

注气试验在食道测压管定位中的应用

陈晗 徐明 杨燕琳 何璇 周建新

100050 北京,首都医科大学附属北京天坛医院重症医学科(陈晗、徐明、何璇、周建新);

350001 福建福州,福建医科大学省立临床医学院重症医学三科(陈晗现在福建工作);

100073 北京电力医院重症医学科(杨燕琳)

通讯作者:周建新, Email: zhoujx.cn@icloud.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.09.004

【摘要】 目的 评价注气试验用于食道测压管定位的安全性和临床可行性。**方法** 采用前瞻性研究方法,选择 2015 年 5 月至 2017 年 3 月首都医科大学附属北京天坛医院综合重症加强治疗病房(ICU)收治的气管插管机械通气患者。将食道测压管进行改造,以实施注气试验。在逐步回撤导管过程中通过注气试验寻找出现食道压(Pes)扰动波的位置,定义此时气囊恰好进入食道内。以此位置为 0 cm,分别在 +15、+10、+5、0、-5、-10 和 -15 cm 处进行呼气末阻断,分别在自主呼吸和被动通气的状态下测量 Pes 和气道压(Paw)的变化幅度(Δ Pes、 Δ Paw)及其比值。**结果** 研究期间共纳入 20 例患者,15 例患者完成了自主呼吸和被动通气,2 例患者仅完成了自主呼吸,3 例患者仅完成了被动通气。① 所有患者均可通过注气试验引出扰动波,被动通气时出现扰动波的深度大于自主呼吸(cm: 42.4 ± 3.8 比 41.8 ± 3.3),但差异无统计学意义($P=0.132$)。研究过程中未发生与注气试验相关的不良事件。② 无论是自主呼吸还是被动通气,随着导管逐步回撤, Pes 均逐渐升高,在 +5 cm 处达到最高水平,之后逐渐降低。自主呼吸时,0、-5、-10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值处于理想范围(0.8~1.2),以 0 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值最接近 1 (0.98 ± 0.15), -15 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值 (0.66 ± 0.26) 明显低于 0 cm 处 ($P<0.05$);被动通气时, -5 cm 和 -10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值处于理想范围,以 -10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值最接近 1 (0.94 ± 0.12), 0 cm 和 -5 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值明显高于 -10 cm 处(分别为 1.43 ± 0.31 、 1.12 ± 0.14),而 -15 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值 (0.68 ± 0.23) 明显低于 -10 cm 处(均 $P<0.01$)。**结论** 通过注气试验可快速简便地找到理想的食道测压管位置,且具有安全性和临床可行性。**临床试验注册** 美国临床试验数据库(Clinical Trials), NCT02446938。

【关键词】 食道压; 气道压; 阻断试验; 呼吸衰竭

基金项目: 福建省卫生和计划生育委员会青年科研课题(2017-2-2)

Application of injection test in confirming the ideal position of esophageal balloon catheter Chen Han, Xu Ming, Yang Yanlin, He Xuan, Zhou Jianxin

Department of Critical Care Medicine, Beijing Tiantan Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100050, China (Chen H, Xu M, He X, Zhou JX); Third Department of Critical Care Medicine, Fujian Provincial Clinical College, Fujian Medical University, Fuzhou 350001, Fujian, China (Chen H is working in Fujian); Department of Critical Care Medicine, Beijing Electric Power Hospital, Beijing 100073, China (Yang YL)

Corresponding author: Zhou Jianxin, Email: zhoujx.cn@icloud.com

【Abstract】 Objective To evaluate the safety and feasibility of injection test which is used to locate esophageal balloon catheter. **Methods** A prospective study was conducted. The patients undergoing invasive mechanical ventilation (MV) admitted to general intensive care unit (ICU) of Beijing Tiantan Hospital Affiliated to Capital Medical University from May 2015 and March 2017 were enrolled. The commercially available esophageal balloon catheter was modified to perform injection test. The catheter was withdrawn step by step and the injection test was repeated until the presence disturbance wave presented, which indicated that the balloon had just entered the esophagus. The position where disturbance wave appears was named 0 cm. End-expiratory occlusions were performed at the positions of +15, +10, +5, 0, -5, -10 and -15 cm, respectively, and the changes of esophageal pressure (Pes) and airway pressures (Paw) were measured in the spontaneous breathing and passive ventilation, and the ratio between the changes (Δ Pes/ Δ Paw) was calculated. **Results** A total of 20 patients were enrolled, of which 15 patients finished both the spontaneous and the passive ventilation parts, and 2 patients finished only the spontaneous part and 3 patients finished only passive part. ① Disturbance waves could be induced by injection test in all patients. The average depth of disturbance wave in spontaneous breathing was deeper than that in passive ventilation (cm: 42.4 ± 3.8 vs. 41.8 ± 3.3), but there was no significant difference between the two ventilation settings ($P=0.132$). No adverse events occurred during the study period. ② Pes increased with the stepwise withdraw of esophageal catheter, reached the maximal value at +5 cm, and then decreased when the catheter was further withdrawn, no matter in the spontaneous or the passive ventilation. In spontaneous breathing, the Δ Pes/ Δ Paw was within the ideal range (0.8-1.2) at the positions of 0, -5 and -10 cm. The Δ Pes/ Δ Paw was closest to unity at the positions of 0 cm (0.98 ± 0.15). The Δ Pes/ Δ Paw at -15 cm (0.66 ± 0.26) was significantly lower than that at 0 cm ($P<0.05$). For passive ventilation, the Δ Pes/ Δ Paw was within the ideal range at the positions of -5 cm and -10 cm, and the Δ Pes/ Δ Paw was closest to unity at the positions of

