

低水平辅助通气与T管法对机械通气患者撤机时呼吸力学的影响比较

王诗雅¹ 蒋振杰¹ 张宝珠¹ 陆广生² 王志敏³ 林志敏¹

陈强¹ 杨淳¹ 孙庆文¹ 阮红莲⁴ 徐远达¹

¹广州医科大学附属第一医院重症医学科,广州呼吸健康研究院,广东广州 510120; ²肇庆市第一人民医院重症医学科,广东肇庆 526000; ³广州医科大学附属第五医院重症医学科,广东广州 510700; ⁴广州医科大学公共卫生教研室,广东广州 510030

通信作者:徐远达, Email: xuyuanda@sina.com

【摘要】 目的 有创机械通气患者在拔管前3 d内进行自主呼吸试验(SBT)时应用低水平辅助通气与T管法对呼吸力学差异的比较。方法 采用回顾性观察性研究方法。纳入2018年12月至2020年6月广州医科大学附属第一医院重症医学科收治的有创机械通气时间超过72 h、病情稳定且进入撤机阶段的25例困难撤机或延迟撤机患者作为研究对象,共收集到119例次呼吸力学指标,根据数据收集时使用的通气模式分为低水平辅助通气组和T管组。比较两组不同通气模式相关呼吸力学指标如食道压(Pes)、胃内压(Pga)、跨膈压(Pdi)、最大跨膈压(Pdimax)、Pdi/Pdimax比值、食道压-时间乘积(PTPes)、胃内压-时间乘积(PTPga)、跨膈压-时间乘积(PTPdi)、膈肌肌电(EMGdi)、膈肌肌电最大值(EMGdimax)、PTPdi/PTPes比值、Pes/Pdi比值、吸气时间(Ti)、呼气时间(Te)、呼吸周期(Ttot)的差异。结果 与T管组比较,低水平辅助通气组有更高的Pes、PTPes、PTPdi/PTPes比值、Pes/Pdi比值和Te [Pes(cmH₂O, 1 cmH₂O=0.098 kPa): 2.84(-1.80, 5.83)比-0.94(-8.50, 2.06), PTPes(cmH₂O·s·min⁻¹): 1.87(-2.50, 5.93)比-0.95(-971, 2.56), PTPdi/PTPes比值: 0.07(-1.74, 1.65)比-1.82(-4.15, -1.25), Pes/Pdi比值: 0.17(-0.43, 0.64)比-0.47(-0.65, -0.11), Te(s): 1.65(1.36, 2.18)比1.33(1.05, 1.75), 均P<0.05]; 而T管组与低水平辅助通气组Pga、Pdi、Pdimax、Pdi/Pdimax比值、PTPga、PTPdi、EMGdi、EMGdimax、Ti、Ttot比较差异均无统计学意义 [Pga(cmH₂O): 6.96(3.54, 7.60)比7.74(4.37, 11.30), Pdi(cmH₂O): 9.24(4.58, 17.31)比6.18(2.98, 11.96), Pdimax(cmH₂O): 47.20(20.60, 52.30)比29.95(21.50, 47.20), Pdi/Pdimax比值: 0.25(0.01, 0.34)比0.25(0.12, 0.41), PTPga(cmH₂O·s·min⁻¹): 7.20(2.54, 9.97)比7.97(5.74, 13.07), PTPdi(cmH₂O·s·min⁻¹): 12.15(2.95, 19.86)比6.87(2.50, 12.63), EMGdi(μV): 0.05(0.03, 0.07)比0.04(0.02, 0.06), EMGdimax(μV): 0.07(0.05, 0.09)比0.07(0.04, 0.09), Ti(s): 1.20(0.95, 1.33)比1.07(0.95, 1.33), Ttot(s): 2.59(2.22, 3.09)比2.77(2.35, 3.24), 均P>0.05]。结论 机械通气患者撤机行SBT时使用T管法较低水平辅助通气法增加了呼吸作功,因此行SBT过程中应避免长时间使用T管。

