

气囊压力表间断测量气囊压力值偏差的实验研究

林艳侠 林丹 陈碧群 纪超 袁从丽 王宝春

【摘要】目的 探讨气囊压力表间断测量人工气道气囊压力时, 测量值与实际值之间是否存在偏差、偏差来源和偏差大小, 为气囊压力表的正确使用提供参考。**方法** 在实验室体外实验中, 采用专用手持气囊压力表通过三通开关与人工气道气囊充气管线单向阀连接, 通过三通的开关控制, 测量气囊压力, 得到测量值偏差后进行临床试验加以验证。研究对象为建立人工气道需行气囊压力监测的成人患者。**结果** 在实验室经过 132 次测量发现, 手持压力表本身会造成气囊压力下降, 称之为固有损失; 充气值 $[(30.000 \pm 0.000) \text{ cmH}_2\text{O}]$ 和测量值 $[(26.072 \pm 0.291) \text{ cmH}_2\text{O}]$ 之间存在明显偏差, 平均为 $(3.928 \pm 0.291) \text{ cmH}_2\text{O}$ ($t=155.273, P=0.000$); 经过 214 次测量发现, 充气管线单向阀在与压力表断开和连接的过程中造成气囊压力下降, 称之为误差损失; 充气值 $[(30.000 \pm 0.000) \text{ cmH}_2\text{O}]$ 和测量值 $[(28.804 \pm 0.954) \text{ cmH}_2\text{O}]$ 之间存在偏差, 平均为 $(1.196 \pm 0.954) \text{ cmH}_2\text{O}$ ($t=18.348, P=0.000$)。临床经过 211 次验证试验得到固有损失和误差损失两者之和, 充气值 $[(30.000 \pm 0.000) \text{ cmH}_2\text{O}]$ 和测量值 $[(24.730 \pm 2.583) \text{ cmH}_2\text{O}]$ 之间同样存在偏差(即测量偏差), 其值为 $(5.270 \pm 2.583) \text{ cmH}_2\text{O}$ ($t=29.632, P=0.000$)。**结论** 使用气囊压力表进行间断测量气囊压力时, 气囊原有的实际压力应为测量值与偏差值之和, 且在连接前应先进行声门下吸引, 以防止气囊上方分泌物因气囊体积缩小而滑向气道深部而引起误吸, 并将气囊压力维持在 $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ 。

【关键词】 气囊压力管理; 间断监测; 偏差; 实验研究

Experimental study of the monitoring bias of pressure in intubation balloon using handheld pressure gauge

Lin Yanxia, Lin Dan, Chen Biquan, Ji Chao, Yuan Congli, Wang Baochun. Department of Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian, China

Corresponding author: Lin Dan, Email: dandan-lin@163.com

【Abstract】Objective To explore the bias between the real pressure and the measured values when handheld pressure gauge (HPG) was used to monitor intermittently the pressure in the intubation balloon, so as to provide some measures for the correct use of HPG. **Methods** In the first part of the study, HPG was used to measure the pressure with the balloon connected with a three-way tube with which to control the inflation and deflation in a laboratory to measure the pressure in the air bag. After gaining the deviation in this in vitro experiment, it was tested and verified in vivo in adult patients undergoing endotracheal intubation. **Results** After 132 times of measurements, it was found that measurement with a HPG might result in an "inherent loss" $(3.928 \pm 0.291) \text{ cmH}_2\text{O}$ ($1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$, $t=155.273, P=0.000$) between inflation value $[(30.000 \pm 0.000) \text{ cmH}_2\text{O}]$ and measured value $[(26.072 \pm 0.291) \text{ cmH}_2\text{O}]$. In addition, after 214 times repeated measurements, the pressure "loss" during disconnection of the gauge was as high as $(1.196 \pm 0.954) \text{ cmH}_2\text{O}$ ($t=18.348, P=0.000$) between filled values $[(30.000 \pm 0.000) \text{ cmH}_2\text{O}]$ and measured values $[(28.804 \pm 0.954) \text{ cmH}_2\text{O}]$ and it was named as "error loss". At last, the total error was verified by clinical test, and it was $(5.270 \pm 2.583) \text{ cmH}_2\text{O}$ ($t=29.632, P=0.000$) between pressure of filled value $[(30.000 \pm 0.000) \text{ cmH}_2\text{O}]$ and measured value $[(24.730 \pm 2.583) \text{ cmH}_2\text{O}]$. **Conclusions** When the balloon pressure was monitored intermittently with HPG, the real value should be the measured value plus the "error". In addition, subglottic aspiration should be done before the connection of the balloon to the gauge to prevent the secretions on the cuff falls into the deeper airway, and to maintain the cuff pressure at $30 \text{ cmH}_2\text{O}$.

