

膈肌超声对重症患者机械通气撤机的预测价值*

河北省人民医院 赵浩天 何聪 龙玲 任珊 王光英¹ 赵鹤龄*, 石家庄 050051

摘要 目的:评价膈肌超声对机械通气(MV)患者撤机结果的预测价值。方法:选取行 MV 时间 >48h 的重症患者 41 例,在符合撤机条件后使用 T 管进行自主呼吸试验(SBT),于 SBT 30min 时使用床旁超声测量患者右侧躯体的膈肌移动度(DE)和膈肌厚度,并计算膈肌增厚率(DTF),根据撤机成败与否将患者分为撤机成功组(26 例)和撤机失败组(15 例)。采用受试者工作特征(ROC)曲线评价膈肌功能超声指标对撤机的指导价值。结果:撤机成功组患者 DE 及 DTF 高于撤机失败组(均 $P < 0.05$)。分别选取 1.08 cm 和 30% 作为 DE 和 DTF 的截断值,其预测撤机成功的敏感度分别为 80.77% 和 65.38%,特异度分别为 80.00% 和 60.00%,ROC 曲线下面积分别为 0.751 (95% CI: 0.571 ~ 0.932) 和 0.668 (95% CI: 0.484 ~ 0.852)。结论:膈肌功能超声监测可作为重症医学科 MV 患者撤机能力的预测指标,对撤机具有较好的指导价值。

关键词 撤机; 膈肌移动度; 膈肌增厚率; 机械通气

中图分类号 R562 文献标识码 A DOI 10.11768/nkjwzzzz20200306

Predictive value of diaphragmatic ultrasound in weaning of mechanical ventilation of critical ill patients ZHAO Hao-tian, HE Cong, LONG Ling, REN Shan, WANG Guang-ying¹, ZHAO He-ling*. Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, China

Abstract Objective: To evaluate the predictive value of diaphragmatic ultrasound in guiding the outcome in weaning of mechanical ventilation (MV) patients. Methods: Forty-one critical ill patients received MV over 48 h enrolled in this study. The T-piece was used for spontaneous breathing test (SBT) when meeting the criteria of weaning. At the 30 min of SBT, the diaphragm excursion (DE) and the diaphragm thickening fraction (DTF) of right hemi-diaphragm were measured by ultrasound. These patients were divided into success weaning group (26 cases) and failure weaning group (15 cases) according to the results of the weaning. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the guidance value of the diaphragmatic ultrasound index in weaning of the mechanical ventilation. Results: The DE and DTF in the successful weaning group were significantly increased as compared with those in the failure weaning group (all $P < 0.05$). Using 1.08 cm and 30% as the cut-off values of DE and DTF respectively, the sensitivity of predicting the success of weaning was 80.77% and 65.38%, the specificity was 80.00% and 60.00%, and the area under the ROC curve was 0.751 (95% CI: 0.571-0.932) and 0.668 (95% CI: 0.484-0.852), respectively. Conclusion: Ultrasonic monitoring of diaphragm function can be used as a predictor of MV weaning capacity in the department of intensive care unit, which has a better predictive value for weaning.

Key words Weaning; Diaphragm excursion; Diaphragm thickening fraction; Mechanical ventilation

机械通气(mechanical ventilation, MV)是重症医学科(intensive care unit, ICU)针对呼吸系统疾病的支持治疗措施,然而目前全球约 20% MV 患者在首次尝试撤机时失败,且撤机时间占总 MV 时间的 40% 以上^[1]。延迟撤机可增加相关并发症(如感染、胃肠道出血、深静脉血栓形成、呼吸机相关性肺炎及膈肌功能障碍等)的发生率^[2]。既往评价撤机指标如 X 线、CT、跨膈压监测等技术均限制于 ICU 病房^[3]。近年来国内外新兴的膈肌超声技术对存

在潜在撤机失败风险患者具有较准确的预测能力^[4]。本研究通过测量自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)患者膈肌功能,探讨膈肌超声对撤机的预测价值。

资料与方法

一般资料 选取 2016 年 12 月 ~ 2017 年 12 月入住河北省人民医院 ICU 接受 MV 治疗且满足撤机标准的重症患者 41 例,纳入标准:①年龄 > 18 岁;②MV 时间 > 48 h;③符合撤机标准时行 SBT 筛查。排除标准:①既往肺部肿瘤、肺切除术后、胸壁畸形导致呼吸力学异常等;②有神经肌肉接头相关疾病、膈肌麻痹等;③存在呼吸中枢抑制因素;④入组时已有膈肌功能障碍。

