

## 论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.14.014

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220618.0821.002.html\(2022-06-20\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220618.0821.002.html(2022-06-20))

## 膈肌超声预测心脏术后急性呼吸窘迫综合征患者撤机的临床研究<sup>\*</sup>

黄园琴,杨佳,左文霞,周文俊,刘彬

(武汉科技大学附属武汉亚洲心脏病医院重症监护室,武汉 430021)

**[摘要]** **目的** 探讨超声测量膈肌厚度变化率(TF)和膈肌移动度(DM)对心脏术后急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者撤机的预测价值。**方法** 选择2018年3月至2020年5月在该院行心脏术后出现ARDS的246例患者。撤机前行自主呼吸试验,并用超声评估患者膈肌功能。测量TF、DM、氧合指数( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ )、浅快呼吸指数(RSBI)等。**结果** 撤机成功组209例,撤机失败组37例。撤机成功组与撤机失败组机械通气时间 $[(18.33\pm 5.54)\text{d} \text{ vs. } (20.77\pm 4.16)\text{d}]$ 、最大呼气末膈肌厚度(TdIFRC) $[(0.31\pm 0.11)\text{cm} \text{ vs. } (0.25\pm 0.09)\text{cm}]$ 、最大吸气末膈肌厚度(TdiFVC) $[(0.29\pm 0.07)\text{cm} \text{ vs. } (0.22\pm 0.08)\text{cm}]$ 比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两组 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  $(199.71\pm 69.27 \text{ vs. } 153.77\pm 77.21)$ 有明显差异( $P<0.05$ )。撤机成功组TF明显高于撤机失败组 $[(40.78\pm 15.77)\% \text{ vs. } (37.65\pm 9.18)\%, P<0.01]$ ,RSBI明显低于撤机失败组 $[(74.26\pm 25.61)\text{次}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{L}^{-1} \text{ vs. } (89.89\pm 34.51)\text{次}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{L}^{-1}, P<0.01]$ 。TF预测成功撤机的灵敏度85.00%,特异度89.03%,AUC为0.809(95%CI:0.749~0.869)。**结论** 膈肌超声可能对心脏术后ARDS患者撤机有预测价值。

**[关键词]** 超声;膈肌;急性呼吸窘迫综合征;撤机;床旁;重症**[中图法分类号]** R654.2**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2022)14-2401-04

## Clinical study on diaphragm ultrasound for predicting ventilator withdrawal in patients with acute respiratory distress syndrome after hearty operation<sup>\*</sup>

HUANG Yuanqin, YANG Jia, ZUO Wenxia, ZHOU Wenjun, LIU Bin

(Intensive Care Unit, Affiliated Wuhan Asian Heart Disease Hospital, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430021, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the predictive value of diaphragm thickness change rate (TF) and diaphragm muscle mobility (DM) measured by ultrasound in the ventilator withdrawal of the patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) after cardiac surgery. **Methods** A total of 246 patients with ARDS after cardiac surgery in this hospital from March 2018 to May 2020 were selected. The spontaneous breathing test was performed before the ventilator withdrawal and the diaphragm function was evaluated by ultrasound. TF, DM, oxygenation index ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ), rapid shallow breathing index (RSBI), etc. were detected. **Results** There were 209 cases in the ventilator withdrawal success group and 37 cases in the ventilator withdrawal failure group. The mechanical ventilation time in the ventilator withdrawal success group and ventilator withdrawal failure group was  $(18.33\pm 5.54) \text{ d} \text{ vs. } (20.77\pm 4.16) \text{ d}$ , TdIFRC  $(0.31\pm 0.11) \text{ cm} \text{ vs. } (0.25\pm 0.09) \text{ cm}$ , TdiFVC  $(0.29\pm 0.07) \text{ cm} \text{ vs. } (0.22\pm 0.08) \text{ cm}$ , and the differences between the two groups had no statistical significance ( $P>0.05$ ). There was statistically significant difference in  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  between the two groups  $(199.71\pm 69.27 \text{ vs. } 153.77\pm 77.21, P<0.05)$ . TF in the ventilator withdrawal success group was higher than that in the ventilator withdrawal failure group  $[(40.78\pm 15.77)\% \text{ vs. } (37.65\pm 9.18)\%, P<0.01]$ . RSBI in the ventilator withdrawal success group was lower than that in the ventilator withdrawal failure group  $[(74.26\pm 25.61) \text{ times}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{L}^{-1} \text{ vs. } (89.89\pm 34.51) \text{ times}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{L}^{-1}, P<0.01]$ . **Conclusion** Diaphragmatic ultrasound could have the predictive value for the ventilator withdrawal in the patients with ARDS after cardiac surgery.