【Key words】 Management of the cuff pressure; Monitoring intermittently; Bias; Experimental study

危重患者常因呼吸衰竭或多器官功能障碍合并呼吸衰竭收入重症医学科, 需要机械通气治疗的患者约占收治患者总数的 30% ~ 50%^[1]。维持气囊压力在一定范围内对机械通气建立人工气道的患者具有重要意义。高容低压型气囊压力在 $25 \sim 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ ($1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$) 时既可有效封闭气道、防止误

吸, 又不高于气管黏膜毛细血管灌注压, 可预防气道黏膜缺血性损伤、气管-食管瘘及拔管后气管狭窄等并发症^[2]。中华医学会重症医学分会“机械通气指南”建议, 每天测量气囊压力 3 次, 将人工气道气囊内压力保持在 $25 \sim 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ ^[3]。气囊压力的监测是机械通气管管理的重要部分, 相对于传统的凭借手指触感的经验式测压, 使用专用气囊压力表测压更加准确可靠^[4-5]。研究表明, 气囊压力的监测受多种因素影响^[6-8], 提示有必要开展更多的相关研究。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.05.013

基金项目: 福建省厦门市科技计划项目 (3502220124056)

作者单位: 361004 福建, 厦门大学附属中山医院重症医学科

通信作者: 林丹, Email: dandan-lin@163.com

临床中,手持压力表的使用方法为间断测量,具体做法是使用手持压力表对气囊充气至推荐范围后即断开连接,测量气囊压力时再将压力表与气囊连接。然而在临床实践中,这种间断测量方法存在一定偏差。本研究通过实验室体外实验和临床试验,以验证确定气囊压力表在间断测量时的测量偏差,现将结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象及一般资料:选择厦门市某三级甲等医院综合重症监护病房(ICU)建立人工气道的患者作为研究对象。

1.1.1 入选标准:①建立人工气道需要进行气囊压力监测者;②年龄>18岁;③经患者或家属同意参与本研究者。

1.1.2 排除标准:①严重呼吸衰竭者;②血流动力学不稳定者。

本研究共纳入 19 例患者,其中男性 15 例,女性 4 例;年龄 24~92 岁,中位年龄 70 岁;气管插管 9 例,气管切开 10 例;机械通气 9 例,非机械通气 10 例。

本研究符合医学伦理学标准,并经医院伦理委员会批准。所有的治疗和监测均得到患者或家属的知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 主要材料:德国 Tyco 公司的专用手持气囊压力表,用于高容低压型气管插管气囊的充气、放气和气囊压力的监测;德国 Braun 公司的三通开关,用于替代手持气囊压力表原配的硅胶连接管;马来西亚 Euromedical™ 直径 7.0、7.5 或 8.0 cm 的高容低压型气管插管(加强型),实验室使用直径 7.5 cm 的插管。

1.2.2 手持压力表充气值和测量值偏差的实验研究

1.2.2.1 手持压力表本身造成充气值和测量值偏差的测定:在安静整洁的实验室操作平台上,研究者将手持压力表通过三通与气管插管气囊接口连接,打开三通开关,将手持压力表指针调“0”后,充气至手持压力表指针稳定在 30 cmH₂O,此即为充气值;气囊呈椭圆形饱满状态后,将三通开关关闭(调至夹角呈 45°),打开手持压力表旋钮开关放气,然后再将手持压力表开关关闭,接着打开三通开关,压力表指针位置发生变化,待稳定后记录数值,此即为气囊压力的测量值。每次读取数字时均待指针稳定后视线与指针相平,避免读数误差。以上实验重复进行。

1.2.2.2 气囊充气管线单向阀在断开和连接时造成充气值和测量值偏差的测定:将手持压力表通过三通与单向阀连接,打开三通开关,将手持压力表指针

调至“0”并稳定后,向气囊内充气至压力表指针稳定在 30 cmH₂O,此即为充气值;然后关闭三通开关,断开三通与单向阀的连接,旋即再紧密连接,接着打开三通开关,观察指针读数并记录数值,此即为测量值。每次读取数字时均待指针稳定后视线与指针相平,避免读数误差。以上实验重复进行。

