

基于 Meta 分析构建 ICU 获得性衰弱风险预测模型

刘杨¹, 罗健², 刘苗², 周兴婷², 丁韞晗², 胡梦阳², 孟莹莹²

摘要:目的 构建并验证 ICU 获得性衰弱风险预测模型,为早期筛查 ICU 获得性衰弱危险人群提供有效工具。方法 Meta 分析 ICU 获得性衰弱的危险因素,以各危险因素的综合危险度的自然对数为模型的 β 系数,以某时段 ICU 获得性衰弱发病率与未发病率比值的自然对数为模型的 α 系数,建立预测模型。收集 137 例 ICU 患者资料,分析模型的预测性能。结果 ICU 获得性衰弱预测模型为 $\text{logit}(P) = -0.781 + 0.039 \text{ 年龄} + 0.077 \text{ APACHE} + 0.940 \text{ 休克} + 0.122 \text{ 机械通气时长} + 0.971 \text{ 脓毒血症} + 0.756 \text{ 神经肌肉阻滞剂} + 1.311 \text{ 血管活性药物} + 1.308 \text{ 皮质类固醇} + 0.747 \text{ 性别} + 0.626 \text{ 高血糖} + 1.973 \text{ 肾脏替代治疗}$;模型 ROC 曲线面积为 0.752,95%CI(0.672,0.833),概率 P 函数的临界值为 0.998,敏感度为 0.930,特异度为 0.489。结论 基于 Meta 分析建立的 ICU 获得性衰弱风险预测模型可作为早期预测 ICU 获得性衰弱危险人群的工具。

关键词: ICU 获得性衰弱; 预测模型; Meta 分析; 危险因素; 预测效能

中图分类号: R473.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2022.07.029

Construction of a risk prediction model for ICU acquired weakness-based on Meta-analysis Liu Yang, Luo Jian, Liu Miao, Zhou Xingting, Ding Yunhan, Hu Mengyang, Meng Yingying. Nephrology Department, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China

Abstract: **Objective** To construct and validate an ICU acquired weakness (ICUAW) risk prediction model, and to provide an effective tool for early screening of ICUAW-risk population. **Methods** Meta-analysis was conducted to calculate the risk factors of ICUAW, the natural logarithm of the comprehensive risk of each risk factor was taken as the β coefficient, and the natural logarithm of the ratio of ICUAW incidence rate to non-incidence rate during a certain period was taken as the α coefficient to construct a risk prediction model of ICUAW. Then the data of 137 ICU patients were collected to evaluate the predictive performance of the model. **Results** The model of ICUAW was $\text{logit}(P) = -0.781 + 0.039 \text{ age} + 0.077 \text{ APACHE} + 0.940 \text{ shock} + 0.122 \text{ duration of mechanical ventilation} + 0.971 \text{ sepsis} + 0.756 \text{ neuromuscular blocker} + 1.311 \text{ vasoactive drugs} + 1.308 \text{ corticosteroids} + 0.747 \text{ gender} + 0.626 \text{ hyperglycemia} + 1.973 \text{ renal replacement therapy}$. The area under the receiver operating characteristic curve of the model was 0.752, 95%CI was (0.672, 0.833). The cut-off value of probability function (P) was 0.998, the sensitivity was 0.930, and specificity was 0.489. **Conclusion** The ICUAW risk prediction model based on Meta-analysis can be used as a tool for early prediction of ICUAW risk population.

Key words: ICU acquired weakness; prediction model; Meta-analysis; risk factors; predictive performance

ICU 获得性衰弱(Intensive Care Unit Acquired Weakness, ICUAW)因其发生快且发病率高(25%~74%)^[1],已成为严重影响患者疾病预后和生活质量的重要原因^[2]。对于患者,ICUAW 延长住院时间,增加照护者心理及经济负担^[3]。从护理角度看,ICUAW 增加护理难度,导致护理重心偏移;从医院管理角度看,ICUAW 降低周转率,增加护理成本,影响医院运营效率。近年来,数学模型因其更为客观的优势被越来越多地用于疾病的预测和诊断。但现有 ICUAW 预测模型存在建模样本量不足、预测因子选择不当、模型缺乏验证等问题^[4]。因此,本研究拟基于 Meta 分析构建新的预测模型,为早期预测 ICUAW 危险人群提供有效工具。

