

## 不同体位下腔静脉直径及其变异度的相关性分析

张安科<sup>1</sup> 乔卫龙<sup>1</sup> 王平<sup>2</sup> 沈凯风<sup>1</sup> 唐建辉<sup>1</sup>

(1. 金堂县第二人民医院/成都市第三人民医院淮州新城医院, 四川 成都 610400; 2. 成都市第三人民医院, 四川 成都 610031)

**【摘要】目的** 探讨床头抬高 30° 斜卧位能否替代仰卧位作为超声测量下腔静脉直径 (IVCD) 评估血容量的体位。**方法** 选择金堂县第二人民医院重症医学科 2021 年 1 月—2023 年 1 月的 60 例重症患者, 在仰卧和床头抬高 30° 斜卧两种体位下用超声测量 IVCD 最大值、最小值和变异度, *t* 检验比较两种体位 IVCD 差异, 组内相关系数 (*r*) 进行一致性评价。**结果** 仰卧位 IVCD 平均最小值  $[(1.43 \pm 0.47) \text{ cm}]$ 、平均最大值  $[(1.76 \pm 0.46) \text{ cm}]$  和平均变异度  $[(26.46 \pm 18.40) \text{ \%}]$  与床头抬高 30° 斜卧位 IVCD 平均最小值  $[(1.46 \pm 0.43) \text{ cm}]$ 、平均最大值  $[(1.78 \pm 0.43) \text{ cm}]$  和平均变异度  $[(24.38 \pm 16.60) \text{ \%}]$  比较无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。组内相关系数表明两种体位 IVCD 的最小值 ( $r = 0.932$ ) 和最大值 ( $r = 0.915$ ) 具有很好的一致性, 变异度 ( $r = 0.728$ ) 具有一致性。进一步的亚组分析也得出类似结果。**结论** 床头抬高 30° 斜卧位可替代仰卧位作为测量 IVCD 的体位用于评估重症患者的血容量, 有一定的临床应用价值。

**【关键词】** 下腔静脉; 床旁检测; 超声检查

**【DOI】** 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.07.018

## Correlation Analysis of Inferior Vena Cava Diameter and Its Variability in Different Body Positions

ZHANG Anke<sup>1</sup>, QIAO Weilong<sup>1</sup>, WANG Ping<sup>2</sup>, SHEN Kaifeng<sup>1</sup>, TANG Jianhui<sup>1</sup>

(1. The Second People's Hospital of Jintang County/The Third People's Hospital of Chengdu, Huaizhou Hospital, Chengdu 610400, Sichuan, China; 2. The Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu 610031, Sichuan, China)

**【Abstract】Objective** To explore whether a 30° bed head elevation position can replace a supine position as a position for ultrasound measurement of inferior vena cava diameter (IVCD) to reflect blood volume. **Methods** A total of 60 severe patients from the Department of Intensive Care Unit of The Second People's Hospital of Jintang County from January 2021 to January 2023 were selected. The maximum, minimum and variability of IVCD were measured by ultrasound in both supine and bed head elevated 30° position. Student's *t*-test was used to compare the difference in IVCD between the two positions, and intra-class correlation coefficient (*r*) were used for consistency evaluation. **Results** There was no statistical significance in comparing the mean minimum  $[(1.43 \pm 0.47) \text{ cm}]$ , mean maximum  $[(1.76 \pm 0.46) \text{ cm}]$ , and mean variability  $[(26.46 \pm 18.40) \text{ \%}]$  of IVCD in the supine position with the mean minimum  $[(1.46 \pm 0.43) \text{ cm}]$ , mean maximum  $[(1.78 \pm 0.43) \text{ cm}]$ , and mean variability  $[(24.38 \pm 16.60) \text{ \%}]$  of IVCD in the 30° bed head elevation position ( $P > 0.05$ ). The intra-class correlation coefficient showed excellent consistency in the minimum ( $r = 0.932$ ) and maximum ( $r = 0.915$ ) of IVCD for the two positions, and consistency in the variability ( $r = 0.728$ ). Further subgroup analysis yielded similar results. **Conclusion** The 30° bed head elevation position may be used as an alternative to the supine position for IVCD measurement during assessment of blood volume in severe patients, and has certain clinical application value.