1.2.3 手持压力表充气值和测量值偏差的临床试验:将实验室得到的两种偏差进行合并验证。具体方法:对纳入的研究对象每 4 h 采用手持压力表进行压力监测,测量前先进行声门下吸引,将患者床头抬高至 30°,患者无咳嗽、气促等症状时,将手持压力表通过三通开关与单向阀连接,测量气囊压力后,将气囊充气(当压力高时放气)至压力达 30 cmH₂O,然后将手持压力表的三通开关与单向阀断开,此时三通开关为打开状态,将手持压力表调“0”后,再次与单向阀连接,记录此时的读数,即为测量值,以上试验重复进行。

1.3 统计学分析:采用 SPSS 17.0 软件,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手持压力表测量偏差的实验室研究结果

2.1.1 手持压力表本身造成气囊压力充气值和测量值的偏差(表 1):经过 132 次的反复实验,得到手持压力表本身造成气囊压力充气值和测量值之间的偏差,差异有统计学意义($t = 155.273, P = 0.000$)。

表 1 体外实验中手持压力表本身造成气囊压力充气值和测量值的偏差($\bar{x} \pm s$)

指标	实验(次)	压力值(cmH ₂ O)	差值(cmH ₂ O)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
充气值	132	30.000 ± 0.000	3.928 ± 0.291	155.273	0.000
测量值	132	26.072 ± 0.291			

注:1 cmH₂O=0.098 kPa

2.1.2 充气管线单向阀造成气囊压力充气值和测量值的偏差(表 2):经过 214 次的反复实验,得到气囊接口单向阀断开和连接造成气囊压力充气值和测量值之间的偏差,差异有统计学意义($t = 18.348, P = 0.000$)。

表 2 体外实验中气囊充气管线单向阀造成气囊压力充气值和测量值的偏差($\bar{x} \pm s$)

指标	实验(次)	压力值(cmH ₂ O)	差值(cmH ₂ O)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
充气值	214	30.000 ± 0.000	1.196 ± 0.954	18.348	0.000
测量值	214	28.804 ± 0.954			

注:1 cmH₂O=0.098 kPa

2.2 手持压力表测量气囊压力偏差的临床研究结果(表 3):对研究对象累计进行 211 次测量,手持压力表对气囊压力充气值和测量值存在偏差,差异有统计学意义($t=29.632, P=0.000$)。

表 3 19 例患者手持压力表对气囊压力充气值和测量值的偏差($\bar{x} \pm s$)

指标	试验(次)	压力值(cmH ₂ O)	差值(cmH ₂ O)	t 值	P 值
充气值	211	30.000 ± 0.000	5.270 ± 2.583	29.632	0.000
测量值	211	24.730 ± 2.583			

注:1 cmH₂O=0.098 kPa

3 讨论

3.1 手持压力表在间断测量中造成测量值与气囊实际压力值存在明显偏差:本研究发现,在使用手持压力表进行气囊压力测量时,压力表本身是造成气囊压力损失(测量值小于充气值)的原因之一。按照实验设计,理想结果应是测量值与充气值一致,但实验证实压力平均下降(3.928 ± 0.291) cmH₂O。当使用气囊压力表对气囊进行充气达到 30 cmH₂O 后,气囊内气体压力大于大气压,内部的气体处于压缩状态,而气囊压力表与充气管线连接后,手持压力表内部的空间与气囊相通,被压缩的气体所占据的空间增大,产生的压力降低,因此手持压力表所测得的压力值低于气囊原有的压力值。同理,如果在手持压力表与单向阀之间的连接管内部空间过大也会造成气囊内的气体压力降低,因此本研究采用内部空间较小的三通代替原配的直径粗、管路长的硅胶连接管。本研究使用的德国 Tyco 公司生产的手持压力表要求在监测气囊压力时应与气囊持续连接。刘亚芳等^[9]研究发现,静置的套囊压力可基本维持在预期范围,但临床按照指南建议的每日 3 次监测套囊压力,并不能将套囊压力维持在指南建议的 25 ~ 30 cmH₂O,故建议在临床护理中增加调整套囊压力次数,以减少因气囊压力降低而导致的危害。国外一项研究也表明,使用压力表对气囊压力进行持续检测具有可行性,相对于间断检测更加准确和安全^[10]。这就要求每位人工气道患者均应有一台压力表与其气囊持续连接,由于受医疗成本的限制,以及考虑到持续连接后可增加患者身体上的管道,给其他治疗和护理操作带来不便,因此,临床上一般采用充气后断开、测量时再连接的方法进行气囊压力监测,但本研究结果提示这种方法所测得的数值不是真实的气囊压力,这是因为在连接时,手持压力表本身可造成一定的压力损失,这个损失值为(3.928 ± 0.291) cmH₂O,称之为“固有损失值”。

