

# 经皮氧分压 / 二氧化碳分压监测对重症监护患者压力性损伤发生的早期预警价值

郭志强 蓝健 邓一砾 王晓川 王云 王永春

中国科学院大学深圳医院重症医学科, 深圳 518107

通信作者: 王永春, Email: wangyongchun2018@aliyun.com

**【摘要】目的** 探讨经皮氧分压 / 二氧化碳分压 (TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub>) 监测在重症监护患者压力性损伤发生的早期风险预警价值。**方法** 采用前瞻性临床观察研究, 选取 2020 年 12 月至 2022 年 6 月依次入住中国科学院大学深圳医院 (光明) 重症医学科的患者为研究对象, 记录患者的一般资料, 分别监测患者在左侧卧位、仰卧位和右侧卧位时的 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub>。根据重症患者的 Braden 评分将入住患者分为低危组和高危组, 分析 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 监测结果。**结果** 本研究共纳入 80 例患者, 低危组 (46 例) 和高危组 (34 例) 的性别、年龄差异均无统计学意义 (均  $P>0.05$ ), 两组的 Braden 评分、压力性损伤发生率差异均有统计学意义 (均  $P<0.05$ )。低危组和高危组的左侧卧位、仰卧位及右侧卧位的各时间点的 TcPO<sub>2</sub> 差异均有统计学意义 (均  $P<0.001$ )。除了左侧卧位和右侧卧位的第 15 分钟外, 低危组和高危组的仰卧位及右侧卧位其余各时间点的 TcPCO<sub>2</sub> 差异均有统计学意义 (均  $P<0.05$ )。低危组和高危组的左侧卧位、仰卧位及右侧卧位的各时间点的 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值差异均有统计学意义 (均  $P<0.001$ )。仰卧位时 TcPO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分呈正相关 ( $r=0.680, 0.741$ ); TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分呈负相关 ( $r=-0.771$ )。Braden 评分、TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值均具有中等的诊断价值, 其截断值分别为 12.50 分、41.48 mmHg、52.29 mmHg、0.91, 其曲线下面积分别为 0.899、0.727、0.816 和 0.719, 但 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值与 Braden 评分的 AUC 差异无统计学意义 (均  $P>0.05$ )。**结论** TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值对重症监护患者的压力性损伤均具有较高的诊断价值。TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 监测对重症监护患者压力性损伤的发生有早期风险预警价值, 具有临床推广意义。

**【关键词】** 压力性损伤; 经皮氧分压; 经皮二氧化碳分压; Braden 评分; 重症医学科

**基金项目:** 深圳市光明区软科学研究项目 (2020R01012)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.05.017

## The early warning value of transcutaneous oxygen pressure and transcutaneous carbon dioxide pressure in patients with pressure injury in ICU

Guo Zhiqiang, Lan Jian, Deng Yili, Wang Xiaochuan, Wang Yun, Wang Yongchun

Department of Critical Care Medicine, Shenzhen Hospital Affiliated to University of Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518107, China

Corresponding author: Wang Yongchun, Email: wangyongchun2018@aliyun.com

**【Abstract】Objective** To investigate the early warning value of transcutaneous oxygen pressure and transcutaneous carbon dioxide pressure (TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub>) monitoring in patients with pressure injury in ICU. **Methods** A prospective clinical observation study was conducted. Patients were selected in the department of critical care medicine of Shenzhen Hospital Affiliated to University of Chinese Academy of Sciences from December 2020 to June 2022. The general information of all patients were recorded. The data of TcPO<sub>2</sub> and TcPCO<sub>2</sub> were monitored respectively in left lying position, supine position and right lying position. According to the Braden score of patients, they were divided into low risk group and high risk group, and the monitoring results of TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> were analyzed. **Results** The study included a total of 80 patients, with 46 patients in the low risk group and 34 patients in the high risk

