

• 循证医学 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.07.026

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250611.1417.010\(2025-06-11\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250611.1417.010(2025-06-11))

## ICU 机械通气患者膈肌康复的最佳证据总结

向冬<sup>1,2</sup>, 米元元<sup>1</sup>, 吴为<sup>1</sup>, 吴小杰<sup>1</sup>, 张卓雅<sup>2</sup>, 雷璐<sup>2,3</sup>, 贺远婷<sup>1,2</sup>, 黄海燕<sup>1△</sup>

(1. 华中科技大学同济医学院附属协和医院重症医学科, 武汉 430022; 2. 华中科技大学同济医学院护理学院, 武汉 430030; 3. 仙桃市第一人民医院重症医学科, 湖北仙桃 433000)

**[摘要]** **目的** 基于循证方法总结 ICU 机械通气患者发生呼吸机相关膈肌功能障碍后进行膈肌康复的最佳证据。**方法** 系统检索各指南网站、专业协会及中英文数据库中有关 ICU 机械通气患者发生呼吸机相关膈肌功能障碍后进行膈肌康复的证据, 检索时限为建库至 2024 年 12 月 31 日。由 2 名研究者独立完成质量评价并汇总整理证据。**结果** 最终纳入 20 篇文献, 包括 2 篇临床决策、1 篇指南、2 篇证据总结、3 篇系统评价、7 篇随机对照试验(RCT)、5 篇专家共识/意见, 形成包括康复团队、康复评估、康复措施、效果评价、注意事项、教育培训 6 个主题共 27 条证据。**结论** 汇总了 ICU 机械通气患者膈肌康复的最佳证据, 医护人员应结合该证据和临床具体情境开展膈肌康复, 以改善患者预后, 提高护理质量。

**[关键词]** 重症监护病房; 膈肌; 机械通气; 证据总结; 康复

**[中图分类号]** R472 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)07-1679-07

## Best evidence summary for diaphragm rehabilitation in ICU patients with mechanical ventilation

XIANG Dong<sup>1,2</sup>, MI Yuanyuan<sup>1</sup>, WU Wei<sup>1</sup>, WU Xiaojie<sup>1</sup>, ZHANG Zhuoya<sup>2</sup>,  
LEI Jun<sup>2,3</sup>, HE Yuanting<sup>1,2</sup>, HUANG Haiyan<sup>1△</sup>

(1. Department of Critical Care Medicine, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430022, China; 2. School of Nursing, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430030, China; 3. Department of Critical Care Medicine, Xiantao First People's Hospital, Xiantao, Hubei 433000, China)

**[Abstract]** **Objective** To summarize the best evidence for diaphragm rehabilitation in mechanically ventilated ICU patients with ventilator-associated diaphragm dysfunction based on evidence-based methods. **Methods** A systematic search was conducted across guideline websites, professional associations, and Chinese/English databases for evidence regarding diaphragm rehabilitation in mechanically ventilated ICU patients. The search timeframe spanned from database inception to December 31, 2024. Two researchers independently performed quality assessment and synthesized the evidence. **Results** Twenty articles were included: 2 clinical decisions, 1 guideline, 2 evidence summaries, 3 systematic reviews, 7 randomized controlled trials (RCT), and 5 expert consensus/opinions. Twenty-seven pieces of evidence were formed across 6 themes: rehabilitation team, rehabilitation assessment, rehabilitation interventions, outcome evaluation, precautions, and education/training. **Conclusion** This study summarizes the best evidence for diaphragm rehabilitation in ICU mechanically ventilated patients. Healthcare professionals should implement diaphragm rehabilitation by integrating this evidence with specific clinical contexts to improve patient outcomes and enhance nursing quality.

**[Key words]** intensive care units; diaphragm; mechanical ventilation; evidence summary; rehabilitation

机械通气是重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者重要的呼吸治疗手段<sup>[1]</sup>, 但会快速引起膈肌肌力及耐力下降, 膈肌结构发生损伤及萎缩, 进而导致脱机失败, 这种情况即呼吸机相关膈肌功能障碍

(ventilator-induced diaphragmatic dysfunction, VIDD)<sup>[2]</sup>。VIDD 出现在机械通气早期( $\geq 18$  h), 且随机械通气持续时间而进行性加重<sup>[3-4]</sup>, 63% 的危重患者在脱机时存在 VIDD<sup>[5]</sup>。作为主要的吸气肌, 膈

