

## • 论著 •

## 机械通气患者膈肌功能锻炼的最佳证据总结

井杰 常晓未 罗红波 赵明曦 蔡宝祥 李尊柱

中国医学科学院北京协和医院重症医学科, 北京 100730

通信作者: 李尊柱, Email: 18612671363@163.com

**【摘要】 目的** 总结机械通气患者膈肌功能锻炼的相关证据,为临床实践提供参考依据。**方法** 系统检索 UpToDate、美国国立指南网(NGC)、加拿大安大略注册护士协会(RNAO)、护理和辅助医学文献累积索引(CINAHL)、Cochrane 图书馆、美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、科学网(Web of Science)以及中国知网、万方数据、维普、医脉通中关于机械通气患者膈肌功能锻炼的相关证据,检索时限为建库至 2024 年 12 月 31 日。纳入证据类型包括指南、临床决策、专家共识、系统评价、Meta 分析和随机对照试验(RCT)。由 2 名研究者独立进行文献检索、筛选与评价、证据提取和整合。**结果** 共纳入 16 篇文献,包括 1 篇指南、1 篇临床决策、2 篇专家共识、4 篇系统评价、3 篇 Meta 分析和 5 篇 RCT。最终从实施团队、介入时机、锻炼评估、锻炼方法、ICU 获得性衰弱(ICU-AW)患者管理、监测与安全、效果评估 7 个主题总结了共 19 条证据。**结论** 机械通气患者膈肌功能锻炼的最佳证据总结具有一定的科学性和全面性,可为临床实践提供参考依据。

**【关键词】** 重症监护病房; 机械通气; 膈肌功能锻炼; 证据总结**基金项目:** 北京协和医院护理科研课题(XHHLKY202306)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250731-00414

**Summary of the best evidence for diaphragmatic function training in mechanically ventilated patients**

Jing Jie, Chang Xiaowei, Luo Hongbo, Zhao Mingxi, Cai Baoxiang, Li Zunzhu

Department of Critical Care Medicine, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

Corresponding author: Li Zunzhu, Email: 18612671363@163.com

**【Abstract】 Objective** To summarize the best available evidence regarding diaphragmatic function training in mechanically ventilated patients and to establish a foundation for clinical practice. **Methods** Systematic searches were conducted in databases and official websites including UpToDate, the National Guideline Clearinghouse (NGC), the Registered Nurses' Association of Ontario (RNAO), the Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), the Cochrane Library, PubMed, Web of Science, CNKI, Wanfang Data, VIP, and Yimaitong. The search period covered from the inception of each database to December 31, 2024. The types of evidence included guideline, clinical decision, expert consensus, systematic review, Meta-analysis, and randomized controlled trial (RCT). Two researchers conducted the literature search, study selection, quality assessment and evidence extraction and synthesis independently. **Results** A total of 16 articles were included, consisting of 1 guideline, 1 clinical decision, 2 expert consensus, 4 systematic reviews, 3 Meta-analyses, and 5 RCTs. Nineteen pieces of evidence were ultimately categorized into 7 dimensions, including implementation team, intervention timing, training assessment, training methods, management of ICU-acquired weakness (ICU-AW), monitoring and safety, and outcome evaluation. **Conclusion** This summary of best evidence for diaphragmatic function training in mechanically ventilated patients is scientifically rigorous and comprehensive, offering a valuable reference for guiding clinical practice.

**【Key words】** Intensive care unit; Mechanical ventilation; Diaphragm function exercise; Evidence summary**Fund program:** Nursing research project of Peking Union Medical College Hospital (XHHLKY202306)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250731-00414

机械通气是重症患者重要的支持性治疗措施,但长期机械通气极易导致患者发生膈肌功能障碍(diaphragm dysfunction, DD),其典型特征包括膈肌收缩力降低、膈肌萎缩和结构损伤<sup>[1]</sup>。有研究表明,长期行机械通气的患者约有 80% 会发生 DD<sup>[2]</sup>。此类情况与机械通气时间延长、呼吸机脱机失败率和病死率升高显著相关,且重症患者 DD 病死率可高达 50%,远高于非 DD 患者<sup>[3]</sup>。