3.2 充气管线单向阀在间断测量中造成测量值与气囊实际压力值存在明显偏差:除手持压力表本身的因素外,采用充气后断开、测量时再连接的方法进行气囊压力检测时,气囊充气管线单向阀在与压力表断开和连接过程中的漏气也是造成测量值与气囊实际压力值存在偏差的原因之一。由于充气管线单向阀的设计特点,不同操作者在进行气囊压力测量时手部操作存在差异,导致漏气,这个损失值平均为(1.196 ± 0.954) cmH₂O,本研究称之为“误差损失值”。“误差损失值”难以避免,只能尽量减小。

3.3 手持压力表测量气囊压力存在偏差得到临床试验证实:本研究通过对 19 例患者、211 次的测量发现,测量偏差确实存在,为(5.270 ± 2.583) cmH₂O,这与实验室体外研究得到的“固有损失值”和“误差损失值”之和基本一致,本研究称之为“偏差值”。由于指南推荐的气囊压力为 25 ~ 30 cmH₂O,跨度为 5 cmH₂O,因此,在使用手持压力表进行充气、放气和压力监测时,应尽量维持在上限,即 30 cmH₂O。

3.4 使用气囊压力表间断测量的注意事项

3.4.1 气囊内原有压力应等于测量值与偏差值之和:使用手持压力表进行气囊压力监测的正确方法是压力表与气囊持续连接,这样测得的压力值不存在压力下降,测量值与实际气囊压力相符。如果无条件进行持续连接监测气囊压力,只能采用充气后断开、检测时连接的间断测量方法时,首先,应尽量将手持压力表与气囊之间的连接管内部空间降到最小,以小到可以忽略不计最佳,因此推荐本研究采用的三通开关。将测量值与本实验测得的偏差值(5.270 ± 2.583) cmH₂O 求和,所得结果才为气囊原有的实际压力,并将此结果记录在护理记录中。

3.4.2 测量前进行声门下吸引:声门下吸引可清除声门下至气囊间的分泌物,又不损伤声带。在长期机械通气的患者中,持续声门下吸引可延缓早发型呼吸机相关性肺炎(VAP)的发生,并降低其发生率。Smulders 等^[11]以 343 例心脏外科患者为对象的研究表明,在进行机械通气的患者中进行持续声门下吸引可降低 VAP 的发生率。国内也有学者对声门下吸引或气囊上冲洗进行了相关探讨^[12]。本研究表明,气囊压力表在与气囊连接后会造成压力损失,气囊内压力下降,气囊体积缩小,气囊和气管壁之间产生空隙或空隙增大,导致气囊上方的痰液等分泌物通过缝隙滑向气囊下的气道内,最终增加 VAP 的发生率,因此,在使用压力表间断测量时,与气囊连接前应该首先进行声门下吸引,或者持续声门下吸引。

4 小结

手持压力表可以用于气囊压力的监测,正确方法是压力表与气囊持续连接,如果采用充气后断开、检测时连接的间断测量方法,所测得的压力值与气囊原有的实际压力存在两个偏差,即手持压力表本身造成的固有损失值和气囊接口处连接阀在与压力表连接和断开时造成的误差损失值,两者之和为测量的总偏差,平均为 (5.270 ± 2.583) cmH₂O。气囊原有的实际压力为测量值与偏差值之和,测量时,在压力表与气囊连接前应先进行声门下吸引,防止气囊上分泌物滑向气道深部,造成误吸,并将气囊压力维持在推荐范围的上限。

参考文献

- [1] 秦英智. 关注长期机械通气患者的程序化管理[J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(3): 130-131.
- [2] 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.
- [3] 中华医学会. 临床诊疗指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 129-160.
- [4] 肖春莲, 方梅, 吴继红, 等. 专用测压表在人工气道气囊压力测定与维护中的应用[J]. 护理研究, 2010, 24(17): 1542-1543.
- [5] 谭伟, 孙龙凤, 秦铮, 等. 内科与专科重症监护病房有创机械通气患者常见呼吸机报警原因的比较分析[J]. 中国危重病急救医学, 2012, 24(10): 582-586.
- [6] 朱艳萍, 刘亚芳, 任璐璐, 等. 吸痰对人工气道套囊内压力的影响[J]. 中华护理杂志, 2011, 46(4): 347-349.
- [7] 杨晶, 何莺, 尹建敏, 等. 不同体位对人工气道患者气管套囊压力的影响[J]. 护理学报, 2010, 17(19): 51-52.
- [8] 蒋芳琴, 赵静月. 吞咽反射对 ICU 人工气道气囊压力影响的观察研究[J]. 护士进修杂志, 2007, 22(21): 1957-1958.
- [9] 刘亚芳, 贺丽君, 任璐璐, 等. 人工气道套囊压力调整频率的临床研究[J]. 护士进修杂志, 2011, 26(7): 584-586.
- [10] Sole ML, Penoyer DA, Su X, et al. Assessment of endotracheal cuff pressure by continuous monitoring: a pilot study [J]. Am J Crit Care, 2009, 18(2): 133-143.
- [11] Smulders K, van der Hoeven H, Weers-Pothoff I, et al. A randomized clinical trial of intermittent subglottic secretion drainage in patients receiving mechanical ventilation[J]. Chest, 2002, 121(3): 858-862.
- [12] 张赞华, 王益斐, 李国法, 等. 中药制剂气囊上冲洗对重型颅脑外伤患者呼吸机相关性肺炎的影响 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2013, 20(3): 162-164.

