

本文引文格式:雍海荣,王奎,凌张宾.超声评估膈肌功能在神经重症患者撤机拔管中的应用价值研究[J].右江民族医学院学报,2022,44(4):559-565.

【论著与临床报道】

超声评估膈肌功能在神经重症患者撤机拔管中的应用价值研究

雍海荣,王奎,凌张宾

(皖南医学院第一附属医院急诊科,安徽 芜湖 241001)

摘要:目的 探究超声评估膈肌功能在神经重症患者撤机拔管中的应用价值。方法 选择2019年1月—2020年1月入住皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)神经外科ICU计划撤机拔管的机械通气患者共44例。根据撤机拔管结局将患者分为成功组(33例)和失败组(11例)。比较两组患者自主呼吸试验(SBT)结束时的膈肌活动度(DE)、呼气末膈肌厚度(DTee)、吸气末膈肌厚度(DTei)及膈肌增厚分数(DTF)等膈肌功能指标对预测撤机拔管的价值。结果 SBT结束时成功组各项膈肌功能指标均显著优于失败组[DE:(1.30±0.38 vs 0.99±0.14) cm,DTee:(0.19±0.04 vs 0.13±0.05) cm,DTei(0.25±0.05) vs (0.16±0.06) cm,DTF(33.81±10.65 vs 23.23±6.54)%, $P < 0.05$]。当DE的最佳临界值为1.17 cm时,预测撤机拔管成功的敏感度为69.70%,特异度为90.90%,ROC曲线下面积(AUC)为0.809(95% CI :0.683~0.934);当DTee的最佳临界值为0.14 cm时,预测撤机成功的敏感度为93.90%,特异度为63.60%,ROC曲线下面积(AUC)为0.831(95% CI :0.682~0.979);当DTei的最佳临界值为0.17 cm时,预测撤机成功的敏感度为97.00%,特异度为63.60%,ROC曲线下面积(AUC)为0.860(95% CI :0.723~0.996)。当DTF的最佳临界值为30.50%时,预测撤机成功的敏感度为60.60%,特异度为90.90%,ROC曲线下面积(AUC)为0.800(95% CI :0.669~0.932)。结论 超声评估膈肌功能对指导神经重症患者撤机拔管时机选择及预测撤机拔管结局具有良好的应用价值。

关键词:超声;膈肌;神经重症;撤机;拔管

中图分类号:R445.1

文献标识码:A

文章编号:1001-5817(2022)04-0559-07

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2022.04.017

Application value of ultrasonographic assessment of diaphragm function for determining weaning and extubation in patients with severe neuropathy

Yong Hairong, Wang Kui, Ling Zhangbin

(Department of Emergency, The First Affiliated Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241001, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To explore the application value of ultrasonographic assessment of diaphragm function for determining weaning and extubation in patients with severe neuropathy. **Methods** This study selected a total of 44 patients who underwent mechanical ventilation and were expected to get weaning and extubation in the ICU of Neurosurgery Department of The First Affiliated Hospital of Wannan Medical College (Yijishan Hospital) from January 2019 to January 2020. The patients were divided into the success group (33 cases) and the failed group (11 cases) according to the outcome of weaning and extubation. This study moved on to compare the indicators of diaphragm function, such as diaphragmatic excursion (DE), end-expiratory diaphragm thickness (DTee), and end-inspiratory diaphragm thickness (DTei), diaphragm thickness fraction (DTF) between two groups in the end of spontaneous breathing test (SBT) for predicting weaning and extubation. **Results** The indicators of diaphragm function in the success group were significantly higher than those of the failed group in the end of SBT [DE:(1.30±0.38 vs 0.99±0.14) cm,DTee:(0.19±0.04 vs 0.13±0.05) cm, DTei(0.25±0.05) vs (0.16±0.06) cm,DTF(33.81±10.65 vs 23.23±6.54)%, $P < 0.05$]. When the optimal critical value of DE was 1.17 cm, the sensitivity of predicting the success of weaning and extubation was

