

云南省不同高海拔地区不同类型 ARDS 患者用 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 评估氧合的比较

许汪斌¹ 李春明² 陈耀武³ 段华楠¹ 刁璐¹ 杨潇¹ 代冬梅¹ 肖李乐云¹ 王飞¹

¹昆明医科大学第一附属医院重症医学科, 云南昆明 650032; ²迪庆藏族自治州人民医院重症医学科, 云南迪庆 674400; ³丽江市人民医院急救医学部, 云南丽江 674100

通信作者: 许汪斌, Email: leedyy@126.com

【摘要】目的 针对云南省不同高海拔地区不同类型急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者,探讨是否可以用脉搏血氧饱和度/吸入氧浓度(SpO_2/FiO_2)替代动脉血氧分压/吸入氧浓度(PaO_2/FiO_2)来评估其氧合情况,以寻找适用于不同海拔地区、能快速且无创诊断 ARDS 的方法。**方法** 选择 2019 年 1 月至 2020 年 12 月云南省不同高海拔地区 ARDS 患者。依据不同海拔高度将研究对象分为 3 组,并根据各自的医疗条件给予不同的氧疗。第 1 组为昆明医科大学第一附属医院重症医学科收治的中度和重度 ARDS 患者(平均海拔约 1 800 m);给予呼吸机辅助通气,并以较低的 FiO_2 维持 SpO_2 为 0.90~0.96,持续超过 30 min 后记录 SpO_2 、 FiO_2 、 PaO_2 。第 2 组为迪庆藏族自治州人民医院重症医学科收治的中度和重度 ARDS 患者(平均海拔约 3 200 m);给予储气囊面罩吸氧,维持 SpO_2 为 0.90~0.96,持续 10 min 后记录 SpO_2 、 FiO_2 、 PaO_2 。第 3 组为丽江市人民医院急诊科收治的轻度和中重度 ARDS 患者(平均海拔约 2 200 m);当 $SpO_2 < 0.90$ 时,给予储氧面罩吸氧,记录维持 $SpO_2 \geq 0.90$ 所需 FiO_2 ,吸氧 10 min 后记录 SpO_2 、 FiO_2 、 PaO_2 。使用 Spearman 系数对每组 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 进行相关性分析;采用线性分析推导 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 之间的线性方程,并评估动脉血 pH 值、动脉血二氧化碳分压($PaCO_2$)、 FiO_2 、潮气量(VT)、呼气末正压(PEEP)等相关因素是否为改变 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 相关性的影响因子。绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线),计算使用 SpO_2/FiO_2 替代 PaO_2/FiO_2 评估 ARDS 患者氧合的敏感度和特异度。**结果** 第 1 组 24 例患者共收集 271 个血气分析结果;第 2 组 14 例患者共收集 47 个血气分析结果;第 3 组 76 例患者共收集 76 个血气分析结果。第 1 组、第 2 组、第 3 组的 PaO_2/FiO_2 (mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa)分别为 103(79, 130)、168(98, 195)、232(146, 271),而 SpO_2/FiO_2 分别为 157(128, 190)、419(190, 445)、319(228, 446);3 组中以第 1 组 PaO_2/FiO_2 和 SpO_2/FiO_2 最低,第 3 组较高。Spearman 相关性分析显示,第 1 组、第 2 组、第 3 组 PaO_2/FiO_2 与 SpO_2/FiO_2 均高度相关(r 值分别为 0.830、0.951、0.828,均 $P < 0.05$);根据线性分析拟合回归方程:第 1 组 $SpO_2/FiO_2 = 58 + 0.97 \times PaO_2/FiO_2$ ($R^2 = 0.548$, $P < 0.001$);第 2 组 $SpO_2/FiO_2 = 6 + 2.13 \times PaO_2/FiO_2$ ($R^2 = 0.938$, $P < 0.001$);第 3 组 $SpO_2/FiO_2 = 53 + 1.33 \times PaO_2/FiO_2$ ($R^2 = 0.828$, $P < 0.001$);进一步分析显示,PEEP、 FiO_2 、动脉血 pH 值均可影响 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 的相关性。ROC 曲线显示,第 1 组中度和重度 ARDS 患者 ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.848、0.916;基于回归方程, PaO_2/FiO_2 为 100 mmHg、200 mmHg 时相应的 SpO_2/FiO_2 临界值分别为 155、252(敏感度 84.9%、100%,特异度 87.2%、70.6%)。第 2 组中度和重度 ARDS 患者 AUC 分别为 0.945、0.977;基于回归方程, PaO_2/FiO_2 为 100 mmHg、200 mmHg 时相应的 SpO_2/FiO_2 临界值分别为 219、432(敏感度 100%、85.2%,特异度 82.5%、100%)。第 3 组轻度和中重度 ARDS 患者 AUC 分别为 0.903、0.936;基于回归方程, PaO_2/FiO_2 为 200 mmHg、300 mmHg 时相应的 SpO_2/FiO_2 临界值分别为 319、452(敏感度均为 100%,特异度 80.9%、86.2%)。**结论** 云南省不同高海拔地区 ARDS 患者 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 均具有很好的相关性,可以用无创的 SpO_2/FiO_2 替代 PaO_2/FiO_2 评估 ARDS 患者氧合情况。