作者单位:华中科技大学同济医学院附属协和医院 1. 肾内科 2. 护理部 (湖北 武汉,430022)

刘杨:女,硕士,护士

通信作者:罗健,ljwhhben@163.com

科研项目:中华护理学会研究基金项目(ZHKY201611);湖北省卫生健康委 2021—2022 年度面上项目(WJ2021M081);华中科技大学同济医学院附属协和医院药技护专项基金(F016.02004.20001.057)

收稿:2022-02-10;修回:2022-03-15

1 资料与方法

1.1 Meta 分析

1.1.1 纳入与排除标准 纳入标准:①人群年龄 ≥ 15 岁;②研究类型为病例对照研究或队列研究;③ICUAW 的诊断方法为医学研究理事会量表(Medical Research Council, MRC)^[5]或电生理检测(包括神经诊断、肌电图、神经传导)或组织学检查;④数据完整,能获得比值比(OR)及 95%CI;⑤语种为中、英文。排除标准:①患者存在神经肌肉疾病,或可能导致神经肌肉障碍的疾病;②统计方法错误的文献;③无法获得原文的文献;④纽卡斯尔—渥太华量表(The Newcastle-Ottawa Scale, NOS)评分^[6] < 5 分的低质量文献。

1.1.2 检索策略 采用主题词与自由词相结合,并辅以文献追溯等方法,检索 PubMed, Web of Science, Cochrane, Embase, 中国知网、万方数据库、维普等数据库。中文检索词为危重症,重症监护室,重症监护病房;衰弱,肌无力,虚弱,神经病,肌病,神经肌病;危险因素,影响因素,相关因素。英文检索词为 weakness, paresis, neuropathy, polyneuropathy, myopathy, polyneuromyopathy, neuromuscular dysfunction, neuromuscular disorder。

der;intensive care unit,ICU,intensive care,critical care,critical illness,critically ill;risk factor。检索时限为建库至 2022 年 2 月 2 日。

1.1.3 文献筛选和资料提取 2 名研究者严格按照纳入排除标准对文献进行独立筛选,数据提取并交叉核对,并请研究生导师对有争议的文献进行判定。

1.1.4 文献质量评价 2 名研究者采用 NOS 对文献进行质量评价,结果有争议处请导师判定。

1.2 模型构建 将 Meta 分析得到的危险因素作为自变量,将 ICUAW 的发病率作为因变量。模型中各危险因素的回归系数 β 为 Meta 分析中对应危险因素 OR 值的自然对数,计算公式 $\beta = \ln(OR)$ 。常数项 α 为某时段 ICUAW 发病率与未发病率比值的自然对数,计算公式 $\alpha = \ln(P/1-P)$ 。ICUAW 预测模型的对数函数为 $\text{logit}(P) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n$, X_n 表示第 n 个危险因素, β_n 表示第 n 个危险因素的回归系数^[7]。

1.3 模型验证 纳入标准:①年龄≥15 岁,且 ICU 住院时间≥72 h;②意识清楚,能理解并配合进行肌力测

试。排除标准:①患者存在神经肌肉疾病,或可能导致神经肌肉障碍的疾病;②随时可能死亡者;③有四肢伤史,影响肌力测试的患者。2 名经过培训的研究者,每日晨独立对满足纳入标准的患者进行肌力测试。当二者对同一患者评分一致时,对该患者下诊断;评分不一致时,请康复师裁定。使用自行设计的表格收集患者一般情况和 Meta 分析得出的 ICUAW 危险因素。

1.4 统计学方法 采用 RevMan5.3 软件对资料进行分析。若纳入研究异质性检验 $P>0.1, I^2 \leq 50\%$ 时,采用固定效应模型计算合并量;若 $P \leq 0.1, I^2 > 50\%$ 时,先分析导致异质性的原因,判断是否可用亚组分析合并统计量。若分析处理后,多个同类研究结果仍有异质性时,采用随机效应模型计算合并量。为保证 Meta 分析结果的稳定性,文献数量<3 的危险因素不进行分析。使用 SPSS25.0 软件绘制 ROC 曲线下面积。

