

膈肌移动度预测重症肺炎患者有创机械通气需求及死亡风险的临床价值

尹莉 葛辉玉 王斯宇 李元子 郭树彬 张谱 郭瑞君

摘要 **目的** 探讨膈肌移动度(DE)预测重症肺炎患者有创机械通气(IMV)需求及死亡风险的临床价值。**方法** 收集我院急诊医学科收治的 53 例成年重症肺炎患者,入院 12 h 内均行膈肌超声检查获得 DE,根据住院期间是否行 IMV 分为机械通气组(MV 组)16 例和无机械通气组(NMV 组)37 例;根据入院 30 d 内临床结局分为死亡组 25 例和存活组 28 例。比较 MV 组与 NMV 组、死亡组与存活组 DE 的差异;绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 DE 预测重症肺炎患者 IMV 需求及死亡风险的临床价值。**结果** MV 组 DE 低于 NMV 组[(1.15±0.60)cm vs. (1.67±0.79)cm];死亡组 DE 低于存活组[(1.07±0.59)cm vs. (1.91±0.70)cm],差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。ROC 曲线分析显示,DE 预测重症肺炎患者 IMV 需求的截断值为 1.28 cm,灵敏度为 68.8%,特异度为 67.7%,曲线下面积为 0.694(95% 可信区间:0.547~0.841);DE 预测重症肺炎患者死亡风险的截断值为 1.21 cm,灵敏度为 68.0%,特异度为 82.1%,曲线下面积为 0.816(95% 可信区间:0.702~0.931)。**结论** DE 对重症肺炎患者 IMV 需求和死亡风险均有一定的早期预测价值。

关键词 超声检查;膈肌移动度;重症肺炎;机械通气;预测价值

[中图分类号]R445.1;R563.1

[文献标识码]A

Clinical value of diaphragm excursion in predicting the need of invasive mechanical ventilation and the mortality risk in patients with severe pneumonia

YIN Li, GE Huiyu, WANG Siyu, LI Yuanzi, GUO Shubin, ZHANG Pu, GUO Ruijun

Department of Ultrasound Medicine, Beijing Chao-Yang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China

ABSTRACT **Objective** To explore the clinical value of diaphragm excursion (DE) in predicting the need of invasive mechanical ventilation (IMV) and the mortality risk in patients with severe pneumonia. **Methods** A total of 53 adult patients with severe pneumonia admitted to the emergency department of our hospital were collected. All patients received diaphragmatic ultrasound examination within 12 h after admission to obtain DE, and they were divided into mechanical ventilation group (MV group, $n=16$) and non-mechanical ventilation group (NMV group, $n=37$) according to whether IMV was performed during hospitalization. The patients were divided into death group ($n=25$) and survival group ($n=28$) according to the clinical outcomes of 30 d after admission. The differences of DE between MV group and NMV group, death group and survival group were compared. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the clinical value of DE in predicting the need of IMV and mortality risk in patients with severe pneumonia. **Results** The DE of the MV group was lower than that of the NMV group [(1.15±0.60)cm vs. (1.67±0.79)cm], the DE of the death group was lower than that of the survival group [(1.07±0.59)cm vs. (1.91±0.70)cm], and the differences were statistically significant (both $P<0.05$). ROC curve analysis showed that the cut-off value of the DE for predicting the need of IMV in patients with severe pneumonia was 1.28 cm, the sensitivity was 68.8%, the specificity was 67.7%, and the area under the curve (AUC) was 0.694 (95% confidence interval: 0.547~0.841). The cut-off value of the DE for predicting the mortality risk in patients with severe pneumonia was 1.21 cm, the sensitivity was 68.0%, the

作者单位:100020 北京市,首都医科大学附属北京朝阳医院超声医学科(尹莉、葛辉玉、王斯宇、李元子、郭瑞君),急诊医学科(郭树彬);河北燕达医院超声医学科(张谱)

通讯作者:郭瑞君, Email: ruijunguo@126.com

specificity was 82.1%, and the AUC was 0.816 (95% confidence interval: 0.702~0.931). **Conclusion** DE has a certain early value in predicting the need of IMV and the mortality risk in patients with severe pneumonia.