【关键词】 急性呼吸窘迫综合征; 动脉血氧分压; 脉搏血氧饱和度; 吸入氧浓度

基金项目: 云南省昆明市新型冠状病毒感染肺炎科技防治项目(2020-1-H-052)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210301-00303

Comparison of pulse oxygen saturation/fraction of inhaled oxygen and arterial partial pressure of oxygen/fraction of inhaled oxygen in the assessment of oxygenation in acute respiratory distress syndrome patients at different high altitudes in Yunnan Province

Xu Wangbin¹, Li Chunming², Chen Yaowu³, Duan Huanan¹, Diao Lu¹, Yang Xiao¹, Dai Dongmei¹, Xiao-Li Leyun¹, Wang Fei¹
¹Department of Intensive Care Unit, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, Yunnan, China; ²Department of Intensive Care Unit, Diqing Tibetan Autonomous Prefectural People's Hospital, Diqing 674400, Yunnan, China; ³Department of Emergency Medicine, People's Hospital of Lijiang, Lijiang 674100, Yunnan, China
 Corresponding author: Xu Wangbin, Email: leedyy@126.com

【Abstract】 Objective To investigate and evaluate if pulse oxygen saturation/fraction of inhaled oxygen (SpO_2/FiO_2) can be used, as replacement of arterial partial pressure of oxygen/fraction of inhaled oxygen (PaO_2/FiO_2), to assess oxygenation in acute respiratory distress syndrome (ARDS) patients at different high altitudes in Yunnan Province,

and to find a rapid and non-invasive method for the diagnosis of ARDS at different altitudes. **Methods** Patients with ARDS at different high altitudes in Yunnan Province from January 2019 to December 2020 were enrolled. The patients were divided into three groups according to different altitudes, and received different oxygen therapies according to their respective medical conditions. Group 1 consisted of patients with moderate to severe ARDS from the department of critical care medicine of the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University (average altitude approximately 1 800 m), and received mechanical ventilation to maintain SpO_2 of 0.90–0.96 with a low FiO_2 for more than 30 minutes, and SpO_2 , FiO_2 , PaO_2 were recorded. Group 2 consisted of patients with moderate to severe ARDS at the department of critical care medicine of People's Hospital of Diqing Tibetan Autonomous Prefecture (mean altitude about 3 200 m), and received oxygen with an attached reservoir mask to maintain SpO_2 of 0.90–0.96 for 10 minutes, and then SpO_2 , FiO_2 , and PaO_2 were recorded. Group 3 consisted of patients with mild to moderate-severe ARDS who admitted to the emergency department of the People's Hospital of Lijiang (average altitude approximately 2 200 m); when $SpO_2 < 0.90$, patients received oxygen with the oxygen storage mask, and the FiO_2 required to maintain $SpO_2 \geq 0.90$ was recorded, and SpO_2 , FiO_2 , PaO_2 were recorded after oxygen inhalation for 10 minutes. Spearman coefficient was used to analyze the correlation between SpO_2/FiO_2 and PaO_2/FiO_2 in each group. Linear analysis was used to derive the linear equation between SpO_2/FiO_2 and PaO_2/FiO_2 , and to evaluate arterial pH, arterial partial pressure of carbon dioxide ($PaCO_2$), FiO_2 , tidal volume (VT), positive end-expiratory pressure (PEEP) and other related factors which would change the correlation between SpO_2/FiO_2 and PaO_2/FiO_2 . The receiver operator characteristic curve (ROC curve) was plotted to calculate the sensitivity and specificity of using SpO_2/FiO_2 instead of PaO_2/FiO_2 to assess oxygenation of ARDS patients. **Results** Group 1 consisted of 24 ARDS patients from whom 271 blood gas analysis results were collected; group 2 consisted of 14 ARDS patients from whom a total of 47 blood gas analysis results were collected; group 3 consisted of 76 ARDS patients, and a total of 76 blood gas analysis results were collected. The PaO_2/FiO_2 (mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa) in groups 1, 2 and 3 were 103 (79, 130), 168 (98, 195) and 232 (146, 271) respectively, while SpO_2/FiO_2 were 157 (128, 190), 419 (190, 445) and 319 (228, 446) respectively. Among the three groups, patients in group 1 had the lowest PaO_2/FiO_2 and SpO_2/FiO_2 , while patients in group 3 had the highest. Spearman correlation analysis showed that PaO_2/FiO_2 was highly correlated with SpO_2/FiO_2 in groups 1, 2 and 3 (r values were 0.830, 0.951, 0.828, all $P < 0.05$). Regression equation was fitted according to linear analysis: in group 1 $SpO_2/FiO_2 = 58 + 0.97 \times PaO_2/FiO_2$ ($R^2 = 0.548$, $P < 0.001$); in group 2 $SpO_2/FiO_2 = 6 + 2.13 \times PaO_2/FiO_2$ ($R^2 = 0.938$, $P < 0.001$); in group 3 $SpO_2/FiO_2 = 53 + 1.33 \times PaO_2/FiO_2$ ($R^2 = 0.828$, $P < 0.001$). Further analysis revealed that PEEP, FiO_2 , and arterial blood pH could affect the correlation between SpO_2/FiO_2 and PaO_2/FiO_2 . ROC curve analysis showed that the area under ROC curve (AUC) was 0.848 and 0.916 in group 1 with moderate to severe ARDS; based on the regression equation, the corresponding SpO_2/FiO_2 cut-off values at a PaO_2/FiO_2 of 100 mmHg and 200 mmHg were 155, 252 with a sensitivity of 84.9% and 100%, specificity of 87.2% and 70.6%, respectively. Patients with moderate to severe ARDS in group 2 (AUC was 0.945 and 0.977), the corresponding SpO_2/FiO_2 cut-off values at PaO_2/FiO_2 of 100 mmHg and 200 mmHg were 219 and 432 with the sensitivity of 100% and 85.2%, specificity of 82.5% and 100%, respectively. Patients with mild to moderate-severe ARDS in group 3 (AUC was 0.903 and 0.936), the corresponding SpO_2/FiO_2 cut-off values at a PaO_2/FiO_2 of 200 mmHg and 300 mmHg were 319 and 452 with the sensitivity of 100% and 100%, specificity of 80.9% and 86.2%, respectively. **Conclusion** SpO_2/FiO_2 and PaO_2/FiO_2 in ARDS patients at different high altitudes in Yunnan Province have a good correlation, and non-invasive SpO_2/FiO_2 can be used to replace PaO_2/FiO_2 to assess the oxygenation in ARDS patients.

