

胡云丽, 刘杰, 郭莉, 等. 膈肌超声联合血清胆碱酯酶活性对急性有机磷农药中毒呼吸衰竭患者撤机结局的预测价值[J]. 中南医学科学杂志, 2025, 53(6): 1053-1056.

DOI:10.15972/j.cnki.43-1509/r.2025.06.028

· 临床医学 ·

## 膈肌超声联合血清胆碱酯酶活性对急性有机磷农药中毒呼吸衰竭患者撤机结局的预测价值

胡云丽, 刘杰, 郭莉, 赵曙光

太和县人民医院急诊重症监护室, 安徽阜阳 236600

**[摘要]** **目的** 探讨膈肌超声联合血清胆碱酯酶活性对急性有机磷农药中毒(AOPP)呼吸衰竭患者撤机结局的预测价值。**方法** 选取本院收治的经治疗计划撤机的 AOPP 呼吸衰竭患者 57 例作为研究对象, 根据撤机结局将其分为撤机成功组 35 例和撤机失败组 22 例。比较两组膈肌移动度(DE)、膈肌增厚分数(DTF)和血清胆碱酯酶(ChE)活性。采用 Logistic 分析撤机结局的影响因素, 利用 ROC 曲线评价 DE、DTF、ChE 活性及三者联合对撤机结局的预测价值。**结果** 撤机失败组平均动脉压、心率、呼吸频次高于撤机成功组( $P < 0.05$ ), DE、DTF 和 ChE 活性均低于撤机成功组( $P < 0.05$ )。Logistic 分析结果显示, DE、DTF 及 ChE 活性是撤机结局的影响因素( $P < 0.05$ )。ROC 分析结果显示, DE、DTF、ChE 联合预测的 AUC、特异度均显著高于其单独预测值( $P < 0.05$ )。**结论** DE、DTF 联合 ChE 活性对 AOPP 呼吸衰竭患者的撤机结局具有较好的预测价值。

**[关键词]** 急性有机磷农药中毒; 呼吸衰竭; 膈肌超声; 胆碱酯酶; 撤机结局

**[中图分类号]** R595.4

**[文献标识码]** A

### The predictive value of diaphragmatic ultrasound combined with serum cholinesterase activity for the weaning outcomes of patients with acute organophosphate pesticide poisoning respiratory failure

HU Yunli, LIU Jie, GUO Li, ZHAO Shuguang

Emergency Intensive Care Unit, Taihe People's Hospital, Fuyang 236600, Anhui, China

**[ABSTRACT]** **Aim** To explore the predictive value of diaphragmatic ultrasound combined with serum cholinesterase activity for the weaning outcomes of patients with acute organophosphate pesticide poisoning (AOPP) respiratory failure. **Methods** A total of 57 patients with AOPP respiratory failure who were treated and scheduled for weaning in our hospital were selected as the research subjects. According to the weaning outcomes, the patients were divided into a successful weaning group of 35 cases and a failed weaning group of 22 cases. The diaphragmatic excursion (DE), diaphragmatic thickening fraction (DTF), and serum cholinesterase (ChE) activity were compared between the two groups. Logistic analysis was used to identify the influencing factors of weaning outcomes, and ROC curves were used to evaluate the predictive value of DE, DTF, and ChE activity, as well as their combined predictive value on patient weaning outcomes. **Results** The average arterial pressure, heart rate, and respiratory frequency of the failed weaning group were higher than those of the successful weaning group ( $P < 0.05$ ), while the DE, DTF, and ChE activities were lower than those of the successful weaning group ( $P < 0.05$ ). The Logistic analysis results showed that DE, DTF, and ChE activity were factors affecting the weaning outcomes ( $P < 0.05$ ). The ROC analysis results showed that the AUC and specificity of the combined prediction of DE, DTF, and ChE were significantly higher than their individual prediction values ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The combination of DE, DTF, and ChE activity has good predictive value for the weaning outcome of AOPP respiratory failure patients.