69.70%；the specificity was 90.90%；the area under the ROC curve (AUC) was 0.809 (95% CI : 0.683 ~ 0.934)。When the optimal critical value of DTee was 0.14 cm, the sensitivity of predicting the success of weaning was 93.90%；the specificity was 63.60%；the area under the ROC curve (AUC) was 0.831 (95% CI : 0.682 ~ 0.979)。As the optimal critical value of DTei was 0.17 cm, the sensitivity of predicting success of weaning and extubation was 97.00%；the specificity was 63.60%；the area under the ROC curve (AUC) was 0.860 (95% CI : 0.723 ~ 0.996)。When the optimal DTF cut-off value was 30.50%，the sensitivity for predicting weaning success was 60.60% with a specificity of 90.90% and the area under the ROC curve (AUC) of 0.800 (95% CI : 0.669 ~ 0.932)。**Conclusion** In patients with severe neuropathy, ultrasonographic assessment of diaphragm function has good application value in guiding the selection of the timing of weaning and extubation as well as predicting the outcome of weaning and extubation.

Key words: ultrasound; diaphragm; severe neuropathy; weaning; extubation

神经重症患者常由于脑出血、脑创伤、脑肿瘤等引发神经中枢出现严重的器质性病变导致中枢性呼吸衰竭。机械通气由于可以维持患者的肺通气和换气功能,同时也可以缓解患者呼吸肌肉疲劳而成为临床上救治此类患者重要的生命支持手段。研究表明机械通气患者撤机拔管占据了整个撤机过程 40%~50% 的时间^[1-2],而在神经重症患者中撤机拔管失败率更是高达 20%~40%^[3]。同时研究也表明神经重症患者撤机拔管失败会增加发生呼吸机相关性肺炎 (ventilator-associated pneumonia, VAP) 的风险,延长机械通气时间和 ICU 住院时间,增加病死率^[4-6]。膈肌作为人体最主要的呼吸肌承担人体 70% 的呼吸做功^[7]。因此,通过评估膈肌功能是否正常对于此类患者的撤机拔管有着重要指导意义。近年,床旁超声由于简单、易操作且无创已成为评估重症患者膈肌功能的主要方法之一。但是,仍较少用于指导神经重症患者的撤机拔管。本研究拟通过测量膈肌活动度、膈肌厚度及膈肌增厚分数,探讨超声评估膈肌功能对预测神经重症患者撤机拔管的可行性,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

1.1.1 研究对象 收集 2019 年 1 月—2020 年 1 月入住皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)神经外科 ICU 行有创机械通气的神经危重患者共 44 例。

1.1.2 纳入标准 ①所有入住神经外科 ICU 行气管插管且需要进行有创机械通气的患者;②年龄 ≥ 18 周岁且 < 80 周岁;③经头颅 CT 或磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 检查以原发性颅脑疾病为第一诊断且首次发病;④经临床医生判断达到自主呼吸试验 (spontaneous breathing trial, SBT) 和撤机条件的患者;⑤家属签署机械通气知情同意书;⑥经过本院伦理委员会批准。

1.1.3 排除标准 ①年龄 < 18 周岁或 ≥ 80 周岁;②双瞳孔散大,光反射消失;③妊娠;④既往存在膈肌麻痹、高位颈髓损伤、截瘫、重症肌无力、神经肌肉类疾

病;⑤入院即出现多器官功能衰竭、经诊断为脑死亡患者、行气管切开患者;⑥行有创机械通气的主要原因非原发性颅脑疾病所致;⑦经神经外科医生预测 24 h 内死亡风险较高者;⑧家属拒绝配合临床治疗。

1.2 研究方法

1.2.1 收集资料

1.2.1.1 基础资料 收集纳入研究患者的性别、年龄、诊断、发病至入院治疗时间 (h)、撤机拔管前机械通气治疗时间 (h)、撤机拔管前是否存在误吸、是否合并心肺基础疾病。

