

ICU机械通气患者获得性衰弱危险因素的Meta分析

张嘉跃^{1,2}, 王健翔¹, 穆茂容¹, 李 敏^{1,2}

¹昆明市第一人民医院护理部, 云南 昆明

²昆明医科大学护理学院, 云南 昆明

收稿日期: 2025年11月29日; 录用日期: 2025年12月22日; 发布日期: 2025年12月30日

摘 要

目的: 全面探究重症监护病房(ICU)获得性衰弱(ICU-AW)的危险因素, 为临床预防和干预提供科学依据。方法: 严格制定纳入与排除标准, 运用主题词与自由词相结合的方式, 对检索到的文献进行筛选、质量评价与信息提取, 最后采用RevMan 5.3开展Meta分析。结果: 共检索出3081篇文献, 经去重、初筛与复筛后, 最终纳入12篇文献, 涉及6个国家的1762名患者, 涵盖23个潜在危险因素。Meta分析结果表明, 年龄(OR = 1.03, 95% CI: 1.01~1.05, P = 0.0002)、APACHE II评分(OR = 2.91, 95% CI: 2.43~3.40, P < 0.00001)、合并脓毒血症(OR = 1.96, 95% CI: 1.51~2.55, P < 0.00001)、血糖水平(OR = -19.08, 95% CI: -19.38~-18.77, P < 0.00001)、入住ICU前总机械通气时长(OR = 1.02, 95% CI: 1.01~ 1.03, P < 0.00001)等是ICU机械通气患者发生获得性衰弱的潜在危险因素, 且部分因素异质性较大。结论: 明确了多种与ICU-AW相关的危险因素, 不可控因素反映患者基础状况和疾病严重程度, 可控制因素为临床干预提供方向, 但研究存在局限性, 未来需进一步深入研究。

关键词

ICU获得性衰弱, 危险因素, Meta分析

Meta-Analysis on Risk Factors for ICU-Acquired Weakness in Mechanically Ventilated Patients

Jiayue Zhang^{1,2}, Jianxiang Wang¹, Maorong Mu¹, Min Li^{1,2}

¹Nursing Department, Kunming First People's Hospital, Kunming Yunnan

²School of Nursing, Kunming Medical School, Kunming Yunnan

Received: November 29, 2025; accepted: December 22, 2025; published: December 30, 2025

文章引用: 张嘉跃, 王健翔, 穆茂容, 李敏. ICU 机械通气患者获得性衰弱危险因素的 Meta 分析[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(1): 167-178. DOI: 10.12677/jcpm.2026.51025

Abstract

Objective: To comprehensively explore the risk factors of intensive care unit-acquired weakness (ICU-AW) and provide a scientific basis for clinical prevention and intervention. **Methods:** Strict inclusion and exclusion criteria were formulated. The literature retrieved was screened, evaluated for quality, and information was extracted using a combination of subject terms and free terms. Finally, RevMan 5.3 was used to conduct a Meta-analysis. **Results:** A total of 3081 articles were retrieved. After deduplication, initial screening, and re-screening, 12 articles were ultimately included, involving 1762 patients from 6 countries and covering 23 potential risk factors. The results of the Meta-analysis showed that age (OR = 1.03, 95% CI: 1.01~1.05, $P = 0.0002$), APACHE II score (OR = 2.91, 95% CI: 2.43 - 3.40, $P < 0.00001$), combined sepsis (OR = 1.96, 95% CI: 1.51~2.55, $P < 0.00001$), blood glucose level (OR = -19.08, 95% CI: -19.38~-18.77, $P < 0.00001$), total mechanical ventilation duration before ICU admission (OR = 1.02, 95% CI: 1.01~1.03, $P < 0.00001$), etc. were potential risk factors for the occurrence of acquired weakness in ICU mechanically ventilated patients, and some factors had large heterogeneity. **Conclusion:** Multiple risk factors related to ICU-AW were identified. Uncontrollable factors reflect the patient's basic condition and disease severity, and controllable factors provide directions for clinical intervention. However, the study has limitations and further in-depth research is needed in the future.

Keywords

ICU-Acquired Weakness, Risk Factors, Meta-Analysis

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

ICU 获得性衰弱一词最早由 Ramsay 等[1]研究人员于 1993 年提出,是指重症患者在 ICU 住院期间发生发展的,无法用危重症疾病以外的其他原因进行解释的,以广泛性肢体乏力为特征的临床综合征。其主要影响四肢、呼吸肌及颈部屈肌。其中包括肌肉萎缩和蛋白质丢失[2]。有研究表明,卧床 14 天后,成年人的股四头肌肌肉损失为 9%,导致肌肉力量损失高达 27% [3]。在接受侵入性机械通气(Invasive Mechanical Ventilation, IMV)患者 ICU 住院的第一周中,股四头肌的横截面积可以减少高达 12.5%。导致出现 ICU-AW 的原因有很多,其中包括肌肉萎缩、长时间卧床、脓毒血症、多器官功能障碍、急性呼吸窘迫、营养不良、类固醇外药物、镇静剂、神经肌肉阻滞剂等药物的使用。ICU-AW 严重损害患者的肌肉力量和功能。这意味着患者在离开 ICU 后,可能无法自主完成日常活动,同时患者也会因身体机能的严重下降,而产生焦虑、抑郁等心理问题,影响心理健康和社会融入[4]。患者因 ICU-AW 而需要更长时间的康复治疗 and 护理,这无疑也会增加医疗资源的消耗和医疗费用的支出[5]。ICU-AW 也会影响患者出院后的生存率,部分 ICU 患者出院后也会出现 ICU-AW [6]。

