

# 超声引导下对撤机失败儿童进行膈肌手法干预的疗效观察

姚叶林<sup>1</sup> 陈康<sup>2</sup> 陶金好<sup>3</sup> 陈伟明<sup>3</sup> 秦妍<sup>3</sup> 王素娟<sup>1,4</sup>

## 摘要

**目的:**比较常规康复和超声引导下手法干预,对撤机失败儿童的疗效。

**方法:**初次撤机困难儿童20例(总共89例儿童进行撤机,成功69例),按照随机数字表法分为试验组和观察组各10例,接受30—45min/次,2次/d的康复项目,直至撤机。试验组的项目为超声引导下挑选出的最优项目,观察组的项目为常规套餐。21天为试验终点。疗效评价以再次带机至末次撤机流程前天数 $\Delta T$ 作为主要指标,以撤机流程前膈肌超声参数作为次要指标。

**结果:**撤机困难组和成功组,撤机流程前膈肌超声参数移动度、厚度、膈肌增厚分数(DTF)均有显著性差异,其中DTF<sup>MIN</sup>差异最显著[(13.50±4.98)% vs (18.78±5.74)%,  $P<0.01$ ]。撤机困难组经过康复干预,试验组与观察组 $\Delta T$ 有显著性差异[6(5.389—6.611)天 vs 10(8.842—11.518)天,  $P<0.01$ ];各组干预前后膈肌超声参数DTF<sup>MIN</sup>都有显著性差异(15.52±4.30 vs 17.88±3.12; 12.45±4.90 vs 17.68±6.11。均 $P<0.05$ )。最终撤机成功组末次撤机流程前与初次撤机成功组初次撤机流程前相比,膈肌超声DTF及其他参数,无显著性差异( $P>0.05$ )。

**结论:**在超声引导下对撤机失败儿童进行针对性的个体化的膈肌手法干预,可以增强膈肌功能,帮助更早撤机。

**关键词** 超声;撤机;儿童;膈肌;手法干预

中图分类号:R493,R473 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2020)-07-0813-07

The curative effect of diaphragm manipulation under the guidance of ultrasound on children with failure of weaning/YAO Yelin, CHEN Kang, TAO Jinhao, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2020, 35(7): 813—819

## Abstract

**Objective:** To compare the curative effect of routine rehabilitation and manipulation intervention under the guidance of ultrasound on children with failure of weaning.

**Method:** Totally 89 cases were enrolled in the first weaning process and 69 cases were successful. 20 children who failed firstly were divided into experimental group ( $n=10$ ) and observation group ( $n=10$ ) according to the random number table method. Rehabilitation intervention were continuously performed until patients successfully weaned or for a maximum duration of 21 days. The intervention projects in the experimental group were selected under the guidance of ultrasound, while those in the observation group were given routine packages. The evaluation of the curative effect took the number of days from repeated mechanically support to the last weaning process( $\Delta T$ ) as the main indicator, and the ultrasonic parameters of the diaphragm before the weaning process as the secondary indicator.

**Result:** There were significant differences in diaphragm functional parameters such as mobility, thickness and DTF between the difficult weaning group and the successful group, and the DTF<sup>MIN</sup> was the most significantly different [(13.50 ± 4.98)% vs (18.78 ± 5.74)%,  $P<0.01$ ]. After rehabilitation intervention, there was a significant

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.07.009

1 复旦大学附属儿科医院康复科,上海,201102; 2 上海市第六人民医院康复科; 3 复旦大学附属儿科医院PICU; 4 通讯作者  
第一作者简介:姚叶林,女,硕士,主治医师; 收稿日期:2020-01-18

difference of  $\Delta T$  between the experimental group and the observation group[6(5.389—6.611)d vs 10(8.842—11.518)d,  $P<0.01$ ], and the diaphragm functional parameters DTF<sup>MIN</sup> were significantly different in both groups before and after rehabilitation intervention(15.52±4.30 vs 17.88±3.12; 12.45±4.90 vs 17.68±6.11. All  $P<0.05$ ). The DTF and other parameters of diaphragm before the last weaning process in children of difficult weaning group were not significantly different from those before first weaning process in children of successful group ( $P>0.05$ ).

**Conclusion:** Targeted rehabilitation manipulations selected and performed individually on difficult weaning children by ultrasound guidance could enhance the diaphragm function and facilitate weaning earlier than routine rehabilitation packages.