**[KEY WORDS]** AOPP; respiratory failure; diaphragmatic ultrasound; ChE; weaning outcome

急性有机磷农药中毒(acute organophosphorus pesticide poisoning, AOPP)是中国急诊科常见的危

重症之一<sup>[1]</sup>。其主要致死原因是呼吸衰竭,机制为有机磷抑制胆碱酯酶(cholinesterase, ChE)活性,引

**[收稿日期]** 2025-01-21

**[修回日期]** 2025-08-28

**[基金项目]** 皖南医学院校级科研项目(LC202202)

**[作者简介]** 胡云丽, 主治医师, 研究方向为急危重疾病的诊治, E-mail 为 826640447@qq.com。通信作者赵曙光, 主任医师, 研究方向为急危重疾病的诊治, E-mail 为 shuguang6139@163.com。

起乙酰胆碱蓄积,导致神经肌肉传导障碍,进而诱发呼吸肌无力与肺水肿。机械通气是呼吸支持的关键措施,但长期机械通气可能加剧膈肌功能损伤,因此准确把握撤机时机对预后至关重要<sup>[2]</sup>。目前临床常用浅快呼吸指数和气道闭合压等呼吸力学参数预测撤机结局,但其操作复杂、临界值尚未统一<sup>[3-4]</sup>。血清 ChE 活性可反映中毒严重程度,但个体差异大、敏感性不足,单独应用价值有限。近年来,膈肌超声作为一种无创、实时的床旁影像技术,已被用于评估膈肌功能和辅助撤机决策的一种手段。本研究拟探讨膈肌超声联合血清 ChE 活性对 AOPP 所致呼吸衰竭患者撤机结局的预测价值。

## 1 资料和方法

### 1.1 一般资料

选取本院 2022 年 11 月—2024 年 6 月急诊重症监护室收治的经治疗计划撤机的 57 例 AOPP 呼吸衰竭患者作为研究对象,根据撤机结局将其分为撤机失败组 22 例和撤机成功组 35 例。纳入标准:①年龄 $\geq 18$ 岁;②机械通气 $\geq 48$ h;③通过自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)且符合临床撤机标准。排除标准:①观察期间行气管切开术;②伴截瘫的颈椎骨折;③合并神经肌肉疾病;④曾接受胸腔手术、存在胸廓畸形、大量胸腔积液、膈疝或气胸;⑤存在肥胖、腹腔高压等影响膈肌超声检查的情况。本研究经本院医学伦理委员会批准(2022-07),所有患者家属均签署知情同意书。

### 1.2 资料收集及撤机结局判定

记录患者撤机前年龄、性别、机械通气时间、体质指数(body mass index, BMI)、急性生理和慢性健康状况 II 评分(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)<sup>[5]</sup>。依据《机械通气临床应用指南(2006)》<sup>[6]</sup>评价撤机结局。能够维持自主呼吸 48 h 则为撤机成功;撤机 48 h 内出现指脉氧饱和度下降、气促明显需再次机械通气则为撤机失败。

### 1.3 SBT 评定

采用压力支持通气模式进行 SBT,设置支持压力 5 cm H<sub>2</sub>O,吸入氧浓度维持 30 min 不变。若出现以下任一情况即判定 SBT 失败:①嗜睡、大汗、谵妄、呼吸窘迫等临床表现;②心率 $>140$ 次/min 或较基础值增加 $\geq 20\%$ ;③新发心律失常;④呼吸频率 $>35$ 次/min;⑤指脉氧饱和度 $<90\%$ ;⑥收缩压 $>180$  mmHg 或 $<90$  mmHg。SBT 成功且符合拔管条件者,予以拔除气管插管,并根据情况予以鼻导管

吸氧或经鼻高流量氧疗<sup>[7]</sup>。失败者继续按原方案机械通气。

### 1.4 膈肌移动度测定

于 SBT 开始 30 min 时,使用 UMT-500 超声仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司),配备 2~5 MHz 凸阵探头,于双侧腋前线声窗处观察膈肌运动。声束经肝脏垂直投射至膈肌,于移动幅度最大处冻结图像,分别测量呼气末与吸气末膈肌移动幅度,其差值即为膈肌移动度(diaphragmatic excursion, DE)。

### 1.5 膈肌增厚分数测定

在 SBT 30 min 时,采用 6~13 MHz 线阵探头,于右侧腋中线沿肋间隙自下而上垂直扫查,清晰显示膈肌脚后冻结图像,分别测量吸气末与呼气末膈肌厚度。膈肌增厚分数(diaphragmatic thickening fraction, DTF)=(吸气末厚度-呼气末厚度)/呼气末厚度 $\times 100\%$ <sup>[8]</sup>。

