

## · 临床经验 ·

## 全麻手术肌松恢复过程中超声下膈肌厚度变化与四个成串刺激的相关性

吴雪梅 邓岩军 朱紫薇 谢红

四个成串刺激(train of four stimulation, TOF)肌松监测是指导全麻术后拔管的常用指标之一,具有更准确把握拔管时机,减少麻醉药物用量,缩短苏醒时间,降低低氧血症发生率等优势<sup>[1]</sup>。全麻术后呼吸功能的恢复是成功拔管的关键。由于全身骨骼肌对肌松药的敏感性不同,临床上监测肌张力常用拇内收肌,但并不能完全反映呼吸肌的张力。膈肌作为最重要的呼吸肌,其承担着 60%~80% 的呼吸肌做功负荷。如何评价膈肌功能,进而指导全麻术后拔管是需要研究的临床课题。超声由于其无创、连续性等特点,已应用于临床麻醉工作中,目前采用超声来评价膈肌功能越来越广泛<sup>[2~3]</sup>。本研究对肌松恢复过程中,超声测量膈肌厚度变化与 TOF 相关性进行研究,以期用膈肌厚度变化代表肌松恢复程度指导全麻术后拔管提供参考。

## 资料与方法

**一般资料** 经我院伦理委员会同意以及试验对象签署知情同意书后,选择 30 例拟在全身麻醉下行择期四肢手术,男女不限,ASA I 或 II 级,预计手术出血量 $<5$  ml/kg 及手术时间 $<2$  h 的患者。排除标准:(1)伴有严重的神经肌肉传导功能障碍;(2)近期使用过影响神经肌肉传导的药物;(3)3 个月内有肌松监测部位外伤,手术者;(4)既往有呼吸系统疾病史,胸腔脏器手术史,胸廓畸形,慢性代谢性疾病、胸腔积液或巨大肿瘤等影响膈肌功能者;(5)术前合并心肺功能不全,严重水和电解质紊乱者。

**麻醉方法** 患者入室后于前臂开放静脉通路,滴注复方乳酸钠  $5$  ml $\cdot$ kg<sup>-1</sup> $\cdot$ h<sup>-1</sup>,常规监测无创 BP、ECG、SpO<sub>2</sub> 和 BIS。麻醉诱导静注丙泊酚  $2.5$  mg/kg、芬太尼  $5$   $\mu$ g/kg,待 BIS 降到 60 以下,进行肌松监测定标。T1 及 TOF 稳定后,静注罗库溴铵  $0.6$  mg/kg。T1=0 后气管插管,调整呼吸参数为容量控制通气, V<sub>T</sub>  $8\sim 10$  ml/kg, RR  $12\sim 18$  次/分,维持 P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>  $35\sim 45$  mm Hg。麻醉维持采用丙泊酚  $4$  mg $\cdot$ kg<sup>-1</sup> $\cdot$ h<sup>-1</sup> 和瑞芬太尼  $1.0$   $\mu$ g $\cdot$ kg<sup>-1</sup> $\cdot$ min<sup>-1</sup> 持续输注。

**肌松监测** 采用 TOF-Watch SX 肌松监测仪,肌松监测仪电极位置:远端电极置于尺侧腕曲肌桡侧缘与手腕曲线近侧缘的交点,近侧电极可置于远侧电极  $3\sim 6$  cm 处,将两枚电极放置在预计的尺神经位置的两侧,可以减小因对神经位

置判断失误所造成的影响。肌松监测仪换能器位置:换能器应放置在拇指最平坦处,必须垂直于移动方向,换能器导线应当固定在不受肌肉收缩影响并不妨碍拇指移动的位置上,且换能器置于拇指越远端,其加速度信号越强。待患者 TOF 恢复至 90% 以上且意识状态良好时,拔出气管导管<sup>[4]</sup>。

**超声测量膈肌厚度** 使用 B 型超声测量膈肌厚度时,将  $5\sim 12$  MHz 线阵超声探头放置在右侧腋中线  $8\sim 10$  肋间,此处为膈肌在肋骨的附着点(zone of apposition, ZAP)。在呼吸运动中,ZAP 处膈肌相对固定,呼吸运动对膈肌此处运动影响较小,膈肌仅表现为收缩舒张改变。故对 ZAP 处膈肌厚度进行测量,能够真实反映呼吸周期膈肌总体厚度变化<sup>[5]</sup>(图 1)。