【Key words】 Acute respiratory distress syndrome; Arterial partial pressure of oxygen; Pulse oxygen saturation; Fraction of inhaled oxygen

Fund program: Prevention and Control of Coronavirus Disease 2019 in Kunming City of Yunnan Province of China (2020-1-H-052)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210301-00303

动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO_2)与吸入氧浓度(fraction of inspired oxygen, FiO_2)比值(PaO_2/FiO_2)是诊断急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)以及评估病情变化的指标,同时也是调整呼吸机参数的重要指标,所以 ARDS 患者需要频繁抽取动脉血进行血气分析。 PaO_2 受海拔高度影响,随着海拔升高, PaO_2 逐渐降低。氧解离曲线呈“S形”,当脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO_2) ≥ 0.97 时,随着 PaO_2 增加, SpO_2 增加不明显;当 $SpO_2 < 0.97$ 时, SpO_2 随着 PaO_2 的增加而增加。所以在氧解离曲线特殊的陡直段, SpO_2 或许可替代 PaO_2 [1]。 SpO_2 的获取和监测简便

易行且无创,可对患者进行实时监测,而 PaO_2 的获取不但对设备要求高,而且为有创操作,不能进行实时监测。

云南省以山区为主,医疗水平参差不齐,许多基层医疗单位仍未能有效开展动脉血气分析,容易延误 ARDS 患者的病情及治疗。相关文献报道,低海拔地区(海拔低于 1 000 m) SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 具有很好的相关性 [2],在临床上可以使用 SpO_2/FiO_2 替代 PaO_2/FiO_2 来评估 ARDS 患者的氧合情况。然而,在高海拔地区(海拔 1 500 ~ 3 500 m) SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 是否仍然具有相关性,是否仍然可以使用 SpO_2/FiO_2 替代 PaO_2/FiO_2 来评估 ARDS 患者的氧合

情况,尚有待进一步研究。本研究对云南省3个海拔地区不同类型ARDS患者 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 进行相关性研究,探讨在不同高海拔地区是否都可用 SpO_2/FiO_2 替代 PaO_2/FiO_2 来评估ARDS患者的氧合情况。

1 资料与方法

1.1 研究对象:选择2019年1月至2020年12月云南省不同高海拔地区ARDS患者。根据不同海拔高度将研究对象分为3组:第1组为昆明医科大学第一附属医院重症医学科收治的24例中度和重度ARDS患者(平均海拔约1800 m),共纳入271个血气分析结果。第2组为迪庆藏族自治州人民医院重症医学科收治的14例中度和重度ARDS患者(平均海拔约3200 m),共纳入47个血气分析结果。第3组为丽江市人民医院急诊科收治的76例轻度和中重度ARDS患者(平均海拔约2200 m;由于急诊科仅有少数中度和重度患者,故予以合并分析),共纳入76个血气分析结果。

1.1.1 纳入标准:符合2012年柏林ARDS诊断标准。

1.1.1.1 发病时机:在已知诱因后,或新出现或原有呼吸系统症状加重后1周内发病。

1.1.1.2 胸部影像学(X线胸片或CT扫描):双肺透光度减低,且不能完全用胸腔积液、肺叶不张或结节解释。

1.1.1.3 肺水肿来源:无法用心功能衰竭或液体负荷过多解释的呼吸衰竭;心脏超声检查排除心功能不全致静水压升高的肺水肿。

1.1.1.4 低氧血症:①轻度:呼气末正压/持续气道正压(positive end-expiratory pressure/continuous positive airway pressure, PEEP/CPAP) ≥ 5 cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa)时, 200 mmHg < $PaO_2/FiO_2 \leq 300$ mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa);②中度: PEEP/CPAP ≥ 5 cmH₂O时, 100 mmHg < $PaO_2/FiO_2 \leq 200$ mmHg;③重度: PEEP/CPAP ≥ 5 cmH₂O时, $PaO_2/FiO_2 \leq 100$ mmHg。当海拔超过1000 m时,应根据如下公式进行校正: $PaO_2/FiO_2 \times 1 \text{ atm}$ (1 atm = 760 mmHg)。

