

肺保护通气对急性呼吸窘迫综合征患者的疗效 及对右心功能的影响

刘映霞, 陈培锦

(潮州市人民医院重症医学科, 广东 潮州 521000)

摘要:【目的】探讨肺保护通气策略对ARDS患者的疗效及对右心功能的影响。【方法】选取2016年1月至2017年6月在我院重症医学科住院的ARDS患者共52例,年龄(48±7)岁。将所有患者随机分为对照组(24例)和肺保护组(28例),其中对照组采用潮气量8~15 mL/kg标准体质量,PEEP 4~8 cmH₂O,平台压30~35 cmH₂O;肺保护组采用潮气量6 mL/kg标准体质量,PEEP采用ARDSNET滴定法(PEEP-FiO₂表)进行设置,平台压<30 cmH₂O。收集患者不同通气时段PaO₂、PCO₂、OI、乳酸、TAPSE、RVarea/LVarea、E/A、E/e、PASP、IVC等指标并进行统计分析。【结果】通气24 h肺保护组TAPSE、E/e高于对照组,PASP低于对照组($P < 0.05$);通气48 h肺保护组OI、PaO₂、PCO₂、乳酸均高于对照组($P < 0.05$),肺保护组TAPSE高于对照组,PASP和IVC低于对照组($P < 0.05$)。肺保护组机械通气时间、总住院时间短于对照组($P < 0.01$)。【结论】肺保护通气策略在改善ARDS患者氧合方面明显比常规通气策略更有优势,且对右心功能的影响小。

关键词:急性呼吸窘迫综合征;机械通气;肺保护;右心功能

中图分类号:R563.8

文献标志码:A

文章编号:1672-3554(2018)04-0560-06

Lung Protective Ventilation in Acute Respiratory Distress Syndrome and Its Impact upon Right Heart Function

LIU Ying-xia, CHEN Pei-jin

(Chaozhou People's Hospital, Chaozhou 521000, China)

Corresponding to: LIU Ying-xia, E-mail: lyxvictor@126.com

Abstract: 【Objective】 To analyze the effects of lung protective ventilation strategy on clinical outcome and right heart function of ARDS patients. 【Methods】 From January 2016 to June 2017, ICU patients fulfilling the consensus criteria for acute respiratory distress syndrome were included in the study. 52 patients, aged (48±7) years old, were randomly divided into control group (24 cases) and lung protection group (28 cases). Control group was ventilated with a tidal volume of 8~15 mL/kg standard weight, PEEP 4~8 cmH₂O, plateau pressure 30~35 cmH₂O, while lung protection group with a tidal volume of 6 mL/kg predicted body weight, PEEP(positive end expiratory pressure) set by PEEP-FiO₂ table, plateau pressure <30 cmH₂O. The values of PaO₂(arterial partial pressure of oxygen), PCO₂(arterial partial pressure of carbon dioxide), OI(oxygenation index), Lac (lactic acid), TAPSE(tricuspid annular plane systolic excursion), RVarea/LVarea (right ventricular end-diastolic area/left ventricular end-diastolic area), E/A (peak mitral flow velocity of the early rapid filling wave /peak mitral flow velocity of the late rapid filling wave), E/e(peak mitral flow velocity of the early rapid filling wave/early diastolic velocity of the tricuspid annulus), PASP(pulmonary artery systolic pressure) and IVC (inferior vena cava) were collected and analyzed. 【Results】 After 24 hours of ventilation, TAPSE and E/e of lung protection group were higher compared to the control group, and PASP was lower compared to the control group (all $P < 0.05$). After 48 h of ventilation, OI, PaO₂, PCO₂ and Lac in the lung protective group were higher compared to the control group

收稿日期: 2018-02-05

基金项目: 潮州市卫生和计划生育局科研项目(201533)

作者简介: 刘映霞, 医学硕士, 主治医师, E-mail: lyxvictor@126.com

(all $P < 0.05$); TAPSE of the lung protection group was higher compared to the control group, PASP and IVC were lower compared to the control group (all $P < 0.05$). The mechanical ventilation time and hospitalization time of the lung protection group were shorter compared to the control group (all $P < 0.01$).【Conclusion】 Compared with routine ventilation strategy, lung protective ventilation strategy shows more advantages in improving the oxygenation and reducing negative effect on the right heart function of ARDS patients.