膈肌功能锻炼旨在通过增强膈肌活动来刺激

膈肌,改善其肌力和耐力,是促进膈肌功能恢复的有效方法,多项研究已证实其对改善机械通气患者膈肌功能具有积极作用<sup>[4-5]</sup>。目前,该领域研究多聚焦于呼吸肌训练和早期活动等方面,通过制定相关干预方案来指导临床实践。然而,现有干预措施尚缺乏统一标准,且膈肌功能锻炼常被纳入广义的呼吸康复或加速康复流程中,缺乏针对机械通气患者膈肌功能锻炼的指南指导临床实践。本研究通过系统检索并整合机械通气患者膈肌功能锻炼的相关证

据,旨在明确机械通气患者膈肌功能锻炼的核心要素,从而为临床早期实施规范锻炼提供了证据基础。

## 1 资料与方法

**1.1 明确循证问题:**基于 PIPOST 框架来确立循证问题。① 研究对象(population, P):机械通气成人患者;② 干预措施(intervention, I):各种形式的膈肌功能康复锻炼干预;③ 证据应用的实施者(professional, P):医护人员;④ 结局(outcome, O):吸气末/呼气末膈肌厚度、膈肌增厚分数、膈肌移动度、脱机失败率、机械通气时间及重症监护病房(intensive care unit, ICU)住院时间等;⑤ 证据应用场所(setting, S):综合 ICU、内科 ICU、急诊 ICU 等监护病房;⑥ 证据资源类型(type of evidence, T):指南、临床决策、专家共识、系统评价、Meta 分析和随机对照试验(randomized control trial, RCT)。

**1.2 文献检索策略:**系统检索 UpToDate、美国国立指南网(National Guideline Clearinghouse, NGC)、加拿大安大略注册护士协会(Registered Nurses' Association of Ontario, RNAO)、护理和辅助医学文献累积索引(Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature, CINAHL)、Cochrane 图书馆、美国国立医学图书馆 PubMed 数据库、科学网(Web of Science)以及中国知网、万方数据、维普、医脉通等多个数据库,采用的检索词围绕核心概念展开,英文检索词包括“critical illness/intensive care unit/ICU/critical care”“mechanical ventilation/intubation intratracheal/tracheal intubation”“diaphragm/diaphragm functional exercise/inspiratory muscle/respiratory function”,中文检索词包括“重症/危重/重症监护/ICU”“机械通气/呼吸机/气管插管”“膈肌/膈肌功能锻炼/膈肌锻炼/呼吸肌/呼吸肌训练/吸气肌/吸气肌训练/呼吸功能/呼吸功能锻炼”,检索时限设定为自建库至 2024 年 12 月 31 日。

## 1.3 文献纳入和排除标准

**1.3.1 文献纳入标准:**① 研究对象为机械通气成人(年龄 $\geq 18$ 岁)患者;② 内容涵盖呼吸肌训练、膈肌功能锻炼、呼吸功能锻炼、早期活动等康复措施。

**1.3.2 文献排除标准:**① 数据存在明显错误或缺失关键信息的文献;② 非中文或英文文献;③ 无法获得全文的文献。

**1.4 文献筛选、质量评价与证据整合:**由 2 名接受过循证护理方法培训的研究者独立完成文献检索、筛选及质量评价工作。将初步检索获得的文献导入

文献管理软件进行筛重,阅读题目和摘要进行初筛,初筛后文献再通过阅读全文进行复筛,最终确定纳入文献。指南采用指南研究与评价工具 II (appraisal of guidelines for research and evaluation, AGREE II) 进行评价<sup>[6]</sup>;鉴于其权威性,来源于 UpToDate 的临床决策默认为高级别证据直接纳入;专家共识、系统评价、Meta 分析、RCT 则采用澳大利亚 JBI 循证卫生保健中心的真实性评价工具(2016 版)中对应的标准进行评价<sup>[7]</sup>。2 名研究者独立完成证据提取后进行交叉核对,证据分级采用 JBI 证据预分级及证据推荐级别系统(2014 版)<sup>[7]</sup>。若 2 名研究者意见存在分歧,邀请第 3 名研究者进行判定。当证据内容出现冲突时,遵循优先采纳高等级、高质量及近期发表证据的原则<sup>[7-9]</sup>。