【关键词】 有创机械通气; 低水平辅助通气; T管; 呼吸力学

基金项目: 国家自然科学基金(81490534); 国家临床重点专科建设项目(2011-872); 广州呼吸健康研究院/广州医科大学附属第一医院国家临床研究中心临床自主探索项目(2019GIRHZ10)

临床试验注册: 中国临床试验注册中心, ChiCTR 2100044634

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201026-00686

Comparison of the effects between low-level assisted ventilation and T-piece method on respiratory mechanics during weaning of mechanically ventilated patients

Wang Shiya¹, Jiang Zhenjie¹, Zhang Baozhu¹, Lu Guangsheng², Wang Zhimin³, Lin Zhimin¹, Chen Qiang¹, Yang Chun¹, Sun Qingwen¹, Ruan Honglian⁴, Xu Yuanda¹

¹Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou Institute of Respiratory Health, Guangzhou 510120, Guangdong, China; ²Department of Critical Care Medicine, First People's Hospital of Zhaoqing, Zhaoqing 526000, Guangdong, China; ³Department of Critical Care Medicine, the Fifth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510700, Guangdong, China; ⁴Guangzhou Medical University, Public Health Teaching and Research Office, Guangzhou 510030, Guangdong, China

Corresponding author: Xu Yuanda, Email: xuyuanda@sina.com

【Abstract】 Objective To compare the difference of low-level assisted ventilation and T-piece method on respiratory mechanics of patients with invasive mechanical ventilation during spontaneous breathing trial (SBT) within 3 days before extubation. **Methods** A retrospective observational study was conducted. Twenty-five patients with difficulty in weaning or delayed weaning from invasive mechanical ventilation who were admitted to department of critical care medicine of the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University from December 2018 to June 2020, and were in stable condition and entered the weaning stage after more than 72 hours of invasive mechanical

ventilation were studied. A total of 119 cases of respiratory mechanical indexes were collected, which were divided into the low-level assisted ventilation group and the T-piece group according to the ventilator method and parameters used during the data collection. The different ventilation modes related respiratory mechanics indexes such as the esophageal pressure (Pes), the gastric pressure (Pga), the transdiaphragmatic pressure (Pdi), the maximum Pdi (Pdimax), Pdi/Pdimax ratio, the esophageal pressure-time product (PTPes), the gastric pressure-time product (PTPga), the transdiaphragmatic pressure-time product (PTPdi), the diaphragmatic electromyography (EMGdi), the maximum diaphragmatic electromyography (EMGdimax), PTPdi/PTPes ratio, Pes/Pdi ratio, the inspiratory time (Ti), the expiratory time (Te) and the total time respiratory cycle (Ttot) at the end of monitoring were recorded and compared between the two groups. **Results** Compared with the T-piece group, Pes, PTPes, PTPdi/PTPes ratio, Pes/Pdi ratio and Te were higher in low-level assisted ventilation group [Pes (cmH₂O, 1 cmH₂O = 0.098 kPa): 2.84 (-1.80, 5.83) vs. -0.94 (-8.50, 2.06), PTPes (cmH₂O · s · min⁻¹): 1.87 (-2.50, 5.93) vs. -0.95 (-9.71, 2.56), PTPdi/PTPes ratio: 0.07 (-1.74, 1.65) vs. -1.82 (-4.15, -1.25), Pes/Pdi ratio: 0.17 (-0.43, 0.64) vs. -0.47 (-0.65, -0.11), Te (s): 1.65 (1.36, 2.18) vs. 1.33 (1.05, 1.75), all *P* < 0.05], there were no significant differences in Pga, Pdi, Pdimax, Pdi/Pdimax ratio, PTPga, PTPdi, EMGdi, EMGdimax, Ti and Ttot between the T-piece group and the low-level assisted pressure ventilation group [Pga (cmH₂O): 6.96 (3.54, 7.60) vs. 7.74 (4.37, 11.30), Pdi (cmH₂O): 9.24 (4.58, 17.31) vs. 6.18 (2.98, 11.96), Pdimax (cmH₂O): 47.20 (20.60, 52.30) vs. 29.95 (21.50, 47.20), Pdi/Pdimax ratio: 0.25 (0.01, 0.34) vs. 0.25 (0.12, 0.41), PTPga (cmH₂O · s · min⁻¹): 7.20 (2.54, 9.97) vs. 7.97 (5.74, 13.07), PTPdi (cmH₂O · s · min⁻¹): 12.15 (2.95, 19.86) vs. 6.87 (2.50, 12.63), EMGdi (μV): 0.05 (0.03, 0.07) vs. 0.04 (0.02, 0.06), EMGdimax (μV): 0.07 (0.05, 0.09) vs. 0.07 (0.04, 0.09), Ti (s): 1.20 (0.95, 1.33) vs. 1.07 (0.95, 1.33), Ttot (s): 2.59 (2.22, 3.09) vs. 2.77 (2.35, 3.24), all *P* > 0.05]. **Conclusions** When mechanically ventilated patients undergo SBT, the use of T-piece method increases the work of breathing compared with low-level assisted ventilation method. Therefore, long-term use of T-piece should be avoided during SBT.

