

《重症康复现状研究》

前 言

为了对中国康复的全球竞争力作出判断，及时掌握发展动态，为我国康复医学学科建设与高质量发展决策提供科学支撑，2023年9月中华医学会物理医学与康复学分会第12届委员会在上海召开的第六次常委会与全委会一致通过了主任委员何成奇教授提出进行分会“主要亚专业现状研究”计划。主要亚专业包括神经康复、骨科康复、康复评定、康复治疗、呼吸康复、心脏康复、重症康复、老年康复、语言康复、康复教育、盆底康复与儿童康复。现状研究由分会组织、各学组组长或相关专家负责牵头落实。

“主要亚专业现状研究”内容包括亚专业主要病种康复的重大科学问题、关键技术问题、目前研究水平、国际前沿/发展趋势、国际学术组织任职情况、重大科学基础设施、国际合作交流情况、国际比较及对标前沿拟采取的举措。

为落实分会“主要亚专业现状研究”计划，南京医科大学康复医学院院长、中国康复医学会重症康复专委会副主委陆晓教授组织相关专家编写了《重症康复亚专业现状研究》共计3.6万余字。相信本研究对掌握重症康复的发展动态，推动我国重症康复亚专业的建设与高质量发展必将提供科学支撑。

为此，谨代表分会感谢参与《重症康复亚专业现状研究》工作的全体专家！

中华医学会物理医学与康复学分会

主任委员 何成奇

2024年3月24日

《重症康复现状研究》

(2024云版)

学术委员会

主委：何成奇 岳寿伟 周谋望

副主委：胡昔权 李建华 郭铁成

常委(按姓氏拼音排序)：白定群、陈丽霞

丛芳、公维军、李红玲、陆晓、潘钰、宋为群、王宝兰

王楚怀、王宏图、袁华、张长杰、张志强、谢青

委员(按姓氏拼音排序)：蔡西国、陈捷、陈林、陈伟

陈卓铭、丁桃、杜青、胡才友、黄真、金荣疆、康治臣

李哲、林坚、刘遂心、罗军、马超、马跃文、邵伟波

宋振华、孙强三、王宝军、王萍芝、吴鸣、吴霜、吴文

吴毅、夏清、夏文广、谢青、谢欲晓、许建文、许涛

叶超群、翟华、张桂青、张锦明、张巧俊、张跃萍

赵亮、赵澎、赵振彪、朱宁

学术秘书：魏全

中华医学会物理医学与康复学分会

第12届委员会

2024年3月24日

《重症康复亚专业现状研究》

(2024云版)

研究小组

组 长：陆晓

成员（姓氏笔画排序）

宋振华、吴文、谢秋幼

《重症康复亚专业现状研究》研究小组

中华医学会物理医学与康复学分会第12届委员会

2024年3月24日

《重症康复亚专业现状研究》

(2024云版)

文章版权声明

《重症康复亚专业现状研究》的每一篇论文由文章内所署名的作者独立完成，如未经作者授权转载和发表均视为侵权，将依法追究法律责任。

目录

一、研究目的	1
二、研究内容	1
1.重大科学问题	1
2.关键技术问题	1
3.目前研究水平	33
4.国际前沿/发展趋势	50
5.专家在国际学术组织任职情况	50
6.重大科学基础设施	53
7.国际合作交流情况	53
8.重症康复亚专业的国际比较	54
9.拟采取的举措	57
参考文献	57

《重症康复亚专业现状研究》

陆晓¹, 吴文², 谢秋幼², 宋振华³

- 1.南京医科大学第一附属医院
- 2.南方医科大学珠江医院
- 3.中南大学湘雅医学院附属海口医院

一、研究目的

通过调研、比较重症康复诊疗领域意识障碍、肺功能障碍及肢体功能障碍的国内外研究水平，发现优势、找准短板，以便对我国在该领域的全球竞争力作出判断，为我国康复医学学科建设与高质量发展决策提供科学支撑、为各综合医院康复医学科或者康复医院的重症康复亚专业建设提供科学支撑。

二、研究内容

1.重大科学问题

1.1 意识障碍

意识障碍领域主要包括：1) 如何对意识障碍进行客观、准确的个体化评估，为制定精准康复方案提供依据并预测意识障碍的预后转归；2) 如何开展意识障碍的精准康复治疗包括前沿的脑调控治疗及外周神经刺激技术等。

1.2 肺功能障碍

肺功能障碍康复诊疗领域主要为：1) 如何对肺功能障碍进行客观、准确的个体化评估，指导康复治疗；2) 如何开展肺功能障碍的精准治疗包括肺不张、呼吸肌肌力训练、气道廓清训练等。

1.3 肢体功能障碍

重症肢体功能障碍康复诊疗领域的问题主要包括：1) 重症肢体功能障碍康复介入的安全性与有效性；2) 如何对重症肢体功能障碍进行客观、准确的个体化评估，指导康复治疗；3) 如何制定重症肢体功能障碍康复的干预流程及治疗方案。

2.关键技术问题

2.1 意识障碍

2.1.1 意识障碍康复诊断（评估）的关键技术

（1）行为学量表评估

临幊上，最常使用的意识障碍评估方法是行为学量表评估，其核心是通过评估患者对刺激的行为学反应来评估患者的意识水平，具有实用、简便、成本低等优势。常用的量表包括改良后昏迷恢复量表、全面无反应量表、格拉斯哥昏迷量表、维塞克斯颅脑损伤量表、感觉通道评估和康复量表、改良伤害性感受昏迷量表、中国持续植物状态量表（Chinese Vegetative State Scale, CVSS）等。其中，于 1996 年制定的 CVSS 量表由六部分组成，包括执行命令、语言、肢体运动、眼球运动、吞咽、情感反应，每项均为 0~3 分，最低为 0 分，最高为 18 分。根据总分，完全性持续植物状态≤3 分，不完全性持续植物状态 5~7 分，过渡性植物状态 8~9 分，脱离植物状态≥10 分。

行为学量表的评估结果受到操作者的主观意识、专业水准、并发症（如感觉、认知等受损）、患者的响应程度等影响，因此有必要采用更客观的神经电生理、神经影像等技术手段来直接测量脑活动，以探测患者的残留意识。

（2）神经电生理评估

脑电图（electroencephalogram, EEG）：使用无创的头皮电极通过检测脑电活动来评估意识水平，其优势在于时间分辨率高、成本较低。脑电图的评估包括自发脑电和刺激后脑电变化，常用于区分意识障碍的程度和研判预后转归。研究显示，基于 EEG 信号提取反应大脑残存复杂特性的近似熵指标，可以预测意识障碍患者 6 个月之后的临床结局，通常患者的近似熵越高则从持续性植物状态中苏醒的可能性就越大^[1]。还有研究发现，基于意识障碍患者床旁静息态高密度脑电数据的脑网络 hub 指标可以辅助临床医生对患者进行诊断和预后判断^[2]。最近的研究发现，意识障碍患者额顶网络的功能连接降低，该指标有望作为患者预后分类的电生理标记物^[3]。

诱发电位：早期成分如视觉诱发电位、听觉诱发电位和躯体感觉诱发电位有助于评定意识相关传导通路的完整性，但对高级认知活动的评价意义有限。研究发现，躯体感觉诱发电位具有预测意识障碍结局的价值，特别是对缺氧缺血性脑病导致的昏迷，如果患者缺乏躯体感觉诱发电位，则患者苏醒的概率将小于 1%^[4]。

事件相关电位（event-related potential, ERP）：ERP 是一种特殊的脑诱发

电位，通过有意地赋予刺激以特殊的心理意义，利用多个或多样的刺激所引起的脑的电位。它反映了认知过程中大脑的神经电生理的变化，也被称为认知电位。失匹配负波（mismatch negativity, MMN）是在非主动注意状态下由 oddball 听觉刺激模式诱发，通过低概率事件（偏离刺激）诱发的 ERP 波形减去高概率事件（标准刺激）诱发的 ERP 得到的一个负相波形，潜伏期在 150~250ms 范围内。MMN 反映了听觉刺激的物理属性被大脑加工，其神经起源于颞叶听觉皮质及额叶，无需受试者保持注意力。MMN 对于意识障碍的辅助诊断具有量化提示作用，波幅参考值为：≤0.5uV 为昏迷，0.6-0.9uV 为植物状态，1.0-1.7uV 为微意识 MCS- 状态，1.7-2.0uV 为 MCS+ 状态^[5]。P3a 是 P300 波的亚成分之一，位于 P3b 之前，与定向反应有关，是信号进入初级皮质的非主动注意反应，也是较早阶段的信息加工。在植物状态/微小意识状态患者创伤后 2-3 个月评估是否存在 P3a，可以帮助预测创伤患者 12 个月后的意识恢复情况^[6]。目前认为 MMN、P3a 阳性是意识障碍预后良好的指标^[7]。

经颅磁刺激联合脑电图（transcranial magnetic stimulation-EEG, TMS-EEG）：TMS-EEG 是给予 TMS 刺激并用 EEG 记录大脑活动性和反应性的技术，可用来观察 TMS 刺激后大脑皮层神经兴奋性变化，时空效应、刺激响应在关联脑区之间的传递过程等。TMS-EEG 不受主观意识的影响，能客观地评估大脑对刺激的反应。研究发现，意识障碍患者全脑白质纤维束的结构完整性与患者基于 TMS-EEG 获得的扰动复杂度指数相关，并且两者的损害与患者预后相关^[8]。最近，南昌大学附属第一医院康复医学科冯珍团队也使用 TMS-EEG 技术验证其在意识障碍群体中进行分类判别和预后预测的临床应用价值^[9]。

脑机接口（brain computer interface, BCI）：BCI 是一项不依赖于大脑常规信息输出通路就可实现与外部环境进行交流的技术。近年来，BCI 在脑损伤后意识障碍患者的病情评估与康复(疗效及预后预测等)中开始有初步应用探索。来自南方医科大学珠江医院康复医学科的谢秋幼教授团队与华南理工大学的李远清课题组开展医工交叉合作，发现在实验任务中表现出认知-运动分离的意识障碍患者具有更好的远期预后^[10]，相关研究成果发在国际顶级权威期刊 Brain 上。

（3）神经影像学评估

正电子发射断层扫描（positron emission tomography, PET）：利用正电子

发射体标记的葡萄糖、氨基酸以及血流显像剂等为示踪剂，从分子水平显示机体组织的代谢、血流和神经递质活性等。研究显示，意识障碍患者出现大面积的葡萄糖代谢降低，尤其是额顶叶系统，并且使用皮层代谢指标能以 82% 的准确率区分患者不同的残存意识^[11]。

功能磁共振成像（functional magnetic resonance imaging, fMRI）：通过检测大脑血氧水平的变化来揭示大脑不同层次的脑活动情况，可辅助判断意识水平。静息态 fMRI 范式不需要患者主动参与执行任务，可以测量特定脑区之间的功能连接程度来评估患者意识恢复的可能性。任务态 fMRI 范式要求患者在扫描时执行一个特定任务并检测大脑对刺激的反应。如果能检测到相关脑区的激活，认为患者可以注意并完成这一特定任务，证明其存在一定程度的意识。国内杭州师范大学国际植物状态与意识科学研究所的狄海波团队与比利时列日大学意识科学研究中心的 Laureys 课题组合作，发现植物状态的患者对亲人呼唤自己名字时听觉皮层产生的激活类型和激活体积与患者的临床预后相关，尤其是具有创伤病史的患者^[12-17]。也有研究使用语言、音乐和运动想象范式的 fMRI 和 EEG 评价急性期严重脑损伤后意识障碍患者的认知-运动分离能力以及高级联合皮层的反应，从而辅助医生开展康复评估^[18]。国内复旦大学附属华山医院神经外科的吴雪海医生与美国国立卫生研究院神经影像研究中心的杨一鸿课题组合作，发现后扣带皮层/楔前叶的固有功能连接模式与获得性脑损伤患者的意识障碍水平和恢复结局高度相关，并且能以高达 81.25% 的准确率分类昏迷和植物状态的患者^[19]。

弥散张量成像（diffusion tensor imaging, DTI）：通过测量水分子的扩散程度可以在活体状态下无创检测脑内白质纤维束的结构完整性，而且不受药物或者睡眠的影响。来自哈佛医学院麻省总医院神经技术与神经恢复中心的 Edlow 课题组发现，急性创伤性意识障碍患者的上行觉醒系统的结构完整性被破坏，主要表现为脑干被盖区到丘脑和下丘脑的结构连接通路发生损伤。这项研究的发现，为当前昏迷发生的概念性模型提供了来自活体人脑 DTI 成像的直接证据^[19]。

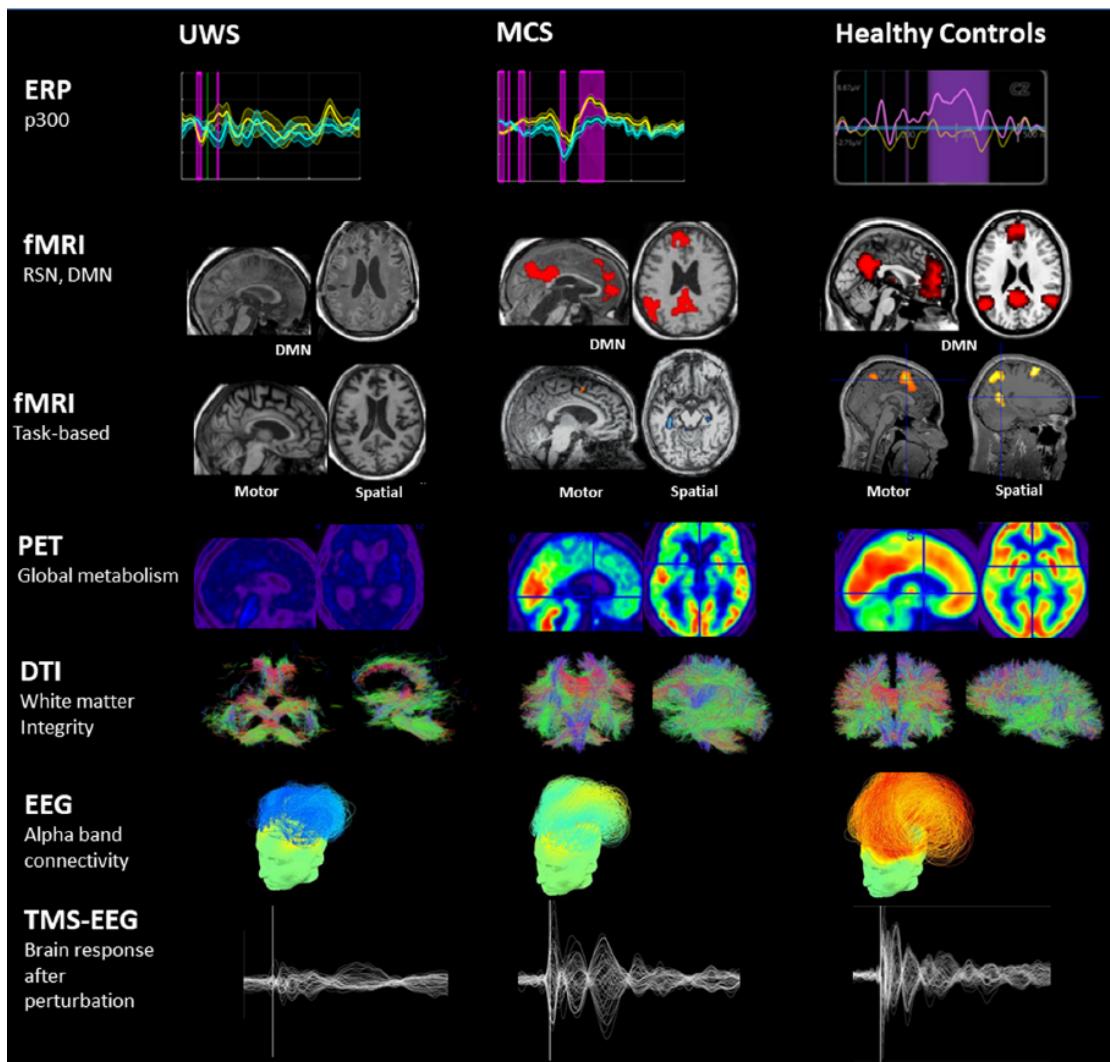


图 1 意识障碍患者和健康人常见的神经影像和神经电生理检查结果^[21]

(4) 多模态神经成像评估

现有的神经电生理与影像技术各有优缺点，单靠一种技术很难获得全面评估。近年来，国内外联合多种模态的脑功能评估技术开展了探索研究，有两种技术的联合：如 PET-MRI、EEG-fMRI 等。最近还出现了三种模态联合应用的融合成像技术，如 MRI-PET-EEG、MR-PET-CT。两种或多种技术的联合，可以克服个别模式的局限性，从而可能实现在短时间内获取更准确的评估结果。

欧洲神经病学学会关于昏迷和意识障碍的诊断指南建议：一方面通过完整的意识评估程序提高诊断准确率，如 10 天内对慢性意识障碍患者进行 5 次改良昏迷恢复量表评估；另一方面通过使用优化且适用于临床的神经电生理和影像范式来检测意识障碍患者残余的认知功能；最后基于先进的算法对临床行为学、神经电生理、神经影像等采集的多模态数据进行建模，进而为临床决策和后续治疗提

供更全面、客观、可信的评估结果^[22]。

(5) 其他探索性的国际前沿评估方法

2020 年，来自以色列魏茨曼科学研究所的 Sobel 课题组在 Nature 发表重磅研究，揭示可以使用与人脑唤醒机制有着最古老联系的嗅觉来评估意识障碍患者的意识水平并对远期预后（如无反应和微意识状态）进行分类。这一原创性研究为临床医生评估意识障碍水平及其恢复和预后提供了便捷性的新工具^[23]。