## 2 结果

**2.1 纳入文献的基本情况:**初步检索获得 3 612 篇相关文献,剔除重复文献及不符合要求文献,最终纳入 16 篇文献<sup>[5, 10-24]</sup>,包括 1 篇英文指南<sup>[10]</sup>、1 篇临床决策<sup>[11]</sup>、2 篇专家共识<sup>[12-13]</sup>、4 篇系统评价<sup>[14-17]</sup>、3 篇 Meta 分析<sup>[18-20]</sup>和 5 篇 RCT<sup>[5, 21-24]</sup>,文献筛选流程和纳入文献的基本情况见图 1 和表 1。

检索获得文献 (n=3612): UpToDate (n=1)、NGC (n=1)、Cochrane 图书馆 (n=6)、PubMed (n=895)、Web of Science (n=51)、中国知网 (n=1055)、维普数据库 (n=280)、万方数据 (n=1318)、医脉通 (n=5)

剔除重复文献 (n=640)

阅读标题和摘要初筛 (n=2972)

排除与主题无关的文献 (n=2858)

阅读全文复筛 (n=114)

排除文献 (n=98):  
① 研究内容不符 (n=74);  
② 无法获取全文 (n=6);  
③ 研究类型不符 (n=7);  
④ 研究质量低 (n=9);  
⑤ 研究协议 (n=1);  
⑥ 陈旧指南 (n=1)

最终纳入文献 (n=16)

注:NGC 为美国国立指南网

图 1 机械通气患者膈肌功能锻炼的最佳证据总结研究文献筛选流程

## 2.2 文献质量评价结果

**2.2.1 指南的质量评价结果:**共纳入 1 篇指南<sup>[10]</sup>,指南的范围和目的、利益相关人群、严谨性、清晰性、适用性和编辑独立性 6 个领域的标准化评分分别为 88.89%、58.33%、79.17%、94.44%、54.17%、91.67%,该指南总体质量较高,故予以纳入。

**2.2.2 临床决策的质量评价结果:**共纳入 1 篇临床决策<sup>[11]</sup>,来源于 UpToDate,默认为高质量证据,予以纳入。

表 1 机械通气患者膈肌功能锻炼的最佳证据总结研究纳入文献的基本情况

文献类型	纳入文献	发表时间(年)	文献来源	文献主要内容
指南	Ha 等 <sup>[10]</sup>	2024	医脉通	重症患者机械通气脱机
临床决策	Celli <sup>[11]</sup>	2025	UpToDate	COPD 患者的呼吸肌训练与休息
专家共识	浙江省医学会物理医学与康复学分会重症康复专业委员会 <sup>[12]</sup>	2017	医脉通	浙江省重症康复专家共识
	中国康复医学会重症康复专业委员会呼吸重症康复学组等 <sup>[13]</sup>	2018	中国知网	中国呼吸重症康复治疗技术专家共识
系统评价	Elkins 和 Dentice <sup>[14]</sup>	2015	PubMed	IMT 有助于 ICU 患者脱离机械通气：系统评价
	岳萌等 <sup>[15]</sup>	2016	中国知网	机械通气患者早期活动效果的系统评价
	Vorona 等 <sup>[16]</sup>	2018	PubMed	危重症成人吸气肌康复的系统评价和荟萃分析
	Worraphan 等 <sup>[17]</sup>	2020	PubMed	IMT 和早期活动对机械通气脱机的影响：系统评价和网络荟萃分析
Meta 分析	张倩倩等 <sup>[18]</sup>	2017	万方数据	康复锻炼在 ICU-AW 患者中应用的 Meta 分析
	姚丽等 <sup>[19]</sup>	2020	中国知网	机械通气患者 IMT 效果的 Meta 分析
	Klem 等 <sup>[20]</sup>	2021	PubMed	机械通气患者的早期活动：荟萃分析
RCT	刘秀等 <sup>[5]</sup>	2023	中国知网	ICU 机械通气患者膈肌锻炼方案的构建及应用
	Kazemi 等 <sup>[21]</sup>	2024	PubMed	IMT 和呼气正压对 ICU 患者肺功能和拔管成功率的影响
	Dong 等 <sup>[22]</sup>	2021	PubMed	早期康复可缓解长时间机械通气引起的 DD
	吴月红等 <sup>[23]</sup>	2022	中国知网	EDP 预防无创机械通气患者 DD 的效果研究
	吴华炼等 <sup>[24]</sup>	2023	万方数据	早期离床活动对 ICU 机械通气患者膈肌功能的影响

