

中心静脉导管与压力传感器之间加入三通接头对中心静脉压数值的影响

程秀玲 杨万杰 安友仲 滕洪云 张茹梅 王玉梅 高海玲 化宁 宋岩

【摘要】 目的 探讨中心静脉导管与压力传感器之间加入三通接头的数量对患者中心静脉压 (CVP) 数值的影响。**方法** 采用前瞻性对照研究方法,将 2014 年 2 月至 10 月天津市第五中心医院重症医学科行 CVP 监测的患者作为研究对象。根据中心静脉导管与压力传感器之间放置三通接头的数量分为 0 (对照组) 1、2、3 个三通接头组。测得同一患者放置不同数量三通接头时相应的 CVP 数值,在监护仪上获取方波图形并保存,通过测量方波后震荡波的两次振动周期间距离和震荡波振幅,计算测压系统的自身频率 (f_n) 和衰减系数 (D),比较各组 CVP、 f_n 和 D 的差异。**结果** 共收集 20 例患者 150 例次的测定数据。① 随着三通接头数量增加, CVP 呈逐渐降低趋势, 0、1、2、3 个三通组 CVP 分别为 (7.00 ± 1.60) 、 (7.00 ± 3.00) 、 (5.00 ± 2.00) 、 (4.00 ± 1.00) mmHg ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$), 只有 3 个三通组 CVP 明显低于对照组 ($F = 9.333$, $P = 0.015$), 其他组两两比较差异均无统计学意义。② 随着三通接头数量增加, f_n 呈逐渐增高趋势, 0、1、2、3 个三通组 f_n 分别为 (12.30 ± 0.79) 、 (16.00 ± 0.91) 、 (18.10 ± 1.75) 、 (20.90 ± 2.69) Hz。1、2、3 个三通组 f_n 均明显高于对照组 ($F_1 = 45.962$, $F_2 = 45.414$, $F_3 = 46.830$, 均 $P = 0.000$); 2 个和 3 个三通组 f_n 明显高于 1 个三通组 ($F_1 = 5.827$, $P_1 = 0.042$; $F_2 = 15.038$, $P_2 = 0.004$), 但 2 个和 3 个三通组间比较差异无统计学意义 ($F = 3.800$, $P = 0.087$)。③ 随着三通接头数量增加, D 亦呈逐渐增高趋势, 0、1、2、3 个三通组 D 值分别为 1.62 ± 0.27 、 1.60 ± 0.22 、 1.82 ± 0.25 、 2.15 ± 0.58 , 4 组间两两比较差异均无统计学意义。**结论** 在中心静脉导管与压力传感器之间加入三通接头后, CVP 数值会被低估,其原因考虑与三通接头造成了整个压力传感器的长度增加和管腔变细有关。

【关键词】 三通接头; 压力传感器; 中心静脉压; 泊肃叶定律

The influence of joining central venous catheter and pressure transducer with T-junctions on central venous pressure Cheng Xiuling*, Yang Wanjie, An Youzhong, Teng Hongyun, Zhang Rumei, Wang Yumei, Gao Hailing, Hua Ning, Song Yan. *Department of Critical Care Medicine, the Fifth Center Hospital in Tianjin, Tianjin 300450, China
Corresponding author: Cheng Xiuling, Email: chengxiuling6630@sina.com