*基金项目:河北省科技计划项目(No:152777137);河北省医学科学研究重点课题计划(No:20160083);河北省政府资助临床医学优秀人才培养和基础课题研究项目(No:361003)

¹天津市第一中心医院

*通信作者:赵鹤龄, E-mail:zhhelingsina.com

方法

撤机标准^[4]:①氧合指数 >150 mmHg;②MV 监护仪呼气末正压通气 (positive end expiratory pressure, PEEP) 指标 <5 cmH₂O;③可自主且有力咳嗽;④已停用镇静类和血管活性药物。

SBT 标准:停止 MV 后使用 T 管进行持续吸氧 30 ~ 60 min,如呼吸平稳且生命体征稳定则予以拔除气管插管并撤除呼吸机。如遇患者出现大汗、烦躁、嗜睡,外周氧饱和度下降 $\geq 5\%$, $R > 35$ 次/min 或较基础值升高 50% 以上,收缩压升高 20%, $HR \geq 140$ 次/min 或增加幅度超过 20%^[4]等情况时,立即终止 SBT 并重新使用 MV。

撤机成功的标准:撤机 48 h 内患者能够耐受自主呼吸且不需要再次行 MV 辅助呼吸。撤机失败的定义:撤机 48 h 内不能维持自主呼吸,需要再次使用有创或无创 MV 或撤机后 48 h 内死亡^[5]。

膈肌移动度 (diaphragm excursion, DE) 测量:本研究中床旁超声操作医师通过中国重症超声研究组 (CCUSG) 培训考试并获取合格证书。于 SBT 30 min 时,取患者仰卧位,床头抬高 30°。使用飞利浦 CX50 便携式彩色超声仪,选择心脏探头 S5-1 (3.5 MHz) 置于患者右侧腋前线与肋弓下缘交界处,以肝脏为声窗,在 2D 模式下使曲样线垂直于膈肌顶弧,并切换至 M 型超声模式探测膈肌运动幅度,将同一次呼吸周期内膈肌运动最大和最小处之间的位移定义为 DE,测量 3 次取平均值,见图 1。膈肌功能障碍定义为任意一侧膈肌的平均移动度 <10 mm 或膈肌随呼吸出现矛盾运动^[6]。膈肌矛盾运动的超声表现为在患者吸气过程中由于胸腔内负压升高使膈肌朝远离探头方向 (胸腔方向) 移动,与常规相反。

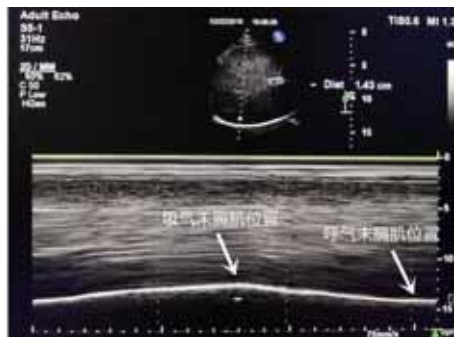


图 1 DE 测量

膈肌增厚率 (diaphragm thickening fraction, DTF) 测量:于 SBT 30 min 时,取患者仰卧位,床头抬高 30°,使用飞利浦高频血管探头 (≥ 10 MHz) 置于患者右侧腋中线与第 8 肋 ~ 10 肋之间区域,以肝脏

作为声窗,可获取两条平行的回声波层:靠近探头侧壁层胸膜,远离探头侧为腹膜,见图 2。膈肌是位于这两条线之间的低回声组织结构,正常状态下吸气时膈肌朝探头方向移动。将曲样线垂直于两条平行线,使用 M 型超声模式测量记录一次呼吸周期内膈肌最大和最小的厚度,分别记录。DTF 计算方法: (吸气末膈肌厚度 - 呼气末膈肌厚度) / 呼气末膈肌厚度 $\times 100\%$ 。将每位患者的 DTF 均测量 3 次并取平均值。