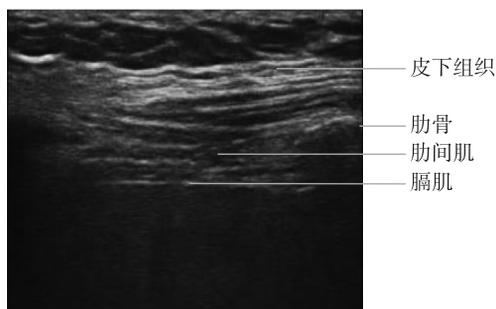


图 1 膈肌超声图像

**观察指标** 分别在麻醉诱导前、肌松药完全起效(TOF 为 0)、TOF 开始恢复至 25%、50%、75%、90% 和 100% 时超声测量呼气末膈肌厚度(Tdi)计算相应时间点膈肌厚度恢复率  $\Delta Tdi = \text{呼气末 Tdi} / \text{诱导前呼气末 Tdi} \times 100\%$ 。

**统计分析** 采用 SPSS 18.0 软件进行统计处理。计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用秩和检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

本研究选择 30 例患者,男 19 例,女 11 例,年龄( $47.33 \pm 11.42$ )岁,体重( $61.37 \pm 7.84$ )kg, BMI( $21.83 \pm 1.75$ )kg/m<sup>2</sup>。

与肌松药完全起效时比较,麻醉诱导前、TOF 开始恢复至 75%、90% 和 100% 时 Tdi 和  $\Delta Tdi$  明显增加( $P < 0.05$ ), TOF 开始恢复至 25%、50% 时 Tdi 和  $\Delta Tdi$  差异无统计学意义(图 2,3)。

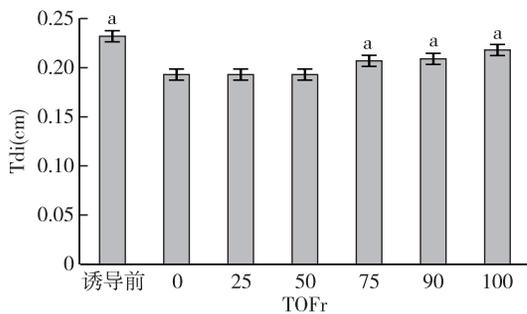
## 讨 论

超声评估膈肌功能因其具有实时、无创、价格便宜、无放射性、可重复检测、高灵活性等优点,非常适合临床围术期

DOI: 10.12089/jca.2018.01.020

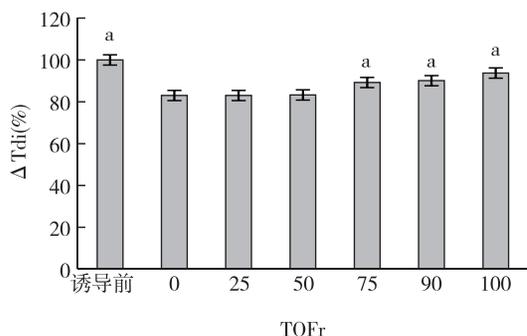
作者单位:215000 苏州大学附属第二医院麻醉科(吴雪梅、朱紫薇、谢红);苏州科技城医院麻醉及围术期医学科(邓岩军)

通信作者:谢红, Email: hongx93044@hotmail.com



注:与 TOF 为 0 时比较, \* $P < 0.05$

图 2 TOF 值与膈肌厚度 Tdi 的比较



注:与 TOF 为 0 时比较, \* $P < 0.05$

图 3 TOF 值与膈肌厚度恢复率 ΔTdi 的比较

边快速检测。超声的频率决定了其穿透组织的能力与图像的精确性,高频探头适用于浅表组织成像,低频探头则适用于深部组织成像,5~15 MHz 频率的超声则能够清楚观察到膈肌形态及其运动<sup>[6]</sup>。膈肌的体积由长度、宽度和厚度决定。体积固定,宽度与胸腔周长相关,吸气时宽度不变,故长度与厚度成反比。因此,通过超声检测膈肌厚度变化即能评估膈肌长度变化。同时,根据肌肉收缩时长度-张力曲线可知,吸气后,膈肌收缩,张力保持不变,肌纤维变短,膈肌厚度明显增加,提示膈肌厚度变化能反映膈肌收缩功能<sup>[7]</sup>。