**Author's address** Pediatric Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai, 201102

**Key word** ultrasound; weaning; children; diaphragm; manipulation

人体在平静状态下, 75%—80%的呼吸功是由膈肌完成的。我国重症监护病房的患者 72% 会进行机械通气<sup>[1]</sup>, 而在接受机械通气的患者中, 膈肌等骨骼肌萎缩是常见且迅速的, 平均间隔 6 天时间, 膈肌厚度下降 11.1%, 同时膈肌肌肉“质量”也会下降<sup>[2]</sup>, 随着机械通气时间的延长, 膈肌功能障碍加重并呈时间依赖性, 称为机械通气相关性膈肌功能障碍 (ventilator-induced diaphragmatic dysfunction, VIDD)<sup>[3]</sup>, VIDD 反过来又可导致撤机困难<sup>[4-5]</sup>, 如此恶性循环。儿童拔管失败率高达 5%—13.3%<sup>[6]</sup>。拔管失败被认为是导致更差临床结局的独立危险因素<sup>[7]</sup>, 甚至会出现顽固性依赖呼吸支持。近年来, 康复在危重患者中的作用逐渐被重视, 呼吸康复可以促进撤机, 可能是由于促进了膈肌的运动, 提高了膈肌功能, 但缺少足够证据。目前儿童呼吸康复借鉴成人方案, 已经在临床上积极开展。这些康复方案对于儿童膈肌具体的作用程度尚不明确。

在膈肌研究中, 超声已经成为最为重要的评价手段, 可用来预测撤机<sup>[8]</sup>, 判断肺康复训练<sup>[9]</sup>和膈肌运动疗法<sup>[10]</sup>的疗效。本研究使用床旁超声对膈肌功能进行评估, 同时对膈肌训练的方法进行筛选, 进而评价这些康复方案的具体疗效。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究为前瞻性随机对照非盲研究。连续性纳入 2018 年 11 月至 2020 年 1 月入住本院儿科重症监护室 (pediatric intensive care unit, PICU), 初次撤机失败儿童 20 例 (总共 89 例儿童进行撤机, 成功 69 例), 按照随机数字表法分为试验组和观察组各 10

例, 其中, 符合方案集试验组 9 例, 观察组 10 例。患儿病种试验组为脑肿瘤 4 例、病毒性脑炎 1 例、化脓性脑炎 1 例、自身免疫性脑炎 1 例、脑积水 1 例、脓毒血症 1 例、线粒体肌病 1 例, 观察组为脑肿瘤 5 例、病毒性脑炎 1 例、化脓性脑炎 1 例、脑积水 1 例、癫痫 1 例、脊髓型肌萎缩 1 例。两组在性别、年龄、病情、病程等方面差异无显著性意义 ( $P>0.05$ ), 见表 1。

**纳入标准:** 达到撤机条件<sup>[11]</sup>, 并且初次撤机失败的儿童, 胸腹部无伤口, 无绷带、无石膏, 方便行超声检查。

**排除标准:** 影响超声质量的任何因素, 比如不适超声操作的临床特需体位或本身膈肌邻近器官病变所致声窗探视不清。

本研究符合医学伦理学要求, 经医院伦理委员会批准, 批准号: 复儿伦审(2018)266 号, 并获得患者和家属的知情同意。

### 1.2 治疗方法

所有儿童自接受机械通气日起, 进行常规康复套餐式干预, 项目包括体外膈肌起搏器 (external diaphragmatic pacemaker, EDP)<sup>[12]</sup> 15min, 手法干预

表 1 试验组观察组一般基线资料比较

|                                         | 试验组<br>(n=9) | 观察组<br>(n=10)  | 检验统计<br>量值 | P     |
|-----------------------------------------|--------------|----------------|------------|-------|
| 性别(男/女, 例) <sup>①</sup>                 | 7/2          | 8/2            | 0.014      | 0.906 |
| 年龄(月)                                   | 85.89±19.78  | 85.10±13.12    | 0.103      | 0.919 |
| 临床特征                                    |              |                |            |       |
| pH                                      | 7.40±0.06    | 7.42±0.04      | -0.850     | 0.407 |
| PaCO <sub>2</sub> (mmHg)                | 40.46±2.70   | 39.87±2.96     | 0.449      | 0.659 |
| PaO <sub>2</sub> (mmHg)                 | 97.78±6.92   | 98.00±8.31     | -0.063     | 0.951 |
| 机械通气天数<br>[d, M(P25, P75)] <sup>②</sup> | 7(5, 10)     | 8(5.75, 12.25) | -0.492     | 0.623 |