【Abstract】 Objective To investigate the influence of the number of T-junctions between central venous catheter and pressure transducer on measurement of central venous pressure (CVP) in patients. **Methods** A prospective controlled study was conducted. The patients with CVP monitoring in Department of Critical Care Medicine of the Fifth Center Hospital in Tianjin from February to October in 2014 were enrolled. The patients were divided into three groups according to the number of T-junction between central venous catheter and pressure transducer: without T-junction control group and 1, 2, 3 T-junctions groups. In each patient, corresponding CVP values with different number of T-junctions placed between the central venous catheter and pressure sensors were determined within a certain period, and a square-wave graphic was obtained and preserved on the monitor. The own frequency (f_n) and the attenuation coefficient (D) of the system of pressure measurement were calculated after measurement of the shock wave following a square-wave to obtain the distance between two vibrations and the amplitude of the shock wave. The difference in CVP, f_n and D were compared among the groups. **Results** A total of 20 cases were enrolled, and 150 groups of data were collected. ① With the increase in the number of T-junction, CVP showed a tendency of gradual reduction. The CVP of the groups of control and 1, 2, 3 T-junctions was (7.00 ± 1.60) , (7.00 ± 3.00) , (5.00 ± 2.00) , and (4.00 ± 1.00) mmHg ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$), respectively. The CVP of 3 T-junctions group was significantly lower than that of the control group ($F = 9.333$, $P = 0.015$). ② With an increase in the number of T-junction, f_n showed a tendency of gradual increase. The f_n of groups control and 1, 2, 3 T-junctions was (12.30 ± 0.79) , (16.00 ± 0.91) ,

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.08.015

基金项目:国家发明专利(ZL 2012 1 0195200.8);天津市医药卫生科技计划项目(2010KZ23);天津市滨海新区医药卫生科技项目(2012BWK002)

作者单位:300450 天津市第五中心医院重症医学科(程秀玲、杨万杰、滕洪云、张茹梅、王玉梅、高海玲、化宁、宋岩);100044 北京大学人民医院重症医学科(安友仲) 通讯作者:程秀玲, Email: chengxiuling6630@sina.com

(18.10 ± 1.75), (20.90 ± 2.69) Hz, respectively. The fn of 1, 2, 3 T-junctions group was significantly higher than that of the control group ($F_1 = 45.962$, $F_2 = 45.414$, $F_3 = 46.830$, all $P = 0.000$); the fn of groups 2 and 3 T-junctions was significantly higher than that of 1 T-junction group ($F_1 = 5.827$, $P_1 = 0.042$; $F_2 = 15.038$, $P_2 = 0.004$), but there was no significant difference between the groups of 2 T-junctions and 3 T-junctions ($F = 3.800$, $P = 0.087$). ③ With an increase of the number of T-junction, D also showed a tendency of gradual increase. The D of 1, 2, 3 T-junction group was 1.62 ± 0.27 , 1.60 ± 0.22 , 1.82 ± 0.25 , and 2.15 ± 0.58 , respectively. There were no differences among four groups. **Conclusion** After the application of T-junctions between central venous catheter and pressure transducer, CVP values will be underestimated, the reason of which is considered to be the increase in length and thinner lumen of the T-junctions.

【Key words】 T-junction; Pressure transducer; Central venous pressure; Poiseuille law

危重患者常伴有血流动力学改变,容量过高时会导致肺水肿^[1-2],容量不足时则会影响重要器官灌注,重症患者还可能伴有心功能损害^[3]。中心静脉压(CVP)可间接反映右心前负荷和心肌张力,是血流动力学监测中最基本、最容易获得的参数之一^[4-5]。但由于 CVP 数值可能受到多种因素的干扰,如导管顶端位置^[6]、零点位置^[7]、胸腔内压力^[8-10]、体位^[11]、血管活性药物^[12]、压力传感器的自身频率(fn)和衰减系数(D)^[13],以及中心静脉与压力传感器之间的附加装置等,使监护仪上显示的 CVP 有时不一定准确,影响医务人员对治疗和病情的正确评估。本研究旨在探讨中心静脉与压力传感器之间增加三通接头对 CVP 数值准确性的影响。

1 资料与方法

1.1 研究设计及病例分组:采用前瞻性对照研究方法,自 2014 年 2 月开始,将本院重症医学科实施中心静脉置管并监测 CVP 的患者作为研究对象。根据同一患者同一时间段在中心静脉导管与压力传感器之间放置三通接头的数量分为 0 (对照组)、1、2、3 个三通组 4 组。排除实验过程中 CVP 数值受到三通接头以外因素严重干扰者。至 2014 年 10 月,共收集 20 例患者的 150 例次测定数据。男性 12 例,女性 8 例;年龄 16 ~ 82 岁,平均 (54.41 ± 13.30) 岁;病因:慢性阻塞性肺疾病急性发作(AECOPD) 5 例,急性呼吸窘迫综合征(ARDS) 2 例,腹部手术后 5 例,胸部手术后 3 例,骨科手术后 3 例,其他 2 例。20 例患者中有 15 例进行了机械通气。