△ 通信作者, E-mail: xhicuhhy@163.com。

肌在危重症患者脱机过程中扮演重要角色<sup>[6]</sup>。VIDD 是 ICU 患者脱机困难的重要危险因素,与机械通气时间、ICU 住院时间增加,住院死亡率升高等不良临床结局密切相关<sup>[5,7-8]</sup>。VIDD 目前缺乏有效的防治手段,康复干预能改善患者的膈肌功能、呼吸功能,促进患者脱机,改善患者预后<sup>[9-12]</sup>,但膈肌康复的实践证据较分散,缺乏聚焦提炼,不利于临床实践指导,故本研究总结了 ICU 机械通气患者膈肌康复的最佳证据,以期临床开展膈肌康复提供循证依据。

### 1 资料与方法

#### 1.1 确定循证问题

采用 PIPOST 工具<sup>[13]</sup>建立循证问题。(1)证据应用人群(population):年龄≥18 周岁的 ICU 机械通气患者;(2)干预措施(intervention):包括膈肌功能评估及康复干预方法,如膈神经刺激、呼吸训练、早期活动等;(3)应用证据专业人员(professional):重症医学科相关医护人员;(4)结局(outcome):膈肌功能、VIDD 发生率、机械通气时间、ICU 住院时间等;(5)证据应用场所(setting):重症监护病房;(6)证据类型(type of evidence):临床决策、证据总结、指南、系统评价、随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)、专家共识/意见。本研究已在复旦大学循证护理中心完成注册(注册号:ES20246462)。

#### 1.2 检索策略

基于证据金字塔“5S”模型<sup>[14]</sup>依次检索:UpTo-Date、BMJ Best Practice、医脉通、国际指南协作网(Guidelines International Network,GIN)、苏格兰国际指南网(Scottish Intercollegiate Guidelines Network, SIGN)、英国国家卫生与临床优化研究所网站(National Institute for Health and Clinical Excellence, NICE)、美国重症医学学会(Society of Critical Care Medicine, SCCM)、欧洲呼吸学会(European Respiratory Society, ERS)、JBI 循证卫生保健中心数据库、PubMed、Cochrane Library、Embase、CINAHL、Web of Science、中国知网、万方、中国生物医学文献数据库(China Biology Medicine, CMB)。英文数据库以“intensive care units”“respiration, artificial/ mechanical ventilation”“ventilator-induced diaphragmatic dysfunction/diaphragm/respiratory muscle/inspiratory muscle”为关键词,中文数据库以“重症监护室/ICU”“机械通气/呼吸机/有创通气/气管插管”“膈肌功能/膈肌/吸气肌/呼吸肌”为关键词,检索时主题词与自由词结合构成检索式。检索时限为建库至 2024 年 12 月 31 日。

#### 1.3 文献纳入与排除标准

纳入标准:(1)研究对象为成人 ICU 机械通气患者;(2)内容涉及膈肌功能评估、康复干预的研究;(3)研究类型为临床实践指南、临床决策、证据总结、系统评价、专家共识、随机对照试验(randomized con-

trolled trial, RCT)。排除标准:(1)研究重复发表;(2)非中英文文献;(3)文献信息不完整、无全文;(4)质量评级较低的文献。

#### 1.4 文献质量评价

2 名经过系统循证培训的护理学硕士根据临床指南研究与评价系统(appraisal of guidelines for research and evaluation, AGREE)Ⅱ独立评价指南,按 1~7 分对 23 个条目进行量化,6 个领域的得分通过将该领域内条目得分相加后进行标准化处理得出<sup>[15]</sup>。系统评价、RCT、专家共识/意见基于 JBI 对应的标准进行评价<sup>[16]</sup>。临床决策、证据总结要求对证据内容进行溯源,根据原始文献进行质量评价。评价过程中,若 2 名研究者出现意见分歧,将寻求第 3 位研究者的意见。

#### 1.5 证据提取、整合与评级

由 2 名研究者各自从纳入的文献中提取并汇总证据,第 3 名研究者负责检查核对。在汇总证据时,若来源不同的证据能够相互印证或补充时,依据语言逻辑关系进行整合;若不同来源的证据存在矛盾,则优先采纳等级高、质量高、最新发表的证据。依据 JBI 证据分级(2014 版)将证据分为 1~5 级<sup>[17]</sup>。当研究者意见不一致时,通过双方协商或咨询第 3 位研究者达成一致结论。

### 2 结 果

#### 2.1 纳入文献的一般特征

本研究纳入 20 篇文献,包括 2 篇临床决策<sup>[18-19]</sup>, 1 篇指南<sup>[20]</sup>, 2 篇证据总结<sup>[21-22]</sup>, 3 篇系统评价<sup>[23-25]</sup>, 7 篇 RCT<sup>[26-32]</sup>, 5 篇专家共识/意见<sup>[33-37]</sup>,文献筛选流程图 1,纳入文献的一般特征见表 1。