**[Key words]** ultrasound; diaphragm; acute respiratory distress syndrome; ventilator withdrawal; bedside; severe

<sup>\*</sup> 基金项目:武汉市卫生健康科研基金项目(WX21Z27)。 作者简介:黄园琴(1977—),副主任医师,学士,主要从事心脏重症研究。

适时撤除机械通气对心脏外科术后合并急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)患者至关重要,合理撤机可以减少机械通气并发症,缩短住院时间,减少住院费用。但撤机时机选择不当会导致再次气管插管,增加一系列并发症(如感染、消化道出血、深静脉血栓形成)的发生。机械通气患者中有 20% 会产生呼吸肌依赖,膈肌作为维持自主呼吸的有效呼吸肌,在机械通气过程中也常常合并功能障碍。超声是一种无创、有效的评估膈肌功能的工具。本研究旨在探讨床旁超声评估膈肌移动度(DM)和膈肌厚度变化率(TF),以及浅快呼吸指数(RSBI),预测心脏术后 ARDS 患者撤机的有效价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2018 年 3 月至 2020 年 5 月在本院住院的心脏病患者 246 例,其中男 198 例,女 48 例,平均年龄(63.16±10.54)岁。行大血管手术 103 例,瓣膜置换术 83 例,搭桥手术 54 例,其他先天性心脏病手术 6 例。根据拔管结果,分为撤机成功组 209 例,撤机失败组 37 例。入选标准<sup>[1]</sup>: (1)年龄≥18 岁; (2)符合 ARDS 柏林定义; (3)原发病因已好转,神志清楚,可配合完成指令性动作; (4)血流动力学稳定,心率稳定在 60~120 次/分钟,收缩压 90~150 mm Hg; (5)呼吸机条件已下调,吸入氧浓度(FiO<sub>2</sub>)≤50%,呼气末正压时,氧合指数(PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)≥150。排除标准: (1)年龄<18 岁; (2)合并中枢神经系统并发症; (3)胸腹联合手术; (4)合并严重肝肾功能损害、重症感染、脓毒性休克; (5)ICU 衰弱综合征。本研究经本院伦理委员会批准(2021-申报 037),患者及授权委托人签署知情同意书。

1.2 方法

对符合入选标准的患者记录年龄、性别、体重指数(BMI)、急性生理学和慢性健康状况评分 II (APACHE II)、全身性感染相关性器官功能衰竭评分(SOFA)、机械通气时间、心率、平均动脉压、潮气量、分钟通气量(MV)等。进行自主呼吸试验(SBT) 30 min。SBT 采用低水平压力支持模式,压力支持 8 cm H<sub>2</sub>O,呼气末正压 3 cm H<sub>2</sub>O。抽取桡动脉进行血气分析,计算 PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 和 RSBI。SBT 结束后行膈肌超声检查。

患者取头高 30°仰卧位。采用飞利浦 CX50 超声仪,3.5 MHz 凸阵探头,3.5 MHz 线阵探头。于右侧腋前线第 7~9 肋间,探头沿肋间隙放置。2D 模式下找到需要测量的膈肌,选择 M 模式,将采样线垂直于膈肌,测量最大吸气末膈肌厚度(TdiFVC)和最大呼气末膈肌厚度(TdiFRC),每次测 3 个位点,取平均

值。计算膈肌厚度变化率(TF)=(TdiFVC-TdiFRC)/TdiFRC。更换凸阵探头,放置于腋前线或锁骨中线与肋缘的交接处,探头方向朝向外下方,2D 模式下找到需要测量的膈肌,选择 M 模式,将采样线垂直于膈肌,测量 DM。超声测量由 4 位具有重症超声资质的 ICU 医生完成。