**【Keywords】** Inferior vena cava; Bedside testing; Ultrasound examination

床旁超声是重症患者血流动力学评估和指导治疗方向调整的重要手段, 具有可视、无创、快捷、无辐射等诸多优点, 该技术在重症患者病情评估中越来越受到重视, 已被广泛推广到各区县医院<sup>[1]</sup>。重症患者大多需要液体复苏, 进而稳定循环和改善器官灌注,

准确的全身血容量评估贯穿整个治疗过程。目前, 多种技术和指标被用于评估重症患者的血容量状态。其中, 床旁超声检测下腔静脉直径 (inferior vena cava diameter, IVCD) 和吸气相与呼气相之间变异度 (包括下腔静脉塌陷指数和膨胀指数, 统称变异度) 已被用

基金项目: 成都市医学科研课题项目 (2021371)

通信作者: 张安科, E-mail: 105569967@qq.com

于评估患者的血容量<sup>[2-3]</sup>。超声检测 IVCD 往往在仰卧位进行测量,重症患者大多因预防吸入性肺炎、胃内容物反流和颅内压升高等诸多并发症而需将床头抬高 30°~45°<sup>[4-6]</sup>。因此,本研究旨在比较重症患者床头抬高 30°斜卧位(后称 30°斜卧位)与 0°仰卧位(后称仰卧位)的 IVCD 和变异度的变化,探讨 30°斜卧位是否可替代仰卧位作为重症患者的血容量评估的体位,进而为医师评估重症患者血容量的体位选择提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

随机收集 2021 年 1 月—2023 年 1 月在金堂县第二人民医院重症医学科收治的 18~60 岁重症患者。心脏超声和心电图确认心脏无器质性和功能性病变,下腔静脉无畸形。排除有高血压、心脏疾病和动静脉畸形的患者<sup>[7]</sup>。共纳入 60 例患者,其中男性 42 例,女性 18 例;年龄(48.67±9.52)岁;机械通气患者 40 例,自主通气患者 20 例;创伤机制分类及更多详细资料见表 1。本研究经本院医学伦理委员会审核批准(2021-KY-002)。

### 1.2 测量方法及指标

根据重症超声诊疗规范中的重症超声急会诊流程,选取右侧经腹冠状长轴切面,测量仰卧位及 30°斜卧位的 IVCD 及变异度。确认患者心电图(莱宝特数字式多通道心电图机 E65)正常后,用高精度水平仪(捷立 55455)分别测量仰卧位和 30°斜卧位,床旁彩色多普勒超声 3SC 相控阵探头(GE LOGIQ V2)分别完成仰卧位与 30°斜卧位的 IVCD 指标测量。两种体位状态均于剑突下纵切面观察下腔静脉<sup>[8]</sup>。在肝静脉与下腔静脉交界的远端直接测量或在距下腔静脉与右心房窦口交界处 1~2 cm 处测量。采用超声 M 模式测量 IVCD,连续记录 3 次吸气末和呼气末的 IVCD,

计算平均值和变异度。自主呼吸患者 IVCD 变异度 = (呼气末 IVCD - 吸气末 IVCD)/呼气末 IVCD,机械通气患者 IVCD 变异度 = (吸气末 IVCD - 呼气末 IVCD)/吸气末 IVCD。数据测量要求:被测量者在测量时要正常平稳呼吸,无呼吸窘迫、用力呼吸,无腹腔高压等情况,同时图像质量佳,下腔静脉内膜清晰锐利、两内膜切面超声图像平行(图 1)。仰卧位测量完毕后,30°斜卧位 10 min 后再进行数据测量。由于机械通气与自主通气患者的 IVCD 在呼吸和吸气状态呈相反数值,但测量值无显著变化,均可预测容量反应性<sup>[9]</sup>,故该研究统一用 IVCD 最小值和最大值分别替代呼气末和吸气末 IVCD。

