

床旁超声监测颈总动脉峰流速变异用于 评估外科 ICU 患者容量状态的研究

尹万红, 陈 瑶, 金晓东[△], 左艳艳, 康 焰, 王 波, 曾学英

四川大学华西医院 重症医学科(成都 610041)

【摘要】 目的 探讨床旁超声监测颈总动脉峰流速随正压通气的周期性变异率以评估外科 ICU 患者容量状态的准确性及可行性。**方法** 选择 2011 年 8 月至 2012 年 3 月术后收入外科 ICU、正压有创控制通气、无心律失常患者。由经过短暂超声操作培训的 ICU 住院医师及有熟练超声技能的主治医师,分别独自测量患者颈总动脉峰流速变异率(ΔV_{peak})。并以补液试验的每搏输出量变异(ΔSV)为金标准分析 ΔV_{peak} 的 ROC 曲线、诊断阈值及诊断效能、ICU 住院医师与主治医师的测量值相关性,以评价临床可行性。**结果** 最后入选外科 ICU 患者 46 例。有熟练超声技能的主治医师测量颈总动脉峰值变异率(ΔV_{peak1})与每搏输出量变异率(ΔSV)高度相关($r=0.76$, $P<0.05$),诊断价值高(AUC 0.95, 诊断截断值为 12.1%, 敏感性 90.9%, 特异性 83.3%, 阳性预测值 83.3%, 阴性预测值 90.9%); ICU 住院医师测量颈总动脉峰值变异率(ΔV_{peak2})的 AUC 0.94; ΔV_{peak1} 与 ΔV_{peak2} 有明显相关性($R^2=0.68$, $P<0.05$)。**结论** 床旁超声测量颈总动脉峰流速变异能够准确的评估外科 ICU 患者容量状态。这一测量手段能够被住院医师较好的掌握,可行性及可靠性高。

【关键词】 床旁超声 峰流速变异 颈动脉 前负荷 无创

Measurement of Peak Velocity Variation of Common Carotid Artery with Bedside Ultrasound to Estimate Preload in Surgery ICU YIN Wan-hong, CHEN Yao, JIN Xiao-dong[△], ZUO Yan-yan, KANG Yan, WANG Bo, ZENG Xue-ying. Department of Intensive Care Unit, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

[△] Corresponding author, E-mail: zh_jxd@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the feasibility and accuracy of bedside ultrasound measuring peak velocity variation of common carotid artery to estimate preload of the patients in surgery ICU. **Methods** In this prospective cohort study, SICU patients with sinus rhythm and positive pressure ventilation were included. The peak velocity variation in common carotid artery (ΔV_{peak}) during each respiratory circle was measured by ICU resident with short-term training and experienced attending sonographer. Stroke volume before and after the fluid challenge was also measured by the experienced sonographer as the gold standard of fluid responsiveness. Then the ROC, feasibility and accuracy of the diagnosis trial were analyzed. **Results** There were 46 patients included. The peak velocity variation of common carotid artery measured by the attending (ΔV_{peak1}) is highly related with ΔSV ($r=0.76$, $P<0.05$). Area under the receiver operating characteristic curve was 0.95 ($P<0.05$). The peak velocity variation of common carotid artery (ΔV_{peak}) $>12.1\%$ predicted fluid responsiveness with sensitivity of 90.9%, specificity of 83.3%, positive predictive value of 83.3% and negative predictive value of 90.9%. The peak velocity variation of common carotid artery measured by the resident (ΔV_{peak2}) were highly related with ΔV_{peak1} ($R^2=0.68$, $P<0.05$), the AUC was 0.94. **Conclusion** Measurement of peak velocity variation of common carotid artery with bedside ultrasound can accurately estimate the volume status of the patients in surgery ICU, and it is easy to be performed by the residents of ICU.