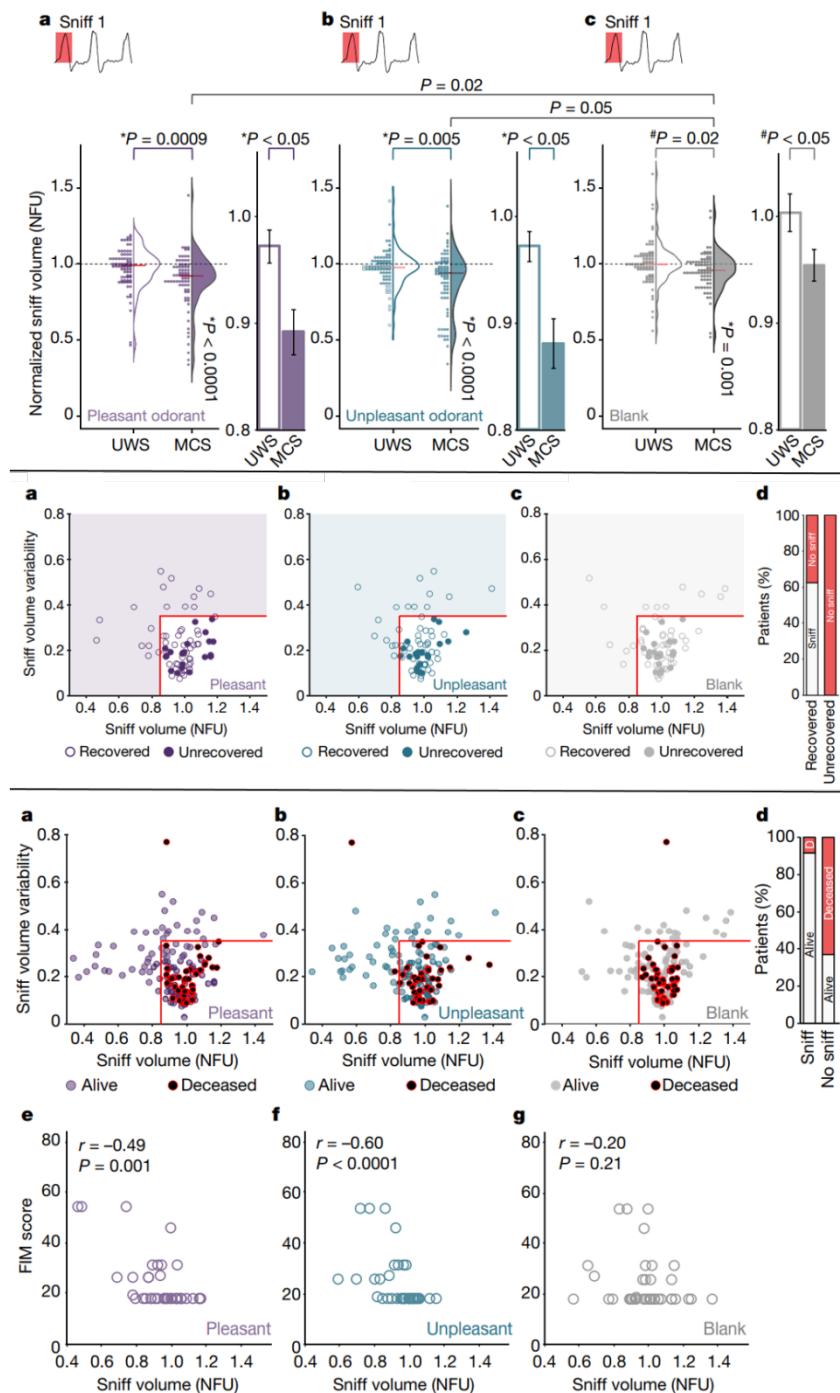


图 2 嗅觉反应与意识评估、分类和结局预测（选自 Sobel et al., Nature 2020）

2.1.2 意识障碍康复治疗的关键技术

(1) 非侵入性神经调控和脑刺激技术

2023 年, 南京医科大学第一附属医院(江苏省人民医院)的一项系统评价显示 tDCS、TMS 可有效提高慢性意识障碍患者意识水平, 意识障碍的病因、意识障碍病程及入组时意识水平是影响非侵入性脑刺激技术疗效的重要因素, 进一步为非侵入性脑刺激技术的临床运用提供了重要参考依据^[24]。比利时列日大学昏迷科学研究中心的 Laureys 课题组发现^[25], 最小意识状态患者对经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)干预后康复疗效的应答程度与患者左侧背外侧前额叶、内侧前额叶、丘脑等脑区的灰质体积萎缩和葡萄糖代谢降低有关, 提示长程皮层-丘脑神经环路在意识障碍恢复中的重要作用, 并有望为制定更有针对性的 tDCS 康复干预方案提供指导。该课题组后续的进一步研究发现, 由照护者给予 4 周的居家 tDCS 康复干预, 可以改善慢性微意识状态患者的意识水平^[26]。先前的探索性小样本研究发现, 连续 4 周的 5Hz 重复经颅磁刺激(repeated TMS, rTMS)干预右侧背外侧前额叶可以改善脑卒中意识障碍患者的意识水平, 增加脑电 α 频段的相对能量、降低躯体感觉诱发电位 N20 的潜伏期^[26]。类似的发现, 也在使用间歇性 θ 爆发刺激干预左侧背外侧前额叶改善意识障碍的小样本研究中得到重复^[28]。2021 年, 来自南方医科大学南方医院康复医学科的何任红团队在 Brain Stimulation 上发表了一项高质量随机对照临床试验(randomized controlled trial, RCT), 证明 10Hz 的 rTMS 连续干预意识障碍患者的左侧背外侧前额叶可以改善患者的 JFK 改良昏迷恢复量表评分并提高血清雌激素水平, 尤其是康复应答好的 responder 比康复应答差的 non-responder 改善更明显。更重要的是, 患者的意识水平改善程度与血清雌激素水平的升高正相关^[29]。^[24]

(2) 非侵入性外周神经电刺激技术

2023 年, 来自中山大学附属孙逸仙纪念医院康复医学科的马超团队在 Brain Stimulation 上发表的一项高质量 RCT 显示, 连续 4 周的外周三叉神经电刺激可以提高意识障碍患者的格拉斯哥昏迷量表和改良昏迷恢复量表评分, 并提高了右侧楔前叶、双侧扣带回中部、右侧旁海马等脑区的葡萄糖代谢水平^[30]。近期, 一项发表于国际顶级权威期刊 Intensive care medicine 的大样本、多中心、国际协作

的 RCT 研究显示，右侧正中神经电刺激可以改善急性创伤性昏迷患者的意识水平并有更大概率获得良好预后^[31]。最近，南京医科大学第一附属医院康复医学中心发起了一项关于耳迷走神经刺激干预慢性意识障碍患者的多中心三盲 RCT，目前已取得初步成果，或为慢性意识障碍患者的促醒治疗提供新的治疗选项。

(3) 其他治疗方法

包括药物治疗、高压氧治疗、有创神经调控治疗（如脑深部电刺激、脊髓电刺激等）、综合康复治疗等，药物和高压氧治疗的临床疗效尚无充足证据，有创神经调控治疗不作为常规康复促醒前的优先选择，综合康复治疗主要是为了维持患者整体的功能状况，较少并发症，为患者意识恢复及恢复后可能重返家庭和社会做好准备^[32]。

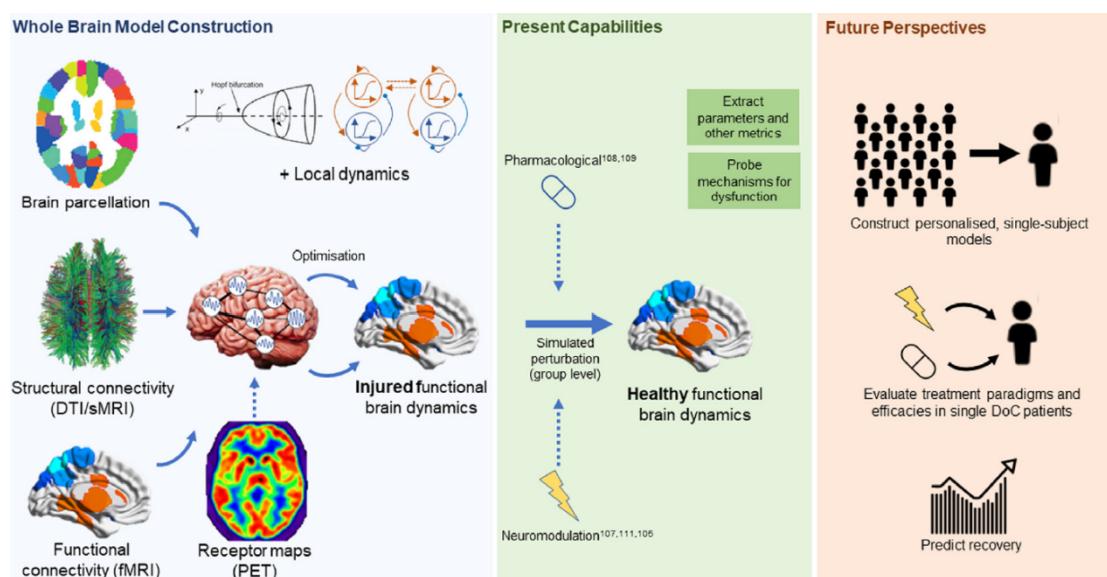


图 3 基于神经影像数据和全脑计算建模的意识障碍康复诊疗框架^[21]

2.2 肺功能障碍

2.2.1 肺功能障碍评估的关键技术

(1) 常规评估

常规评估包括主要症状评估及体格检查。肺功能障碍患者常伴有咳嗽、咳痰、胸闷、胸痛、呼吸困难、喘息、易疲劳等部分症状。需注意问询各症状的细节信息，如发作部位、频率、性质、性状、影响因素及伴随症状等。同时，应结合视触叩听四诊，对患者呼吸模式、胸廓形态、胸廓扩张度及呼吸音等进行评估。对于呼吸困难患者，可结合 Borg 呼吸困难指数可视化评分、改良英国医学研究委员会呼吸困难量表对症状严重程度进行评价。对于胸痛的患者，则可采用视觉

模拟量表评分法进行疼痛程度的判断。常规评估的内容，有助于评估者对患者肺功能状态形成初步的判断及印象，但由于评估内容受到操作者主观意识、专业水平，以及患者响应程度的影响。因此，有必要结合多个维度的客观指标以对患者肺功能状态综合评价。

（2）血液学指标评估

血液检查：血常规中炎症相关指标、C 反应蛋白以及降钙素原等升高，提示机体感染可能，感染的严重程度与其升高水平存在一定关联。**D-二聚体**可作为筛查肺栓塞、深静脉血栓等风险的重要指标，其升高亦与感染的发生密切相关。各指标应注意动态评估其变化，以分析疾病的进展或缓解。当血常规等提示感染存在时，可结合序贯器官衰竭评分，判断有无脓毒症可能，以更充分地判断患者感染的严重程度^[33]。

动脉血气分析：通过动脉血气各参数的数值，可以判断病人是否存在呼吸性酸中毒或碱中毒及呼吸衰竭类型、是否存在代谢性酸中毒或代谢性碱中毒等情况。动态血气分析监测，则能良好反应呼吸功能状态的变化趋势。中华医学会重症医学分会《机械通气临床应用指南》指出，充分氧疗后，氧分压仍小于 50mmHg，二氧化碳分压进行性升高，pH 动态下降，是有创机械通气的运用指征之一。系列研究显示，氧合相关参数的改善则是患者脱机前自主呼气试验开展许可的重要依据，与成功脱机呈正相关趋势^[33]。2023 年《成人气管切开拔管中国专家共识》建议，未予氧疗干预下，指脉氧 $\geq 90\%$ ，氧分压 $\geq 60\text{mmHg}$ 且二氧化碳分压 $\leq 50\text{mmHg}$ 可作为拔管条件之一^[36]。此外，近期一项系统显示，氧分压的下降及肺泡-动脉血氧分压差升高与特发性肺纤维化急性加重存在一定关联^[37]。

（3）呼吸功能评估

血氧饱和度评定：重症患者血氧饱和度的评定和判读有助于掌握患者基本的呼吸循环功能状态，评定时可直接通过监护仪数据获取，并记录在重症康复评定记录表中，正常参考值为 95%-100%。

肺功能检查：常用指标包括潮气量、残气量、深吸气量、肺活量、功能残气量、肺总量、用力肺活量 (forced vital capacity, FVC)、第 1 秒用力呼气量 (forced expiratory volume in one second, FEV₁)、吸气峰流速、咳嗽峰流速、最大呼气压等。其可以反应病人呼吸功能障碍类型、呼吸受限情况，并可提示并避免某些特

殊治疗风险，引导针对性康复处方的定制。首都医科大学附属北京朝阳医院一项系统显示，肺活量、FVC 及肺总量的下降与特发性肺纤维化急性加重风险的升高相关^[37]。另一项回顾性队列研究则表明， $FVC < 50\%$ 及一氧化碳弥散量 $\leq 35\%$ 是纤维化间质性肺病患者进行性肺纤维化的独立危险因素^[38]。肺功能检查对于术后患者并发症的发生及生存结局预后亦存在重要的预测价值。Rothman 等研究表明， FEV_1/FVC 比值与经皮肺穿刺活检术后并发症的发生风险呈负相关趋势^[39]。两项队列研究分别显示，术前 $FEV_1/FVC < 75\%$ 是心胸及腹部手术术后发生肺部并发症的独立预测因子^[40]；而肺切除术后肺活量的长期下降，则是影响患者生存率的重要危险因素^[41]。

(4) 气道保护能力评估

呼吸肌肌力：呼吸肌力量为患者自主呼吸能力、咳嗽效力、分泌物清除能力的基础。其力量低下对呼吸系统、循环系统都会造成一定影响，并严重影响病人运动表现及生活质量。常用指标包括最大吸气压、咳嗽峰流速（peak cough flow, PCF）、最大呼气压（maximal expiratory pressure, MEP）等。研究显示，PCF 的降低与重症患者脱机失败风险升高密切相关，呼吸泵衰竭是造成重症患者脱机失败最常见的原因之一^[35]。系列研究表明， $PCF > 160L/min$ 、 $MEP \geq 40 \text{ cmH}_2\text{O}$ 及经口吸气峰流速 $> 60L/min$ 是气管切开患者成功拔管的重要预测因子^[42, 43]。2023 年南京医科大学第一附属医院牵头的《成人气管切开拔管中国专家共识》建议，呼气肌力量可作为拔管前评估项目之一。患者未达成 $PCF > 160L/min$ 且 $MEP \geq 40 \text{ cmH}_2\text{O}$ 条件时，暂不宜决策拔管^[36]。

咳嗽效力：是否可以进行有效的咳嗽是预防呼吸道并发症、改善肺部炎症、有效脱机拔管的重要指征。简易咳嗽效力评级见表 1。研究显示，咳嗽效力的强弱是社区获得性肺炎老年患者群体误吸发生的有力预测因子^[44]。Ibrahim 等研究表明，咳嗽效力等级与机械通气患者脱机拔管成功率呈正相关，咳嗽效力 5 级的患者中约有 81.3% 的个体成功拔管，而 0 级的患者则均未实现成功拔管^[45]。2023 年，重症监护杂志一项研究以听力计测量的三次咳嗽的平均音量作为患者咳嗽效力的评价指标，并命名为 Sonoscore 评分。结果显示，Sonoscore 预测拔管失败的 ROC 曲线下面积达 0.91，以 $Sonoscore < 67.1$ 分贝预测拔管失败风险时，其敏感性高达 93%，特异性则为 82%^[46]。此外，咳嗽效力强弱对于预测肺功能障碍患

者生存结局亦有一定价值。重庆医科大学第一附属医院一项研究显示，65 岁以上肺炎患者群体中，咳嗽能力缺失与无创机械通气失败及死亡风险升高相关^[47]。该机构另一项研究则表明，在拔管就绪状态的慢性阻塞性肺疾病（chronic obstructive pulmonary disease, COPD）患者中，咳嗽能力强弱与拔管后两年内的死亡率呈负相关趋势^[48]。

表 1 咳嗽效力等级

等级	咳嗽情况
0 级	无咳嗽动作
1 级	咳嗽时有气流音，但无咳嗽音
2 级	咳嗽音微弱
3 级	可听到明显咳嗽音
4 级	可听到较大咳嗽音
5 级	可做连续性有效咳嗽

痰液性状：通过观察病人痰液的颜色、性状和量可以了解到病人的感染情况与疾病进展，并可作为评估康复训练效果的标准之一，同时为治疗方案的调整提供参考。黏液痰、黏液浓痰、浓痰分级方法见表 2。一项回顾性队列研究显示，每 2 小时吸痰大于 1 次是机械通气患者拔管后再插管的独立预测因素^[49]。一项发表于新英格兰杂志的 RCT 显示，对于排除昏迷、神经肌肉疾病、气道阻塞等情况的气管切开患者，连续观察 24 小时，每 8h 吸痰≤2 次时予以拔管，其拔管成功率高达 97.6%，拔管所需时间较常规堵管后拔管策略明显缩短^[50]。《成人气管切开拔管中国专家共识》则建议，吸痰频次可作为拔管前评估项目之一。患者未达成 24 小时内每 8h 吸痰次数≤2 次条件时，暂不宜决策拔管^[36]。此外，条件允许时，可采用纤维支气管镜收集患者深部痰液或肺泡灌洗液，进行微生物培养及基因组学、蛋白组学等研究，以为评估患者病情及指导进一步治疗提供客观化证据。

表 2 痰液性状评级

等级	痰液性状
M1	黏液状，无肉眼可见脓液

M2	大部分黏液状液体，含有肉眼可见白脓痰
P1	1/3 脓液，2/3 黏液状液体
P2	2/3 脓液，1/3 黏液状液体
P3	>2/3 脓液

(5) 影像学评估

X 线、CT：通过 X 线与 CT 可以评估肺部感染、肺间质改变、肺不张、气胸、胸腔积液等情况，以指导临床及康复治疗方案的制定。其中，气胸未处理是胸部物理治疗的禁忌证之一，情况稳定后则应及时开展治疗。一项大型队列研究显示，影像提示的网状结构是进行性胸膜下非纤维化间质性肺异常的危险因素^[51]。另两项回顾性研究分别表明，肺间质性肺气肿是预后不良的独立因素，存在引发气胸、纵隔肺气肿的风险^[52]；CT 检查下肺气肿的严重程度与经皮肺穿刺活检术后并发症的发生风险呈正相关趋势^[39]。此外，肺部感染是机械通气患者脱机失败的重要风险因素。肺部感染是否得到有效控制亦为气管切开拔管前评估的常规项目之一^[35]。

膈肌超声：通过超声检查评估膈肌功能在临幊上可以应用于：评价早期康复治疗（如膈肌功能康复）效果、预测机械通气病人的脱机能力、评价脱机失败的原因、诊断 ICU 获得性衰弱（ICU acquired weakness, ICU-AW）等。膈肌超声评估内容主要包括膈肌厚度、膈肌厚度变化率及膈肌运动幅度。一项系统评价显示，膈肌超声对机械患者脱机的预测具有一定的运用价值。其中膈肌运动幅度预测成功脱机的整合敏感性及特异性均为 80%，膈肌厚度变化率预测成功脱机的整合敏感性及特异性则分别为 85% 及 75%^[53]。

核磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）：肺部 MRI 具有良好的软组织对比度和空间分辨率，主要包括肺部 MRI 解剖成像技术、肺部 MRI 功能成像技术及肺部 MRI 定量技术等。其中，肺部 MRI 功能成像技术可通过单次吸入超极化惰性气体、吸入放射性核素及静脉注射对比剂等，可反映肺通气功能、肺内气体交换及肺血管的流量等情况。

(6) 危险因素评估

危险因素的评估主要包括意识状态评估、合并症评估、生活方式评估、活动

能力评估、吞咽功能评估及侵入性操作评估等。大量研究显示，意识障碍是脑卒中、脑外伤患者发生医院获得性感染的独立危险因素。意识水平评估可参照意识障碍康复诊断（评估）的关键技术，综合行为学量表、神经电生理及神经影像学等维度进行评定。生活方式（吸烟、运动锻炼等）是影响呼吸系统并发症发生率的重要危险因素之一。生活方式评估主要包括：吸烟史（烟龄）、每日吸烟量、吸烟频率、吸烟指数（每日吸烟支数×吸烟年数）等；运动锻炼情况，即每日运动时间、每周运动天数、运动方式、运动强度等。另系列研究表明，吞咽功能的障碍则是机械通气患者以及气管切开患者发生吸入性肺炎的重要危险因素^[54]。其常用的评估措施包括：改良版容积-粘度测试、吞咽功能评估量表、X 线吞咽造影录像、电视内镜下吞咽功能检查等。

（7）体适能评估

心肺运动试验：通过实时监测人体在休息、运动及运动结束时的恢复期的摄氧量、二氧化碳排出量、通气量等气体指标，以及心电图、血压等变化，综合评价患者运动反应、心肺功能储备和功能受损程度的检测方法。与肺功能相关的常用指标包括潮气量、呼吸频率、分钟通气量、运动振荡通气、氧通气当量、二氧化碳通气当量、生理无效腔/潮气量比值、肺泡与动脉氧分压差、呼吸储备、二氧化碳排出通气斜率、以及动脉血、潮气末和混合呼出气二氧化碳分压等。一项前瞻性观察性显示，二氧化碳排出通气斜率与系统性硬化症相关间质性肺病患者的预后密切相关，是患者新发血管并发症及 5 年内死亡的独立危险因素^[55]。另一项研究则表明，峰值负荷的降低与特发性肺纤维化患者睡眠相关呼吸障碍的发生密切相关^[56]。

简易心肺功能测评：常用的心肺功能测评运动工具除心肺运动试验外，还包括 6 分钟步行试验和穿梭行走试验。其中，前者可通过测定特定时间内一定水平过程中受试者可步行的距离，初步评估运动能力、心肺耐力、对日常生活活动的适应能力。2018 年《中国社区心肺康复治疗技术专家共识》推荐将 6 分子步行距离（6-minute-walk distance, 6MWD）用于心肺功能等级评价，并划分如下等级：6MWD<300m 为 1 级、300~374.9m 为 2 级、375~449.9m 为 3 级、>450m 为 4 级。一项系统评价表明，6MWD 降低为 COPD 患者急性加重、住院及死亡风险升高的危险因素^[57]。近期，一项观察性研究显示，6MWD 的下降与 COVID-