1.2.1.2 观察指标 ①患者入院时格拉斯哥评分 (glasgow coma scale, GCS)、撤机拔管前 GCS (分);② SBT 试验结束时的机械通气参数包括呼出潮气量 (VTe)、分钟通气量 (MV)、浅快呼吸指数 (rapid shallow breathing index, RSBI)、0.1 s 口腔闭合压 (P0.1)、呼吸功 (WOB)、呼气峰流速 (peak expiratory flow, PEF);③撤机拔管前生命体征、动脉血气、血常规及血生化指标;④撤机拔管前患者有无吞咽反射、咳嗽强度 (强:吸痰时患者能够自行将痰咳至气管插管处;中:吸痰时有咳嗽反射但是无法将痰液咳至气管插管;弱:患者有轻微或无咳嗽反射)、吸痰频次 (低:每次吸痰间隔时间 ≥ 2 h;中:间隔为 1~2 h;高:间隔 < 1 h)、撤机拔管后有无舌根后坠;⑤超声评估患者行 SBT 时的膈肌功能指标包括膈肌活动度 (diaphragmatic excursion, DE)、呼吸末膈肌厚度 (diaphragmatic thickness at the end of calm exhalation, DTee)、吸气末膈肌厚度 (diaphragmatic thickness at the end of deep inhalation, DTei)、膈肌增厚分数 (diaphragmatic thickness fraction, DTF), $DTF = (DTei - DTee) / DTee \times 100\%$ 。

1.2.2 撤机拔管方法 根据 2007 年欧洲呼吸学会共识首先进行自主呼吸试验前评估,需达到其标准^[8]。

1.2.3 撤机拔管分组定义 成功撤机拔管组定义为 SBT 试验通过后完成撤机拔除气管插管,并且 48 h 内无需再次使用呼吸机。撤机拔管失败组定义为 SBT

试验失败或 48 h 内需要再次使用有创或无创呼吸机、再次气管插管或气管切开、短期内病情恶化或死亡。

1.2.4 膈肌超声方法 将患者采取仰卧位床头抬高 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$, 于 SBT 结束时采用迈瑞(型号: UMT-500)B 超机进行右侧膈肌功能测量。按照如下方法进行测量^[7,9-11]: ①膈肌活动度: 用 3.5 MHz 超声探头置于患者锁骨中线或腋前线与肋弓下缘交界处, 以肝脏作为透声窗, 探头指向头侧及背侧, 使声束到达并垂直于膈肌中后 1/3 部位, 在理想的二维图像基础上应用 M 超显示膈肌运动, M 超取样线指向膈肌顶部并与长轴夹角 $< 30^{\circ}$ 以获得最大的膈肌活动度。分别测量吸气末及呼气末膈肌距基线的距离。DE(cm) = 吸气末膈肌距基线的距离 - 呼气末膈肌距基线的距离, 测量 3 次取平均值; ②使用频率为 10 MHz 的线阵探头, 置于腋前线或腋中线第 8~10 肋间隙, 垂直于胸壁显示肋膈角处的膈肌结构, 在理想的二维图像基础上应用 B 型或 M 型模式测量肋膈角下 0.5~2 cm 处 DT。分别测量 DTei 和 DTee, 并计算 DTF。DTF = (DTei - DT-

ee)/DTee $\times 100\%$ 。膈肌超声检查均由具有经过重症超声资质培训的人员完成。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析, 计数资料以 (%) 表示, 采用 χ^2 检验, 计量资料符合正态分布时以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 两组间采用两独立样本 t 检验; 非正态分布的计量资料以中位数(四分位间距) [$M(P_{25} \sim P_{75})$] 表示, 两组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。采用受试者工作特征曲线(ROC)评价膈肌功能指标 DD、DTei、DTee、DTF 对撤机成功的预测价值。以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般基础资料比较 本研究共纳入 44 例患者, 其中撤机成功组 33 例, 撤机失败组 11 例。两组患者在性别、年龄、诊断、发病至入院时间、撤机拔管前机械通气时间、心功能指标、血生化电解质指标、入院时是否存在误吸、是否存在心肺基础疾病等一般基础资料方面均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 一般基础资料比较