【Key words】 Point of care ultrasound Peak velocity variation Common carotid artery Preload measurement Noninvasive

合理的液体治疗能够保护 ICU 患者器官功能,改善预后^[1,2],不合理的液体治疗则可能增加术后并发症的发生率,影响其预后^[3,4]。合理液体治疗的前提是准确判断患者的容量状态,即前负荷。目

前较多临床研究结果显示,无创超声测量下腔静脉随正压通气塌陷指数、经食道超声测量主动脉峰流速正压通气变异等均可以准确的评估前负荷即容量状态,指导合理的液体治疗^[5-7]。但这些测量或为有创,或因腹部手术、腹腔高压等原因而使用受限。而颈动脉易于暴露和快速无创检查,特别是对于全

麻未醒且需机械通气的 SICU 患者而言,颈总动脉峰流速变异有望成为方便、无创实用的前负荷指标,但是其预测价值及测量技术临床实用性尚需临床验证。

基于以上背景,本研究分别以 ICU 住院医生、有熟练超声技能的主治医师使用床旁超声快速无创测量颈总动脉峰流速变异,并以容量负荷试验为判断容量的金标准^[8],检验该试验方法作为前负荷诊断手段的准确性、可靠性及可行性,为临床快速准确无创评估前负荷提供帮助。

1 对象和方法

1.1 研究对象

纳入 2011 年 8 月至 2012 年 3 月术后收入外科 ICU,全麻术后、需有创控制通气、无心律失常的成年患者(年龄 >18 岁)。排除①不签署知情同意书;②需要采取肺保护性通气;③心功能不全不能耐受补液试验;④颈动脉狭窄、血栓或其他血管病变;⑤心律失常;⑥孕妇。

1.2 研究方法

采用前瞻性观察研究的方法,试验设备为床旁超声机(M-Turbo™超声波系统,索诺声公司)。参与试验人员为 ICU 住院医师一名,接受约 1 h 的超声理论及颈总动脉超声操作培训;有熟练超声技能的主治医师 1 名,数据记录及分析人员 1 名。颈动脉超声检查及测量均按超声操作规程完成,具体如下:床旁超声血管探头于甲状软骨下缘一侧予横轴显示颈总动脉及颈内静脉,使颈总动脉位于屏幕正中,旋转探头 90°,以纵轴显示颈总动脉,以多普勒超声标准操作显示颈总动脉靠锁骨段的血流频谱,测量一个呼吸周期内峰流速的最大及最小值。

患者纳入后适量镇静打断自主呼吸,调节呼吸机 A/C 模式,容量控制通气,潮气量 8~12 mL/kg,呼吸次数 12~20 次/min,并设置 PEEP (5~10 mmHg, 1 mmHg=0.1333 kPa)。行心脏超声检查排除严重心功能不全者,行双侧颈动脉超声检查了解有无血管狭窄等病变等。记录患者基本信息。后由 ICU 住院医师、有熟练超声技能的主治医师先后独自进行颈总动脉峰流速一个呼吸周期的最大值和最小值测量;有熟练超声技能的主治医师同时进行经胸每搏输出量(SV)测量。随即进行液体负荷试验即 6%羟乙基淀粉(130/0.4)500 mL,30 min 内快速匀速输入,再次经胸测量心输出量,记录数据。

1.3 数据收集

基本数据包括:患者年龄、体质量、性别、诊断、手术方式、心率以及平均动脉压、呼吸机参数。试验数据包括:ICU 住院医师所测颈总动脉峰流速在同一呼吸周期的最大、最小值($V_{peak\ MAX2}$ 、 $V_{peak\ MIN2}$);有熟练超声技能的主治医师所测颈总动脉峰流速在同一呼吸周期的最大、最小值($V_{peak\ MAX1}$ 、 $V_{peak\ MIN1}$);患者补液前每搏心输出量,患者补液后每搏心输出量。试验计算数据包括:ICU 住院医师所测颈总动脉峰流速变异(ΔV_{peak2}),有熟练超声技能的主治医师所测颈总动脉峰流速变异(ΔV_{peak1}),液体负荷试验前后每搏输出量变异(ΔSV)。

试验过程中测量者不了解患者容量状态,且对彼此测量数据均不知情。各次测量数据由专人记录并统计分析。试验过程中数据不反馈给测量者。

1.4 试验分组

以主治医师所计算的 ΔSV 为金标准,根据以往研究及文献通用标准^[9], $\Delta SV \geq 15\%$ 定义为阳性,即容量有反应性,临床需要补液治疗。根据 ΔSV 结果将患者分对补液扩容有反应组(R组)与对补液扩容无反应组(N组)。