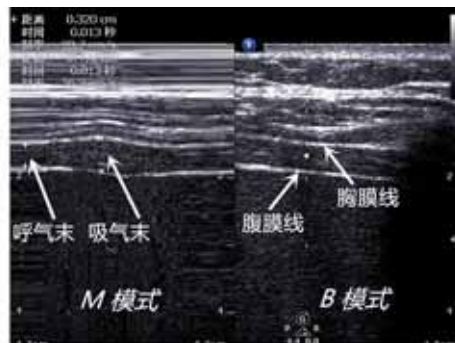


图 2 DTF 测量

其它观察指标:记录患者年龄、性别、急性生理与慢性健康评估 (acute physiology and chronic health evaluation, APACHE II) 评分、全身性感染相关性器官功能衰竭评分 (sepsis related organ failure assessment, SOFA)、MV 时间等。准备撤机前检查患者血气分析,记录氧分压 (PaO_2)、二氧化碳分压 ($PaCO_2$)、氧合指数 (PaO_2/FiO_2) 等参数。进行 SBT 30 min 时记录患者 HR 和平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)。

统计学处理 采用 SPSS 21.0 统计学软件,符合正态分布的计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较采用独立样本 t 检验。非正态分布的计量资料以四分位数间距及中位数 [$M(P_{25}, P_{75})$] 表示,采用受试者工作特征 (ROC) 曲线下面积进行统计分析,选择最佳阈值且测算敏感度和特异度,评价膈肌监测指标对撤机预后的预测能力,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

一般资料 共计 41 例入住 ICU 并行 MV 患者纳入本项研究,其中撤机成功组 26 例 (63.4%),撤机失败组 15 例 (36.6%)。撤机成功组和失败组在撤机前的一般情况,如年龄、性别等方面比较,差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$),但撤机失败组的 APACHE II 评分、SOFA 评分较成功组高 (均 $P < 0.05$),见表 1。

撤机前生命体征及呼吸指标比较 撤机成功组与撤机失败组撤机前血气分析指标 (PaO_2 、 PaCO_2 、 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) 比较, 差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 见表 1。

表 1 2 组撤机前的一般资料比较

组别	例	年龄 (岁)	性别 (例)		APACHEII 评分 (分)	SOFA 评分 (分)
			男	女		
成功组	26	68.77 ± 14.29	20	6	13.35 ± 4.94	5.85 ± 2.03
失败组	15	66.47 ± 16.63	8	7	19.67 ± 7.02 *	7.93 ± 3.20 *

组别	例	MV 时间 (d)	PaO_2 (mmHg)	PaCO_2 (mmHg)	$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (mmHg)
成功组	26	5 (3, 11)	104.07 ± 30.47	39.25 ± 5.86	281.26 ± 82.35
失败组	15	7 (3, 28)	104.76 ± 35.11	37.50 ± 9.22	271.50 ± 98.12

注: 与撤机成功组比较, * $P < 0.05$

表 2 2 组在 SBT 30min 时测量指标比较

(x ± s)

组别	例	DE (cm)	DTF	HR (次/min)	MAP (mmHg)
成功组	26	1.23 (1.00, 2.67) *	0.33 ± 0.07 *	85.00 ± 16.09	87.30 ± 12.61
失败组	15	1.03 (0.90, 2.52)	0.28 ± 0.08	90.00 ± 11.00	88.20 ± 7.65

注: 与撤机失败组比较, * $P < 0.05$

DE 和 DTF 对撤机结果的预测价值 根据 ROC 曲线结果选取 DE 1.08cm 为截断值, 预测 MV 患者撤机敏感度为 80.77%, 特异度为 80.00%, ROC 曲线下面积 0.751 (95% CI: 0.571 ~ 0.932); 根据既往研究文献, 取 DTF 预测撤机成功的截断值为 30%, 敏感度 65.38%, 特异度 60.00%, ROC 曲线下面积 0.668 (95% CI: 0.484 ~ 0.852), 见图 3。