Key words: acute respiratory distress syndrome; ventilation; lung protective; right heart function

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2018, 39(4):560-565]

急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 是常见的内科急危重症之一,其预后不良,病死率高。正压机械通气是ARDS患者的治疗的重要措施,但目前机械通气对右心功能影响的研究较少。常规正压通气容易导致肺组织过度膨胀及肺循环阻力增加,而右心负荷增加可导致急性肺动脉高压,从而影响右心功能甚至引发右心衰竭^[1-2]。研究建议对ARDS患者采用肺保护性通气策略^[3],近年来又有学者提出了右心保护通气策略,认为机械通气可明显增加患者平均气道压,减少或避免通气相关性肺损伤有利于右心功能的维持及改善^[1]。本研究通过对进行机械通气的ARDS患者进行观察,探讨肺保护通气策略的临床疗效及对右心功能的影响,现报告如下。

1 材料与方 法

1.1 一般资料

选取2016年1月至2017年6月在我院重症医学科住院的ARDS患者共52例,进行有创机械通气超过48 h。年龄(48±7)岁。纳入标准:①符合2011年欧洲重症医学年会提出的“柏林标准”中关于ARDS诊断^[4];②具有机械通气的指征,如各种原因引起的通气异常和氧合异常;③机械通气时间超过48 h;④年龄≥18岁。排除标准:①机械通气时间不足48 h;②患有慢性肺心病、肺性脑病、肺栓塞者;③曾有右侧心肌梗死病史者;④怀孕及哺乳期患者;⑤无法获取清晰心脏超声影像者;⑥年龄<18岁;⑦既往有心功能不全病史者,机械通气前有明显心衰者。本研究已经通过医院医学伦理委员会审批,所有病例均由其直系亲属签署知情同意书。

1.2 研究方法

所有患者均治疗原发病,控制肺部感染、预防应激性溃疡、防治多脏器功能衰竭,维持机体水电解质及酸碱平衡、营养支持等。所有患者均经气管插管或气管切开予PB840呼吸机行机械通气治疗,通气模式为同步间歇指令通气+压力支持通气+呼气末正压(synchronized intermittent mandatory ventilation + pressure support ventilation + positive end expiratory pressure, SIMV+PS+PEEP)模式。采用随机数字法将所有患者分为对照组(24例)和肺保护组(28例),对照组机械通气采用潮气量8~15 mL/kg标准体质量,PEEP 4~8 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),平台压30~35 cmH₂O;肺保护组机械通气方案采用潮气量6 mL/kg标准体质量,采用急性呼吸窘迫综合征协作网(ARDSNet)建议的滴定法设置PEEP,平台压<30 cmH₂O。标准体质量(kg)=50/45.5(男/女)+0.9×(身高-150 cm)。

1.3 监测指标

①机械通气参数及血气分析指标:开始机械通气后即刻(T_1)以及24 h(T_2)、48 h(T_3)分别采集呼吸机参数和动脉血气分析,包括通气模式、PEEP、潮气量(tidal volume, VT)、吸氧浓度(fraction of inspiration O₂, FiO₂)、乳酸、二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)、动脉氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO₂)。②心脏彩超检查:采用GE vivid E8彩超仪行心脏B超检查,采集(T_1 ~ T_3)右心室舒张末期面积/左心室舒张末期面积(right ventricular end-diastolic area/left ventricular end-diastolic area, RV_{area}/LV_{area})、三尖瓣环根部侧壁收缩期位移(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)、右心舒张早期峰值(peak mitral flow velocity of the early rapid filling wave, E)、右心舒张晚期峰值(peak mitral flow velocity of the late rapid filling wave, A),右室三尖瓣环根部心肌舒张早期速度

(early diastolic velocity of the tricuspid annulus, e)、 E/A 、 E/e 、肺动脉收缩压(pulmonary artery systolic pressure, PASP)、下腔静脉内径(inferior vena cava, IVC)等数据。③预后指标:患者机械通气时间、ICU住院时间、总住院时间和28 d病死率。