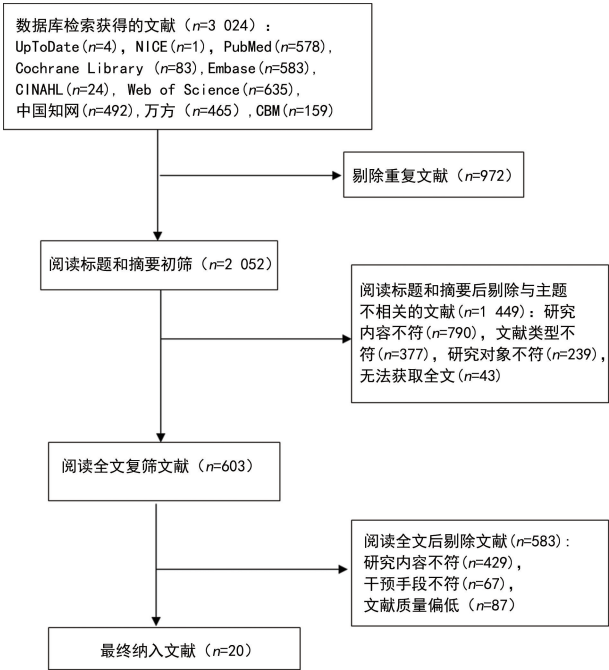


图 1 文献筛选流程图

#### 2.2 纳入文献的质量评价

##### 2.2.1 指南的质量评价

本研究共纳入 1 篇指南<sup>[20]</sup>来源于中国知网,范围和目的、参与人员、严谨性、清晰性、适用性、独立性 6 个领域标准化百分比分别为 83.33%、77.78%、70.83%、94.44%、58.33%、91.67%,推荐级别为 B。

表 1 纳入文献的一般特征(*n* = 20)

纳入文献	年份	文献来源	文献类型	主题
MARION <sup>[18]</sup>	2023 年	UpToDate	临床决策	膈肌起搏患者的选择、评估、植入和并发症发生情况
EPSTEIN <sup>[19]</sup>	2024 年	UpToDate	临床决策	ICU 中成人患者脱机困难的管理
中国医师协会呼吸医师分会等 <sup>[20]</sup>	2021 年	万方	指南	中国慢性呼吸道疾病呼吸康复管理
唐志红等 <sup>[21]</sup>	2023 年	中国知网	证据总结	ICU 机械通气患者胸部物理治疗最佳证据总结
杨芸晶等 <sup>[22]</sup>	2023 年	中国知网	证据总结	撤机困难患者吸气肌训练的最佳证据总结
PANELLI 等 <sup>[23]</sup>	2023 年	PubMed	系统评价	膈肌刺激对 VIDD 重症患者的疗效
孙烯辉等 <sup>[24]</sup>	2019 年	中国知网	系统评价	机械通气患者胸部物理治疗效果
吴雨晨等 <sup>[25]</sup>	2019 年	中国知网	系统评价	阈值负荷吸气肌训练对呼吸肌功能影响
关春婷等 <sup>[26]</sup>	2024 年	万方	RCT	悬吊运动治疗对机械通气患者 VIDD 干预效果
刘秀等 <sup>[27]</sup>	2023 年	中国知网	RCT	ICU 机械通气患者膈肌锻炼方案的构建及应用
HEBERT 等 <sup>[28]</sup>	2023 年	PubMed	RCT	经皮膈肌电刺激对危重老年患者的影响
DRES 等 <sup>[29]</sup>	2022 年	PubMed	RCT	临时经静脉膈神经刺激对脱机困难患者的影响
吴月红等 <sup>[30]</sup>	2022 年	中国知网	RCT	体外膈肌起搏预防无创机械通气患者 VIDD
DONG 等 <sup>[31]</sup>	2021 年	PubMed	RCT	早期康复缓解长期机械通气引起 VIDD
杨圣强等 <sup>[32]</sup>	2018 年	万方	RCT	早期活动对机械通气膈肌功能的影响
HAAKSMA 等 <sup>[33]</sup>	2022 年	PubMed	专家共识	ICU 中膈肌超声参数测量
BISSETT 等 <sup>[34]</sup>	2019 年	PubMed	专家意见	ICU 中患者的吸气肌训练
倪莹莹等 <sup>[35]</sup>	2018 年	中国知网	专家共识	神经重症康复
武亮等 <sup>[36]</sup>	2018 年	中国知网	专家共识	中国呼吸重症康复治疗技术
王秋雁等 <sup>[37]</sup>	2017 年	中国知网	专家共识	浙江省重症康复

2.2.2 系统评价的质量评价

本研究共纳入 3 篇系统评价,1 篇<sup>[23]</sup>来源于 PubMed,1 篇<sup>[24]</sup>来源于证据总结中证据对应的原始文献<sup>[21]</sup>,1 篇<sup>[25]</sup>来源于中国知网。1 篇<sup>[23]</sup>在条目 4“检索文献的数据库或资源是否充分”和条目 9“是否评估了发表偏倚的可能性”的评价为“否”,条目 8“合并研究的

