静、机械通气等均是诱发 ICU-AW 的危险因素^[25-26]; 同时, 呼吸机诱导膈肌功能障碍也可诱发 ICU-AW^[27-28]。因此, 下肢部位 NMES 维持 ICU 机械通气患者肢体肌力的效果还有待探究。

3.3 下肢部位 NMES 对预后的影响: 对于 ICU 患者, 身体功能受损是一个非常严重的问题。FSS-ICU 是为 ICU 环境开发的评分系统^[29], 准确性较高, 能精确评估 ICU 患者功能活动能力; 同时, FSS-ICU 评分在评估过程中随时间变化, 能有效预测患者出院后是否需要接受进一步治疗或临终关怀^[30]。本次 Meta 分析显示, NMES 可改善 ICU 机械通气患者运动功能状态。纳入文献中有 2 项研究^[9, 16]报告了 FSS-ICU 评分, 证明了 NMES 对提高 FSS-ICU 评分的有效性, 因此 Meta 分析结果较为可信; 然而可能由于其中 1 项研究^[9]样本量较小, 导致研究间有一定异质性。

本次 Meta 分析结果显示, NMES 不会增加机械通气患者 ICU 病死率及 ICU 住院时间, 对于降低 ICU 病死率的结果偏向有利结局, 但差异无统计学意义。因此, 目前 NMES 对于远期结局指标的影响尚不清楚, 临床疗效有待进一步验证。

3.4 局限性及启示: ① 纳入研究少且样本量偏小, 可能影响结果。② 部分研究在实施 NMES 和测量结果时未采用盲法, 可能存在一定实施偏倚和测量偏倚。③ 下肢部位 NMES 对 ICU 机械通气患者的影响及刺激的最佳策略尚不明确。未来可进一步探索如何将早期活动、床上脚踏车与下肢部位 NMES

