

重症监护病房患者氧合状态与压力性损伤的相关性Meta分析



董萍萍¹, 刘芳芳², 曹虎男³

1. 江苏省人民医院宿迁医院/宿迁市第一人民医院急诊抢救室 (江苏宿迁 223800)
2. 江苏省人民医院宿迁医院/宿迁市第一人民医院急诊重症监护室 (江苏宿迁 223800)
3. 江苏省人民医院宿迁医院/宿迁市第一人民医院护理部 (江苏宿迁 223800)

【摘要】目的 系统评价重症监护病房 (ICU) 患者动脉血氧分压 (PaO₂)、Braden 评分、骶尾部经皮氧分压 (TcPO₂) 及氧合指数 (PaO₂/FiO₂) 与压力性损伤 (PI) 发生的相关性。**方法** 计算机检索 CNKI、WanFang Data、VIP、PubMed、Web of Science、The Cochrane Library 和 Embase 数据库, 搜集比较发生与未发生 PI 的 ICU 患者 PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂ 及 PaO₂/FiO₂ 差异的病例对照和队列研究, 检索时限均为建库至 2025 年 4 月 1 日。由 2 位研究者独立筛选文献、提取资料并评价纳入研究的偏倚风险后, 采用 RevMan 5.1 软件进行 Meta 分析。**结果** 共纳入 15 项研究, 包括 16 176 例患者。Meta 分析结果显示, 发生 PI 的患者 PaO₂[MD=-15.54, 95%CI (-20.62, -10.47)]、Braden 评分 [MD=-3.98, 95%CI (-4.96, -3.01)]、骶尾部 TcPO₂[MD=-9.42, 95%CI (-15.83, -3.02)]、PaO₂/FiO₂[MD=-31.99, 95%CI (-46.83, -17.15)] 水平均显著低于未发生者 ($P < 0.01$)。亚组分析显示, 年龄 > 60 岁 [MD=-14.52, 95%CI (-24.25, -4.79)] 或 ≤ 60 岁 [MD=-18.00, 95%CI (-27.74, -8.26)], 原发病是循环系统疾病 [MD=-15.41, 95%CI (-29.36, -1.46)] 或呼吸系统疾病 [MD=-18.87, 95%CI (-33.62, -4.12)] 的 PI 患者 PaO₂ 水平均低于未发生者。**结论** 发生 PI 的 ICU 患者 PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂ 及 PaO₂/FiO₂ 均显著降低, 提示全身及局部组织低氧合状态及感知活动能力下降是 PI 发生的重要危险因素, 动态监测上述指标有助于早期识别 PI 高危患者, 但该结论仍需更多高质量研究的验证。

【关键词】 压力性损伤; 重症监护病房; 动脉血氧分压; Meta 分析

【中图分类号】 R473.6 **【文献标识码】** A

Association between oxygenation status and pressure injury in intensive care unit patients: a Meta-analysis

DONG Pingping¹, LIU Fangfang², CAO Hunan³

1. Emergency Treatment Room, Jiangsu Provincial (Suqian) Hospital, Suqian First Hospital, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

2. Emergency Intensive Care Unit, Jiangsu Provincial (Suqian) Hospital, Suqian First Hospital, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

3. Department of Nursing, Jiangsu Provincial (Suqian) Hospital, Suqian First Hospital, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202507065

基金项目: 宿迁市科技项目 (KY202307)

通信作者: 曹虎男, 护师, Email: caohunan@smail.nju.edu.cn

Corresponding author: CAO Hunan, Email: caohunan@smail.nju.edu.cn

【Abstract】Objective To systematically evaluate the correlation between arterial partial pressure of oxygen (PaO₂), Braden score, transcutaneous partial pressure of oxygen (TcPO₂) and PaO₂/FiO₂ and occurrence of pressure injury (PI) in intensive care unit (ICU) patients. **Methods** Computer searches were conducted on CNKI, WanFang Data, VIP, PubMed, Web of Science, The Cochrane Library, and Embase databases to collect observational studies comparing the differences in PaO₂, Braden score, sacrococcygeal TcPO₂, and PaO₂/FiO₂ between ICU patients who developed PI and those who did not. The search period was from the inception to April 1, 2025. After independently screening literature, extracting data, and evaluating the risk of bias in the included studies by two researchers, a Meta-analysis was conducted using RevMan 5.1 software. **Results** A total of 15 studies were included, comprising 16,176 patients. The Meta-analysis results showed that compared with patients without PI, patients with PI had significantly reduced PaO₂ [MD=-15.54, 95%CI (-20.62, -10.47)], Braden score [MD=-3.98, 95%CI (-4.96, -3.01)], sacrococcygeal TcPO₂ [MD=-9.42, 95%CI (-15.83, -3.02)], and PaO₂/FiO₂ [MD=-31.99, 95%CI (-46.83, -17.15)]. Subgroup analysis showed that regardless of age >60 years [MD=-14.52, 95%CI (-24.25, -4.79)] or ≤60 years [MD=-18.00, 95%CI (-27.74, -8.26)], patients with PI had significantly lower PaO₂ than those who did not. Regardless of whether the primary disease was a circulatory system disease [MD=-15.41, 95%CI (-29.36, -1.46)] or a respiratory system disease [MD=-18.87, 95%CI (-33.62, -4.12)], the PaO₂ of patients with PI was also lower than that of those without PI. **Conclusion** ICU patients with pressure injuries have significantly lower PaO₂, Braden score, sacrococcygeal TcPO₂, and PaO₂/FiO₂ than those who did not experience them, indicating that systemic and local tissue hypoxia and decreased perceptual activity are important risk factors for PI. However, these finding still need to be validated by more high-quality studies.