### 1.6 ChE 活性检测

于撤机当日晨采集患者空腹静脉血 3 mL, 3 000 r/min 离心 10 min 后取血清,采用 ELISA 法检测 ChE 活性(试剂盒购自上海罗氏制药有限公司)。

### 1.7 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件分析数据。计量资料比较采用 *t* 检验,计数资料比较采用  $\chi^2$  检验;不符合正态分布数据以中位数(四分位间距)[M(P25, P75)]表示,采用 Mann Whitney *U* 检验。采用 Logistic 回归分析撤机结局的影响因素。ROC 曲线评估 DE、DTF、ChE 活性对患者撤机结局的预测价值。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 撤机成功组与撤机失败组患者一般资料比较

57 例患者中,撤机成功 35 例(61.40%),撤机失败 22 例(38.60%)。撤机失败组平均动脉压、心率、呼吸频次高于撤机成功组( $P < 0.05$ ;表 1)。

### 2.2 撤机成功组与撤机失败组患者撤机前 DE、DTF 和 ChE 活性比较

撤机失败组患者 DE、DTF 和 ChE 活性低于撤机成功组( $P < 0.05$ ;表 2)。

### 2.3 撤机结局的 Logistic 分析

以撤机结局为因变量(成功=1;失败=0),将平均动脉压、心率、呼吸频次、DE、DTF、ChE 活性(均为连续变量)作为自变量,进行 Logistic 多因素分析。结果显示,DE、DTF、ChE 活性是撤机结局的影响因素( $P < 0.05$ ;表 3)。

表 1 两组患者一般资料比较

指标	撤机成功组 (n=35)	撤机失败组 (n=22)	P
男性/[例(%)]	22(62.86)	15(68.18)	0.682
年龄/岁	41.28±8.35	45.23±6.79	0.068
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	22.83±2.33	23.46±1.96	0.296
机械通气时间/h	143.66±23.69	151.86±21.13	0.191
APACHE II 评分/分	18.31±2.53	18.88±2.31	0.396
平均动脉压/mmHg	81.33±10.13	90.86±11.42	0.002
心率/(次/min)	93.27±13.14	101.56±11.82	0.019
呼吸频次/(次/min)	29.53±7.73	35.58±8.16	0.007

表 2 两组患者撤机前 DE、DTF、ChE 比较

分组	撤机成功组(n=35)	撤机失败组(n=22)
DE/cm	1.32(1.15,1.45)	1.20(1.09,1.40) <sup>a</sup>
DTF/%	38.31(35.12,40.98)	33.19(25.76,36.89) <sup>a</sup>
ChE/(U/L)	2 021.66 (1 843.86,2 297.65)	1 432.70 (1 182.56,1 868.25) <sup>a</sup>

注:a 为  $P<0.05$ ,与撤机成功组比较。

表 3 撤机结局影响因素的 Logistic 分析

指标	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR(95% CI)
DE	0.271	0.121	5.037	0.025	1.312(1.035~1.663)
DTF	0.752	0.219	11.79	<0.001	2.121(1.381~3.258)
ChE	0.710	0.286	6.149	0.013	2.034(1.160~3.565)
平均动脉压	-0.017	0.213	0.006	0.936	0.983(0.648~1.492)
心率	-0.184	0.142	1.678	0.195	0.832(0.630~1.099)
呼吸频次	-0.209	0.386	0.294	0.588	0.811(0.380~1.729)

#### 2.4 DE、DTF 及 ChE 对 AOPP 呼吸衰竭撤机结局的预测价值分析

ROC 曲线分析结果显示,DE、DTF、ChE 和三者联合预测撤机结局的 AUC 分别为 0.805、0.740、0.804 和 0.921,联合预测的 AUC 及特异度均高于各指标单独预测值( $P<0.05$ ;表 4、图 1)。