方法是否恰当”的评价为“不适用”,其余条目的评价为“是”;其余 2 篇系统评价所有条目的评价为“是”。

2.2.3 RCT 的质量评价

本研究共纳入 7 篇 RCT,2 篇<sup>[26,32]</sup>来源于万方,3 篇<sup>[28-29,31]</sup>来源于 PubMed,2 篇<sup>[27,30]</sup>来源于中国知网。评价结果见表 2。

表 2 质量评价结果

纳入文献	关春婷等 <sup>[26]</sup>	刘秀等 <sup>[27]</sup>	HEBERT 等 <sup>[28]</sup>	DRES 等 <sup>[29]</sup>	吴月红等 <sup>[30]</sup>	DONG 等 <sup>[31]</sup>	杨圣强等 <sup>[32]</sup>
1. 是否对研究对象真正采用了随机分组的方法	是	是	是	是	是	是	是
2. 是否做到了分配隐藏	不清楚	不清楚	不清楚	是	否	不清楚	不清楚
3. 组间基线是否具有可比性	是	是	是	是	是	是	是
4. 是否对研究对象实施了盲法	不清楚	是	不清楚	否	不清楚	不清楚	不清楚
5. 是否对干预者实施了盲法	不清楚	否	不清楚	否	不清楚	不清楚	不清楚
6. 是否对结果测评者实施了盲法	不清楚	否	不清楚	是	不清楚	不清楚	不清楚
7. 除了要验证的干预措施外,各组接受的其他措施是否相同	是	是	是	是	是	是	是
8. 随访是否完整,如果不完整,是否采取措施处理失访	是	是	是	是	是	是	是
9. 是否将所有随机分配的研究对象纳入结果分析	是	是	是	是	是	是	是

续表 2 质量评价结果							
纳入文献	关春婷等 <sup>[26]</sup>	刘秀等 <sup>[27]</sup>	HEBERT 等 <sup>[28]</sup>	DRES 等 <sup>[29]</sup>	吴月红等 <sup>[30]</sup>	DONG 等 <sup>[31]</sup>	杨圣强等 <sup>[32]</sup>
10. 是否采用相同的方式对各组研究对象的结局指标进行测评	是	是	是	是	是	是	是
11. 结局指标的测评方法是否可信	是	是	是	是	是	是	是
12. 资料分析方法是否恰当	是	是	是	是	是	是	是
13. 研究设计是否合理,在实施研究和资料分析过程中是否有不同于标准 RCT 之处	是	是	是	是	是	是	是

2.2.4 类试验的质量评价

本研究评价的 2 篇类试验<sup>[38-39]</sup>分别来源于临床决策<sup>[18-19]</sup>,1 篇<sup>[38]</sup>所有条目评定结果为“是”;1 篇<sup>[39]</sup>在条目 2“组间资料是否具有可比性”和条目 3“除了要验证的干预措施外,各组接受的其他措施是否相同”的评价为“不适用”,条目 4“是否设立了对照组”和条目 5“是否在干预前、后对结局指标实施多元化的测量”的评价为“否”,其他条目的评价为“是”。

2.2.5 专家共识/意见的质量评价

本研究共纳入 4 篇专家共识,1 篇专家意见,2

篇<sup>[33-34]</sup>来源于 PubMed,2 篇<sup>[35-36]</sup>来源于证据总结中证据对应的原始文献<sup>[22]</sup>,1 篇<sup>[37]</sup>来源于中国知网。评价结果显示,5 篇专家共识/意见<sup>[33-37]</sup>的条目 6“观点与以往文献是否有不一致的地方”的评价为“不清楚”,其余条目的评价为“是”。