【Keywords】 Pressure injury; Intensive care unit; Arterial partial pressure of oxygen; Meta-Analysis

压力性损伤 (pressure injury, PI), 曾称压疮, 是重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 患者常见且严重的并发症之一, 不仅显著增加患者痛苦、延长住院时间、加重医疗负担, 也是院内感染和死亡的重要危险因素^[1-2]。ICU 患者由于病情危重、常合并多器官功能障碍、长期卧床制动、微循环灌注不良以及治疗性约束等因素, PI 发生率远高于普通病房患者^[3-5]。尽管近年来 PI 预防策略不断进步, Braden 评分等风险评估工具的广泛应用、体位管理及新型敷料等已广泛应用于临床, 但 ICU 高 PI 发生率仍是临床面临的严峻挑战之一^[6-7]。

组织缺血缺氧被认为是 PI 发生发展的核心病理生理机制^[8]。当局部组织承受压力超过毛细血管关闭压时, 血流受阻, 导致组织灌注不足和氧气供应减少, 进而引发细胞损伤和坏死。动脉血氧分压 (arterial partial pressure of oxygen, PaO₂) 是反映机体动脉血液中物理溶解氧分压的重要指标, 直接体现肺换气功能和全身氧合状态^[9]。在 ICU 环境中, 患者常因原发呼吸系统疾病、休克、感染等原因出现不同程度的低氧血症。理论上,

较低的 PaO₂ 可能通过减少血液向组织的氧输送, 加剧局部受压区域的缺氧状态, 从而增加 PI 发生风险^[10]。此外, 反映局部组织氧合状态的骶尾部经皮氧分压 (transcutaneous partial pressure of oxygen, TcPO₂) 以及综合评估氧合效率的氧合指数 (PaO₂/FiO₂), 也可能与 PI 的发生密切相关^[11-12]。Braden 评分作为广泛使用的风险评估工具, 其感知觉、活动能力、移动能力等维度也与组织灌注和氧合存在潜在关联^[13]。

尽管组织缺氧在 PI 发生中的作用已被广泛认可, 并且有观察性研究探讨了全身或局部氧合指标与 PI 风险的相关性, 但目前研究结论并不一致。同时, 针对 ICU 这一高危人群, 系统评价 PaO₂ 等氧合指标与 PI 发生相关性的高质量研究相对缺乏。因此, 在 ICU 这一特定高危人群中, 明确 PaO₂、Braden 评分、TcPO₂ 及 PaO₂/FiO₂ 等指标与 PI 发生的关联强度, 对于早期识别高风险患者、优化预防策略具有重要的临床价值。据此, 本研究拟通过 Meta 分析方法, 综合评估发生 PI 与未发生 PI 的 ICU 患者在 PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂ 及 PaO₂/FiO₂ 等指标上的差异, 以期明

确这些指标与 ICU 患者 PI 风险的相关性,为临床早期预警和精准化预防提供循证医学依据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:①研究类型:病例对照和(或)队列研究。②研究对象:入住 ICU 的患者,其种族、国籍不限。患者原发疾病包括但不限于呼吸衰竭、脓毒症/脓毒症休克、心源性休克、严重创伤、重大手术后状态(如心脏手术、器官移植)、急性神经系统疾病(如卒中、重症肌无力危象)等需入住 ICU 监护治疗各类危重病症。研究需明确报告在 ICU 住院期间发生 PI 的患者及在同期观察或匹配时间段内未发生 PI 的患者。PI 的诊断及分期需依据国际公认标准^[14]。研究需提供病例组与对照组在基线指标上的可比数据。③暴露因素:至少包括 PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂、PaO₂/FiO₂ 指标之一。④结局指标:明确报告 PI 是否发生。