group. There were no significant differences in gender and age between the two groups (both  $P>0.05$ ). There were significant differences in the Braden score and the incidence of pressure injury between the two groups (both  $P<0.05$ ). There were statistically significant differences in  $TcPO_2$  at various time points in the left lying position, supine position and right lying position between the low risk and the high risk groups (all  $P<0.001$ ). Except for the 15th minute of the left lying position and right lying position, there were statistically significant differences in  $TcPCO_2$  at all other time points in the supine and right lying positions between two groups (all  $P<0.05$ ). There were statistically significant differences in  $TcPO_2/TcPCO_2$  values at various time points in different positions between two groups (all  $P<0.001$ ). In supine position,  $TcPO_2$  and  $TcPO_2/TcPCO_2$  were positively correlated with the Braden score ( $r=0.680, 0.741$ ).  $TcPCO_2$  was negatively correlated with the Braden score ( $r=-0.771$ ). The Braden score,  $TcPO_2$ ,  $TcPCO_2$  and  $TcPO_2/TcPCO_2$  all have moderate diagnostic value. The cut-off values were 12.50, 41.48 mmHg, 52.29 mmHg and 0.91, respectively. And the AUC were 0.899, 0.727, 0.816 and 0.719, respectively. However, there were no significant differences in AUC between the  $TcPO_2$ ,  $TcPCO_2$ ,  $TcPO_2/TcPCO_2$  and Braden score (all  $P>0.05$ ). **Conclusions**  $TcPO_2$ ,  $TcPCO_2$  and  $TcPO_2/TcPCO_2$  values all have higher diagnostic value about pressure injury for patients in ICU.  $TcPO_2/TcPCO_2$  monitoring has early risk warning value for the occurrence of pressure injury in ICU, which is worthy of clinical promotion.

**【 Keywords 】** Pressure injury; Transcutaneous oxygen pressure; Transcutaneous carbon dioxide pressure; Braden score, Critical care medicine

**Fund program:** The Soft Science Research Project in Guangming District of Shenzhen City (2020R01012)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.05.017

压力性损伤 (pressure injury, PI), 又称为“压疮”, 是全世界最常见的健康问题之一, 其不仅增加患者的痛苦, 同时也加大了护理的难度, 另外高昂的医疗费用也给患者带来严重的负面影响<sup>[1]</sup>。经皮氧分压 (transcutaneous oxygen pressure,  $TcPO_2$ ) / 经皮二氧化碳分压 (transcutaneous carbon dioxide pressure,  $TcPCO_2$ ) 监测是通过  $O_2$  与  $CO_2$  电极对局部皮肤加温, 使受试者该处血管扩张致毛细血管动脉化, 弥散的  $O_2$  与  $CO_2$  被电极感知产生微电流, 经微机处理后以液晶数字显示结果。与传统的动脉血气分析相比,  $TcPO_2/TcPCO_2$  监测可以无创且连续动态观察, 能快速地检测超高或者超低水平的  $O_2$  与  $CO_2$ , 既可以避免患者的痛苦, 又能为重症监护提供必要的临床数据, 是近年来床旁监测技术的重大发展。根据目前有限的研究提示,  $TcPO_2/TcPCO_2$  监测对 PI 风险评估的准确性优于 Braden 评分<sup>[2-3]</sup>。急诊科、手术室、重症医学科是 PI 发生的高风险科室, 早期筛选 PI 的高危人群是预防其发生、发展的重要措施<sup>[4-6]</sup>。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

本研究为前瞻性临床观察研究。选取 2020 年 12 月至 2022 年 6 月在连续入住中国科学院大学深

圳医院重症医学科的患者为研究对象。纳入标准: (1) 年龄  $\geq 18$  岁; (2) 入住重症医学科且未发生 PI 的患者; (3) 签署知情同意书。排除标准: (1) 入住重症医学科 2 h 内发生 PI 的患者; (2) 急、慢性皮肤病或者烧伤患者。根据重症患者的 Braden 评分将入住患者分为低危组和高危组。

本研究经中国科学院大学深圳医院 (光明) 医学伦理委员会批准 (伦理审批编号: LL-KT-2020187), 所有入选病例均获得患者本人或其家属的知情同意, 并签署知情同意书。

### 1.2 研究方法

1.2.1 观察指标 收集患者指标包括 (1) 一般资料: 性别、年龄、Braden 评分和是否发生 PI。(2) 实验指标: 低危组和高危组患者左侧卧位、仰卧位及右侧卧位 (第 1 分钟、第 3 分钟、第 5 分钟、第 10 分钟、第 15 分钟、第 20 分钟、第 25 分钟和第 30 分钟) 时  $TcPO_2$ 、 $TcPCO_2$  和  $TcPO_2/TcPCO_2$  值。