2 结果

2.1 纳入文献的基本特征 最终纳入 29 篇^[8-36]文献,纳入文献基本特征及文献质量评价见表 1。

表 1 纳入文献基本特征及文献质量评价

纳入研究	国家	研究类型	样本量(例)		诊断工具	ICUAW 发生率(%)	危险因素	NOS
			对照组	ICUAW 组				
Garnacho-Montero 等 ^[8] 2001	西班牙	前瞻性	23	50	EPS	68.49	⑨⑬⑭	6
DeJonghe 等 ^[9] 2002	法国	前瞻性	71	24	MRC	25.26	②⑫⑮	6
Nanas 等 ^[10] 2008	希腊	前瞻性	141	44	MRC	23.78	③④⑪	6
Parsons 等 ^[11] 2013	美国	前瞻性	78	46	MRC	37.10	⑰	6
Wieske 等 ^[12] 2014	荷兰	前瞻性	109	103	MRC	48.58	①⑪	6
Nguyen 等 ^[13] 2015	越南	前瞻性	60	73	EPS	54.89	⑤⑥⑦⑨⑫	6
Gupta 等 ^[14] 2016	印度	前瞻性	63	37	NCS	37.00	④	6
Diaz Ballve 等 ^[15] 2017	阿根廷	前瞻性	45	66	MRC	59.50	①	6
Abdelmalik 等 ^[16] 2017	美国	回顾性	未报告	未报告	EMG	—	⑤⑩	7
Penuelas 等 ^[17] 2018	多中心	前瞻性	3686	114	MRC	3.00	⑦⑫⑮	6
于晓帆等 ^[18] 2018	中国	回顾性	122	42	MRC	25.61	④⑮	6
Mitobe 等 ^[19] 2019	日本	回顾性	8	23	MRC	74.19	⑱	6
Dres 等 ^[20] 2019	多中心	前瞻性	50	66	MRC	56.90	⑩⑮	6
Yurdakul 等 ^[21] 2019	土耳其	前瞻性	26	16	MRC	38.10	⑭⑮⑳	6
李叶青等 ^[22] 2019	中国	前瞻性	22	15	MRC	40.54	⑮	6
邱昱等 ^[23] 2019	中国	前瞻性	41	19	MRC	31.67	①④⑤⑦	6
许成等 ^[24] 2019	中国	回顾性	128	117	MRC	47.76	④⑥⑧⑮⑲	6
张娴等 ^[25] 2019	中国	回顾性	217	63	MRC	22.50	②③⑤⑥⑦⑨⑫	6
刘慧佳等 ^[26] 2020	中国	前瞻性	96	69	MRC	41.82	⑥⑧⑫⑬	6
蔡雨清等 ^[27] 2020	中国	回顾性	116	139	MRC	54.51	⑥⑦⑧⑫⑬⑮	6
林丽英等 ^[28] 2020	中国	前瞻性	106	90	MRC	45.92	②⑦⑨⑭⑮	6
Shabana 等 ^[29] 2021	埃及	前瞻性	57	57	MRC	—	⑦⑩⑮	6
张晓旭等 ^[30] 2021	中国	回顾性	202	98	MRC	48.51	①③⑥⑦⑫⑮⑲	6
马丹莹等 ^[31] 2021	中国	回顾性	68	126	MRC	64.95	①③⑦⑮	6
武宁等 ^[32] 2021	中国	前瞻性	177	63	MRC	26.25	⑤⑮	6
李名航等 ^[33] 2021	中国	回顾性	40	20	MRC	33.33	④	6
冯会颖等 ^[34] 2021	中国	回顾性	43	17	MRC	28.33	③④⑦⑳	6
江竹月等 ^[35] 2021	中国	前瞻性	247	106	MRC	42.91	①④⑧⑨⑮	6
苗晓等 ^[36] 2021	中国	前瞻性	175	39	MRC	18.22	①②⑦⑲	6