注：RCT 为随机对照试验，COPD 为慢性阻塞性肺疾病，IMT 为吸气肌训练，ICU 为重症监护病房，ICU-AW 为 ICU 获得性衰弱，EDP 为体外膈肌起搏，DD 为膈肌功能障碍

表 4 5 篇 RCT 的质量评价结果

纳入文献	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	文献等级
刘秀等 <sup>[5]</sup>	是	是	是	是	不清楚	不清楚	是	是	否	是	是	是	是	B
Kazemi 等 <sup>[21]</sup>	不清楚	不清楚	是	不清楚	否	不清楚	是	是	是	是	是	是	是	B
Dong 等 <sup>[22]</sup>	不清楚	不清楚	是	否	否	不清楚	是	是	是	是	是	是	是	B
吴月红等 <sup>[23]</sup>	是	不清楚	是	否	不清楚	不清楚	否	是	是	是	是	是	是	B
吴华炼等 <sup>[24]</sup>	是	否	是	否	不清楚	不清楚	是	是	是	是	是	是	是	B

注：①为随机分组方法；②为是否采取分配隐藏；③为基线资料是否具有可比性；④为研究对象盲法；⑤为干预者盲法；⑥为结果测评者盲法；⑦为其他措施是否相同；⑧为随访是否完整；⑨为是否所有研究对象均纳入结果分析；⑩为结局指标测评方法是否相同；⑪为结局指标测评方法是否可信；⑫为资料分析方法是否恰当；⑬为研究设计是否合理；RCT 为随机对照试验

2.2.3 专家共识的质量评价结果(表 2):共纳入 2 篇专家共识<sup>[12-13]</sup>,条目 6 “所提出的观点与既往文献是否有不一致的地方?”均评价为“不清楚”,其余条目均为“是”,质量可接受,均予以纳入。

表 2 2 篇专家共识的质量评价结果

纳入文献	①	②	③	④	⑤	⑥
浙江省医学会物理医学与康复学分会重症康复专业委员会 <sup>[12]</sup>	是	是	是	是	是	不清楚
中国康复医学会重症康复专业委员会呼吸重症康复学组等 <sup>[13]</sup>	是	是	是	是	是	不清楚

注：①为是否明确标注了观点的来源；②为观点是否来源于该领域有影响力的专家；③为所提出的观点是否以研究相关人群利益为中心；④为陈述的结论是否是基于分析的结果,观点的表达是否具有逻辑性；⑤为是否参考了现有的其他文献；⑥为所提出的观点与既往文献是否有不一致的地方

2.2.4 系统评价的质量评价结果(表 3):共纳入 7 篇系统评价<sup>[14-20]</sup>,其中 2 篇<sup>[15, 18]</sup>系统评价在条目 9 “是否评估了发表偏倚的可能性?”上评价为“否”,

其余条目均为“是”;另外 5 篇<sup>[14, 16-17, 19-20]</sup>所有条目均评价为“是”,均予以纳入。

表 3 7 篇系统评价的质量评价结果

纳入文献	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
Elkins 和 Dentice <sup>[14]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
岳萌等 <sup>[15]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	否	是	是
Vorona 等 <sup>[16]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
Worraphan 等 <sup>[17]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
张倩倩等 <sup>[18]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	否	是	是
姚丽等 <sup>[19]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
Klem 等 <sup>[20]</sup>	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是