1.2.2 相关参数 本研究使用 TCM 4 经皮监测仪 (雷度米特公司, 中国); D280  $TcPO_2/TcPCO_2$  联合电极及附件 (电极膜套装) (批号 R1188, 雷度米特公司, 中国); D282 经皮氧分压电极及附件 (固定环套装) 和 D282  $TcPO_2/TcPCO_2$  联合电极及附件 (固定环套装) (批号 R1527, 雷度米特公司, 中国)。

1.2.3 相关定义  $PI^{[7]}$  是指由压力或压力联合剪切

力导致的皮肤和（或）皮下组织的局部损伤，通常位于骨隆突处，但也可能与医疗器械或其他物品有关。根据 2019 年 11 月由欧洲 PI 咨询委员会、美国国家 PI 咨询委员会及泛太平洋 PI 联盟制定的第 3 版《压力性损伤的临床防治指南 2019》，PI 可分为以下几类：1 期 PI、2 期 PI、3 期 PI、4 期 PI、不可分期 PI、可疑深部组织 PI、器械相关性 PI 和黏膜相关性 PI。

Braden 评分<sup>[8]</sup>是一种用于评估全身性 PI 危险因素的量表，评分系统主要包括感觉、潮湿、活动能力、移动能力、营养状况以及摩擦力和剪切力六个方面。常用于急危重症患者的 PI 预防护理中，通过科学有效的评定，有助于提高带入 PI 的好转率并降低难免 PI 的发生率。

1.2.4 质量控制 由一名经验丰富的主治医师用统一的方法、标准和测量参数进行监测。待仪器显示数值稳定后再进行记录，尽可能减少研究过程中的实验误差。应用每项仪器前均进行校准，确保仪器正常运行。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析，服从正态分布的计量资料用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，不服从正态分布的计量资料用中位数（四分位间距） $[M(Q_1, Q_3)]$  表示；两组资料间的比较中，计量资料方差齐的采用  $t$  检验，方差不齐的采用秩和检验。计数资料采用例（百分数）表示，组间采用  $\chi^2$  检验。相关分析采用 Pearson 相关分析。绘制受试者工作特征曲线（receiver operator characteristic, ROC），并比较曲线下面积（area under the curve, AUC）以判断其诊断价值。各指标 AUC 的两两比较采用 MedCalc 22.0 软件进行分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

根据 Braden 评分将 80 例入组患者分为低危组 46 例（ $>12$  分）和高危组 34 例（ $\leq 12$  分）。见图 1。

低危组和高危组的性别、年龄差异均无统计学意义（均  $P > 0.05$ ），说明两组资料均衡可比。低危组和高危组的 Braden 评分和 PI 发生率差异有统计学意义（均  $P < 0.05$ ）。见表 1。

### 2.2 低危组和高危组 TcPO<sub>2</sub> 的比较

低危组和高危组的左侧卧位、仰卧位及右侧

卧位的各时间点的 TcPO<sub>2</sub> 差异均有统计学意义（均  $P < 0.001$ ）。见表 2。

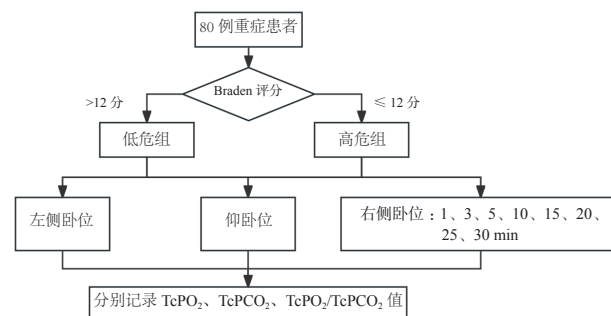


图 1 纳入患者流程图

Fig 1 The patient enrollment flowchart

表 1 低危组和高危组一般资料的比较

Table 1 Comparison of general information between low-risk and high-risk groups

指标	低危组 (n=46)	高危组 (n=34)	$t/\chi^2$ 值	P 值
男/女 (例)	35/11	19/15	3.638	0.056
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	56.02 ± 15.77	63.41 ± 17.48	1.978	0.051
Braden 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )	14.17 ± 1.16	11.65 ± 0.65	12.397	<0.001
PI 发生 (例, %)	0 (0.00)	8 (23.53)	-	0.001