2. 资料与方法

2.1. 纳入与排除标准

纳入标准: ① 研究类型: 前瞻性队列研究、病例对照研究、回顾性队列研究等观察性研究; ② 研

研究对象：入住 ICU 且年龄 ≥ 1 岁的机械通气患者。明确诊断为 ICU 获得性衰弱的患者；③ 危险因素评估：报告了至少一个潜在的危险因素与 ICU 获得性衰弱发生之间的关联，并且提供了可用于提取或计算效应量(如比值比、风险比、率差等)及其置信区间的数值；④ 结局指标：采用公认的诊断标准(如医学研究理事会肌力评分、神经电生理检查等)确诊 ICU 获得性衰弱。⑤ 语言：发表为中、英文的研究。排除标准：① 重复发表的研究，仅纳入最新或最完整的版本；② 动物实验、体外研究、综述、评论、信件、会议摘要等非原始研究；③ 研究对象为儿童或青少年(年龄 < 18 岁)；④ 无法获取全文或关键数据缺失且联系作者后仍无法提供的研究。

2.2. 文献检索策略

采用主题词与自由词相结合的方式，在中英文数据库中检索有关“ICU 获得性衰弱(ICU-AW)危险因素”的前瞻性队列研究的文献。中文检索数据库为中国知网(CNKI)、万方数据库、维普数据库、中国生物医学文献数据库(CBM)；英文检索数据库为 PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science Core Collection、MedLine。中文检索词包括：重症监护病房 OR ICU OR 加强监护病房 OR 重症加强护理病房 OR 机械通气 AND 获得性衰弱 OR 肌无力 or 肢体无力 OR 神经肌肉功能障碍 OR ICU-AW OR 神经肌肉障碍 OR 神经肌肉疾病 OR 神经肌肉紊乱 OR 瘫痪 OR 四肢轻瘫 OR 肌肉麻痹 OR 多发性神经肌病 AND 危险因素 OR 相关因素 OR 影响因素 OR 致病因素 OR 诱发因素 OR 高危因素 OR 风险因素；英文检索词为“Intensive Care Unit OR ICU OR Intensive Care Ward OR Intensive Care Unit OR ICU OR Intensive Care Ward OR Mechanical ventilation AND Muscle Weakness OR Limb Weakness OR Neuromuscular Dysfunction OR ICU-AW OR Neuromuscular Disorder OR Neuromuscular Disease OR Neuromuscular Disturbance OR Paralysis OR Paraparesis OR Paralysis OR Poly neuromyopathy AND Risk Factors OR Related Factors OR Influencing Factors OR Pathogenic Factors OR Predisposing Factors OR High-risk Factors OR Risk Factors”。

2.3. 文献筛选与文献质量评价

根据检索策略获取初步的文献结果。将文献全部导入到 EndNote 之中，并删除重复文献，通过阅读标题和摘要，快速排除明显不相关的文献。复筛对初筛认为可能相关的文献，获取全文进行仔细阅读。依据预先制定的纳入和排除标准，进一步确定是否纳入研究。交叉核对至少由两名护理专业硕士研究生独立进行文献筛选。对筛选结果存在分歧的文献，通过讨论或引入第三方仲裁来达成一致。记录筛选过程详细记录每篇文献的筛选结果和理由，包括纳入、排除或待定的原因。由 2 名参与过循证方法学培训的研究者，依据纳入和排除标准，独立开展文献的初筛与全文筛选工作。筛选结果由 2 人相互交叉核对，针对存在分歧的文献，通过讨论或者咨询第 3 名研究者来达成一致意见。采用纽卡斯尔-渥太华量表(the Newcastle-Ottawa Scale, NOS)文献质量评价工具，对病例对照研究和队列研究予以评价。

2.4. 信息提取

首先设计信息提取表格，表格包含研究的基本信息作者、发表年份、研究地点、研究对象的特征(如年龄、性别、疾病严重程度等)、暴露因素的细节、结局指标的定义和测量方法、研究结果(如效应量及其置信区间、P 值)。首先选择少量纳入的文献进行预提取，以检验提取表格的合理性和可操作性，并对可能出现的问题进行调整。然后进行双重提取与核对，至少由两名护理专业硕士研究生分别进行独立信息提取，并对两人提取的结果进行对比和核对。对于提取结果不一致的部分，通过讨论、参考原始文献或请教第三方来解决分歧，以达成共识。详细记录信息提取的过程，包括提取人员、时间、遇到的问题及解决方法等。

2.5. 统计学方法

在本 Meta 分析中，运用 RevMan 5.4 软件处理数据，综合评定多项研究成果。计量资料用加权均数差(WMD)及其 95% CI 描述，以呈现连续性变量的平均水平及差异可信度；计数资料采用比值比(OR 值)及其 95% CI 刻画，揭示二分类变量关联程度。联合 Q 检验、 I^2 检验评估文献异质性：若 $P > 0.1$ 且 $I^2 < 50\%$ ，表明无显著异质性，选用固定效应模型汇总效应量、估算总体效应；若 $P \leq 0.1$ 或 $I^2 \geq 50\%$ ，提示存在异质性，改用随机效应模型分析，深挖异质性来源。针对报道危险因素的文献开展敏感性分析，采用不同效应模型反复测试，核验结果稳定性，排除潜在干扰因素。当纳入某危险因素的文献 ≥ 5 篇时，绘制漏斗图评估发表偏倚，规避发表环节偏差干扰。本研究以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义的判定标准。

3. 结果

3.1. 文献筛选流程及结果

检索数据库共得出 3081 篇文献，经过 Endnote 去重后剩余文献 1070 篇文献，经过阅读题目和摘要后剩余文献 130 篇，语言不符合要求、文献类型为会议摘要最终纳入文献 12 篇[7]-[18]。文献筛选流程图详见图 1。