注：①为所提出的循证问题是否清晰、明确；②为文献纳入标准对该循证问题来说是否恰当；③为检索策略是否恰当；④为检索数据库或资源是否充分；⑤为采用的文献质量评价标准是否恰当；⑥为是否有≥2 名评价者独立完成质量评价；⑦为提取资料时是否采取一定的措施减少误差；⑧为合并研究的方法是否恰当；⑨为是否评估了发表偏倚的可能性；⑩为所提出的政策或实践推荐建议是否基于系统评价的结果；⑪为提出的进一步研究方向是否恰当

2.2.5 RCT 的质量评价结果(表 4):共纳入 5 篇 RCT<sup>[5, 21-24]</sup>,均被评为 B 级文献,均予以纳入。



**2.3 证据汇总(表 5):**通过对提取的相关证据进行筛选讨论,分析整合所有证据,最终从实施团队、介入时机、锻炼评估、锻炼方法、ICU 获得性衰弱(ICU-acquired weakness, ICU-AW)患者管理、监测与安全、效果评估 7 个主题汇总 19 条证据。

3 讨论

**3.1 尽早启动科学锻炼是膈肌功能康复的核心前提:**研究显示,机械通气 18 h 即可引起膈肌纤维损伤,72 h 后膈肌厚度可减小 26%<sup>[25]</sup>。因此,早期干预尤为重要。证据 1~2 建议在患者入 ICU 24 h 内完成多学科评估,有助于把握黄金干预期,为制定干预方案奠定基础。此外,应重视动态评估,根据患者膈肌功能变化及时调整锻炼策略,以实现持续优化。

**3.2 明确安全指征是保障安全锻炼的重要基础:**ICU 患者病情复杂多变,尽管目前尚无证据表明膈肌功能锻炼会加剧病情恶化或造成死亡,但严密监测与评估始终是安全保障的基石。证据 3~4 总结了膈肌功能锻炼启动与暂停的客观指征,可为临床提供清晰、明确的安全边界。医护人员应密切观察患者反应,出现病情变化立即中止锻炼,再次开始前重新评估,遵循以安全为核心的动态管理理念<sup>[26]</sup>。