-10 cm (0.94 ± 0.12). The Δ Pes/ Δ Paw at 0 cm and -5 cm was significantly higher than that at -10 cm (1.43 ± 0.31 and 1.12 ± 0.14 , respectively); while the Δ Pes/ Δ Paw at -15 cm (0.68 ± 0.23) was significantly lower than that at -10 cm (all $P < 0.01$). **Conclusions** Ideal position of the esophageal balloon catheter could be determined quickly and easily by using injection test. The method is safe and clinically feasible. **Clinical Trial Registration** Clinical Trials, NCT02446938.

【Key words】 Esophageal pressure; Airway pressure; Occlusion test; Respiratory failure

Fund program: Fujian Provincial Health and Family Planning Commission Youth Research Project (2017-2-2)

在呼吸力学研究中,为了区分胸廓与肺的呼吸力学属性,需要监测胸腔内压,然而监测胸腔内压需要放置胸腔内导管,此为有创性操作,在临床和研究当中不具备普遍的可操作性。通常认为食道压(Pes)可以作为胸腔内压的替代指标^[1-2]。通过放置带气囊的食道内导管可以进行Pes测量,而正确的气囊位置对于测量数据的准确性是至关重要的。对于有自主呼吸的患者,通常采用阻断试验确定气囊位置^[1-5],要实现上述程序需保留患者的自主呼吸。但对于重症医学科中深镇静、神经系统病变、创伤等导致肌无力甚至瘫痪的患者,其自主呼吸减弱甚至消失^[6-7];使用跨肺压指导机械通气(MV)参数设置时,常要求消除患者自主呼吸^[8-12]。此时气囊的定位通常通过观察Pes波形变化(如观察心脏活动造成的伪影)来确定。这种定位方法很大程度上取决于操作者的经验。尽管有研究者在动物模型^[13-14]或患者^[15-16]中使用被动阻断试验(按压胸廓或胸骨下段)来确定气囊的位置,但只有一项临床研究对不同气囊位置时Pes的变化进行了探讨^[15]。我们通过对市售食道测压管进行改造,引入了一种新方法,即注气试验(injection test),作为确定气囊与食管下括约肌(LES)相对位置的方法,本研究旨在评价注气试验用于食道测压管定位的临床可行性,并通过在不同深度进行被动阻断试验确定最佳气囊位置。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用前瞻性研究方法,选择2015年5月至2017年3月首都医科大学附属北京天坛医院综合重症加强治疗病房(ICU)收治的MV患者。

1.1.1 纳入标准:接受气管插管MV。

1.1.2 排除标准:既往有食道、胃或肺部手术史;确诊或疑似食道静脉曲张;存在支气管胸膜瘘、气胸、纵隔气肿或留置胸管;妊娠;严重凝血障碍。

1.1.3 剔除标准:研究过程中生命体征不稳定,或血氧饱和度降至0.90以下;放弃治疗或退出研究。

1.1.4 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,获得首都医科大学附属北京天坛医院伦理委员会批准(审批号:KY-2015-CCM-002)。研究开始前,由研

究人员向患者或其法定代理人充分说明研究的目的、方法和可能的不良反应,并签署知情同意书。

1.2 食道测压管的改造(图1):本研究使用带气囊的SmartCath-G成人鼻胃管(型号:7003300,美国CareFusion公司)。导管主体远端是具有多个小孔的鼻胃管(16Fr)。距离导管尖端20 cm处有1个薄壁聚乙烯气囊(长10 cm),有独立开口以连接压力传感器测量Pes。用10 cm长乳胶T管(20Fr,广东省明星企业有限公司)密封远端小孔,在距离气囊远端2 cm处新开1个直径3 mm的侧孔。改造后,从胃管腔抽吸或注气时胃液和气体不再从导管远端原有的小孔进出,而将从新开放的侧孔进出。本研究中报告的导管深度是从鼻尖到气囊远端的距离,从导管刻度25 cm至65 cm以1 cm为间隔进行标记。