表 1 入组患者一般资料

临床特征	重症患者(n=60)
年龄/岁	48.67±9.52
性别/[n(%)]	
男	42(70.00)
女	18(30.00)
通气模式/[n(%)]	
机械通气	40(66.67)
自主通气	20(33.33)
主要病种/[n(%)]	
颅脑损伤或脑卒中	16(26.67)
失血、创伤性休克	14(23.33)
中毒类疾病	7(11.67)
重症肝病	6(10.00)
糖尿病严重并发症	4(6.67)
多发骨折	4(6.67)
热射病	3(5.00)
重症肺炎	3(5.00)
其他	3(5.00)

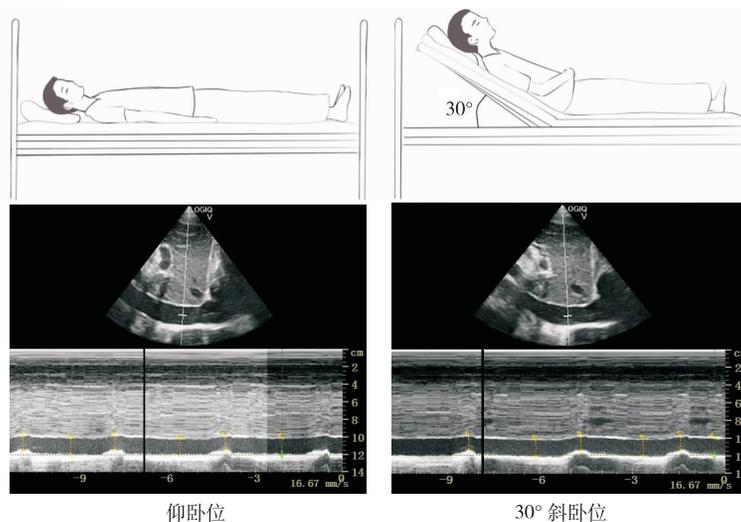


图 1 仰卧位与 30°斜卧位的标准体位及测量数据图示

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 和 GraphPad Prism 8.0 软件进行数据分析和绘图, 计量数据采用  $\bar{x} \pm s$  表示, 计量资料采用百分比表示。正态分布的计量资料通过  $t$  检验比较两组数据差异,  $P < 0.05$  表示存在统计学差异。两组数据一致性评价通过计算组内相关系数( $r$ )评估。 $r > 0.9$  时有很好的的一致性,  $0.8 < r \leq 0.9$  时有良好的一致性,  $0.7 < r \leq 0.8$  时具有一致性,  $r \leq 0.7$  时不具备一致性。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

本研究共纳入 60 例患者, 平均年龄 48.67 岁, 70% 为男性, 30% 为女性; 66.67% 为机械通气患者, 33.33% 为自主通气患者; 病种以颅脑损伤和创伤性休克为主, 其中颅脑损伤或脑卒中患者 16 例