1.1.2 排除标准:①心力衰竭患者;②重度贫血患者;③严重黄疸患者。

1.2 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并通过了昆明医科大学第一附属医院伦理委员会(审批号:2019-L-3)、迪庆藏族自治州人民医院伦理委员会(审批号:2019-L-1)和丽江市人民医院伦理委员会(审批号:20200004)审查批准,所有治疗和检测均获

得患者或家属的知情同意。

1.3 辅助通气方法

1.3.1 第1组:给予呼吸机辅助通气,设置呼吸机参数,潮气量(tidal volume, VT)为6~8 mL/kg,调整PEEP、 FiO_2 等呼吸机参数,使动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, $PaCO_2$)维持在35~45 mmHg,平台压 < 30 cmH₂O。给予较低的 FiO_2 维持 SpO_2 在0.90~0.96,持续超过30 min。

1.3.2 第2组:给予储气囊面罩吸氧,调整 FiO_2 维持 SpO_2 在0.90~0.96,持续超过10 min。

1.3.3 第3组:患者入急诊科后,如 $SpO_2 < 0.90$,则给予储氧面罩吸氧,并记录维持 $SpO_2 \geq 0.90$ 所需的 FiO_2 ,持续10 min。

1.4 临床资料收集:收集所有患者的性别、年龄、动脉血pH值、 PaO_2 、 $PaCO_2$ 、 FiO_2 、 SpO_2 ,以及第1组患者的VT和PEEP。

1.4.1 SpO_2 :脉搏血氧仪传感器的位置选择患者同一手指,保持手指清洁、干燥^[3];任何侵入性操作和呼吸机参数的调整需在测量之前至少30 min完成。 SpO_2 测量至少为1 min^[3]。

1.4.2 PaO_2 :所有患者动脉血的采集部位均为桡动脉,采集的动脉血在5 min之内完成血气分析^[4]。

1.4.3 储氧面罩在不同氧流量下的 FiO_2 :参考《危重病医学》控制性氧疗计算方法^[5]。

1.4.3.1 鼻导管、鼻塞和鼻咽导管: $FiO_2 = 21 + 4 \times$ 氧流量(L/min)。

1.4.3.2 普通面罩:①氧流量为5 L/min时, FiO_2 为0.40;②氧流量为6 L/min时, FiO_2 为0.50;③氧流量为7 L/min时, FiO_2 为0.60。

1.4.3.3 储气囊面罩: $FiO_2 = 10 \times$ 氧流量(L/min, 氧流量 ≤ 8 L/min)。

1.5 统计学处理:使用SPSS 23.0软件进行统计学分析。计量资料呈偏态分布,以中位数(四分位数) [$M(Q_L, Q_U)$]表示。使用Spearman系数对各组患者 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 进行相关分析;用线性分析推导 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 线性方程;将动脉血pH值、 $PaCO_2$ 、 FiO_2 、VT、PEEP作为方程中 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 相关性的影响因子进行多重线性分析,进一步评估其能否改变 SpO_2/FiO_2 与 PaO_2/FiO_2 的相关性。绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC曲线),计算使用 SpO_2/FiO_2 替代 PaO_2/FiO_2 评估ARDS患者氧合的敏感度和特异度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组患者基线特征(表1):第1组24例患者共获得271个血气分析结果,第2组14例患者共获得47个血气分析结果,第3组76例患者共获得76个血气分析结果。第1组PaO₂/FiO₂和SpO₂/FiO₂最低;第3组SpO₂最低,但PaO₂/FiO₂和SpO₂/FiO₂较高。

表1 云南省不同高海拔地区ARDS患者基本特征比较

指标	第1组 1800 m (n=271)	第2组 3200 m (n=47)	第3组 2200 m (n=76)
性别(例)			
男性	18	11	52
女性	6	3	24
年龄(岁)			
范围	27~83	20~76	22~86
中位数[M(Q _L , Q _U)]	52(36, 75)	54(40, 75)	57(33, 72)
FiO ₂			
范围	0.23~1.00	0.21~1.00	0.21~0.70
中位数[M(Q _L , Q _U)]	0.60(0.20, 0.70)	0.21(0.21, 0.50)	0.29(0.21, 0.40)
SpO ₂			
范围	0.72~0.96	0.80~0.96	0.42~0.97
中位数[M(Q _L , Q _U)]	0.94(0.92, 0.95)	0.95(0.92, 0.96)	0.92(0.90, 0.95)
VT(mL)			
范围	300~450		
中位数[M(Q _L , Q _U)]	380(380, 400)		
PEEP(cmH ₂ O)			
范围	3~15		
中位数[M(Q _L , Q _U)]	10(7, 12)		
PaO ₂ (mmHg)			
范围	42~121	44~98	25~133
中位数[M(Q _L , Q _U)]	70(61, 75)	66(59, 78)	57(51, 63)
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)			
范围	34~252	33~274	53~290
中位数[M(Q _L , Q _U)]	103(79, 130)	168(98, 195)	232(146, 271)
SpO ₂ /FiO ₂			
范围	72~396	88~457	113~462
中位数[M(Q _L , Q _U)]	157(128, 190)	419(190, 445)	319(228, 446)