本研究符合医学伦理学要求,经医院伦理委员会批准,所有治疗均得到患者或家属的同意并签字。

1.2 监测方法:经患者右/左颈内静脉或者右/左锁骨下静脉置入双腔中心静脉导管(7Fr $\times$ 20 cm,韩国晟伍公司),床旁后前位胸片证实导管顶端位于上腔静脉,距右心房入口处 1.0 ~ 1.5 cm。将压力传感器(MX9505T,美国史密斯公司,连接管最狭窄处内

径为 2.6 mm) 连接管的一端与装有 0.1% 肝素生理盐水液体的输液瓶连接,启动冲洗装置,驱尽压力传感器中的气体;连接管的另一端与中心静脉导管的主腔连接;压力传感器惠斯顿电桥电缆端通过连接电缆与 GE Solar8000i 监护仪(美国 GE 公司)连接。保持压力传感器“0 点”与患者腋中线 and 第四肋间交点水平对齐,转动压力传感器测压装置上的三通旋钮,使压力传感器与大气相通,即机械调零;再按压监护仪上调零按钮,监护仪显示的 CVP 数值归为“0”,即电调零。然后转动三通旋钮使压力传感器与中心静脉相通,获得连续的 CVP 波形与数值^[4,14-15]。确认监护系统中央站中可调出此患者的全息回顾图形,同时确认与打印机连接完好。

1.3 观察指标及方法:在中心静脉导管与压力传感器之间放置 0、1、2、3 个三通接头(BD Luser-lok 360°,瑞典碧迪公司,三通接头内径 1.4 mm、长度 3.5 cm) 的情况下,分别获得 CVP 数值后进行快速冲洗试验,即快速按压/牵拉传感器冲洗按钮,监护仪上即可显示出方波图形并保存图形,最后从监护系统中央站中分别调出同一患者 4 种情况下带有方波的全息回顾图形(图 1),对 CVP 波形中方波之后的震荡波进行测量,获得 2 次振动周期期间的距离和震荡波的振幅,利用公式计算出测压系统的 fn 和 D^[13,16]。fn = 两次振动周期期间的距离 $\times$ 标准心电图速度(25 mm/s),可通过测量两个连续周期的时间距离确定; $D = -\ln[(A_2/A_1)/\sqrt{\pi^2 + [\ln(A_2/A_1)]^2}]^{[5]}$,可通过测量连续振动周期的振幅(A)比例来确定。取同一患者同一时间段 CVP、fn 和 D 的均值进行统计。

1.4 统计学处理:采用 SPSS 17.0 软件处理数据。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较用单因素方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三通接头数量对 CVP 的影响(表 1):随着三通接头数量增加, CVP 呈逐渐降低趋势,只有 3 个

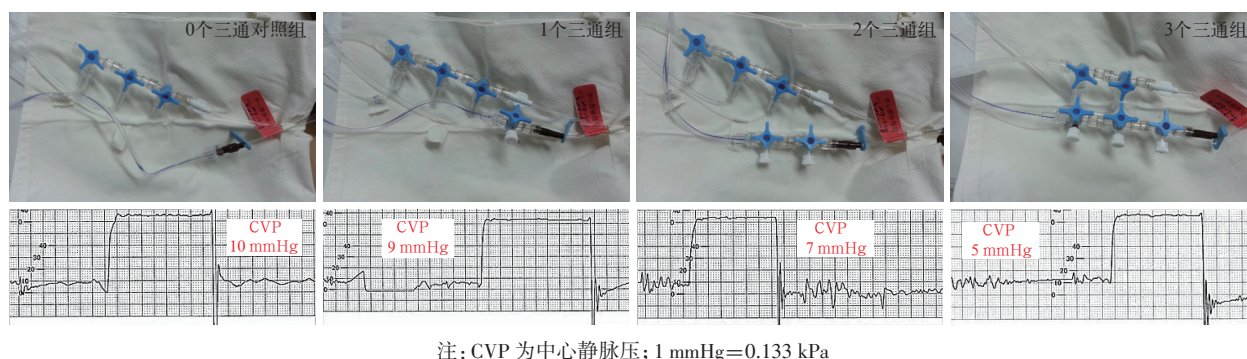


图1 在重症患者中心静脉导管与压力传感器之间连接0(对照组)、1、2、3个三通接头时的方波图形(上图)和CVP数值(下图)