1.4 统计学分析

所有数据采用SPSS 23.0软件进行分析,其中计数资料用百分数表示,采用Pearson卡方检验。计量资料符合正态分布以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;对不符合正态分布的数据以中位数(M) \pm 四分位间距QR表示,采用秩和检验。所有的统计学检验采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

两组患者一般资料,包括性别比、年龄、标准体质量、身高、pH、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)、急性生理学与慢性健康状况评分系统II(acute physiologic and chronic health evaluation II, APACHE II)评分、序贯器官衰竭评估(sequential organ failure assessment, SOFA)评分及原发病对比,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性(表1)。

2.2 两组患者指标对比

开始机械通气时氧合指数(oxygen index, OI)、PEEP、 PaO_2 、 $PaCO_2$ 、乳酸、TAPSE、RVarea/LVarea、 E/A 、 E/e 、PASP、IVC等均无统计学差异($P > 0.05$);通气48 h肺保护组OI、 PaO_2 、 $PaCO_2$ 、乳酸高于对照组,组间差异有统计学意义($P = 0.041$, $P = 0.030$, $P = 0.028$, $P < 0.001$);通气24 h肺保护组TAPSE、 E/e 高于对照组,组间差异有统计学意义($P = 0.001$, $P = 0.010$),肺保护组PASP低于对照组,组间差异有统计学意义($P = 0.036$);通气48 h肺保护组PASP、IVC低于对照组,组间差异有统计学意义($P = 0.025$, $P = 0.035$),肺保护组TAPSE高于对照组,组间差异有统计学意义($P = 0.031$)(表2)。

2.3 两组患者预后对比

肺保护组机械通气时间、总住院时间短于对照组,组间差异有统计学意义($P = 0.001$, $P < 0.001$),而ICU住院时间和28 d病死率组间差异无统计学意义($P > 0.05$)(表3)。

表1 两组患者一般情况对比

Table 1 Baseline characteristics of the patients

[$\bar{x} \pm s$ or $M(P_{25}, P_{75})$ or $n(\%)$]

	Control Group ($n = 24$)	Lung protection group ($n = 28$)	P
Male/Female	20/4	20/8	0.314
Age/years	48 \pm 6	48 \pm 8	0.918
Height/cm	160 \pm 5	157 \pm 6	0.116
Standard weight/kg	59 \pm 5	62 \pm 7	0.073
pH value	7.35 \pm 0.09	7.34 \pm 0.09	0.700
MAP/mmHg	99 \pm 9	100 \pm 8	0.813
APECHE II scores	17.0(14.0, 19.8)	17.5(12.0, 18.8)	0.593
SOFA scores	8.0(7.0, 8.8)	9.0(7.0, 11.0)	0.341
Sepsis	8(33.3)	10(35.7)	0.859
Pneumonia	10(41.7)	12(42.9)	0.932
Pulmonary contusion	9(37.5)	9(32.1)	0.688
Cranocerebral Trauma	12(50)	11(39.3)	0.442
Surgical operation	4(16.7)	6(21.4)	0.667
Hypertension	10(41.7)	12(42.9)	0.932
Diabetes	8(33.3)	9(32.1)	0.928
Hyperlipidemia	7(29.2)	6(21.4)	0.525
Alcohol abuse	10(41.7)	11(39.3)	0.863
Smoke	9(37.5)	8(28.6)	0.498

MAP: mean arterial pressure; APECHE II: acute physiologic and chronic health evaluation II; SOFA: sequential organ failure assessment

3 讨论

ARDS患者存在肺泡损伤、炎症反应、肺毛细血管损伤引起的肺动脉高压及肺血管重构,严重的低氧血症是预后不良的危险因素。常规的机械通气治疗使塌陷的肺泡处于开放状态,增加肺容积以改善氧合,但是同时也容易导致肺组织过度膨胀和增加肺血管阻力。研究表明ARDS患者机械通气的初始潮气量每增加1 mL/kg体质量,其ICU病死率增加23%^[5],而在非ARDS患者机械通气中同等潮气量的增幅也明显增加肺损伤风险^[6]。近年来的一项Meta分析也证实了非ARDS的患者使用小潮气量通气也能改善预后^[7]。因此设置机械通气参数时,除考虑改善氧合外应避免机械通气引起的肺损伤(ventilator induced lung injury, VILI),我国指南推荐对ARDS患者实施限制潮气量 ≤ 7 mL/kg、平台压 ≤ 30 cmH₂O的肺保护性通气