排除标准:①研究设计类型不符:综述、Meta 分析、个案报道、会议摘要、评论、动物实验、病理机制研究,或缺乏可提取的原始比较数据。②研究对象不符或无法提取数据:研究对象包含非 ICU 患者(如普通病房患者、门诊患者),且无法单独提取 ICU 患者的数据。③暴露因素或结局指标不符:研究对象为特定类型的压力性损伤或特定部位损伤,或研究未报告本研究关注的至少一项暴露指标的测量值或组间比较结果。④数据与信息缺陷:研究未明确定义 PI 的诊断或分期标准,或数据不完整、无法获取,或数据存在明显错误。⑤重复发表:重复发表或数据存在明显重叠的研究,仅纳入信息最完整或最新发表研究。⑥研究设计不完善:在病例对照研究中病例未采用金标准诊断、暴露因素界定模糊以及对照选择与病例组基线特征不匹配等;在队列研究中暴露组与非暴露组暴露状态划分不清,结局指标未标准化以及回顾性队列中暴露时间窗不明确等。⑦语言限制:非中、英文文献。

1.2 文献检索策略

计算机检索 PubMed、Web of Science、The Cochrane Library、Embase、CNKI、WanFang Data、VIP 数据库,搜集关于 ICU 住院患者 PI 与 PaO₂ 等氧合指标的病例对照和(或)队列研

究,检索时限均从建库至 2025 年 4 月 1 日。中文检索词包括压力性溃疡、压疮、褥疮、床疮、压力性损伤、动脉氧分压、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂、PaO₂/FiO₂、重症监护病房等;英文检索词包括 Pressure Ulcer、Bed Sore、Decubitus Ulcer、Pressure Sore、Decubitus Sore、Pressure Injury、PaO₂、Braden、TcPO₂、PaO₂/FiO₂、Intensive Care Units、ICU 等。以 PubMed 为例,检索策略见附件框 1。

1.3 文献筛选与资料提取

由 2 名研究人员独立筛选文献、提取资料并交叉核对。文献筛选时首先阅读文题和摘要,在排除明显不相关文献后,进一步阅读全文,以确定是否纳入。资料提取内容包括:①纳入研究的基本信息,包括作者、发表日期、国家或地区等;②研究对象的基本特征,包括患者年龄、性别、样本量等;③暴露措施的具体细节;④偏倚风险评价的关键要素;⑤所关注的结局指标和结果测量数据。

1.4 纳入研究的偏倚风险评价

由 2 名研究人员独立评价纳入研究的偏倚风险并交叉核对,如遇分歧,经由第三方协商解决。使用纽卡斯尔-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)进行评估^[15]。

1.5 统计学分析

采用 RevMan 5.1 软件进行 Meta 分析。主要暴露指标(PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂、PaO₂/FiO₂)均为连续变量,采用均数差(mean difference, MD)作为合并效应量,并计算 95% 置信区间(confidence interval, CI)^[16-17]。纳入研究异质性采用 *Q* 检验进行分析,同时结合 *I*² 值判断异质性大小。若各研究间无统计学异质性(*I*² < 50% 且 *P* > 0.1)时,采用固定效应模型进行 Meta 分析;反之,则进一步分析异质性来源,在排除明显临床异质性的影响后,采用随机效应模型进行 Meta 分析,并进行亚组分析。通过绘制漏斗图对纳入文献数 > 10 篇的指标进行发表偏倚评估。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献筛选流程及结果

初检获得相关文献 2 447 篇,经逐层筛选,最终纳入 15 项研究^[18-32],文献筛选过程见图 1。

2.2 纳入文献的基本特征和偏倚风险评估

共纳入 15 项研究^[18-32]，其中仅 1 项研究^[27]为队列研究，其余均为病例对照研究。研究地区主要来自中国、黎巴嫩、伊朗和巴西，共包含 16 176 例患者；纳入研究 NOS 评分均在 6 分及以上，其余文献基本特征见表 1。

2.3 Meta分析结果

2.3.1 PaO₂

11 项研究^[19-20, 23-26, 28-32]报告了 PaO₂，各研究间存在统计学异质性 ($I^2=98%$, $P < 0.001$)，采用随机效应模型进行 Meta 分析。结果显示，PI 组 PaO₂ 水平显著低于未发生 PI 组 [MD=-15.54, 95%CI (-20.62, -10.47), $P < 0.001$]，见附件图 1。

2.3.2 Braden评分

9 项研究^[18-19, 21-22, 24-25, 27, 29, 32]报告了 Braden 评分，各研究间存在统计学异质性 ($I^2=95%$, $P < 0.001$)，采用随机效应模型进行 Meta 分析。结果显示，PI 组 Braden 评分显著低于未发生 PI 组 [MD=-3.98, 95%CI (-4.96, -3.01), $P < 0.001$]，见附件图 2。