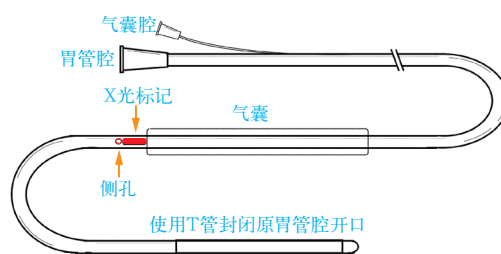


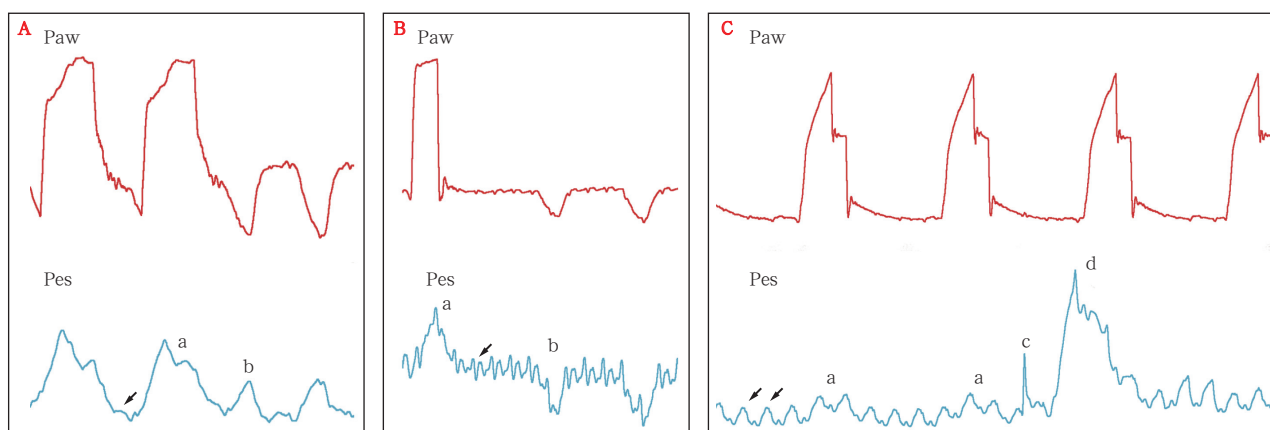
图1 食道测压管的改造示意图

1.3 压力测量方法:使用KT 100D-2型压力传感器[意大利Kleis公司生产;工作范围:±100 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),采样速率:200 Hz]分别连接人工气道和食道测压管,测量气道压(Paw)和Pes。采用配套的ICU-Lab软件进行信号采集。

1.4 注气试验的原理:本研究中将通过注气来定位食道测压管的方法命名为注气试验。基本原理:如气囊位于相对大的空间内(如胃),注入少量空气不会显著增加周围压力;如气囊位于狭窄的空间内(如食道),注射相同量的空气则可显著增加气囊周围压力。由于我们对导管进行了改造,气体只会从新开放的侧孔进出,因此可以断定,注气后出现明显Pes波动的深度就是气囊完全进入食道的位置。

1.5 研究流程:整个研究分为自主呼吸和被动通气。

1.5.1 自主呼吸:研究过程中患者保持仰卧位,床



注: A 为 Pes 正向波, B 为 Pes 负向波;呼吸机送气后 Pes 随气道压(Paw)升高而升高(a);在呼气末阻断过程中,随着患者吸气努力, Paw 下降,而 Pes 出现相应变化(b)。图 C 显示扰动波和食道收缩,扰动波表现为高尖的 Pes 波形(c),幅度明显大于呼吸机送气时的 Pes 正向波(a)和心搏造成的伪影(图 A~C 中箭头所示);由于注气对食道造成干扰,紧随扰动波之后出现明显的食道收缩波形(d),特点是与呼吸波形无明显关系,且波幅较高(常超过 50 cmH₂O, 1 cmH₂O = 0.098 kPa)

图 2 注气试验中食道压(Pes)的经典波形

头抬高至 30°, 采用常规插胃管方法将改造后的导管经鼻插入 60 cm 深度, 气囊充气 1.5 mL^[17-18], 并连接压力传感器。观察 Pes 波形变化, 可能存在 3 种情况, 即正向波、双向波和负向波(图 2)。当出现前两种波形时, 回撤导管, 每次 1 cm, 并进行呼气末阻断(EEO)5 s, 直到 Pes 波形变为负向波, 记录此时导管深度。之后再回撤导管 5 cm, 经胃管腔快速注射 30 mL 空气, 可能出现 2 种情况: ① 如侧孔还在胃中, 则观察不到 Pes 波形变化, 此时继续逐步回撤导管, 每次 1 cm, 并重复进行注气试验。一旦侧孔位于 LES 上方(即气囊全部位于食道内), 在注入空气后可以观察到尖锐的正向波, 即扰动波, 表明整个气囊已经进入食道内。② 如回撤导管 5 cm 后注气已出现扰动波, 提示侧孔已在食道内, 则将导管向胃内送入 4 cm, 重复注气一回撤一注气流程, 直至找到恰好出现扰动波的深度。如果初始波形就是负向波, 则直接回撤导管 5 cm, 并进行注气试验, 重复该操作直至出现扰动波, 之后将导管向胃内再送入 4 cm, 重复注气一回撤一注气流程, 直至找到恰好出现扰动波的深度。