表2 两组相关指标对比
Table 2 Comparison of indexes in two groups [$\bar{x} \pm s$ or $M(P25, P75)$]

	Control group(n=24)	Lung protection group(n=28)	<i>t</i> or <i>Z</i>	<i>P</i>
Index at T ₁				
OI/mmHg	157±24	149±17	1.495	0.141
PEEP/cmH ₂ O	4.7(3.3, 5.9)	4.0(3.0, 6.0)	-0.507	0.612
PaO ₂ /mmHg	69±6	69±6	0.514	0.610
PaCO ₂ /mmHg	30.7±4.4	30.8±3.9	-0.072	0.943
Lactic acid/(mmol/L)	1.65(1.27, 2.15)	1.6(0.89, 2.18)	-0.532	0.595
TAPSE/mm	18.2±2.7	18.0±2.7	0.164	0.870
RV _{area} /LV _{area}	0.58±0.15	0.58±0.11	0.087	0.931
E/A	1.09±0.23	1.05±0.21	0.716	0.477
E/e	4.30±0.47	4.27±0.37	0.270	0.788
PASP/mmHg	30±9	34±9	-1.394	0.169
IVC/mm	18.5±3.9	20.1±4.7	-1.351	0.183
Index at T ₂				
OI/mmHg	181±37	185±32	-0.453	0.652
PEEP/cmH ₂ O	4.5(3.0, 6.0)	12.5(12.0, 14.8)	-6.206	<0.001
PaO ₂ /mmHg	70±8	71±7	-0.432	0.668
PaCO ₂ /mmHg	30.8±4.5	31.7±2.7	-0.835	0.409
Lactic acid/(mmol/L)	1.50(1.24, 1.67)	1.52(1.24, 2.09)	-1.111	0.267
TAPSE/mm	15.1±2.3	17.5±2.7	-3.440	<0.001
RV _{area} /LV _{area}	0.51±0.09	0.52±0.10	-0.349	0.729
E/A	1.02±0.25	0.96±0.13	1.007	0.321
E/e	4.47±0.39	4.76±0.36	-2.697	0.010
PASP/mmHg	34±10	28±9	2.149	0.036
IVC/mm	17.5±5.0	17.3±3.4	0.119	0.906
Index at T ₃				
OI/mmHg	208±36	232±46	-2.102	0.041
PEEP/cmH ₂ O	6.0(5.0, 7.8)	13.0(12.0, 14.0)	-6.173	<0.001
PaO ₂ /mmHg	78±10	85±13	-2.241	0.030
PaCO ₂ /mmHg	30.5±5.3	33.2±2.0	-2.313	0.028
Lactic acid/(mmol/L)	1.40(1.24, 1.55)	1.67(1.45, 2.09)	-4.132	<0.001
TAPSE/mm	16.1±1.3	17.1±1.8	-2.215	0.031
RV _{area} /LV _{area}	0.60±0.08	0.57±0.05	1.450	0.156
E/A	0.92±0.20	1.01±0.18	-1.639	0.107
E/e	5.04±0.27	5.00±0.34	0.475	0.637
PASP/mmHg	36±5	31±8	2.315	0.025
IVC/mm	18.1±2.9	16.2±3.6	2.165	0.035

T₁: Initiation of ventilation; T₂: Mechanical ventilation for 24 h; T₃: Mechanical ventilation for 48 h; OI: oxygen index; PEEP: positive end expiratory pressure; PaO₂: arterial partial pressure of oxygen; PaCO₂: arterial partial pressure of carbon dioxide; TAPSE: tricuspid annular plane systolic excursion; RV_{area}/LV_{area}: right ventricular end-diastolic area/left ventricular end-diastolic area; E/A: peak mitral flow velocity of the early rapid filling wave/peak mitral flow velocity of the late rapid filling wave; E/e: peak mitral flow velocity of the early rapid filling wave/early diastolic velocity of the tricuspid annulus; PASP: pulmonary artery systolic pressure; IVC: inferior vena cava

表3 两组患者预后对比

Table 3 Comparison of prognosis in the two groups

[$M(P_{25}, P_{75})$ or $n(\%)$]