2.3.3 骶尾部TcPO₂

4 项研究^[23, 28, 31-32]报告了骶尾部 TcPO₂，各研究间存在统计学异质性 ($I^2=99%$, $P < 0.001$)，采用随机效应模型进行 Meta 分析。结果显示，PI 组骶尾部 TcPO₂ 水平显著低于未发生 PI 组 [MD=-

-9.42, 95%CI (-15.83, -3.02), $P=0.004$]，见附件图 3。

2.3.4 PaO₂/FiO₂

3 项研究^[20, 30-31]报告了 PaO₂/FiO₂，各研究间存在统计学异质性 ($I^2=72%$, $P=0.030$)，采用随机效应模型进行 Meta 分析。结果显示，PI 组 PaO₂/FiO₂ 水平显著低于未发生 PI 组 [MD=-31.99,

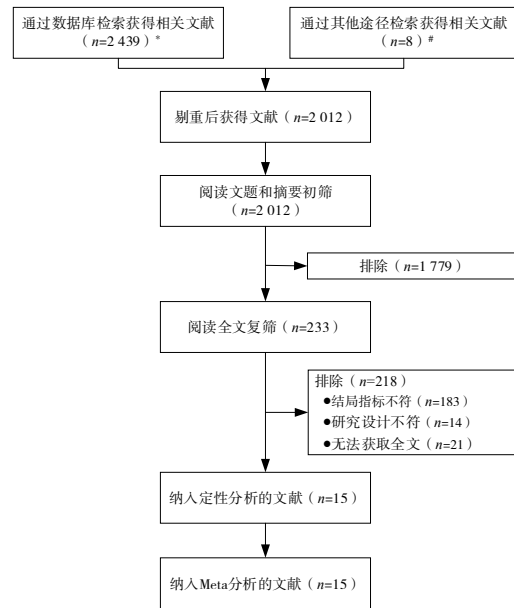


图1 文献筛选流程图

Figure 1. Flow chart of literature screening

注：*检索的数据库及检出文献数具体为CNKI (n=11)、WanFang Data (n=26)、VIP (n=5)、PubMed (n=681)、Web of Science (n=1 087)、Embase (n=423)、The Cochrane Library (n=206)；#其他途径获得文献具体为参考文献追溯 (n=8)。

表1 纳入研究基本特征和质量评价

Table 1. Basic characteristics and quality assessment of the included studies

纳入研究	研究类型	国家/地区	例数		年龄 (岁)		主要原发疾病	暴露因素	NOS评分
			T	C	T	C			
El-Marsi 2018 ^[18]	病例对照	黎巴嫩	49	96	65	65	心血管疾病或心脏骤停	②	7
高娟 2022 ^[19]	病例对照	中国	45	45	61	53	循环系统疾病	①②	7
胡爱红 2020 ^[20]	病例对照	中国	15	15	57	56	ARDS	①④	6
Iranmanesh 2012 ^[21]	病例对照	伊朗	11	71	59	41	-	②	7
Labeau 2021 ^[22]	病例对照	-	3 526	9 728	66	63	-	②	7
李莉 2023 ^[23]	病例对照	中国	33	194	80	70	ARDS	①③	7
Sala 2021 ^[24]	病例对照	美国	81	1 506	59	59	循环系统疾病	①②	7
施月菊 2020 ^[25]	病例对照	中国	22	38	-	-	-	①②	6
宋淑华 2019 ^[26]	病例对照	中国	16	18	68	65	-	①	6
Vocci 2022 ^[27]	队列研究	巴西	35	65	57	56	-	②	6
王志成 2022 ^[28]	病例对照	中国	48	48	44	42	急性心肌梗死	①③	7
王爱鹏 2021 ^[29]	病例对照	中国	39	188	58	43	重症肺炎	①②	7
杨彩丽 2021 ^[30]	病例对照	中国	51	51	50	50	ARDS	①④	6
赵俊红 2021 ^[31]	病例对照	中国	31	31	50	48	-	①③④	6
赵善平 2023 ^[32]	病例对照	中国	30	50	49	48	急性心衰	①②③	7