解剖学上,附着于第 8~10 肋间的膈肌部分,在呼吸运动中相对固定,能够真实反映呼吸周期中膈肌总体厚度变化<sup>[5]</sup>。膈肌的右侧部分紧贴肝脏,左侧部分紧贴脾脏,使用 B 型超声透过肝脏和脾脏可以清晰的观察到膈肌形态及其运动。然而,有研究报道,超声观察左侧膈肌形态及其运动的成功率最低时只有 21.5%。主要由于左侧膈肌的下方为胃,胃是空腔脏器,常因含有气体,而对膈肌的超声图像造成干扰,且脾脏作为参照窗明显小于肝脏而影响检测<sup>[8]</sup>。故本研究将线阵探头置于右侧腋中线 8~10 肋间,垂直于胸壁,记录膈肌图像。与其他任何检查相同,超声观察膈肌活动也存在着操作人员影响因素。为减小这种因操作产生的影响,本研究的操作人员接受了专业培训。同时,在获取膈肌图像时,每个时间点均留存 3 张图像,每张图像进行 2 次测量,取其平均值,从而减小数据误差。采用上述操作方法,在本研究的 30 例受试者身上,均得到满意的超声图像。

本研究仅在超声下测量了呼气末膈肌厚度及膈肌厚度恢复率,而未采集吸气末相关数据,考虑到在全麻机械通气

状态下,吸气末膈肌厚度可能受麻醉机相关参数设置的影响,而呼气末膈肌厚度相对稳定,更能反应膈肌本身的功能,对评估膈肌功能恢复更有意义。

研究表明,在全麻手术中使用肌松监测仪可以较早确认残余肌松与肌松拮抗时机,较快、较平稳拔除气管导管。一般认为,当  $T_4/T_1 > 70\%$  时,患者的呼吸功能基本恢复,绝大多数患者能维持抬头、握拳、睁眼等动作, $T_4/T_1 > 70\%$  可作为肌松作用消退的指标。但近年来的研究显示,在  $T_4/T_1 > 70\%$  时肌松恢复并不充分,因此有人提出将神经肌肉恢复标准定为  $T_4/T_1 \geq 90\%$ <sup>[4,9]</sup>。本研究显示,呼气末膈肌厚度与 TOF 值呈正相关,且膈肌厚度恢复率与 TOF 值呈显著正相关,证实超声下膈肌厚度变化与呼吸恢复同步。在 TOF 值为 0%~50% 间,膈肌厚度未发生明显改变,但当 TOF 值为 75% 开始,呼气末膈肌厚度明显增加,当 TOF 值为 90% 和 100% 时,呼气末膈肌厚度显著增加,自主呼吸出现,成功拔除气管导管。膈肌厚度变化率虽小于诱导前,但已有大幅增加,且膈肌厚度恢复率  $> 90\%$ ,提示膈肌功能已基本恢复。因此,超声下膈肌厚度变化对指导全麻术后拔管具有一定的预测价值。

综上所述,伴随 TOF 的逐渐恢复,呼气末膈肌厚度和呼气末膈肌厚度恢复率也呈一定比例的恢复,两者呈正相关。因而超声下膈肌厚度变化可作为指导全麻术后拔管的一个临床指标。

参 考 文 献

- [1] Carron M. Sugammadex after the reappearance of four twitches during train-of-four stimulation: monitoring and dose considerations. *Anesthesiology*, 2014, 120(2): 508-508.
- [2] Criner GJ. Measuring diaphragm shortening using ultrasonography to predict extubation success. *Thorax*, 2014, 69(5): 402-404.
- [3] Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*, 2015, 41(4): 642-649.
- [4] Pongrácz A, Szatmári S, Nemes R, et al. Reversal of neuromuscular blockade with sugammadex at the reappearance of four twitches to train-of-four stimulation. *Anesthesiology*, 2013, 119(1):36-42.
- [5] DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*, 2014, 69(2): 423-427.
- [6] Ursprung E, Oren-Grinberg A. Point-of-Care ultrasound in the perioperative period. *Int Anesthesiol Clin*, 2016, 54(1): 1-21.
- [7] Lerolle N, Diehl JL. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic function. *Crit Care Med*, 2011, 39(12): 2760-2761.
- [8] Grosu HB, Lee YI, Lee J, et al. Diaphragm muscle thinning in patients who are mechanically ventilated. *Chest*, 2012, 142(6): 1455-1460.
- [9] 阎雁宏, 薛纪秀, 马艳辉, 等. 顺式阿曲库铵的血药浓度与 TOF 的相关性分析. *北京医学*, 2014, 36(8): 632-634.

(收稿日期:2017-06-08)