【Key words】 Invasive mechanical ventilation; Low-level assisted ventilation; T-piece; Respiratory mechanics

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81490534); National Key Clinical Specialties Construction Project of China (2011-872); Guangzhou Institute of Respiratory Health/Clinical Independent Exploration Project of National Clinical Research Center of the First Hospital of Guangzhou Medical University (2019GIRHZ10)

Trial Registration: Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR 2100044634

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20201026-00686

调查显示,重症监护病房(intensive care unit, ICU)中需要接受机械通气的患者比例约为40%^[1],成功撤离呼吸机是至关重要的。自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)是评估患者自主呼吸耐受能力、预测撤机成功最常用的方法,其中T管法和低水平压力支持通气(pressure support ventilation, PSV)是SBT最常使用的方式^[2]。近年来,虽然浅快呼吸指数(rapid shallow fast breathing index, RSBI)、膈肌运动速度、膈肌缩短分数等均被用于评估拔管成功率^[3-5],且有不同的优化撤机方案被提出,但仍有10%~20%的患者在第一次撤机时以失败而告终,并伴随着不良的结局,包括25%~50%的高病死率^[6]。为什么拔管成功率在这么多监测指标情况下仍未得到有效的提高。本研究通过留置多功能监测鼻胃管,比较低水平辅助通气与T管法对患者呼吸力学的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用回顾性观察性研究方法,选择2018年12月至2020年6月入住本院重症医学科、使用有创机械通气时间超过72 h、病情稳定已进入撤机阶段的25例困难撤机、延迟撤机患者为研究对象。

1.1.1 入选标准:①年龄>18岁;②机械通气时间>72 h;③生命体征平稳;④已进入撤机阶段:原发疾病得到控制,氧合指数(PaO₂/FiO₂)>150~200 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)≤5~8 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),吸入氧浓度(fraction of inspiration oxygen, FiO₂)≤0.40~0.50, RSBI≤105, pH值≥7.25,咳嗽反射良好,血管活性药物或镇静镇痛药物的需要量少^[7];⑤困难撤机:第一次SBT失败,但拔管前SBT总次数<3次,或首次SBT至拔管时间<7 d^[8];⑥延迟撤机:首次SBT后7 d以上拔管或需要3次以上SBT才能成功撤机^[9]。

1.1.2 排除标准:①无自主呼吸;②血流动力学不稳定;③有留置多功能监测鼻胃管禁忌证:胃和食道病变与畸形;④严重出凝血功能异常;⑤幽门后喂养。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并通过本院医学伦理委员会批准(审批号:2020-159),治疗及监测均获得过患者或近亲属的知情同意。