注:①年龄②性别③是否存在高血糖④急性生理学及慢性健康状况(APACHE)评分⑤休克⑥MODS⑦脓毒血症/SIRS⑧乳酸浓度⑨神经肌肉阻滞剂⑩血管活性药物⑪氨基糖苷类药物⑫类固醇⑬肾脏替代治疗⑭肠外营养⑮机械通气时⑯机械通气⑰红细胞输入⑱ICU 时骨骼肌指数⑲ICU 住院时长⑳SOFA 评分。

2.2 重症患者并发 ICUAW 的危险因素

2.2.1 一般资料 7 篇^[12,15,23,30-31,35-36]文献报道年龄是 ICUAW 的危险因素。4 篇^[9,25,28,36]文献报道女性发生 ICUAW 的风险更高。5 篇^[10,25,30-31,34]文献报道了高血糖与 ICUAW 的关系,各研究间异质性较大($I^2=88\%$),排除人群异质性较大的 1 篇^[31]后,显示高血糖是发生 ICUAW 的危险因素。4 篇^[24,26-27,35]文献报道了乳酸水平与 ICUAW 的关系,尚不能确定乳酸是 ICUAW 的危险因素 $[OR=3.16,95\%CI(1.36,7.36),P<0.01,I^2=75\%]$ 。3 篇^[24,30,36]讨论了 ICU 住院时长对 ICUAW 的影响,结果尚不能说明两者间的关系 $[OR=1.91,95\%CI(0.85,4.27),I^2=85\%]$ 。各危险因素效应值见表 2。

表 2 纳入模型的危险因素、效应值及对应的回归系数

危险因素	$I^2(\%)$	效应模型	$OR(95\%CI)$	β
年龄 X_1	59	随机效应模型	1.04(1.02,1.06)	0.039
APACHE X_2	0	固定效应模型	1.08(1.05,1.12)	0.077
休克 X_3	0	固定效应模型	2.56(1.79,3.66)	0.940
机械通气时长 X_4	87	随机效应模型	1.13(1.06,1.21)	0.122
MODS X_5	32	固定效应模型	3.21(2.37,4.35)	1.166
脓毒血症 X_6	52	随机效应模型	2.64(1.89,3.67)	0.971
神经肌肉阻滞剂 X_7	8	固定效应模型	2.13(1.66,2.74)	0.756
血管活性药物 X_8	46	固定效应模型	3.71(2.20,6.23)	1.311
类固醇 X_9	75	随机效应模型	3.70(1.93,7.08)	1.308
性别 X_{10}	32	固定效应模型	2.11(1.53,2.91)	0.747
高血糖 X_{11}	34	固定效应模型	1.87(1.50,2.33)	0.626
肾脏替代治疗 X_{12}	0	固定效应模型	7.19(3.88,13.32)	1.973

2.2.2 疾病因素 8 篇^[10,14,18,23-24,33-35]文献报告了 APACHE 评分与 ICUAW 的关系,排除 2 篇^[14,18]纳入人群异质性较大的文献(纳入的人群均是脓毒血症患者,会导致 APACHE 评分偏高),结果显示 APACHE 评分越高,发生 ICUAW 的概率越大;5 篇^[13,16,23,25,32]文献报道了休克对 ICUAW 的影响,各研究间无统计学差异($I^2=0\%$),提示休克患者并发 ICUAW 的风险更高;6 篇^[13,24-27,30]文献报道了 MODS 与 ICUAW 的关系,结果提示 MODS 是 ICUAW 的危险因素;11 篇^[13,17,23,25,27-31,34,36]报道脓毒血症/全身炎症反应综合征(SIRS)是 ICUAW 的危险因素。各危险因素效应值见表 2。

2.2.3 药物治疗因素 固定效应模型分析发现,神经肌肉阻滞剂^[8,13,25,28,35] $[OR=2.13,95\%CI(1.66,2.74),P<0.01,I^2=8\%]$ 和血管活性药物^[16,20,29] $[OR=3.71,95\%CI(2.20,6.23),P<0.01,I^2=46\%]$;随机效应模型分析发现,6 篇^[9,17,25-27,30]文献报道使用皮质类固醇药物与发生 ICUAW 的关系,各研究间异质性较大 $[OR=3.70,95\%CI(1.93,7.08),P<0.01,I^2=75\%]$,尚不能确定使用皮质类固醇药物是 ICUAW 的危险因素。