**3.3 系统化与个体化相结合的锻炼方案是取得成效的关键:**证据 5~15 系统总结了从吸气肌训练到早期活动等一系列核心措施。实施膈肌功能锻炼应遵循“评估-计划-实施”的路径。首先基于全面评估确定患者功能状态,制定个性化方案,明确锻炼频

表 5 机械通气患者膈肌功能锻炼的最佳证据总结		
证据主题	证据内容	证据等级
实施团队	1. 建议采用多学科团队协作模式,团队包含 ICU 医师、护士、物理治疗师、康复医师等人员 <sup>[10, 12-13]</sup> ;	5b
介入时机	2. 患者入住 ICU 24 h 内进行综合评估(生命体征、血氧饱和度、PEEP 等),以识别患者是否需要膈肌康复 <sup>[13]</sup> ;	5b
锻炼评估	3. 启动指征:心率>40 次/min 或<120 次/min;SBP≥90 mmHg 或≤180 mmHg,和(或)DBP≤110 mmHg,MAP≥65 mmHg 或≤110 mmHg;呼吸频率≤25 次/min;血氧饱和度≥0.90,机械通气 FiO <sub>2</sub> ≤0.60, PEEP≤10 cmH <sub>2</sub> O;使用小剂量血管活性药物支持,多巴胺≤10 mg·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> 或去甲肾上腺素/肾上腺素≤0.1 mg·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> <sup>[13]</sup> ;	5b
	4. 暂停指征:当出现心率<40 次/min 或>130 次/min;SBP>160 mmHg,或有直立性低血压,或 MAP<65 mmHg 或>110 mmHg 持续 3 min 以上,增加血管升压药剂量或种类;呼吸频率<5 次/min 或>30 次/min 或出现呼吸困难;SpO <sub>2</sub> <0.88,患者明显躁动,不能耐受训练;新发心律失常 <sup>[5, 12-13, 22, 24]</sup> ;	1c
锻炼方法	5. 建议采用阈值负荷训练 IMT 初始至少超过 30%~50% MIP,根据耐受性逐渐增加,每日增加 1~2 cmH <sub>2</sub> O 或 10% MIP,每日 1~2 次 <sup>[13-14, 16-17, 19-21]</sup> ,5~30 min/次或 5 组/次,每组 10 次呼吸 <sup>[11, 14]</sup> ;	1a
	6. 机械通气患者可接受阈值 IMT 与正压呼气训练联合的联合训练,以增强呼吸肌力量、改善膈肌功能,提高拔管成功率 <sup>[21]</sup> ;	1c
	7. EDP 有助于改善患者的膈肌功能,起搏参数:脉冲频率 40 Hz,刺激强度 15~20 单位,9 次/min,200 μs 脉冲宽度,每日 2 次,20 min/次,持续 7 d <sup>[23]</sup> ;	1c
	8. 神经肌肉电刺激:电极置于膈肌对应的体表位置,根据患者耐受性逐步增加刺激时间、频率和脉冲宽度,每日 1~2 次,15~30 min/次 <sup>[18]</sup> ;	1a
	9. 可实施分级膈肌功能锻炼 <sup>[5]</sup> :一级(RASS 评分-4~-2 分/GCS 评分 3~12 分)为被动膈肌锻炼(膈肌松解术、手动膈肌释放术、膈肌拉伸术);二级(RASS 评分-1~-<0 分/GCS 评分 12~15 分)为被动锻炼+负重抗阻运动(1 kg 沙袋);三级(RASS 评分 0~1 分/GCS 评分 15 分)为被动锻炼+负重抗阻+腹式呼吸+缩唇呼吸;	2a
	10. 可结合腹式呼吸、举哑铃负荷等呼吸功能锻炼方法实施联合锻炼,以增强呼吸肌耐力 <sup>[15]</sup> ;	1a
	11. 除膈肌功能锻炼外,应给予患者综合康复,建议在 IMT 的基础上进行早期活动 <sup>[15, 18]</sup> ;	1a
	12. 早期活动在机械通气 72 h 内尽早开始 <sup>[15]</sup> ;	1a
	13. 应采取渐进式分阶段活动训练方案,由医护人员协助进行四肢关节活动、脚踏车被动运动等,患者意识清楚后,进行床上坐位、床旁站立、原地踏步、行走等主动活动 <sup>[12, 15]</sup> ;	1a
	14. 应让患者早期离床活动,早期离床活动患者体位改变大,对周围神经及中枢神经刺激更强,神经系统恢复更快,膈肌康复更快 <sup>[24]</sup> ;	1c
	15. 可实施分级活动训练 <sup>[22]</sup> :0 级为每 2 h 翻身(意识不清、生命体征不稳定者);1~2 级为关节活动度训练+坐位维持(意识清醒可坐起 20 min 者);3 级为床旁坐位+上肢抗重力训练;4 级为站立或坐椅+下肢抗重力训练;5 级为床旁行走;实施频率:每日 1 次(气管插管患者选择 1~3 级,气管切开患者选择 3~5 级);	2a
ICU-AW 患者管理	16. 对于早期可疑的患者,可运用徒手肌力测试及神经电生理的方法进行综合诊断,无禁忌证情况下可采用积极的运动锻炼和物理康复治疗 <sup>[12]</sup> ;	5b
监测与安全	17. 监测患者生命体征,观察血压、心率、呼吸困难、呼吸音、血氧饱和度等指标变化,确保锻炼安全 <sup>[19]</sup> ;	1a
效果评估	18. 采用超声监测评估膈肌功能,重点关注膈肌位移和膈肌增厚分数 <sup>[5, 13, 21-24]</sup> ;	1c
	19. 每 24~48 h 动态超声评估 <sup>[5, 21-22]</sup>	1c

注:ICU 为重症监护病房,PEEP 为呼气末正压,SBP 为收缩压,DBP 为舒张压,MAP 为平均动脉压,FiO<sub>2</sub> 为吸入氧浓度,SpO<sub>2</sub> 为脉搏血氧饱和度,IMT 为吸气肌训练,MIP 为最大吸气压,EDP 为体外膈肌起搏,RASS 为 Richmond 躁动-镇静评分,GCS 为格拉斯哥昏迷评分,ICU-AW 为 ICU 获得性衰弱;1 mmHg=0.133 kPa;1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa

率、单次持续时间等具体参数,确保锻炼的规范性和可执行性。需注意,现有证据中的训练参数尚存在差异,膈肌体外起搏等新技术应用也受人员资质及成本限制。因此,建议医护人员在遵循最佳证据的同时,务必结合临床实际,在系统框架内实现个体化康复<sup>[5]</sup>。

**3.4 准确的效果评估是实现锻炼方案动态优化的核心依据:**准确的效果评估是优化膈肌功能锻炼方案的基础。证据 17~18 建议采用膈肌超声进行无创、便捷的评估。研究显示,超声不仅能检测膈肌萎缩和收缩异常,且与临床诊断的一致性可达 75%,在评估膈肌位移和增厚分数时的一致性更超过 88%,显著优于传统工具<sup>[1, 27]</sup>。然而,超声评估的准确性高度依赖操作者技能和经验,结果判读亦存在一定主观性。因此,未来亟需加强超声技能的规范化培训,以提升评估准确性与同质化水平。

#### 4 小结

本研究从 7 个方面总结了 19 条机械通气患者膈肌功能锻炼的最佳证据,涵盖团队组建、时机把握到具体实施与监测评估全流程,可为临床系统化构建机械通气患者膈肌功能锻炼方案提供理论依据。然而,由于本研究纳入证据来源广泛,部分证据在直接应用时可能面临挑战,建议在临床实践中结合具体情景与患者情况审慎地灵活应用。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 井杰、常晓未:研究设计、论文撰写;罗红波、赵明曦、蔡宝祥:数据整理、统计学分析;李尊柱:研究指导、论文修改