三通组 CVP 明显低于对照组 ($P<0.05$); 而 1、2、3 个三通组 CVP 数值两两比较差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$)。

表1 20例重症患者中心静脉导管与压力传感器之间的三通接头数量对 CVP、fn、D 的影响 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	例次	CVP (mmHg)	fn (Hz)	D
0个三通(对照)组	20	150	7.00±1.60	12.30±0.79	1.62±0.27
1个三通组	20	150	7.00±3.00	16.00±0.91	1.60±0.22
2个三通组	20	150	5.00±2.00	18.10±1.75	1.82±0.25
3个三通组	20	150	4.00±1.00	20.90±2.69	2.15±0.58
两两比较 0:1 的 F/P 值			0.090/0.771	45.962/0.000	0.019/0.893
0:2 的 F/P 值			1.882/0.207	45.414/0.000	1.231/0.299
0:3 的 F/P 值			9.333/0.015	46.830/0.000	3.392/0.103
1:2 的 F/P 值			0.679/0.434	5.827/0.042	1.872/0.208
1:3 的 F/P 值			3.600/0.094	15.038/0.004	9.908/0.083
2:3 的 F/P 值			1.200/0.305	3.800/0.087	1.486/0.257

注: CVP 为中心静脉压, fn 为自身频率, D 为衰减系数; 1 mmHg = 0.133 kPa

2.2 三通接头数量对 fn 的影响 (表1): 随着三通接头数量增加, fn 呈逐渐增高趋势, 1、2、3 个三通组 fn 明显高于对照组, 2 个和 3 个三通组 fn 明显高于 1 个三通组 (均 $P<0.05$); 而 2 个和 3 个三通组间 fn 比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

2.3 三通接头数量对 D 的影响 (表1): 随着三通接头数量增加, D 亦呈逐渐增高趋势, 但 4 组间两两比较差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$)。

3 讨论

ICU 危重患者通常需要使用多个微量注射泵, 而此时往往又需要进行血流动力学监测, 三通接头则是输液过程中与中心静脉导管搭配使用的装置。CVP 是最基础的测定指标, 其测定时需要应用中心静脉导管。如果使用多腔的中心静脉导管则可避免 CVP 测定与微量泵液体泵入的混用, 但如果应用单腔导管, 三通接头与中心静脉导管和压力传感器之

间的位置关系可能影响 CVP 数值的准确性。

按照帕斯卡原理^[17], 当中心静脉导管顶端位于中心静脉腔内时, 中心静脉内流体产生的压强则通过中心静脉内的流体传递到压力传感器的惠斯顿电桥。按照惠斯顿电桥原理^[18-19], 传递到惠斯顿电桥的压力信号转换为相应数值的电信号, 电信号再通过压力传感器上的电缆传递到监护仪的相应模块, 最后以光波的形式在监护仪屏幕上显示并通过监护仪内的微电脑计算出相应的数值。

通常情况下, 压力传感器对 CVP 准确性的影响取决于压力传感器的动态反应性^[20-21]。动态反应以两个重要的系统参数为特征, 即 fn 和 D。fn 代表压力传感器如何快速振动, fn 越高则动态反应性越好。D 则代表压力传感器如何迅速静止, 传感器连接管顺应性较弱时, 会发生衰减不足, 可能高估压力数值; 连接管顺应性较强时, 会发生衰减过度, 可能低估压力数值^[22-23]。本研究显示, 在中心静脉导管与压力传感器之间增加 1 个和 2 个三通接头时, CVP 数值有降低趋势, 但尚无统计学差异; 当增加到 3 个三通接头时, CVP 显著降低。随着三通接头数量增加, fn 逐渐增加, 而且有统计学差异, 这样可造成 CVP 数值增高, 而实际上 CVP 是降低的, 显然 CVP 的降低与 fn 无关。随着三通接头数量增加, D 逐渐增加, 会发生衰减过度, 理论上和 CVP 被低估是一致的, 但本研究并未显示出统计学上的差异, 因此 D 的增加也无法解释 CVP 的降低。显然, 本研究的结果很难用压力传感器的动态反应性来解释。