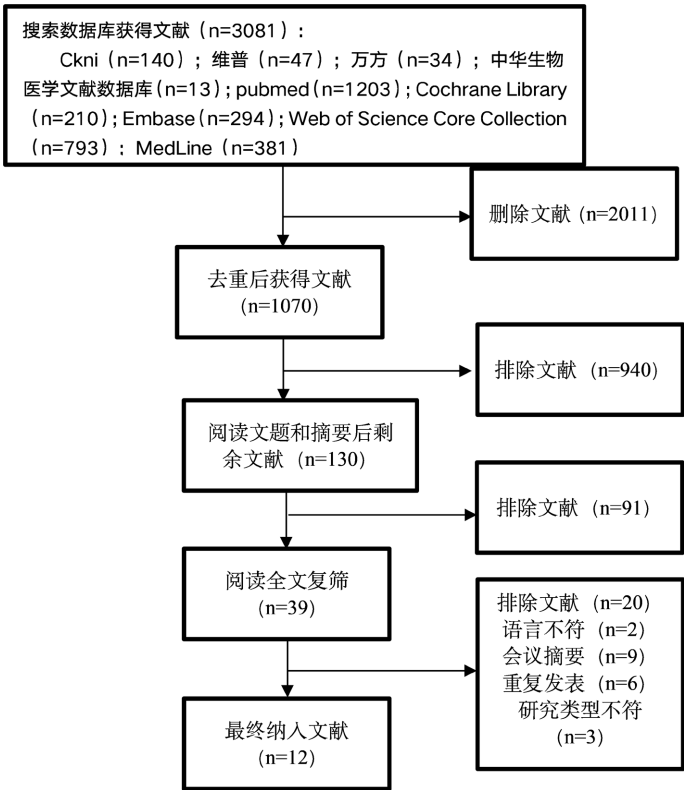


Figure 1. Flowchart of literature screening
图 1. 文献筛选流程图

3.2. 纳入文献的基本特征及质量评价

本研究最终纳入的 12 篇文献，包含中文文献 5 篇和英文文献 7 篇，且病例对照研究为 4 篇，队列研究为 8 篇。涉及到 6 个国家共 1762 名研究对象。12 篇文献共调查了 23 个危险因素，年龄、APACHE II

评分、合并脓毒血症、血糖最高值、入住 ICU 前总机械通气时长、制动时间、合并 MODS、镇静、镇痛药物的使用天数和剂量、类固醇药物的使用天数和剂量、连续肾脏替代治疗、血乳酸水平、机械通气时间、ICU 入院时长、肠外营养、神经肌肉阻滞剂、血钙紊乱、氨基糖苷治疗、有创机械通气时间、低蛋白血症、女性、血管活性药物、SOFA 评分。所纳入文献的基本信息见表 1。

Table 1. Basic information table of included literature

表 1. 纳入文献的基本信息表

纳入文献	国家地点	研究类型	样本量	暴露因素	危险因素	诊断标准	发生率 (%)	NOS
邱昱等 2019	中国	前瞻性队列研究	60	机械通气大于 2 天	①②③④(12)(13)(21)(22)	神经电生理学检查	31.7	8
李叶青等 2019	中国	前瞻性队列研究	486	机械通气大于 24 h	①③⑤⑥⑦⑧⑨(12)(19)(23)	MRC	40.5	7
刘慧佳等 2020	中国	回顾性病例对照研究	255	机械通气大于 48 h	③②④⑦⑧⑨⑩(11)(12)(13)(15)(19)(20)(23)(24)	MRC	54.51	8
蔡雨清等 2020	中国	前瞻性病例对照研究	165	机械通气大于 48 h	①②③④⑦⑧⑨⑩(11)(12)(13)(19)(20)(21)	MRC	41.82	8
蔡艳 2021	中国	回顾性病例对照研究	120	机械通气大于 48 h	①②③⑥⑦⑩(11)(12)(13)	MRC	31.67	7
李云婷等 2022	中国	前瞻性队列研究	320	机械通气大于 48 h	①②③(12)(14)(23)	MRC	30.63	8
Garnacho 等 2001	美国	前瞻性病例对照	82	机械通气大于 24 h	(12)(15)(16)(17)(18)	神经电生理学检查	60.98	7
Anastasopoulos 等 2011	希腊	前瞻性队列研究	190	机械通气大于 7 天	②③(19)(21)	神经电生理学检查	21.05	8
Wieske 等 2014	荷兰	前瞻性队列研究	212	机械通气大于 48 h	①(11)(12)(13)(18)(20)(23)	MRC	48.58	7
Abdelmalik 等 2017	美国	回顾性病例对照研究	78	机械通气大于 7 天	⑧(12)(13)(19)(21)(22)	MRC	100	8
Diaz Ballve 等 2017	阿根廷	前瞻性队列研究	111	机械通气大于 24 h	①④(12)(21)(22)	MRC	59.46	9
Liu 2024	中国	前瞻性队列研究	264	未说明	②③⑥⑦⑨(11)(12)(13)(16)	MRC	43.18	8
纳入文献	国家地点	研究类型	样本量	暴露因素	危险因素	诊断标准	发生率 (%)	NOS
邱昱等 2019	中国	前瞻性队列研究	60	机械通气大于 2 天	①②③④(12)(13)(21)(22)	神经电生理学检查	31.7	8
李叶青等 2019	中国	前瞻性队列研究	486	机械通气大于 24 h	①③⑤⑥⑦⑧⑨(12)(19)(23)	MRC	40.5	7

注：① 年龄；② APACHE II 评分；③ 合并脓毒血症；④ 血糖最高值；⑤ 入住 ICU 前总机械通气时长；⑥ 制动时间；⑦ 合并 MODS；⑧ 镇静、镇痛药物的使用天数和剂量；⑨ 类固醇药物的使用天数和剂量；⑩ 连续肾脏替代治疗；(11) 血乳酸水平；(12) 机械通气时间；(13) ICU 入院时长；(14) mNUTRIC 评分值升高；(15) 肠外营养；(16) 神经肌肉阻滞剂；(17) 血钙紊乱；(18) 氨基糖苷治疗；(19) 有创机械通气时间；(20) 低蛋白血症；(21) 女性；(22) 血管活性药物；(23) SOFA 评分。

3.3. Meta 分析结果

Meta 分析结果显示, 年龄、APACHE II 评分、合并脓毒血症、血糖水平、天数和剂量、类固醇药物的使用天数和剂量、连续肾脏替代治疗、血乳酸水平、机械通气时间、ICU 入院时长、mNUTRIC 评分值升高、神经肌肉阻滞剂、氨基糖苷治疗、有创机械通气时间、低蛋白血症、女性、SOFA 评分是 ICU 机械通气患者发生获得性衰弱的潜在危险因素, 详见表 2。