注：T.病例组/暴露组；C.对照组/非暴露组；ARDS.急性呼吸窘迫综合征；①PaO₂；②Braden评分；③骶尾部TcPO₂；④PaO₂/FiO₂；-未报道。

95%CI (-46.83, -17.15), $P < 0.001$], 见附件图 4。

2.3.5 亚组分析

由于 PaO₂ 指标纳入研究存在显著异质性, 因此根据患者年龄和原发疾病类型进行亚组分析以解释这一异质性可能发生的原因。年龄方面, 不同年龄亚组研究间仍存在统计学异质性 ($I^2=98%$, $P < 0.001$), 采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示, 平均年龄 > 60 岁 [MD=-14.52, 95%CI (-24.25, -4.79), $P=0.003$] 和平均年龄 ≤ 60 岁 [MD=-18.00, 95%CI (-27.74, -8.26), $P < 0.001$] 亚组中 PI 组 PaO₂ 水平均显著低于未发生 PI 组, 见附件图 5。原发疾病类型方面, 不同原发疾病类型研究间仍存在统计学异质性 ($I^2=98%$, $P < 0.001$), 采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示, 原发疾病为循环系统疾病 [MD=-15.41, 95%CI (-29.36, -1.46), $P=0.030$] 和呼吸系统疾病 [MD=-18.87, 95%CI (-33.62, -4.12), $P=0.010$] 亚组中 PI 组 PaO₂ 水平均显著低于未发生 PI 组, 见附件图 6。

2.4 发表偏倚分析

采用漏斗图对 PaO₂ 指标进行发表偏倚检验, 结果显示, 散点较为集中, 未见明显偏离中线的研究, 提示潜在发表偏倚风险较小, 见附件图 7。

3 讨论

本研究结果显示, 发生 PI 的 ICU 患者在 PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂ 及 PaO₂/FiO₂ 水平上均显著低于未发生 PI 的患者, 为组织缺氧作为 PI 发生核心机制的理论提供了强有力的循证支持^[33-34], 其内在机制可能涉及多个层面。

低 PaO₂ 水平直接反映动脉血氧含量下降, 而 PaO₂/FiO₂ 降低则提示肺换气功能障碍或通气/血流比例失调导致的氧合效率低下^[35]。全身性低氧血症意味着血液向组织输送的氧气总量减少^[36], 而当局部组织 (尤其是骶尾部) 承受压力时, 其毛细血管血流本就易于受压阻断。此时, 全身氧供不足会进一步加剧受压区域的氧供需失衡, 使组织更易陷入缺血缺氧状态, 启动细胞能量代谢衰竭、氧化应激损伤及炎症反应级联, 最终导致组织坏死形成 PI^[37-38]。骶尾部 TcPO₂ 是测量皮肤表面氧分压的指标, 能敏感反映局部组织的微循环灌注和氧合状态^[39]。其显著降低表明, 在易发

生 PI 的骶尾部区域, 即使在没有明显全身低氧血症的情况下, 局部微循环也可能因压力、剪切力或患者自身血管功能障碍而受损, 导致组织氧分压下降^[40]。这种局部低氧环境不仅直接损害组织细胞, 还可能削弱组织的抗压能力和修复潜力, 显著增加 PI 发生风险。Braden 评分中“感知觉”和“活动能力”维度的显著降低较为关键^[41]。感知觉受损使患者无法感知因压迫引起的不适或疼痛, 从而难以通过自主调整体位来缓解压力。活动能力受限则直接导致患者无法自主移动或变换体位, 使得局部组织持续受压时间延长^[42]。两者共同作用, 显著增加了组织长时间暴露于缺血缺氧环境的风险, 是 PI 发生的重要促成因素。因此, PaO₂、PaO₂/FiO₂ 降低提示潜在的全身氧供危机, 骶尾部 TcPO₂ 降低直接证实了受压部位的组织缺氧, 而 Braden 评分降低则揭示了患者自身规避压力损伤能力的丧失^[43]。其共同构成了“全身及局部组织低氧合状态及感知活动能力下降”这一 PI 发生的关键病理生理基础。

但上述指标在 Meta 分析时均呈现高度异质性 ($I^2 > 70%$), 可能源于多方面因素。针对 PaO₂ 指标的显著异质性, 进一步亚组分析发现, 原发疾病为呼吸系统疾病的患者中, PI 组 PaO₂ 水平降低更为显著, 可能与该类患者肺部基础病变导致的氧合储备能力较差、在应激状态下更易出现明显的低氧血症有关。亚组分析还显示全年龄段 PI 患者 PaO₂ 水平均显著降低, 且 ≤ 60 岁患者效应量更显著, 提示急性严重缺氧事件在 PI 发生中起主导作用, 而老年患者则叠加了慢性微循环退化等因素^[44-45]。

本研究存在一定局限性: ①纳入研究均为观察性设计, 难以完全排除混杂因素 (如合并症严重程度、血管活性药物使用、血红蛋白水平等) 对结果的影响; ②研究间高度异质性提示存在未被充分识别的混杂因素或效应修饰因子, 未来需开展大样本前瞻性研究或个体患者数据 Meta 分析进行深入探讨; ③纳入研究数量有限, 可能影响结果的精确性及亚组分析效力; ④部分研究未详细报告 PI 的分期, 无法分析不同严重程度 PI 与氧合指标的剂量反应关系。