那么, 三通接头数量的增加引起 CVP 降低的真正原因是什么呢? 本实验中我们使用的三通接头内径为 1.4 mm, 明显小于压力传感器连接管的内径 (2.6 mm)。另外, 每增加 1 个三通接头, 压力传感器的总长度会增加 3.5 cm, 根据泊肃叶定律^[24-25], 管道的长度与阻力呈正比, 有研究显示, 同样是 16G 内

径的留置针和中心静脉导管,在施加同样压力的情况下快速补液,留置针的流速可明显高于中心静脉导管,原因是中心静脉导管的长度长于留置针^[26]。本研究中随着三通接头数量的增加,CVP 呈降低趋势,增加至第 3 个三通接头时出现了统计学差异,说明 CVP 的降低与压力传感器总长度存在一定的关系。同样根据泊肃叶定律,阻力与管道的半径呈反比,也就是说,管道半径的减小会使阻力以半径四次方的量级增加。有研究显示,肺挫伤致 ARDS 的患者早期会因肺小动脉痉挛导致肺动脉收缩压和舒张压明显增高,使肺动脉舒张压与肺动脉楔压的差值增大,随着病情恢复,肺小动脉痉挛逐渐解除,上述肺循环压力恢复^[27]。本研究中使用的三通接头内径明显小于压力传感器导管的内径,这应该是 CVP 被低估的主要原因。另外,随着三通接头数量的增加,压力传感器的总长度增加,这也可能是 CVP 被低估的另一个原因。缩小半径并延长长度的三通接头会增加流体通过的阻力,使得流出最后一个三通接头的末端压力降低,传递到惠斯顿电桥的流体压力降低,相应的 CVP 就会降低。

三通接头的材质硬于压力传感器导管,fn 值应随着三通接头数量的增加而增加,这与本研究的结果相符。较硬的材质应该导致衰减不足,D 值应降低,而本研究中 D 值反而有逐渐增高的趋势,同时这种增高的趋势和 CVP 的降低一致。因此我们分析,当流体从相对较粗的压力传感器连接管到达管径较细的三通接头时,流体遇到的阻力骤增,引起进入三通接头腔隙内的压力衰减,D 值则增高。这也导致流经三通接头之后的压力降低,即 CVP 降低。

综上,在中心静脉导管与压力传感器之间加入三通接头会延长压力传感器的总长度,并使得压力传导系统内径缩小,从而低估 CVP 数值。这提示我们,CVP 的监测最好使用单独的通道。若必须在测压管路上连接三通接头同时测压和泵入药物时,压力传感器应尽可能与离中心静脉最近的三通接头侧孔连接。如果一定要与三通接头直线孔连接,其数目最多不能超过 3 个,以保证监测数据的准确性。

参考文献

- [1] 马丽君,秦英智.血管外肺水指数和肺毛细血管渗透性指数在肺水肿诊断中的意义[J].中华危重病急救医学,2008,20(2): 111-114.
- [2] 孙丽晓,高心晶,李智伯,等.血管外肺水指数对急性呼吸窘迫综合征患者预后的评价[J].中华危重病急救医学,2014,26(2): 101-105.
- [3] 陈全福,张敏州,杨澄,等.益气活血中药对脓毒症心肌抑制的保护作用研究[J].中国中西医结合急救杂志,2011,18(3):