19 患者肺部后遗症的发生密切相关。由年龄、并发症、D-二聚体、6MWD 等构成的评分量表对此类患者肺部后遗症的发生具有良好的预测价值^[58]。

2.2.2 肺功能障碍康复治疗的关键技术

(1) 肺不张康复治疗关键技术

体位管理：良好的体位管理可通过变化体位优化通气/血流比值，以改善患者通气和换气功能，而不良的体位则可能加速或加剧肺不张的发生。其中，仰卧位虽有利于患者充分休息，但会引起胸壁横向直径减小、功能残气量降低，增加肺不张及误吸风险，目前已逐渐退出主流体位管理策略。直立位则可减少来源于心脏、腹内压及腹腔积液对肺脏的压迫，而有利于压迫性肺不张的改善，但重症患者常难以执行。俯卧位通气可使背部肺组织复张，并促进痰液排除。一项研究则显示，在新型冠状病毒肺炎所致的呼吸窘迫综合征患者中，俯卧位与仰卧位相比，其在呼气末正压低水平支撑下肺萎陷减少^[59]；多项研究表明，俯卧位引流或通气，可有效减少肝切除术后、肺移植患者术后、脑死亡后肺移植供体肺不张发生率，并改善其氧合^[60, 61]。提示俯卧位通气患者对预防及改善重症或重大手术后患者肺不张及氧合等情况具有一定优势。关于半卧位，一项网状 Meta 分析显示，与仰卧位相比，头及躯干抬高的体位管理可以降低重症患者肺炎发生率及死亡率^[60, 61]，提示半卧位可作为肺不张患者预防肺部感染的可行方案之一。

徒手/呼吸机过度通气：徒手/呼吸机过度通气又称膨肺技术，为模拟咳嗽过程中的深吸气、憋气和有力呼气等环节，以期促进分泌物的清除并重新膨胀肺部已塌陷区域的治疗技术。一份病例报告显示，首次徒手过度通气治疗后，高位脊髓损伤患者肺不张影像表现得到显著改善，且该改善效应于后续治疗过程中及治疗后随访期内稳定呈现^[63]。一项小样本 RCT 显示，单次徒手过度通气治疗并不能减少腹部手术后患者肺不张比例，但可显著改善患者潮气量、浅快呼吸指数及氧合指数^[64]。多项系统评价显示，徒手/呼吸机过度通气可显著改善患者肺顺应性及氧合，促进气道潴留痰液清除，且具有良好的安全性^[65]。此外，一项关于儿童机械通气患者的研究亦表明，徒手过度通气可有效提高潮气量、静态肺顺应性，并加强气道分泌物的清除^[66]。综上，徒手/呼吸机过度通气或为重症患者肺不张的可选康复举措之一，其对重症患者肺功能改善具有良好的疗效，且安全性较佳。

呼吸训练：呼吸训练为肺功能障碍康复的基础，可通过纠正呼吸模式、提高

肺顺应性及增强呼吸肌力量等，重建正常的呼吸模式以改善患者的肺功能。多项系统评价显示，术后呼吸训练可有效降低肺癌术后患者肺不张发生率，并能提高患者用力肺活量（forced vital capacity, FVC）及第 1 秒用力呼气容积（forced expiratory volume in the first second, FEV₁）/FVC 比值^[67]。另一项系统评价则表明，术前于吸气肌训练可降低心脏及腹部重大手术患者术后肺不张、肺炎发生率，并减少其住院时间^[68]。

此外，教育、早期运动、体位引流、咳嗽训练、振荡排痰等均能一定程度上改善肺不张患者肺功能，而可作为肺不张患者康复治疗辅助方案。

（2）呼吸肌无力康复治疗关键技术

呼吸肌训练：改善呼吸肌肌力及耐力的过程称为呼吸肌训练。其中，吸气肌训练主要包括阈值负荷训练、目标流阻吸气训练及增强呼吸肌耐力训练等。一项来自南京医科大学第一附属医院康复医学中心的系统评价显示，吸气肌训练可有效改善脑卒中患者的用力肺活量、第 1 秒用力呼气容积、最大吸气压、吸气肌耐力，并降低肺部感染发生率。并根据亚组分析建议此类患者有效的吸气肌训练方案为每天>20 分钟，每周 3 次，持续 3 周^[69]。此外，一项国际专家调查亦表明，吸气肌训练可有效提高重症患者吸气肌肌力，改善其肺功能，并具有良好的安全性^[70]。阈值负荷训练较目标流阻吸气训练更利于标准化康复的实现，但目前仍缺少针对吸气肌各种训练方式疗效的直接比较研究。一项探索性研究显示，与阈值负荷训练比较，目标流阻吸气训练可更好地改善患者肺容量及吸气流速，但两者在呼吸努力、呼吸功、呼吸困难的改善方面无显著差异^[71]。另一项系统评价的亚组分析提示，阈值负荷训练较其他吸气肌训练方式能更好地提高重症患者吸气肌力量^[72]。关于呼气肌训练的设备及研究仍较为少见，近年来，相关的新型呼气肌训练设备正逐步进入临床，但其尚需更多的研究证明呼气肌训练对重症患者肺功能康复的益处。

呼吸电刺激技术：呼吸电刺激技术主要包括膈肌电刺激、腹肌电刺激等。膈肌电刺激可通过手术植入电极片、经脉电极植入及经皮电刺激等方式刺激膈神经或膈肌实现。研究表明，经皮膈神经电刺激可有效增强重症患者膈肌厚度、膈肌移动度，提高最大吸气压、最大通气量，加速机械通气患者脱机^[73]。腹肌电刺激则为通过刺激腹壁肌群，促进呼气肌规律性活动，以期提高呼气肌肌力及耐力的

物理治疗技术。其可有效提高脑卒中、重度 COPD、急性脊髓损伤等患者 FVC、FEV₁、呼气峰流速及最大呼气压，并可加快机械通气患者脱机，减少其 ICU 滞留时间^[74]。鉴于呼吸肌协同运转的重要性，近年来膈肌电刺激联合腹肌电刺激的干预方式或设备逐渐受到青睐。初步研究显示，与单一的膈肌电刺激比较，膈肌及腹肌联合电刺激干预在提高 FVC、FEV₁ 及运动耐力等方面更具有优势。

(3) 气道廓清关键技术

气道吸引：重症患者自主咳嗽排痰能力常欠佳，应按需吸痰。近期一份专家共识表明^[75]，按需吸痰时需注意：①吸引负压通常为 80~120mmHg，特别粘稠的分泌物可适当增加负压到 150mmHg；②单次吸痰的时间不要超过 15 秒，连续吸痰不超 2 次；③吸痰前后通过输送纯氧至少 30 秒进行氧储备，以防止指脉氧下降。对于气管切开并予气囊固定患者，多项 RCT 显示，与常规气囊导管比较，应用带声门下吸引的气管套管，无论是否持续吸引，均可显著降低肺炎发生率。

呼吸训练技术：呼吸训练技术包括主动呼吸循环技术、用力呼气技术、自体引流等，其技术费用较低，但需较高的配合度。一项来自中山大学癌症中心的研究显示，主动呼吸循环技术可有效促进食管癌术后患者痰液的清除，并降低其术后肺部并发症的发生率^[76]。另一项吉林大学护理学院研究表明，主动循环呼吸技术可显著改善重度 COPD 患者痰液产生和呼吸功能^[77]。2023 年欧洲呼吸学会基于文献回顾的声明显示，主动呼吸循环技术、用力呼气技术是应用于支气管扩张患者最为广泛的气道廓清技术^[78]。一项近期的系统评价表明，主动呼吸循环技术在促进分泌物清除，改善患者肺功能、生活质量、血氧饱和度方面与其他常规的气道廓清技术相当^[79]。

机械辅助气道廓清技术：可分为高频胸壁震荡、呼气末正压、机械吸入-呼出治疗、纤维支气管镜肺泡灌洗等，主要通过气道震荡、气流冲刷及负压吸引等途径，促进气道痰液松动、液化及引流。研究显示，高频胸壁震荡可良好应用于机械通气、急性呼吸衰竭、重症 COPD 患者气道痰液的廓清，改善患者肺部炎症、肺通气面积及氧合情况，且能有效减少心脏及腹部重大手术后肺部并发症的发生^[80]。呼气末正压可应用于 COPD、支气管扩张、囊性纤维化及术后患者的肺康复治疗。一项 Meta 分析表明，呼气末正压可有效改善胸部外伤患者呼吸肌肌力、肺容量及呼吸困难症状，且具有良好的安全性^[81]。另多项研究显示，纤维支

气管镜肺泡灌洗可有效清除气道分泌物，改善重症患者肺功能，减少其机械通气及 ICU 住院时间，并为临床药物治疗提供重要参考。尽管不同的机械辅助气道廓清技术疗效存在部分差异，但多篇 Meta 分析显示，目前尚无充分的证据证实一种机械辅助气道廓清技术优于另一种技术^[82]。机械辅助技术的选择应综合患者病情、患者意愿及科室设备基础等因素综合考量。

机械吸入-呼出治疗（mechanical in-exsufflator, MI-E）：MI-E 是通过为上气道提供正压，使肺达到最大程度的扩张，随后气道压力突然逆转为负压，从而模拟咳嗽过程的一种气道廓清技术。其主要应用于神经肌肉疾病及重症患者，以提高患者咳嗽效能，从而有助于分泌物的清除。多项研究显示，MIE 可有效提高神经肌肉疾病患者咳嗽峰流速，降低肺不张及肺炎发生率，且患者耐受性良好^[83]。MIE 可与无创正压通气联合运用。研究表明，两者联合运用可有效降低神经肌肉疾病急性呼吸衰竭插管率，减少 ICU 滞留时间及总住院时长，并改善其循环及呼吸相关参数^[84]。

其他气道廓清技术：体位引流、扣拍及振动为既往气道廓清的经典组合，但体位引流需要患者长期保持相同姿势，患者耐受性欠佳，而扣拍及振动则常由于力度及频率不足，导致治疗效果欠佳，这一既往经典组合的适用性及疗效仍有待进一步明确。近年来，气道廓清治疗的开展强调将体位管理和运动纳入以形成综合管理模式，以期通过患者整体功能的改善强化气道廓清的效力。

2.3 肢体功能障碍

2.3.1 肢体功能障碍康复评估的关键技术

2.3.1.1 安全性评估

保证重症患者早期活动的安全性，尽量减少风险，必须在物理治疗干预前对病人进行评估。重症病人早期活动包括床上及离床运动。专家共识为 ICU 病人早期活动建立了安全性标准，详见表 3 至表 6。需注意的是，重症患者临床病情变化快，因此除了第一次仔细评估确定病情稳定可以康复治疗，还需要每天对患者进行快速评估，以确保康复治疗的安全性

表 3 至表 6 中的○、△、◇分别代表如下意义：

○： 代表发生不良事件风险低，按照 ICU 的每个规则和程序照常进行

△： 代表不良事件的潜在风险和后果高于○，但活动带来的潜在好处可能会超

越潜在风险和后果；在活动开始前应该明确预防措施和禁忌证，一旦开始活动，要考虑循序渐进、慎重活动

◇：代表不良事件的重大潜在风险和后果，除非重症治疗专家与高级物理治疗师、高级护理人员协商后特别授权，否则不可进行主动活动

表4、表5中●、▲、■分别代表如下意义：

●：意外事件发生风险低，可以离床活动

▲：意外事件发生风险和影响较大，但是早期离床实施的效果更明显

■：意外事件发生风险和影响大，在有经验的治疗师和护士讨论并达成统一意见前，不建议积极实施离床治疗

表3 神经系统早期活动安全性标准

神经系统评估项目	床上活动	离床活动
意识等级		
病人昏昏欲睡、平静或躁动不安（例如RASS评分-1到1）	○	○
病人轻度镇静或烦躁（例如RASS评分-2到2）	△	△
病人无法苏醒或深度镇静（例如RASS评分<-2）	△	◇
病人非常躁动或有攻击性（例如RASS评分>2）	◇	◇
谵妄		
利用工具（例如CAM-ICU）诊断病人谵妄为阴性	○	○
利用工具诊断病人谵妄为阳性但可以遵循简单的指令	○	△
利用工具诊断病人谵妄为阳性且不能遵循指令	△	△
颅内压		
经过积极的颅内压管理，病人颅内压仍无法达到目标范围	◇	◇
颅内压监测无需积极处理的颅高压	○	△
其他神经系统注意事项		
颅骨切除术	○	△
开放式腰椎引流（非夹持）	○	◇
帽状腱膜下引流	○	△
脊柱损伤预防（清创或固定之前）	◇	◇
急性脊髓损伤	○	△

蛛网膜下腔出血伴未钳夹的动脉瘤	○	△
动脉瘤钳夹术后血管痉挛	○	△
未控制的癫痫发作	◇	◇

表 4 呼吸系统早期活动安全性标准

呼吸系统评估项目		床上运动	离床运动
插管			
气管内插管	●	●	
气管切开插管	●	●	
呼吸功能			
FiO ₂	≤0.6	●	●
	>0.6	▲	▲
SpO ₂	≥90%	●	●
	<90%	▲	■
呼吸频率	≤30次 / min	●	●
	>30次 / min	▲	▲
机械通气			
高频振荡（HFOV）模式	▲	■	
PEEP			
≤10cmH ₂ O	●	●	
>10cmH ₂ O	▲	▲	
和机械通气不同步	▲	▲	

抢救治疗

一氧化氮	▲	▲
环前列腺素	▲	▲
俯卧位呼吸	■	■

表 5 循环系统早期活动安全性标准

循环系统评估项目	床上运动	离床运动
血压		
静脉应用降压药物	■	■
平均动脉压		
低于目标值且出现相关症状	▲	■
使用血管活性药物或器械辅助时仍低于目标值	▲	■
在未使用或仅使用低水平辅助下血压高于正常范围最低限	●	●
在使用中等水平辅助下，血压高于正常范围最低限	▲	▲
在使用高水平辅助下，血压高于正常范围最低限	▲	■
确诊或可疑为严重的肺高压	▲	▲
心律失常		
缓慢性心律失常	需药物治疗（异丙肾上腺素）或紧急置入心脏起搏器	■
	无需药物治疗或紧急置入心脏起搏器	▲
经静脉或经心外膜置入心脏起搏器		
起搏心律	▲	■

稳定自主心律	●	●
快速性心律失常		
心率>150次 / min	▲	■
心率120~150次 / min	▲	▲
心率<120次 / min	●	●
装置		
主动脉内球囊反搏 (IABP)	●	■
体外膜肺氧合 (ECMO)	经大腿或锁骨下置管	● ■
	经中心静脉置管	● ▲
左心室辅助装置	●	●
肺动脉导管或持续性心输出量监测设备	●	▲
其他循环系统指标		
任何原因引起的休克伴有乳酸浓度>4mmol/L	▲	▲
确诊或可疑诊为急性DVT和肺栓塞	▲	▲
确诊或可疑诊为重度主动脉瓣狭窄	●	▲
心肌缺血	▲	■

表 6 其他系统早期活动安全性标准

其他	床上活动	离床活动
外科		
稳定或不稳定大骨折 (骨盆、脊柱、下肢长骨)	△	◇
大开放性手术伤口 (胸部或胸骨、腹部)	○	◇
医疗		

已知不受控制的流动性出血	◇	◇
因出血风险增加，怀疑有流动性出血	○	△
病人发热，采取了积极的物理或药物降温治疗，体温仍超过可接受的最高温度	△	△
积极的低体温管理	△	△

其他注意事项

ICU获得性衰弱	○	○
连续性肾脏替代疗法（包括股透析疗法）	○	○
静脉和动脉股导管	○	○
股动脉鞘管	△	◇
所有其他的引流和附属装置（鼻胃管、中心静脉导管、胸膜引流管、伤口引流管、肋间导管、输尿管导管）	○	○

2.3.1.2 运动功能评定

(1) 整体运动功能评定

1) 非特异性评估工具

非特异性评估工具是指适用于评估所有患者康复水平的研究工具，主要评估患者的自我照护能力，即日常生活活动能力（activities of daily living, ADL），常用的量表有 Barthel 指数（Barthel index, BI）量表、Katz 日常生活活动（Katz activities of daily living, Katz-ADL）量表、功能独立性评定（functional independence measurement, FIM）量表。其中 BI 是我国 ICU 中常用的量表，该量表是目前临床应用最为广泛的生理功能评估工具，耗时短，且简单便捷，但是 BI 缺乏对危重症患者有重要意义的临床指标变化趋势的反应性，部分项目（如洗涤、上下楼梯等）对我国 ICU 患者并不适用，因此需要继续完善和发展。Katz 与 BI 相比，删去了上下楼梯等条目，主要用于评估老年人的日常活动，但是对于低功能状态的 ICU 患者来说，该量表的使用仍然受限。FIM 包含了运动功能独立性和认知功能独立性两个方面，测试较为全面，但是预计评估时间较长，主要用于脑卒中后康复的患者，亦限制了 FIM 在 ICU 中的使用。

2) 特异性评估工具

特异性评估工具是针对 ICU 患者及环境的特殊性，契合 ICU 早期康复“尽早离床活动”的理念而编制，用于评估 ICU 患者的康复状况。该类量表针对于 ICU 患者及环境的特殊性，主要涉及活动状况的评估，如体位转移及行走等，以及预测患者出 ICU 的去向等。主要包括 ICU 功能状况量表 (functional status score for the intensive care unit, FSS-ICU)、ICU 活动量表 (ICU mobility scale, IMS)、Perme-ICU 活动评分量表、外科优化康复评分量表(surgical optima mobility score, SOMS)。评估可以帮助确定哪些人可能需要康复干预，也可以评估病人对所进行的干预的反应。

FSS-ICU 量表：FSS-ICU 量表是基于 FIM 量表发展而来，包含了 FIM 量表中的 2 项运动功能条目和 3 项 ICU 环境相关性附加条目，共包括翻身、卧位-坐位转移、床边坐位、坐位-站位转移以及行走等 5 项功能性条目，采用 FIM 量表的评分标准，每项分值设为 1~7 分，1~2 分属于完全依赖，6~7 分为无需他人帮助、自己独立完成，总分为 35 分，如果患者因功能受限或病情无法完成指令则为 0 分，分值越高提示患者功能状态越好。Thrush 等采用 FSS-ICU 量表了解物理治疗和作业治疗对 ICU 患者功能状况改善的影响，结果显示，出院时患者的 FSS-ICU 评分均值从 9 分 (3~17 分) 提高到了 14 分 (5~24 分)，患者的功能状况得到明显改善。示 FSS-ICU 量表对患者出院时的去向具有一定的预测性。目前国内尚无该量表的中文版，亦未见应用报告。

ICU 活动量表 (ICU mobility scale, IMS) : IMS 量表由 Hodgson 等研制，用于 ICU 成人患者的活动功能状态评估。该量表根据无活动（卧床）、床上活动、床-椅转移、床边活动，行走等将患者的活动功能客观量化地分为 11 个水平，分值为 0~10 分，分值越高说明活动功能越好。该量表各条目简单明了、，易于理解，所需评估时间短 (<1min)，评定者间的组内相关系数为 0.80，加权 Kappa 系数为 0.69~0.83，信效度良好，适用于物理治疗师和护理人员对 ICU 患者活动功能的评估。Tipping 等采用该量表对 192 例 ICU 患者进行测试，结果显示，IMS 的结构效度与患者肌力 ($r=0.64, P<0.001$) 和 ICU-AW ($P<0.001$) 有关，与患者的体质量 ($r=0.06, P=0.47$) 及性别 ($P>0.10$) 无关；IMS 能预测 ICU 患者 90d 的生存率和出 ICU 时的去向（直接出 ICU 回家），但不能预测出 ICU6 个月后的生存情况；IMS 能较敏感地反映 ICU 患者活动功能的变化情况，具有较

大的效应量 ($d=0.8$, $P<0.001$)，且出 ICU 时患者 IMS 无实质性天花板效应和地板效应，出 ICU 时 IMS 为 0 分的患者占 14%，10 分患者占 4%。国内尚未见相关研究。