通过上述方法找到恰好出现扰动波的位置后, 记录该位置的深度, 并将该位置定义为气囊相对位置 0 cm, 并以此为参照, 将此位置以远(胃内)5、10、15 cm 的相对位置定义为 +5、+10、+15 cm, 将此位置以近(食道内)5、10、15 cm 的相对位置定义为 -5、-10、-15 cm。将食道测压管重新置于 +15 cm 处进行 EEO, 直至患者出现 3~5 次自主呼吸努力时, 测量 Paw 和 Pes 的变化幅度(Δ Paw、 Δ Pes), 计算 Δ Pes/ Δ Paw 比值, 以最接近 1 的数据作为该深

度的 Δ Pes/ Δ Paw 比值。之后回撤导管至 +10 cm 处, 重复上述测量, 直到 -15 cm 处, 共 7 个位置(图 3)。

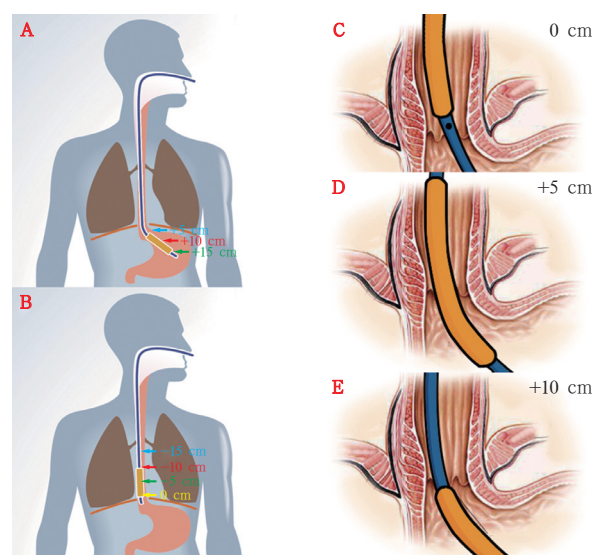


图 3 注气试验中导管位置示意图 注气试验中将恰好出现扰动波的导管位置定义为气囊相对位置 0 cm, 此位置以远(胃内)5、10、15 cm 的相对位置定义为 +5、+10、+15 cm (A), 此位置以近(食道内)5、10、15 cm 的相对位置定义为 -5、-10、-15 cm (B), 箭头所示为该深度时气囊远端所在位置; 图 A 为 +15 cm 的气囊相对位置, 图 B 为 0 cm 的气囊相对位置。当导管处于 0 cm 时(C), 整个气囊正好位于食道内, 而侧孔也进入了相对狭窄的食道内, 此时进行注气试验可以诱发扰动波; 当导管位于 +5 cm 时(D), 气囊中部被食道下括约肌(LES)环绕, 受这个生理性高压区影响, 测得 Pes 值偏高; 当导管位于 +10 cm 时(E), 整个气囊仍处于胃内, 故此时 Pes 低于 +5 cm 时的 Pes; 而在 D 和 E 两个位置进行注气试验, 由于侧孔仍在胃内, 则不会出现扰动波

1.5.2 被动通气: 给予患者充分镇静和肌松, 确认患者无自主呼吸后, 通气模式改为容量控制通气, 潮气量设置为 6~8 mL/kg。若在自主呼吸试验时发现患者无自主呼吸, 则直接给予被动通气。将导管置于自主呼吸的扰动波深度 +3 cm 的位置, 按上

述方法逐步回撤导管并确定被动通气状态下的扰动波深度,以此位置为 0 cm,分别在 +15 ~ -15 cm 7 个位置实施正压阻断试验^[15, 19],即在 EEO 的过程中按压胸廓。测量按压期间 Δ Pes 和 Δ Paw,计算 Δ Pes/ Δ Paw 比值。在每个位置重复按压操作 3 次,并选择比值最接近 1 的数据作为该深度的 Δ Pes/ Δ Paw 比值。

1.6 统计学分析:应用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 法对计量资料进行正态性检验,正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示;采用配对 t 检验比较自主呼吸和被动通气状态下出现扰动波的深度;采用多个相关样本非参数检验(Friedman 检验)比较不同深度时 Paw、Pes 及其比值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料:研究期间共纳入 20 例 MV 患者,基线情况见表 1。15 例患者完成了自主呼吸和被动通气,2 例患者仅完成了自主呼吸,3 例患者因没有自主呼吸仅完成了被动通气;最终自主呼吸包含 17 例患者数据,被动通气包含 18 例患者数据。