(收稿日期: 2014-01-23)
(本文编辑: 李银平)

· 科研新闻速递 ·

美国创伤中心和创伤中心创伤患者器官功能衰竭的发生率

创伤是导致器官功能衰竭和死亡的重要原因之一,但目前其发生率尚不清楚。为此,美国学者进行了一项回顾性研究,旨在了解美国创伤中心和创伤中心创伤患者器官功能衰竭的发生率。研究人员猜测,在创伤中心接受治疗的创伤患者器官功能衰竭的发生率要低于非创伤中心患者。研究人员对美国 2006 年全国住院患者进行筛选并确定合并器官功能衰竭的创伤患者(根据第 9 版 DRG 国际疾病分类编码筛选,年龄 > 15 岁),并根据医院规模、地理区域、合并症、损伤严重程度评分(ISS)、年龄和性别等因素进行校正,利用多因素 logistic 回归模型分析比较创伤中心和创伤中心创伤患者器官功能衰竭发生率的差异。结果显示:在 1 939 473 例患者中,有创伤患者 396 276 例,其中 6.5% 发生了器官功能衰竭。发生急性器官功能衰竭的创伤患者的病死率明显高于无器官功能衰竭的创伤患者(12.4% 比 1.7%, $P < 0.001$),而且衰竭器官的数目越多,患者的死亡风险越高。此外,创伤中心患者呼吸衰竭和心力衰竭的发生率要高于非创伤中心患者。因此,研究人员认为:创伤患者并发器官功能衰竭并不常见,但一旦发生,患者死亡风险会明显增加;此外,创伤中心的创伤患者呼吸衰竭和心力衰竭的发生率要高于非创伤中心的患者,这可能与这两类医院的转诊模式和复苏策略不同有关。

童斌, 罗红敏, 编译自《J Trauma Acute Care Surg》, 2013, 75(3): 426-431

气道结构异常容易引起反复下呼吸道感染

西班牙学者最近进行了一项回顾性病例对照研究,旨在了解反复下呼吸道感染(RLAI)患儿气道结构是否存在异常。试验组为 2007 年至 2013 年因 RLAI 接受过纤维支气管镜(纤支镜)检查的患儿,对照组为同时期因其他原因接受纤支镜检查的患儿。评价指标包括纤支镜检查及支气管肺泡灌洗液(BALF)细菌培养结果。结果显示,共有 91 例患儿纳入本次研究,其中试验组 62 例(女 32 例),平均年龄 5 岁(1~12 岁);对照组 29 例(女 14 例),平均年龄 4.5 岁(0.5~14 岁)。试验组患儿中有 32 例存在气道软化(52%),34 例呼吸道中有大量分泌物(55%),均明显高于对照组(分别为 13% 和 20%, P 值分别为 0.001 和 0.007)。存在大量呼吸道分泌物的患儿中,试验组气道软化(64.7% 比 35.7%, $P = 0.04$)和 BALF 细菌培养阳性比例(45.5% 比 13.3%, $P = 0.04$)较对照组更加普遍。BALF 细菌培养结果显示,试验组主要为不可分型流感嗜血杆菌和肺炎链球菌,而对照组主要为卡氏肺囊虫、金黄色葡萄球菌和草绿色链球菌。研究人员据此得出结论:反复下呼吸道感染患儿中有一半存在气管和(或)支气管软化,这与以往的报告结果相符,并且远高于对照组;患儿常常存在大量呼吸道分泌物和细菌感染,主要为不可分型流感嗜血杆菌和肺炎链球菌。

童斌, 罗红敏, 编译自《Respir Med》, 2014-03-22(电子版)