注:ARDS为急性呼吸窘迫综合征,FiO₂为吸入氧浓度,SpO₂为脉搏血氧饱和度,VT为潮气量,PEET为呼气末正压,PaO₂为动脉血氧分压;1 cmH₂O=0.098 kPa,1 mmHg=0.133 kPa;空白代表无此项

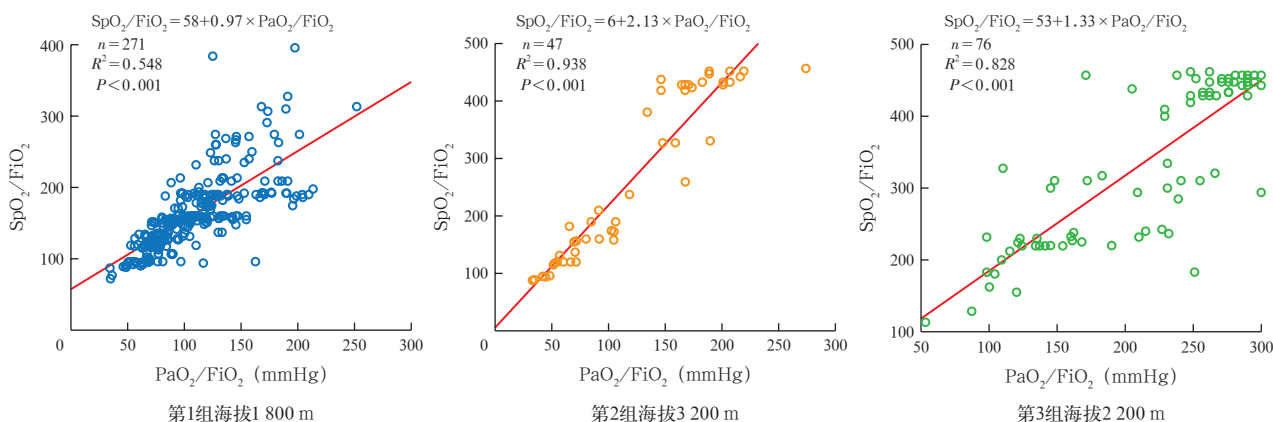
2.2 各组PaO₂/FiO₂与SpO₂/FiO₂的相关性分析及线性回归分析:Spearman相关性分析结果显示,不同高海拔地区各组ARDS患者PaO₂/FiO₂与SpO₂/FiO₂均呈高度相关(第1组、第2组、第3组r值分别为0.830、0.951、0.828,均P<0.05)。通过线性回归分析结果拟合各组ARDS患者的线性回归方程(图1):第1组SpO₂/FiO₂=58+0.97×PaO₂/FiO₂;第2组SpO₂/FiO₂=6+2.13×PaO₂/FiO₂;第3组SpO₂/FiO₂=53+1.33×PaO₂/FiO₂。

2.3 各组SpO₂/FiO₂与PaO₂/FiO₂相关性的影响因素分析(表2):第1组ARDS患者PEEP、FiO₂和动脉血pH值均影响SpO₂/FiO₂与PaO₂/FiO₂相关性(均P<0.01)。第2组ARDS患者FiO₂可影响SpO₂/FiO₂与PaO₂/FiO₂相关性(P<0.01)。第3组ARDS患者FiO₂和动脉血pH值均影响SpO₂/FiO₂与PaO₂/FiO₂相关性(均P<0.01)。

表2 影响云南省不同高海拔地区ARDS患者SpO₂/FiO₂与PaO₂/FiO₂相关性的因素分析

组别 海拔高度	相关因素	SpO ₂ /FiO ₂ 与PaO ₂ /FiO ₂ 相关性	
		R ² 值	P值
第1组 1800 m	VT	0.558	0.817
	PEEP	0.575	<0.001
	FiO ₂	0.847	<0.001
	动脉血pH值	0.559	0.008
	PaCO ₂	0.548	0.620
第2组 3200 m	FiO ₂	0.925	<0.001
	动脉血pH值	0.880	0.955
	PaCO ₂	0.880	0.926
第3组 2200 m	FiO ₂	0.793	<0.001
	动脉血pH值	0.153	0.002
	PaCO ₂	0.040	0.225

注:ARDS为急性呼吸窘迫综合征患者,SpO₂为脉搏血氧饱和度,FiO₂为吸入氧浓度,PaO₂为动脉血氧分压,VT为潮气量,PEET为呼气末正压,PaCO₂为动脉血二氧化碳分压