综上所述, 现有证据表明, 发生 PI 的 ICU 患者 PaO₂、Braden 评分、骶尾部 TcPO₂ 及 PaO₂/FiO₂ 水平均显著降低, 提示全身及局部组织低

氧合状态是PI发生的重要危险因素。动态监测这些指标有助于早期识别高危患者并指导精准化预防。受纳入研究数量、异质性及观察性设计所限,上述结论尚待更多高质量前瞻性研究进一步验证。

附件见《医学新知》官网附录 (<https://yxxz.whuznhmedj.com/futureApi/storage/appendix/202507065.pdf>)

伦理声明: 不适用

作者贡献: 研究设计、数据提取、核查与分析: 董萍萍、刘芳芳; 论文撰写: 董萍萍; 论文审定与基金支持: 刘芳芳、曹虎男

数据获取: 本研究中使用和(或)分析的所有数据均包含在本文中

利益冲突声明: 无

致谢: 不适用

参考文献

- Picoito R, Manuel T, Vieira S, et al. Recommendations and best practices for the risk assessment of pressure injuries in adults admitted to intensive care units: a scoping review[J]. *Nurs Rep*, 2025, 15(4): 128.
- Fang W, Zhang Q, Chen Y, et al. Knowledge, attitude, and practice of clinical nurses towards medical device-related pressure injury prevention: a systematic review[J]. *J Tissue Viability*, 2025, 34(1): 100838.
- Yamaç C, Alcan AO. Educating intensive care nurses in pressure injury staging by using analogy: a quasi-experimental study[J]. *Adv Skin Wound Care*, 2025, 38(4): 220-223.
- Hunt L, Ingleman J, Brennen K, et al. A randomised controlled phase II trial to examine the feasibility of using hyper-oxygenated fatty acids (HOFA) to prevent facial pressure injuries from medical devices among adults admitted to intensive care—a research protocol[J]. *Int Wound J*, 2024, 21(10): e70069.
- Chen R, Gao B, Wang X, et al. Ultrasonographic assessment of renal microcirculation is a new vision for the treatment of intensive care unit associated acute kidney injury[J]. *Eur J Med Res*, 2024, 29(1): 115.
- Ribeiro RN, Oliveira DV, Paiva WS, et al. Incidence of pressure injury in patients with moderate and severe traumatic brain injury: a systematic review[J]. *BMJ Open*, 2024, 14(12): e089243.
- Lane B, Loftus NW, Thomas A, et al. Effectiveness of specialised support surface modes in preventing pressure injuries in intensive care: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2024, 83: 103713.
- L Cortés O, M Vásquez S. Patient repositioning during hospitalization and prevention of pressure ulcers: a narrative review[J]. *Invest Educ Enferm*, 2024, 42(1): e07.
- Castillo RL, Salinas Y, Ramos D. Biological effects due to exposure to different concentrations of oxygen from hypo to hyperoxemia[J]. *Rev Med Chil*, 2022, 150(10): 1351-1360.
- Klitgaard TL, Schjørring OL, Nielsen FM, et al. Higher versus lower fractions of inspired oxygen or targets of arterial oxygenation for adults admitted to the intensive care unit[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 9(9): Cd012631.
- Scatena A, Apicella M, Mantuano M, et al. Bypass surgery versus endovascular revascularization for occlusive infrainguinal peripheral artery disease: a Meta-analysis of randomized controlled trials for the development of the Italian guidelines for the treatment of diabetic foot syndrome[J]. *Acta Diabetol*, 2024, 61(1): 19-28.
- Araújo MS, Santos M, Silva CJA, et al. Prone positioning as an emerging tool in the care provided to patients infected with COVID-19: a scoping review[J]. *Rev Lat Am Enfermagem*, 2021, 29: e3397.