- 163-166.
- [4] 刘大为,邱海波,严静.中国重症医学专科资质培训教材[M].北京:人民卫生出版社,2013:73-104.
- [5] 汪荣.术后重症患者中心静脉压的影响因素及护理对策[J].中国医师进修杂志,2012,35(22): 124-125.
- [6] Yang W, Feng Q, An Y, et al. The effects of differential injection sites of cold saline on transpulmonary thermodilution parameter values [J]. Patient Prefer Adherence, 2015, 9: 551-554.
- [7] 黄丽丽.影响中心静脉压测量的因素及护理对策[J].天津护理,2012,20(6): 417-418.
- [8] 杨中良,周竞崎,孙宝玲,等.呼气末正压通气对重型颅脑损伤患者中心静脉压的影响[J].中华危重病急救医学,2012,24(5): 283-285.
- [9] 杨万杰,赵雪峰,冯庆国,等.呼气保持法测定机械通气患者呼气末肺动脉楔压的方法研究[J].中华危重病急救医学,2011,23(4): 228-231.
- [10] 陈荣琳,曹枫,刘先福,等.液体复苏对低血容量机械通气患者静脉压力阶差的影响[J].中华危重病急救医学,2012,24(2): 107-110.
- [11] 罗丹,吴婷玲,朱燕.中心静脉压监测的影响因素及护理研究现状[J].右江民族医学院学报,2014,36(1): 109-111.
- [12] 石岚,郭仙斌,何进椅,等.急危重症患者中心静脉压测量系统效能评估体系的临床实证研究[J].中国实用护理杂志,2015,31(1): 5-8.
- [13] Mark JB. 心血管监测图谱[M].颜红兵,译.北京:科学出版社,2003:179-180.
- [14] 冯书梅.同一压力传感器监测有创动脉压和中心静脉压的临床应用[J].护士进修杂志,2011,26(11): 1041-1042.
- [15] 管向东.中心静脉压监测//中华医学会.临床技术操作规范·重症医学分册[M].北京:人民军医出版社,2008:15-16.
- [16] Yang W, Zhao X, Feng Q, et al. "Expiratory holding" approach in measuring end-expiratory pulmonary artery wedge pressure for mechanically ventilated patients [J]. Patient Prefer Adherence, 2013, 7: 1041-1045.
- [17] Shinozaki T, Deane RS, Mazuzan JE. The dynamic responses of liquid-filled catheter systems for direct measurements of blood pressure [J]. Anesthesiology, 1980, 53(6): 498-504.
- [18] Cowles VE, Condon RE, Schulte WJ, et al. A quarter Wheatstone bridge strain gage force transducer for recording gut motility [J]. Am J Dig Dis, 1978, 23(10): 936-939.
- [19] Pascaud XB, Genton MJ, Bass P. A miniature transducer for recording intestinal motility in unrestrained chronic rats [J]. Am J Physiol, 1978, 235(5): E532-538.
- [20] Gardner RM. Direct blood pressure measurement—dynamic response requirements [J]. Anesthesiology, 1981, 54(3): 227-236.
- [21] Gardner RM, Hollingsworth KW. Optimizing the electrocardiogram and pressure monitoring [J]. Crit Care Med, 1986, 14(7): 651-658.
- [22] Kleinman B. Understanding natural frequency and damping and how they relate to the measurement of blood pressure [J]. J Clin Monit, 1989, 5(2): 137-147.
- [23] Cochard JF. Performance evaluation of European pressure sensors [J]. ICU Management, 2005(3): 34-36.
- [24] Forconi S, Gori T. The evolution of the meaning of blood hyperviscosity in cardiovascular physiopathology: should we reinterpret Poiseuille? [J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2009, 42(1): 1-6.
- [25] Skalak R. Poiseuille Medal lecture. Capillary flow: past, present, and future [J]. Biorheology, 1990, 27(3-4): 277-293.
- [26] Mateer JR, Thompson BM, Aprahamian C, et al. Rapid fluid resuscitation with central venous catheters [J]. Ann Emerg Med, 1983, 12(3): 149-152.
- [27] 杨万杰,赵雪峰,魏凯,等.肺挫伤致急性呼吸窘迫综合征患者肺循环变化的临床研究[J].中华危重病急救医学,2012,24(7): 407-411.

(收稿日期:2015-05-27)

(本文编辑:李银平)