注:ARDS为急性呼吸窘迫综合征,SpO₂为脉搏血氧饱和度,FiO₂为吸入氧浓度,PaO₂为动脉血氧分压;1 mmHg=0.133 kPa

图1 云南省不同高海拔地区ARDS患者SpO₂/FiO₂与PaO₂/FiO₂的线性回归分析

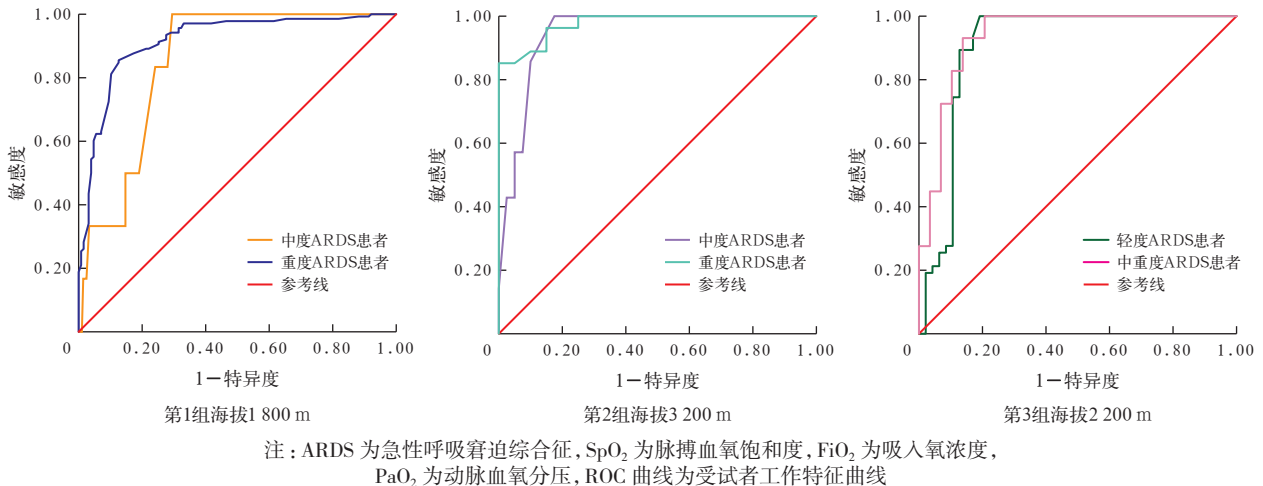


图2 云南省不同高海拔地区 ARDS 患者用 SpO₂/FiO₂ 替代 PaO₂/FiO₂ 评估氧合的 ROC 曲线

2.4 ROC 曲线分析(图 2):3 组模型拟合度都较好。第 1 组中度和重度 ARDS 患者 ROC 曲线下面积(area under ROC curve, AUC)分别为 0.848、0.916; 基于回归方程, PaO₂/FiO₂ 为 100 mmHg、200 mmHg 时, 相应 SpO₂/FiO₂ 临界值分别为 155、252(敏感度 84.9%、100%, 特异度 87.2%、70.6%)。第 2 组中度和重度 ARDS 患者 AUC 分别为 0.945、0.977; 基于回归方程, PaO₂/FiO₂ 为 100 mmHg、200 mmHg 时, 相应 SpO₂/FiO₂ 临界值分别为 219、432(敏感度 100%、85.2%, 特异度 82.5%、100%)。第 3 组轻度和中重度 ARDS 患者 AUC 分别为 0.903、0.936; 基于回归方程, PaO₂/FiO₂ 为 200 mmHg、300 mmHg 时, 相应 SpO₂/FiO₂ 临界值分别为 319、452(敏感度均为 100%, 特异度 80.9%、86.2%)。

3 讨论

目前成人 ARDS 的发病率和病死率仍然很高。调查研究表明, 重症监护病房新入院患者 ARDS 占 10.4%, 且轻、中、重度 ARDS 病死率分别为 34.9%、40.3%、46.1%^[6]。PaO₂/FiO₂ 是评价 ARDS 氧合的“金标准”, 但 PaO₂ 受多种因素影响, 即使同一患者连续吸入相同 FiO₂, 也可能因采血部位、采血人员熟练程度、患者配合度不同而产生差异^[7]。SpO₂ 可无创且连续监测。研究表明, 在成人和儿童 ARDS 患者中, SpO₂ 与 PaO₂ 均具有良好的相关性, 可用来诊断 ARDS^[2, 4]。因此, SpO₂/FiO₂ 可能是一种快速、简单的评估 ARDS 患者氧合的方法。

云南省从东部到西部海拔逐渐增高, 且海拔落差较大, 为相关课题研究提供了地理条件。本研究对云南省 3 个不同高海拔地区的 ARDS 患者进行

研究, 分别是昆明市、迪庆藏族自治州香格里拉市和丽江市。结果显示, 3 组 ARDS 患者 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 均具有较好的相关性。