KEY WORDS Ultrasonography; Diaphragm excursion; Severe pneumonia; Mechanical ventilation; Predictive value

重症肺炎是肺组织(细支气管、肺泡、间质)炎症发展到一定阶段病情恶化加重形成的严重疾病^[1],可引起多器官功能障碍,病死率高达 35%~50%^[2],因此早期识别具有不良结局风险的重症肺炎患者十分必要。膈肌是主要的呼吸肌^[3],膈肌功能障碍可出现在危重症疾病早期,且其与撤机失败及住院时间延长有关^[4]。以往诊断膈肌功能障碍较困难,近年来随着超声技术在重症医学领域的不断发展,超声检查已被证实评估膈肌功能、指导撤机及预测术后并发症等方面均有重要价值^[5-7]。本研究旨在探讨膈肌超声评估重症肺炎患者入院首次膈肌移动度(diaphragm excursion, DE)对有创机械通气(invasive mechanical ventilation, IMV)需求及死亡风险的预测价值。

资料与方法

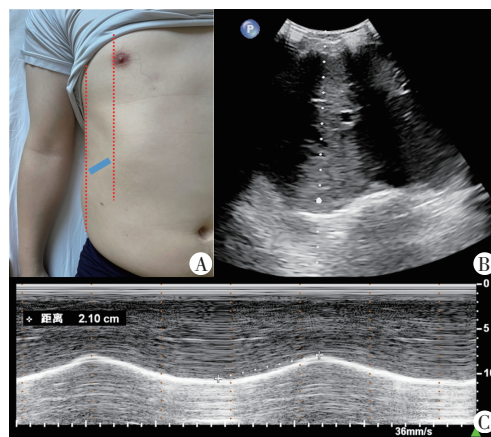
一、研究对象

选取 2021 年 9 月至 2022 年 8 月我院急诊医学科收治的重症肺炎患者 53 例,男 32 例,女 21 例,年龄 28~89 岁,平均(73.1±13.7)岁;心率(94±18)次/min,体温 36.5(36.4, 37.8)℃,呼吸频率 33(25, 39)次/min,平均动脉压(88±18)mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa);合并糖尿病、高血压、心血管疾病分别有 17、29、30 例;急性生理学与慢性健康状况评分(APACHE II)为 16(13, 22)分。纳入标准:①年龄均≥18 周岁;②入院 12 h 内均行膈肌超声检查;③均符合美国胸科协会和美国传染病学会制订的重症肺炎判定标准^[8]中的 1 项主要指标或≥3 项次要指标。其中主要指标为:①需要 IMV;②感染性休克需要血管收缩剂治疗。次要指标为:①呼吸频率≥30 次/min;②氧合指数≤250 mm Hg;③多肺叶浸润;④意识障碍或定向障碍;⑤氮质血症(尿素氮≥20 mg/dl);⑥白细胞计数减少($<4.0\times 10^9/L$);⑦血小板计数减少($<10.0\times 10^9/L$);⑧低体温($<36^{\circ}\text{C}$);⑨低血压,需要强力的液体复苏。排除标准:①检查前已接受机械通气;②膈肌麻痹、神经肌肉系统疾病;③胸廓畸形、慢性阻塞性肺疾病;④腹腔胀气明显、腹膜炎、腹腔占位。本研究经我院医学伦理委员会批准(伦审号:2021-科-704),为回顾性研究免除知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声检查:使用 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声诊断仪,凸阵探头,频率 1.0~5.0 MHz。患者均于入院 12 h 内完成膈肌超声检查,取平卧位,将探头置于右侧锁骨中线与腋前线之间,肋下斜切,朝向头侧,获取右侧膈顶切面;然后切换为 M 型模式,取样线垂直于膈肌,观察 3 个平静呼吸周期内膈肌运动情况,测量周期内最低点(呼气末)至最高点(吸气末)的垂直距离即为 DE。见图 1。由于肝脏提供了一个良好的透声窗,因此本研究于右侧膈肌进行超声检查^[9]。以上操作均由同一经验丰富的超声医师完成,所有参数均重复测量 3 次取平均值。