Perme-ICU 活动评分量表：该量表是由美国学者 Perme 等编制，用于评估 ICU 患者完成指定活动的能力，尤其是 2min 内的行走能力。Perme-ICU 活动评分量表可快速地评估出 ICU 患者接受物理治疗后的效果，所需评估时间不超过 2min，共涵盖精神状况、潜在活动障碍、功能力量、床上活动、转移、步态和耐力等 7 个维度 15 项条目，其中“潜在活动障碍”这一条目主要用于评估 ICU 特定环境对患者活动的影响。每项目的最大分值范围为 2~4 分，总分为 32 分，总分越高提示潜在活动障碍越少，可减少患者活动时的辅助；反之则潜在活动障碍越多，患者活动时需增加辅助。Nawa 等采用 Perme-ICU 活动评分量表对心内科 ICU 患者进行测评，除仰卧位位体位变-坐化维度 Kappa 系数为 0.60 外，其余各维度系数为 0.73~1.00，且组内相关系数系数为 0.99，具有较好的信效度。

SOMS 量表：SOMS 量表是由 Kasotakis 等于 2012 年编制，用于评估外科 ICU 患者的康复水平，预测患者的病死率及住院时间与住 ICU 时间。SOMS 量表采用 5 级（0~4 级）数字评定法量化患者的康复能力，0 级提示患者存在严重血流动力学不稳定或呼吸功能不全等因素，不适宜进行康复；1 级提示患者可接受床上的被动全范围活动；2 级提示患者能进行床上坐位训练；3 级提示患者可进行有或无辅助的站立训练；4 级提示患者能进行行走练习。分值越高，患者的好，活动能力越病死率越低，住院时间和住 ICU 时间越短。SOMS 量表目前已被翻译成德语和意大利语，目前尚未授权中文版。Piva 等采用 SOMS 量表对内科 ICU、外科 ICU 及神经 ICU 患者进行测试，结果显示，入 ICU 后的 SOMS 量表评定能预测 ICU 患者的住 ICU ($Rr=0.89$, $95\%CI:0.80\sim0.99$, $P=0.025$) 及住院时间 ($Rr=0.84$, $95\%CI:0.79\sim0.89$, $P<0.001$)，SOMS 的改善与住院病死率降低有关 ($Or=0.07$, $95\%CI:0.01\sim0.42$, $P=0.004$)，具有良好的预测性，评定者间的 Spearman ρ 系数为 0.84~0.98，一致程度>80%。与非特异性康复评定工具相比，ICU 特异性康复评定工具更注重患者运动能力（如坐、站、行等）的评价，这与 ICU 早期康复理念强调患者“离床活动”目标相契合。除了能评价患者的活动能力，ICU 特异性康复评定工具对 ICU 患者的预后有一定的预测性，如 FSS-ICU、

IMS 及 SOMS 量表。尤其是 SOMS 以目标为导向指导 ICU 患者的康复，能较好地预测患者住 ICU 的时间、住院时间及病死率。

(2) 肌力评定

重症患者易发生 ICU-AW。其定义为在 ICU 入院期间排除其他原因，病人出现全身肌肉无力，包括肢体和呼吸肌无力被定义为 ICU 获得性衰弱。ICU-AW 分为危重病肌病 (critical illness myopathy, CIM)、危重病多发性神经病 (critical illness polyneuropathy, CIP) 或两者同时出现，称为危重病多发性神经肌病 (critical illness polyneuromyopathy, CIPNM)。

1) 诊断：在患有 CIP 的病人中，远端轴突感觉-运动性多发性神经病在四肢和呼吸肌中进展。四肢的受累是两侧对称的，CIP 的特征是下肢更严重的无力，远端无力更严重，伴有感觉异常。在 CIM 病人中，近端无力比远端无力更严重，伴感觉异常，肌肉萎缩取决于疾病持续时间。腱反射在早期保留，但随着衰弱的进展而消失。临床手法肌力评测及电生理评估可帮助进行诊断。

2) 临床手法肌力评测：ICU-AW 的临床诊断可以通过肌肉力量的床边评估进行。医学研究委员会量表用于手法肌肉测试。它评估上肢和下肢肌肉群的肌力，总分 60 分，小于 48 分提示存在 ICU-AW。然而 MRC 量表具有辨别力差和天花板效应的缺点，且不能区分 CIP 和 CIM。

3) 电生理评估 (表 7)：如神经传导研究 (NCS) 或肌电图是诊断 CIP 和 CIM 所必需的，直接肌肉刺激可以用于区分 CIP 和 CIM。在 CIM 中，神经传导速度大多是正常的，而复合肌肉动作电位 (compound muscle action potential, CMAP) 的幅度减小。在 CIP 病人，感觉神经动作电位 (sensory nerve action potential, SNAP) 的也有所减少。

表 7 ICU-AW 的电生理评估

危重病多发性神经病	危重病肌病
2条及以上神经CMAP降至<正常下限的80%	2条及以上神经CMAP降至<正常下限的80%
2条及以上神经SNAP降至<正常下限的80%	2条及以上神经SNAP>正常下限的80%
传导速度正常	正常或接近正常的传导速度

异常的自发活动	可变的自发活动
大型多相MUAP	>2个肌肉群的小多相MUAP
募集减少或干扰模式	低幅度，全干扰相

注：MUAP 为运动单位动作电位。

(3) 肌张力评定

采用改良 Ashworth 量表进行肌张力评定，重症脑损伤患者去皮层强直表现为上肢屈肌张力高及下肢伸肌张力高；去大脑强直表现为上、下肢均为伸肌张力增加。

(4) 关节活动度评定

采用关节活动测量仪进行主动和/或被动关节活动度评定。注意肩关节前屈、外展、外旋活动度及踝背伸活动度测定，这两个关节相应轴位的活动度易受限。

2.3.2 肢体功能障碍康复治疗关键技术

重症患者的“早期康复”是指在生理紊乱稳定后立即开始的干预措施。这些干预可在机械通气启动后 1-2 天内开始，尽管那些最有可能出现长期后遗症的患者往往仍然严重不适，无法下床活动。在这种情况下，重点放在预防措施上，如定期改变体位和被动/主动运动，直到可以开始下床活动。早期运动康复的时间似乎对病人的短期和长期恢复有重大影响 [85, 86]。因此，通过早期康复将危重疾病卧床时间和带来的相关并发症最小化是至关重要的。

2.3.2.1 ICU 康复设备

早期 ICU 活动的好处揭示了 ICU 患者在物理治疗过程中练习和治疗使用康复设备的重要性。尽管患者有气管插管、中心静脉导管、监测设备和维持生命的治疗，但早期活动已被证明是安全的。ICU 医疗设备已经变得越来越便携。此外，移动辅助设备的开发可以支持便携式设备，以简化患者运动过程并限制所需人员的数量（图 4）。这些设备包括自行车测功器、动态倾斜台、安全患者处理设备和步行辅助设备^[87]。

Impairment	Exercise Device
Strength	Resistive bands Dynamic tilt table Cycle ergometer Electrical stimulation
Endurance	Cycle ergometer Safe patient-handling equipment Ambulation aids
Gait	Ambulation aids Safe patient-handling equipment
Range of Motion	Splints Passive cycle ergometer
Activities of Daily Living	Bathing and Dressing Aids Commodes Toilet aids
Communication	Communication boards Augmentative and alternative communication devices

图 4 ICU 康复过程中常见的运动器械

2.3.2.2 运动功能康复技术

在重症患者运动功能康复训练治疗前及全程中，要观察分析运动功能改善技术可能给患者带来的潜在危险和益处，选用适宜的康复治疗技术，严格控制康复训练的强度。ICU 患者早期运动相关推荐意见见表 8。

对于重症无反应或不能主动配合的患者（RASS<-2；S5Q<3）：早期运动参考方案：包括良肢位摆放，床上被动体位转换，关节肌肉被动牵伸；被动四肢及躯干关节活动度维持；床上被动坐位，不同角度体位适应性训练；电动斜床站立；神经肌肉电刺激。

对于反应良好或可以主动配合的患者运动治疗：此类患者可接受多元化的康复治疗措施以改善其运动功能。2009 年 Schweickert 等开展的一项双中心 RCT 显示，对 ICU 中接受机械通气的患者循序渐进式开展被动关节活动度训练、主动关节活动度训练、床边坐位平衡、日常生活活动训练、转移训练、步态训练、步行训练等早期康复治疗，可以显著缩短机械通气脱机时间和谵妄持续时间，同时有效提高出院时的 ADL 评分及步行能力^[88]。适应性低强度体能有氧训练可有效提高重症缺血性脑卒中患者 Barthel 指数评分及 Fugl-Meyer 运动评分^[89]。此外，转移训练、运动控制及平衡能力训练、神经肌肉本体感觉促进疗法及 tDCS 等亦证实可有效改善反应良好或可以主动配合患者的运动功能。

表 8 ICU 患者早期运动相关推荐意见汇总

项目	推荐意见
----	------

- 安全性
1. ICU 患者的早期活动是安全可行的，通常不会发生严重的安全事件或伤害
 2. 推荐使用标准的交通信号灯建议系统来协助临床医生评估 ICU 患者早期活动安全性标准，红色表示需要谨慎，因不良事件或不良事件的后果很高;黄色表示可以活动，但只有在 ICU 多学科团队进一步考虑和/或进一步讨论之后;绿色表示可以安全协助患者进行活动
- 可行性
3. 建议对成人重症患者进行康复或活动
 4. 对主要利益相关者进行有关 ICU 患者早期活动和活动益处/重要性的教育和培训
 5. 强调多学科协作重要性 2。活动的决定应由多学科团队的所有成员（即理疗、医疗、护理人员等）承担：临床医生应最终负责决策
 6. 向患者及家属讲解早期活动过程中的注意事项，并与患者建立非沟通语言策略
- 适用对象
7. ICU 成年患者，尤其是在可自主呼吸，能够合作且无颅内高压情况下，应尽早运动，机械通气与不合作是早期活动的局限性
 8. 对于患有收缩期高血压（收缩压>170mmHg）或颅内高压，不稳定的骨折，近期急性心肌梗死和开放性腹部伤口的终末期患者，禁忌早期活动
- 评估内容
9. ICU 冠状动脉旁路移植（Cosonary Angioplasty EypassGmlting, CABG）术后患者，每日评估心肺功能、血压、中心动脉压、氧分压，呼吸状况，神经系统情况、体温、疼痛、睡眠、心理、营养、谵妄等。
 10. 安全标准分为 4 类：（1）呼吸方面评估：插管状态、通气参数和需要的辅助治疗；（2）心血管方面评估：所用设备、心律不齐和血压；（3）神经学方面评估：意识水平，谁妄和颅内压，以及（4）其他方面：包括设备线路，管路和手术状况
 11. 早期活动过程中评估：发现呼吸异常和/或人机对抗的有创机械通气患者，应调整呼吸机以提供更大的同步性
- 开始时机
12. ICU 期间 CABG 患者一旦脱离急性危险期，病情稳定并排除禁忌证，可开始早期床上活动
 13. 早期活动安全启动主要指标包括心血管系统、呼吸系统和神经系统的状态稳定时

	14. 对于超过 3d 未从 ICU 转回普通病房的患者，在排除禁忌证后，可在 ICU 阶段开始逐步的肢体活动
停止时机	15. 生命体征明显波动，有可能进一步恶化危及生命时宜暂停。其主要指标包括发生新的心血管系统，呼吸系统或神经系统不稳定，以及其他事件，如跌倒，医疗设备拆卸/故障，患者发生危险
活动内容	16. (1) ICU 期间 CABG 患者早期床上活动步骤为：增加床头角度、半坐位、坐位、独立坐位、床旁坐位。肌力<3 级的患者可进时间、频次 行被动关节活动、主动助力活动、静力性肌肉收缩训练；肌力≥3 级的患者，可开始主动关节活动训练及抗阻训练 (2) 肢体活动时间不低于 5-10min。活动强度依心率、血压、血氧饱和度、呼吸频率和 Barg 评分而定 (Barg 评分 12-13 分为佳)
时间频次	17. ICU 患者意识清醒并且有一定肌力的患者建议采用主动的活动训练方法：床旁坐位训练、坐立训练、身体转移训练、床边行走训练 1;训练部位主要包括四肢、关节、颈部、躯干
	18. 常用的 ICU 患者肌肉功能康复手段包括肌力诱发训练，肌力分级训练，肌肉电刺激治疗，肌肉按摩，肌肉易化技术等，其训练强度应结合患者病情变化及发展，采取有针对性的治疗
	19. 早期活动的时间、剂量和频率没有固定模式”。但早期活动的适当运动量可由临床疗效和个体耐受性决定，包括主动运动、被动运动.每天至少 1 次，每次 20min
预后指标	20. ICU 患者早期活动预后指标包括功能衰退情况，体质量、活动范围、肌肉力量、血流动力学不稳定、呼吸功能不全、近期拔管情况、保护因素、镇静、入住 ICU 时长，机械通气持续时间等的风险评估

(1) ICU 获得性衰弱运动康复

ICU-AW 是 ICU 的常见并发症之一。姚彦蓉等研究结果表明，早期运动可以有效减缓机械通气患者入 ICU 48 h 后的肌力下降，降低出 ICU 时 ICU-AW 的发生率。结果显示，ICU-AW 最早可发生于入住 24 h 内，入院后第 2 天即可观察到神经肌肉兴奋性下降，因此，建议患者进入 ICU 24 h 后完成评估^[90, 91]。目前对

早期运动干预时机尚无统一的标准，一般集中于进入 ICU 后的 2~7 d^[92]，国内专家共识建议 ICU 患者于 48~72 h 采用积极的运动和物理康复治疗^[93]，这与一项网状系统评价结果一致^[94]，也有学者认为生命体征平稳后即可开始运动干预，无需限定具体时间。建议在临床实践中对患者进行充分评估，在临床多学科团队指导下制订支持连续审查及更新的个性化、结构化的早期运动计划。ICU 获得性衰弱早期运动干预的最佳证据见表 9。

表 9 ICU 获得性衰弱早期运动干预的最佳证据总结

项目	证据内容	证据等级	推荐级别
评估	1. 患者进入 ICU 24 h 后完成首次评估 2. 识别全身无力并检测肌力。 清醒（RASS 评分-1~1 分）、配合且能遵嘱动作（如伸舌、睁闭眼）的 ICU 患者进行 MRC 量表检查，若脑部疾病和疼痛限制了肌肉随意收缩，则不适用徒手肌力检查；不能合作的患者在条件允许时进行神经影像学检查（CT/MRI）、实验室检查（血清肌酸激酶）、神经电生理检查	5	A
	3. 回顾入院前功能状态及可能导致或引发肌无力的个人史和家族史，分析神经系统症状的病程，查找与危重病相关神经肌肉无力的因素，包括脓毒症、多器官衰竭、机械通气、高血糖、使用糖皮质激素及神经肌肉阻滞剂等	1	A
	4. 应在每次运动前、运动时评估神经系统、呼吸系统、心血管系统、内外科情况；若暂时停用镇静药和镇痛药不会危害患者安全，则应停用后评估神经系统情况	5	A
多学科合作	5. ICU 患者康复应组织多学科团队协同进行，对 ICU 患者早期（48~72 h）采用积极的运动和物理康复治疗，多学科团队成员主要包括医生、护士、物理治疗师、呼吸治疗师、营养师及技术人员、家属/照护者，临床医生有最终决策责任	1	A
适应证		1	A

	6. 血流动力学稳定：收缩压 90~170 mmHg，平均动脉压 65~110 mmHg；无需泵入血管活性药物或使用小剂量血 管活性药物支持		
	7. 呼吸稳定：呼吸频率<25 次/min, SpO2>90%, 机械通 气 FiO2≤60%，呼气末正压≤10 cmH2O	1	A
	8. 神经系统状态稳定：无颅内高压，安静配合	5	A
	9. 其他：无深静脉血栓，体温 36.0~38.5 °C	5	A
禁忌症	10. 心血管系统：收缩压>170 mmHg、平均动脉压<65 mmHg 或>110 mmHg, 新发急性心肌梗死、严重心率失常 且需血管活性药物维持，运动过程中心率波动超过 20%	1	A
	11. 呼吸系统：呼吸频率>40 次/min 或<5 次/min、SpO2 <90%、机械通气 FiO2>60%、呼气末正压>10 cmH2O， 控制通气模式，人工气道不能维持固定	1	A
	12. 神经系统：颅内高压≥20 cmH2O, 新发脑卒中 24 h 内，患者明显躁动或有攻击性，不能遵从指令，需要加强 镇静剂量	5	A
	13. 其他：疾病终末期、不稳定骨折、开放的腹部伤口、感 染性休克及脓毒血症、已确诊/疑似活动性出血、体温 <36.0 °C或>38.5 °C、严重疼痛	1	A
干预前准备	14. 患者及家属准备：向患者或家属讲解早期康复的优点， 患者及家属知情同意，告知其运动方案、使用的设备信 息、运动过程中的注意事项	1	A
	15. ICU 环境准备：室内光线、温湿度适宜，监护、抢救及 康复设备处于完好备用状态，仪器报警声音设置合理	1	B
	16. 医护人员准备：多学科团队成员需具备积极乐观的参与 态度，并与患者建立语言或非语言沟通策略	1	A
干预方案	17. 早期运动干预应在常规护理或类似的干预措施基础上进 行，根据患者意识及运动反应情况 进行分级管理	1	B

18. 运动方式：治疗类（关节活动训练和连续被动活动）；
预防类（被动关节运动、主动运动训练、神经肌肉电刺激、功率自行车训练）；健康促进类（翻身、床上坐位、坐立训练、转移训练、平衡训练、自理能力训练等） 1 B
19. 无意识或不能主动配合、生命体征不稳定患者，适宜 0 级运动方式（被动体位管理 2 h/次、肢体被动运动以及物理治疗）
- (1) 意识清醒患者的早期运动方案适宜一至五级运动方式
 - (2) 肌力<3 级：采用一、二级运动方式，除翻身外，应保持患者关节活动度，防止肌肉萎缩，摆放良肢位，要求患者维持坐姿至少 20 min, 3 次 / d 5 A
 - (3) 上臂肌力≥3 级：采用三级运动方式，除按二级的运动方式外，要求患者坐于床沿
 - (4) 双腿肌力≥3 级：采用四级、五级运动方式，四级运动方式除按三级的运动方式外，要求患者站立或坐在轮椅上，每日保持坐位至少 20 min；五级运动方式应逐渐达到主动下床行走
20. 运动剂量：由临床疗效和个体耐受性决定，推荐每天进行 2~3 次康复运动，持续时间 10~20 min。
- ①被动运动：每个关节运动 10~20 次，每天 2 次；②主动运动：每天 2 次，每次 30 min；③辅助直立坐位：每天 1 h，每天 2 次；④被动脚踏车锻炼：20 min, 20 次/min；⑤主动脚踏车锻炼：每天 2 次，每次 10 min 1 B
- 安全监测
21. 运动期间应评估患者主诉或临床表现，持续监测并记录患者心率、血压和动脉血氧饱和度等生命体征 5 A
22. 采用安全监测标准对患者进行评估和监测。①呼吸因素：插管状态、通气参数和是否需要辅助治疗；②心血管因素：起搏器、心律失常和血压；③神经系统因素：意识水平、谵妄和颅内压；④其他因素：管路和手术 5 A

	23. 出现停止运动指标或不良事件时应暂停运动，发生上述 暂停指标后应在第 2 天重新评估	1	A
干预后评价	24. 记录早期运动干预细节，包括干预时间、频率、功能和 强度、潜在安全事件以及短期和长期预后指标	1	B
	25. 预后指标包括 ICU 获得性衰弱发生率、功能评估、肌 力评估、不良事件发生率、谵妄、机械通气时间、住院天 数、费用及病死率等	5	B

(2) 肌痉挛

对尚未发生肌痉挛的患者，要注重瘫痪肢体良姿位摆放。体位姿势不良、小便潴留、感染及压疮等并发症及不适均会诱发或加重痉挛，积极防治并发症有助减轻肌痉挛。对已经发生肌痉挛的患者：1) 药物治疗：英国国家卫生与临床优化研究所推荐巴氯芬为一线用药。替扎尼定和丹曲林为二线用药。苯二氮卓类在 ICU 内发生去皮层强直或去大脑强直时可以考虑使用。2) 肉毒毒素局部注射：肉毒毒素注射是治疗局灶性痉挛的首选方法。3) 物理因子治疗：可选的抗痉挛治疗包括体外冲击波、经皮电刺激、经颅磁刺激、经颅直流电刺激治疗等。站立训练有利于减轻肌痉挛程度。4) 辅具治疗：佩戴支具可有效缓解或预防肌痉挛。5) 手术治疗：药物治疗无效的严重痉挛，可考虑巴氯芬泵的植入，传入神经切断、肌肉及肌腱移行处切断等手术治疗。