Table 2. Results of the meta-analysis
表 2. Meta 分析结果

影响因素	异质性检验		效应模型	Meta 分析结果		影响因素	异质性检验	
	P 值	I ² (%)		OR 值(95%CI)	P 值		P 值	I ² (%)
年龄	P < 0.00001	85	FE	1.03 (1.01, 1.05)	P = 0.0002	年龄	P < 0.00001	85
APACHEII	P < 0.00001	93	FE	2.91 (2.43, 3.40)	P < 0.00001	APACHEII	P < 0.00001	93
合并脓毒血症	P < 0.00001	56	FE	1.96 (1.51, 2.55)	P < 0.00001	合并脓毒血症	P < 0.00001	56
血糖水平	P < 0.00001	100	FE	-19.08 (-19.38, -18.77)	P < 0.00001	血糖水平	P < 0.00001	100
入住 ICU 前机械通气时间	P < 0.00001	0	RE	1.02 (1.01, 1.03)	P < 0.00001	入住 ICU 前机械通气时间	P < 0.00001	0
制动时长	P = 0.002	89	FE	2.18 (1.72, 2.77)	P < 0.00001	制动时长	P = 0.002	89
合并 MODS	P = 0.003	32	RE	1.71 (1.35, 2.16)	P = 0.00007	合并 MODS	P = 0.003	32
镇静镇痛药的使用	P = 0.014	0	RE	5.41 (2.62, 11.16)	P < 0.00001	镇静镇痛药的使用	P = 0.014	0
类固醇药物的使用	P < 0.00001	90	FE	4.26 (2.76, 6.56)	P < 0.00001	类固醇药物的使用	P < 0.00001	90
CRRT	P = 0.0003	87	FE	2.79 (2.06, 3.77)	P < 0.00001	CRRT	P = 0.0003	87
血乳酸水平	P = 0.04	49	RE	1.63 (1.43, 1.86)	P < 0.00001	血乳酸水平	P = 0.04	49
总机械通气时长	P < 0.00001	84	FE	3.36 (2.94, 3.79)	P < 0.00001	总机械通气时长	P < 0.00001	84

3.4. 异质性检验

使用 Q 检验和 I² 统计量来评估纳入研究之间的异质性。若 Q 检验的 P 值小于设定的显著性水平或 I² 值较大(如 I² > 50%), 则认为存在显著异质性。检验异质性。若异质性不显著, 选择固定效应模型进行合并分析; 若异质性显著, 针对纳入研究中存在较大异质性的危险因素。分别运用固定效应模型和随机效应模型来计算各危险因素的合并效应量, 通过观察合并效应量有无变化, 对研究结果的稳定性及可靠程度加以判定, 详见表 3。结果显示年龄、APACHE II、合并脓毒血症、血糖水平、制动时长、类固醇药物的使用、CRRT、总机械通气时长、ICU 住院时长、SOFA 评分, 随机效应模型与固定效应模型均有统计学意义详见表 3。年龄、合并脓毒血症、血糖水平、Apache II 评分的森林图如图 2~4 所示:

Table 3. Comparison of combined effect sizes between fixed effects model and random effects model
表 3. 固定效应模型与随机效应模型合并效应量比较

影响因素	随机效应模型		固定效应模型	
	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值
年龄	1.03 (1.01, 1.05)	P = 0.0002	1.08 (1.00, 1.15)	P = 0.04

续表

APACHEII	2.91 (2.43, 3.40)	P < 0.00001	3.99 (1.87, 6.10)	P = 0.00002
合并脓毒血症	1.96 (1.51, 2.55)	P < 0.00001	2.77 (1.05, 7.33)	P = 0.04
血糖水平	-19.08 (-19.38, -18.77)	P < 0.00001	-515.08 (-8882.85, -147.31)	P = 0.006
制动时长	2.18 (1.72, 2.77)	P < 0.00001	2.59 (1.24, 5.41)	P = 0.01
类固醇药物的使用	4.26 (2.76, 6.56)	P < 0.00001	6.67 (1.54, 28.88)	P < 0.00001
CRRT	2.79 (2.06, 3.77)	P < 0.00001	5.40 (1.62, 17.97)	P = 0.006
总机械通气时长	3.36 (2.94, 3.79)	P < 0.00001	4.38 (3.12, 5.65)	P < 0.00001
ICU 住院时长	3.39 (2.59, 4.20)	P < 0.00001	5.02 (2.50, 7.54)	P < 0.00001
SOFA 评分	1.14 (0.68, 1.60)	P < 0.00001	1.42 (0.31, 2.52)	P = 0.01