1.2 研究分组:本研究纳入的25例患者共收集到119例次呼吸力学指标。根据数据收集时使用的通气模式分为T管组和低水平辅助通气组。

T管组模式包括:人工鼻吸氧和流速为20 L/min的经鼻高流量氧疗(high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC);低水平辅助通气组模式包括:低水平PSV(PEEP \leq 5 cmH₂O)、流速为40 L/min及60 L/min的HFNC。

1.3 试验方法:将多功能监测鼻胃管置于一侧鼻腔,当食管囊位于食道中下1/3时固定。于食管囊管注入0.8 mL空气、胃囊管注入1.0 mL空气时连接压力传感器,定标接Powerlab 32通道生物信号采集仪,采用Labchart 7软件固定好位置后动态监测呼吸力学等相关指标。本研究所有监测不影响患者日常治疗又可以动态观察食道压(esophageal pressure, Pes)和胃内压(gastric pressure, Pga),若在监测时出现以下情况则立即调回原模式、参数:①呼吸频率 $>$ 35次/min或 $<$ 10次/min,并持续5 min以上或呼吸困难,辅助呼吸肌参与呼吸;②脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂) $<$ 0.90;③心率 $>$ 140次/min或与基础心律比较,持续加快或减慢 $>$ 20%;④收缩压 $>$ 180 mmHg或 $<$ 90 mmHg;⑤意识改变;⑥新发的心肌缺血。

1.4 指标收集和方法

1.4.1 患者一般资料:收集患者性别、年龄、入院日期、ICU住院时间、总住院时间、有创机械通气时间、无创机械通气时间、急性生理学与慢性健康状况评分II(acute physiological and chronic health evaluation II, APACHE II)、序贯器官衰竭评分(sequential organ failure assessment, SOFA)、主要诊断等资料。

1.4.2 呼吸力学指标:收集患者拔管前3 d至拔管当天不同撤机方案下的呼吸力学指标(每调换一种撤机方案需持续监测60 min),包括相关压力指标Pes、Pga、跨膈压(transdiaphragmatic pressure, Pdi)、最大跨膈压(maximum Pdi, Pdimax)、Pdi/Pdimax比值,压力时间乘积相关指标跨膈压-时间乘积(transdiaphragmatic pressure-time product, PTPdi)、食道压-时间乘积

(esophageal pressure-time product, PTPes)、胃内压-时间乘积(gastric pressure-time product, PTPga)、PTPdi/PTPes比值、Pes/Pdi比值,膈肌电相关指标膈肌肌电(diaphragmatic electromyography, EMGdi)、膈肌肌电最大值(maximum diaphragmatic electromyography, EMGdimax),以及呼吸机参数吸气时间(inspiratory time, Ti)、呼气时间(expiratory time, Te)、呼吸周期(total time respiratory cycle, Ttot)。

1.5 统计学处理:使用SPSS 19.0统计软件分析数据。所有数据进行正态性分布检验,符合正态分布的计量数据以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用 t 检验;不符合正态性分布的计量数据以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示,采用Mann-Whitney U 检验;计数资料以例表示。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料:25例患者中男性19例,女性6例;平均年龄(69.36 ± 12.07)岁;慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)6例,单肺移植术后2例,双肺移植术后1例,重症肺炎11例,急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)5例;住院时间(44.72 ± 20.46)d,有创机械通气时间24.0(13.0, 41.5)d,无创机械通气时间2(2, 7)d,ICU住院时间29.0(17.0, 43.5)d,APACHE II评分(19.84 ± 5.82)分,SOFA评分(9.00 ± 3.96)分,预测体质量(predicted body weight, PBW)61.20(51.85, 63.00)kg,体质量指数(body mass index, BMI)为(22.29 ± 4.26)kg/cm²。入选患者最终拔管成功率达到81%。

2.2 呼吸力学指标

2.2.1 T管组与低水平辅助通气组相关压力指标的比较(表1):低水平辅助通气组Pes明显高于T管组($P<0.05$);两组Pga、Pdi、Pdimax、Pdi/Pdimax比值比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。