2.2.4 辅助治疗因素 3 篇^[8,26-27]文献提及了肾脏替代治疗对 ICUAW 的影响,排除结局测量方法不同的 1 篇^[8]后,显示行肾脏替代疗法的患者发生 IC-

UAW 的概率更高。3 篇^[8,21,28]文献提及肠外营养对 ICUAW 的影响,Meta 分析结果显示,肠外营养不是 ICUAW 的危险因素 $[OR=1.39,95\%CI(0.41,4.67),I^2=68\%]$ 。13 篇^[9,17-18,20,22,27-32,35]文献讨论了机械通气时长与 ICUAW 的关系,但各研究间异质性较大($I^2=87\%$)。敏感性分析显示,排除样本量较小的 1 篇^[22]后,异质性无明显变化($I^2=82\%$),排除 1 篇^[18]人群异质性较大的文献后,各研究间的差异依旧较大($I^2=84\%$)。同时排除以上 2 篇^[18,22]后,对剩余的 11 篇按前瞻性研究和回顾性研究进行亚组分析,异质性检验($I^2=34\%,0\%$),结果显示两亚组 $[OR=1.11,95\%CI(1.09,1.13),P<0.01;OR=3.35,95\%CI(2.21,5.08),P<0.01]$ 与总体效应值一致 $[OR=1.13,95\%CI(1.06,1.21),P<0.01,I^2=87\%]$,表明 Meta 分析结果稳定,机械通气是 ICUAW 的危险因素。各危险因素效应值详见表 2。

2.3 模型验证结果 本研究共收集了 137 例 ICU 患者,根据 MRC 诊断,其中 43 例(31.39%)发生了 ICUAW。则 $\alpha=\ln[0.3139/(1-0.3139)]=-0.781$ 。ICUAW 初始模型为 $\text{logit}(P)=-0.781+0.039 X_1+0.077 X_2+0.940 X_3+0.122 X_4+0.971 X_6+0.756 X_7+1.311 X_8+1.308 X_9+0.747 X_{10}+0.626 X_{11}+1.973 X_{12}$ 。自变量赋值:女性=0,男性=1;年龄原值输入;空腹血糖 $<7\text{ mmol/L}=0,\geq 7\text{ mmol/L}=1$;APACHE 原值输入;无休克=0,休克=1;无脓毒血症=0,脓毒血症=1;机械通气时长原值输入;未使用神经肌肉阻滞剂=0,使用=1;未使用皮质类固醇=0,使用=1;未使用血管活性药=0,使用=1;无肾脏替代治疗=0,肾脏替代治疗=1。因变量赋值:未发生 ICUAW=0,发生 ICUAW=1。ICUAW 模型 ROC 曲线下面积为 0.752,95%CI(0.672,0.833)。临界值=0.998,此时敏感度=0.930,特异度=0.489。

3 讨论

本研究构建的 ICUAW 风险预测模型是在 Meta 分析基础上建立的,既可避免数据缺失,又可以提供充足的样本量,弥补 logistic 回归模型对小样本量的不稳定性。

3.1 ICUAW 的危险因素

3.1.1 患者年龄和性别 本研究发现,患者年龄和高血糖状态是 ICUAW 的危险因素。年龄 ≥ 60 岁的患者更易发生 ICUAW^[25]。可能与老年患者肌肉蛋白合成减少而分解增加有关^[37]。本研究发现女性更易发生 ICUAW,可能由于男性和女性患者之间的药代动力学差异,也可能与女性肌肉力量在生理上低于男性有关^[9]。

3.1.2 高血糖 高血糖可引起外周神经节段性脱髓鞘,轴突变性等病理改变,肌肉由于失神经支配出现

衰弱^[38]。此外,高血糖可引起氧化自由基产生过多,损伤线粒体,而线粒体数量、结构、功能改变导致的能量代谢紊乱是 ICUAW 的病理生理机制之一^[37]。对于无肝脑肾等疾病的老年患者,应注意调整饮食结构,尽量补足优质蛋白,密切监测血糖,防止应激等因素引起血糖升高。