项目	成功组 ($n=33$)	失败组 ($n=11$)	$\chi^2/Z/t$	P
性别				
男	17(51.52)	7(63.64)	0.489	0.484
女	16(48.48)	4(36.36)		
年龄/岁	55(49.50~70.00)	56(33.00~72.00)	-0.570	0.569
诊断				
脑出血	11(33.33)	5(45.45)	0.131	0.717
硬膜下血肿	5(15.15)	0(0.00)	0.677	0.411
硬膜外血肿	2(6.06)	0(0.00)	0.000	1.000 ^a
颅内动脉瘤	5(15.15)	3(27.17)	0.204	0.652
脑梗死	2(6.06)	1(9.09)	0.119	0.730
脑血管畸形	1(3.03)	0(0.00)	0.341	0.560
急性颅脑损伤	4(12.12)	0(0.00)	0.367	0.545
蛛网膜下腔出血	2(6.06)	2(18.18)	0.367	0.545
脑肿瘤	1(3.03)	0(0.00)	0.341	0.560
发病至入院时间/h	4(2.00~17.50)	8(3.00~13.00)	-0.560	0.575
拔管前机械通气时间/h	21(16.50~44.00)	51(30.00~72.00)	-1.859	0.063
入院前误吸			1.164	0.281
否	28(84.85)	7(63.64)		
是	5(15.15)	4(36.36)		
合并心肺基础疾病			0.000	1.000 ^a
否	29(87.89)	10(90.91)		
是	4(12.12)	1(9.09)		
Na/(mmol \cdot L ⁻¹)	142.47 \pm 5.15	142.78 \pm 7.59	-0.156	0.877
K/(mmol \cdot L ⁻¹)	3.3(3.03~3.73)	3.55(3.08~3.78)	-0.271	0.786
BNP/(ng \cdot L ⁻¹)	110.77(57.27~267.05)	209(91.47~445.48)	-1.287	0.198
肌钙蛋白/(μ g \cdot L ⁻¹)	0.01(0.00~0.03)	0.03(0.01~0.45)	-1.285	0.199
肌红蛋白/(μ g \cdot L ⁻¹)	71.6(39.00~184.90)	123(76.50~169.60)	-0.678	0.498
Hb/(g \cdot L ⁻¹)	108.33 \pm 20.67	108.02 \pm 25.06	0.042	0.967
WBC/($\times 10^9 \cdot$ L ⁻¹)	11.7(9.25~14.10)	12.1(10.40~14.90)	-0.474	0.635

注: ①表内计数资料数据用 [n (%)] 表示, 正态分布计量资料数据以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 非正态分布计量资料数据以 [$M(P_{25} \sim P_{75})$] 表示; ②a 表示采用连续校正 χ^2 检验。

2.2 两组患者 SBT 结束时观察指标对比 撤机拔管成功组患者在 SBT 结束拔管前的 GCS 评分显著高于失败组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$);撤机失败组患者在 SBT 结束时 SBP、DBP 均显著高于撤机成功组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$);撤机成功组患者在撤机拔管前存在吞咽反射的占比均显著高于撤机失

败组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。但是,失败组患者在撤机拔管之后出现舌根后坠的占比显著高于成功组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。两组患者在 SBT 结束时的机械通气参数、动脉血气、呼吸频率 (RR)、咳嗽强度、吸痰频次、是否出现肺部感染方面均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 两组患者 SBT 结束撤机拔管前及拔管后观察指标