2.2.2 T管组与低水平辅助通气组压力时间乘积相

表1 T管组与低水平辅助通气组困难撤机或延迟撤机患者相关压力指标的比较[$M(Q_L, Q_U)$]

组别	Pes		Pga		Pdi		Pdimax		Pdi/Pdimax 比值	
	例数(例次)	数值(cmH ₂ O)	例数(例次)	数值(cmH ₂ O)	例数(例次)	数值(cmH ₂ O)	例数(例次)	数值(cmH ₂ O)	例数(例次)	数值
T管组	95	-0.94 (-8.50, 2.06)	88	6.96 (3.54, 7.60)	89	9.24 (4.58, 17.31)	80	47.20 (20.60, 52.30)	79	0.25 (0.01, 0.34)
低水平辅助 通气组	22	2.84 (-1.80, 5.83)	19	7.74 (4.37, 11.30)	19	6.18 (2.98, 11.96)	16	29.95 (21.50, 47.20)	16	0.25 (0.12, 0.41)
Z值		-2.316		-1.793		-0.940		-1.407		0.762
P值		0.021		0.073		0.347		0.159		0.448

注:Pes为食道压,Pga为胃内压,Pdi为跨膈压,Pdimax为最大跨膈压;1 cmH₂O=0.098 kPa

表2 T管组与低水平辅助通气组困难撤机或延迟撤机患者压力时间乘积相关指标的比较 [M(Q_L, Q_U)]

组别	PTPes		PTPga		PTPdi		PTPdi/PTPes 比值		Pes/Pdi 比值	
	例数 (例次)	数值 (cmH ₂ O·s·min ⁻¹)	例数 (例次)	数值 (cmH ₂ O·s·min ⁻¹)	例数 (例次)	数值 (cmH ₂ O·s·min ⁻¹)	例数 (例次)	数值	例数 (例次)	数值
T管组	22	-0.95 (-9.71, 2.56)	19	7.20 (2.54, 9.97)	19	12.15 (2.95, 19.86)	16	-1.82 (-4.15, -1.25)	16	-0.47 (-0.65, -0.11)
低水平辅助 通气组	95	1.87 (-2.50, 5.93)	79	7.97 (5.74, 13.07)	89	6.87 (2.50, 12.63)	86	0.07 (-1.74, 1.65)	86	0.17 (-0.43, 0.64)
Z值		-1.974		-1.388		-0.908		-2.690		-3.128
P值		0.048		0.165		0.364		0.007		0.002

注: PTPes 为食道压 - 时间乘积, PTPga 为胃内压 - 时间乘积, PTPdi 为跨膈压 - 时间乘积, Pes 为食道压, Pdi 为跨膈压

表3 T管组与低水平辅助通气组困难撤机或延迟撤机患者膈肌肌电相关指标和呼吸机相关参数的比较 [M(Q_L, Q_U)]

组别	EMGdi		EMGdimax		Ti		Te		Ttot	
	例数(例次)	数值(μV)	例数(例次)	数值(μV)	例数(例次)	数值(s)	例数(例次)	数值(s)	例数(例次)	数值(s)
T管组	85	0.05 (0.03, 0.07)	71	0.07 (0.05, 0.09)	84	1.20 (0.95, 1.33)	81	1.33 (1.05, 1.75)	81	2.59 (2.22, 3.09)
低水平辅助 通气组	23	0.04 (0.02, 0.06)	28	0.07 (0.04, 0.09)	22	1.07 (0.95, 1.33)	20	1.65 (1.36, 2.18)	20	2.77 (2.35, 3.24)
Z值		0.000		-0.176		-0.382		-2.224		-1.176
P值		1.000		0.861		0.703		0.026		0.240