(3) 关节活动受限

对于患者不能保持正常主动活动的关节，避免将其长时间保持同一位置，应按一定时间间隔加强肢体被动活动。加强对瘫痪肢体的监护，发现关节活动受限时应积极处理，避免僵直加重。受累关节关节松动及关节牵伸，以不明显加重患者疼痛为度，避免过度暴力牵伸关节导致软组织损伤。物理因子如蜡疗、磁热疗法、超声波及低频电疗等可改善软组织延展性。对康复治疗无效的患者可以考虑手术松解黏连、肌腱延长等手术治疗。

3. 目前研究水平

3.1 意识障碍

作为本学科一线的意识障碍康复专家，首都医科大学宣武医院康复医学科的

宋为群教授团队、南昌大学第一附属医院康复医学科的冯珍教授团队、南方医科大学珠江医院康复医学科的谢秋幼教授团队、首都医科大学附属北京天坛医院神经外科中心的何江弘教授团队、华南师范大学心理学院的秦鹏民教授团队、杭州师范大学国际植物状态与意识科学研究所的狄海波教授团队均作出了重要贡献。下面分别介绍每个团队取得的研究成果：

宋为群教授团队已发表与意识障碍相关的 SCI 论文：

1. Wu DY, Cai G, Zorowitz RD, Yuan Y, Wang J, Song WQ. Measuring interconnection of the residual cortical functional islands in persistent vegetative state and minimal conscious state with EEG nonlinear analysis. *Clin Neurophysiol.* 2011;122(10):1956-1966.
2. Chen Z, Yang Y, Chen G, Wang M, Song W. Impact of ventriculoperitoneal shunting on chronic normal pressure hydrocephalus in consciousness rehabilitation. *Journal of rehabilitation medicine.* 2014;46(9):876-881.
3. Li R, Song WQ, Du JB, Huo S, Shan GX. Connecting the P300 to the diagnosis and prognosis of unconscious patients. *Neural Regen Res.* 2015;10(3):473-480.
4. Zhang Y, Li R, Du J, Huo S, Hao J, Song W. Coherence in P300 as a predictor for the recovery from disorders of consciousness. *Neurosci Lett.* 2017;653:332-336.
5. Zhang Y, Song W, Du J, Huo S, Shan G, Li R. Transcranial Direct Current Stimulation in Patients with Prolonged Disorders of Consciousness: Combined Behavioral and Event-Related Potential Evidence. *Front Neurol.* 2017;8:620.
6. Zhang Y, Song W. Transcranial direct current stimulation in disorders of consciousness: a review. *Int J Neurosci.* 2018;128(3):255-261.
7. Zhang Y, Lu J, Du J, Huo S, Li R, Song W. Neural correlates of different behavioral response to transcranial direct current stimulation between patients in the unresponsive wakefulness syndrome and minimally conscious state. *Neurol Sci.* 2020;41(1):75-82.
8. Zhang Y, Chen W, Zhang T, et al. P300 correlates with tDCS response in minimally conscious state patients. *Neurosci Lett.* 2022;774:136534.
9. Wan X, Wang Y, Zhang Y, Song W. A Comparison of the Neuromodulation Effects of Frontal and Parietal Transcranial Direct Current Stimulation on Disorders of Consciousness. *Brain sciences.* 2023;13(9).

冯珍教授团队已发表与意识障碍相关的 SCI 论文：

1. Feng Z, Zhong YJ, Wang L, Wei TQ. Resuscitation therapy for traumatic brain injury-induced coma in rats: mechanisms of median nerve electrical stimulation. *Neural Regen Res.* 2015;10(4):594-598.
2. Zhong YJ, Feng Z, Wang L, Wei TQ. Wake-promoting actions of median nerve stimulation in TBI-induced coma: An investigation of orexin-A and orexin receptor 1 in the hypothalamic region. *Mol Med Rep.* 2015;12(3):4441-4447.
3. Feng Z, Du Q. Mechanisms responsible for the effect of median nerve electrical stimulation on traumatic brain injury-induced coma: orexin-A-mediated N-methyl-D-aspartate receptor subunit NR1 upregulation. *Neural Regen Res.* 2016;11(6):951-956.
4. Dong XY, Feng Z. Wake-promoting effects of vagus nerve stimulation after traumatic brain injury: upregulation of orexin-A and orexin receptor type 1 expression in the prefrontal cortex. *Neural Regen Res.* 2018;13(2):244-251.
5. Ye W, Tang Y, Dong X, et al. Predictive Value and Correlation of Neuron-Specific Enolase for Prognosis in Patients with Coma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur Neurol.* 2020;83(6):555-565.
6. Dong X, Ye W, Tang Y, et al. Wakefulness-Promoting Effects of Lateral Hypothalamic Area-Deep Brain Stimulation in Traumatic Brain Injury-Induced Comatose Rats: Upregulation of α 1-Adrenoceptor Subtypes and Downregulation of Gamma-Aminobutyric Acid β Receptor Expression Via the Orexins Pathway. *World Neurosurg.* 2021;152:e321-e331.
7. Chen Q, Feng Z. The study of awakening stimulation on coma patients with severe head injury. *Minerva Surg.* 2022.
8. Du Q, Huang L, Tang Y, Kang J, Ye W, Feng Z. Median Nerve Stimulation Attenuates Traumatic Brain Injury-Induced Comatose State by Regulating the Orexin-A/RasGRF1 Signaling Pathway. *World Neurosurg.* 2022;168:e19-e27.
9. Kang J, Huang L, Tang Y, et al. A dynamic model to predict long-term outcomes in patients with prolonged disorders of consciousness. *Aging (Albany NY).* 2022;14(2):789-799.
10. Kang J, Zhong Y, Chen G, et al. Development and Validation of a Website to Guide Decision-Making for Disorders of Consciousness. *Front Aging Neurosci.* 2022;14:934283.
11. Xiong Q, Le K, Wang Y, et al. A prediction model of clinical outcomes in prolonged disorders

- of consciousness: A prospective cohort study. *Front Neurosci.* 2022;16:1076259.
12. Xiong Q, Wang Y, Wang Z, et al. Relationship between consciousness level and perfusion computed tomography in patients with prolonged disorders of consciousness. *Aging (Albany NY)*. 2022;14(23):9668-9678.
13. Bai Y, Gong A, Wang Q, Guo Y, Zhang Y, Feng Z. Breakdown of oscillatory effective networks in disorders of consciousness. *CNS Neurosci Ther.* 2023.
14. Dong X, Tang Y, Zhou Y, Feng Z. Stimulation of vagus nerve for patients with disorders of consciousness: a systematic review. *Front Neurosci.* 2023;17:1257378.
15. Sun W, Dong X, Yu G, et al. Behavioral assessment scale of consciousness for nonhuman primates: A Delphi study. *Sci Prog.* 2023;106(3):368504231200995.
16. Xiong Q, Le K, Tang Y, et al. Effect of single and combined median nerve stimulation and repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with prolonged disorders of consciousness: a prospective, randomized, single-blinded, controlled trial. *Front Aging Neurosci.* 2023;15:1112768.
17. Zhou YF, Kang JW, Xiong Q, Feng Z, Dong XY. Transauricular vagus nerve stimulation for patients with disorders of consciousness: A randomized controlled clinical trial. *Front Neurol.* 2023;14:1133893.

谢秋幼教授团队已发表与意识障碍相关的中科院 Q1 区 SCI 论文：

1. Xiao G, Xie Q, He Y, et al. Comparing the measured basal metabolic rates in patients with chronic disorders of consciousness to the estimated basal metabolic rate calculated from common predictive equations. *Clin Nutr.* 2017;36(5):1397-1402.
2. Pan J, Xie Q, Qin P, et al. Prognosis for patients with cognitive motor dissociation identified by brain-computer interface. *Brain.* 2020;143(4):1177-1189.
3. Wu H, Xie Q, Pan J, et al. Identifying patients with cognitive motor dissociation using resting-state temporal stability. *Neuroimage.* 2023;272:120050.

何江弘教授团队已发表与意识障碍相关的中科院 Q1 区 SCI 论文：

1. Yu YT, Yang Y, Wang LB, et al. Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation in disorders of consciousness monitored by fMRI: The first case report. *Brain Stimul.* 2017;10(2):328-330.
2. Song M, Yang Y, Yang Z, et al. Prognostic models for prolonged disorders of consciousness: an integrative review. *Cell Mol Life Sci.* 2020;77(20):3945-3961.

3. Yang Y, He Q, Xia X, et al. Long-term functional prognosis and related factors of spinal cord stimulation in patients with disorders of consciousness. *CNS Neurosci Ther.* 2022;28(8):1249-1258.
4. Dang Y, Wang Y, Xia X, et al. Deep brain stimulation improves electroencephalogram functional connectivity of patients with minimally conscious state. *CNS Neurosci Ther.* 2023;29(1):344-353.
5. He J, Zhang H, Dang Y, et al. Electrophysiological characteristics of CM-pf in diagnosis and outcome of patients with disorders of consciousness. *Brain Stimul.* 2023;16(5):1522-1532.
6. Yang Y, He Q, Dang Y, et al. Long-term functional outcomes improved with deep brain stimulation in patients with disorders of consciousness. *Stroke Vasc Neurol.* 2023;8(5):368-378.
7. Zhang C, Yang Y, Han S, et al. The temporal dynamics of Large-Scale brain network changes in disorders of consciousness: A Microstate-Based study. *CNS Neurosci Ther.* 2023;29(1):296-305.
8. Zhuang Y, Ge Q, Li Q, et al. Combined behavioral and EEG evidence for the 70 Hz frequency selection of short-term spinal cord stimulation in disorders of consciousness. *CNS Neurosci Ther.* 2023.

秦鹏民教授团队已发表与意识障碍相关的中科院 Q1 区 SCI 论文：

1. Qin P, Northoff G. How is our self related to midline regions and the default-mode network? *Neuroimage.* 2011;57(3):1221-1233.
2. Qin P, Wu X, Huang Z, et al. How are different neural networks related to consciousness? *Ann Neurol.* 2015;78(4):594-605.
3. Qin P, Wu X, Wu C, et al. Higher-order sensorimotor circuit of the brain's global network supports human consciousness. *Neuroimage.* 2021;231:117850.
4. Wu H, Xie Q, Pan J, et al. Identifying patients with cognitive motor dissociation using resting-state temporal stability. *Neuroimage.* 2023;272:120050.

狄海波教授团队已发表与意识障碍相关的 SCI 论文：

1. Di H, Boly M, Weng X, Ledoux D, Laureys S. Neuroimaging activation studies in the vegetative state: predictors of recovery? *Clin Med (Lond).* 2008;8(5):502-507.
2. Qin P, Di H, Liu Y, et al. Anterior cingulate activity and the self in disorders of consciousness. *Hum Brain Mapp.* 2010;31(12):1993-2002.

3. Cheng L, Gosseries O, Ying L, et al. Assessment of localisation to auditory stimulation in post-comatose states: use the patient's own name. *BMC Neurol.* 2013;13:27.
4. Di H, Nie Y, Hu X, et al. Assessment of visual fixation in vegetative and minimally conscious states. *BMC Neurol.* 2014;14:147.
5. Wang F, Di H, Hu X, et al. Cerebral response to subject's own name showed high prognostic value in traumatic vegetative state. *BMC Med.* 2015;13:83.
6. Di H, He M, Zhang Y, et al. Chinese translation of the Coma Recovery Scale-Revised. *Brain injury.* 2017;31(3):363-365.
7. Cheng L, Cortese D, Monti MM, et al. Do Sensory Stimulation Programs Have an Impact on Consciousness Recovery? *Front Neurol.* 2018;9:826.
8. Sun Y, Wang J, Heine L, et al. Personalized objects can optimize the diagnosis of EMCS in the assessment of functional object use in the CRS-R: a double blind, randomized clinical trial. *BMC Neurol.* 2018;18(1):38.
9. Wang F, Hu N, Hu X, et al. Detecting Brain Activity Following a Verbal Command in Patients With Disorders of Consciousness. *Front Neurosci.* 2019;13:976.
10. Wang J, Wang J, Hu X, et al. The Initiation of Swallowing Can Indicate the Prognosis of Disorders of Consciousness: A Self-Controlled Study. *Front Neurol.* 2019;10:1184.
11. Zhang Y, Wang J, Schnakers C, et al. Validation of the Chinese version of the Coma Recovery Scale-Revised (CRS-R). *Brain injury.* 2019;33(4):529-533.
12. Zhu J, Yan Y, Zhou W, et al. Clinical Research: Auditory Stimulation in the Disorders of Consciousness. *Front Hum Neurosci.* 2019;13:324.
13. Wang J, Di H, Hua W, et al. A study of the reliability and validity of the Chinese version of the Nociception Coma Scale-Revised. *Clin Rehabil.* 2020;34(8):1112-1121.
14. Wang J, Hu X, Hu Z, Sun Z, Laureys S, Di H. The misdiagnosis of prolonged disorders of consciousness by a clinical consensus compared with repeated coma-recovery scale-revised assessment. *BMC Neurol.* 2020;20(1):343.
15. Wang J, Wang W, Laureys S, Di H. Burnout syndrome in healthcare professionals who care for patients with prolonged disorders of consciousness: a cross-sectional survey. *BMC Health Serv Res.* 2020;20(1):841.
16. Yan Y, Demertzi A, Xia Y, et al. Ethics of life-sustaining treatment in locked-in syndrome: A

- Chinese survey. *Ann Phys Rehabil Med.* 2020;63(6):483-487.
17. Shou Z, Li Z, Wang X, Chen M, Bai Y, Di H. Non-invasive brain intervention techniques used in patients with disorders of consciousness. *Int J Neurosci.* 2021;131(4):390-404.
 18. Yang H, Ye C, Liu X, et al. Estimating the Minimal Number of Repeated Examinations for Random Responsiveness With the Coma Recovery Scale-Revised as an Example. *Front Integr Neurosci.* 2021;15:685627.
 19. Pan J, Xiao J, Wang J, et al. Brain-Computer Interfaces for Awareness Detection, Auxiliary Diagnosis, Prognosis, and Rehabilitation in Patients with Disorders of Consciousness. *Semin Neurol.* 2022;42(3):363-374.
 20. Wang J, Di H. Natural light exposure and circadian rhythm: a potential therapeutic approach for disorders of consciousness. *Sleep.* 2022;45(7).
 21. Wang J, Zhang S, Liu W, et al. Olfactory Stimulation and the Diagnosis of Patients With Disorders of Consciousness: A Double-Blind, Randomized Clinical Trial. *Front Neurosci.* 2022;16:712891.
 22. Cheng L, Sun L, Xu L, et al. Randomized trial of transcutaneous auricular vagus nerve stimulation on patients with disorders of consciousness: A study protocol. *Front Neurol.* 2023;14:1116115.
 23. Shou F, Wang J, Laureys S, Cheng L, Huang W, Di H. Study protocol: Developing telephone follow-up scale for patients with disorders of consciousness. *Front Public Health.* 2023;11:1071008.
 24. Wang A, Sun L, Cheng L, et al. Validation of the simplified evaluation of consciousness disorders (SECONDS) scale in Mandarin. *Ann Phys Rehabil Med.* 2023;66(7):101764.

3.2 肺功能障碍

近年来，国内关于肺功能障碍的研究成果迸发。中国工程院副院长王辰院士为我国呼吸病学与危重症医学领域的权威学者，其在呼吸系统疾病的临床治疗及康复领域有着卓越的贡献，研究成果备受 *Lancet*、*New Engl J Med* 及国际顶尖学术机构认可，主导或影响着国际学科的发展。中日友好医院赵红梅教授团队、中国人民解放军南部战区总医院黄怀教授团队、南京医科大学第一附属医院陆晓教授团队、浙江大学医学院附属邵逸夫医院葛慧青教授团队、四川大学华西医院喻

鹏铭教授团队在重症患者肺康复、肺康复循证研究及学科建设等方面均做出了突出贡献。如下简要概述每个团队取得的研究成果：

王辰院士团队近5年发表与肺功能障碍相关的高被引及部分顶刊SCI论文：

- [1] Chen S, Cao Z, Prettner K, et al. Estimates and Projections of the Global Economic Cost of 29 Cancers in 204 Countries and Territories From 2020 to 2050. *Jama Oncol*, 2023, 9(4): 465-472.
- [2] Shu T, Zhang J, Zhou Y, et al. Eosinophils protect against pulmonary hypertension through 14-HDHA and 17-HDHA. *Eur Respir J*, 2023, 61(3): 2200582.
- [3] Xiao D, Wang C. Small airway abnormalities as a marker of early lung injury: Challenges ahead. *Lancet Glob Health*, 2023, 11(1): 8-9.
- [4] Chan KH, Wright N, Xiao D, et al. Tobacco smoking and risks of more than 470 diseases in China: A prospective cohort study. *Lancet Public Health*, 2022, 7(12): E1014-E1026.
- [5] Liu Z, Li Y, Cui Z, et al. Prevalence of tobacco dependence and associated factors in China: Findings from nationwide China Health Literacy Survey during 2018-19. *Lancet Reg Health West Pac*, 2022, 24: 100464.
- [6] Niu Y, Yang T, Gu X, et al. Long-Term ozone exposure and small airway dysfunction the China pulmonary health (CPH) study. *Am J Resp Crit Care*, 2022, 205(4): 450.
- [7] He Z, Ren L, Yang J, et al. Seroprevalence and humoral immune durability of anti-SARS-CoV-2 antibodies in Wuhan, China: A longitudinal, population-level, cross-sectional study. *Lancet*, 2021, 397(10279): 1075-1084.
- [8] Huang C, Huang L, Wang Y, et al. 6-Month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: A cohort study (Publication with Expression of Concern. See vol. 401, pg. 90, 2023). *Lancet*, 2021, 397(10270): 220-232.
- [9] Qin W, Chen S, Zhang Y, et al. Diffusion capacity abnormalities for carbon monoxide in patients with COVID-19 at Three-Month follow-up. *Eur Respir J*, 2021, 58(1).
- [10] Wu Z, Jin Q, Wu G, et al. SARS-CoV-2's origin should be investigated worldwide for pandemic prevention. *Lancet*, 2021, 398(10308): 1299-1303.
- [11] Zhai Z, Wang D, Lei J, et al. Trends in risk stratification, in-hospital management and mortality of patients with acute pulmonary embolism: An analysis from the China pUlmonary thromboembolism REgistry Study (CURES). *Eur Respir J*, 2021, 58(4): 2002963.

- [12] Cao B, Wang Y, Wen D, et al. A trial of Lopinavir-Ritonavir in adults hospitalized with severe covid-19. *New Engl J Med*, 2020, 382(19): 1787-1799.
- [13] Chen S, Yang J, Yang W, et al. COVID-19 control in China during mass population movements at New Year. *Lancet*, 2020, 395(10226): 764-766.
- [14] Chen S, Zhang Z, Yang J, et al. Fangcang shelter hospitals: A novel concept for responding to public health emergencies. *Lancet*, 2020, 395(10232): 1305-1314.
- [15] Wang C, Horby PW, Hayden FG, et al. A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*, 2020, 395(10223): 470-473.
- [16] Wang Y, Gu X, Xu J, et al. Remdesivir and COVID-19 reply. *Lancet*, 2020, 396(10256): 954.
- [17] Wang Y, Zhang D, Du G, et al. Remdesivir in adults with severe COVID-19: A randomised, double-blind, placebo-controlled, multicentre trial. *Lancet*, 2020, 395(10236): 1569-1578.
- [18] Xiao D, Chen Z, Wu S, et al. Prevalence and risk factors of small airway dysfunction, and association with smoking, in China: Findings from a national cross-sectional study. *Lancet Resp Med*, 2020, 8(11): 1081-1093.
- [19] Zhai Z, Li C, Chen Y, et al. Prevention and Treatment of Venous Thromboembolism Associated with Coronavirus Disease 2019 Infection: A Consensus Statement before Guidelines. *Thromb Haemostasis*, 2020, 120(6): 937-948.
- [20] Zhang Z, Zhai Z, Li W, et al. Validation of the IMPROVE bleeding risk score in Chinese medical patients during hospitalization: Findings from the dissolve-2 study. *Lancet Reg Health West Pac*, 2020, 4: 100054.
- [21] Zhou G, Ren Y, Li J, et al. Safety and diagnostic efficacy of cone beam computed tomography-guided transbronchial cryobiopsy for interstitial lung disease: A cohort study. *Eur Respir J*, 2020, 56(2): 2000724.
- [22] Huang K, Yang T, Xu J, et al. Prevalence, risk factors, and management of asthma in China: A national cross-sectional study. *Lancet*, 2019, 394(10196): 407-418.
- [23] Wang C, Chen S, Zhu J, et al. China's new 4+4 medical education programme. *Lancet*, 2019, 394(10204): 1121-1123.
- [24] Wang C, Zhai X, Zhang X, et al. Gene-edited babies: Chinese Academy of Medical Sciences' response and action. *Lancet*, 2019, 393(10166): 25-26.
- [25] Xiao D, Wang C. Rising smoking epidemic among adolescents in China. *Lancet Resp Med*, 2019,

7(1): 3-5.