2. 分组:根据住院期间是否行 IMV 分为机械通气组(MV 组)16 例和无机械通气组(NMV 组)37 例;根据入院 30 d 内临床结局分为死亡组 25 例和存活组 28 例。比较 MV 组与 NMV 组、死亡组与存活组 DE 的差异。



A: 体位图,患者取平卧位,探头(蓝色线条)置于右侧锁骨中线与腋前线之间,肋下斜切,朝向头侧;B: 灰阶超声图,以肝脏为透声窗,显示右侧膈顶切面, M 型超声取样线垂直于膈肌;C: M 型超声图,观察平静呼吸时膈肌运动情况, DE 为最低点(呼气末)至最高点(吸气末)的垂直距离,图中 DE 为 2.10 cm

图 1 DE 测量体位图及超声图

3. 一般资料获取:收集患者性别、年龄、体温、心率、呼吸频率、平均动脉压、病史(糖尿病、高血压、心血管疾病)、APACHE II 等。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件,计量资料均行正态性检验和方差齐性检验,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,采用非参数检验 Mann-Whitney U

检验。计数资料以频数或率表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 DE 预测重症肺炎患者 IMV 需求及死亡风险的临床价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、MV 组与 NMV 组一般资料和 DE 比较

表 1 MV 组与 NMV 组一般资料和 DE 比较

组别	男/女 (例)	年龄 (岁)	体温 (℃)	心率 (次/min)	呼吸频率 (次/min)	平均动脉压 (mm Hg)	糖尿病 (例)	高血压 (例)	心血管疾病 (例)	APACHE II (分)	DE (cm)
MV 组(16)	10/6	71.6±17.0	36.5(36.3,36.8)	95.3±15.0	34(27,36)	83.0±16.4	5	7	9	22(17,26)	1.15±0.60
NMV 组(37)	22/15	73.8±12.4	36.7(36.4,37.9)	97.1±17.6	33(23,35)	90.9±17.8	12	22	21	15(11,20)	1.67±0.79
$t/\chi^2/Z$ 值	0.043	-0.511	-0.897	-0.943	-0.107	-1.518	0.007	1.113	0.001	2.776	-2.360
P 值	0.835	0.611	0.370	0.312	0.915	0.135	0.933	0.292	0.973	0.013	0.002

APACHE II:急性生理学及慢性健康状况评分;DE:膈肌移动度。1 mm Hg=0.133 kPa

表 2 死亡组与存活组一般资料和 DE 比较

组别	男/女 (例)	年龄 (岁)	体温 (℃)	心率 (次/min)	呼吸频率 (次/min)	平均动脉压 (mm Hg)	糖尿病 (例)	高血压 (例)	心血管疾病 (例)	APACHE II (分)	DE (cm)
存活组(28)	15/13	72.2±13.8	36.7(36.5,37.7)	91.0±14.9	32(24,38)	92.0±15.8	12	17	15	15(9,19)	1.91±0.70
死亡组(25)	17/8	74.1±14.1	36.5(36.3,37.9)	96.4±20.1	35(26,40)	84.6±19.0	5	12	15	17(11,22)	1.07±0.59
$t/\chi^2/Z$ 值	1.149	-0.497	-0.502	-1.112	-0.580	1.543	3.167	0.862	0.222	-0.837	-4.703
P 值	0.284	0.621	0.615	0.272	0.562	0.129	0.075	0.353	0.637	0.402	<0.001