2.3 证据汇总

通过对证据的整理和分析,形成包括康复团队、康复评估、康复措施、效果评价、注意事项、教育培训 6 个主题共 27 条证据,见表 3。

表 3 ICU 机械通气患者膈肌康复的最佳证据总结		
类别	证据内容	证据级别
康复团队	1. 建议采取“多学科协作临床康复一体化”康复模式 <sup>[36]</sup>	5b
	2. 建议由 ICU 医师或呼吸科医师、康复治疗医师、物理治疗师、护士组建多学科团队实施膈肌康复 <sup>[34,36-37]</sup>	5b
康复评估	3. 通过询问病史、体格检查进行初始评估 <sup>[20]</sup>	5b
	4. 患者入住 ICU 的 24 h 内综合评估患者病情、意识状态,评估内容包括循环、呼吸、神经系统情况 <sup>[26-27,30-31,34,36]</sup>	1c
	5. 禁忌证包括但不限于:疾病终末期,不稳定的骨折,深静脉血栓形成,神经肌肉疾病,膈肌麻痹,气胸,金属植入物,胸腹部有伤口、引流管、皮肤不完整,妊娠或哺乳期,神经肌肉阻滞剂 <sup>[27,29-32]</sup>	1c
	6. 使用最大吸气压、最大呼气压评估呼吸肌力量,判断患者能否耐受康复训练 <sup>[20,36]</sup>	5b
	7. 建议使用 Richmond 躁动-镇静量表或格拉斯哥昏迷评分评估精神状态和意识水平 <sup>[26,30,34]</sup>	1c
康复措施	8. 启动标准:心率为 40~120 次/min;收缩压为 90~180 mmHg,舒张压≤110 mmHg,平均动脉压为 65~100 mmHg 或以低剂量血管活性药物维持血压;呼吸频率为 5~25 次/min;血氧饱和度≥90%;呼气末正压≤10 cmH <sub>2</sub> O <sup>[27,36]</sup>	5b
	9. 建议每 24 小时评估 1 次 <sup>[31]</sup>	1c
	10. 建议根据患者病情、意识、配合程度等因素选择个体化的康复干预 <sup>[27,37]</sup>	1c
	11. 建议对意识障碍患者使用以下手法干预:膈肌松解术、手动膈肌释放术、膈肌拉伸术 <sup>[27,36]</sup>	1c
	12. 对于神志清楚、情绪稳定的患者,建议指导其进行腹式呼吸、缩唇呼吸、负重抗阻训练 <sup>[22,27,35]</sup>	1c
	13. 推荐高强度间歇吸气肌训练,训练频率为每周至少 4~5 次,每次 30 min 或分 2 次每次 15 min,初始负荷为 30%~50%最大吸气压,每 1~2 天增加 1~2 cmH <sub>2</sub> O <sup>[20,34,36]</sup>	1c
	14. 建议在物理治疗师的监督下,使用呼吸训练器进行吸气肌训练 <sup>[20,25,34]</sup>	5b
	15. 建议借助体外膈肌起搏器等从体表刺激膈神经,频率为 40 Hz,每天 2 次,每次 20 min <sup>[18,23,28,30]</sup>	1c
	16. 经静脉刺激膈神经缺乏证据支持,不推荐临床使用 <sup>[29]</sup>	1c
	17. 建议根据患者意识、运动反应进行分级早期活动:翻身、良肢位摆放、床上-床沿-轮椅坐位训练、站立、行走 <sup>[31-32,37]</sup>	1c
	18. 当肌力≥4 级时,可借助助行器或轮椅在室内步行锻炼下肢功能 <sup>[32]</sup>	1c
	19. 建议借助牵引床架、非弹力吊带进行悬吊运动,每天 2 次,每次 15~20 min <sup>[26]</sup>	1c



续表 3 ICU 机械通气患者膈肌康复的最佳证据总结

类别	证据内容	证据级别
效果评价	20. 评价患者膈肌功能:(1)膈肌超声,可观察膈肌的形态、厚度、运动幅度等,膈肌厚度较基线下降 $\geq 10\%$ 提示膈肌萎缩;(2)跨膈压,间接反映膈肌功能 <sup>[20,26-33,36]</sup>	5b
	21. 评价呼吸功能:氧合指数、浅快呼吸指数、血气分析 <sup>[26,30]</sup>	1c
	22. 脱机成功率、机械通气时间、ICU 住院时间 <sup>[26-29,31]</sup>	1c
	23. 建议使用 Borg 量表、膈肌肌电图对呼吸肌疲乏程度进行评估 <sup>[20,36]</sup>	5b
注意事项	24. 康复过程中密切监测和记录患者生命体征和呼吸机参数,出现以下任何一项时,立即停止康复:心率和/或血压波动 $>20\%$ ;呼吸频率 $<5$ 次/min 或 $>25$ 次/min;血氧饱和度持续降低且 $<90\%$ ;发生严重心律失常、胸闷憋气、嘴唇发绀、气胸、躁动 <sup>[26,30,34]</sup>	1c
	25. 机械通气患者脱机期间有中等至大量胸腔积液,应及时引流 <sup>[19]</sup>	2c
教育培训	26. 建议对患者及家属提供健康教育,增加对康复的主动性和信心 <sup>[35]</sup>	5b
	27. 通过讲授、现场示教、观看视频等方式进行规范化培训,培训内容包括各康复措施治疗流程、风险防范和操作规范 <sup>[26,30,36]</sup>	1c