Rice 等^[8]通过拟合方程 $SpO_2/FiO_2 = 64 + 0.84 \times PaO_2/FiO_2$, 将 PaO₂/FiO₂ 为 100 mmHg 和 200 mmHg 转换成 SpO₂/FiO₂ 为 148 和 232。本研究根据第 1 组方程($SpO_2/FiO_2 = 58 + 0.97 \times PaO_2/FiO_2$)计算 SpO₂/FiO₂, 当 PaO₂/FiO₂ 为 100 mmHg 和 200 mmHg 时, SpO₂/FiO₂ 分别为 155 和 252。Rice 公式大多应用于低海拔地区, 而本研究在高海拔地区通过拟合方程得到了与 Rice 公式相似的 SpO₂/FiO₂ 临界值。本研究第 1 组拟合方程与陈媛媛^[9]纳入 161 个血气分析结果得到的方程($SpO_2/FiO_2 = 68 + 0.67 \times PaO_2/FiO_2$)存在差异, 可能与动脉血 pH 值、PEEP、样本量等有关。虽然通过 Rice、陈媛媛和本研究中方程计算的 SpO₂/FiO₂ 不同, 但 PaO₂/FiO₂ 为 100 mmHg 时 SpO₂/FiO₂ 的临界值都趋于 150; 且 3 项研究得出的 ROC 曲线均显示, SpO₂/FiO₂ 评估重度 ARDS 患者氧合能力最强。

关于 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 相关性的研究包括成人^[4, 6, 8, 10]和儿童患者^[2, 11-12], 尽管回归方程略有不同, 但 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 均存在很强的线性相关。有一项研究并未显示 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 显著相关, 可能是因为 SpO₂ 较高, 导致大部分数据被排除^[13]。此外, 将 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 进行对数转换^[14]、分数变换^[5]和非线性转换^[15]可以提高两者的相关性, 通过转换之后可以更好地模拟氧分离的“S 型”曲线。

研究表明, ARDS 患者接受低 VT 控制通气(VT 6 mL/kg), PEEP 设定为 10 cmH₂O 或者压力-容积曲

线低位转折点压力 + 2 cmH₂O 时,如 FiO₂ > 0.70,则 FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 呈正相关,即 PaO₂/FiO₂ 随着 FiO₂ 增加而增加;FiO₂ 为 1.00 时 2/3 的患者 PaO₂/FiO₂ > 200 mmHg,FiO₂ ≤ 0.50 时 PaO₂/FiO₂ < 200 mmHg^[16-17]。然而,FiO₂ 对 SpO₂/FiO₂ 的影响是相反的,当 SpO₂ > 0.97 时,随着 FiO₂ 增加,SpO₂ 变化不明显;当 SpO₂ < 0.90 或更低时,SpO₂/FiO₂ 随着 FiO₂ 增加而逐渐降低。本研究第 2 组为重症医学科非机械通气患者,第 3 组为急诊科非机械通气患者。非机械通气的给氧方式包括鼻导管、普通面罩、储气囊面罩等,获得的 FiO₂ 为估算值,不能精确计算,尽管将给氧方式统一,但 PaO₂/FiO₂ 和 SpO₂/FiO₂ 的计算仍存在误差。

虽然 PEEP 不会影响氧解离曲线,可能不会显著改变 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 之间的相关性,但它可能通过改善通气/血流比例影响 SpO₂/FiO₂。相关研究报道,可以忽略 PEEP 的影响^[6,12];也有研究显示,PEEP 会轻微改变 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的相关性^[4]。本研究中第 1 组全部为机械通气患者,纳入 PEEP 作为影响因子分析发现,PEEP 可以改变 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的相关性。

Rice 等^[8]分析了 VT 对 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 相关性的影响,给予机械通气患者 6 mL/kg 或 12 mL/kg VT,并将 VT 作为影响因子纳入分析,结果显示,VT 不会改变 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的相关性。本研究中第 1 组患者的分析结果与上述结论一致,VT 不会对方程 SpO₂/FiO₂ = 58 + 0.97 × PaO₂/FiO₂ 产生影响。我们同时对动脉血 pH 值进行了分析,3 组患者的结论不一致,第 1 组及第 3 组的分析结果是 pH 值可影响 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的相关性;第 2 组的结果是 pH 值不会影响 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的相关性。根据氧解离曲线,pH 值增加,曲线左移,氧的利用减少;pH 值降低,曲线右移,氧的利用增加。因此,pH 值可能会影响 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的相关性,第 2 组的结论与预期结果不一致,可能与该组病例数较少相关,有待进一步研究。