APACHE II:急性生理学及慢性健康状况评分;DE:膈肌移动度。1 mm Hg=0.133 kPa

三、ROC 曲线分析

1.DE 预测重症肺炎患者 IMV 需求的截断值为 1.28 cm,灵敏度为 68.8%,特异度为 67.7%,曲线下面积(AUC)为 0.694(95%可信区间:0.547~0.841),约登指数为 0.363。见图 2。

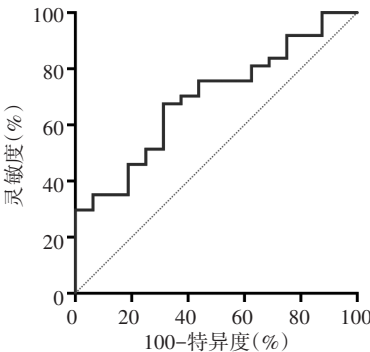


图 2 DE 预测重症肺炎患者 IMV 需求的 ROC 曲线图

2.DE 预测重症肺炎患者死亡风险的截断值为 1.21 cm,灵敏度为 68.0%,特异度为 82.1%,AUC 为 0.816(95%可信区间:0.702~0.931),约登指数为 0.501。见图 3。

讨 论

重症肺炎作为严重的感染性疾病在重症监护室

MV 组与 NMV 组 APACHE II 比较,差异有统计学意义($P<0.05$);其余一般资料比较差异均无统计学意义。MV 组 DE 低于 NMV 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

二、死亡组与存活组一般临床资料和 DE 比较

两组一般资料比较差异均无统计学意义;死亡组 DE 低于存活组,差异有统计学意义($P<0.001$)。见表 2。

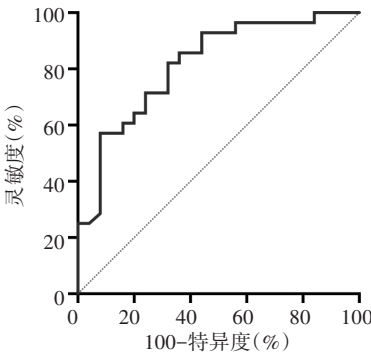


图 3 DE 预测重症肺炎患者死亡风险的 ROC 曲线图

十分常见,患者预后较差,尽早识别高危患者有助于治疗方案的选择。以往关于 CAP 或重症肺炎严重程度的评价大多利用复杂的评分系统来量化,由于需要收集的指标较多且获取方法依赖实验室检查,因此不适用于急诊入院早期的快速评估。超声检查可在床旁实时成像、无电离辐射、具有较好的可重复性^[10],能够方便、快速地为临床医师提供定量数据。Elshazly 等^[11]研究发现 DE 与 APACHE II 具有良好的相关性($r=-0.384, P=0.002$),表明随着患者病情加重,DE 降低,因此可以根据 DE 动态评估患者病情。基于此,本研究探讨了重症肺炎患者入院首次床旁膈肌超声所测 DE 预测 IMV 需求及死亡风险的临床价值。

Gürün Kaya 等^[12]评估了 39 例重症肺炎患者入院 24 h 内 DE, 发现 DE 与呼吸频率呈负相关, 且死亡组 DE 低于存活组, 需要 IMV 组 DE 低于不需要 IMV 组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 本研究结果与其一致, 表明患者入院早期进行膈肌超声检查能够为临床提供有价值的诊断信息。Adolf 等^[13]观察了 42 例重症新型冠状病毒肺炎患者入院早期各项指标, 发现与呼吸频率、氧饱和度和 CT 评分相比, DE 能更好地预测患者呼吸支持的需求和预后, 并发现 DE 降低是患者死亡风险的独立危险因素。本研究中结果显示, MV 组 DE 低于 NMV 组, 死亡组 DE 低于存活组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示 DE 预测重症肺炎患者 IMV 需求的截断值为 1.28 cm, 灵敏度为 68.8%, 特异度为 67.7%, AUC 为 0.694 (95% 可信区间: 0.547~0.841); 预测重症肺炎患者死亡风险的截断值为 1.21 cm, 灵敏度为 68.0%, 特异度为 82.1%, AUC 为 0.816 (95% 可信区间: 0.702~0.931)。提示 DE 对重症肺炎患者 IMV 需求及死亡风险均有一定的早期预测价值, 有助于临床医师尽早发现有恶化风险的患者并及时采取相应的治疗措施。分析其机制, 在呼吸周期中, 吸气时膈肌收缩, 向足侧移动, 产生胸内负压并将空气吸入肺部; 呼气时膈肌舒张, 向头侧移动, 以排出肺内气体。DE 为呼吸周期中膈肌的位移, 反映了膈肌收缩的幅度, DE 越低提示膈肌收缩力越差, 即膈肌功能障碍越严重; DE 的降低导致肺通气不足, 加重了重症肺炎患者呼吸衰竭程度, 严重时可引起多器官功能障碍。