项目	成功组 ($n=33$)	失败组 ($n=11$)	$\chi^2/Z/t$	P
拔管时 GCS/分	12(10.00~14.50)	7(6.00~10.00)	-3.618	<0.001
VTE/mL	500(448.00~575.00)	510(450.00~560.00)	0.000	1.000 ^a
MV/L	8.90(6.75~10.35)	8.16(7.20~10.00)	-0.352	0.724
f/VT	34.00(25.00~47.50)	36.00(30.00~45.00)	-0.556	0.578
P0.1/cmH ₂ O	0.90(0.55~1.70)	1.1(1.00~1.50)	-1.632	0.103
WOB/(J·L ⁻¹)	0.70(0.65~0.75)	0.72(0.63~0.75)	-0.545	0.586
PEF/(L·min ⁻¹)	70(60~90)	70(55~70)	-1.723	0.085
pH	7.45(7.41~7.47)	7.45(7.45~7.50)	-1.37	0.171
PaO ₂ /mmHg	151(113.50~177.00)	125(98.20~147.00)	-1.572	0.116
PaCO ₂ /mmHg	34.09±3.36	35.39±6.78	-0.845	0.403
HCO ₃ ⁻ /mmHg	24.60(22.55~26.00)	25.1(22.00~27.90)	-0.407	0.684
Lac/mmol	1.60(1.30~2.30)	1.60(1.20~2.10)	-0.149	0.881
SBP/mmHg	130.97±23.32	150.36±21.37	-2.435	0.019
DBP/mmHg	70.48±11.66	85.64±13.76	-3.57	0.001
HR/(次·分 ⁻¹)	83.06±16.91	92.73±19.64	-1.578	0.122
RR/(次·分 ⁻¹)	18.33±3.31	19.00±3.87	-0.554	0.582
吞咽动作			7.586	0.006
无	7(21.21)	8(72.73)		
有	26(78.78)	3(27.27)		
咳嗽强度			2.059	0.357 ^a
强	13(39.39)	2(18.18)		
中	9(27.27)	5(45.45)		
弱	11(33.33)	4(36.36)		
吸痰频次			4.143	0.126
低	17(51.52)	2(18.18)		
中	10(30.30)	5(45.45)		
高	6(18.18)	4(36.36)		
肺部有无感染			0.032	0.858
无	21(63.64)	6(54.54)		
有	12(36.36)	5(45.45)		
拔管后有无舌根后坠			14.586	<0.001
无	30(90.91)	3(27.27)		
有	3(9.09)	8(72.73)		

注:①表内计数资料数据用[$n(\%)$]表示,正态分布计量资料数据以($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布计量资料数据以[$M(P_{25} \sim P_{75})$]表示;②a表示采用连续校正 χ^2 检验。SBT 为自主呼吸试验,HR 为心率,RR 为呼吸频率,MAP 为平均动脉血压,pH 为动脉血气酸碱度,PaO₂ 为动脉血氧分压,PaCO₂ 为动脉二氧化碳分压,HCO₃⁻ 为碳酸氢根,Lac 为乳酸,PaO₂/FiO₂ 为氧合指数,1 mmHg=0.133 kPa,PEF 为呼气峰流速,P 0.1 为 0.1 s 口腔闭合压,MV 为分钟通气量,VTE 为呼出潮气量,WOB 为呼吸功,f/VT 为浅快呼吸指数,SBP 为收缩压,DBP 为舒张压,GCS 为格拉斯哥评分。

2.3 两组患者 SBT 结束时膈肌功能指标 撤机成功组在 SBT 结束时的 DE、DT_{ei}、DT_{ee}、DTF 均显著高于

撤机失败组,差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。见表 3。

表 3 两组患者 SBT 结束时膈肌功能指标对比

指标	成功组 (n=33)	失败组 (n=11)	t	P
DE/cm	1.30±0.38	0.99±0.14	4.000	<0.001
DTee/cm	0.19±0.04	0.13±0.05	3.900	<0.001
DTei/cm	0.25±0.05	0.16±0.06	4.631	<0.001
DTF/%	33.81±10.65	23.23±6.54	3.090	0.004

注:①表内计量资料数据以($\bar{x}\pm s$)表示。②DD 为膈肌活动度;DTee 为呼气末膈肌厚度;DTei 为吸气末膈肌厚度;DTF 为膈肌增厚分数。

2.4 膈肌功能指标对预测成功撤机拔管的 ROC 曲线分析 ROC 曲线显示 M 超声测量膈肌 DE、DTee、DTei、DTF 预测撤机拔管成功的 AUC 均 ≥ 0.8 且具

有良好的敏感性和特异性,均可预测撤机拔管成功 ($P < 0.05$)。见表 4、图 1。

表 4 超声评估膈肌功能指标预测成功撤机拔管的值

指标	AUC	95% CI	最佳临界点	敏感性/%	特异性/%	标准误	P
DE	0.809	0.683~0.934	1.17 cm	69.70	90.90	0.064	0.002
DTee	0.831	0.682~0.979	0.14 cm	93.90	63.60	0.076	0.001
DTei	0.860	0.723~0.996	0.17 cm	97.00	63.60	0.069	<0.001
DTF	0.800	0.669~0.932	30.50%	60.60	90.90	0.067	0.003