表 1 20 例通过注气试验确定食道测压管位置的 MV 患者基线资料

项目	数值	项目	数值
性别(男性/女性,例)	11/9	MV 参数设置($\bar{x} \pm s$)	
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	54.3 $\pm$ 17.1	潮气量(mL)	413.2 $\pm$ 51.1
体重指数(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	25.4 $\pm$ 5.3	PEEP(cmH ₂ O)	7.9 $\pm$ 2.9
MV 原因[例(%)]		PaO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	83.7 $\pm$ 33.5
ARF	12(60.0)	PaCO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	43.1 $\pm$ 8.1
AECOPD	4(20.0)	PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	192.1 $\pm$ 66.4
昏迷	3(15.0)	SAPS II 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	39.8 $\pm$ 16.3
神经肌肉病变	1(5.0)		

注: MV 为机械通气, ARF 为急性呼吸衰竭, AECOPD 为慢性阻塞性肺疾病急性加重期, PEEP 为呼气末正压, PaO₂ 为动脉血氧分压, PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, SAPS II 为简化急性生理学评分 II; 1 cmH₂O=0.098 kPa, 1 mmHg=0.133 kPa

2.2 自主呼吸和被动通气时的导管深度(表 2):在 17 例自主呼吸患者中,有 3 例(17.6%)初始 Pes 波形为负向波,其余患者波形转为负向波的平均导管深度为(49.6 $\pm$ 3.8)cm,出现扰动波的平均深度为(42.1 $\pm$ 3.4)cm,二者的差值在 4 ~ 14 cm 波动,平均为(8.0 $\pm$ 2.7)cm。18 例被动通气患者出现扰动波的平均深度为(42.4 $\pm$ 3.8)cm。对 15 例同时完成自主呼吸和被动通气的患者分析显示,被动通气时出现扰动波的深度大于自主呼吸(cm: 42.4 $\pm$ 3.8 比

41.8 $\pm$ 3.3),但差异无统计学意义($P=0.132$)。20 例患者中有 8 例(40.0%)在注射气体后发生食道收缩。研究期间未发生与注气试验相关的不良事件。

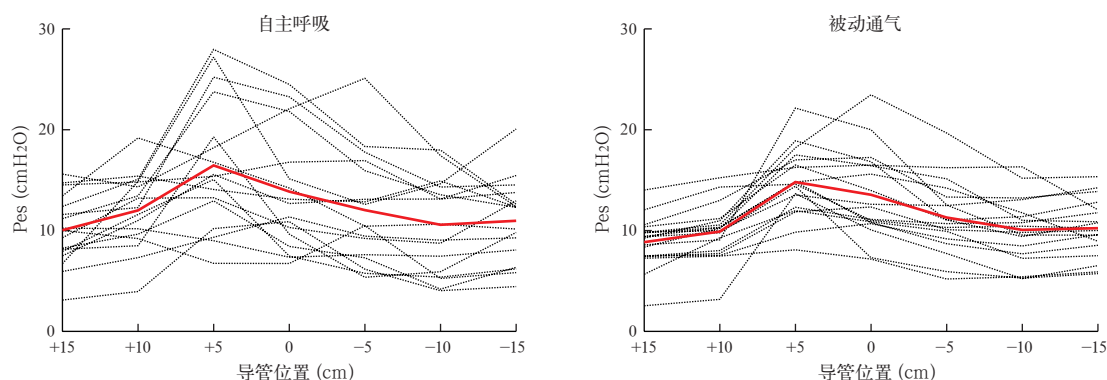
表 2 20 例通过注气试验确定食道测压管位置的 MV 患者自主呼吸和被动通过程中的导管深度

例序	初始食道压波形	出现负向波深度(cm)	出现扰动波深度(cm)			自主呼吸扰动波深度与负向波深度差值(cm)
			自主呼吸	被动通气	差值	
例 1	正向波	45	39	38	-1	6
例 2	负向波		45	47	2	
例 3	正向波	47	41	42	1	6
例 4	正向波	47	37	37	0	10
例 5	负向波		41	41	0	
例 6	正向波	44	38	38	0	6
例 7	正向波	46	39	40	1	7
例 8	正向波	50	40	42	2	10
例 9	正向波	51	40	44	4	11
例 10	正向波	53	48	49	1	5
例 11	正向波	56	42	41	-1	14
例 12	负向波		48	49	1	
例 13	正向波	53	44	45	1	9
例 14	正向波	49	42	42	0	7
例 15	正向波	47	43	41	-2	4
例 16	正向波	51	42			9
例 17	正向波	55	47			8
例 18				39		
例 19				41		
例 20				39		

注: MV 为机械通气;例 1 ~ 例 15 患者完成了自主呼吸和被动通气,例 16 和例 17 患者仅完成了自主呼吸,例 18 ~ 例 20 患者仅完成了被动通气;空白代表无此项