- [26] Xiao D, Wang C. Tobacco dependence should be recognised as a lethal non-communicable disease Reframing would extend the scope of tobacco control. BMJ, 2019, 365: l2204.

赵红梅教授团队已发表与肺功能障碍相关的高水平论文

- [1] Zhao Q, Tao L, Li Q, et al. National survey of the awareness and implementation status of early pulmonary rehabilitation for patients with critical illness in departments of pulmonary and critical care medicine in 2019. Chin Med J (Engl), 2023, 136(2): 227-229.
- [2] Zhao H, Yu P, Wang C. Future pulmonary rehabilitation perspectives following coronavirus disease 2019 in China. Chin Med J (Engl), 2021, 134(17): 2045-2047.
- [3] Zhao H, Xie Y, Wang C, et al. Recommendations for respiratory rehabilitation in adults with coronavirus disease 2019. Chin Med J (Engl), 2020, 133(13): 1595-1602.
- [4] Ren S, Shi Y, Cai M, et al. ANSYS-MATLAB co-simulation of mucus flow distribution and clearance effectiveness of a new simulated cough device. Int J Numer Meth Bio, 2018, 34(6): e2978.
- [5] 冯鹏, 吴萌萌, 赵青, 等. 呼吸康复对方舱医院新型冠状病毒肺炎患者心理健康状况的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(11): 1420-1423.
- [6] 王辰, 方国恩, 谢欲晓, 等. 2019新型冠状病毒肺炎呼吸康复指导意见(第一版)[J]. 中国修复重建外科杂志, 2020.
- [7] 赵红梅, 王辰. 急/危重症早期呼吸康复研究进展[J]. 华西医学, 2019, 34(01): 1-6.
- [8] 高连军, 赵红梅. 2017年全国各级医疗机构医生对肺康复的认知及实施状况的调查[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2019, 42(4): 275-278.
- [9] 赵红梅. 危重症患者的个体化康复治疗[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2019, 42(9): 656-659.
- [10] 赵红梅, 王辰. 慢性阻塞性肺疾病的康复医疗: 评估与实施[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(7): 561-566.

黄怀教授团队已发表与肺功能障碍相关的高水平论文

- [1] Chen H, Xing R, Yin X, et al. Activation of SIRT1 by hyperbaric oxygenation promotes recovery of motor dysfunction in spinal cord injury rats. Int J Neurosci, 2023: 1-11.
- [2] Shen D, Huang H, Yuan H, et al. Therapeutic efficacy of intensified walk training under the electrocardiogram telemetry in stroke induced lower limb dysfunction patients with heart failure. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(9): 16599-16605.

- [3] 豆艺璇, 黄怀, 何莲, 等. 不同阈值负荷下吸气肌训练对重症患者肺功能的影响[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2023, 22(10): 702-709.
- [4] 李新亚, 戴勇, 黄怀. 疫情形式下高依赖病房的现状与进展[J]. 医学理论与实践, 2023, 36(10): 1646-1648.
- [5] 黄怀, 戴勇. 2019冠状病毒病患者开展呼吸康复的几点思考[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(10): 1233-1236.
- [6] 戴勇, 黄怀. 呼吸肌训练在脑卒中患者肺康复中的应用进展[J]. 中华脑科疾病与康复杂志(电子版), 2020, 10(01): 48-52.
- [7] 张成, 黄怀, 沈丹彤, 等. 膈肌超声对脑卒中后机械通气患者脱机的评估研究[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2019, 16(11): 832-837.
- [8] 古菁, 黄怀, 沈丹彤, 等. 体外膈肌起搏器对脑卒中机械通气患者的疗效观察[J]. 中华神经医学杂志, 2018, 17(12): 1245-1249.
- [9] 王志威, 黄怀. 体外膈肌起搏器联合呼吸反馈用于脑卒中后气管切开患者肺康复的疗效观察[J]. 中华生物医学工程杂志, 2016, 22(6): 511-514.

陆晓教授团队已发表与肺功能障碍相关的高水平论文

- [1] Zheng Y, Mao M, Li F, et al. Effects of enhanced recovery after surgery plus pulmonary rehabilitation on complications after video-assisted lung cancer surgery: A multicentre randomised controlled trial. Thorax, 2023, 78(6): 574-586.
- [2] Yan C, Zheng Y, Zhang X, et al. Development and validation of a nomogram model for predicting unfavorable functional outcomes in ischemic stroke patients after acute phase. Front Aging Neurosci, 2023, 15: 1161016.
- [3] Zheng Y, Sun H, Mei Y, et al. Can cardiopulmonary rehabilitation facilitate weaning of extracorporeal membrane oxygenation (CaRe-ECMO)? Study protocol for a prospective multidisciplinary randomized controlled trial. Front Cardiovasc Med, 2022, 8: 779695.
- [4] Zheng Y, Yan C, Shi H, et al. Time window for ischemic stroke first mobilization effectiveness: Protocol for an Investigator-Initiated prospective multicenter randomized 3-Arm clinical trial. Phys Ther, 2021, 101(5): pzab038.
- [5] Zhang X, Zheng Y, Dang Y, et al. Can inspiratory muscle training benefit patients after stroke? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Clin Rehabil, 2020, 34(7): 866-

876.

- [6] Zheng Y, Mao M, Ji M, et al. Does a pulmonary rehabilitation based ERAS program (PREP) affect pulmonary complication incidence, pulmonary function and quality of life after lung cancer surgery? Study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Pulm Med*, 2020, 20(1): 44.
- [7] Zhen X, Zheng Y, Hong X, et al. Physiological ischemic Training Promotes Brain collateral Formation and improves Functions in Patients with acute cerebral infarction. *Front Neurol*, 2016, 7: :235.
- [8] 成人气管切开拔管中国专家共识编写组, 中华医学会物理医学与康复学分会心肺康复学组, 中国康复医学会重症康复专业委员会. 成人气管切开拔管中国专家共识(上) [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(6): 481-487.
- [9] 成人气管切开拔管中国专家共识编写组, 中华医学会物理医学与康复学分会心肺康复学组, 中国康复医学会重症康复专业委员会. 成人气管切开拔管中国专家共识(下)[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(7): 577-584.

葛慧青教授团队已发表与肺功能障碍相关的高水平论文

- [1] Qian X, Jiang Y, Jia J, et al. PEEP application during mechanical ventilation contributes to fibrosis in the diaphragm. *Respir Res*, 2023, 24(1): 46.
- [2] Pan Q, Zhang H, Jiang M, et al. Comprehensive breathing variability indices enhance the prediction of extubation failure in patients on mechanical ventilation. *Comput Biol Med*, 2023, 153: 106459.
- [3] Pan Q, Zhang L, Jia M, et al. An interpretable 1D convolutional neural network for detecting patient-ventilator asynchrony in mechanical ventilation. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 204: 106057.
- [4] Pan Q, Jia M, Ge H, et al. Electrical impedance tomography captures heterogeneous lung ventilation that may be associated with ineffective inspiratory efforts. *Crit Care*, 2021, 25(1): 303.
- [5] Zhang L, Mao K, Duan K, et al. Detection of patient-ventilator asynchrony from mechanical ventilation waveforms using a two-layer long short-term memory neural network. *Comput Biol Med*, 2020, 120: 103721.
- [6] Ge H, Xu P, Zhu T, et al. High-Level pressure support ventilation attenuates Ventilator-Induced diaphragm dysfunction in rabbits. *Am J Med Sci*, 2015, 350(6): 471-478.

喻鹏铭教授团队已发表与肺功能障碍相关的高水平论文

- [1] Wang Y, Luo Z, Huang W, et al. Comparison of tools for postoperative pulmonary complications after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2023, 37(8): 1442-1448.
- [2] Zhang X, Kang Y, Luo Z, et al. Feasibility and safety of 1-min sit-to-stand test in acute decompensated heart failure confirmed by lung ultrasound. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10: 1103247.
- [3] Yang MX, Wang J, Zhang X, et al. Perioperative respiratory muscle training improves respiratory muscle strength and physical activity of patients receiving lung surgery: A meta-analysis. *World J Clin Cases*, 2022, 10(13): 4119-4130.
- [4] Yu PM, Wang YQ, Luo ZR, et al. Postoperative pulmonary complications in patients with transcatheter tricuspid valve Implantation-Implications for physiotherapists. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 904961.
- [5] Luo Z, Qian H, Zhang X, et al. Effectiveness and safety of inspiratory muscle training in patients with pulmonary hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 999422.
- [6] Kang Y, Zhong XK, Chen QW, et al. Prognostic values of B-lines combined with clinical congestion assessment at discharge in heart failure patients. *ESC Heart Fail*, 2022, 9(5): 3044-3051.
- [7] Li L, Yu P, Yang M, et al. Physical therapist management of COVID-19 in the intensive care unit: The west china hospital experience. *Phys Ther*, 2021, 101(1): pzaa198.
- [8] Li S, Zhou K, Che G, et al. Enhanced recovery programs in lung cancer surgery: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cancer Manag Res*, 2017, 9: 657-670.

3.3 肢体功能障碍

重症康复过程不仅在中国，国际上重症患者的早期康复治疗与其他疾病相比也起步较晚。随着对重症患者早期活动重要性的认识，ICU 中进行临床干预的康复相关随机对照试验也随之进行。近几年，国内外专家对重症康复开展了大量研究，取得了丰硕的成果。比利时鲁汶大学康复科学和物理治疗系的名誉教授 Rik Gosselink 教授，是呼吸康复与重症康复的开拓者，对重症肢体康复领域有着卓越贡献；美国约翰霍普金斯大学重症监护物理医学和康复医学主任 Dale Needham 教授提出了成人 ICU 活动与运动促进计划，旨在改进重症患者早期肢体康复方案，以减轻肌肉无力和功能障碍；英国国家卫生与临床优化研究所于 2009 年 3

月发布了《成人危重病后康复指南》，2017年9月，该机构在指南基础上，借鉴已发布的相关指南和标准，出版了《成人危重病后康复质量标准》（以下简称质量标准）；我国天津医科大学总医院康复医学科万春晓教授、南京医科大学第一附属医院陆晓教授、华西医科大学高强教授、南京市江宁医院潘化平教授等许多知名康复专家对重症早期肢体康复进行了大量的实践与技术推广，带动了国内重症康复的发展。

万春晓教授团队重症肢体康复相关论文：

- [1] Li C, Hu J, Liu W, et al. Exercise intervention modulates synaptic plasticity by inhibiting excessive microglial activation via exosomes. *Front Cell Neurosci*, 2022, 16: 953640.
- [2] Chi X, Wan C, Wang C, et al. A novel hybrid brain-computer interface combining motor imagery and intermodulation steady-state visual evoked potential. *Ieee Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2022, 30: 1525-1535.
- [3] Su Y, Ke C, Li C, et al. Intermittent hypoxia promotes the recovery of motor function in rats with cerebral ischemia by regulating mitochondrial function. *Exp Biol Med (Maywood)*, 2022, 247(15): 1364-1378.
- [4] Liang J, Song Y, Belkacem AN, et al. Prediction of balance function for stroke based on eeg and fnirs features during ankle dorsiflexion. *Front Neurosci*, 2022, 16: 968928.
- [5] Jia Y, He YF, Tian Y, et al. Microrna alteration in cerebrospinal fluid from comatose patients with traumatic brain injury after right median nerve stimulation. *Exp Brain Res*, 2022, 240(9): 2459-2470.
- [6] Xing E, Wan C. Prevalence of and factors associated with sarcopenia among elderly individuals with hypertension. *J Int Med Res*, 2022, 50(7): 665795878.
- [7] Shi Y, Wan C. Compensation of ipsilateral motor and sensory functions by contralateral uncrossed pathway in a stroke patient with half brain. *Am J Phys Med Rehabil*, 2021, 100(1): e4-e8.
- [8] Li C, Ke C, Su Y, et al. Exercise intervention promotes the growth of synapses and regulates neuroplasticity in rats with ischemic stroke through exosomes. *Front Neurol*, 2021, 12: 752595.
- [9] Zhang J, Huang C, Meng X, et al. Effects of different exercise interventions on cardiac function in rats with myocardial infarction. *Heart Lung Circ*, 2021, 30(5): 773-780.
- [10] Wang J, Niu Y, Tao H, et al. Knockdown of lncrna tug1 inhibits hippocampal neuronal apoptosis and participates in aerobic exercise-alleviated vascular cognitive impairment. *Biol Res*, 2020, 53(1): 53.

- [11] Ren XD, Wan CX, Niu YL. Overexpression of lncrna tctn2 protects neurons from apoptosis by enhancing cell autophagy in spinal cord injury. *Febs Open Bio*, 2019, 9(7): 1223-1231.
- [12] Wang C, Liu Y, Wang Y, et al. Low-frequency pulsed electromagnetic field promotes functional recovery, reduces inflammation and oxidative stress, and enhances hsp70 expression following spinal cord injury. *Mol Med Rep*, 2019, 19(3): 1687-1693.
- [13] Liu H, Wan C, Ding Y, et al. Pr-957, a selective inhibitor of immunoproteasome subunit low-mw polypeptide 7, attenuates experimental autoimmune neuritis by suppressing t(h)17-cell differentiation and regulating cytokine production. *Faseb J*, 2017, 31(4): 1756-1766.
- [14] Wan C, Li J, Yang C, et al. Dynamics of endogenous endothelial progenitor cells homing modulated by physiological ischaemia training. *J Rehabil Med*, 2015, 47(1): 87-93.
- [15] Wan CX, Lan YF, Jiang H, et al. Hypoxia training attenuates left ventricular remodeling in rabbit with myocardial infarction. *J Geriatr Cardiol*, 2014, 11(3): 237-244.
- [16] 史昱, 黄传, 苏悦, 等. 早期运动干预对脑梗死大鼠皮质脊髓束的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(7): 583-587.
- [17] 黄传, 万春晓, 张嘉玮, 等. 8周不同运动干预对心肌梗死大鼠心功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(8): 926-931.
- [18] 锁冬梅, 刘海杰, 张大启, 等. 多发性硬化患者的运动康复现状[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(10): 795-797.

陆晓教授团队已发表肢体功能障碍相关的SCI论文

- [1] Gao Y, Zhu Y, Lu X, et al. Vagus nerve stimulation paired with rehabilitation for motor function, mental health and activities of daily living after stroke: a systematic review and meta-analysis. *J Neurol Neurosur Ps*, 2023, 94(4): 257-266.
- [2] Zhu X, Wang S, Cheng Y, et al. Physiological ischemic training improves cardiac function through the attenuation of cardiomyocyte apoptosis and the activation of the vagus nerve in chronic heart failure. *Front Neurosci*, 2023, 17: 1174455.
- [3] Zhou L, Wu Z, Chen X, et al. Astaxanthin promotes locomotor function recovery and attenuates tissue damage in rats following spinal cord injury: a systematic review and trial sequential analysis. *Front Neurosci*, 2023, 17: 1255755.
- [4] Wang XB, Zhou LY, Chen XQ, et al. Neuroprotective effect and possible mechanism of edaravone

- in rat models of spinal cord injury: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*, 2023, 12(1): 177.
- [5] Zhou L, Chen X, Yu B, et al. The effect of metformin on ameliorating neurological function deficits and tissue damage in rats following spinal cord injury: a systematic review and network meta-analysis. *Front Neurosci*, 2022, 16: 946879.
- [6] Yu B, Zhang X, Cheng Y, et al. The effects of the biceps brachii and brachioradialis on elbow flexor muscle strength and spasticity in stroke patients. *Neural Plast*, 2022, 2022: 1295908.
- [7] Wang L, Zheng Y, Dang Y, et al. Effects of robot-assisted training on balance function in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*, 2021, 53(4): jrm00174.
- [8] Wang M, Liu S, Peng Z, et al. Tibetan medicated bathing therapy for patients with post-stroke limb spasticity: a randomized controlled clinical trial. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(3): 374.
- [9] Zheng Y, Mao M, Cao Y, et al. Contralaterally controlled functional electrical stimulation improves wrist dorsiflexion and upper limb function in patients with early-phase stroke: a randomized controlled trial. *J Rehabil Med*, 2019, 51(2): 103-108.
- [10] Wang M, Liu S, Peng Z, et al. Effect of Tui Na on upper limb spasticity after stroke: a randomized clinical trial. *Ann Clin Transl Neur*, 2019, 6(4): 778-787.
- [11] Zhen X, Zheng Y, Hong X, et al. Physiological ischemic training promotes brain collateral formation and improves functions in patients with acute cerebral infarction. *Front Neurol*, 2016, 7.
- [12] Lu X, Battistuzzo CR, Zoghi M, et al. Effects of training on upper limb function after cervical spinal cord injury: a systematic review. *Clin Rehabil*, 2015, 29(1): 3-13.
- 高强教授团队已发表肢体康复相关文章：**
- [1] Chen Y, Su W, Gui CF, et al. Effectiveness of cerebellar vermis intermittent theta-burst stimulation in improving trunk control and balance function for patients with subacute stroke: a randomised controlled trial protocol. *Bmj Open*, 2023, 13(1): e66356.
- [2] Qiu YT, Chen Y, Tan HX, et al. Efficacy and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation in cerebellar ataxia: a systematic review and meta-analysis. *Cerebellum*, 2023.
- [3] Guo QF, He L, Su W, et al. Virtual reality for neurorehabilitation: a bibliometric analysis of knowledge structure and theme trends. *Front Public Health*, 2022, 10: 1042618.
- [4] Liu S, Gao Q, Guan M, et al. Effectiveness of transcranial direct current stimulation over dorsolateral

- prefrontal cortex in patients with prolonged disorders of consciousness: a systematic review and meta-analysis. *Front Neurol*, 2022, 13: 998953.
- [5] Meng L, Tsang R, Ge Y, et al. Rtms for poststroke pusher syndrome: study protocol for a randomised, patient-blinded controlled clinical trial. *Bmj Open*, 2022, 12(8): e64905.
- [6] Xie YJ, Chen Y, Tan HX, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for lower extremity motor function in patients with stroke: a systematic review and network meta-analysis. *Neural Regen Res*, 2021, 16(6): 1168-1176.
- [7] Xie YJ, Wei QC, Chen Y, et al. Cerebellar theta burst stimulation on walking function in stroke patients: a randomized clinical trial. *Front Neurosci*, 2021, 15: 688569.
- [8] Liao LY, Xie YJ, Chen Y, et al. Cerebellar theta-burst stimulation combined with physiotherapy in subacute and chronic stroke patients: a pilot randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*, 2021, 35(1): 23-32.
- [9] Chen Y, Wei QC, Zhang MZ, et al. Cerebellar intermittent theta-burst stimulation reduces upper limb spasticity after subacute stroke: a randomized controlled trial. *Front Neural Circuits*, 2021, 15: 655502.
- [10] Chen Y, Gao Q, He CQ, et al. Effect of virtual reality on balance in individuals with parkinson disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Phys Ther*, 2020, 100(6): 933-945.