综上所述,云南省不同高海拔地区 ARDS 患者的 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 均具有很好的相关性,可以用 SpO₂/FiO₂ 替代 PaO₂/FiO₂ 评估 ARDS 患者的氧合情况。由于 SpO₂ 可以连续监测,能够及早发现可能的 ARDS 患者,在早期筛查中具有重要的意义。本研究样本量较小,尚需要更大样本的临床试验进一步探讨 SpO₂/FiO₂ 替代 PaO₂/FiO₂ 的临床价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 刘杰,陈荣昌,钟南山.呼出气二氧化碳和体表氧饱和度监测在慢性阻塞性肺疾病呼吸衰竭患者中的应用[J].南方医科大学学报,2010,30(7):1565-1568. DOI: 10.12122/j.issn.1673-4254.2010.07.019.
- [2] Liu J, Chen RC, Zhong NS. Application of capnography and SpO₂ measurement in the evaluation of respiratory failure in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. J South Med Univ, 2010, 30(7): 1565-1568. DOI: 10.12122/j.issn.1673-4254.2010.07.019.
- [3] Bilan N, Dastranji A, Ghalehgholab Behbahani A. Comparison of the SpO₂/FiO₂ ratio and the PaO₂/FiO₂ ratio in patients with acute lung injury or acute respiratory distress syndrome [J]. J Cardiovasc Thorac Res, 2015, 7(1): 28-31. DOI: 10.15171/jcvtr.2014.06.
- [4] Sasse SA, Jaffe MB, Chen PA, et al. Arterial oxygenation time after an FiO₂ increase in mechanically ventilated patients [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1995, 152(1): 148-152. DOI: 10.1164/ajrccm.152.1.7599814.
- [5] Pisani L, Roozeman JP, Simonis FD, et al. Risk stratification using SpO₂/FiO₂ and PEEP at initial ARDS diagnosis and after 24 h in patients with moderate or severe ARDS [J]. Ann Intensive Care, 2017, 7(1): 108. DOI: 10.1186/s13613-017-0327-9.
- [6] 曾因明,邓小明,李文志,等.危重病医学[M].4版.北京:人民卫生出版社,2016:130.
- [7] Zeng YM, Deng XM, Li WZ, et al. Critical care medicine [M]. 4th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016: 130.
- [8] Villar J, Sulemanji D, Kacmarek RM. The acute respiratory distress syndrome: incidence and mortality, has it changed? [J]. Curr Opin Crit Care, 2014, 20(1): 3-9. DOI: 10.1097/MCC.000000000000057.
- [9] Thorson SH, Marini JJ, Pierson DJ, et al. Variability of arterial blood gas values in stable patients in the ICU [J]. Chest, 1983, 84(1): 14-18. DOI: 10.1378/chest.84.1.14.
- [10] Rice TW, Wheeler AP, Bernard GR, et al. Comparison of the SpO₂/FiO₂ ratio and the PaO₂/FiO₂ ratio in patients with acute lung injury or ARDS [J]. Chest, 2007, 132(2): 410-417. DOI: 10.1378/chest.07-0617.
- [11] 陈媛媛. ARDS 患者 SpO₂/FiO₂ 与 PaO₂/FiO₂ 的比较[D].昆明:昆明医科大学,2017.
- [12] Chen YY. Comparison of SpO₂/FiO₂ and PaO₂/FiO₂ in patients with ARDS [D]. Kunming: Kunming Medical University, 2017.
- [13] Villar J, Pérez-Méndez L, Kacmarek RM. Current definitions of acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome do not reflect their true severity and outcome [J]. Intensive Care Med, 1999, 25(9): 930-935. DOI: 10.1007/s001340050984.
- [14] Mayordomo-Colunga J, Pons M, López Y, et al. Predicting non-invasive ventilation failure in children from the SpO₂/FiO₂ (SF) ratio [J]. Intensive Care Med, 2013, 39(6): 1095-1103. DOI: 10.1007/s00134-013-2880-5.
- [15] Khemani RG, Thomas NJ, Venkatachalam V, et al. Comparison of SpO₂ to PaO₂ based markers of lung disease severity for children with acute lung injury [J]. Crit Care Med, 2012, 40(4): 1309-1316. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31823bc61b.
- [16] Tripathi RS, Blum JM, Rosenberg AL, et al. Pulse oximetry saturation to fraction inspired oxygen ratio as a measure of hypoxia under general anesthesia and the influence of positive end-expiratory pressure [J]. J Crit Care, 2010, 25(3): 542. e9-13. DOI: 10.1016/j.jccr.2010.04.009.
- [17] Schmidt MF, Gernand J, Kakarala R. The use of the pulse oximetric saturation to fraction of inspired oxygen ratio in an automated acute respiratory distress syndrome screening tool [J]. J Crit Care, 2015, 30(3): 486-490. DOI: 10.1016/j.jccr.2015.02.007.
- [18] Brown SM, Duggal A, Hou PC, et al. Nonlinear imputation of PaO₂/FiO₂ from SpO₂/FiO₂ among mechanically ventilated patients in the ICU: a prospective, observational study [J]. Crit Care Med, 2017, 45(8): 1317-1324. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002514.
- [19] Allardet-Servent J, Forel JM, Roch A, et al. FiO₂ and acute respiratory distress syndrome definition during lung protective ventilation [J]. Crit Care Med, 2009, 37(1): 202-207. e4-6. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31819261db.
- [20] 贾子毅,刘晓伟,刘志.机械通气氧合指数对 ARDS 患者预后评估的价值:附 228 例回顾性分析[J].中华危重病急救医学,2017,29(1):45-50. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.010.
- [21] Jia ZY, Liu XW, Liu Z. Evaluation value of oxygenation index of mechanical ventilation on the prognosis of patients with ARDS: a retrospective analysis with 228 patients [J]. Chin Crit Care Med, 2017, 29(1): 45-50. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.01.010.

(收稿日期:2021-03-01)