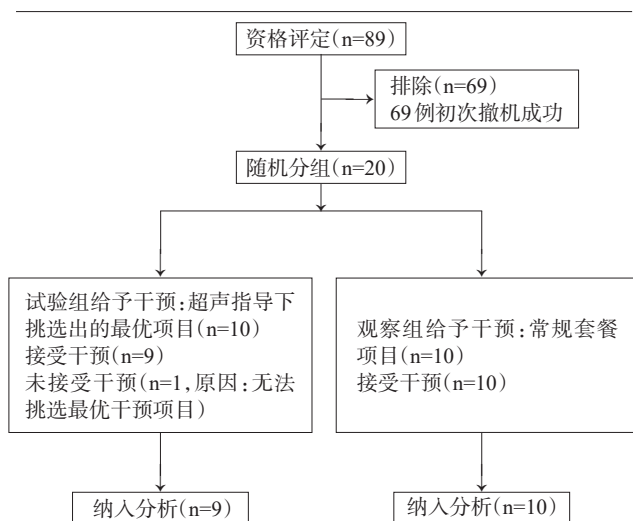
注: ①采用 $\chi^2$ 检验; ②采用 Wilcoxon 秩和检验, 其余采用两独立样本  $t$  检验

30min,每日两组。手法干预为从成人研究经验中,挑选适合于带机儿童的干预方法3种,为仰卧位膈肌呼吸训练<sup>[13]</sup>、膈肌拉伸术<sup>[10]</sup>、手动膈肌释放术<sup>[10,14]</sup>,依次干预10min。

初次撤机失败后,观察组仍旧接受常规4个项目康复干预。试验组进行项目筛选,即在超声监测下,根据4个项目操作过程中的即时效应表现,挑选出最优的1项,干预30min。以再次带机后成功撤机或之后21天为观察终点。

本研究初期观察病例中,有69例为初次撤机即成功患儿,命名为撤机成功组。20例初次撤机失败,命名为撤机困难组。撤机困难组中最终有18人在21天观察终点前完成了撤机,命名为最终成功组。病例筛选流程图,见图1。

图1 病例筛选流程图



**1.2.1 撤机流程:** PICU 医师每日早查房评估,一旦符合撤机条件<sup>[11]</sup>即先进行膈肌超声检查,记录患者的膈肌移动度和厚度,然后行自主呼吸试验(spontaneous breathing trials, SBT),患者半卧位,采用 CPAP 模式<sup>[11]</sup>实施 SBT 30min<sup>[15]</sup>。参照 2009 年美国儿童危重症研究协作组发表的儿童 2h-SBT 失败标准,通过者即刻撤机。撤机后 48 h 内无需再次机械通气(有创或无创)定义为撤机成功。SBT 未通过或者 SBT 通过后 48h 内需重新插管定义为撤机失败。SBT 试验或者撤机失败 24h 后,再次进行 SBT 试验。

**1.2.2 手法干预-膈肌呼吸训练<sup>[13]</sup>:** 治疗师一手放在患儿腹部,另一手放在患儿上胸部进行触觉反馈,嘱

患儿“缓慢最大吸气”和“正常呼气,腹部不收缩。”

**膈肌拉伸术<sup>[10]</sup>:** 治疗师位于患儿一侧,双手绕过胸腔,手指伸入肋下缘。呼气时,治疗师双手紧贴胸廓,抓住肋下缘。吸气时,维持这种坚定而温和的牵引力。

**手动膈肌释放术<sup>[10,14]</sup>:** 治疗师位于患儿头侧,双手小鱼际区接触肋下缘,最后三根手指位于第七至第十肋骨肋软骨的两侧下方。吸气时,治疗师双手向头部方向和侧方上拉,抬高肋骨。呼气时,维持这种阻力。

**膈肌超声引导下挑选最优干预项目:** 康复医师和治疗师同时来到试验组对象床旁,康复医师首先在厚度测量 M-模式下观察膈肌运动状态,探头始终保持在原处监测状态,紧接着治疗师依次对患儿实施干预,康复医师观察显示屏膈肌运动状态,选择最优项目。

### 1.3 评价指标

**主要指标:** 记录再次带机至末次撤机流程前天数  $\Delta T$ 。**次要指标:** 膈肌超声相关参数。

患者平卧,床头高 30°,将 5MHz 超声探头放置在右锁骨中线与肋下缘交点处进行移动度测量,见图 2;将 6—13MHz 线阵探头放置在腋中线进行厚度测量,见图 3。计算膈肌增厚分数(diaphragm thickening fraction, DTF)

$DTF(\%) = (\text{膈肌吸气末厚度} - \text{膈肌呼气末厚度}) / \text{膈肌呼气末厚度} \times 100\%$ <sup>[16-17]</sup>。