3.1.3 休克、脓毒血症、APACHE 肌肉收缩依赖钙离子的严格调控,休克时无氧代谢产物增加,细胞外液渗透压改变,可引起钙离子通道和 Ca^{2+} -ATP 酶的破坏,导致肌肉收缩功能紊乱。其次,休克时微循环障碍,线粒体有氧呼吸减弱,发生 ICUAW 的几率增加^[37];据报道,超过 70% 的脓毒血症患者会发展为 ICUAW^[39]。脓毒血症可引起线粒体功能障碍,骨骼肌活检中三磷酸腺苷水平降低,组织中自由基产生过多,导致肌肉萎缩^[39]。APACHE 是用于评价疾病严重程度的量表,评分越高,提示疾病越严重。APACHE 评分 ≥ 8 分的患者发生 ICUAW 的风险是 APACHE 评分 < 8 的 1.768 倍^[25]。

3.1.4 机械通气和肾脏替代治疗 机械通气时间与 ICUAW 发生率成正相关^[40]。在机械通气 5~7 d 的患者中,ICUAW 发病率为 26%~65%,机械通气 ≥ 10 d 患者 ICUAW 的发病率达 67%^[2]。工作中应选择恰当的通气模式,把握好拔管时机。肾脏替代治疗致病机制可能是持续透析导致磷酸盐消耗而引起肌无力^[41]。

3.1.5 皮质类固醇、神经肌肉阻滞剂、血管活性药物 皮质类固醇是危重症患者治疗的重要手段,它的积累量被证明与 ICUAW 的发生有着重要联系^[42]。其通过抑制蛋白质合成,增加骨骼肌代谢,促进糖代谢,导致 ICUAW 发生。然而小剂量和短程治疗不仅不增加 ICUAW 风险,还可改善患者预后^[42],因此应权衡利弊决定用药方案,加强对长期大剂量使用类固醇患者的肌力评估。神经肌肉阻滞剂可阻断神经递质与突触后膜受体结合,抑制肌肉收缩,同时增加了患者绝对制动时间,引起肌肉废用性萎缩。骨骼肌上存在的 β -肾上腺素受体容易受到肾上腺素能药物对骨骼肌细胞的毒性作用影响^[43]。儿茶酚胺类药物可通过抑制胰岛素分泌,升高外周血糖,从而增加 ICUAW 的风险。

3.2 模型的预测性能 本研究显示,类固醇药物的使用与 ICUAW 的关系尚不明确,但大多研究认为其在评估 ICUAW 方面有重要价值,因此本模型中依旧纳入了该因素。MODS 临床发生较晚,不能起到早期预测的目的,与本研究目的相悖,因此不将 MODS 纳入模型;且当患者出现 MODS 时,提示患者状况极差随时可能死亡,而这类患者属于排除人群。通过 ICUAW 预测模型可判断患者发生 ICUAW 的概率。本研究结果提示,当模型预测发病率 $P \geq 99.80\%$ 时,可认为该患者存在 ICUAW;模型 ROC

曲线下面积为 0.752,提示模型诊断 ICUAW 的准确度为 75.2%。

4 小结

本研究基于 Meta 分析开发的 ICU 获得性衰弱风险预测模型共纳入了 11 个危险因子,包括年龄、APACHE、休克、机械通气时长、脓毒血症、神经肌肉阻滞剂、血管活性药物、皮质类固醇、性别、高血糖、肾脏替代治疗,ICUAW 的评估和预防应从多方面考虑。经验证,本模型具有较好的区分度,可作为早期预测患者发生 ICUAW 的工具。下一步仍需要收集大样本对模型进行验证校准,进一步改进模型预测性能。

参考文献:

- [1] Farhan H, Moreno-Duarte I, Latronico N, et al. Acquired muscle weakness in the surgical intensive care unit: nosology, epidemiology, diagnosis, and prevention [J]. *Anesthesiology*, 2016, 124(1): 207-234.
- [2] Hermans G, Van den Berghe G. Clinical review: intensive care unit acquired weakness [J]. *Crit Care*, 2015, 19(1): 274.
- [3] 李苗苗, 罗健, 谢霖, 等. ICU 获得性衰弱相关系统评价的再评价 [J]. *护理学杂志*, 2019, 34(5): 32-37.
- [4] 刘杨, 罗健, 谢霖, 等. ICU 获得性衰弱风险预测模型的系统评价 [J]. *中华现代护理杂志*, 2020, 26(34): 4769-4774.
- [5] Fan E, Cheek F, Chlan L, et al. An official American Thoracic Society Clinical Practice guideline: the diagnosis of intensive care unit-acquired weakness in adults [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2014, 190(12): 1437-1446.
- [6] Wells G A, Shea B J, O'Connell D, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of non-randomized studies in Meta-analysis [J]. *Appl Eng Agric*, 2014, 18(6): 727-734.
- [7] 胡莹, 耿力, 袁颖, 等. ICU 应激性高血糖风险评估工具的构建 [J]. *护理学杂志*, 2020, 35(21): 29-32.
- [8] Garnacho-Montero J, Madrazo-Osuna J, Garcia-Garmendia J L, et al. Critical illness polyneuropathy: risk factors and clinical consequences. A cohort study in septic patients [J]. *Intensive Care Med*, 2001, 27(8): 1288-1296.
- [9] De Jonghe B, Sharshar T, Lefaucheur J P, et al. Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study [J]. *JAMA*, 2002, 288(22): 2859-2867.
- [10] Nanas S, Kritikos K, Angelopoulos E, et al. Predisposing factors for critical illness polyneuromyopathy in a multidisciplinary intensive care unit [J]. *Acta Neurol Scand*, 2008, 118(3): 175-181.
- [11] Parsons E C, Kross E K, Ali N A, et al. Red blood cell transfusion is associated with decreased in-hospital muscle strength among critically ill patients requiring mechanical ventilation [J]. *J Crit Care*, 2013, 28(6): 1079-1085.
- [12] Wieske L, Witteveen E, Verhamme C, et al. Early prediction of intensive care unit-acquired weakness using easily available parameters: a prospective observational