重症肺炎引起的膈肌功能障碍可能与炎症反应及各种因素共同作用有关^[4]。感染引起促炎因子大量释放, 增加了毛细血管通透性, 加重微循环障碍, 损伤膈肌细胞, 影响肌肉收缩功能, 马金兰等^[14]研究发现脓毒症及感染性休克患者 DE 与超敏 C 反应蛋白和白细胞介素 -6 均呈负相关 ($r = -0.436$ 、 -0.338 , $P = 0.001$ 、 0.009), 表明炎症反应强度与膈肌功能障碍程度相关; 另一方面, 促炎因子激活蛋白水解途径, 引起收缩蛋白减少, 导致膈肌无力^[15]。此外, 缺氧相关氧自由基及组织代谢物引起氧化应激反应增强, 进一步加重炎症反应^[16]。而呼吸负荷增加、循环代谢物 (如乳酸) 堆积、肺炎相关肺不张及邻近部位感染直接侵犯等均可影响膈肌收缩。Chu 等^[6]研究了 50 例社区获得性肺炎 (community-acquired pneumonia, CAP) 患者, 发现 DE 并不能很好地预测 CAP 患者呼吸衰竭的发展。本研究结果与其不一致, 分析原因可能为两项研究纳入样本的标准不完全相同。前者纳入的是肺炎严重程度

(pneumonia severe index, PSI) 评分 $\geq$ IV 级的 CAP 患者, 其中有部分患者不属于重症肺炎范畴, 其临床表现相对较轻, 此时辅助呼吸肌的协同作用补偿无力的膈肌使其尚能维持原有的收缩幅度; 而本研究纳入的是已经进展为重症的肺炎患者, 辅助呼吸肌受炎症影响自身收缩力减低, 并随着膈肌无力程度的增加, 已经无法完全代偿膈肌的功能障碍, 导致 DE 降低, 因此 DE 对肺炎不同严重程度及不同阶段预后的预测价值尚待进一步研究。

本研究还发现 DE 对死亡的预测具有较高的特异度, 与既往研究^[17]结果一致。提示 DE 可以作为患者首诊的分诊工具, 以便对病情较重的患者适当分流, 早期识别疾病风险较高的患者并及时采取干预措施。但需要注意的是, 膈肌超声具有较高的操作者依赖性, 检查时需做好质量控制, 如患者体位的选择和标准切面的获取; 另外, DE 受镇静剂、机械通气、腹部或胸部压力 (如腹水、肺不张) 的影响^[18], 临床应用中需考虑以上因素。

本研究的局限性: ①为回顾性、单中心研究, 样本量小, 有待增大样本量等进行进一步的研究验证; ②纳入样本具有高度选择性, 对于其他疾病 DE 是否适用需进一步研究; ③仅观察了右侧膈肌, 左侧膈肌是否遵循同样的规律尚待研究; ④因本研究的目的是使用相对简单的方法快速评估, 使临床医师能够较快掌握患者病情, 故未检测其他膈肌指标, 如膈肌厚度和增厚分数; ⑤未分析 DE 与其他检查结果, 如肺功能或实验室指标间的关系, 有待今后进一步研究探讨。