1 cmH<sub>2</sub>O=0. 098 kPa,1 mmHg=0. 133 kPa。

3 讨 论

证据 1~2 指出,应组建多学科团队为 ICU 机械通气患者实施膈肌康复。在康复干预的实施人员方面,国外以物理治疗师、康复治疗师为主,国内相关资源缺乏且分配不均,临床护士对 VIDD 的认知不足,行为也有待加强,限制了其在临床中开展膈肌康复工作<sup>[40]</sup>。在充分考虑到国内特殊的实际临床环境后,建议组建包括医生、康复治疗师、物理治疗师、护士等在内的多学科团队,鼓励各成员根据其理论知识、技能和决策权在膈肌康复中承担不同的角色,相互补充,提高康复干预各环节的协同性及有效性,为患者提供更高质量的护理服务。董旭等<sup>[41]</sup>通过引入多准则决策分析,赋予医生、护士、康复治疗师不同的权重参与到康复干预方法的决策中,有效避免了因个人知识局限、主观偏见带来的影响,可获得科学、客观、优化的干预方案。在以护士为主导的康复团队中,经过康复治疗师的培训后,护士能承担四肢肌力训练、体外膈肌起搏、吸气肌训练等工作,充分体现了护士的临床价值<sup>[42]</sup>。但我国目前尚缺乏膈肌康复多学科团队建设的具体流程及共识,且需进一步明确团队成员职责及细化分工、加强团队成员之间的沟通协作。

证据 3~9 强调,应结合多种方式评估并在整个康复过程中持续动态进行。机械通气患者的膈肌功能变化迅速,膈肌厚度在机械通气 24 h 内减少 9%,48 h 内减少 20%,72 h 内减少 26%<sup>[43]</sup>。因此,医护人员应在患者入住 ICU 的 24 h 内尽早进行全面评估,以便及时识别符合康复干预标准的患者,实施强度适宜、内容合理的膈肌康复<sup>[31,36]</sup>。同时,评估应贯穿整个康复过程,持续动态进行,每 24 小时重新评估 1 次,动态调整康复干预内容及强度,及时处理康复过程中可能出现的血氧饱和度骤降、心动过速等不良事

件,保障患者安全<sup>[27,29]</sup>。此外,在康复过程中重视患者对康复训练的耐受程度,鼓励患者积极表达呼吸困难、电刺激相关疼痛等感受,并注意识别呼吸肌疲乏。基于此,建议医护人员结合客观评估结果和患者的主观表达,全面进行动态评估,促进膈肌康复的有效实施。

证据 10~19 总结了目前的膈肌康复措施,应根据患者病情、意识状态及配合程度实施个体化的康复方案。对证据内容进行分析,发现目前膈肌康复措施种类多样,各具特点。在实施吸气肌训练过程中,可借助呼吸训练器根据患者的呼吸肌功能调整训练阈值,提供更具针对性的训练,从而提高干预效果<sup>[25]</sup>。体外膈肌起搏时,膈肌能够产生持续而有节律的收缩,模拟生理模式下的呼吸运动,是一种被动膈肌锻炼方法。不同患者对刺激强度的耐受性差异较大,因此在干预过程中,刺激强度应以患者无疼痛及其他不良反应为宜<sup>[30]</sup>。在患者昏迷阶段即可启动 0~5 级的早期活动干预,逐步改善 ICU 患者因长期卧床和制动状态而导致的肌肉质量降低和膈肌功能不良<sup>[31]</sup>。临床应该根据患者病情及意愿,参考现有研究中的康复训练,依据其可行性、有效性及临床意义,同时考虑科室资源、时间和技术等方面的限制,制订科学、合理、个体化的膈肌康复方案。此外,未来研究应进一步探索多种康复方法的联合应用,以优化干预效果并推动膈肌康复的标准化发展。

证据 20~23 总结了膈肌康复效果评价相关内容,通过对膈肌功能、呼吸功能的评价,可判断患者的康复训练效果,并动态调整康复方案。跨膈压是腹内压和胸膜腔内压的差值,可间接反映膈肌功能。膈肌超声可实时评估膈肌厚度、膈肌增厚分数、膈肌移动度,以此评价膈肌功能。在康复过程中,每天可通过

床旁超声记录膈肌厚度,将数据整理成记录单,便于及时评估、分析干预效果并做出调整。此外,医护人员、患者及家属还可以共同了解康复进展并参与监督,增强患者主动参与锻炼的意识<sup>[44]</sup>。VIDD 是脱机失败的主要危险因素,膈肌功能的改善与脱机成功密切相关<sup>[45]</sup>,以脱机、拔管作为结局指标能客观反映干预的临床效果。但膈肌功能康复是一个漫长的过程,即使完全脱机、拔管,仍有 37% 的危重症患者存在 VIDD<sup>[45]</sup>,需持续追踪和报道患者脱机及拔管后的生活质量、生存时间,关注膈肌康复的远期效果。