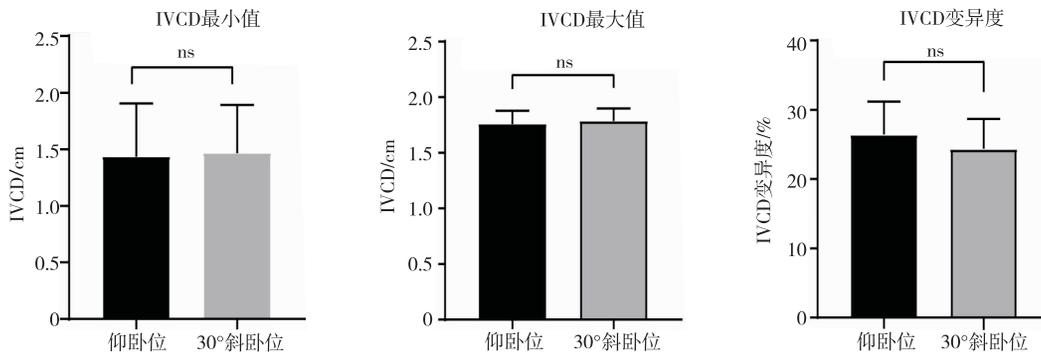
(26.67%), 失血、创伤性休克 14 例(23.3%) (表 1)。仰卧位 IVCD 平均最小值为  $(1.43 \pm 0.47)$  cm, 平均最大值为  $(1.76 \pm 0.46)$  cm, 平均变异度为  $(26.46 \pm 18.40)\%$ ; 30°斜卧位 IVCD 平均最小值为  $(1.46 \pm 0.43)$  cm, 平均最大值为  $(1.78 \pm 0.43)$  cm, 平均变异度为  $(24.38 \pm 16.60)\%$  (表 2)。

### 2.2 一致性评价

配对  $t$  检验结果提示, 仰卧位和 30°斜卧位的 IVCD 平均最小值( $P = 0.055, t = -1.958$ )、平均最大值( $P = 0.123, t = -1.563$ )和平均变异度( $P = 0.102, t = 1.659$ )比较均无统计学意义(表 2 和图 2)。组内相关系数一致性评价结果表明, 两种体位的 IVCD 最小值( $r = 0.932, P < 0.001$ )和最大值( $r = 0.915, P < 0.001$ )之间具有很好的的一致性, IVCD 变异度( $r = 0.728, P < 0.001$ )具有一致性(表 3 和图 3)。

表 2 仰卧位和 30°斜卧位平均 IVCD 及变异度( $n = 60$ )

IVCD	仰卧位	30°斜卧位	$P$	$t$
最小值/cm	$1.43 \pm 0.47$	$1.46 \pm 0.43$	0.055	-1.958
最大值/cm	$1.76 \pm 0.46$	$1.78 \pm 0.43$	0.123	-1.563
变异度/%	$26.46 \pm 18.40$	$24.38 \pm 16.60$	0.102	1.659



注: ns 表示无统计学差异。

图 2 仰卧位和 30°斜卧位的平均 IVCD 最小值、最大值和变异度组间比较

表 3 仰卧位和 30°斜卧位 IVCD 相关性

IVCD	$r$	95% CI	$P$
最小值	0.932	0.811 ~ 0.936	<0.001
最大值	0.915	0.835 ~ 0.980	<0.001
变异度	0.728	0.646 ~ 0.894	<0.001

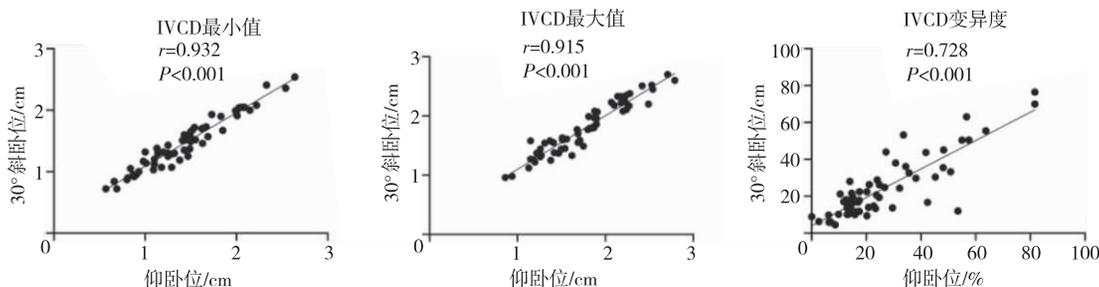


图 3 仰卧位和 30°斜卧位的 IVCD 最小值、最大值和变异度之间相关性分析

### 2.3 亚组分析

进一步分别对不同性别及通气模式患者进行亚组分析。不同性别亚组分析发现,在所有男性患者中,与仰卧位 IVCD 平均最小值[(1.37 ± 0.44)cm]、平均最大值[(1.69 ± 0.43)cm]和平均变异度[(27.48 ±