综上所述, 应用膈肌超声测量重症肺炎患者入院首次 DE 对预测 IMV 需求及死亡风险均有一定的临床价值。

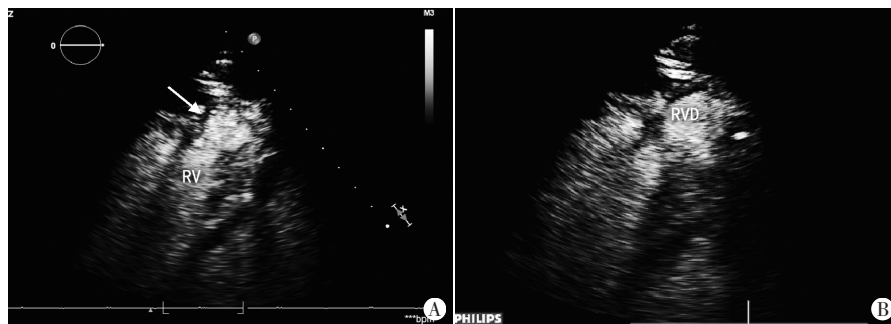
参考文献

- [1] Metlay JP, Waterer GW, Long AC, et al. Diagnosis and treatment of adults with community-acquired pneumonia. An Official Clinical Practice Guideline of the American Thoracic Society and Infectious Diseases Society of America [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 200(7): 45-67.
- [2] Nair GB, Niederman MS. Updates on community acquired pneumonia management in the ICU [J]. Pharmacol Ther, 2021, 217(1): 107663.
- [3] Goligher EC, Brochard LJ, Reid WD, et al. Diaphragmatic myotrauma: a mediator of prolonged ventilation and poor patient outcomes in acute respiratory failure [J]. Lancet Respir Med, 2019, 7(1): 90-98.
- [4] Demoule A, Jung B, Prodanovic H, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact—A prospective study [J]. Am J Respir Crit Care

- Med, 2013, 188(2):213-219.
- [5] Cavayas YA, Eljaiek R, Rodrigue É, et al. Preoperative diaphragm function is associated with postoperative pulmonary complications after cardiac surgery[J]. Crit Care Med, 2019, 47(12):966-974.
 - [6] Chu SE, Lu JX, Chang SC, et al. Point-of-care application of diaphragmatic ultrasonography in the emergency department for the prediction of development of respiratory failure in community-acquired pneumonia: a pilot study[J]. Front Med, 2022, 9(8):960847.
 - [7] McCool FD, Oyiengo DO, Koo P. The utility of diaphragm ultrasound in reducing time to extubation[J]. Lung, 2020, 198(3):499-505.
 - [8] Lim WS, Baudouin SV, George RC, et al. BTS Guidelines for the Management of Community Acquired Pneumonia in Adults: Update 2009[J]. Thorax, 2009, 64(Suppl 3):1-55.
 - [9] Spiesshoefer J, Herkenrath S, Henke C, et al. Evaluation of respiratory muscle strength and diaphragm ultrasound: normative values, theoretical considerations, and practical recommendations[J]. Respiration, 2020, 99(5):369-381.
 - [10] Scarlata S, Mancini D, Laudisio A, et al. Reproducibility and clinical correlates of supine diaphragmatic motion measured by M-mode ultrasonography in healthy volunteers[J]. Respiration, 2018, 96(3):259-266.
 - [11] Elshazly MI, Kamel KM, Elkorashy RI, et al. Role of bedside ultrasonography in assessment of diaphragm function as a predictor of success of weaning in mechanically ventilated patients[J]. Tuberc Respir Dis (Seoul), 2020, 83(4):295-302.
 - [12] Gürün Kaya A, Verdi EB, Süslü SN, et al. Can diaphragm excursion predict prognosis in patients with severe pneumonia? [J]. Tuberk Toraks, 2021, 69(4):510-519.
 - [13] Adolf HM, Magdy ML, Hasanin A, et al. The novel use of diaphragmatic excursion on hospital admission to predict the need for ventilatory support in patients with coronavirus disease 2019[J]. Anaesth Crit Care Pain Med, 2021, 40(6):100976.
 - [14] 马金兰, 杨光飞, 杨红晓, 等. 脓毒症患者膈肌功能障碍的床旁超声评估的应用价值研究[J]. 中华急诊医学杂志, 2022, 31(5):650-657.
 - [15] Supinski GS, Wang W, Callahan LA. Caspase and calpain activation both contribute to sepsis-induced diaphragmatic weakness[J]. J Appl Physiol (1985), 2009, 107(5):1389-1396.
 - [16] Greising SM, Ottenheim CAC, O'Halloran KD, et al. Diaphragm plasticity in aging and disease: therapies for muscle weakness go from strength to strength[J]. J Appl Physiol (1985), 2018, 125(2):243-253.
 - [17] Le Neindre A, Philippart F, Luperto M, et al. Diagnostic accuracy of diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: a systematic review and Meta-analysis[J]. Int J Nurs Stud, 2021, 117(1):103890.
 - [18] Santana PV, Cardenas LZ, de Albuquerque ALP, et al. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses[J]. J Bras Pneumol, 2020, 46(6):e20200064.