注：PI 为压力性损伤

表 2 低危组和高危组 TcPO<sub>2</sub> 的比较 ( $\bar{x} \pm s$ , mmHg)

Table 2 Comparison of TcPO<sub>2</sub> between low-risk and high-risk groups ( $\bar{x} \pm s$ , mmHg)

指标	低危组 (n=46)	高危组 (n=34)	t 值	P 值
左侧卧位	66.51 ± 5.37	40.84 ± 13.54	11.693	<0.001
仰卧位	52.66 ± 14.28	37.56 ± 10.45	5.216	<0.001
右侧卧位第 1 分钟	70.57 ± 12.29	40.60 ± 8.82	12.094	<0.001
右侧卧位第 3 分钟	79.29 ± 12.69	44.20 ± 10.60	13.087	<0.001
右侧卧位第 5 分钟	79.00 ± 10.05	53.20 ± 9.67	11.530	<0.001
右侧卧位第 10 分钟	78.29 ± 9.91	59.20 ± 11.06	8.109	<0.001
右侧卧位第 15 分钟	77.43 ± 8.76	57.40 ± 10.28	9.388	<0.001
右侧卧位第 20 分钟	74.86 ± 9.08	59.20 ± 8.96	7.667	<0.001
右侧卧位第 25 分钟	75.71 ± 9.57	62.20 ± 8.64	6.501	<0.001
右侧卧位第 30 分钟	74.57 ± 8.77	57.40 ± 9.10	8.519	<0.001

注：1 mmHg=0.133 kPa

### 2.3 低危组和高危组 TcPCO<sub>2</sub> 的比较

除了左侧卧位和右侧卧位的第 15 分钟外，低危组和高危组的仰卧位及右侧卧位其余各时间点的 TcPCO<sub>2</sub> 差异均有统计学意义（均  $P < 0.05$ ）。见表 3。

### 2.4 低危组和高危组 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值的比较

低危组和高危组的左侧卧位、仰卧位及右侧卧位的各时间点的 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值差异均有统计学意义（均  $P < 0.001$ ）。见表 4。

### 2.5 仰卧位时 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 及 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分的相关性分析

仰卧位为患者常见的体位，贴近临床实际操作，可以更好地反映 PI 风险，故本研究对仰卧位时

**表 3** 低危组和高危组 TcPCO<sub>2</sub> 的比较 ( $\bar{x} \pm s$ , mmHg)  
**Table 3** Comparison of TcPCO<sub>2</sub> between low-risk and high-risk groups ( $\bar{x} \pm s$ , mmHg)

分组	低危组 (n=46)	高危组 (n=34)	t 值	P 值
左侧卧位	47.54 ± 3.27	48.28 ± 0.72	1.294	0.199
仰卧位	51.17 ± 3.73	55.76 ± 4.94	4.739	<0.001
右侧卧位第 1 分钟	50.43 ± 3.67	53.80 ± 2.47	4.634	<0.001
右侧卧位第 3 分钟	49.57 ± 3.48	53.80 ± 2.60	5.958	<0.001
右侧卧位第 5 分钟	48.86 ± 3.20	52.40 ± 2.57	5.309	<0.001
右侧卧位第 10 分钟	48.57 ± 3.24	50.40 ± 1.92	2.929	0.004
右侧卧位第 15 分钟	49.71 ± 3.59	50.00 ± 2.06	0.421	0.675
右侧卧位第 20 分钟	51.00 ± 4.49	48.60 ± 1.53	2.989	0.004
右侧卧位第 25 分钟	50.71 ± 4.26	48.40 ± 1.45	3.030	0.003
右侧卧位第 30 分钟	51.29 ± 4.27	48.40 ± 1.49	3.772	<0.001