2.3 不同气囊相对位置下 Paw 和 Pes 的变化:不同气囊位置时 Paw 差异无统计学意义($P > 0.05$);随导管位置改变, Pes 呈明显变化($P < 0.01$)。无论是自主呼吸还是被动通气,随着逐步回撤导管, Pes 逐渐升高,在 +5 cm 处达最高水平,之后逐渐降低(图 4)。

由于从 +15 cm 至 +5 cm 的位置,导管实际上处于胃内,因此我们只比较了从 0 cm 到 -15 cm 4 个位置的 Δ Pes/ Δ Paw 比值。结果显示(表 3):自主呼吸时, 0、-5、-10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值处于理想范围(0.8 ~ 1.2); 0 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值最接近 1, -5 cm 和 -10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值低于 0 cm 处,但差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), -15 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值明显低于 0 cm 处($P=0.015$)。被动通气时, -5 cm 和 -10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值处于理想范围; -10 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值最接近 1, 0 cm 和 -5 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值明显高于 -10 cm 处,而 -15 cm 处 Δ Pes/ Δ Paw 比值明显低于 -10 cm 处,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)。



注: MV 为机械通气; 黑色虚线为每例患者 Pes 的变化趋势, 红色实线为平均值; $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$

图 4 20 例通过注气试验确定食道测压管位置的 MV 患者在自主呼吸(左)和被动通气(右)时不同气囊相对位置食道压(Pes)的变化趋势

表 3 20 例通过注气试验确定食道测压管位置的 MV 患者不同气囊位置的阻断试验结果

气囊位置	自主呼吸 ($n=17$)			被动通气 ($n=18, \bar{x} \pm s$)		
	$\Delta \text{Paw} (\text{cmH}_2\text{O}, \bar{x} \pm s)$	$\Delta \text{Pes} [\text{cmH}_2\text{O}, M(Q_L, Q_U)]$	$\Delta \text{Pes} / \Delta \text{Paw}$ 比值 ($\bar{x} \pm s$)	$\Delta \text{Paw} (\text{cmH}_2\text{O})$	$\Delta \text{Pes} (\text{cmH}_2\text{O})$	$\Delta \text{Pes} / \Delta \text{Paw}$ 比值
0 cm	9.50 ± 6.72	$6.87 (4.40, 12.07)$	0.98 ± 0.15^a	8.48 ± 1.80	13.32 ± 4.26	1.43 ± 0.31^c
-5 cm	10.02 ± 8.10	$5.99 (4.64, 10.73)$	0.94 ± 0.15	8.25 ± 1.53	9.75 ± 2.67	1.12 ± 0.14^c
-10 cm	10.78 ± 9.18	$5.65 (4.31, 12.80)$	0.88 ± 0.13	8.36 ± 1.36	7.83 ± 2.02	0.94 ± 0.12^a
-15 cm	10.91 ± 7.91	$5.05 (2.90, 7.07)$	0.66 ± 0.26^b	8.10 ± 1.23	5.29 ± 2.31	0.68 ± 0.23^c

注: MV 为机械通气, ΔPaw 为气道压的变化幅度, ΔPes 为食道压的变化幅度; $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$; a 代表气囊处于当前位置时的 $\Delta \text{Pes} / \Delta \text{Paw}$ 比值最接近 1; 与 $\Delta \text{Pes} / \Delta \text{Paw}$ 比值最接近 1 的数值比较, $^b P < 0.05$, $^c P < 0.01$

3 讨论

注气试验作为一种新的操作方法,其安全性是首要的。注气试验采用的空气注射法与常规留置胃管过程中用于判断胃管位置的方法相似^[20]。此外,我们在每次注射空气前后都进行了回抽,以避免胃和食道过度膨胀。研究过程中没有发现短期副作用。在拔除导管后,也未发现密封用的 T 管脱落。这些初步表明了注气试验的临床可行性和安全性。

对于健康志愿者和存在自主呼吸的患者,在吸气过程中 Pes 出现负向波提示气囊进入食道内,之后可利用阻断试验来确定最佳气囊位置^[1-5]。然而对于没有自主呼吸的患者,由于观察不到 Pes 波形由正变负这一过程,因此很难确认气囊是否处于理想位置。这类患者气囊的定位仅能依靠 Pes 波形中出现心搏伪影及其振幅增大来判断^[1-2, 6-7, 9, 12],严重依赖于操作者的经验。本研究结果显示,17.6% 的患者即使气囊位于胃腔内(回抽可见胃液,注气可闻及气过水音且导管送至 60 cm 处),其 Pes 波形也可以是负向波。这类患者无法通过 Pes 波形由正到负的变化来判断导管位置。

观察到 Pes 由正变负后,经验性的方法是先回撤导管 10 cm,再通过阻断试验来确认导管位置。但本研究结果提示, Pes 波形的变化可能无法提示

气囊的真实位置。不同患者出现负向波的深度与出现扰动波的深度的间距存在很大差异,可以在 4 ~ 14 cm 波动。由于以上原因,我们需要一种能够准确定位气囊位置的方法。