有效结合,以提高 ICU 机械通气患者早期康复效果。

综上所述,下肢部位 NMES 可有效缩短 ICU 机械通气患者机械通气时间,提高 MIP,改善运动功能状态;而对于提高 MRC 评分、降低 ICU 病死率及缩短 ICU 住院时间未见明显优势。受纳入研究质量及样本量的限制,上述结论仍需开展更多高质量、大样本、多中心研究证实。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Fan E, Dowdy DW, Colantuoni E, et al. Physical complications in acute lung injury survivors: a two-year longitudinal prospective study [J]. Crit Care Med, 2014, 42 (4): 849–859. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000040.
- [2] Devlin JW, Skrobik Y, Gélinas C, et al. Clinical practice guidelines for the prevention and management of pain, agitation/sedation, delirium, immobility, and sleep disruption in adult patients in the ICU [J]. Crit Care Med, 2018, 46 (9): e825–e873. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003299.
- [3] 陈颖,秦贤,王敬东,等.三级医院危重症患者下肢深静脉血栓形成的危险因素分析[J].中国中西医结合急救杂志,2021,28(2):189–193. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.02.014. Chen Y, Qin X, Wang JD, et al. Analysis on risk factors of lower extremity deep venous thrombosis in critically ill patients in tertiary hospitals [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2021, 28 (2): 189–193. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.02.014.
- [4] Hough CL, Steinberg KP, Taylor Thompson B, et al. Intensive care unit-acquired neuromyopathy and corticosteroids in survivors of persistent ARDS [J]. Intensive Care Med, 2009, 35 (1): 63–68. DOI: 10.1007/s00134-008-1304-4.
- [5] Hermans G, Van Mechelen H, Clerckx B, et al. Acute outcomes and 1-year mortality of intensive care unit-acquired weakness. A cohort study and propensity-matched analysis [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2014, 190 (4): 410–420. DOI: 10.1164/rccm.201312-2257OC.
- [6] Ali NA, O'Brien JM Jr, Hoffmann SP, et al. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2008, 178 (3): 261–268. DOI: 10.1164/rccm.200712-1829OC.
- [7] Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomized controlled trial [J]. Lancet, 2009, 373 (9678): 1874–1882. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)60658-9.
- [8] Tipping CJ, Harrold M, Holland A, et al. The effects of active mobilisation and rehabilitation in ICU on mortality and function: a systematic review [J]. Intensive Care Med, 2017, 43 (2): 171–183. DOI: 10.1007/s00134-016-4612-0.
- [9] Kho ME, Truong AD, Zanni JM, et al. Neuromuscular electrical stimulation in mechanically ventilated patients: a randomized, sham-controlled pilot trial with blinded outcome assessment [J]. J Crit Care, 2015, 30 (1): 32–39. DOI: 10.1016/j.jcrc.2014.09.014.
- [10] 陈红.早期被动活动对机械通气患者 ICU 获得性虚弱的影响[D].石河子:石河子大学,2017. Chen H. Effect of early passive activity on ICU acquired weakness in patients with mechanical ventilation [D]. Shihezi: Shihezi University, 2017.
- [11] 张桂宁,杨丽,郭明娟,等.神经肌肉电刺激对 ICU 机械通气病人影响的 Meta 分析[J].护理研究,2019,33(2):187–194. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2019.02.002. Zhang GN, Yang L, Guo MJ, et al. Influence of neuromuscular electrical stimulation on mechanical ventilation in ICU patients: a Meta-analysis [J]. Chin Nurs Res, 2019, 33 (2): 187–194. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2019.02.002.
- [12] 刘晶涛,董大伟,陆巍,等.神经肌肉电刺激对 ICU 患者肌力及临床结局影响的系统评价[J].中国康复,2019,34(11):599–604. DOI: 10.3870/zgkf.2019.11.011. Liu JT, Dong DW, Lu W, et al. Influences of neuromuscular electrical stimulation on muscle strength and clinical outcomes in ICU patients: a systematic review [J]. Chin J Rehabil, 2019, 34 (11): 599–604. DOI: 10.3870/zgkf.2019.11.011.
- [13] Abu-Khabber HA, Aboulela AMZ, Abdelkarim EM. Effect of electrical muscle stimulation on prevention of ICU acquired muscle weakness and facilitating weaning from mechanical ventilation [J]. Alex J Med, 2013, 49 (4): 309–315. DOI: 10.1016/j.ajme.2013.03.011.
- [14] Silva PE, de Cássia Marqueti R, Livino-de-Carvalho K, et al. Neuromuscular electrical stimulation in critically ill traumatic brain injury patients attenuates muscle atrophy, neurophysiological disorders, and weakness: a randomized controlled trial [J]. J Intensive Care, 2019, 7: 59. DOI: 10.1186/s40560-019-0417-x.