由主管医师和呼吸治疗师共同评估是否拔除气管插管。撤机成功标准:撤机后 48 h 内无须机械通气。撤机失败标准: (1)大汗、烦躁、嗜睡; (2)外周氧饱和度下降≥5%,呼吸频率>35 次/分钟; (3)心率增快>20%,出现心律失常(快速房颤、多源频发室早、短阵室速); (4)收缩压升高>20%。记录患者的撤机结果,呼吸机为 ARZN-0113 型、ASBC-0402 型(德国德尔格公司)。

1.3 统计学处理

采用 SPSS19.0 统计软件进行分析。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。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC)。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者撤机前生理指标比较

两组患者撤机前年龄、BMI、APACHE II、SOFA、机械辅助时间、心率、平均动脉压、潮气量、MV 等比较差异均无统计学意义(*P*>0.05),见表 1。

表 1 两组患者撤机前生理指标比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	撤机成功组 ( <i>n</i> =209)	撤机失败组 ( <i>n</i> =37)	<i>t</i>	<i>P</i>
年龄(岁)	61.78±8.33	63.27±10.77	0.292	0.771
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	22.65±3.12	22.44±3.31	0.391	0.687
APACHEII(分)	17.20±5.31	18.66±6.91	0.716	0.487
SOFA(分)	3.68±2.12	4.23±2.17	0.813	0.512
机械辅助时间(d)	18.33±5.54	20.77±4.16	1.209	0.234
心率(次/分钟)	91.28±15.52	89.91±18.22	-0.457	0.643
平均动脉压(mm Hg)	92.41±15.51	88.93±19.34	-1.049	0.301
潮气量(mL)	458.00±40.00	413.00±65.00	0.811	0.421
MV(L/min)	8.57±1.76	9.12±1.72	-0.723	0.489

2.2 两组患者撤机前膈肌超声情况、PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 和 RSBI 比较

两组 TdiFRC 及 TdiFVC 比较差异无统计学意义(*P*>0.05),PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>、TF、RSBI、DM 比较差异有统计学意义(*P*<0.05),见表 2。

2.3 膈肌超声和 RSBI 对预测成功撤机的 ROC 曲线分析

TF 及 RSBI 预测撤机成功的 ROC 曲线最大约登指数为最佳界值,以最佳界值判断撤机是否成功。

选择  $TF>27.9\%$  为阈值,TF 预测成功撤机的灵敏度 85.00%,特异度 89.03%,AUC 为 0.809(95%CI: 0.749~0.869),见表 3、图 1。以  $RSBI<105$  次 ·  $\text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$  作为阈值的灵敏度 91.34%,特异度 32.98%,AUC 0.745(95%CI:0.659~0.848),见表 3、图 2。

表 2 两组患者撤机前膈肌超声情况、 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  和 RSBI 比较( $\bar{x}\pm s$ )

项目	撤机成功组( $n=209$ )	撤机失败组( $n=37$ )	$t$	$P$
$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$	$199.71\pm 69.27$	$153.77\pm 77.21$	-2.068	0.046
TdiFRC(cm)	$0.31\pm 0.11$	$0.25\pm 0.09$	-1.230	0.225
TdiFVC(cm)	$0.29\pm 0.07$	$0.22\pm 0.08$	0.032	0.977
TF(%)	$40.78\pm 15.77$	$37.65\pm 9.18$	-4.401	<0.010
DM(cm)	$1.50\pm 0.50$	$1.20\pm 0.40$	-1.346	0.040
RSBI(次 · $\text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$74.26\pm 25.61$	$89.89\pm 34.51$	3.876	<0.010

表 3 TF 和 RSBI 对成功撤机的预测价值

项目	灵敏度(%)	特异度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)	AUC	95%CI
TF(%)	85.00	89.03	81.43	79.56	0.809	0.749~0.869
RSBI(次 · $\text{min}^{-1} \cdot \text{L}^{-1}$ )	91.34	32.98	65.76	78.37	0.745	0.659~0.848