证据 24~27 是膈肌康复的注意事项、教育培训方面的内容。提高医护人员膈肌康复相关知识,加强对患者及家属的健康教育是膈肌康复实践的重要保障。患者充分了解膈肌康复干预的内容及预期效果有助于提高其依从性,当患者意识清醒后,可开展健康教育,鼓励其主动参与训练,并重视其在康复过程中的主观体验,帮助其消除悲观、消极等负面情绪,增强自信心。有研究指出,负责膈肌超声监测的护士应取得重症超声培训证书,以确保专业性和准确性<sup>[46]</sup>,临床护士在膈肌康复评估流程、指导患者膈肌锻炼等方面缺乏科学指导及培训<sup>[40]</sup>。因此,有必要对临床护士进行系统的膈肌康复培训,提升其专业认知和操作能力,从而更好地将科学证据应用于临床实践。

综上所述,本研究汇总了 ICU 机械通气患者膈肌康复的最佳证据,从康复团队、康复评估、康复措施、效果评价、注意事项、教育培训 6 个方面得到 27 条证据,可为临床实践提供全面、系统的康复训练指导和规范,从而推动膈肌康复的积极开展。后续团队将充分调研审查现阶段下膈肌康复训练的情况,分析证据转化过程中的障碍因素和促进因素,开展循证实践研究。

## 参考文献

- [1] POWERS S K. Ventilator-induced diaphragm dysfunction: phenomenology and mechanism (s) of pathogenesis[J]. J Physiol, 2024, 602(19):4729-4752.
- [2] LIU Y Y, LI L F. Ventilator-induced diaphragm dysfunction in critical illness[J]. Exp Biol Med, 2018, 243(17):1331-1339.
- [3] JABER S, PETROF B J, JUNG B, et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2011, 183(3):364-371.
- [4] 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.
- [5] DRES M, DUBE B P, MAYAUX J, et al. Coexistence and impact of limb muscle and diaphragm weakness at time of liberation from mechanical ventilation in medical intensive care unit patients[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(1):57-66.
- [6] BUREAU C, VAN HOLLEBEKE M, DRES M. Managing respiratory muscle weakness during weaning from invasive ventilation[J]. Eur Respir Rev, 2023, 32(168):220205.
- [7] GOLIGHER E C, DRES M, FAN E, et al. Mechanical ventilation-induced diaphragm atrophy strongly impacts clinical outcomes[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2018, 197(2):204-213.
- [8] SKLAR M C, DRES M, FAN E, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill adults[J]. JAMA Netw Open, 2020, 3(2):e1921520.
- [9] 吉莉, 吴慧, 景晨阳, 等. ICU 机械通气患者膈肌功能管理的研究进展[J]. 中华急危重症护理杂志, 2024, 5(3):283-288.
- [10] 万娜, 赵宇, 张春艳, 等. 心脏手术后膈肌功能障碍致困难撤机患者的康复护理[J]. 护理学杂志, 2022, 37(4):78-80.
- [11] 应唯楠, 伍慧珊, 周银超, 等. 呼吸机相关性膈肌功能障碍的研究进展[J]. 现代实用医学, 2024, 36(3):409-413.
- [12] 刘滨滨, 吴华炼, 郑秀丹, 等. 危重症患者呼吸机相关膈肌功能障碍现状及预防的研究进展[J]. 护士进修杂志, 2023, 38(10):881-885.
- [13] 朱政, 胡雁, 周英凤, 等. 推动证据向临床转化(三)研究的选题和问题构建[J]. 护士进修杂志, 2020, 35(9):796-799.
- [14] 邢唯杰, 周英凤, 朱政, 等. 证据金字塔的发展:从“6S”模型到“5S”模型[J]. 护士进修杂志, 2024, 39(12):1-7.
- [15] 周芬, 郝玉芳, 丛雪, 等. 指南研究与评价工具 AGREE II 及各领域分值的补充解释及思考[J]. 护理学报, 2018, 25(18):56-58.
- [16] 朱政, 胡雁, 周英凤, 等. 推动证据向临床转化(五)证据临床转化研究中的文献质量评价[J]. 护士进修杂志, 2020, 35(11):996-1000.
- [17] 王春青, 胡雁. JBI 证据预分级及证据推荐级别系统(2014 版)[J]. 护士进修杂志, 2015, 30(11):964-967.
- [18] MARION W D. Pacing the diaphragm: patient