潘化平教授团队重症肢体康复相关论文:

- [1] Feng H, Qi Y, Wang X, et al. Treadmill exercise decreases inflammation via modulating il-6 expression in the rat model of middle cerebral artery occlusion. *Neurocrit Care*, 2023, 38(2): 279-287.
- [2] Feng H, Pan H, Yao W, et al. Analysis of resting energy consumption and its influencing factors in stroke patients with severe neurological diseases: a retrospective clinical study. *Neuroimmunomodulat*, 2022, 29(4): 460-467.
- [3] Ye JP, Gong JS, Su C, et al. Fabrication and characterization of high molecular keratin based nanofibrous membranes for wound healing. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 2020, 194: 111158.
- [4] Cheng KS, Pan R, Pan H, et al. Alice: a hybrid ai paradigm with enhanced connectivity and cybersecurity for a serendipitous encounter with circulating hybrid cells. *Theranostics*, 2020, 10(24):

11026-11048.

4.国际前沿/发展趋势

4.1 意识障碍

基于最新的进展，该领域可能的前沿热点或发展趋势包括：1) 基于行为学量表评估、神经影像学、神经电生理学等方法，对意识障碍患者进行多模态精准诊断，2) 开展意识障碍预测理论框架的研究^[95]，基于多中心数据集和机器学习算法开展意识障碍分类和预测研究^[96]。3) 深入开展意识障碍非侵入性脑刺激和神经调控技术促醒方面的精准干预；4) 开展麻醉剂（如克他命）诱导的暂时性意识丧失与脑损伤后意识障碍的对比研究^[97]。

4.2 肺功能障碍

基于最新的进展，该领域可能的前沿热点或发展趋势包括：1) 建立基于重症的肺康复评估体系包括呼吸模式、肺功能评定、呼吸肌力评测、血气分析，尤其是超声评测。2) 开展基于肺康复评估体系的肺功能恢复预测研究。3) 开展不同肺康复技术的随机对照临床研究，为肺康复技术的临床应用提供循证证据^[13-15]。4) 开展不同疾病肺康复最优方案研究，制定不同疾病肺康复临床路径^[98-100]。5) 开展医工合作，研发气道管理及肺康复相关智能化设备^[16, 17]。

4.3 肢体功能障碍

基于最新的进展，该领域可能的前沿热点或发展趋势包括：1) 构建重症康复运动功能评估量表；2) 构建包括量表在内的重症患者运动功能障碍评估体系；3) 确定早期康复时机；4) 确定不同运动康复技术的有效性及安全性；5) 构建不同疾病早期运动康复临床路径

5.专家在国际学术组织任职情况

5.1 意识障碍领域

宋为群，教授，首都医科大学宣武医院康复医学科主任，首都医科大学康复医学系副主任，国家住院医师培训重点专业基地负责人，国家临床重点专科基地负责人。担任国家自然科学基金评审专家、科技部重点专项评审专家、中国康复医学会副会长、中国康复医学会意识障碍康复专业委员会主任委员、中国卫生信息与健康医疗大数据学会康复专业及信息化标准委员会主任委员、中国医师协会康复医师分会副会长、中华医学会物理医学与康复分会常务委员、北京康复医学

会神经病学分会会长、北京医师协会康复医学专科医师分会会长、北京物理医学与康复分会副主任委员等多项社会职务。

冯珍，二级教授、主任医师、博士研究生导师，南昌大学第一附属医院康复医学科主任、南昌大学附属康复医院执行院长、南昌大学第四附属医院副院长、江西省康复质量控制中心主任、南昌大学国家临床重点专科（康复医学）建设项目和国家一流本科专业（康复治疗学）负责人。现任中国康复医学会副会长、中国康复医学会康复治疗专业委员会主任委员、中国康复医学会意识障碍康复专业委员会副主任委员、中国医师协会康复医师分会常委。

谢秋幼，主任医师，博士生导师，博士后合作导师。南方医科大学珠江医院康复医学科副主任，高压氧治疗中心副主任，重症康复亚专科负责人。中国神经科学学会意识与意识障碍分会委员，中国康复医学会颅脑损伤康复专委会委员兼意识障碍康复学组副组长，中国康复医学会意识障碍康复分会常委。

何江弘，教授，主任医师，博士生导师。首都医科大学附属北京天坛医院神经外科中心意识障碍专科主任。中国医师协会神经修复学分会意识障碍学组主任委员；中国神经科学学会意识与意识障碍分会副主任委员；中华医学会神经外科分会神经生理学组副组长；中国医师协会神经调控分会委员；中国医师协会神经外科分会功能外科学组委员。

秦鹏民，华南师范大学心理学院教授，博士生导师。中国神经科学学会影像学分会秘书长，中国康复医学会脑功能检测与调控康复专业委员会委员。主要采用脑成像技术研究意识、自我信息加工的神经机制。。

狄海波，教授，博导，比利时列日大学博士后。杭州师范大学国际植物状态与意识科学研究所所长，国际意识障碍合作框架中方负责人，中国康复医学会意识障碍康复专业学会副主任委员，浙江省生理科学学会副理事长，比利时列日大学客座教授。杭州市第十届、十一届、十二届政协委员。国家自然科学基金重点项目终审专家。

5.2 肺功能障碍领域

王辰，呼吸病学与危重症医学、群医学及公共卫生专家。中国工程院副院长，中国医学科学院院长，北京协和医学院校长。中国工程院院士，美国国家医学科学院、欧洲科学院外籍院士，欧洲科学与艺术学院院士，中国医学科学院学部委

员。在世界卫生组织多个委员会中担任专业职务。Chinese Medical Journal 总编辑。国家呼吸医学中心主任。中华医学会副会长。中国医师协会副会长。全国政协常委。从事呼吸与危重症医学、群医学及公共卫生的医疗、教学与研究工作。

赵红梅, 教授, 主任医师, 中日友好医院呼吸中心副主任。中国康复医学会呼吸康复专业委员会主任委员, 中国康复医学会吞咽障碍专业委员会副主任委员, 中国医师协会呼吸医师分会呼吸相关职业发展工作委员会副主任委员, 中国医师协会康复医师分会呼吸康复专业委员会主任委员, 中华医学会康复医学分会心肺康复专业学组委员。

黄怀, 教授, 主任医师, 博士生导师。中国人民解放军南部战区总医院重症康复中心主任。国家科技部重大专项及国间项目评审专家、军队第一层级评审专家。中国康复医学会重症康复专业委员会主任委员, 广东省康复医学会呼吸康复分会会长, 国家老年疾病临床医学研究中心分中心康复负责人, 国家级重症康复专科培训基地负责人。

陆晓, 教授, 主任医师, 博士生导师, 博士后导师。南京医科大学康复医学院院长, 南京医科大学第一附属医院康复医学中心行政主任。国际物理医学与康复学会教育委员会委员, 中华物理医学与康复学分会常委, 中华物理医学与康复学分会心肺组副组长, 中国康复医学会重症康复专委会副主委。

葛慧青, 教授, 主任技师, 浙江大学医学院附属邵逸夫医院呼吸治疗科主任。世界卫生组织呼吸治疗专家组成员, 国际呼吸治疗继续教育评审委员会委员, 美国呼吸治疗学会 Fellow, 国家肝脏移植专业质控中心专家委员会委员, 中华医学会影响呼吸分会呼吸危重症学组委员, 中国病理生理危重症学会呼吸治疗学组副组长。

喻鹏铭, 副教授, 四川大学华西医院康复医学中心心肺康复技术总监。担任中国康复医学会呼吸康复专业委员会心肺物理治疗学组组长、中国康复医学会物理治疗专业委员会重症与心肺物理治疗学组副组长、中国医师协会中西医结合医师分会心脏康复专业委员会常委。

5.3 肢体功能障碍领域

万春晓教授, 教授, 主任医师, 博士生导师, 天津医科大学康复医学系主任, 天津医科大学总医院康复医学科科主任。中国康复医学会青年工作委员会前任主任委员, 中国康复医学会重症康复专业委员会副主任委员。

高强教授, 博士生导师, 四川大学华西医院康复医学中心副主任、治疗师长。中国康复医学会物理治疗专委会副主任委员。

潘化平教授, 中华医学会物理医学与康复学分会心肺康复学组委员、中国康复医学会重症康复专业委员会副主任委员、中国康复医学会吞咽障碍康复专业委员会副主任委员、中国康复医学会康复治疗专业委员会常委, 兼重症康复学组组长。

6.重大科学基础设施

6.1 意识障碍

6.1.1 康复诊断(评估)关键设备: 包括 PET、fMRI、EEG 以及 TMS-EEG 等神经电生理检查的大型仪器设备。

6.1.2 康复治疗关键设备: 包括非侵入性脑刺激和神经调控设备（如 TMS、tDCS）、外周神经电刺激设备（如正中神经电刺激、经皮耳迷走神经电刺激）、脑深部电刺激和脑机接口等。

6.2 肺功能障碍

6.2.1 康复诊断(评估)关键设备: 包括胸部高分辨率薄层 CT、MRI、PET-CT、纤维支气管镜、纤维喉镜、血气分析仪、彩色多普勒肌肉骨骼超声系统、肺功能测试仪、携式睡眠呼吸监测等检查设备。

6.2.2 康复治疗关键设备: 包括目标流阻负荷呼吸训练器、阈值型负荷呼吸训练器、等 CO₂ 过度通气呼吸肌训练器、渐减式流阻负荷呼吸肌训练器、Acapella 训练器、体外式膈肌起搏器、呼吸神经肌肉刺激仪、有创呼吸机、无创呼吸机、振动排痰仪、高频胸壁震荡排痰仪、机械吸入-呼出装置、纤维支气管镜、说话瓣膜、智能康复床、康复机器人等。

6.3 肢体功能障碍

6.3.1 康复诊断(评估)关键设备

包括肌电图、AI 动作捕捉、肌力及关节活动度的定量评估设备

6.3.2 康复治疗关键设备

包括 tDCS 和 rTMS 等非侵入性神经调控和脑刺激设备；电疗、磁疗、床旁主被动、上下肢机器人、VR 虚拟现实康复系统等设备

7.国际合作交流情况

7.1 意识障碍领域

中比意识障碍领域的合作和互动学术交流，是国际合作的良好示范。杭州师范大学国际植物状态与意识科学研究所的狄海波教授与比利时列日大学神经科学中心的 Steven Laureys 教授建立了国际合作，并于 2019 年、2023 年获得国家自然科学基金重点国际（地区）合作研究项目“基于意识障碍临床证据的后部皮层意识相关性研究”及国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”重点专项，中比（瓦隆）政府间科技合作项目“基于中央环路模型的意识障碍临床干预研究”。

同时在中国-比利时意识与意识障碍论坛、国际昏迷和意识大会、第八届亚洲-大洋洲物理医学与康复医学大会等多个国内外会议中，与国外意识障碍领域的相关专家作了充分交流。

7.2 肺功能障碍领域

中国肺功能障碍领域同道与比利时鲁汶大学 Rik Gosselink 教授、昆士兰大学 Alice Jones 教授等在肺康复学科建设、技术推广等方面开展了多维合作。并在多个学术会议如中华医学会物理医学与康复学年会、中国康复医学会重症康复年会、南京康复医学国际论坛、华西康复国际论坛等就肺康复的最新进展作了充分交流。

7.3 肢体功能障碍领域

中国康复同道与国际物理医学与康复学会的多位专家如李常威教授、Walter Frontera 教授、Marta Imamura、Joel DeLisa 教授等在国际物理医学与康复发展中国家峰会、亚洲-大洋洲物理医学与康复医学大会等多个会议进行了充分的合作与交流。

8.重症康复亚专业的国际比较

8.1 意识障碍

国际上意识障碍研究的顶级权威是比利时列日大学的 Steven Laureys 教授。Laureys 教授是国际意识和意识障碍领域研究的开拓者、欧洲意识障碍临床判定负责人、国际意识研究协会主席、世界神经性昏迷和意识障碍联合会创始人和主席、欧洲神经病学学会昏迷和意识障碍委员会主席，比利时列日大学 GIGA 昏迷科学研究中心主任、比利时列日大学附属医院神经内科主任。2012 年帕斯卡医学奖获得者、2017 年比利时最高科学奖法郎基奖获得者（比利时诺贝尔奖之称），

发表 SCI 论文 500 余篇，其中发表在 Science、New England Journal of Medicine、Lancet 等顶级期刊论文有 21 篇，专著 10 余部，在世界领域内居首位。

8.1.1 我国在意识障碍康复诊疗领域的优势

我国患者人群的基数大，可以通过国际多中心临床研究得出更可靠的研究结果，更新指南并推动诊疗工作的规范化发展。

8.1.2 我国在意识障碍康复诊疗领域的短板

(1) 缺乏具有多学科交叉背景的领军型人才：人脑意识的产生及其功能障碍的机制非常复杂，我国目前缺少具有神经科学、医学、计算机等多学科背景的高端领军人才。

(2) 关键技术、算法、设备研发仍面临瓶颈：国内现在搞研究的底层技术、算法和科学设施仍然由发达国家供给，从技术到研究体系等都存在较大差距，比如现在使用的磁共振成像系统等大科学设施，仍然是西门子、GE、飞利浦三家占据绝对份额。

8.2 肺功能障碍

目前国际上肺功能障碍康复国际权威学者主要来自比利时和美国等欧美国家机构。比利时鲁汶大学康复科学和物理治疗系的名誉教授 Rik Gosselink 教授，是呼吸康复与重症康复的开拓者，担任鲁汶大学运动与康复学院院长和鲁汶大学附属医院物理治疗与康复中心主任。Rik Gosselink 教授对重症康复领域有着卓越贡献，发表 SCI 论文 290 余篇，其中发表在 American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine、Intensive Care Medicine 等重症医学顶级期刊论文有 60 余篇，专著 10 余部主持并参与了重症患者肢体和呼吸肌的评估和训练循证物理治疗指南的制定工作。目前，Rik Gosselink 教授研究重点是 COVID-19 重症患者肢体和呼吸肌功能的物理治疗和康复指南制定。相比于全球其他主要经济体国家和关键创新国家，我国肺康复领域需求比较大，有庞大的患病群体，具有中西医结合特色肺康复的优势。但我国肺康复起步较晚，医保覆盖有限，同时在高质量临床研究及智能康复技术发展方面存在较明显短板。

8.2.1 我国在肺功能障碍康复领域的优势

(1) 肺康复需求庞大：肺康复领域需求比较大，有庞大的患病群体，可以为开展国内及国际多中心临床研究提供基础。

(2) 中西医结合特色肺康复：中医肺康复技术如“六字诀”吐纳法，八段锦、五禽戏等可有效与现代肺康复技术结合，促进患者肺功能障碍的改善。

8.2.2 我国在肺功能障碍康复诊疗领域的短板

(1) 肺康复起步较晚，软硬件支撑不足：心肺康复在我国起步迟于神经与肌骨康复，因此在医保支付政策，专业人员配备，专业设备及专业技术发展方面均存在欠缺。

(2) 科研投入有限，高质量研究缺乏：肺康复技术的使用停留在经验阶段，缺乏高质量的随机对照研究，科学循证证据不足。

(3) 创新技术及设备发展落后：医工结合，气道管理及肺康复的设备研发存在短板。

8.3 肢体功能障碍

比利时鲁汶大学康复科学和物理治疗系的名誉教授 Rik Gosselink 教授，美国约翰霍普金斯大学重症监护物理医学和康复医学主任 Dale Needham 教授均专注于重症运动功能障碍的研究。有多篇论文发表在 Critical Care Medicine、Intensive Care Medicine 等重症医学顶级期刊，Dale Needham 教授提出了成人 ICU 活动与运动促进计划，旨在改进重症患者早期肢体康复方案，以减轻肌肉无力和功能障碍。

相比于全球其他主要经济体国家和关键创新国家，我国有较大的重症患者基数，在重症疾患肢体康复方面具备较广泛的医疗资源基础和较成熟的三级康复网络，但在重症运动功能康复方面发展尚不均衡。

8.3.1 我国在重症运动功能障碍康复领域的优势

(1) 人口基数和疾病的多样性：我国庞大的人口基数为重症运动康复提供了丰富的疾病数据和康复案例，这有助于促进临床经验的积累及开展多中心临床研究。

(2) 康复医学与传统医学的结合：中国在康复医学中关注中西医结合的治疗方式。中医药理论与现代康复治疗相结合，形成了独特的康复治疗体系。这种整合的方法有助于综合考虑患者的身体状况，提供更个性化、全面的治疗方案。

8.3.2 我国在重症肢体障碍康复诊疗领域的短板

(1) 专业人才与设备短缺：重症运动康复专业人才相对短缺，该亚专业需

要综合性的医学知识和技能。专业设备方面以传统的运动康复设备为主，缺乏智能化的康复训练设备。

(2) 高质量研究缺乏：针对具体康复技术的高质量研究不足，导致技术的使用缺乏循证证据，相应的技术指南及规范缺乏。

(3) 标准和规范化体系建设不足：重症患者进行早期康复的重要意义大家有所共识，但其在全国重症肢体康复的理论研究与临床实践现状并不理想。缺乏适合我国 ICU 环境的标准化早期康复方案及临床康复路径研究。

9.拟采取的举措

针对重症康复三个领域的短板，拟采取的举措如下：

(1) 加强多学科合作，开展高质量多中心研究，产出高质量成果

康复医学科、神经内/外科、重症医学科等多学科紧密合作，利用我国的病例优势，构建相关数据库及样本库，开展康复技术及康复方案的多中心临床研究，产出高质量的成果，制定相关的临床路径及指南。

(2) 鼓励中西医结合，建立中国特色的重症康复体系与方案

中医学是我国传统优势及特色学科，中西医融合才能创建有中国特色的重症康复方案。因此需开展多中心临床研究，确定中医康复技术的有效性及安全性。以中西医结合康复技术方案的优越性。基于上述研究成果，中医/中西医结合康复学者联合康复医学专家、重症医学专家、方法学专家等，基于循证医学策略、制定中西医结合重症康复共识/指南。

(3) 建立多学科交叉体系，促进医工结合，创新康复治疗设备

建立多学科交叉体系，促进医工融合，创新康复治疗设备，促进重症康复治疗的智能化，远程化。实现重症康复患者的全流程管理。

(4) 建立重症康复专业人才培育体系，补足此方面人才的短板

鼓励在有条件的院校开设重症康复专业或重症康复课程，打造完善的教学大纲及多学科融合的师资队伍，加速培养重症康复人才，补足此方面的短板。

参考文献

- [1] Sara M, Pistoia F, Pasqualetti P, et al. Functional isolation within the cerebral cortex in the vegetative state: a nonlinear method to predict clinical outcomes[J]. Neurorehab Neural Re, 2011, 25(1): 35-42.