	Control group (n=24)	Lung protection group (n=28)	Z or χ^2	P
Mechanical ventilation time/d	7.5(6.0, 9.8)	5.5(5.0, 7.0)	-3.212	0.001
ICU stay time/d	10(6, 13)	8(7, 10)	-1.445	0.148
Hospitalization time/d	21(16, 25)	16(14, 17)	-4.035	<0.001
28-day mortality	7(29.2)	3(10.7)	-1.667	0.096

策略^[8]。然而小潮气量肺保护通气策略在临床上并未普及,流行病学调查显示ARDS的漏诊率高,超过1/3的ARDS患者仍采用大潮气量通气,且临床医生对肺保护通气策略适应证和禁忌证的把握尺度欠佳^[9]。本研究观察到肺保护组乳酸、PaCO₂水平在通气24 h与对照组无差异,而在48 h则两者对比差异有统计学意义,这提示随着机械通气时间的增加,小潮气量通气比常规通气策略出现高碳酸血症、乳酸酸中毒的风险增加。高碳酸血症及酸中毒可抑制心肌收缩、升高颅内压及肺动脉压力、减少肾血流量,从而影响ARDS患者预后。因此采用小潮气量通气时应密切关注患者内环境,平衡其收益与高碳酸血症风险。

早有研究指出高PEEP对ARDS患者有益,2010年的一项Meta分析显示,ARDS患者使用高PEEP在氧合指数<200 mmHg时病死率降低,氧合指数>200 mmHg时则病死率增加,这提示PEEP的设置要参考患者的具体病情^[10]。设置PEEP的同时应关注患者的驱动压变化,高PEEP下驱动压的增加可能使得肺组织过度膨胀导致VILI^[11]。PEEP的设置最理想的目标是既能改善氧合和肺顺应性,又不引起VILI,然而目前尚无一种完美的方法^[12]。本研究采用的是ARDS NET推荐的PEEP-FiO₂表格滴定法,这种方法理论上平衡了高氧浓度和高PEEP对肺的损害,且快捷简便适合基层医院使用,但存在PEEP设置不够个体化的缺点。

右心功能不全可导致患者体液潴留,肾脏、肝脏、消化道等重要脏器淤血,与ARDS患者的临床预后密切相关,但却易被忽视^[13]。美国超声心动图协会在2010年制定的右心功能评价指南中推荐,右心收缩功能指标主要包括TAPSE,右室面积变化分数(fractional area change, FAC),右室心肌功能指数等^[14]。其中TAPSE通过反映右心室心

肌纤维长轴的变化来评价右心功能,操作简便、变异极小、重复性好,是目前临床应用最为广泛的指标。TAPSE<16 mm提示右心收缩功能不全。机械通气时肺组织膨胀增加肺血管阻力,导致肺动脉压增高、右心后负荷增加,下腔静脉内径增加在右心功能不全的早期即可出现。影响ARDS患者右心功能的因素还包括低氧导致的肺血管收缩、小潮气量通气导致的高碳酸血症^[15]。本研究中发现随着通气时间延长,两组患者PASP、IVC逐渐增大,且对照组较肺保护组更明显,这表明随着通气时间延长两组患者右心负荷加重的程度也逐步增加,且对照组更为明显。两组患者TAPSE随通气时间延长而降低,且对照组下降较肺保护组明显,通气48 h组间差异有统计学意义,一定程度上说明常规通气策略随着通气时间延长比肺保护通气更易出现右心收缩功能不全。出现上述结果的原因可能是小潮气量、限制平台压的通气策略减少肺组织膨胀的程度,减弱其对右心容量负荷的影响^[16]。RVarea/LVarea > 0.6时提示右心扩大, E/A < 0.8, E/e > 6提示右室舒张功能不全^[14]。本研究中随通气时间延长E/e有升高趋势,通气24 h对照组低于肺保护组且差异有统计学意义,而通气48 h组间差异无统计学意义, E/A、RV_{area}/LV_{area}两组患者对比差异无统计学差异,这些结果尚不足以证明两组患者右心舒张功能有无差异。今后可扩大样本量,延长通气时间进一步探索机械通气对ARDS患者右心舒张功能的影响。