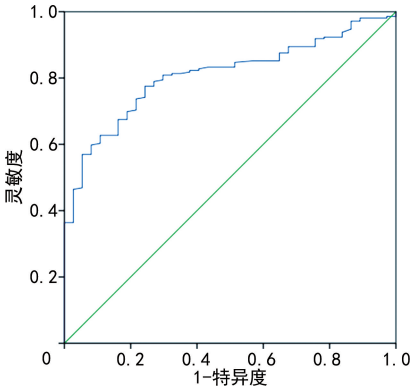


图 1 TF 预测成功撤机的 ROC 曲线

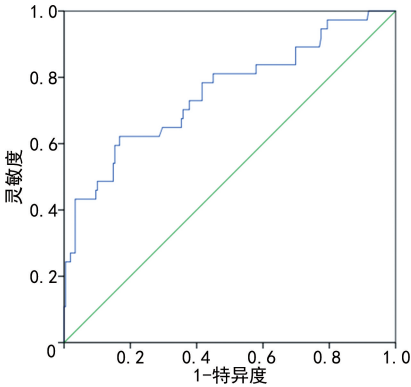


图 2 RSBI 预测成功撤机的 ROC 曲线

3 讨 论

膈肌是人体主要的呼吸肌,是驱动呼吸运动的主要呼吸肌。ICU 患者接受机械通气治疗后其膈肌功能的障碍较为常见,现阶段各项研究均已明确<sup>[2]</sup>,机械通气患者中 20%~30%会出现呼吸机依赖,过早或延迟撤机均会导致撤机失败,造成严重不良后果。既

往有文献统计可能其会增加患者 40%~50%的死亡风险,故撤时机机的选择至关重要。临床上如何选择正确有效的机械通气撤机指导指标,对提高机械通气撤机成功率、保障患者的疗效和愈合均具有积极的意义<sup>[3]</sup>。

临床上有一些机械通气的模式及策略被用于辅助撤机过程,也有些指标用于帮助决定撤时机机和预测撤机结果<sup>[4]</sup>。目前已知的针对机械通气的撤机指标有呼吸频率、气道闭合压、SBT 等,但现阶段临床对其参考阈值尚未统一,传统的脱机筛查指标并不能准确全面地预测脱机成功的可能性<sup>[5]</sup>。RSBI 是最佳预测指标之一,也是目前临床上最常被采用的指标。RSBI 作为撤机预测指标其灵敏度高但特异度低,本研究显示,RSBI 预测成功撤机的灵敏度 91.34%,而特异度仅为 32.98%,导致撤机时机难以及时把握。因此探索更好的撤机指标<sup>[6]</sup>,对 ARDS 患者的治疗具有重要的意义。

为弥补 RSBI 的不足,需要与其搭配特异度高的指标。近年来,随着床旁超声技术在 ICU 的推广,超声的简单、无创、可重复性高等优点在评估机械通气患者的膈肌功能中越来越受到重视<sup>[7]</sup>。机械通气时间较长的患者,尤其是伴有 ARDS 的患者,由于手术打击、全身炎症反应、营养不良、氧化应激、急性缺血缺氧、多脏器衰竭等原因,使膈肌变薄,活动幅度下降,收缩力减低,导致膈肌功能障碍<sup>[8]</sup>。机械通气本身也能影响膈肌功能,从而出现呼吸机相关性膈肌功能障碍<sup>[9]</sup>。传统评估膈肌功能的方法因具有创伤性或电离辐射等未在临床普遍采用,如透视检查、膈肌

电磁刺激等临床可操作性差,不利于重复检查已逐渐被弃用。2015 年 5 月,来自全国各地的 20 多名重症医学专家组成了重症超声共识小组,并于 2016 年颁布了《中国重症超声专家共识》<sup>[10]</sup>,该共识明确指出:重症超声在 ARDS 的临床诊断中占有重要地位,是床旁评估膈肌功能的重要手段,有助于脱机的精准实施。采用重症超声评估膈肌功能的方法包括膈肌厚度变化、DM 等<sup>[11]</sup>,DM 受呼吸深度、功能残气量、腹腔内压力等因素影响大,其指标与吸气努力的相关性不如膈肌厚度的变化指标。平静呼气末膈肌厚度、TdiFVC 不能真实反映膈肌功能,而且正常膈肌厚度的绝对值差异较大,只有动态的膈肌厚度指标才能反映膈肌功能。GOLIGHER 等<sup>[12]</sup>已证实,通过床旁超声观察患者的膈肌形态及变化,测定膈肌厚度具有可操作性、可重复性和有效性,膈肌厚度变化指标与膈肌电磁刺激、跨膈压等其他膈肌功能指标具有良好的相关性,能够评价膈肌功能,反映患者的自主呼吸能力<sup>[13]</sup>。