在本研究中,我们设计了注气试验来判断气囊与 LES 的相对位置。当气囊仍在胃中时进行注气试验不会出现扰动波,而随着气囊回撤,每例患者都能在某个深度引出典型的扰动波。由于扰动波的波幅大(通常大于 $20 \text{ cmH}_2\text{O}$),形态也不同于通气过程中的 Pes 波形,因此很容易识别。这证明了注气试验的可行性。而根据新打开的侧孔与气囊和 LES 之间的位置关系可知,出现扰动波时代表着气囊位于 LES 上方,也代表了整个气囊全部进入了食道内。通过比较 7 个位置的 Pes 水平可以发现,随着导管的逐步回撤, Pes 呈逐渐升高趋势,在 +5 cm 处达到最高,之后逐渐下降。根据研究设计, +5 cm 所对应的是气囊被 LES 环绕的状态,此时测量的 Pes 数值并不能反映 Pes,而是反映了 LES 这样一个生理性高压区的压力;当回撤导管至 0 cm 时,气囊进入食道下段,不再处于 LES 的环绕中,因此 Pes 下降。这也间接证明了注气试验的合理性。

与自主呼吸相比,被动通气时进行阻断试验得到的 $\Delta \text{Pes} / \Delta \text{Paw}$ 比值更大,与 Chiumello 等^[15]的

研究结果类似。可能原因包括呼吸肌张力的变化、肺内气体的可压缩性等,这种差别造成了两种呼吸模式下“最佳深度”的位置存在差异(分别是 0 cm 和 -10 cm)。但从临床的角度而言,没有必要、也不一定能够找到一个 $\Delta \text{Pes}/\Delta \text{Paw}$ 比值=1 的位置。目前公认临床可接受的位置是 $\Delta \text{Pes}/\Delta \text{Paw}$ 比值在 0.8~1.2。本研究提示,无论是自主呼吸还是被动通气, +5 cm 处 $\Delta \text{Pes}/\Delta \text{Paw}$ 比值都处在上述范围内。因此,通过注气试验可以很容易地将导管置于理想位置,简化了导管定位操作流程,即找到扰动波后再回撤导管 5 cm。临床上,寻找扰动波无需按照本研究中每隔 1 cm 进行 1 次注气试验,可减少注气次数,使 Pes 监测更好地服务于临床^[21-22]。

本研究的局限性:首先,本研究样本量小,虽然纳入患者未发生不良事件,但仍需扩大样本量来证明注气试验的安全性。其次,SmartCath-G 导管的优点主要在于它整合了 Pes 监测和普通胃管鼻饲、胃肠减压的功能,修改导管放弃其胃管功能不利于临床使用;SmartCath-G 导管直径较大,置管失败率较高,必要时需使用喉镜等辅助置管^[23]。

综上,注气试验可用于阐明食道测压管气囊与 LES 的关系,具有临床可行性和安全性。通过注气试验可快速、简便地找到理想的食道测压管位置,为新的食道测压导管提供了新的设计思路,可以在导管中整合注气试验的定位功能,降低置管难度。