#### 参考文献

- [1] de Boer WS, Parlevliet KL, Kooistra LA, et al. Ultrasound as diagnostic tool in diaphragm dysfunction: a prospective construct validity study [J]. *Respir Med*, 2025, 241: 108083. DOI: 10.1016/j.rmed.2025.108083.
- [2] 白云峰, 陈天超, 柳馨怡, 等. ICU 患者膈肌功能障碍发生风险评估指标的构建 [J]. *中华护理杂志*, 2024, 59 (11): 1339-1345. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2024.11.008.
- [3] Hu JG, Guo RJ, Li HL, et al. Perioperative diaphragm dysfunction [J]. *J Clin Med*, 2024, 13 (2): 519. DOI: 10.3390/jcm13020519.
- [4] 杨卓, 迟红丽, 刘磊, 等. 胸部物理治疗对机械通气患者膈肌功能的影响 [J]. *中华急危重症护理杂志*, 2020, 1 (4): 336-340. DOI: 10.3761/j.issn.2096-7446.2020.04.010.
- [5] 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. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2023.03.001.
- [6] 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. DOI: 10.16460/j.issn1008-9969.2018.18.056.
- [7] 邢唯杰, 胡雁, 周英凤, 等. 推动证据向临床转化(六)证据总结的制作与撰写 [J]. *护士进修杂志*, 2020, 35 (12): 1129-1132. DOI: 10.16821/j.cnki.hsjx.2020.12.016.
- [8] 胡雁, 郝玉芳. *循证护理学* [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- [9] 王蓉, 邸允政, 徐涯鑫, 等. 成人炎症性肠病患者腹痛非药物管理的最佳证据总结 [J]. *中华现代护理杂志*, 2025, 31 (16): 2136-2144. DOI: 10.3760/ema.j.cn115682-20240626-03571.
- [10] Ha TS, Oh DK, Lee HJ, et al. Liberation from mechanical ventilation in critically ill patients: Korean Society of Critical Care Medicine clinical practice guidelines [J]. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*, 2024, 87 (4): 415-439. DOI: 10.4046/trd.2024.0039.
- [11] Celli BR. Respiratory muscle training and resting in COPD [DB/OL]. *Holland: UpToDate*, 2025 (2025-01-31) [2025-07-29]. <https://www.uptodate.cn/contents/respiratory-muscle-training-and-resting-in-copd>.
- [12] 浙江省医学会物理医学与康复学分会重症康复专业委员会. 浙江省重症康复专家共识 [J]. *浙江医学*, 2017, 39 (24): 2191-2196, 2209. DOI: 10.12056/j.issn.1006-2785.2017.39.24.2017-2801.
- [13] 中国康复医学会重症康复专业委员会呼吸重症康复学组, 中国老年保健医学研究会老龄健康服务与标准化分会, 中国老年保健医学杂志编辑委员会, 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. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2671.2018.05.001.
- [14] Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review [J]. *J Physiother*, 2015, 61 (3): 125-134. DOI: 10.1016/j.jphys.2015.05.016.
- [15] 岳萌, 姚培宇, 崔楚云, 等. 机械通气患者早期活动效果的系统评价 [J]. *中华护理杂志*, 2016, 51 (5): 551-557. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1796.2016.05.008.
- [16] Vorona S, Sabatini U, Al-Maqbali S, et al. Inspiratory muscle rehabilitation in critically ill adults. A systematic review and Meta-analysis [J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2018, 15 (6): 735-744. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201712-961OC.
- [17] Worrath S, Thammata A, Chittawatanarat K, et al. Effects of inspiratory muscle training and early mobilization on weaning of mechanical ventilation: a systematic review and network Meta-analysis [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2020, 101 (11): 2002-2014. DOI: 10.1016/j.apmr.2020.07.004.
- [18] 张倩倩, 王冬梅, 施月仙, 等. 康复锻炼在 ICU 获得性衰弱患者中应用的 Meta 分析 [J]. *中华现代护理杂志*, 2017, 23 (21): 2780-2785. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1674-2907.2017.21.020.
- [19] 姚丽, 杨琳, 杨丽平, 等. 机械通气患者吸气管训练效果的 Meta 分析 [J]. *中华护理杂志*, 2020, 55 (1): 141-147. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2020.01.025.
- [20] Klem HE, Tveiten TS, Beitland S, et al. Early activity in mechanically ventilated patients: a meta-analysis [J/OL]. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 2021, 141 (2021-05-12) [2025-07-29]. <https://tidsskriftet.no/en/2021/05/oversiktsartikkel/early-activity-mechanically-ventilated-patients-meta-analysis>. DOI: 10.4045/tidsskr.20.0351. Erratum in: *Tidsskr Nor Laegeforen*, 2021, 141 (2021-06-21) [2025-07-29]. <https://tidsskriftet.no/en/2021/06/rettelse/correction-early-activity-mechanically-ventilated-patients-meta-analysis>. DOI: 10.4045/tidsskr.21.0485.
- [21] Kazemi M, Froutan R, Bagheri Moghadam A. Impact of inspiratory muscle training and positive expiratory pressure on lung function and extubation success of ICU patients: a randomized controlled trial [J]. *Arch Acad Emerg Med*, 2024, 12 (1): e59. DOI: 10.22037/aaem.v12i1.2331.
- [22] Dong ZH, Liu Y, Gai YB, et al. Early rehabilitation relieves diaphragm dysfunction induced by prolonged mechanical ventilation: a randomised control study [J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21 (1): 106. DOI: 10.1186/s12890-021-01461-2.
- [23] 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. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2022.09.001.
- [24] 吴华炼, 王小鹏, 陈森, 等. 早期离床活动对重症监护病房机械通气患者膈肌功能的影响 [J]. *中华危重病急救医学*, 2023, 35 (8): 870-874. DOI: 10.3760/ema.j.cn121430-20230525-00395.
- [25] Schepens T, Verbrugghe W, Dams K, et al. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study [J]. *Crit Care*, 2015, 19: 422. DOI: 10.1186/s13054-015-1141-0.
- [26] 刘钢, 胡少华, 段宗浩, 等. 多学科协作模式下早期分级呼吸重症康复训练应用于机械通气患者效果研究 [J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2021, 20 (4): 254-260. DOI: 10.7507/1671-6205.202011068.
- [27] Romero Romero B, Vollmer Torrubiano I, Martín Juan J, et al. Ultrasound in the study of thoracic diseases: innovative aspects [J]. *Arch Bronconeumol*, 2024, 60 (1): 33-43. DOI: 10.1016/j.arbres.2023.10.009.

(收稿日期: 2025-07-31)

(本文编辑: 张耘菲)