- [15] Koutsoumpa E, Makris D, Theochari A, et al. Effect of transcutaneous electrical neuromuscular stimulation on myopathy in intensive care patients [J]. Am J Crit Care, 2018, 27 (6): 495–503. DOI: 10.4037/ajcc.2018311.
- [16] Leite MA, Osaku EF, Albert J, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation of the quadriceps and diaphragm in critically ill patients: a pilot study [J]. Crit Care Res Pract, 2018, 2018: 4298583. DOI: 10.1155/2018/4298583.
- [17] Dos Santos FV, Cipriano G Jr, Vieira L, et al. Neuromuscular electrical stimulation combined with exercise decreases duration of mechanical ventilation in ICU patients: a randomized controlled trial [J]. Physiother Theory Pract, 2020, 36 (5): 580–588. DOI: 10.1080/09593985.2018.1490363.
- [18] Routsis C, Gerovasili V, Vasileiadis I, et al. Electrical muscle stimulation prevents critical illness polyneuropathy: a randomized parallel intervention trial [J]. Crit Care, 2010, 14 (2): R74. DOI: 10.1186/cc8987.
- [19] 孙建兰,徐进步,丁玉琴.神经电刺激对 ICU 获得性衰弱的预防作用研究[J].实用临床护理学电子杂志,2016,1(11):12–13. DOI: 10.3969/j.issn.2096-2479.2016.11.008. Sun JL, Xu JB, Ding YQ. Preventive effect of nerve electrical stimulation on acquired weakness in ICU [J]. J Clin Nurs Pract, 2016, 1 (11): 12–13. DOI: 10.3969/j.issn.2096-2479.2016.11.008.
- [20] Schreiber A, Bertoni M, Goligher EC. Avoiding respiratory and peripheral muscle injury during mechanical ventilation: diaphragm-protective ventilation and early mobilization [J]. Crit Care Clin, 2018, 34 (3): 357–381. DOI: 10.1016/j.ccc.2018.03.005.
- [21] Schoser B, Fong E, Geberhiwot T, et al. Maximum inspiratory pressure as a clinically meaningful trial endpoint for neuromuscular diseases: a comprehensive review of the literature [J]. Orphanet J Rare Dis, 2017, 12 (1): 52. DOI: 10.1186/s13023-017-0598-0.
- [22] Elstathiou ID, Mavrou IP, Grigoriadis KE. Correlation between maximum inspiratory pressure and hand-grip force in healthy young and middle-age individuals [J]. Respir Care, 2016, 61 (7): 925–929. DOI: 10.4187/respcare.04319.
- [23] 王飞飞,朱晓萍,马少林.超声评估膈肌结构和功能[J].中华危重病急救医学,2017,29(3):276–280. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.03.018. Wang FF, Zhu XP, Ma SL. Ultrasonographic evaluation of diaphragm structure and function [J]. Chin Crit Care Med, 2017, 29 (3): 276–280. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.03.018.
- [24] Burke D, Gorman E, Stokes D, et al. An evaluation of neuromuscular electrical stimulation in critical care using the ICF framework: a systematic review and meta-analysis [J]. Clin Respir J, 2016, 10 (4): 407–420. DOI: 10.1111/crj.12234.
- [25] Wageck B, Nunes GS, Silva FL, et al. Application and effects of neuromuscular electrical stimulation in critically ill patients: systematic review [J]. Med Intensiva, 2014, 38 (7): 444–454. DOI: 10.1016/j.medin.2013.12.003.
- [26] 王晓敏,朱晓萍.ICU 获得性肌无力的发生和诊断及治疗[J].中华危重病急救医学,2020,32(8):1020–1024. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200709-00505. Wang XM, Zhu XP. Occurrence, diagnosis, and rehabilitation of intensive care unit-acquired weakness [J]. Chin Crit Care Med, 2020, 32 (8): 1020–1024. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200709-00505.
- [27] 李兰,吕波,张宇,等.序贯健肌操对呼吸机相关膈肌功能障碍的临床疗效[J].中国中西医结合急救杂志,2019,26(6):641–645. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.06.001. Li L, Lyu B, Zhang Y, et al. Clinical effect of sequential muscle exercise on ventilator-induced diaphragm dysfunction [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2019, 26 (6): 641–645. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.06.001.
- [28] Hermans G, Agten A, Testelmans D, et al. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study [J]. Crit Care, 2010, 14 (4): R127. DOI: 10.1186/cc9094.
- [29] Parry SM, Denehy L, Beach LJ, et al. Functional outcomes in ICU: what should we be using? An observational study [J]. Crit Care, 2015, 19 (1): 127. DOI: 10.1186/s13054-015-0829-5.
- [30] Thrush A, Rozek M, Dekkerlegand JL. The clinical utility of the functional status score for the intensive care unit (FSS-ICU) at a long-term acute care hospital: a prospective cohort study [J]. Phys Ther, 2012, 92 (12): 1536–1545. DOI: 10.2522/ptj.20110412.

(收稿日期:2021-06-28)