(收稿日期:2023-02-27)

(上接第 774 页)



A、B:造影剂向“囊袋状”无回声区填充(箭头示),大小约 35 mm×25 mm,心内膜边缘及心肌显示清晰,周边可见心肌组织与右室心肌相连续。RV:右室;RVD:右室憩室

图2 本例患者左心声学造影表现

及心内膜组织,与心室壁同步收缩和舒张,未合并其他心脏畸形及憩室引起的相关并发症,考虑为右室孤立性肌型憩室。

超声心动图具有实时动态成像、无辐射、简便、经济等特点,是心脏憩室的首选检查方法。本例超声心动图表现为典型的狭窄颈部及囊袋状突起,并与右室腔相通,憩室壁与右室壁同步运动,收缩期见憩室内血流进入右室,舒张期右室内血流入憩室,与 Yao 等^[4]报道的肌型憩室表现相似。心脏超声造影较常规超声心动图能更清晰显示心内膜及心肌组织,评估室壁运动及厚度,提高对憩室、肿瘤、结构异常等心脏疾病的诊断准确率^[5]。本例憩室处无节段性室壁运动异常、运动减弱及回声增强等心肌梗死表现,左心声学造影进一步证实憩室处心肌

连续性完整,未见断裂。本病需与室壁瘤、假性室壁瘤、心室疝、心包囊肿等鉴别,检查时可结合病史及多种检查方法进行诊断,特别是超声心动图联合心脏超声造影可清晰显示憩室处心内膜及心肌的结构,有助于憩室的诊断。对于无症状及有并发症的心脏憩室患者,应密切追踪观察,若合并血栓形成、心脏破裂和瓣膜异常等心脏疾病,应根据个体化差异,采取积极的诊疗措施,以降低致病率及提高存活率。

参考文献

- [1] 赵月,王钰,宋文娟,等.左室憩室伴二尖瓣重度关闭不全一例[J].中国心血管杂志,2021,26(2):186-188.
- [2] 雷亚莉,熊峰.心室憩室的诊治进展[J].心血管病学进展,2019,40(8):1154-1157.
- [3] Shah D, Kumar CP, Shah MS, et al. Case series: congenital left ventricular diverticulum[J]. Indian J Radiol Imaging, 2010, 20(3):211-214.
- [4] Yao M, Wang R, Ye W, et al. Surgical treatment of congenital left ventricular diverticulum[J]. J Thorac Dis, 2021, 13(1):291-298.
- [5] Lindner JR. Contrast echocardiography: current status and future directions[J]. Heart, 2021, 107(1):18-24.

(收稿日期:2023-01-16)