### 1.4 统计学分析

研究数据分析采用符合方案集。用 SPSS 25 软件分析。组间比较采用  $\chi^2$  检验。正态分布的连续性变量以均数  $\pm$  标准差表示,组间比较采用两独立样本  $t$  检验,组内前后对比采用配对  $t$  检验。非正态分布的连续性变量以中位数(四分位间距)[M(P25, P75)]表示,组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。再次带机至末次撤机流程前天数采用 Kaplan-Meier 法作带机曲线,Logrank 法组间对比以[中位带机天数(95%置信区间)]表示。 $P < 0.05$  为差异有显著性。

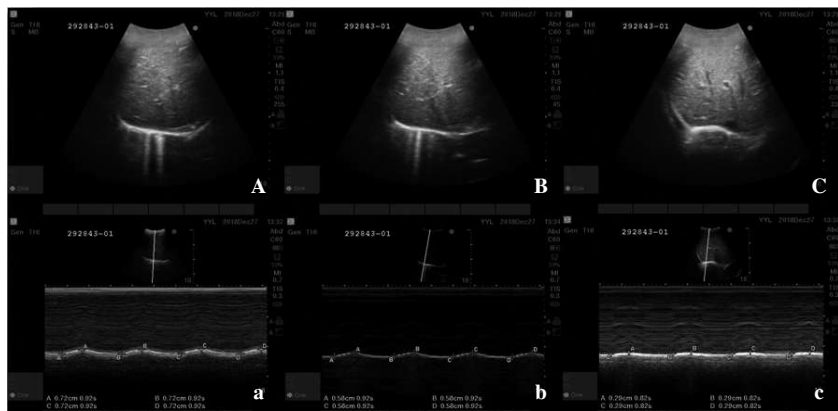
## 2 结果

### 2.1 试验组和观察组比较

康复项目筛选结果:即时效应最佳的项目分布

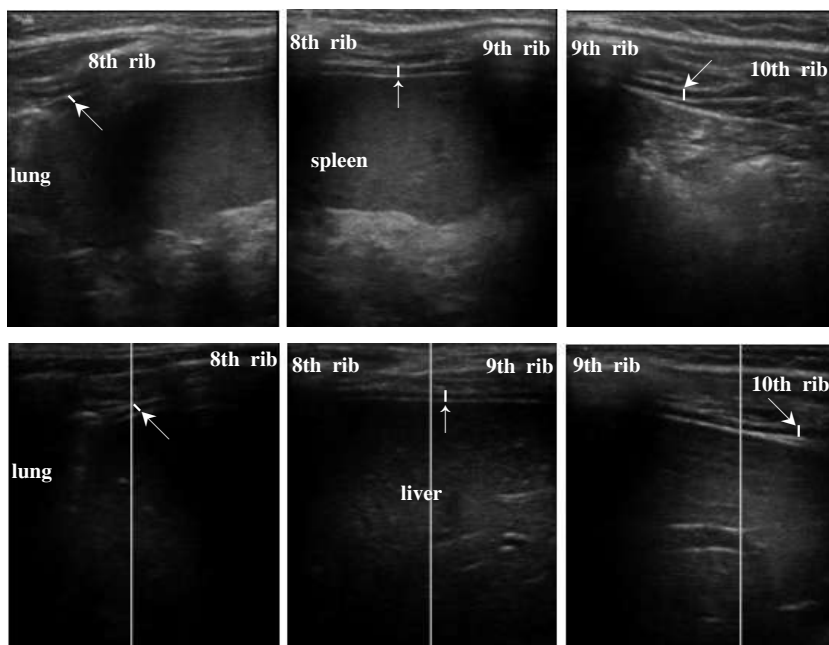


图2 膈肌超声移动度测量



注:A:探头声束与水平面夹角为15°,若稍增加夹角便可视心脏,此为前部;B:探头声束与水平面夹角为45°,此时界面可视心脏的五腔面,属于中部。C:探头声束与水平面夹角为60°,此时下腔静脉(inferior caval vein, IVC)初步可视,属于后部。本研究选取中部进行测量。

图3 膈肌超声厚度测量



注:上图以脾脏为声窗的左侧膈肌,下图为以肝脏为声窗的右侧膈肌;左图代表上部,中图代表中部,右图代表下部。→所指处膈肌位于两条高回声的胸膜层和腹膜层中间,为无回声的肌肉结构。本研究选取中部进行测量。

情况为仰卧位膈肌呼吸训练6例,膈肌拉伸术2例,手动膈肌释放术1例,EDP 0例。

因试验组中1例儿童在接受4种干预项目时,超声持续监测均未发现即时效应,出现无法挑选最优干预项目的情况,故不纳入方案集。试验组与观察组 $\Delta T$ (再次带机至末次撤机流程前天数)中位带机天