19.88)%]相比,30°斜卧位的 IVCD 平均最小值[(1.40 ± 0.39)cm]、平均最大值[(1.72 ± 0.41)cm]和平均变异度[(24.94 ± 17.31)%]无明显变化( $P > 0.05$ );女性患者两种体位的 IVCD 和变异度也无显著变化。组内相关性分析提示具有很好的一致性(表 4 和表 5)。

表 4 男性患者仰卧位和 30°斜卧位平均 IVCD 及变异度( $n = 42$ )

IVCD	仰卧位	30°斜卧位	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	95% CI
最小值/cm	1.37 ± 0.44	1.40 ± 0.39	0.076	-1.822	0.957	0.921 ~ 0.977
最大值/cm	1.69 ± 0.43	1.72 ± 0.41	0.272	-1.114	0.951	0.911 ~ 0.973
变异度/%	27.48 ± 19.88	24.94 ± 17.31	0.106	1.655	0.852	0.741 ~ 0.918

表 5 女性患者仰卧位和 30°斜卧位平均 IVCD 及变异度( $n = 18$ )

IVCD	仰卧位	30°斜卧位	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	95% CI
最小值/cm	1.89 ± 0.52	1.62 ± 0.47	0.421	-0.826	0.957	0.899 ~ 0.972
最大值/cm	1.91 ± 0.49	1.95 ± 0.46	0.282	-1.111	0.955	0.899 ~ 0.972
变异度/%	24.08 ± 14.59	23.13 ± 15.21	0.661	0.446	0.824	0.899 ~ 0.972

进一步分析不同通气模式患者的亚组发现,在 40 例机械通气患者中,与仰卧位 IVCD 平均最小值[(1.46 ± 0.42)cm]、平均最大值[(1.79 ± 0.39)cm]和平均变异度[(26.54 ± 17.54)%]相比,30°斜卧位的 IVCD 平均最小值[(1.50 ± 0.39)cm]、平均最大值[(1.83 ± 0.36)cm]和平均变异度[(25.19 ± 16.34)%]无明显变化( $P > 0.05$ )(表 6)。在 20 例自主通气患者中,与

仰卧位 IVCD 平均最小值[(1.38 ± 0.57)cm]、平均最大值[(1.68 ± 0.56)cm]和平均变异度[(26.31 ± 20.48)%]相比,30°斜卧位的 IVCD 平均最小值[(1.40 ± 0.50)cm]、平均最大值[(1.99 ± 0.55)cm]和平均变异度[(22.80 ± 17.43)%]无明显变化( $P > 0.05$ )(表 7)。组内相关性分析提示两种体位测量值具有很好的一致性(表 6 和表 7)。

表 6 机械通气患者仰卧位和 30°斜卧位平均 IVCD 及变异度( $n = 40$ )

IVCD	仰卧位	30°斜卧位	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	95% CI
最小值/cm	1.46 ± 0.42	1.50 ± 0.39	0.060	-1.938	0.947	0.899 ~ 0.972
最大值/cm	1.79 ± 0.39	1.83 ± 0.36	0.127	-1.558	0.928	0.868 ~ 0.961
变异度/%	26.54 ± 17.54	25.19 ± 16.34	0.398	0.855	0.829	0.701 ~ 0.906

表 7 自主通气患者仰卧位和 30°斜卧位平均 IVCD 及变异度( $n = 20$ )

IVCD	仰卧位	30°斜卧位	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	95% CI
最小值/cm	1.38 ± 0.57	1.40 ± 0.50	0.535	-0.632	0.973	0.892 ~ 0.984
最大值/cm	1.68 ± 0.56	1.99 ± 0.55	0.680	-0.419	0.979	0.886 ~ 0.983
变异度/%	26.31 ± 20.48	22.80 ± 17.43	0.101	1.721	0.875	0.589 ~ 0.930