- Burston A, Butterworth J, Mehicic A, et al. The psychometric properties of the braden scale to assess pressure injury risk in acute care: a systematic review[J]. *J Clin Nurs*, 2025, 34(10): 4055-4073.
- Edsberg LE, Black JM, Goldberg M, et al. Revised national pressure ulcer advisory panel pressure injury staging system: revised pressure injury staging system. *Journal of wound, ostomy, and continence nursing*: official publication of the wound, ostomy and continence nurses society[J]. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 2016, 43(6): 585-597.
- Ma LL, Wang YY, Yang ZH, et al. Methodological quality (risk of bias) assessment tools for primary and secondary medical studies: what are they and which is better?[J]. *Mil Med Res*, 2020, 7(1): 7.
- 曾宪涛, S.W.Kwong J, 田国祥, 等. Meta分析系列之二: Meta分析的软件[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2012, 4(2): 89-91. [Zeng XT, S.W.Kwong J, Tian GX, et al. Meta analysis series 2: Meta analysis software[J]. *Chinese Journal of Evidence Based Cardiovascular Medicine*, 2012, 4(2): 89-91.]
- Zeng X, Zhang Y, Kwong JS, et al. The methodological quality assessment tools for preclinical and clinical studies, systematic review and Meta-analysis, and clinical practice guideline: a systematic review[J]. *J Evid Based Med*, 2015, 8(1): 2-10.
- El-Marsi J, Zein-El-Dine S, Zein B, et al. Predictors of pressure injuries in a critical care unit in Lebanon: prevalence, characteristics, and associated factors. *Journal of wound, ostomy, and continence nursing*: official publication of the wound, ostomy and continence nurses society[J]. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 2018, 45(2): 131-136.
- 高娟, 罗嫚丽, 梁美景, 等. 重症监护室患者压力性损伤的危险因素及 Braden 评分和经皮氧分压的预测价值分析[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22(16): 3163-3167. [Gao J, Luo ML, Liang MJ, et al. Risk factors and predictive value of Braden score and transcutaneous oxygen pressure for pressure injuries in intensive care unit patients[J]. *Advances in Modern Biomedicine*, 2022, 22(16): 3163-3167.]
- 胡爱红, 丁安超, 李芳, 等. 预防使用泡沫敷料加改良俯卧位通气方式对 ICU 患者压力性损伤的影响[J]. *系统医学*, 2020, 5(2): 187-189. [Hu AH, Ding AC, Li F, et al. Effect of foam dressing prevention and improved prone position ventilation on stress injury in ICU patients [J]. *Systems Medicine*, 2020, 5(2): 187-189.]
- Iranmanesh S, Rafiei H, Sabzevari S. Relationship between Braden scale score and pressure ulcer development in patients admitted in trauma intensive care unit[J]. *Int Wound J*, 2012, 9(3): 248-252.
- Labeau SO, Afonso E, Benbenishty J, et al. Prevalence, associated factors and outcomes of pressure injuries in adult intensive care unit patients: the DecubiCUs study[J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47(2): 160-169.
- 李莉, 肖佩华, 王雅萍, 等. 重症病人骶尾部经皮氧分压、营养状况在压力性损伤风险预测中的作用[J]. *肠外与肠内营养*, 2023, 30(1): 45-50. [Li L, Xiao PH, Wang YP, et al. The role of transcutaneous oxygen pressure and nutritional status in predicting the