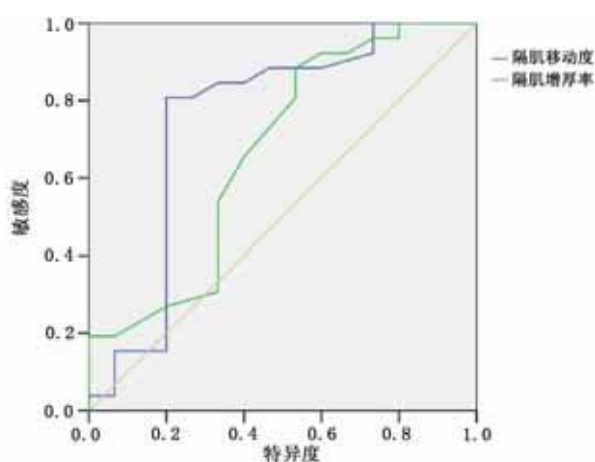


图 3 DE 及 DTF 对撤机结果的预测

讨论

MV 患者存在膈肌萎缩风险。对脑死亡患者的尸检样本研究发现, 使用 MV 18 ~ 69 h 可致膈肌肌纤维的横截面积减少 50% 以上^[7]。有动物研究发现, 由膈肌做功产生的肺通气量部分, 会随着 MV 时

SBT 30 min 时 DE、DTF、HR 及 MAP 的比较 SBT 30 min 时 2 组患者的 HR、MAP 比较, 差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$); 撤机成功组患者 DE、DTF 明显高于失败组 (均 $P < 0.05$), 见表 2。

间增加而减少^[8]。因此早期发现和诊断呼吸机诱导的膈肌功能障碍 (ventilator-induced diaphragm dysfunction, VIDD) 并及时预防, 可有效降低后续撤机失败风险。

MV 对膈肌结构和功能的影响主要为肌肉萎缩和损伤、蛋白合成减少、蛋白分解增加以及自我吞噬作用, 并引起一系列相关并发症。Demoule 等^[9]发现 ICU 住院患者中 VIDD 的发生率高达 64%, 且与基础疾病严重程度和脓毒症的发生相关。Kim 等^[6]认为, 存在一侧或双侧膈肌功能障碍者, 其撤机失败率较正常者高、总撤机时间和总 MV 时间较正常者长。Grosu 等^[10]报道使用容量控制通气模式的患者其膈肌厚度随时间延长而明显变薄。

近年来床旁膈肌超声技术在 ICU 中逐渐兴起, 以其安全、无辐射、床旁易操作、可反复测量等优点, 逐渐在指导撤机中得到认可^[4]。超声不仅可以很好地解决以往膈肌测量工具 (X 线、跨膈压监测等) 的局限性, 且可实现对膈肌的形态学评估 (识别膈肌萎缩) 和量化肌肉功能 (测定膈肌收缩力)。

本研究中 41 例患者在入组前进行膈肌评估, 确保均不存在膈肌功能障碍。结果显示撤机成功的 26 例患者其 DE 明显高于撤机失败者。说明由膈肌收缩承担的肺通气量是自主呼吸的主要部分。当膈肌发生功能障碍时, 由于其收缩和舒张时位移幅度较小, 无法为机体摄取足够的氧气, 由此导致呼吸浅快, 甚至 HR 增快等临床表现, 需再次使用 MV 治

疗。其 ROC 曲线显示 DE 以 1.08cm 作为截断值时,预测撤机成功的敏感性为 80.77%,特异度为 80.00%,表明 DE 的测量对撤机失败有较精准的预测价值,可以作为指导撤机的良好指标。Jiang 等^[11]研究了 55 例准备撤机患者,于 SBT 期间对其 DE 测量发现,72h 内再次插管的患者其 DE 较撤机成功组明显降低。Lerolle 等^[12]对心脏术后行 MV 患者的 DE 进行超声监测,证实膈肌超声对早期发现膈肌功能障碍有较高说服力,以便及时制定相应的膈肌功能恢复措施。