数分别为6(5.389—6.611)天 vs 10(8.842—11.518)天,有显著性差异( $P<0.01$ ),见图4。膈肌超声参数试验组与观察组DTF<sup>MIN</sup>干预前后组内对比有显著性差异( $P<0.05$ ),见表2。

**2.2 撤机困难组、撤机成功组、最终撤机成功组的末次撤机流程前膈肌参数比较。**

撤机困难组与撤机成功组在第一次撤机流程前的膈肌超声参数中,移动度、厚度、DTF均有显著性差异,其中DTF<sup>MIN</sup>差异最显著[(13.50 ± 4.98)% vs (18.78 ± 5.74)%,  $P<0.01$ ]。最终撤机成功组末次撤机流程前的膈肌超声参数与撤机成功组相比,无显著性差异( $P>0.05$ ),见表3。

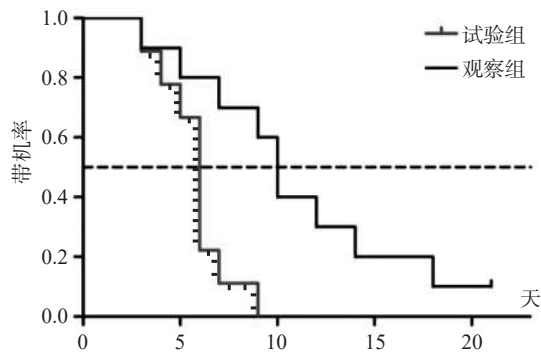
### 3 讨论

本研究结果显示,膈肌功能直接影响儿童撤机结局。无论是初次撤机即成功的患儿,还是经过康复多次尝试方撤机成功的患儿,其功能参数与初次撤机成功者均比较接近,不存在显著差异,提示只要患儿膈肌运动功能达到一定的程度,即可能成功撤机,为临床呼吸康复提供了一个可量化的目标。考虑到膈肌康复的目的就是促进膈肌运动功能,由于患儿病情差异,同样的手法作用效果存在差异,使用超声选择即时效应显著的手法,可以提高康复效率,减少干扰,这是我们临床中的尝试。本研究

选择了有针对性的康复训练手法,显著提升了膈肌功能,明显缩短再次带机时长,减少住院费用<sup>[18]</sup>,证实此方法确实有临床意义。

DTF<sup>MIN</sup>代表了较差一侧膈肌的功能,它的改善特别有利于两侧膈肌功能的均衡发展,避免一侧过

图4 再次带机至末次撤机流程前天数 Kaplan-Meier 曲线



度代偿引发劳损或过度依赖引发废用性萎缩,也避免影响其邻近肺组织的空间体积可占用问题。DTF<sup>MIN</sup>的改善特别有利于膈肌总体功能的进步,试验组观察组干预前后组内对比DTF<sup>MIN</sup>的显著性差异也体现了这种进步。本研究中试验组未干预儿童诊断为线粒体肌病,该儿童干预时,尽管可见明显的左右侧全腹式呼吸运动,但是超声下监测右膈肌无即时效应,左膈肌即时效应显著,进行了代偿,现如今带机2月仍未撤机,提示DTF<sup>MIN</sup>在膈肌功能参数中非常值得关注。

本研究干预手法与既往成人膈肌康复干预经验相比较。目前膈肌康复主要从膈肌训练、膈神经电

表2 试验组和观察组干预前后比较

( $\bar{x} \pm s$ )

| 超声参数                     | 试验组        |                         | 观察组        |                         | P     |       |
|--------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|-------|-------|
|                          | 干预前        | 干预后                     | 干预前        | 干预后                     | P1    | P2    |
| DE(mm)                   | 8.59±3.08  | 9.44±1.83               | 7.94±2.53  | 10.25±1.71              | 0.621 | 0.329 |
| Dtee <sup>R</sup> (mm)   | 1.24±0.13  | 1.27±0.09               | 1.26±0.13  | 1.27±0.14               | 0.797 | 0.952 |
| Dtei <sup>R</sup> (mm)   | 1.46±0.13  | 1.52±0.10               | 1.47±0.09  | 1.53±0.11               | 0.923 | 0.749 |
| DTF <sup>R</sup> (%)     | 17.65±5.63 | 19.87±3.45              | 16.93±9.83 | 21.46±8.96              | 0.850 | 0.624 |
| Dtee <sup>L</sup> (mm)   | 1.23±0.09  | 1.26±0.10               | 1.23±0.21  | 1.24±0.10               | 0.965 | 0.562 |
| Dtei <sup>L</sup> (mm)   | 1.50±0.14  | 1.54±0.11               | 1.46±0.23  | 1.55±0.15               | 0.681 | 0.851 |
| DTF <sup>L</sup> (%)     | 21.45±8.87 | 21.62±8.18              | 19.15±5.03 | 24.99±9.25              | 0.490 | 0.415 |
| Dtee <sup>MIN</sup> (mm) | 1.17±0.05  | 1.21±0.06               | 1.17±0.18  | 1.20±0.08               | 0.959 | 0.742 |
| Dtee <sup>MAX</sup> (mm) | 1.31±0.11  | 1.32±0.08               | 1.32±0.11  | 1.31±0.13               | 0.862 | 0.811 |
| Dtei <sup>MIN</sup> (mm) | 1.39±0.06  | 1.46±0.08               | 1.39±0.19  | 1.49±0.11               | 0.960 | 0.568 |
| Dtei <sup>MAX</sup> (mm) | 1.57±0.12  | 1.59±0.08               | 1.53±0.12  | 1.60±0.13               | 0.522 | 0.958 |
| DTF <sup>MIN</sup> (%)   | 15.52±4.30 | 17.88±3.12 <sup>②</sup> | 12.45±4.90 | 17.68±6.11 <sup>②</sup> | 0.167 | 0.930 |
| DTF <sup>MAX</sup> (%)   | 23.57±7.96 | 23.61±7.24              | 23.63±5.58 | 28.77±8.20              | 0.986 | 0.166 |