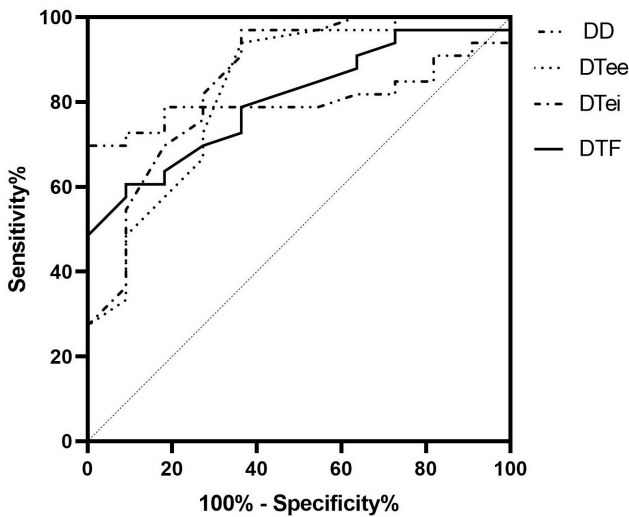


图 1 超声膈肌功能指标对预测成功撤机拔管的 ROC 曲线分析

2.5 两组患者临床结果分析 两组患者在 ICU 住院时间、总住院时间及总住院费用上均无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 5。

表 5 两组患者临床结果分析

项目	成功组	失败组	t/Z	P
ICU 住院时间/d	8(4.50~12.50)	11(6.00~21.00)	-1.467	0.142
总住院时间/d	24(14.50~41.50)	22(12.00~41.00)	-0.326	0.745
总住院费用/万元	11.80±5.94	13.71±8.38	-0.83	0.411

注:表内正态分布计量资料数据以($\bar{x}\pm s$)表示,非正态分布计量资料数据以 [$M(P_{25} \sim P_{75})$]表示。

3 讨论

神经重症机械通气患者往往由于大脑、脑桥及延髓等出现幕上及幕下病变而引起的中枢性呼吸衰竭。多会出现严重的意识障碍、吞咽障碍、咳嗽减弱、膈神经传导障碍等,因此,影响此类患者撤机拔管成功的因素较多。本研究将可能影响患者撤机拔管的因素均进行了分析,发现撤机成功组患者的 GCS 评分(12 分)明显高于撤机失败组(7 分)。这与 LEÓN-GUTIÉRREZ M A 等^[12]一项关于神经外科患者撤机拔管因素的分析研究中发现的 GCS ≥ 8 分作为此类患者能否撤机拔管成功的临界点基本一致。此外,在 NAVALESI P^[13]的研究中也发现 GCS ≥ 8 分同时拥有良好的咳嗽能力是此类患者拔管成功的重要因素。所以,对于此类患者撤机拔管前应重视其意识障碍的状况。研究还发现撤机成功组较失败组患者在拔管前有着更好的吞咽动作反应,而在撤机拔管后失败组患者会更多的出现舌根后坠。这与以往的研究^[3,5,14]基本一致,这说明对于神经危重患者在撤机拔管前应充分考虑患者气道的廓清保护能力,并且做好相应拔管失败后再插管的准备。另外,膈肌作为人体最大的呼吸肌,其功能是否正常也是决定着该类患者能否撤机拔管成功的关键因素之一。诸多研究^[15-17]已经表明患者出现呼吸机相关性膈肌功能障碍(ventilator-induced diaphragm dysfunction,VIDD)是患者撤机拔管失败的主要原因之一。一项动物研究发现机械通气 6~12 h 即可出现 VIDD 并且随着机械通气时间的延长而加重^[18],另一项关于脑死亡患者尸体解剖的研究中也发现在接受机

械通气 18~69 h 即可出现膈肌萎缩^[19]。本研究也显示失败组患者在撤机拔管前机械通气时间为 51 h, 而成功组为 21 h。失败组患者倾向于更长的机械通气时间, 但是两组之间无显著差异, 这可能主要由于样本量不大导致。另外, 研究还发现失败组患者在 SBT 结束时的 SBP 及 DBP 更高, 这可能主要是因为膈肌承担了主要的呼吸力量, 而失败组患者膈肌功能较成功组更差, 代偿能力下降使患者出现呼吸肌疲劳, 机体做功增加所致。