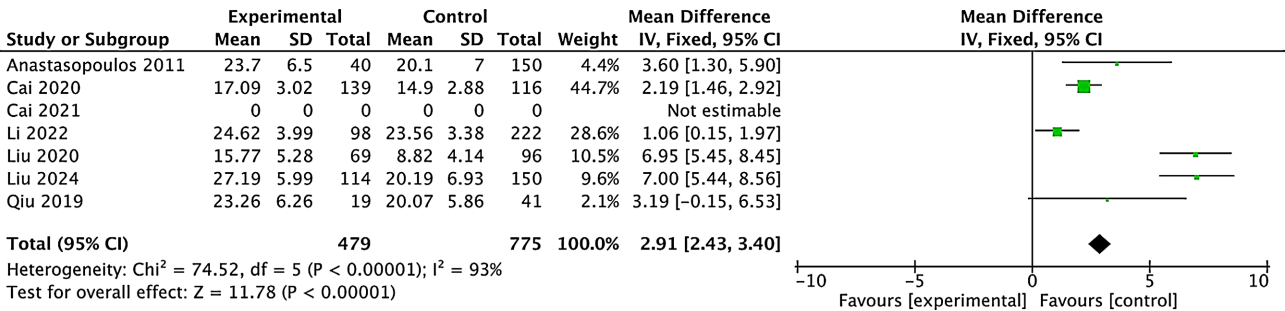


Figure 2. Forest plot of APACHE2 score
图 2. APACHE2 评分森林图

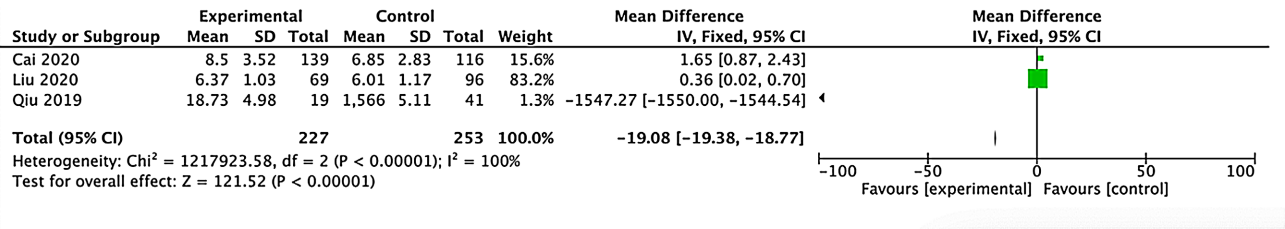


Figure 3. Forest plot of blood glucose levels
图 3. 血糖水平森林图

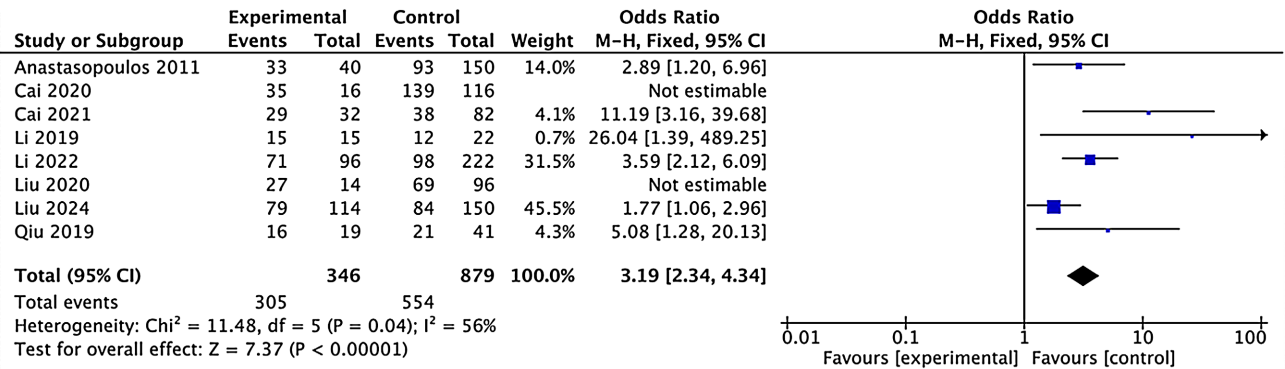


Figure 4. Forest plot for sepsis mergers
图 4. 合并脓毒血症森林图

4. 讨论

4.1. 不可控风险因素

本研究通过 Meta 分析确定了 ICU 机械通气患者发生 ICU-AW 的多个潜在危险因素, 其中年龄、APACHE II 评分、合并脓毒血症、合并 MODS(多器官功能障碍综合征)、女性、SOFA 评分(序贯器官衰竭评估评分)属于不可控风险因素。

年龄是一个重要的不可控因素, 随着年龄的增长, 人体的生理机能逐渐衰退。从肌肉生理结构角度来看, 老年人肌肉质量减少[19], 肌纤维萎缩, 尤其是II型(快肌纤维)萎缩更为明显[20], 这直接导致肌肉力量和功率输出下降, 这导致更易发生 ICU-AW。

APACHE II 评分是基于患者入院时的病情严重程度等客观指标计算得出, 反映患者当时的生理状态, 不可直接进行人为控制。高评分表明患者病情严重[3], 意味着患者更有可能出现多器官功能障碍、长时间卧床等情况, 这些都增加了 ICU-AW 的发生风险[8]。

合并脓毒血症和合并 MODS 同样是不可控因素, 它们的发生取决于患者自身的感染状况、机体反应以及原发病的严重程度等[12]。脓毒血症引发全身炎症反应, 可直接影响神经肌肉功能[12][21], 导致肌肉萎缩和无力。而 MODS 涉及多个器官功能受损, 会干扰肌肉正常的代谢、神经调节和营养供应[13], 从而导致肌肉功能异常, 增加 ICU-AW 的发病风险。

性别是否是 ICU-AW 的高危因素还有待商榷, Qiu 和 Wang 等研究者的两项研究结果之中性别因素均无统计学意义[14][22], 但 Raurell 和 Robert 等[23][24]人的两项研究表明女性是 ICU-AW 的危险因素。在近五年的相关文献里, 性别被纳入研究的频次不高, 但在超过五年的文献范畴内, 情况却发生了显著的转变。

SOFA 评分也是基于患者器官功能状态等客观情况得出, 虽然它不能被直接控制, 但可作为病情严重程度和器官功能障碍程度的重要参考指标, 帮助医护人员预测 ICU-AW 的发生风险, 以便采取相应的干预措施。

4.2. 可控制风险因素

与不可控风险因素相对应, 本研究中还发现了诸多可控制风险因素, 如血糖水平、入住 ICU 前总机械通气时长、制动时间、合并 MODS、镇静、镇痛药物和类固醇药物的使用天数和剂量、连续肾脏替代治疗(CRRT)、血乳酸水平、ICU 入院时长、mNUTRIC 评分值升高、神经肌肉阻滞剂、氨基糖苷治疗、有创机械通气时间、低蛋白血症等。

血糖水平异常是可控制的危险因素之一。高血糖可引起神经病变[25], 影响神经传导, 进而干扰肌肉的正常功能; 同时, 高血糖还会导致肌肉代谢紊乱, 加速肌肉蛋白质分解[3][26]。低血糖则会使肌肉细胞能量供应不足, 影响肌肉收缩和舒张功能。因此, 通过密切监测血糖水平, 及时调整胰岛素等降糖药物或葡萄糖输注量, 将血糖控制在合理范围内, 可有效降低 ICU-AW 的发生风险。