**表 4** 低危组和高危组 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
**Table 4** Comparison of TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> between low-risk and high-risk groups ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	低危组 (n=46)	高危组 (n=34)	t 值	P 值
左侧卧位	1.48 ± 0.19	0.83 ± 0.27	12.626	<0.001
仰卧位	1.16 ± 0.36	0.76 ± 0.21	5.803	<0.001
右侧卧位第 1 分钟	1.54 ± 0.35	0.76 ± 0.16	12.212	<0.001
右侧卧位第 3 分钟	1.72 ± 0.37	0.82 ± 0.18	13.050	<0.001
右侧卧位第 5 分钟	1.70 ± 0.29	1.00 ± 0.15	12.730	<0.001
右侧卧位第 10 分钟	1.70 ± 0.30	1.15 ± 0.17	9.664	<0.001
右侧卧位第 15 分钟	1.66 ± 0.28	1.13 ± 0.16	9.933	<0.001
右侧卧位第 20 分钟	1.60 ± 0.30	1.20 ± 0.15	7.068	<0.001
右侧卧位第 25 分钟	1.63 ± 0.31	1.27 ± 0.14	6.187	<0.001
右侧卧位第 30 分钟	1.58 ± 0.28	1.17 ± 0.16	7.599	<0.001

的监测指标与 Braden 评分进行相关性分析。仰卧位时 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 及 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值与 Braden 评分均存在相关关系 (均  $P < 0.001$ )。TcPO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值与 Braden 评分呈正相关, Pearson 相关系数分别为 0.680 和 0.741。TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分呈负相关, Pearson 相关系数为 -0.771。见表 5。

### 2.6 仰卧位时各指标的 ROC 曲线

仰卧位时 Braden 评分、TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值的 AUC 分别为 0.899 (95%CI: 0.814~0.984)、0.727 (95%CI: 0.521~0.932)、0.816 (95%CI: 0.709~0.923) 和 0.719 (95%CI: 0.517~0.921)。Braden 评分、TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值的 AUC 均在 0.7~0.9 之间, 说明具有中等的诊断价值。TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值与 Braden 评分的 AUC 两两比较时, Z 值分别为 1.441、1.325、1.526, 均  $P > 0.05$ , 说明前三者与 Braden 评分的 AUC 差异无统计学意义。Braden 评分、TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值的截断值分别为 12.50 分、41.48 mmHg、52.29 mmHg、0.91。见表 6~7、图 2。

**表 5** 仰卧位时 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 及 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分的相关性分析

**Table 5** Correlation analysis of TcPO<sub>2</sub>, TcPCO<sub>2</sub> and TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> and Braden scores in the supine position

指标	TcPO <sub>2</sub>	TcPCO <sub>2</sub>	TcPO <sub>2</sub> /TcPCO <sub>2</sub> 值
r 值	0.680	-0.771	0.741
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

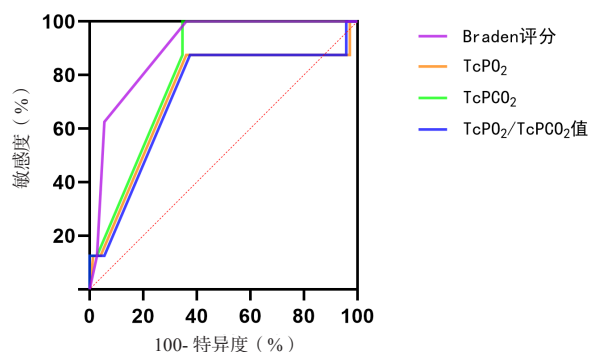
**表 6** 各指标的 ROC 曲线  
**Table 6** The ROC curve for each indicator

指标	AUC	95%CI	P 值	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数	截断值
Braden 评分	0.899	(0.814-0.984)	<0.001	63.9	100.0	0.639	12.50
TcPO <sub>2</sub>	0.727	(0.521-0.932)	0.036	63.9	87.5	0.514	41.48
TcPCO <sub>2</sub>	0.816	(0.709-0.923)	0.004	100.0	63.9	0.639	52.29
TcPO <sub>2</sub> /TcPCO <sub>2</sub> 值	0.719	(0.517-0.921)	0.043	62.5	87.5	0.500	0.91

**表 7** TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值与 Braden 评分 AUC 的比较

**Table 7** Comparison of AUC between TcPO<sub>2</sub>, TcPCO<sub>2</sub>, TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> and Braden score

指标	Z 值	P 值
TcPO <sub>2</sub>	1.441	0.150
TcPCO <sub>2</sub>	1.325	0.185
TcPO <sub>2</sub> /TcPCO <sub>2</sub> 值	1.526	0.127