表 4 DE、DTF 和 ChE 及其联合指标对撤机结局的预测价值

指标	临界值	灵敏度	特异度	P	约登指数	AUC(95% CI)
DE	1.12	0.77	0.73	<0.001	0.499	0.805(0.679~0.898)
DTF	36.48	0.66	0.77	0.004	0.430	0.740(0.606~0.847)
ChE	1 623.98	0.86	0.68	<0.001	0.539	0.804(0.677~0.897)
联合	-	0.83	0.91	<0.001	0.738	0.921(0.818~0.976)

注:DE、DTF、ChE 临界值单位分别为 cm、%、U/L。

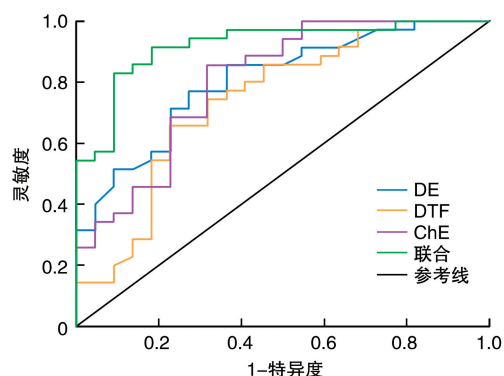


图 1 DE、DTF、ChE 及其联合指标预测撤机结局的 ROC 曲线

### 3 讨论

有机磷农药作为目前应用最广泛的农药类别之一,其中毒事件已成为全球范围内重要的公共卫生问题,尤其在中国,AOPP 占有所有中毒事件的 20%~50%,病死率高达 15%~25%<sup>[1,9]</sup>。AOPP 可经皮肤、呼吸道等多种途径迅速进入人体,对多个器官、系统造成损害,尤其易导致肺水肿及呼吸功能障碍,严重者可发展为呼吸衰竭<sup>[10]</sup>。机械通气是呼吸衰竭患者重要的生命支持手段,然而长时间通气可能加剧膈肌功能损伤,因此准确评估撤机时机对改善患者预后具有重要意义<sup>[11]</sup>。

膈肌超声作为一种无创、简便、可重复的床旁检查手段,已被广泛用于评估膈肌功能,其主要检测指标包括 DE、DTF 等<sup>[12]</sup>。既往研究结果显示,DE 和 DTF 与撤机成功率显著相关,能够有效反映呼吸肌功能状态,辅助判断患者是否具备维持自主呼吸的能力<sup>[13-14]</sup>。本研究结果显示,撤机成功组患者在拔管前的 DE 和 DTF 均显著高于撤机失败组( $P<0.05$ ),进一步支持上述结论。然而,DTF 与 DE 在生理机制上存在差异,临床中可能出现不同步变化,加之 DTF 测量对操作技术要求较高,因此需结合多项指标进行综合判断<sup>[15]</sup>。

ChE 活性是评估 AOPP 患者中毒程度和预后的重要生物标志物<sup>[16]</sup>。有机磷农药进入人体后不可逆抑制 ChE 活性,导致乙酰胆碱堆积,引发胆碱能危象<sup>[17]</sup>。本研究结果显示,撤机成功组 ChE 活性显著高于撤机失败组( $P<0.05$ ),说明 ChE 活性与呼吸功能恢复密切相关。值得注意的是,不同研究中 ChE 活性与中毒程度相关性存在一定差异,提示其评估需结合其他临床指标<sup>[18-19]</sup>。

多因素 Logistic 回归分析结果显示,DTF、DE 和

ChE 活性均为撤机结局的影响因素( $P<0.05$ ),提示膈肌功能与中毒程度共同影响 AOPP 患者的撤机成功概率。进一步通过 ROC 曲线分析发现,三者联合预测的 AUC 和特异度均显著高于任一指标单独预测值( $P<0.05$ ),表明联合检测可显著提高对撤机结局的预测效能。本研究创新性地将膈肌超声参数与血清 ChE 活性相结合,从神经肌肉传导效率和呼吸肌机械功能两个维度评估 AOPP 呼吸衰竭患者的撤机条件,为临床提供了更为全面、客观的评估手段。

综上所述,DTF、DE 和 ChE 活性是 AOPP 呼吸衰竭患者撤机结局的影响因素,三者联合可显著提高预测准确性与特异度,为撤机决策提供了新的参考依据。未来研究可进一步扩大样本量,并探索该联合预测模型在不同人群和设备设置下的适用性及干预价值。