- study[J]. PLoS One, 2014, 9(10): e111259.
- [13] Nguyen T L, Nguyen H C. Critical illness polyneuropathy and myopathy in a rural area in Vietnam[J]. J Neurol Sci, 2015, 357(1-2): 276-281.
- [14] Gupta S, Mishra M. Acute physiology and chronic health evaluation II score of ≥ 15 : a risk factor for sepsis-induced critical illness polyneuropathy[J]. Neurology India, 2016, 64(4): 640-645.
- [15] Diaz Ballve L P, Dargains N, Urrutia Inchaustegui J G, et al. Weakness acquired in the intensive care unit. Incidence, risk factors and their association with inspiratory weakness. Observational cohort study[J]. Rev Bras Ter Intensiva, 2017, 29(4): 466-475.
- [16] Abdelmalik P A, Rakocevic G. Propofol as a risk factor for ICU-acquired weakness in septic patients with acute respiratory failure[J]. Can J Neurol Sci, 2017, 44(3): 295-303.
- [17] Penuelas O, Muriel A, Frutos-Vivar F, et al. Prediction and outcome of intensive care unit-acquired paresis[J]. J Intensive Care Med, 2018, 33(1): 16-28.
- [18] 于晓帆, 万晓红, 万林骏, 等. 脓毒症患者 ICU 获得性肌无力的高危因素分析[J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30(4): 355-359.
- [19] Mitobe Y, Morishita S, Ohashi K, et al. Skeletal muscle index at intensive care unit admission is a predictor of intensive care unit-acquired weakness in patients with sepsis[J]. J Clin Med Res, 2019, 11(12): 834-841.
- [20] Dres M, Jung B, Molinari N, et al. Respective contribution of intensive care unit-acquired limb muscle and severe diaphragm weakness on weaning outcome and mortality: a post hoc analysis of two cohorts[J]. Crit Care, 2019, 23(1): 370.
- [21] Yurdakul F G, Uckun A C, Bodur H, et al. Intensive care unit-acquired paresis: risk factors in conscious and cooperative patients in intensive care units[J]. Turk J Intensive Care, 2019, 17(4): 190-196.
- [22] 李叶青, 席修明, 姜利, 等. 机械通气患者 ICU 获得性肌无力危险因素分析[J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31(11): 1351-1356.
- [23] 邱昱, 姜利, 席修明. 机械通气患者 ICU 获得性肌无力早期发病率及预后研究[J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31(7): 821-826.
- [24] 许成, 杨德兴, 赵琨, 等. ICU 获得性衰弱的危险因素分析及其预后[J]. 昆明医科大学学报, 2019, 40(9): 89-95.
- [25] 张娴, 臧泽林, 赵甜甜, 等. ICU 患者发生获得性衰弱的危险因素分析[J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2019, 12(6): 377-382.
- [26] 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.
- [27] 蔡雨清, 陈娅妮, 孙飞, 等. 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.
- [28] 林丽英, 吴锦芳, 张桑, 等. ICU 获得性衰弱的高危因素及影响[J]. 中外医学研究, 2020, 18(34): 64-67.
- [29] Shabana T S, Anis S G, Ibrahim D M. Association between thyroid dysfunction and intensive care unit-acquired weakness: a case-control study[J]. Crit Care Res Pract, 2021, 2021: 8889036.
- [30] 张晓旭, 王悦, 张柄涵, 等. 个体化预测重症监护室获得性衰弱的风险列线图模型的建立[J]. 南昌大学学报(医学版), 2021, 61(6): 46-50.
- [31] 马丹莹, 李莉, 王玮, 等. 主动脉弓置换术后患者 ICU 获得性衰弱现状及影响因素分析[J]. 护理学报, 2021, 28(12): 38-42.
- [32] 武宁, 李乐之, 张红梅. 心血管外科术后患者 ICU 获得性衰弱的影响因素及风险预测[J]. 护士进修杂志, 2021, 36(19): 1813-1819.
- [33] 李名航, 邵换璋, 王存真, 等. 脓毒症患者 ICU 获得性衰弱的危险因素及其预测价值分析[J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33(6): 648-653.
- [34] 冯会颖, 詹庆元, 黄絮, 等. 重症监护病房患者获得性肌无力的危险因素及诊断方法[J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33(4): 460-465.
- [35] 江竹月, 邹圣强, 胡佳民, 等. 综合 ICU 患者获得性衰弱风险预测模型的构建与应用[J]. 中国实用护理杂志, 2021, 37(11): 807-812.
- [36] 苗晓, 马靓. ICU 获得性衰弱的危险因素分析及风险预测模型的构建与验证[J]. 中华现代护理杂志, 2021, 27(5): 628-635.
- [37] 刘蕾, 李景辉, 刘芙蓉, 等. ICU 获得性肌无力病理生理机制的研究进展[J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2018, 11(2): 133-138.
- [38] van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients[J]. N Engl J Med, 2001, 345(19): 1359-1367.
- [39] Wang W, Xu C, Ma X, et al. Intensive care unit-acquired weakness: a review of recent progress with a look toward the future[J]. Front Med (Lausanne), 2020, 7: 559789.
- [40] 李苗苗. 预防 ICU 获得性衰弱循证护理实践方案的构建研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [41] Demirjian S, Teo B W, Guzman J A, et al. Hypophosphatemia during continuous hemodialysis is associated with prolonged respiratory failure in patients with acute kidney injury[J]. Nephrol Dial Transplant, 2011, 26(11): 3508-3514.
- [42] Yang T, Li Z, Jiang L, et al. Corticosteroid use and intensive care unit-acquired weakness: a systematic review and meta-analysis[J]. Crit Care, 2018, 22(1): 187.
- [43] Dunser M W, Hasibeder W R. Sympathetic overstimulation during critical illness: adverse effects of adrenergic stress[J]. J Intensive Care Med, 2009, 24(5): 293-316.

(本文编辑 韩燕红)