注: EMGdi 为膈肌肌电, EMGdimax 为膈肌肌电最大值, Ti 为吸气时间, Te 为呼气时间, Ttot 为呼吸周期

关指标的比较(表2): 低水平辅助通气组 PTPes、PTPdi/PTPes 比值、Pes/Pdi 比值均明显高于 T 管组(均 $P < 0.05$); 两组 PTPga、PTPdi 比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

2.2.3 T管组与低水平辅助通气组膈肌肌电相关指标和呼吸机参数的比较(表3): 两组 EMGdi、EMDdimax、Ti、Ttot 比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$); 低水平辅助通气组 Te 明显高于 T 管组($P < 0.05$)。

3 讨论

Pes 的量化使得机械通气期间肌肉负荷水平个体化得以实现^[10], 并为撤机试验期间患者的评估提供了有用的临床工具。本研究表明, T 管组 Pes 多为负值, 低水平辅助通气组 Pes 以正值为主, 低水平辅助通气组 Pes 明显高于 T 管组, 提示低水平辅助通气组提供的呼吸支持较 T 管组大, 而两组 Pga 趋于稳定。有研究表明, Pdimax 可能成为预测行机械通气 COPD 急性加重期(acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, AECOPD) 患者脱机成功的一项指标^[11]。虽然本研究中两组 Pdi、Pdimax 比较差异均无统计学意义, 但与 T 管组比较, 低水平辅助通气组 Pdi、Pdimax 普遍偏低, 而 Pdi/Pdimax 稍高。有研究将 Pdi/Pdimax 与临界跨膈压(critical transdiaphragmatic pressure, Pdicrit) 结合, 当 Pdi/Pdimax < Pdicrit 时, 膈肌可以长久有效收缩而

不发生疲劳, 健康者的 Pdicrit 值为 0.4^[12]。本研究 T 管组 Pdi/Pdimax 比值较低水平辅助通气组降低, 但均小于 0.4, 提示入选患者膈肌耐力均可。本研究入选患者最终拔管成功率达到 81%。单个运动单位肌电图研究结果表明, 在 COPD 患者中, 随着通气量的增加, 吸气驱动力增加, 导致膈肌、胸骨旁肋间肌中运动单位的放电频率亦有所增加, 其中以膈肌中的放电频率增加最大^[13-14], 故 EMGdi 常作为评估膈肌神经肌肉活动的指标^[15]。本研究 T 管组与低水平辅助通气组 EMGdi、EMGdimax 比较差异均无统计学意义, 反映两组模式对患者膈肌肌电活动的影响无明显差异。

吸气负荷增加, 会导致 PTPdi 和 PTPes 增加^[16]。本研究显示, 与 Pes 分布相似, T 管组 PTPes 为负值, 而低水平辅助通气组则以正值居多; PTPga 稳定, T 管组 PTPdi 高于低水平辅助通气组, 但两组间比较差异无统计学意义。PTPdi 与膈肌氧耗量呈正相关, 主要反映膈肌所做的功^[17]; PTPes 反映所有呼吸肌肉所作的努力。T 管组膈肌作功高于低水平辅助通气组, PTPdi 增加了约 43.4%。压力时间乘积(pressure-time product, PTP) 是评价呼吸肌肉吸气努力、作功和氧耗的有效呼吸力学指标, 常被用于研究患者与呼吸机之间的相互效应, 在有创机械通气时, 可以通过测定呼吸功了解患者的压力水平^[18]。若呼吸机支持压力过小, 呼吸支持不充分将会加重

呼吸负荷,使呼吸肌、尤其是膈肌疲劳;而支持压力过大时,患者以呼吸机辅助呼吸为主,易导致膈肌失用性萎缩。危重症患者呼吸支持既要防止呼吸机过度支持,导致膈肌失用性萎缩,又应防止支持不足导致膈肌疲劳,呼吸氧耗增加。因此了解呼吸功能和呼吸机对患者的影响,监测并调整 PTP 对患者呼吸治疗及撤机均有重要指导作用。选择最佳通气方式和呼吸参数以指导呼吸支持治疗。