DTF 可量化反映膈肌收缩能力,其原理类似于心脏的“射血分数”,是目前用来评价呼吸肌负荷的最好指标之一。本研究中 DTF 取截断值为 30%,敏感度为 65.38%,特异度为 60.00%,较以往的研究文献略低。究其原因,在实际操作中,膈肌厚度的测量并不易执行。这是因为膈肌平均厚度值约在 1.5~2 mm 之间,而超声机最小分辨度为 1 mm,即使高频探头(通常选择 10 MHz 的血管探头)对厚度的测量仍可能存在误差。此外,部分患者由于个体和疾病差异、肥胖、腹腔气体干扰等原因造成膈肌回声欠清晰,可能对测量结果造成干扰。但研究结果仍表明膈肌功能的监测对撤机结果具有指导意义。Dinino 等^[3]对 63 例撤机患者[27 例采用自主呼吸模式撤机,36 例采用压力支持(pressure support,PS)模式撤机]研究发现,当取 DTF $\geq$ 30% 作为截断值对预测成功拔管的敏感性和特异性分别为 88% 和 71%,阳性预测值和阴性预测值分别为 91% 和 63%。表明 DTF 对指导撤机的实效。Ferrari 等^[13]对 46 例反复撤机失败的患者进行统计分析发现,于 SBT 期间选取 36% 作为 DTF 的临界值,对预测撤机后自主呼吸功能恢复的阳性预测值和阴性预测值分别为 92% 和 75%。Agmy 等^[14]在对慢性阻塞性肺疾病患者撤机的研究发现,膈肌超声在预测撤机成功的准确性方面略高于传统的浅快呼吸指数等指标。

单侧膈神经麻痹患者可能由于对侧足以代偿运动的膈肌功能而耐受撤机^[15]。因此单侧膈神经受损不影响整体膈肌功能。故在本研究中,入组前对患者进行双侧膈肌筛查,以防止单侧膈肌功能障碍被掩盖。但在 SBT 期间对纳入患者仅评估其右侧膈肌功能。这是因为实际操作中,左侧膈肌难以准确测量,由于身体左侧有肺气和肠气干扰,吸气时肺

部会对膈肌声像造成不同程度的阻挡,因此在身体右侧更易获取膈肌运动图像。故不除外随着 MV 时间增加,出现两侧膈肌萎缩程度不均等现象。然而,在仅评估右侧半膈肌的一项研究中证实,右半膈肌对撤机结果的预测具有一定说服力^[3]。因此,对于潜在撤机失败风险患者而言,膈肌超声具有一定的预警价值^[16]。

参考文献

- 1 Zamboni 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.
- 2 Eskandar N, Apostolakis MJ. Weaning from mechanical ventilation. [J]. *Crit Care Clin*, 2007, 23(2): 263-274.
- 3 Dinino E, Gartman EJ, Sethi JM, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. [J]. *Thorax*, 2014, 69(5): 423-427.
- 4 Girault C, Bubenheim M, Abroug F, et al. Noninvasive ventilation and weaning in patients with chronic hypercapnic respiratory failure: a randomized multicenter trial[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 184(6): 672-679.
- 5 Palkar A, Mayo P, Singh K, et al. Serial Diaphragm Ultrasonography to Predict Successful Discontinuation of Mechanical Ventilation [J]. *Chest*, 2016, 150(4): 465A.
- 6 Kim WY, Suh HJ, Hong SB, et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation. [J]. *Crit Care Med*, 2011, 39(12): 2627-2630.
- 7 Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans[J]. *N Engl J Med*, 2008, 358(13): 1327-1335.
- 8 Reynolds SC, Meyyappan R, Thakkar V, et al. Mitigation of ventilator-induced diaphragm atrophy by transvenous phrenic nerve stimulation [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195(3): 339-348.
- 9 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.
- 10 Grosu HB, Lee YI, Lee J, et al. Diaphragm muscle thinning in patients who are mechanically ventilated[J]. *Chest*, 2012, 142(6): 1455-1460.
- 11 Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS et al. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome[J]. *Chest*, 2004, 126(1): 179-185.
- 12 Lerolle N, Guérot E, Dimassi S, et al. Ultrasonographic Diagnostic Criterion for Severe Diaphragmatic Dysfunction After Cardiac Surgery [J]. *Chest*, 2009, 135(2): 401-407.
- 13 Ferrari G, De Filippi G, Elia F, et al. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. [J]. *Crit Ultrasound J*, 2014, 6(1): 8.
- 14 Agmy G, Hamdy S, Farghally S. Diaphragm Ultrasound as a Novel Guide of Weaning From Invasive Ventilation [J]. *Chest*, 2015, 148(4): 327A.
- 15 Mayo P, Volpicelli G, Lerolle N, et al. Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(7): 1107-1117.
- 16 冯煜坤, 席修明, 等. 自主呼吸试验通过后拔管失败原因分析 [J]. *内科急危重症杂志*, 2019, 25(2): 120-122.

(2019-04-09 收稿 2019-08-12 修回)