**图 2** 各指标的 ROC 曲线图  
**Fig 2** The ROC curve of each indicator

### 3 讨论

重症医学科患者由于病情危重、机械通气、长期卧床等因素影响可能更容易发生 PI, 但是目前关于重症医学科患者 PI 的大样本流行病学数据少有报道。一项来自 90 个国家 1 117 个 ICU 的 13 254 例患者的国际多中心调查结果<sup>[9]</sup>显示, 约 59.2% 的重症监护患者在 ICU 住院期间发生了 PI。

临床上常见的 PI 危险因素评估表有 Waterlow 评估表、Norton 评估表和 Braden 评估表三种<sup>[10]</sup>。本研究根据 Braden 评分将重症监护患者分为低危组 (Braden 评分 >12 分) 和高危组 (Braden 评分 ≤ 12 分)。本研究通过对重症医学科患者进行 TcPO<sub>2</sub> 及 TcPCO<sub>2</sub> 监测, 记录其结果并与传统的 Braden 评分进行相关性分析, 结果显示二者及其

比值与 Braden 评分具有非常密切的关系。通过监测患者不同体位的 TcPO<sub>2</sub> 和 TcPCO<sub>2</sub> 发现, 由左侧卧位转换为仰卧位后 TcPO<sub>2</sub> 降低。再次转换为右侧卧位时, TcPO<sub>2</sub> 逐渐升高。低危组和高危组的左侧卧位、仰卧位及右侧卧位的各时间点的 TcPO<sub>2</sub> 差异均有统计学意义。说明低危组患者在体位变换时, 可在较短时间内恢复到原来的 TcPO<sub>2</sub> 水平。高危组的左侧卧位、右侧卧位第 15 分钟与低危组的差异无统计学意义外, 余差异均有统计学意义。说明重症监护患者高危组的 TcPCO<sub>2</sub> 高于低危组, 在左侧卧位和右侧卧位第 15 分钟时 TcPCO<sub>2</sub> 水平相近。两组在不同体位的 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值差异均有统计学意义。故长时间仰卧位时可致骶尾部皮肤受压, 增加 PI 的发生率。因此, 定期变换重症监护患者的体位、早期主动活动或被动运动是预防 PI 的重要措施。《压力性损伤临床防治国际指南(2019 版)》<sup>[1]</sup> 指出, 对患者的体位变化时应使所有骨隆突处的压力最小化, 并使压力得到最大限度地重新分配, 着重强调要对足跟部位的释压, 避免患者与医疗设备直接接触。另外, 即使在侧卧位时也应尽量确保骶尾部和转子处不受压。

目前临床上最常用的 PI 风险评估量表为 Braden 评估量表, 其具有简便、无侵袭性等特点, 但研究显示 Braden 评分对不用疾病患者的压力性损伤的预警存在差异<sup>[11]</sup>, 且 Braden 评分在预测 PI 时 AUC 小于 0.9<sup>[12]</sup>, 提示其预测效能有限。本研究将实验组仰卧位时 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 及 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分进行相关性分析后, 结果显示 TcPO<sub>2</sub>、和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分呈正相关, TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分呈负相关。在本研究过程中, 仅高危组有 8 例重症监护患者发生了 PI, ROC 曲线的结果显示 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 及其比值的诊断价值均比 Braden 评分要低。但在前三者与 Braden 评分 AUC 的两两比较中, 其 P 值均大于 0.05, 说明 TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub>、TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 与 Braden 评分的诊断价值差异无统计学意义, 即 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 监测并不劣于 Braden 评分。该结果不排除与本研究为单中心研究、研究时间较短和病例数较少有关, 下一步拟扩大样本量、增加亚组、进行联合试验等深入研究。

PI 是作为急危重症患者最常见的健康问题, 临床应该尤为重视和积极预防。TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 监测作为一种无创、连续、动态、客观的监测手段,

对 PI 的早期预警具有重要的意义<sup>[13]</sup>。本研究结果显示, TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 及二者的比值对 PI 均有早期诊断价值, 尤其 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值更为方便快捷、且不受体位和时间的影 响。如下一步充分扩大样本量及亚组研究后均得出一致性结论, 后期可在其他科室和基层更大范围的推广, 为 PI 的高危人群提供早期预警作用。