注:DE为膈肌移动度;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。R代表右侧,L代表左侧,MIN取左右两侧的较小值,MAX取左右两侧的较大值。①采用Logrank法,其余采用t检验。P1值为干预前两组比较,P2为干预后两组比较,②为组内干预前后配对t检验P<0.05。

表3 撤机困难组、撤机成功组、最终撤机成功组末次撤机流程前膈肌参数比较

( $\bar{x} \pm s$ )

| 参数                       | 撤机困难组(n=20) | 撤机成功组(n=69) | 最终撤机成功组(n=18) | P <sup>②</sup> | P <sup>③</sup> |
|--------------------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|
| <b>一般情况</b>              |             |             |               |                |                |
| 性别(男/女) <sup>①</sup>     | 16/4        | 55/14       | 14/4          | 0.857          | 0.977          |
| 年龄(月)                    | 85.35±15.71 | 87.38±15.37 | 84.94±16.43   | 0.557          | 0.607          |
| <b>超声参数</b>              |             |             |               |                |                |
| DE(mm)                   | 8.09±2.77   | 9.42±2.22   | 9.94±1.79     | 0.366          | 0.028          |
| Dtee <sup>R</sup> (mm)   | 1.24±0.15   | 1.30±0.24   | 1.26±0.10     | 0.440          | 0.249          |
| Dtei <sup>R</sup> (mm)   | 1.44±0.13   | 1.61±0.32   | 1.52±0.22     | 0.257          | 0.026          |
| DTF <sup>R</sup> (%)     | 17.52±7.77  | 23.77±9.99  | 21.49±6.05    | 0.359          | 0.012          |
| Dtee <sup>L</sup> (mm)   | 1.21±0.17   | 1.29±0.22   | 1.25±0.10     | 0.490          | 0.166          |
| Dtei <sup>L</sup> (mm)   | 1.45±0.22   | 1.60±0.29   | 1.54±0.13     | 0.393          | 0.033          |
| DTF <sup>L</sup> (%)     | 19.52±7.53  | 24.41±7.65  | 23.41±8.94    | 0.635          | 0.013          |
| Dtee <sup>MIN</sup> (mm) | 1.15±0.15   | 1.21±0.21   | 1.20±0.07     | 0.826          | 0.248          |
| Dtee <sup>MAX</sup> (mm) | 1.29±0.14   | 1.38±0.22   | 1.31±0.10     | 0.182          | 0.117          |
| Dtei <sup>MIN</sup> (mm) | 1.36±0.17   | 1.50±0.27   | 1.47±0.09     | 0.667          | 0.045          |
| Dtei <sup>MAX</sup> (mm) | 1.53±0.15   | 1.71±0.29   | 1.59±0.11     | 0.094          | 0.008          |
| DTF <sup>MIN</sup> (%)   | 13.50±4.98  | 18.78±5.74  | 18.40±4.09    | 0.790          | 0.000          |
| DTF <sup>MAX</sup> (%)   | 23.53±6.44  | 29.40±8.28  | 26.51±8.18    | 0.189          | 0.004          |