- risk of pressure injury in critically ill patients[J]. *Extraintestinal and Enteral Nutrition*, 2023, 30(1): 45–50.]
- 24 Sala JJ, Mayampurath A, Solmos S, et al. Predictors of pressure injury development in critically ill adults: a retrospective cohort study[J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2021, 62: 102924.
- 25 施月菊, 陈小玲, 颜惠萍, 等. 基于 Braden-Q 量表行经皮氧分压监测评估新生儿头枕部压疮发生的价值 [J]. *中外医学研究*, 2020, 18(34): 181–183. [Shi YJ, Chen XL, Yan HP, et al. Evaluation of the value of transcutaneous oxygen pressure monitoring based on the Braden-Q scale for the occurrence of pressure ulcers in the occipital region of newborns[J]. *Chinese and Foreign Medical Research*, 2020, 18(34): 181–183.]
- 26 宋淑华, 张陵湘, 曾云锋. 老年人实时体表压力分布与经皮组织氧分压监测临床意义 [J]. *中国现代医药杂志*, 2019, 21(9): 39–42. [Song SH, Zhang LX, Zeng YF. Clinical significance of real-time surface pressure distribution and percutaneous tissue oxygen partial pressure monitoring in elderly people[J]. *Chinese Journal of Modern Medicine*, 2019, 21(9): 39–42.]
- 27 Vocci MC, Lopes Saranholi T, Amante Miot H, et al. Intensive care pressure injuries: a cohort study using the CALCULATE and Braden scales[J]. *Adv Skin Wound Care*, 2022, 35(3): 1–8.
- 28 王志成, 苏琼, 李智. 基于 TcPO₂ 和 TcPCO₂ 比较不同支撑面压力性损伤的效果研究 [J]. *重庆医学*, 2022, 51(6): 987–990. [Wang ZC, Su Q, Li Z. Comparative study on the effect of pressure damage on different support surfaces based on TcPO₂ and TcPCO₂[J]. *Chongqing Medical Journal*, 2022, 51(6): 987–990.]
- 29 王爱鹏, 柳莹, 高春平, 等. 经皮氧分压及二氧化碳分压在 ICU 压力性损伤风险评估中的应用 [J]. *中华急危重症护理杂志*, 2021, 2(1): 74–78. [Wang AP, Liu Y, Gao CP, et al. Application of transcutaneous oxygen pressure and carbon dioxide pressure in risk assessment of pressure injury in ICU[J]. *Chinese Journal of Critical Care Nursing*, 2021, 2(1): 74–78.]
- 30 杨彩丽. 俯卧位通气在重度 ARDS 患者中的应用效果分析 [J]. *中国卫生标准管理*, 2021, 12(16): 78–81. [Yang CL. Analysis of the application effect of prone position ventilation in severe ARDS patients[J]. *Chinese Health Standard Management*, 2021, 12(16): 78–81.]
- 31 赵俊红, 余凌飞. 改良俯卧位方式和传统俯卧位方式在重症医学科俯卧位患者皮肤保护中的护理效果 [J]. *医学理论与实践*, 2021, 34(12): 2156–2157. [Zhao JH, Yu LF. Nursing effect of improved prone position and traditional prone position on skin protection of prone position patients in intensive care medicine department[J]. *Medical Theory and Practice*, 2021, 34(12): 2156–2157.]
- 32 赵善平, 杨凤丽, 叶桂梅, 等. 经皮氧分压及二氧化碳分压在重症监护病房患者压疮早期预警中的应用价值 [C]// 第六届全国康复与临床药学学术交流会议. 南京, 2023
- 33 Ahmad AAK, Tehan PE, Hopson AM, et al. Evaluation of ehealth interventions to prevent pressure injuries: a scoping review[J]. *Int Wound J*, 2025, 22(7): e70680.
- 34 Zhang YB, Han CY, Ma D, et al. Clinical practice guidelines for the prevention and management of pressure injury in critically ill patients undergoing prone position ventilation: a systematic review[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2025.
- 35 Fan E, Brodie D, Slutsky AS. Acute respiratory distress syndrome: advances in diagnosis and treatment[J]. *JAMA*, 2018, 319(7): 698–710.
- 36 Dunham-Snary KJ, Wu D, Sykes EA, et al. Hypoxic pulmonary vasoconstriction: from molecular mechanisms to medicine[J]. *Chest*, 2017, 151(1): 181–192.
- 37 Haase VH. Regulation of erythropoiesis by hypoxia-inducible factors[J]. *Blood Rev*, 2013, 27(1): 41–53.
- 38 Ripa C, Munshi L, Kuebler WM, et al. Oxygen targets in critically ill patients: from pathophysiology to population enrichment strategies[J]. *Med Gas Res*, 2025, 15(3): 409–419.
- 39 Chen Y, Wang W, Qian Q, et al. Changes of transcutaneous oxygen pressure in compressed areas of surgical patients: a prospective study of influencing factors[J]. *J Tissue Viability*, 2024, 33(3): 452–457.
- 40 Chai CY, Sadou O, Worsley PR, et al. Pressure signatures can influence tissue response for individuals supported on an alternating pressure mattress[J]. *J Tissue Viability*, 2017, 26(3): 180–188.
- 41 van Rijswijk L, Braden BJ. Pressure ulcer patient and wound assessment: an AHCP clinical practice guideline update[J]. *Ostomy Wound Manage*, 1999, 45(1A Suppl): 56S–67S; quiz 68S–69S.
- 42 Armstrong SA, Herr MJ. *Physiology, Nociception*[M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2026.
- 43 Mervis JS, Phillips TJ. Pressure ulcers: pathophysiology, epidemiology, risk factors, and presentation[J]. *J Am Acad Dermatol*, 2019, 81(4): 881–890.
- 44 Eachempati SR, Hydo LJ, Shou J, et al. Outcomes of acute respiratory distress syndrome (ARDS) in elderly patients[J]. *J Trauma*, 2007, 63(2): 344–350.
- 45 Holley AD, Dulhunty J, Udy A, et al. Early sequential microcirculation assessment in shocked patients as a predictor of outcome: a prospective observational cohort study[J]. *Shock*, 2021, 55(5): 581–586.

收稿日期: 2025 年 07 月 10 日 修回日期: 2025 年 12 月 02 日
本文编辑: 桂裕亮 曹越

引用本文: 董萍萍, 刘芳芳, 曹虎男. 重症监护病房患者氧合状态与压力性损伤的相关性 Meta 分析 [J]. *医学新知*, 2026, 36(4): 457–463. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202507065.

Dong PP, Liu FF, Cao HN. Association between oxygenation status and pressure injury in intensive care unit patients: a Meta-analysis[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2026, 36(4): 457–463. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202507065.