综上所述, TcPO<sub>2</sub>、TcPCO<sub>2</sub> 和 TcPO<sub>2</sub>/TcPCO<sub>2</sub> 值对重症监护患者的 PI 均具有较高的诊断价值, 其监测对重症监护患者 PI 的发生有早期风险预警价值, 具有临床推广意义。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 郭志强: 研究设计、患者管理、论文修改、经费支持; 王永春: 患者管理、数据收集、统计学分析、论文撰写、论文修改; 蓝健、邓一砾、王云: 患者管理、数据收集; 王晓川: 研究设计、课题指导

#### 参 考 文 献

- [1] Kottner J, Cuddigan J, Carville K, et al. Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: the protocol for the second update of the international Clinical Practice Guideline 2019[J]. J Tissue Viability, 2019, 28(2): 51-58. DOI: 10.1016/j.jtv.2019.01.001.
- [2] Walker RM, Gillespie BM, Thalib L, et al. Foam dressings for treating pressure injuries in patients of any age in any care setting: an abridged Cochrane systematic review[J]. Int J Nurs Stud, 2018, 87: 140-147. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2018.07.012.
- [3] Shi CH, Dumville JC, Cullum N. Skin status for predicting pressure ulcer development: a systematic review and meta-analyses[J]. Int J Nurs Stud, 2018, 87: 14-25. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2018.07.003.
- [4] 张敏, 庞思卓, 吕慧, 等. 经皮氧分压/经皮二氧化碳分压监测在急诊留观患者压疮早期预警中的应用价值[J]. 中国实用护理杂志, 2019, 35(3): 166-171. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1672-7088.2019.03.003.
- [5] 瞿金龙, 赵良, 王虑, 等. 经皮组织氧分压和二氧化碳分压对感染性休克患者预后评估价值的临床研究[J]. 中国急救医学, 2015, 35(3): 211-214. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2015.03.005.
- [6] 刘洋, 孙晓川. 低剂量右美托咪定对腹腔镜下子宫切除术患者麻醉效果及对其应激水平和微循环的影响研究[J]. 陕西医学杂志, 2018, 47(12): 1536-1540. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7377.2018.12.007.
- [7] 陈丽娟, 孙林利, 刘丽红, 等. 2019 版《压疮/压力性损伤的预防和治疗: 临床实践指南》解读[J]. 护理学杂志, 2020, 35(13): 41-43, 51. DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2020.13.041.
- [8] 冯春, 王婧楠, 陈萍. Braden 单项评分管理对降低院内压力性损伤的预警研究[J]. 中华全科医学, 2022, 20(8): 1438-1441. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.002617.
- [9] 罗红敏. ICU 患者发生压力性损伤的情况调查[J]. 中

- 华危重病急救医学, 2021, 33(5): 545. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2021.05.102.
- [10] 李振刚, 王亚婷, 祁进芳, 等. 三种压力性损伤评估量表对 ICU 体外循环术后患者压力性损伤预测能力比较 [J]. 中国医药导报, 2022, 19(9): 50-54.
- [11] 钱淑媛, 李晓青, 王晓燕, 等. 重症成人患者医疗器械相关性压力性损伤的研究进展 [J]. 中国护理管理, 2022, 22(9): 1425-1428. DOI: 10.3969/j.issn.1672-1756.2022.09.030.
- [12] 陆连芳, 王慧芳, 魏丽丽, 等. 医院压疮现患率与发生率的调查研究 [J]. 齐鲁医学杂志, 2016, 31(1): 82-84. DOI: 10.13362/j.qlyx.201601031.
- [13] 余旭. 经皮氧分压 / 经皮二氧化碳分压比值联合乳酸检测对脓毒性休克患者预后的评估价值 [J]. 临床内科杂志, 2022, 39(3): 167-170. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9057.2022.03.007.
- (收稿日期: 2023-07-24)  
(本文编辑: 姜宇婷)