上述结果表明,在重症患者中,与仰卧位相比,30°斜卧位的 IVCD 不会发生显著变化,男性、女性及是否使用机械通气均不会对 IVCD 测量结果产生明显变化,30°斜卧位可替代仰卧位作为重症患者血容量评估的体位。

### 3 讨论

《重症超声临床应用技术规范》指出,重症超声是在重症医学理论指导下,运用超声技术,针对重症患者,以问题导向、多目标整合的动态评估过程,是确定重症治疗,尤其是血流动力学治疗方向及调整精细治疗的重要手段。重症医学的核心内容之一就是血流动力学评估,通过测量 IVCD 及其变异度来评估前负

荷是血流动力学评估的首要步骤。重症超声相较于传统的漂浮导管或深静脉导管测量中心静脉压,具有无创、可视、快捷、无污染等优点,非常适合需反复评估的重症患者。

传统上超声测量 IVCD 往往采用仰卧位,但重症患者往往合并不同程度意识障碍和呼吸咳嗽反射受损,不是所有重症患者都能耐受仰卧位,需将床头抬高进而预防吸入性肺炎,增加肺通气容积进而改善肺通气功能,可缩短 ICU 治疗时间,降低住院患者死亡率<sup>[10]</sup>。采用 30°斜卧位对重症患者进行床旁超声血流动力学评估,可有效降低仰卧位带来的相关风险。本研究通过比较仰卧位和 30°斜卧位的 IVCD,发现

IVCD 的平均最小值、平均最大值和平均变异度均无明显差异,组内相关系数分析表明两种体位测得的数据具有良好的 consistency。因此,30°斜卧位可替代仰卧位作为测量 IVCD 的体位,用于评估重症患者的血容量。美国一项研究<sup>[11]</sup>纳入 45 例长期透析患者进行 IVCD 分析发现,仰卧位和半卧位测量的 IVCD 指标之间具有良好的 consistency,对于不能仰卧的患者可采用 45°半卧位评估下腔静脉指标进行容量状态评估。Rockwell 等<sup>[12]</sup>通过比较正常人群仰卧位、45°半卧位与 5° Trendelenburg 体位的 IVCD 指标,结果发现均无差异。Bondarsky 等<sup>[13]</sup>研究发现,将患者体位从 0°(仰卧位)抬高到 30°的 IVCD 和塌陷指数[塌陷指数 = (IVCD 最大值 - IVCD 最小值)/IVCD 最大值]无明显变化,进一步将床头从 30°抬高到 45°时发现 IVCD 显著增加。笔者的研究比较了重症患者的仰卧位和 30°斜卧位的 IVCD 变化,结果发现与仰卧位相比,30°斜卧位测量 IVCD 无显著统计学变化,这与上述研究基本一致。进一步的性别和通气模式亚组分析结果显示,所有亚组的最大值与最小值组内相关系数均有很好的 consistency,变异度也具有良好的一致性,亚组统计结果与所有样本结果基本一致。

30°斜卧位时,患者身体与水平面形成一定角度,在重力作用下,头颈部静脉回流增加而下肢静脉回流减少,这种相互抵消可能是导致本研究结果的因素。下腔静脉是顺应性较好的容量血管,其直径随呼吸运动而发生变化,吸气时胸膜腔内压降低,下腔静脉回流至右心房的血量增多,IVCD 变小,吸气末达到最小;呼气时胸膜腔内压增高,下腔静脉回流至右心房的血量减少,IVCD 变大,呼气末达到最大。而正压通气的患者,下腔静脉的变化则与上述相反,吸气时 IVCD 增大<sup>[14]</sup>。本研究未将 IVCD 与中心静脉压进行相关性研究,但有研究表明,仰卧位与 30°斜卧位对中心静脉压无显著影响。因此,中心静脉压与 IVCD 存在相关性,对临床血流动力学评估具有重要意义。