参考文献

- [1] Mauri T, Yoshida T, Bellani G, et al. Esophageal and transpulmonary pressure in the clinical setting: meaning, usefulness and perspectives [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (9): 1360-1373. DOI: 10.1007/s00134-016-4400-x.
- [2] 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.
- [3] Brochard L. Measurement of esophageal pressure at bedside: pros and cons [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2014, 20 (1): 39-46. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000050.
- [4] Benditt JO. Esophageal and gastric pressure measurements [J]. *Respir Care*, 2005, 50 (1): 68-75; discussion 75-77.
- [5] Baydur A, Behrakis PK, Zin WA, et al. A simple method for assessing the validity of the esophageal balloon technique [J]. *Am Rev Respir Dis*, 1982, 126 (5): 788-791. DOI: 10.1164/arrd.1982.126.5.788.
- [6] 楼炳恒, 张伟文. 血液灌流治疗重症肌无力危象临床疗效观察 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2011, 18 (3): 183. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2011.03.024.
- [7] 栾婷, 臧彬. 大剂量沐舒坦对高位颈椎损伤患者的疗效观察 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2012, 19 (2): 116-117. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2012.02.019.
- [8] 吕光宇, 王晓源, 蒋文芳, 等. 早期应用神经肌肉阻断剂治疗严重脓毒症合并急性呼吸窘迫综合征的临床研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (5): 325-329. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.008.
- [9] Lyu GY, Wang XY, Jiang WF, et al. Clinical study of early use of neuromuscular blocking agents in patients with severe sepsis and acute respiratory distress syndrome [J]. *Chin Crit Care Med*, 2014, 26 (5): 325-329. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.008.
- [10] 严姝琰, 张翔宇. 食道压测定在急性呼吸窘迫综合征中的临床研究 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2012, 19 (6): 382-384. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2012.06.026.
- [11] Yan SY, Zhang XY. Clinical study of the measurement of esophageal pressure in acute respiratory distress syndrome [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2012, 19 (6): 382-384. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2012.06.026.
- [12] 吴晓燕, 郑瑞强, 林华, 等. 跨肺压导向的呼吸机参数设置对重症肺炎腹腔高压患者呼吸的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2015, 95 (39): 3168-3172. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.39.003.
- [13] Wu XY, Zheng RQ, Lin H, et al. Effect of transpulmonary pressure-directed mechanical ventilation on respiration in severe acute pancreatitis patient with intraabdominal hypertension [J]. *Natl Med J China*, 2015, 95 (39): 3168-3172. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.39.003.
- [14] 吴晓燕, 庄志清, 郑瑞强, 等. 跨肺压导向急性呼吸窘迫综合征患者最佳呼气末正压选择的临床研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (9): 801-806. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.007.
- [15] Wu XY, Zhuang ZQ, Zheng RQ, et al. Transpulmonary pressure guided optimal positive end-expiratory pressure selection in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Chin Crit Care Med*, 2016, 28 (9): 801-806. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.007.
- [16] Beitleir JR, Majumdar R, Hubmayr RD, et al. 肺复张容量可预测急性呼吸窘迫综合征的肺应力 [J]. 喻文, 罗红敏, 译. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (1): 75.
- [17] Beitleir JR, Majumdar R, Hubmayr RD, et al. Lung stress in acute respiratory syndrome can be predicted by lung recruit volume [J]. Yu W, Luo HM, trans. *Chin Crit Care Med*, 2016, 28 (1): 75.
- [18] Lanteri CJ, Kano S, Sly PD. Validation of esophageal pressure occlusion test after paralysis [J]. *Pediatr Pulmonol*, 1994, 17 (1): 56-62.
- [19] Dechman G, Sato J, Bates JH. Factors affecting the accuracy of esophageal balloon measurement of pleural pressure in dogs [J]. *J Appl Physiol* (1985), 1992, 72 (1): 383-388.
- [20] Chiumello D, Consonni D, Coppola S, et al. The occlusion tests and end-expiratory esophageal pressure: measurements and comparison in controlled and assisted ventilation [J]. *Ann Intensive Care*, 2016, 6 (1): 13. DOI: 10.1186/s13613-016-0112-1.
- [21] Loring SH, O'Donnell CR, Behazin N, et al. Esophageal pressures in acute lung injury: do they represent artifact or useful information about transpulmonary pressure, chest wall mechanics, and lung stress? [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2010, 108 (3): 515-522. DOI: 10.1152/japplphysiol.00835.2009.
- [22] Mojoli F, Iotti GA, Torriglia F, et al. *In vivo* calibration of esophageal pressure in the mechanically ventilated patient makes measurements reliable [J]. *Crit Care*, 2016, 20 : 98. DOI: 10.1186/s13054-016-1278-5.
- [23] Mojoli F, Chiumello D, Pozzi M, et al. Esophageal pressure measurements under different conditions of intrathoracic pressure. An *in vitro* study of second generation balloon catheters [J]. *Minerva Anestesiol*, 2015, 81 (8): 855-864.
- [24] Talmor D, Sarge T, Malhotra A, et al. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury [J]. *N Engl J Med*, 2008, 359 (20): 2095-2104. DOI: 10.1056/NEJMoa0708638.
- [25] Fulbrook P, Bongers A, Albarran JW. A European survey of enteral nutrition practices and procedures in adult intensive care units [J]. *J Clin Nurs*, 2007, 16 (11): 2132-2141. DOI: 10.1111/j.1365-2702.2006.01841.x.
- [26] 马明惠, 何重香, 贺学宇, 等. 预见性护理措施在预防肾移植术后肺部感染中的应用 [J/CD]. *实用器官移植电子杂志*, 2017, 5 (1): 28-30. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2017.01.010.
- [27] Ma MH, He CX, He XY, et al. Application of predictive nursing measures in prevention of pulmonary infection after renal transplantation [J/CD]. *Pract J Organ Transplant (Electron Version)*, 2017, 5 (1): 28-30. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2017.01.010.
- [28] 蒋翠霞. 血浆脑钠肽前体和降钙素原水平检测在机械通气脱机中的应用分析 [J]. *实用检验医师杂志*, 2016, 8 (2): 103-105. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2016.02.012.
- [29] Jiang CX. Application of pro-brain natriuretic peptide and procalcitonin levels detection in the ventilation offline [J]. *Chin J Clin Pathol*, 2016, 8 (2): 103-105. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2016.02.012.
- [30] 李长殿. 胃管插入新方法的技巧与探讨 [J]. *实用医学杂志*, 2001, 17 (11): 1021. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2001.11.059.
- [31] Li CD. Skills and discussion of a new method of gastric tube insertion [J]. *J Pract Med*, 2001, 17 (11): 1021. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2001.11.059.

(收稿日期: 2017-03-27)