入住 ICU 前总机械通气时长、机械通气时间和有创机械通气时间[27]是可干预的因素。长时间的机械通气会使患者长时间处于卧床状态[11], 呼吸肌依赖机械辅助通气, 导致肌肉废用性萎缩。此外, 机械通气过程中可能影响患者的血流动力学, 减少肌肉的血液灌注[28], 从而导致肌肉损伤。一般来说, 机械通气时间越长, 患者发生 ICU-AW 的可能性就越大。长时间的机械通气意味着更长时间的肌肉不活动和代谢紊乱[6]。医护人员应在患者病情允许的情况下, 尽早评估撤机的可能性, 或采用无创通气等替代方式, 同时加强患者呼吸功能锻炼, 以缩短机械通气时间, 降低 ICU-AW 的发生几率。

制动时间对 ICU-AW 的发生有着重要影响, 且是可控制的因素。长期制动会使肌肉负荷减轻, 引发

肌肉萎缩、无力，还会影响血液循环和代谢产物的清除[29]，进一步加重肌肉功能障碍。医护人员应积极采取措施，如制定合理的翻身、拍背计划，在患者病情稳定后尽早开展床上被动活动，逐渐过渡到渐进性的主动活动，以减少制动时长，预防 ICU-AW 的发生。

镇静、镇痛药物和类固醇药物的使用天数[30]-[32]和剂量也在医护人员的控制范围内。过度使用镇静、镇痛药物会抑制患者的神经肌肉活动[33]，减少肌肉的神经刺激，导致肌肉废用性萎缩[34]。类固醇药物虽然在治疗某些疾病中具有重要作用，但长期或大量使用会影响肌肉蛋白质代谢，促使肌肉分解。因此，医护人员应根据患者的病情和疼痛程度，合理调整这些药物的使用剂量和时长，密切观察患者的反应，及时评估是否可以减少或停用药物，以降低 ICU-AW 的风险。

连续肾脏替代治疗(CRRT)过程中，患者可能出现血流动力学不稳定、营养物质丢失以及炎症介质清除等情况[35]，这些都可能影响肌肉功能。医护人员在实施 CRRT 时，应密切监测患者的血流动力学状态，优化治疗参数，尽量减少对患者内环境的影响，同时注意补充足够的营养物质，以降低因 CRRT 导致的 ICU-AW 风险。血乳酸水平升高提示组织缺氧和代谢紊乱[36]，与 ICU-AW 密切相关。

ICU 入院时长可通过优化医疗流程、提高医疗效率、加强多学科协作等方式来缩短。患者在 ICU 内停留时间越长，暴露于各种危险因素的时间就越长，如长时间卧床、使用多种药物、发生院内感染等的可能性就越大。因此，缩短 ICU 入院时长有助于降低 ICU-AW 的发生率。

神经肌肉阻滞剂和氨基糖苷治疗在使用过程中需要谨慎控制。神经肌肉阻滞剂直接作用于神经肌肉接头，抑制肌肉收缩，长时间或大量使用可能导致肌肉功能恢复延迟。氨基糖苷类药物具有神经肌肉毒性，可干扰神经肌肉信号传递，引起肌肉无力。医护人员应严格掌握这些药物的使用指征，避免不必要的使用，如需使用，应密切监测患者的神经肌肉功能，在满足治疗需求后及时停用，以减少其对肌肉功能的不良影响。

低蛋白血症可通过积极治疗原发疾病[37]，同时给予合理的营养支持来纠正。低蛋白血症患者由于缺乏肌肉合成的原料，肌肉修复和再生能力受到影响，导致肌肉力量减弱。补充蛋白质等营养物质有助于改善低蛋白血症，增强肌肉功能，降低 ICU-AW 的发生风险。

4.3. 本研究的局限性以及未来研究方向

尽管本研究通过严格的 Meta 分析流程明确了多项 ICU-AW 的危险因素，但仍存在若干局限性。其中最值得注意的是，尽管我们识别出部分危险因素年龄、APACHEII 评分、血糖水平等存在高度异质性 ($I^2 > 50\%$)，但受限于纳入研究的数量及报告信息的完整性，未能进行深入的亚组分析或 Meta 回归来系统地探索这些异质性的来源。这使得本次分析在某种程度上更接近于对现有研究结果的定量合成，而非对异质性背后复杂机制的深入解释。

异质性最大的来源可能是患者特征的差异，纳入研究来自不同国家、不同等级的医院，其收治的患者在基础疾病、遗传背景、营养状况等方面存在固有差异。在 Seisdedos [38]和 Moss [39]的团队对于神经肌肉组织剂的使用有着相反的结论，Seisdedos 团队认为 NMBA 使用与 ICU-AW 显著相关，而 Moss 团队则认为使用 NMBA 并不增加 ICU-AW 的风险。

其次在暴露因素定义差异，各研究对长时间镇静、制动等暴露的定义和测量标准可能不一致有些国家地区认为大于等于 24 小时即为长时间镇静，但有些地区的研究则认为需要大于 7 天。以及在结局测量的差异也有可能会导致不同研究之间的异质性差异较大。虽然均以 MRC 评分等为标准，但不同中心评估者的主观性和操作规范可能引入变异。

最后，本研究中可能存在一些潜在的危险因素尚未被纳入分析，或者一些已知危险因素之间的相互作用机制尚未完全阐明。例如，患者的心理因素可能与生理因素相互作用，共同影响 ICU-AW 的发生发

展,但目前相关研究较少。未来研究可考虑纳入更多潜在危险因素,并深入研究危险因素之间的复杂相互作用,通过潜在类别或者潜在剖面分析能够回答上述的异质性问题,即患者可能存在不同的类别或者剖面之中,才导致患者的异质性相差较大。