注:超声参数同表2。①采用 $\chi^2$ 检验,其余采用两独立样本t检验。②为最终撤机成功组与撤机成功组比较。③为撤机困难组与撤机成功组比较。

刺激及膈肌手法治疗三方面进行<sup>[19]</sup>,前两者居多。膈肌训练主要是吸气肌力量训练<sup>[20]</sup>,即为患者提供吸气气流阻力负荷或吸气压力阈值负荷进行抗阻吸气训练。显然,并不适用于带机患儿。EDP<sup>[12]</sup>也较为常用,长期疗效虽有报导<sup>[21-22]</sup>,但报导即时直观效应的却仅限于植入式膈肌起搏器<sup>[12,23]</sup>。本研究并未发现EDP干预的即时效应,也许与EDP定位精确度要求高,结果假阳性率高<sup>[24]</sup>相关,运用神经电生理技术可能记录到即时效应<sup>[24]</sup>,对于意识不清的患儿,EDP不失为一种可尝试的干预项目。本研究选取3种膈肌手法干预项目,均可在带机仰卧位下进行。操作中发现,不同个体对这3种干预项目有不同敏感性。膈肌呼吸训练实质为吸气相伴有触觉反馈的膈肌和肋间外肌的力量训练。膈肌拉伸术实质为吸气相抑制肋间外肌协同作用的膈肌力量训练。手动膈肌释放术实质为在呼气相抑制肋间内肌协调作用促进腹壁肌收缩使膈顶上升充分,膈肌舒张完全。操作中发现患儿多数对膈肌呼吸训练敏感,与其提供了触觉反馈相关,患儿能较易理解指令。对于惯用胸式呼吸的患儿,对膈肌呼吸训练并不敏感,往往需要借助于膈肌拉伸术过度到腹式呼吸。对于极少数横膈上抬不全或经常伴发呃逆等膈肌痉挛的患儿,手动膈肌释放术不失为一种可尝试的手法。

本研究发现,在撤机成功组与撤机困难组之间,在撤机困难组干预前后,均发现有DTF<sup>MIN</sup>的显著变化,而膈肌移动度并无显著差异。选择膈肌厚度作为监测指标,主要是因为膈肌移动度反映的是呼吸过程中胸廓容量的变化,这种移动可能是膈肌主动移动,也可能是胸腹腔脏器或者胸廓运动带动的被动移动,DTF反映膈肌自主收缩的能力<sup>[25]</sup>,诊断价值最佳<sup>[26]</sup>,本研究也表明DTF<sup>MIN</sup>与患儿能否撤机成功密切相关。另外,超声监测中,左侧因较易受胃和肠内气体的影响,较难测得移动度指标<sup>[27]</sup>。而且由于超声与干预同时进行,手法影响5MHz超声探头位置摆放,导致移动度无法测量。

在撤机流程前进行膈肌功能评估有着重要意义。目前,已经初步建立了成人膈肌超声预测撤机的功能参数<sup>[28]</sup>,并有具体界值用于临床撤机参考<sup>[29-30]</sup>。膈肌超声同样可用于监测儿童膈肌功能的变化<sup>[31]</sup>,但无可参考的撤机界值,目前儿童撤机条件

指南中并未包括膈肌功能。本研究提示膈肌功能参数预测撤机,同样也适用于儿童。在重症患儿的呼吸干预过程中,可运用膈肌超声监测膈肌功能,直到到达或接近撤机成功组的功能状态后,再尝试撤机,避免过早过迟撤机带来的损伤<sup>[7,32]</sup>。

当然,本研究纳入病例数较少,因为临床工作的缘故,膈肌功能监测时间距离撤机流程实施时间不能限于30min内。本研究的膈肌功能参数尚不能精确提示儿童撤机成功几率,膈肌功能具体参数与儿童撤机成功率之间的关系,尚需后续进一步研究。

#### 4 结论

在超声引导下对撤机失败儿童进行膈肌手法干预,调整干预项目,实现个体化针对性干预,能有效减少带机时间。建议可将膈肌超声运用于康复介入的始终,时刻掌握膈肌功能动态,了解目标差距。

#### 参考文献

- [1] Du B, An Y, Kang Y, et al. Characteristics of critically ill patients in ICUs in mainland China[J]. Crit Care Med, 2013, 41(1): 84—92.
- [2] Johnson RW, Ng KWP, Dietz AR, et al. Muscle atrophy in mechanically-ventilated critically ill children[J]. PLoS One, 2018, 13(12): e0207720.
- [3] Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2004, 169(3): 336—341.
- [4] BJ P, SN H. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction: what have we learned?[J]. Current Opinion in Critical Care, 2016, 22(1): 67—72.
- [5] WY K, HJ S, SB H, et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation[J]. Critical Care Medicine, 2011, 39(12): 2627—2630.
- [6] Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes[J]. Crit Care Med, 2003, 31(11): 2657—2664.
- [7] Mastropietro CW, Cashen K, Grimaldi LM, et al. Extubation failure after neonatal cardiac surgery: a multicenter analysis[J]. J Pediatr, 2017, 182: 190—196 e194.
- [8] 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.