## 早期肺部超声评估经鼻高流量氧疗对中重度急性呼吸衰竭患者疗效的价值

沙俊 陆胜 邵杰 杨晓 顾佳 顾诚 张健峰 冯玉峰

南通大学附属常熟医院 (常熟市第二人民医院) 重症医学科, 常熟 215500

通信作者: 冯玉峰, Email: jiqimaoke@163.com

**【摘要】目的** 早期肺部超声评分 (lung ultrasound score, LUS) 评估经鼻高流量氧疗 (high-flow nasal cannula, HFNC) 对中重度急性呼吸衰竭 (acute respiratory failure, ARF) 患者的治疗效果。**方法** 本研究为回顾性分析, 选取 2022 年 5 月 1 日至 2023 年 1 月 31 日在常熟市第二人民医院接受 HFNC 治疗的中重度 ARF 患者为研究对象。应用肺部超声动态评估患者的肺部情况, 并根据 HFNC 治疗 1 周内的临床结局将患者分为 HFNC 成功组和 HFNC 失败组, 对比两组患者 HFNC 治疗前 0 h 和治疗后 12 h、24 h、48 h 的 LUS 以及相关监测指标变化差异。采用多因素 Logistic 回归分析治疗失败的危险因素, 用受试者工作特征 (receiver operating characteristic, ROC) 曲线评价肺部超声对 HFNC 治疗失败的预测价值。**结果** 研究共纳入接受 HFNC 治疗的 50 例中重度 ARF 患者, 其中 HFNC 成功组 23 例, HFNC 失败组 27 例。两组患者入院时基本情况及治疗前 0 h 的 LUS、氧合指数、休克指数差异均没有统计学意义 (均  $P > 0.05$ ); 而 LUS 在 24 h 和 48 h 时 HFNC 失败组 LUS 均较成功组 LUS 升高 (均  $P < 0.001$ ); HFNC 成功组氧合指数较 HFNC 失败组在治疗后 12 h、24 h、48 h 升高 (均  $P < 0.05$ )。两组休克指数差异在 0 h、12 h、24 h 及 48 h 均差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。以 HFNC 治疗失败为因变量, 多因素 Logistic 回归分析显示 24 h 及 48 h LUS 升高均是治疗失败的独立危险因素。将 24 h 和 48 h 的 LUS 分别进行 ROC 曲线分析, 其 ROC 曲线下面积分别为 0.812 和 0.991, 截断值分别为 22.5 分和 25.5 分, 有较好的预测价值。**结论** HFNC 在中重度 ARF 患者的应用中, HFNC 可以有效改善患者氧合, 但在入院早期 48 h 内 LUS > 23 分的患者需进行全面评估, 精准把握插管时间, 提高患者呼吸支持舒适度的同时尽可能避免延迟插管给患者带来的不良预后。

**【关键词】** 肺部超声评分; 经鼻高流量氧疗; 急性呼吸衰竭

**基金项目:** 苏州市临床重点病种诊疗技术专项 (LCZX202020)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.05.018

急性呼吸衰竭 (acute respiratory failure, ARF) 是患者收住重症医学科的常见原因之一<sup>[1]</sup>, 其中接近一半的 ARF 重症患者需要进行气管插管机械通气, 而这对于患者来说是一种有创的通气方式, 其操作及治疗过程中常伴有诸多并发症, 如喉痉挛、声带损伤、反射性支气管收缩、呼吸机相关肺炎和呼吸机相关肺损伤等<sup>[2]</sup>。有研究显示, 有创机械通气相关的并发症增加了重症患者机械通气时间、ICU 住院天数和病死率<sup>[3]</sup>。有创机械通气的弊端促使无创通气 (noninvasive ventilation, NIV) 在 ARF 患者中的进一步应用,

近几年经鼻高流量氧疗 (high-flow nasal cannula, HFNC) 由于具有可控的氧浓度、高流速、可加温加湿的气体、一定的气道正压和患者更好的舒适度等优点, 在临床上得到广泛应用<sup>[4]</sup>。既往有研究表明, 接受 HFNC 治疗的 ARF 患者可一定程度上降低患者插管率<sup>[5]</sup>, 但是也有研究显示使用 HFNC 治疗会造成延迟插管反而增加 ARF 患者的病死率<sup>[6]</sup>。因此, HFNC 在 ARF 患者中的应用价值仍需进一步探讨, 早期预测患者 HFNC 治疗失败显得尤为重要, 从而最大程度避免延迟插管造成不良预后。