- [2] Chennu S, Annen J, Wannez S, et al. Brain networks predict metabolism, diagnosis and prognosis at the bedside in disorders of consciousness[J]. *Brain*, 2017, 140(8): 2120-2132.
- [3] Wu M, Li F, Wu Y, et al. Impaired Frontoparietal Connectivity in Traumatic Individuals with Disorders of Consciousness: a Dynamic Brain Network Analysis[J]. *Aging Dis*, 2020, 11(2): 301-314.
- [4] Robinson LR, Micklesen PJ, Tirschwell DL, et al. Predictive value of somatosensory evoked potentials for awakening from coma[J]. *Crit Care Med*, 2003, 31(3): 960-967.
- [5] Wijnen VJ, van Boxtel GJ, Eilander HJ, et al. Mismatch negativity predicts recovery from the vegetative state[J]. *Clin Neurophysiol*, 2007, 118(3): 597-605.
- [6] Giacino JT, Katz DI, Schiff ND, et al. Practice guideline update recommendations summary: Disorders of consciousness: Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology; The American Congress of Rehabilitation Medicine; And the National Institute on Disability, Independent Living, and Rehabilitation Research[J]. *Neurology*, 2018, 91(10): 450-460.
- [7] Comanducci A, Boly M, Claassen J, et al. Clinical and advanced neurophysiology in the prognostic and diagnostic evaluation of disorders of consciousness: review of an IFCN-endorsed expert group[J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(11): 2736-2765.
- [8] Bodart O, Amico E, Gomez F, et al. Global structural integrity and effective connectivity in patients with disorders of consciousness[J]. *Brain Stimul*, 2018, 11(2): 358-365.
- [9] Bai Y, Gong A, Wang Q, et al. Breakdown of oscillatory effective networks in disorders of consciousness[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2023, 30(3): e14469.
- [10] Pan J, Xie Q, Qin P, et al. Prognosis for patients with cognitive motor dissociation identified by brain-computer interface[J]. *Brain*, 2020, 143(4): 1177-1189.
- [11] Stender J, Kupers R, Rodell A, et al. Quantitative rates of brain glucose metabolism distinguish minimally conscious from vegetative state patients[J]. *J Cerebr Blood F Met*, 2015, 35(1): 58-65.
- [12] Wang F, Di H, Hu X, et al. Cerebral response to subject's own name showed high prognostic value in traumatic vegetative state[J]. *Bmc Med*, 2015, 13: 83.
- [13] Li J, Xia W, Zhan C, et al. A telerehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial[J]. *Thorax*, 2022, 77(7): 697-706.
- [14] Zheng Y, Mao M, Li F, et al. Effects of enhanced recovery after surgery plus pulmonary

- rehabilitation on complications after video-assisted lung cancer surgery: a multicentre randomised controlled trial[J]. Thorax, 2023, 78(6): 574-586.
- [15] Zheng Y, Sun H, Mei Y, et al. Can Cardiopulmonary Rehabilitation Facilitate Weaning of Extracorporeal Membrane Oxygenation (CaRe-ECMO)? Study Protocol for a Prospective Multidisciplinary Randomized Controlled Trial[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8: 779695.
- [16] Prokazova PR, Piradov MA, Ryabinkina YV, et al. Robot-assisted therapy using the MOTomed letto 2 for the integrated early rehabilitation of stroke patients admitted to the intensive care unit[J]. Human Physiology, 2017, 42: 885-890.
- [17] Ferre M, Batista E, Solanas A, et al. Smart Health-Enhanced Early Mobilisation in Intensive Care Units[J]. Sensors-Basel, 2021, 21(16): 5408.
- [18] Edlow BL, Chatelle C, Spencer CA, et al. Early detection of consciousness in patients with acute severe traumatic brain injury[J]. Brain, 2017, 140(9): 2399-2414.
- [19] Wu X, Zou Q, Hu J, et al. Intrinsic Functional Connectivity Patterns Predict Consciousness Level and Recovery Outcome in Acquired Brain Injury[J]. J Neurosci, 2015, 35(37): 12932-12946.
- [20] Snider SB, Bodien YG, Bianciardi M, et al. Disruption of the ascending arousal network in acute traumatic disorders of consciousness[J]. Neurology, 2019, 93(13): e1281-e1287.
- [21] Alnagger N, Cardone P, Martial C, et al. The current and future contribution of neuroimaging to the understanding of disorders of consciousness[J]. Presse Med, 2023, 52(2): 104163.
- [22] Kondziella D, Bender A, Diserens K, et al. European Academy of Neurology guideline on the diagnosis of coma and other disorders of consciousness[J]. Eur J Neurol, 2020, 27(5): 741-756.
- [23] Arzi A, Rozenkrantz L, Gorodisky L, et al. Olfactory sniffing signals consciousness in unresponsive patients with brain injuries[J]. Nature, 2020, 581(7809): 428-433.
- [24] Liu Z, Zhang X, Yu B, et al. Effectiveness on level of consciousness of non-invasive neuromodulation therapy in patients with disorders of consciousness: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Hum Neurosci, 2023, 17: 1129254.
- [25] Thibaut A, Di Perri C, Chatelle C, et al. Clinical Response to tDCS Depends on Residual Brain Metabolism and Grey Matter Integrity in Patients with Minimally Conscious State[J]. Brain Stimul, 2015, 8(6): 1116-1123.
- [26] Martens G, Lejeune N, O'Brien AT, et al. Randomized controlled trial of home-based 4-week tDCS in chronic minimally conscious state[J]. Brain Stimul, 2018, 11(5): 982-990.

- [27] Xie Y, Zhang T, Chen AC. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Recovery of Stroke Patients with Disturbance of Consciousness[J]. *Brain Stimul*, 2015, 8(3): 674-675.
- [28] Wu M, Wu Y, Yu Y, et al. Effects of theta burst stimulation of the left dorsolateral prefrontal cortex in disorders of consciousness[J]. *Brain Stimul*, 2018, 11(6): 1382-1384.
- [29] He RH, Wang HJ, Zhou Z, et al. The influence of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on endogenous estrogen in patients with disorders of consciousness[J]. *Brain Stimul*, 2021, 14(3): 461-466.
- [30] Ma H, Fan S, Xu Z, et al. Trigeminal nerve stimulation for prolonged disorders of consciousness: a randomized double-blind sham-controlled study[J]. *Brain Stimul*, 2023, 16(3): 819-827.
- [31] Wu X, Xie L, Lei J, et al. Acute traumatic coma awakening by right median nerve electrical stimulation: a randomised controlled trial[J]. *Intens Care Med*, 2023, 49(6): 633-644.
- [32] 中国医师协会神经修复专业委员会意识障碍与促醒学组. 慢性意识障碍诊断与治疗中国专家共识[J]. 中华神经医学杂志, 2020, 19(10): 977-982.
- [33] Tadie JM, Locher C, Maamar A, et al. Enteral citrulline supplementation versus placebo on SOFA score on day 7 in mechanically ventilated critically ill patients: the IMMUNOCITRE randomized clinical trial[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 381.
- [34] Trudzinski FC, Neetz B, Bornitz F, et al. Risk Factors for Prolonged Mechanical Ventilation and Weaning Failure: a Systematic Review[J]. *Respiration*, 2022, 101(10): 959-969.
- [35] Li W, Zhang Y, Wang Z, et al. The risk factors of reintubation in intensive care unit patients on mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intens Crit Care Nur*, 2023, 74: 103340.
- [36] 成人气管切开拔管中国专家共识编写组, 中华医学会物理医学与康复学分会心肺康复学组, 中国康复医学会重症康复专业委员会. 成人气管切开拔管中国专家共识(下)[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(7): 577-584.
- [37] Qiu M, Chen Y, Ye Q. Risk factors for acute exacerbation of idiopathic pulmonary fibrosis: a systematic review and meta-analysis[J]. *The Clinical Respiratory Journal*, 2018, 12(3): 1084-1092.
- [38] Platenburg MGJP, van der Vis JJ, Grutters JC, et al. Decreased Survival and Lung Function in Progressive Pulmonary Fibrosis[J]. *Medicina*, 2023, 59(2): 296.
- [39] Rothman A, Lim S, Hasegawa D, et al. Abnormal Pulmonary Function Testing as an Independent Risk Factor for Procedural Complications During Transthoracic Needle Biopsies[J]. *J Bronchol*

- Intern Pu, 2022, 29(3): 213-219.
- [40] Jensen JH, Sorensen L, Mosegaard SB, et al. Risk Stratification for Postoperative Pulmonary Complications following Major Cardiothoracic and Abdominal Surgery - development of the PPC Risk Prediction Score for Physiotherapists Clinical Decision-making[J]. Physiother Theor Pr, 2023, 39(6): 1305-1316.
- [41] Tsubokawa N, Mimura T, Tadokoro K, et al. Risk factors for long-term decline in post-operative pulmonary function after lung resection[J]. Jpn J Clin Oncol, 2023, 53(3): 245-252.
- [42] Santus P, Gramegna A, Radovanovic D, et al. A systematic review on tracheostomy decannulation: a proposal of a quantitative semiquantitative clinical score[J]. Bmc Pulm Med, 2014, 14: 201.
- [43] Bellon PA, Bosso MJ, Echegaray J, et al. Tracheostomy Decannulation and Disorders of Consciousness Evolution[J]. Resp Care, 2022, 67(2): 209-215.
- [44] Sakai Y, Ohira M, Yokokawa Y. Cough Strength is an Indicator of Aspiration Risk When Restarting Food Intake in Elderly Subjects with Community-Acquired Pneumonia[J]. Resp Care, 2020, 65(2): 169-176.
- [45] Ibrahim AS, Aly MG, Abdel-Rahman KA, et al. Semi-quantitative Cough Strength Score as a Predictor for Extubation Outcome in Traumatic Brain Injury: a Prospective Observational Study[J]. Neurocrit Care, 2018, 29(2): 273-279.
- [46] Bonny V, Joffre J, Gabarre P, et al. Sonometric assessment of cough predicts extubation failure: SonoWean-a proof-of-concept study[J]. Crit Care, 2023, 27(1):368.
- [47] Hong Y, Duan J, Bai L, et al. Noninvasive ventilation failure in pneumonia patients \geq 65 years old: the role of cough strength[J]. J Crit Care, 2018, 44: 149-153.
- [48] Hong Y, Deng M, Hu W, et al. Weak cough is associated with increased mortality in COPD patients with scheduled extubation: a two-year follow-up study[J]. Resp Res, 2022, 23(1): 166.
- [49] Haruna J, Tatsumi H, Kazuma S, et al. Frequent tracheal suctioning is associated with extubation failure in patients with successful spontaneous breathing trial: a single-center retrospective cohort study[J]. Ja Clin Rep, 2022, 8(1): 5.
- [50] Martínez GH, Rodriguez ML, Vaquero MC, et al. High-flow oxygen with capping or suctioning for tracheostomy decannulation[J]. New Engl J Med, 2020, 383(11): 1009-1017.
- [51] Zhang Y, Wan H, Richeldi L, et al. Reticulation is a Risk Factor of Progressive Subpleural Nonfibrotic Interstitial Lung Abnormalities[J]. Am J Resp Crit Care, 2022, 206(2): 178-185.

- [52] Tachibana Y, Taniguchi H, Kondoh Y, et al. Pulmonary interstitial emphysema is a risk factor for poor prognosis and a cause of air leaks[J]. *Respir Investig*, 2019, 57(5): 444-450.
- [53] Parada-Gereda HM, Tibaduiza AL, Rico-Mendoza A, et al. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 174.
- [54] Munoz-Garach M, Moreno-Romero O, Ramirez-Puerta R, et al. Accuracy of Modified Blue-Dye Testing in Predicting Dysphagia in Tracheotomized Critically Ill Patients[J]. *Diagnostics*, 2023, 13(4): 616.
- [55] Rosato E, Leodori G, Gigante A, et al. Reduced ventilatory efficiency during exercise predicts major vascular complications and mortality for interstitial lung disease in systemic sclerosis[J]. *Clin Exp Rheumatol*, 2020, 38 Suppl 125(3): 85-91.
- [56] Hagemeyer L, Herkenrath S, Treml M, et al. Sleep-related breathing disorders in idiopathic pulmonary fibrosis are frequent and may be associated with pulmonary vascular involvement[J]. *Sleep Breath*, 2023, 27(3): 961-971.
- [57] Fermont JM, Masconi KL, Jensen MT, et al. Biomarkers and clinical outcomes in COPD: a systematic review and meta-analysis[J]. *Thorax*, 2019, 74(5): 439-446.
- [58] Aiello M, Marchi L, Calzetta L, et al. Coronavirus Disease 2019: COSeSco - a Risk Assessment Score to Predict the Risk of Pulmonary Sequelae in COVID-19 Patients[J]. *Respiration*, 2022, 101(3): 272-280.
- [59] Otáhal M, Mlček M, Borges JB, et al. Prone positioning may increase lung overdistension in COVID-19-induced ARDS[J]. *Sci Rep-Uk*, 2022, 12(1): 16528.
- [60] Toshida K, Minagawa R, Kayashima H, et al. The Effect of Prone Positioning as Postoperative Physiotherapy to Prevent Atelectasis After Hepatectomy[J]. *World J Surg*, 2020, 44(11): 3893-3900.
- [61] Marklin GF, O'Sullivan C, Dhar R. Ventilation in the prone position improves oxygenation and results in more lungs being transplanted from organ donors with hypoxemia and atelectasis[J]. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 2021, 40(2): 120-127.
- [62] Pozuelo-Carrascosa DP, Cobo-Cuenca AI, Carmona-Torres JM, et al. Body position for preventing ventilator-associated pneumonia for critically ill patients: a systematic review and network meta-analysis[J]. *J Intensive Care*, 2022, 10(1): 9.
- [63] Zhou F, Chen X, Wang P, et al. Effect of manual hyperinflation on recurrent atelectasis in a

- ventilator-dependent C3 complete spinal cord injury patient: a case report[J]. Heart Lung, 2022, 52: 194-196.
- [64] Yazdani M, Malekzadeh J, Sedaghat A, et al. The Effects of Manual Lung Hyperinflation on Pulmonary Function after Weaning from Mechanical Ventilation among Patients with Abdominal Surgeries: Randomized Clinical Trial[J]. Journal of Caring Sciences, 2021, 10(4): 216-222.
- [65] Valer BB, Bonczynski GS, Scheffer KD, et al. Ventilator versus manual hyperinflation in adults receiving mechanical ventilation: a systematic review[J]. Physiother Res Int, 2022, 27(2): e1936.
- [66] Luadsri T, Boonpitak J, Pongdech-Udom K, et al. Immediate effects of manual hyperinflation on cardiorespiratory function and sputum clearance in mechanically ventilated pediatric patients: a randomized crossover trial[J]. Hong Kong Physiother, 2022, 42(01): 15-22.
- [67] Wang J, Deng N, Qi F, et al. The effectiveness of postoperative rehabilitation interventions that include breathing exercises to prevent pulmonary atelectasis in lung cancer resection patients: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Pulm Med, 2023, 23(1): 276.
- [68] Katsura M, Kuriyama A, Takeshima T, et al. Preoperative inspiratory muscle training for postoperative pulmonary complications in adults undergoing cardiac and major abdominal surgery[J]. Cochrane Db Syst Rev, 2015, 2015(10): CD010356.
- [69] Zhang X, Zheng Y, Dang Y, et al. Can inspiratory muscle training benefit patients after stroke? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Clin Rehabil, 2020, 34(7): 866-876.
- [70] Hearn E, Gosselink R, Freene N, et al. Inspiratory muscle training in intensive care unit patients: an international cross-sectional survey of physiotherapist practice[J]. Aust Crit Care, 2022, 35(5): 527-534.
- [71] Van Hollebeke M, Pleysier S, Poddighe D, et al. Comparing two types of loading during inspiratory muscle training in patients with weaning difficulties: an exploratory study[J]. Aust Crit Care, 2023, 36(4): 622-627.
- [72] 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.
- [73] Etienne H, Morris IS, Hermans G, et al. Diaphragm Neurostimulation Assisted Ventilation in Critically Ill Patients[J]. Am J Resp Crit Care, 2023, 207(10): 1275-1282.
- [74] Mccaughey EJ, Jonkman AH, Boswell-Ruys CL, et al. Abdominal functional electrical stimulation

- to assist ventilator weaning in critical illness: a double-blinded, randomised, sham-controlled pilot study[J]. Crit Care, 2019, 23(1): 261.
- [75] 成人气管切开拔管中国专家共识编写组, 中华医学会物理医学与康复学分会心肺康复学组, 中国康复医学会重症康复专业委员会. 成人气管切开拔管中国专家共识 (上) [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(6): 481-487.
- [76] Zhong J, Zhang S, Li C, et al. Active cycle of breathing technique may reduce pulmonary complications after esophagectomy: a randomized clinical trial[J]. Thorac Cancer, 2022, 13(1): 76-83.
- [77] Shen MD, Li YW, Xu LQ, et al. Role of active cycle of breathing technique for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a pragmatic, randomized clinical trial[J]. Int J Nurs Stud, 2021, 117: 103880.
- [78] Herrero-Cortina B, Lee AL, Oliveira A, et al. European Respiratory Society statement on airway clearance techniques in adults with bronchiectasis[J]. Eur Respir J, 2023, 62(1): 2202053.
- [79] Wilson LM, Saldanha IJ, Robinson KA. Active cycle of breathing technique for cystic fibrosis[J]. Cochrane Db Syst Rev, 2023, 2(2): CD007862.
- [80] Huang HP, Chen KH, Tsai CL, et al. Effects of High-Frequency Chest Wall Oscillation on Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials[J]. Int J Chronic Obstr, 2022, 17: 2857-2869.
- [81] Saliba KA, Blackstock F, McCarren B, et al. Effect of Positive Expiratory Pressure Therapy on Lung Volumes and Health Outcomes in Adults with Chest Trauma: a Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Phys Therapy, 2022, 102(1): pzb254.
- [82] Morrison L, Milroy S. Oscillating devices for airway clearance in people with cystic fibrosis[J]. Cochrane Db Syst Rev, 2020, 4(4): CD006842.
- [83] Chen T, Hsu J. Noninvasive Ventilation and Mechanical Insufflator-Exsufflator for Acute Respiratory Failure in Children with Neuromuscular Disorders[J]. Front Pediatr, 8: 593282.
- [84] Chen T, Liang W, Chen I, et al. Combined noninvasive ventilation and mechanical insufflator-exsufflator for acute respiratory failure in patients with neuromuscular disease: effectiveness and outcome predictors[J]. Ther Adv Respir Dis, 2019, 13: 327161096.
- [85] Morris PE, Berry MJ, Files DC, et al. Standardized Rehabilitation and Hospital Length of Stay Among Patients with Acute Respiratory Failure: a Randomized Clinical Trial[J]. Jama-J Am Med

- Assoc, 2016, 315(24): 2694-2702.
- [86] Mcwilliams D, Weblin J, Atkins G, et al. Enhancing rehabilitation of mechanically ventilated patients in the intensive care unit: a quality improvement project[J]. J Crit Care, 2015, 30(1): 13-18.
- [87] Koester K, Troeller H, Panter S, et al. Overview of Intensive Care Unit-Related Physical and Functional Impairments and Rehabilitation-Related Devices[J]. Nutr Clin Pract, 2018, 33(2): 177-184.
- [88] Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial[J]. The Lancet, 2009, 373(9678): 1874-1882.
- [89] Wang Z, Wang L, Fan H, et al. Adapted low intensity ergometer aerobic training for early and severely impaired stroke survivors: a pilot randomized controlled trial to explore its feasibility and efficacy[J]. J Phys Ther Sci, 2014, 26(9): 1449-1454.
- [90] 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]. Intens Care Med, 2017, 43(2): 171-183.
- [91] Witteveen E, Wieske L, Sommers J, et al. Early Prediction of Intensive Care Unit-Acquired Weakness: a Multicenter External Validation Study[J]. J Intensive Care Med, 2020, 35(6): 595-605.
- [92] Yang L, Zhang Z, Zhang C, et al. [Early mobilization on mortality of patients with mechanical ventilation in intensive care unit after discharge: a Meta-analysis][J]. Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue, 2021, 33(1): 100-104.
- [93] 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.
- [94] Ding N, Zhang Z, Zhang C, et al. What is the optimum time for initiation of early mobilization in mechanically ventilated patients? A network meta-analysis[J]. Plos One, 2019, 14(10): e0223151.
- [95] Fischer D, Edlow BL, Giacino JT, et al. Neuroprognostication: a conceptual framework[J]. Nat Rev Neurol, 2022, 18(7): 419-427.
- [96] Wu H, Xie Q, Pan J, et al. Identifying patients with cognitive motor dissociation using resting-state temporal stability[J]. Neuroimage, 2023, 272: 120050.
- [97] Buccellato A, Zang D, Zilio F, et al. Disrupted relationship between intrinsic neural timescales and alpha peak frequency during unconscious states - a high-density EEG study[J]. Neuroimage, 2023, 265: 119802.
- [98] Spruit MA, Holland AE, Singh SJ, et al. COVID-19: Interim Guidance on Rehabilitation in the

- Hospital and Post-Hospital Phase from a European Respiratory Society and American Thoracic Society-coordinated International Task Force[J]. Eur Respir J, 2020, 56(6): 2002197.
- [99] Schmidt GA, Girard TD, Kress JP, et al. Official Executive Summary of an American Thoracic Society/American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline: Liberation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults[J]. Am J Resp Crit Care, 2017, 195(1): 115-119.
- [100] Rochester CL, Alison JA, Carlin B, et al. Pulmonary Rehabilitation for Adults with Chronic Respiratory Disease: an Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline[J]. Am J Resp Crit Care, 2023, 208(4): e7-e26.