有研究显示,PSV 能在撤机时防止膈肌疲劳,同时允许膈肌自发活动,使用低水平 PSV 的患者呼吸功低于 T 管组,且更容易通过 SBT;用低水平 PSV 进行 SBT 能避免呼吸肌、尤其是膈肌的疲劳^[19-20]。也有研究表明,与 T 管比较,使用 PSV 进行 SBT 在 72 h 内成功拔管的比率显著增加,拔管时间明显缩短,且不增加再次插管的风险^[21]。本研究表明,低水平辅助通气组与 T 管组 Ti 比较差异无统计学意义,但 Te 较 T 管组明显延长,避免了 Te 不足造成的过度充气状态;低水平辅助通气组 Pes/Pdi 低于 T 管组,反映低水平辅助通气组辅助呼吸肌动用减少。

本研究的不足之处有:纳入的病例数偏少,均是困难撤机或延长撤机患者,个体差异较大,来源不均一,病种多,这些因素对于呼吸力学变异度影响大,也没有对单一模式进行长时间研究,对研究结果亦有一定的影响,且测量 Pdimax、EMGdimax 等带有主观因素,虽然是阻断呼吸下采用最大吸气,但受操作者和患者主观因素影响,没有进行定量磁刺激。

综上所述,达到撤机标准的患者进入 SBT 阶段,应避免长时间的 T 管法方案,T 管法方案会明显增加呼吸负荷,容易导致撤机失败,未来应纳入更多的病例进行分层分析。此外,需要提高改善电生理记录的质量,将来或许能找到更敏感的相关指标运用于撤机优化,降低撤机失败率。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Tu CS, Chang CH, Chang SC, et al. A decision for predicting successful extubation of patients in intensive care unit [J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 6820975. DOI: 10.1155/2018/6820975.
- [2] Li Y, Li H, Zhang D. Comparison of T-piece and pressure support ventilation as spontaneous breathing trials in critically ill patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 67. DOI: 10.1186/s13054-020-2764-3.
- [3] Soilemezi E, Savvidou S, Sotiriou P, et al. Tissue doppler imaging of the diaphragm in healthy subjects and critically ill patients [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2020, 202 (7): 1005-1012. DOI: 10.1164/rccm.201912-2341OC.
- [4] González-Aguirre JE, Rivera-Urbe CP, Rendón-Ramírez EJ, et al. Pulmonary ultrasound and diaphragmatic shortening fraction combined analysis for extubation-failure-prediction in critical care patients [J]. *Arch Bronconeumol (Engl Ed)*, 2019, 55 (4): 195-200. DOI: 10.1016/j.arbres.2018.09.015.