本研究也存在一定局限性。首先,本研究基于单中心研究,纳入的样本量较少,单一病种样本量不足,未覆盖所有重症患者。其次,由于超声评估对重症医师测量的技术要求较高,同一操作者在不同时段测量可能存在误差;同时,本研究采用超声 M 模式进行 IVCD 测量时,部分患者由于呼吸动度造成探头“滚轴效应”,也导致测量结果存在一定误差,尤其是对于机械通气患者,该现象较为明显。因此,本研究选择在患者呼吸状态相对平稳时进行测量,通过测量 3 个呼吸周期并计算其平均值,从而尽可能最大程度地降低测量误差,增加数据的准确性。最后,本研究纳入的

是心脏无明显功能和器质性病变的成年重症患者,相对于合并心功能不全或心脏外科术后患者,是否可推广应用到这类患者尚不明确。因此,在临床工作中,伴有心功能不全和/或心脏外科术后患者,是否具有同样的可替代性,需进一步研究证实。

总之,本研究表明,对于心脏无明显功能和器质性病变的成年重症患者,仰卧位和 30°斜卧位的 IVCD 平均最小值、平均最大值及其平均变异度无显著差异,且均具有良好的 consistency。30°斜卧位可能替代仰卧位作为测量 IVCD 的体位,用于评估重症患者的血容量,对医师运用超声评估重症患者血容量有重要指导意义。

### 参 考 文 献

- [1] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(1): 1-39. e14.
- [2] Pourmand A, Pyle M, Yamane D, et al. The utility of point-of-care ultrasound in the assessment of volume status in acute and critically ill patients[J]. *World J Emerg Med*, 2019, 10(4): 232-238.
- [3] Massalha M, Faranish R, Romano S, et al. Decreased inferior vena cava diameter as an early marker in postpartum hemorrhage[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2022, 59(2): 234-240.
- [4] Hung Tsan S, Viknaswaran N, Lau J, et al. Effectiveness of preoxygenation during endotracheal intubation in a head-elevated position: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2022, 54(5): 413-424.
- [5] Brederlau J, Greim C, Schwemmer U, et al. Ultrasound-guided cannulation of the internal jugular vein in critically ill patients positioned in 30 degrees dorsal elevation[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2004, 21(9): 684-687.
- [6] 于翠香, 王西艳. 《中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2018 年版)》解读[J]. *中国医刊*, 2021, 56(9): 951-953.
- [7] Darwish OS, Mahayni A, Kataria S, et al. Diagnosis of acute heart failure using inferior vena cava ultrasound: systematic review and meta-analysis[J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39(7): 1367-1378.
- [8] 张青, 刘大为, 王小亭, 等. 超声观测不同部位下腔静脉内径及其变异度的研究[J]. *中华内科杂志*, 2014, 53(11): 880-883.
- [9] Kaptein MJ, Kaptein EM. Inferior vena cava collapsibility index: clinical validation and application for assessment of relative intravascular volume[J]. *Adv Chronic Kidney Dis*, 2021, 28(3): 218-226.
- [10] Corrado RE, Lee D, Lucero DE, et al. Burden of adult community-acquired, health-care-associated, hospital-acquired, and ventilator-associated pneumonia: New York City, 2010 to 2014[J]. *Chest*, 2017, 152(5): 930-942.
- [11] Panebianco NL, Shofer F, Cheng A, et al. The effect of supine versus upright patient positioning on inferior vena cava metrics[J]. *Am J Emerg Med*, 2014, 32(11): 1326-1329.
- [12] Rockwell M, Puthottile J, Russell C, et al. Patient positioning and inferior vena caval indices[J]. *Acad Emerg Med*, 2009, 16(4 suppl): S31.
- [13] Bondarsky E, Rothman A, Ramesh N, et al. Influence of head-of-bed elevation on the measurement of inferior vena cava diameter and collapsibility[J]. *J Clin Ultrasound*, 2020, 48(5): 249-253.
- [14] Soni NG, Arntfield R, Kory P. 床旁即时超声[M]. 尚游, 袁世英, 译. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 167-171.