近年, 超声由于便携、快速、安全已成为临床医生评估膈肌功能的重要工具, 为撤机拔管时机的预测提供了重要依据^[20]。PALKAR A 等^[21]研究发现 DE 可反应膈肌收缩功能的指标之一, 可用于指导临床的撤机或拔管。本研究中发现撤机成功组 DE 平均为 (1.30 ± 0.38) , 明显高于失败组的 (0.99 ± 0.14) , 且当 $DE \geq 1.17$ cm 预测撤机成功敏感性 69.70%, 特异性为 90.90%, AUC 曲线下面积为 0.809。这与刘晋豫等^[22]研究中发现当 $DE \geq 1.18$ cm, 预测撤机成功敏感性为 62.3%, 特异性为 79.4% 的结果几乎一致。在 FARGHALY S 等^[23]的研究中也发现当 $DE \geq 1.05$ cm 预测撤成功撤机拔管的敏感性和特异性分别为 87.5% 和 71.5%, 这说明当 $DE < 1.0$ cm 时要警惕撤机失败的可能性, 并将 DE 作为此类患者预测能否撤机拔管成功的重要参照指标之一。此外, 本研究中的 DT_{ei}、DT_{ee}、DTF 是反映膈肌厚度及其变化的指标。其中, DT_{ee} 及 DT_{ei} 预测撤机成功的敏感性分别为 93.90% 和 97.00%, 特异性均为 63.60%。这与既往研究^[23-25]表明超声评估膈肌厚度对预测成功撤机拔管具有良好指导价值基本一致。但是, LEROLLE N 等^[26]研究认为膈肌厚度受个体差异、膈肌炎症、水肿的影响导致预测价值不如 DTF。在 FERRARI G 等^[27]研究中发现随着机械通气时间的延长, 膈肌厚度平均每天萎缩 6% 并且 $DTF > 36\%$ 预测成功撤机的敏感性为 82.0%, 特异性为 88.0%, FARGHALY S 等^[23]研究发现 $DTF > 34.2\%$ 预测成功撤机拔管的敏感性为 90%, 特异性为 64.3%, DININO E 等^[25]研究也发现以 $DTF > 30\%$ 为临界点, 预测成功拔管的敏感性和特异性分别为 88% 和 71%。肖爱兵等^[28]的研究也显示以 $DTF > 30.8\%$ 为阈值时, 其预测拔管成功的敏感度为 89.5%, 特异度为 85.7%。本研究中以 $DTF \geq 30.5\%$ 为阈值, 预测成功撤机拔管的敏感性为 60.6%, 特异性为 90.9%, 与 FERRARI G 等^[27]、DININO E 等^[25]、肖爱兵等^[28]的研究结果基本相似。其次, 本研究没有发现两组患者在 ICU 住院时间、总住院时间、总住院费用方面存在显著差异, 这可能与样本量较小有关, 可在今后的研究中进一步扩大样本量。

另外, 本研究存在几点局限性, 首先样本量较小可能会对最终的观察结果造成一定的偏倚; 其次仅观察了右侧膈肌功能, 没有对左侧膈肌功能进行观察, 这可能使本研究结果的指导价值有所局限; 最后没有对单因素有意义的指标再进行多因素分析, 这主要是因为样本量较小且混杂因素较多所致, 可在今后的研究中进一步扩大样本含量进行多因素分析。

综上所述, 影响神经危重患者成功撤机拔管的因素较为复杂, 通过联合超声评估其膈肌功能对指导撤机时机的选择有重要的临床应用价值, 可在今后神经危重患者的撤机过程中推广和应用。

参考文献:

- [1] ESTEBAN A, FERGUSON N D, MEADE M O, et al. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2008, 177(2): 170-177.
- [2] ELY E W, BAKER A M, DUNAGAN D P, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously[J]. *N Engl J Med*, 1996, 335(25): 1864-1869.
- [3] BÖSEL J. Who Is Safe to Extubate in the neuroscience intensive care unit? [J]. *Seminars in Respir Crit Care Med*, 2017, 38(6): 830-839.
- [4] ASEHNOUNE K, SEGUIN P, LASOCKI S, et al. Extubation success prediction in a multicentric cohort of patients with severe brain injury[J]. *Anesthesiology*, 2017, 127(2): 338-346.
- [5] GODET T, CHABANNE R, MARIN J, et al. Extubation failure in brain-injured patients: risk factors and development of a prediction score in a preliminary prospective cohort study[J]. *Anesthesiology*, 2017, 126(1): 104-114.
- [6] COPLIN W M, PIERSON D J, COOLEY K D, et al. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2000, 161(5): 1530-1536.
- [7] 张成, 黄怀, 沈丹彤, 等. 膈肌超声对脑卒中后机械通气患者脱机的评估研究[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(11): 832-837.
- [8] BOLES J M, BION J, CONNORS A, et al. Weaning from mechanical ventilation[J]. *Eur Respir J*, 2007, 29(5): 1033-1056.
- [9] 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.
- [10] KILARU D, PANEBIANCO N, BASTON C. Diaphragm ultrasound in weaning from mechanical ventilation[J]. *Chest*, 2021, 159(3): 1166-1172.
- [11] 樊麦英, 罗杰英, 文辉, 等. 超声监测膈肌运动指标对机

- 械通气撤机的指导价值[J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30(11):1041-1045.
- [12] LEÓN-GUTIÉRREZ M A, TANUS-HAJJ J, SÁNCHEZ-HURTADO L A. Predictores de fracaso en la extubación de pacientes neuroquirúrgicos predictors of extubation failure in neurosurgical patients[J]. Rev Med Inst Mex Seguro Soc, 2016, 54(Suppl 2):S196-S201.
- [13] NAVALESI P, FRIGERIO P, MORETTI M P, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients; evaluation of a systematic approach to weaning and extubation[J]. Crit Care Med, 2008, 36(11):2986-2992.
- [14] CINOTTI R, BOURAS M, ROQUILLY A, et al. Management and weaning from mechanical ventilation in neurologic patients[J]. Ann Transl Med, 2018, 6(19):381.
- [15] KIM W Y, SUH H J, HONG S B, et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation [J]. Crit Care Med, 2011, 39(12):2627-2630.
- [16] PETROF B J, JABER S, MATECKI S. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction [J]. Curr Opin Crit Care, 2010, 16(1):19-25.
- [17] DRIDI H, JUNG B, YEHYA M, et al. Late ventilator-induced diaphragmatic dysfunction after extubation [J]. Crit Care Med, 2020, 48(12):e1300-e1305.
- [18] MROZEK S, JUNG B, PETROF B J, et al. Rapid onset of specific diaphragm weakness in a healthy murine model of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction[J]. Anesthesiology, 2012, 117(3):560-567.
- [19] 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.
- [20] 董雪, 高巨. 超声评估膈肌功能在预测机械通气脱机中的应用进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(12):1228-1230.
- [21] PALKAR A, NARASIMHAN M, GREENBERG H, et al. Diaphragm excursion-time index: a new parameter using ultrasonography to predict extubation outcome[J]. Chest, 2018, 153(5):1213-1220.
- [22] 刘晋豫, 王强, 汪晓蜜, 等. 膈肌超声评分预测机械通气撤机的价值探讨[J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(1):38-41.
- [23] FARGHALY S, HASAN A A. Diaphragm ultrasound as a new method to predict extubation outcome in mechanically ventilated patients[J]. Aust Crit Care, 2017, 30(1):37-43.
- [24] 周亮, 邵敏. 膈肌超声在机械通气患者撤机结果预测中的应用价值[J]. 临床肺科杂志, 2019, 24(11):1967-1970.
- [25] DININO E, GARTMAN E J, SETHI J M, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation[J]. Thorax, 2014, 69(5):423-427.
- [26] LEROLLE N, DIEHL J L. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic function[J]. Crit Care Med, 2011, 39(12):2760-2761.
- [27] 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.
- [28] 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]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2019, 12(4):250-255.

收稿日期:2022-02-26;修回日期:2022-03-28