本研究观察到肺保护组通气48 h PaO₂和OI优于对照组,组间差异有统计学意义,提示肺保护性通气策略改善氧合效果更好。肺保护组机械通气时间、总住院时间短于对照组且差异有统计学意义,28 d病死率虽然小于对照组但差异无统计学意义。有研究表明右心功能不全是ARDS死亡率增加的危险因素^[17],肺保护组预后优于对照组

的原因除氧合改善较好之外,可能与对右心收缩影响较小相关。目前尚无公认的右心功能保护通气策略,也无统一标准评价 ARDS 患者的右心功能。ARDS 患者如何通过心脏彩超监测右心功能来调整呼吸机参数,减少右心功能不全的发生及其严重程度,保护右心功能与患者治疗效果及预后有无直接关系,今后仍需联合多中心、增加样本

量,优化研究方案进一步探讨。

综上所述,肺保护通气策略在改善 ARDS 患者氧合方面比常规通气策略具有优势,且对右心收缩功能的影响小,可在一定程度上改善患者预后,在 ARDS 患者通气治疗过程中应关注右心功能相关指标及其对预后的影响。

参考文献

- [1] Repessé X, Charron C, Vieillard-Baron A. Acute cor pulmonale in ARDS: Rationale for protecting the right ventricle [J]. *Chest*, 2015, 147(1): 259-265.
- [2] Bouhemad B, Nicolas-Robin A, Arbelot C, et al. Acute left ventricular dilatation and shock-induced myocardial dysfunction [J]. *Crit Care Med*, 2009, 37(2): 441-447.
- [3] Gattinoni L, Quintel M. How ARDS should be treated [J]. *Critical Care*, 2016, 20(1): 1-3.
- [4] Ranieri VM, Rubenfeld GD. Acute respiratory distress syndrome (ARDS): The berlin definition [J]. *JAMA*, 2012, 307(23): 2526-2533.
- [5] Needham DM, Yang T, Dinglas VD, et al. Timing of low tidal volume ventilation and intensive care unit mortality in acute respiratory distress syndrome: A prospective cohort study [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2015, 191(2): 177-185.
- [6] Gajic O, Dara SI, Mendez JL, et al. Ventilator-associated lung injury in patients without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation [J]. *Crit Care Med*, 2004, 32(9): 1817-1824.
- [7] Serpa Neto A, Cardoso SO, Manetta JA, et al. Association between use of lung-protective ventilation with lower tidal volumes and clinical outcomes among patients without acute respiratory distress syndrome: A Meta-analysis [J]. *JAMA*, 2012, 308(16): 1651-1659.
- [8] 中华医学会呼吸病学分会呼吸危重症医学学组. 急性呼吸窘迫综合征患者机械通气指南(试行) [J]. *中华医学杂志*, 2016, 96(6): 404-424. Respiratory Medicine Division of Respiratory Medicine, Chinese Medical Association. Guidelines for mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Natl Med J Chin*, 2016, 96(6): 404-424.
- [9] Weiss CH, Baker DW, Tulas K, et al. A critical care clinician survey comparing attitudes and perceived barriers to low tidal volume ventilation with actual practice [J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2017, 14(11): 1682-1689.
- [10] Briel M, Meade M, Mercat A, et al. Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: Systematic review and meta-analysis [J]. *JAMA*, 2010, 303(9): 865-873.
- [11] Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome [J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(8): 747-755.
- [12] Chiumello D, Brioni M. Severe hypoxemia: Which strategy to choose [J]. *Crit Care*, 2016, 20(1): 1-9.
- [13] Foschi M, Di Mauro M, Tancredi F, et al. The dark side of the moon: The right ventricle [J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2017, 4(4): 18-34.
- [14] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A report from the american society of echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23: 685-713.
- [15] Zochios V, Parhar K, Tunnicliffe W, et al. The right ventricle in ARDS [J]. *Chest*, 2017, 152(1): 181-193.
- [16] Liu LX, Wu JQ, Wu QY, et al. The effects of different tidal volume ventilation on right ventricular function in critical respiratory failure patients [J]. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi*, 2017, 56(6): 419-426.
- [17] Repessé X, Vieillard-Baron A. Right heart function during acute respiratory distress syndrome [J]. *Ann Trans Med*, 2017, 5(14): 295-301.

(编辑 王晓鹰)