- [9] Medeiros AIC, Brandao DC, Souza RJP, et al. Effects of daily inspiratory muscle training on respiratory muscle strength and chest wall regional volumes in haemodialysis patients: a randomised clinical trial[J]. *Disabil Rehabil*, 2018; 1—8.
- [10] Nair A, Alaparthi GK, Krishnan S, et al. Comparison of diaphragmatic stretch technique and manual diaphragm release technique on diaphragmatic excursion in chronic obstructive pulmonary disease: a randomized crossover trial[J]. *Pulm Med*, 2019, 2019: 6364376.
- [11] 陈伟明, 陆国平. 儿童机械通气撤机管理[J]. *中国小儿急救医学*, 2016, 23(6): 369—374.
- [12] 唐文庆, 张瑞娣, 殷稚飞. 体外膈肌起搏在膈肌功能障碍中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(11): 871—874.
- [13] Yamaguti WP, Claudino RC, Neto AP, et al. Diaphragmatic breathing training program improves abdominal motion during natural breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2012, 93(4): 571—577.
- [14] Rocha T, Souza H, Brandao DC, et al. The manual diaphragm release technique improves diaphragmatic mobility, inspiratory capacity and exercise capacity in people with chronic obstructive pulmonary disease: a randomised trial[J]. *J Physiother*, 2015, 61(4): 182—189.
- [15] Subira C, Hernandez G, Vazquez A, et al. Effect of pressure support vs t-piece ventilation strategies during spontaneous breathing trials on successful extubation among patients receiving mechanical ventilation: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2019, 321(22): 2175—2182.
- [16] Zhou P, Zhang Z, Hong Y, et al. The predictive value of serial changes in diaphragm function during the spontaneous breathing trial for weaning outcome: a study protocol[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(6): e015043.
- [17] Blumhof S, Wheeler D, Thomas K, et al. Change in diaphragmatic thickness during the respiratory cycle predicts extubation success at various levels of pressure support ventilation[J]. *Lung*, 2016, 194(4): 519—525.
- [18] JF D, TP M, SH M, et al. Daily cost of an intensive care unit day: the contribution of mechanical ventilation[J]. *Critical Care Medicine*, 2005, 33(6): 1266—1271.
- [19] 杨名珍, 李放. 膈肌功能研究进展[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41(8): 623—626.
- [20] 张玮淞, 邢艳丽, 范星月. 脑卒中患者吸气肌力量训练理论依据及临床研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(11): 1317—1320.
- [21] 古菁, 黄怀, 沈丹彤, 等. 体外膈肌起搏器对脑卒中机械通气患者的疗效观察[J]. *中华神经医学杂志*, 2018, 17(12): 1245—1249.
- [22] 鄢茵, 邵秀芹, 冯珍, 等. 体外膈肌起搏器联合呼吸训练对颈段脊髓损伤患者肺功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33(9): 1094—1096.
- [23] 杨明亮, 赵红梅, 李建军, 等. 植入式膈肌起搏器在高位颈髓损伤患者中的应用经验及文献分析[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2018, 41(9): 718—723.
- [24] 周停, 王红星. 膈肌功能神经电生理评定的应用进展[J]. *中国康复*, 2018, 33(5): 513—516.
- [25] Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity[J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41(4): 642—649.
- [26] 黄秋霞, 林宁, 张慧珍, 等. 超声评价慢性阻塞性肺疾病患者膈肌运动异常[J]. *中国医学影像技术*, 2019, 35(10): 1513—1516.
- [27] Soilemezi E, Tsagourias M, Talias MA, et al. Sonographic assessment of changes in diaphragmatic kinetics induced by inspiratory resistive loading[J]. *Respirology*, 2013, 18(3): 468—473.
- [28] Turton P, S AL, Welters I. A narrative review of diaphragm ultrasound to predict weaning from mechanical ventilation: where are we and where are we heading?[J]. *Ultrasound J*, 2019, 11(1): 2.
- [29] Li C, Li X, Han H, et al. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: A meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(22): e10968.
- [30] Llamas-Alvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Perez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis[J]. *Chest*, 2017, 152(6): 1140—1150.
- [31] Dionisio MT, Rebelo A, Pinto C, et al. [Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in paediatrics][J]. *Acta Med Port*, 2019, 32(7-8): 520—528.
- [32] Kapnadak SG, Herndon SE, Burns SM, et al. Clinical outcomes associated with high, intermediate, and low rates of failed extubation in an intensive care unit[J]. *J Crit Care*, 2015, 30(3): 449—454.