以膈肌厚度变化指标作为膈肌功能指标,对撤机结果具有良好的预测价值。本研究显示,TF 作为撤机成功的预测指标,灵敏度 85.00%,特异度 89.03%。结合 RSBI,在撤机成功的特异度方面明显提高。分析其原因,主要是因为膈肌厚度的动态指标反映的是真实的膈肌功能状态,而 RSBI 是反映所有吸气肌能力的指标。心脏术后 ARDS 患者常以辅助呼吸肌活动来补偿通气功能不全,掩盖了其膈肌功能障碍。但是辅助呼吸肌相对于膈肌更容易疲劳,缺乏持久耐力<sup>[14]</sup>。撤机前部分患者即使 RSBI 正常,撤机后也会因为再次呼吸衰竭而需要再次机械通气。因此,这类患者需进一步评估膈肌功能,为成功撤机做好准备。重症超声评估膈肌的收缩幅度和运动幅度,有助于呼吸功能不全的病因诊断,协助评估肺功能并指导临床撤机治疗<sup>[15]</sup>。对于对称性膈肌功能改变者可行单侧(右侧)膈肌功能评估来反映整体膈肌功能,对非对称性膈肌功能改变者,双侧膈肌功能评估是必要的,鉴于正压通气对膈肌运动的影响,对机械通气的患者采用收缩幅度来评估膈肌功能可能更为合理<sup>[16]</sup>。有研究证实,重症超声评估膈肌和骨骼肌的数量和质量与肌力和功能相关,是早期发现并评估治疗效果的有效手段<sup>[17]</sup>。

在本研究中,由于操作可行性研究,笔者只观察了右侧膈肌,左侧膈肌因为大多术中置入胸管,敷料覆盖,显像困难,未纳入研究。故对少数单侧膈肌功能障碍的患者,研究结果的参考性降低。笔者发现大血管术后出现 ARDS 的患者比例明显偏多,不排除各种原因引起的肺损伤、合并感染、脓毒性休克、创伤应激等因素导致的撤机失败。本研究未进行 ARDS 不

同病因的分层,导致 TF 在各种疾病中或者不同表层患者的评估意义有一定局限性,还需要进一步的研究。

## 参考文献

- [1] 肖爱兵,宋佳,龚仕金,等.膈肌超声预测 ICU 机械通气患者拔管结局的临床研究[J/CD].中华危重症医学杂志(电子版),2019,12(4):250-255.
- [2] 陆志华,徐秋萍,袁月华,等.膈肌增厚分数指导慢性阻塞性肺疾病机械通气患者撤机的临床研究[J].中华急诊医学杂志,2016,25(4):491-494.
- [3] VIVIER E,HAUDEBOURG A F,LE CORVOISIER P,et al. Diagnostic accuracy of diaphragm ultrasound in detecting and characterizing patient-ventilator asynchronies during noninvasive ventilation[J]. Anesthesiology,2020,132(6):1494-1502.
- [4] 王祥,黄诗倩,夏祖和,等.超声监测膈肌功能在临床中的应用进展[J].中华危重病急救医学,2021,33(5):638-640.
- [5] AGUSTI A,SORIANO J B. COPD as a systemic disease[J]. COPD,2008,5(2):133-138.
- [6] MCCOOL F D,OYIENG'O D O,KOO P. The utility of diaphragm ultrasound in reducing time to extubation[J]. Lung,2020,198(3):499-505.
- [7] JIANG J R, TSAI T H, JERNG J S, et al. Ultrasono-graphic evaluation of liver/speen movements and extubation outcome[J]. Chest,2004,126(1):179-185.
- [8] MATAMIS D,SOILEMEZI E,TSAGOURIAS M, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications[J]. Intensive Care Med,2013,39(5):801-810.
- [9] ZAMBON M,GRECO M,BOCCHINO S,et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound:a systematic review[J]. Intensive Care Med,2017,43(1):29-38.
- [10] 王小亭,刘大为,于凯江,等.中国重症超声专家共识[J].中华内科杂志,2016,55(11):900-912.
- [11] SPIESSHOEFER J,HERKENRATH S,HENKE C,et al. Evaluation of re-(下转第 2409 页)