5. 结论

本研究通过 Meta 分析明确了 ICU 获得性衰弱的多个危险因素,包括年龄、APACHE II 评分等不可控因素,以及血糖水平、机械通气时长等可控因素。不可控因素反映患者基础状况和疾病严重程度,可控因素为临床干预提供方向。研究存在部分危险因素异质性较大等局限性,未来需更多大样本、设计严谨的研究进一步明确关系,减少异质性,同时纳入更多潜在危险因素,深入研究相互作用机制,构建更全面的风险预测模型。

基金项目

昆明市卫生科技人才培养项目 2022-SW (带头)-115。

参考文献

- [1] Stevens, R.D., Marshall, S.A., Cornblath, D.R., Hoke, A., Needham, D.M., de Jonghe, B., *et al.* (2009) A Framework for Diagnosing and Classifying Intensive Care Unit-Acquired Weakness. *Critical Care Medicine*, **37**, S299-S308. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e3181b6ef67>
- [2] Barker, J.A. (2010) Early Physical and Occupational Therapy in Mechanically Ventilated, Critically Ill Patients: A Randomised Controlled Trial. *Yearbook of Pulmonary Disease*, **2010**, 289-290. [https://doi.org/10.1016/s8756-3452\(09\)79337-5](https://doi.org/10.1016/s8756-3452(09)79337-5)
- [3] Patel, B.K., Pohlman, A.S., Hall, J.B. and Kress, J.P. (2014) Impact of Early Mobilization on Glycemic Control and ICU-Acquired Weakness in Critically Ill Patients Who Are Mechanically Ventilated. *Chest*, **146**, 583-589. <https://doi.org/10.1378/chest.13-2046>
- [4] 何曼曼, 江智霞, 王颖, 等. 成人 ICU 转出患者健康相关生活质量的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2021, 56(1): 148-154.
- [5] 胥露, 江智霞, 鲁鑫, 等. 早期功能锻炼预防 ICU 获得性衰弱的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2021, 56(8): 1267-1271.
- [6] Hodgson, C., Bellomo, R., Berney, S., *et al.* (2015) Early Mobilization and Recovery in Mechanically Ventilated Patients in the ICU: A Bi-National, Multi-Centre, Prospective Cohort Study. *Critical Care*, **19**, Article No. 81.
- [7] Garnacho-Montero, J., Madrazo-Osuna, J., García-Garmendia, J., Ortiz-Leyba, C., Jiménez-Jiménez, F., Barrero-Almodóvar, A., *et al.* (2001) Critical Illness Polyneuropathy: Risk Factors and Clinical Consequences. A Cohort Study in Septic Patients. *Intensive Care Medicine*, **27**, 1288-1296. <https://doi.org/10.1007/s001340101009>
- [8] Anastasopoulos, D., Kefaliakos, A. and Michalopoulos, A. (2011) Is Plasma Calcium Concentration Implicated in the Development of Critical Illness Polyneuropathy and Myopathy? *Critical Care*, **15**, Article No. R247. <https://doi.org/10.1186/cc10505>
- [9] Wieske, L., Witteveen, E., Verhamme, C., Dettling-Ihnenfeldt, D.S., van der Schaaf, M., Schultz, M.J., *et al.* (2014) Early Prediction of Intensive Care Unit-Acquired Weakness Using Easily Available Parameters: A Prospective Observational Study. *PLOS ONE*, **9**, e111259. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111259>
- [10] Abdelmalik, P.A. and Rakocovic, G. (2017) Propofol as a Risk Factor for ICU-Acquired Weakness in Septic Patients with Acute Respiratory Failure. *Canadian Journal of Neurological Sciences/Journal Canadien des Sciences Neurologiques*, **44**, 295-303. <https://doi.org/10.1017/cjn.2016.424>
- [11] Ballve, L.P.D., Dargains, N., Inchaustegui, J.G.U., Bratos, A., Percaz, M.D.L.M., Ardariz, C.B., *et al.* (2017) Weakness Acquired in the Intensive Care Unit. Incidence, Risk Factors and Their Association with Inspiratory Weakness. Observational Cohort Study. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, **29**, 466-475. <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20170063>
- [12] Liu, J., Xu, Z., Luo, S., Bai, Y., Feng, J. and Li, F. (2024) Risk Factors for ICU-Acquired Weakness in Sepsis Patients: A Retrospective Study of 264 Patients. *Heliyon*, **10**, e32253. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32253>
- [13] Li, Y., Xi, X., Jiang, L. and Zhu, B. (2019) Intensive Care Unit-Acquired Weakness of Mechanically Ventilated Patients:

- Prevalence and Risk Factors. *Chinese Journal of Critical Care Medicine*, **31**, 1351-1356.
- [14] Qiu, Y., Jiang, L. and Xi, X. (2019) Early Incidence and Prognosis of ICU-Acquired Weakness in Mechanical Ventilation Patients. *Chinese Journal of Critical Care Medicine*, **31**, 821-826.
 - [15] 蔡艳. ICU 机械通气病人获得性肌无力危险因素分析及其护理对策[J]. 全科护理, 2021, 19(5): 678-681.
 - [16] 蔡雨清, 陈娅妮, 孙飞, 仇艺. 机械通气患者并发 ICU 获得性衰弱的现状调查及高危因素分析[J]. 现代医学, 2020, 48(1): 50-56.
 - [17] 李云婷, 李芬, 邢柏. 机械通气老年脓毒症患者并发重症监护病房获得性衰弱的风险因素分析及 mNUTRIC 评分的早期预测价值[J]. 实用医学杂志, 2022, 38(20): 2568-2573.
 - [18] 刘慧佳, 史平, 李莎莎, 等. 机械通气患者重症监护获得性衰弱现状及危险因素的分析[J]. 解放军护理杂志, 2020, 37(6): 36-39.
 - [19] Son, Y.H., Kim, W.J., Shin, Y.J., Lee, S., Lee, B., Lee, K., et al. (2023) Human Primary Myoblasts Derived from Paraspinal Muscle Reflect Donor Age as an Experimental Model of Sarcopenia. *Experimental Gerontology*, **181**, Article ID: 112273. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2023.112273>
 - [20] Filipović, B., Šošić-Jurjević, B., Trifunović, S., Ristic, N., Manojlović-Stojanoski, M., Nestorović, N., et al. (2024) Age-Associated Changes of Fast-Twitch Skel 等 Muscle Fibers in Male Rats. *Endocrine Abstracts*, **99**, P251. <https://doi.org/10.1530/endoabs.99.p251>
 - [21] Callahan, L.A. and Supinski, G.S. (2009) Sepsis-Induced Myopathy. *Critical Care Medicine*, **37**, S354-S367. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e3181b6e439>
 - [22] Liu, M., Chen, Y., Wang, G. and Wu, X. (2024) Risk Factors for Intensive-Care-Unit-Acquired Weakness. *World Journal of Clinical Cases*, **12**, 4853-4855. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v12.i21.4853>
 - [23] Raurell-Torredà, M., Regaira-Martínez, E., Planas-Pascual, B., Ferrer-Roca, R., Martí, J.D., Blazquez-Martínez, E., et al. (2021) Early Mobilisation Algorithm for the Critical Patient. Expert Recommendations. *Enfermería Intensiva (English ed.)*, **32**, 153-163. <https://doi.org/10.1016/j.enfie.2020.11.001>
 - [24] Fan, E., Cheek, F., Chlan, L., Gosselink, R., Hart, N., Herridge, M.S., et al. (2014) An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: The Diagnosis of Intensive Care Unit-Acquired Weakness in Adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **190**, 1437-1446. <https://doi.org/10.1164/rccm.201411-2011st>
 - [25] Hu, J., Ouyang, L., Li, J., Li, X., Zhong, Y. and Hou, C. (2024) Mean Blood Glucose Level during ICU Hospitalization Is a Strong Predictor of the Mortality of Covid-19. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **17**, 1903-1909. <https://doi.org/10.2147/dms0.s450489>
 - [26] Yabe, Y., Komori, A., Iriyama, H., Ikezawa, K. and Abe, T. (2025) Association between the Development of Intensive Care Unit-Acquired Weakness and Body Composition at Intensive Care Unit Admission: A Descriptive Study. *Journal of Critical Care*, **85**, Article ID: 154933. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2024.154933>
 - [27] Sinha, R.K., Sinha, S., Nishant, P. and Morya, A.K. (2024) Intensive Care Unit-Acquired Weakness and Mechanical Ventilation: A Reciprocal Relationship. *World Journal of Clinical Cases*, **12**, 3644-3647. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v12.i18.3644>
 - [28] Chlan, L.L., Tracy, M.F., Guttormson, J. and Savik, K. (2015) Peripheral Muscle Strength and Correlates of Muscle Weakness in Patients Receiving Mechanical Ventilation. *American Journal of Critical Care*, **24**, e91-e98. <https://doi.org/10.4037/ajcc2015277>
 - [29] Chen, J. and Huang, M. (2024) Intensive Care Unit-Acquired Weakness: Recent Insights. *Journal of Intensive Medicine*, **4**, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.jointm.2023.07.002>
 - [30] Yang, T., Li, Z., Li, H., Zhou, J. and Chen, G. (2020) Aminoglycoside Use and Intensive Care Unit-Acquired Weakness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, **15**, e0230181. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230181>
 - [31] Yang, T., Li, Z., Jiang, L., Wang, Y. and Xi, X. (2018) Risk Factors for Intensive Care Unit-Acquired Weakness: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Acta Neurologica Scandinavica*, **138**, 104-114. <https://doi.org/10.1111/ane.12964>
 - [32] Bellaver, P., Schaeffer, A.F., Leitao, C.B., Rech, T.H. and Nedel, W.L. (2023) Association between Neuromuscular Blocking Agents and the Development of Intensive Care Unit-Acquired Weakness (ICU-AW): A Systematic Review with Meta-Analysis and Trial Sequential Analysis. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, **42**, Article ID: 101202. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2023.101202>
 - [33] Rochwerg, B., Oczkowski, S., Siemieniuk, R.A., Menon, K., Szczeklik, W., English, S., et al. (2017) Corticosteroids in Sepsis: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis (Protocol). *BMJ Open*, **7**, e016847. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016847>
 - [34] Witteveen, E., Wieske, L., Sommers, J., Spijksstra, J., de Waard, M.C., Endeman, H., et al. (2018) Early Prediction of Intensive Care Unit-acquired Weakness: A Multicenter External Validation Study. *Journal of Intensive Care Medicine*,

- 35, 595-605. <https://doi.org/10.1177/0885066618771001>
- [35] Horn, J. and Hermans, G. (2017) Intensive Care Unit-Acquired Weakness. *Handbook of Clinical Neurology*, **141**, 531-543.
- [36] Yang, T., Li, Z., Jiang, L. and Xi, X. (2021) Hyperlactacidemia as a Risk Factor for Intensive Care Unit-Acquired Weakness in Critically Ill Adult Patients. *Muscle & Nerve*, **64**, 77-82. <https://doi.org/10.1002/mus.27248>
- [37] Wang, L. and Long, D. (2024) Correlation between Early Serum Myoglobin Levels and the Incidence and Prognosis of Intensive Care Unit-Acquired Weakness (ICU-AW) in Septic Shock Patients: A Comparative Study. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **96**, e20231164. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202420231164>
- [38] Núñez-Seisdedos, M.N., Lázaro-Navas, I., López-González, L. and López-Aguilera, L. (2022) Intensive Care Unit-Acquired Weakness and Hospital Functional Mobility Outcomes Following Invasive Mechanical Ventilation in Patients with COVID-19: A Single-Centre Prospective Cohort Study. *Journal of Intensive Care Medicine*, **37**, 1005-1014. <https://doi.org/10.1177/08850666221100498>
- [39] Moss, M., Huang, D.T., Brower, R.G., *et al.* (2019) Early Neuromuscular Blockade in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *New England Journal of Medicine*, **380**, 1997-2008. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1901686>