#### [参考文献]

- [1] 童武进, 黄星, 汤彦, 等. 急性有机磷中毒致中间综合征危险因素及预后影响因素分析[J]. 解放军医药杂志, 2019, 31(3): 91-95.
- [2] 杨芸晶, 吕慧颐, 杜婧, 等. 撤机困难影响因素及干预措施的研究进展[J]. 护理研究, 2024, 38(7): 1237-1241.
- [3] 陈凯, 陈晗, 严闽航, 等. 浅快呼吸指数与气道闭合压检测在脓毒症患者机械通气撤机中的价值[J]. 福建医药杂志, 2021, 43(5): 58-61.
- [4] 刘芳欣, 陈昭杰, 王洲, 等. 剪切波弹性成像联合膈肌增厚率及浅快呼吸指数预测机械通气患者撤机结果的临床研究[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2023, 22(1): 38-43.
- [5] CAMPBELL R A S, SHAW M, HART R, et al. Recalibration of acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) for mortality prediction in an adult intensive care population to include novel COVID pneumonia diagnostic category[J]. Br J Anaesth, 2022, 128(2): e60-e61.
- [6] 中华医学会重症医学分会. 机械通气临床应用指南(2006)[J]. 中国危重病急救医学, 2007, 19(2): 65-72.
- [7] 钟林, 姜建平, 盛菊萍. 膈肌浅快呼吸指数联合最大吸气压力对机械通气患者撤机结局的预测价值[J]. 浙江医学, 2024, 46(12): 1275-1279.
- [8] TUINMAN P R, JONKMAN A H, DRES M, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients-a narrative review[J]. Intensive Care Med, 2020, 46(4): 594-605.
- [9] 孙跃辉, 刘辰, 崇殿真, 等. 急性有机磷中毒合并肝损伤患者 AST、ChE、CRP 动态变化及对病情的评估价值[J]. 中国肝脏病杂志(电子版), 2024, 16(1): 57-62.
- [10] RAMADORI G P. Organophosphorus poisoning: acute respiratory distress syndrome (ARDS) and cardiac failure as cause of death in hospitalized patients[J]. Int J Mol Sci, 2023, 24(7): 6658.
- [11] GOLIGHER E C, FERGUSON N D, BROCHARD L J. Clinical challenges in mechanical ventilation[J]. Lancet, 2016, 387(10030): 1856-1866.
- [12] SINITSKA K A, YAKUBTSEVICH R. Ultrasound examination of the diaphragm as a predictor of successful ventilator weaning of patients[J]. J Grodno State Med Univ, 2024, 22(1): 13-18.
- [13] 马璞, 叶熊, 宋焯, 等. M 型超声膈肌移动度预测机械通气撤机成功的价值[J]. 实用医学杂志, 2020, 36(2): 239-243.
- [14] 伍松柏, 戴瑶, 何峻, 等. 超声测量膈肌增厚分数联合膈肌位移在预测机械通气成功撤机中的价值[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(12): 1592-1597.
- [15] 赵浩天, 燕亚茹, 刘奕, 等. 膈肌和肋间肌增厚率及肋间肌代偿指数评估老年机械通气患者呼吸肌功能[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(9): 1396-1400.
- [16] 周睿, 吴振华, 刘春, 等. 不同血液净化方式治疗急性有机磷农药中毒对患者 ChE 活性、肝肾功能及炎症反应的影响[J]. 检验医学与临床, 2020, 17(16): 2340-2343.
- [17] 漆小莉, 熊明分, 陶宁, 等. 连续性静脉-静脉血液滤过联合血液灌流治疗急性重度有机磷中毒的临床观察[J]. 河北医学, 2024, 30(2): 281-286.
- [18] DUNG DUNG A, KUMAR A, KUMAR B, et al. Correlation and prognostic significance of serum amylase, serum lipase, and plasma cholinesterase in acute organophosphorus poisoning[J]. J Family Med Prim Care, 2020, 9(4): 1873-1877.
- [19] 李军, 李恒. 血清胆碱酯酶和急性有机磷农药中毒患者预后相关性分析[J]. 毒理学杂志, 2017, 31(5): 378-381.

(此文编辑 蒋湘莲)