- [5] 张铂,秦英智.浅快呼吸指数在两种自主呼吸试验方法中的临床研究[J].*中国危重病急救医学*, 2009, 21 (7): 397-401. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.07.005.
Zhang B, Qin YZ. A clinical study of rapid-shallow-breathing index in spontaneous breathing trial with pressure support ventilation and T-piece [J]. *Chin Crit Care Med*, 2009, 21 (7): 397-401. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.07.005.
- [6] Thille AW, Richard JC, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2013, 187 (12): 1294-1302. DOI: 10.1164/rccm.201208-1523CI.
- [7] 罗祖金,詹庆元,孙兵,等.自主呼吸试验的操作与临床应用[J].*中国呼吸与危重监护杂志*, 2006, 5 (1): 60-62. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2006.01.025.
Luo ZJ, Zhan QY, Sun B, et al. The operation and clinical application of spontaneous breathing trial [J]. *Chin J Respir Crit Care Med*, 2006, 5 (1): 60-62. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2006.01.025.
- [8] 贾丽静,李宏亮,白宇,等.药物辅助治疗撤机困难患者的临床研究[J].*中华危重病急救医学*, 2014, 26 (12): 849-854. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.12.001.
- [9] Jia LJ, Li HL, Bai Y, et al. Investigation of adjuvant treatment for difficult weaning from mechanical ventilation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2014, 26 (12): 849-854. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.12.001.
- [9] Boles JM, Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation [J]. *Eur Respir J*, 2007, 29 (5): 1033-1056. DOI: 10.1183/09031936.00010206.
- [10] Akoumianaki E, Maggiore SM, Valenza F, et al. The application of esophageal pressure measurement in patients with respiratory failure [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2014, 189 (5): 520-531. DOI: 10.1164/rccm.201312-2193CI.
- [11] 王飞飞,朱晓萍,张常晶,等.机械通气对 AECOPD 患者膈肌收缩功能的影响[J].*中华危重病急救医学*, 2017, 29 (11): 988-993. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.11.006.
Wang FF, Zhu XP, Zhang CJ, et al. Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile function in patients with AECOPD [J]. *Chin Crit Care Med*, 2017, 29 (11): 988-993. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.11.006.
- [12] 余秉翔,刘又宁,黄念秋.跨膈压测量方法及临床意义[J].*国外医学呼吸系统分册*, 1990, 10 (2): 62-64.
Yu BX, Liu YN, Huang NQ. Measurement of transdiaphragmatic pressure and its clinical significance [J]. *Sect Respir Sys Foreign Med Sci*, 1990, 10 (2): 62-64.
- [13] Gandevia SC, Gorman RB, McKenzie DK, et al. Effects of increased ventilatory drive on motor unit firing rates in human inspiratory muscles [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 160 (5 Pt 1): 1598-1603. DOI: 10.1164/ajrccm.160.5.9904023.
- [14] Gandevia SC, Leeper JB, McKenzie DK, et al. Discharge frequencies of parasternal intercostal and scalene motor units during breathing in normal and COPD subjects [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996, 153 (2): 622-628. DOI: 10.1164/ajrccm.153.2.8564108.
- [15] Gandevia SC, Hudson AL, Gorman RB, et al. Spatial distribution of inspiratory drive to the parasternal intercostal muscles in humans [J]. *J Physiol*, 2006, 573 (Pt 1): 263-275. DOI: 10.1113/jphysiol.2005.101915.
- [16] Ceriana P, Vitacca M, Carlucci A, et al. Changes of respiratory mechanics in COPD patients from stable state to acute exacerbations with respiratory failure [J]. *COPD*, 2017, 14 (2): 150-155. DOI: 10.1080/15412555.2016.1254173.
- [17] Kyroussis D, Polkey MI, Hamnegård CH, et al. Respiratory muscle activity in patients with COPD walking to exhaustion with and without pressure support [J]. *Eur Respir J*, 2000, 15 (4): 649-655. DOI: 10.1034/j.1399-3003.2000.15d05.x.
- [18] Field S, Sanci S, Grassino A. Respiratory muscle oxygen consumption estimated by the diaphragm pressure-time index [J]. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 1984, 57 (1): 44-51. DOI: 10.1152/jappl.1984.57.1.44.
- [19] Tobin MJ, Laghi F, Brochard L. Role of the respiratory muscles in acute respiratory failure of COPD: lessons from weaning failure [J]. *J Appl Physiol (1985)*, 2009, 107 (3): 962-970. DOI: 10.1152/japplphysiol.00165.2009.
- [20] Sklar MC, Burns K, Rittayamai N, et al. Effort to breathe with various spontaneous breathing trial techniques. A physiologic Meta-analysis [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017, 195 (11): 1477-1485. DOI: 10.1164/rccm.201607-1338OC.
- [21] Thille AW, Coudroy R, Nay MA, et al. Pressure-support ventilation vs T-piece during spontaneous breathing trials before extubation among patients at high risk of extubation failure: a post-hoc analysis of a clinical trial [J]. *Chest*, 2020, 158 (4): 1446-1455. DOI: 10.1016/j.chest.2020.04.053.

(收稿日期: 2020-10-26)