- selection, evaluation, implantation, and complications-UpToDate[EB/OL]. [2023-11-07]. <https://sso.uptodate.com/contents/pacing-the-diaphragm-patient-selection-evaluation-implantation-and-complications>.
- [19] EPSTEIN S K. Management of the difficult-to-liberate adult patient in the intensive care unit-UpToDate[EB/OL]. [2024-07-15]. <https://sso.uptodate.com/contents/management-of-the-difficult-to-liberate-adult-patient-in-the-intensive-care-unit>.
- [20] 中国医师协会呼吸医师分会, 中华医学会呼吸病学分会, 中国康复医学会呼吸康复专业委员会, 等. 中国慢性呼吸道疾病呼吸康复管理指南(2021 年)[J]. 中华健康管理学杂志, 2021, 15(6):521-538.
- [21] 唐志红, 范美龄, 李霞, 等. ICU 机械通气患者胸部物理治疗的最佳证据总结[J]. 现代临床护理, 2023, 22(9):16-24.
- [22] 杨荟晶, 吕慧颐, 杜婧, 等. 撤机困难病人吸气肌训练的最佳证据总结[J]. 护理研究, 2023, 37(18):3287-3292.
- [23] PANELLI A, GRUNOW J J, VERFUSS M A, et al. Outcomes in critically ill patients after diaphragmatic stimulation on ventilator-induced diaphragmatic dysfunction; a systematic review[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2023, 59(6):772-781.
- [24] 孙焱辉, 杨丽, 黄德斌, 等. 机械通气患者胸部物理治疗效果的 Meta 分析[J]. 护理学报, 2019, 26(17):31-36.
- [25] 吴雨晨, 丁楠楠, 姜变通, 等. 阈值负荷吸气肌训练对呼吸肌功能影响的 Meta 分析[J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(10):1150-1161.
- [26] 关春婷, 欧康丽. 悬吊运动治疗对机械通气患者呼吸机相关膈肌功能障碍的干预效果[J]. 中国实用护理杂志, 2024, 40(6):407-413.
- [27] 刘秀, 刘滨滨, 权明桃, 等. ICU 机械通气患者膈肌锻炼方案的构建及应用研究[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(3):261-267.
- [28] HEBERT O J, GUSTAVO B C, JULIA A M, et al. Effects of transcutaneous electrical diaphragmatic stimulation in critically ill elderly patients: a randomized controlled trial[J]. Physiother Theory Pract, 2024, 40(12):2754-2763.
- [29] DRES M, DE ABREU M G, MERDJI H, et al. Randomized clinical study of temporary transvenous phrenic nerve stimulation in difficult-to-wean patients[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2022, 205(10):1169-1178.
- [30] 吴月红, 梁红霞, 席芳, 等. 体外膈肌起搏预防无创机械通气患者膈肌功能障碍的效果研究[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(9):1029-1034.
- [31] DONG Z, LIU Y, GAI Y, et al. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation; a randomised control study[J]. BMC Pulm Med, 2021, 21(1):106.
- [32] 杨圣强, 刘景刚, 杨文宝, 等. 早期活动对机械通气患者膈肌功能的影响: 一项前瞻性随机对照研究[J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30(2):112-116.
- [33] HAAKSMA M E, SMIT J M, BOUSSUGES A, et al. expert consensus on diaphragm ultrasonography in the critically ill (EXODUS): a delphi consensus statement on the measurement of diaphragm ultrasound-derived parameters in a critical care setting[J]. Crit Care, 2022, 26(1):99.
- [34] BISSETT B, LEDITSCHKE I A, GREEN M, et al. Inspiratory muscle training for intensive care patients: a multidisciplinary practical guide for clinicians[J]. Aust Crit Care, 2019, 32(3):249-255.
- [35] 倪莹莹, 王首红, 宋为群, 等. 神经重症康复中国专家共识(上)[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(1):7-14.
- [36] 武亮, 郭琪, 胡菱, 等. 中国呼吸重症康复治疗技术专家共识[J]. 中国老年保健医学, 2018, 16(5):3-11.
- [37] 王秋雁, 边仁秀, 戎军, 等. 浙江省重症康复专家共识[J]. 浙江医学, 2017, 39(24):2191-2196.
- [38] REYNOLDS S, EBNER A, MEFFEN T, et al. Diaphragm activation in ventilated patients using a novel transvenous phrenic nerve pacing catheter[J]. Crit Care Med, 2017, 45(7):691-694.
- [39] UMBRELLO M, MISTRALETTI G, GALIMBERTI A, et al. Drainage of pleural effusion improves diaphragmatic function in mechanically ventilated patients[J]. Crit Care Resusc, 2017, 19(1):64-70.
- [40] 陈一媛, 林敏, 黄美春, 等. 福建省 ICU 护士对呼吸机相关性膈肌功能障碍护理知信行的现状调查[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(7):841-845.
- [41] 董旭, 冯涛, 古建军. 多准则决策分析应用于膈肌功能障碍患者集束化治疗的效果观察[J]. 宁夏医学杂志, 2022, 44(5):442-445. (下转第 1692 页)