1.5 统计学方法

计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,呼吸周期峰流速最大及最小值及扩容前后计量资料采用配对 t 检验,R 组和 N 组计量资料比较采用独立样本 t 检验,定性资料组间比较采用卡方检验。直线相关检验使用 Pearson 检验。ROC 曲线比较采用 Hanley-McNeil 检验。使用 Youden 指数确定诊断阈值,根据阈值计算敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本特征及试验中血流动力学指标

最后纳入 SICU 患者 46 例,包括腹部疾病术后 23 例,四肢骨折术后 7 例,脊柱手术 4 例,骨盆手术 2 例,颅脑疾病术后 10 例。补液扩容无心衰等不良事件,无退出病例。R 组与 N 组患者的年龄、体质量、性别、潮气量、呼吸频率、PEEP 整体比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

扩容前 R 组与 N 组心率、每搏输出量整体比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),扩容后两组各指标差异除 $V_{peak\ MIN2}$ 外均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.2 ΔVpeak1 与 ΔSV 相关性

ΔVpeak1 与金标准 ΔSV 有明显相关性($r_1=0.76, P<0.05$, 图 1)。

表 1 患者基本资料
Table 1 Descriptive clinical data

	R group (n=22)	N group (n=24)	P
Age (yr.)	44±12	48±14	0.30
Body mass (kg)	63.0±6.9	59.1±8.0	0.11
Sex ratio (M/F)	16/6	12/12	0.12
Tidal volume (mL)	682±99	627±93	0.06
Respiratory rate (times per minute)	14±3	14±1	0.84
PEEP (cmH ₂ O)	6±2	6±1	0.69
Vasoactive agent (case)	10	3	0.02
Diagnosis category			
Abdominal operation	11	12	
Limbs fracture operation	2	5	
Spinal operation	1	3	
Pelvic operation	1	1	
Craniocerebral operation	7	3	

ROC 曲线如图 2, AUC 分别为 0.95、0.94 (P 均 <0.05)。根据 Youden 指数, 结合临床: 有熟练超声技能的主治医师测量颈总动脉的峰流速变异 ΔVpeak1 的诊断阈值为 12.1%。计算得其敏感性为 90.9%, 特异性为 83.3%, 阳性预测值 83.3%,

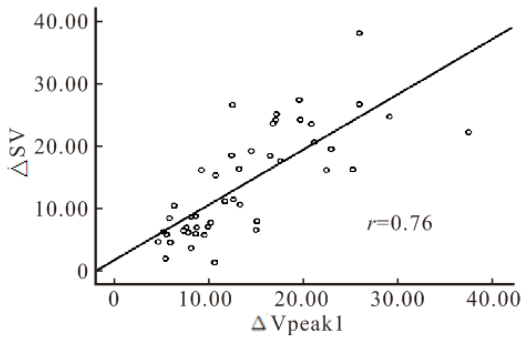


图 1 ΔVpeak1 与 ΔSV 的相关性
Fig 1 Relationship between ΔVpeak1 and ΔSV

表 2 试验中血流动力学指标
Table 2 Haemodynamic data before and after fluid challenge

		R group (n=22)	N group (n=24)	P
SAP (mm Hg)	Before fluid	113.0±18.9	120.5±17.3	0.17
	After fluid	122.8±21.1	123.0±14.9	0.97
DAP (mm Hg)	Before fluid	68.7±14.2	66.1±13.9	0.53
	After fluid	71.7±14.0	67.5±12.1	0.28
MAP (mm Hg)	Before fluid	82.9±15.4	83.6±12.2	0.85
	After fluid	88.5±16.0	86.0±11.2	0.52
HR (beats/min)	Before fluid	102±22	86±20	0.01
	After fluid	98±20	86±21	0.06
SV (mL)	Before fluid	52.8±12.7	59.9±10.0	0.04
	After fluid	64.0±14.1	63.9±10.5	0.99
Vpeak MAX1		75.8±21.8	81.0±20.9	0.42
Vpeak MIN1		62.7±19.3	74.4±20.3	0.05
Vpeak MAX2		72.0±23.0	79.1±23.3	0.31
Vpeak MIN2		58.9±20.2	71.9±21.4	0.04

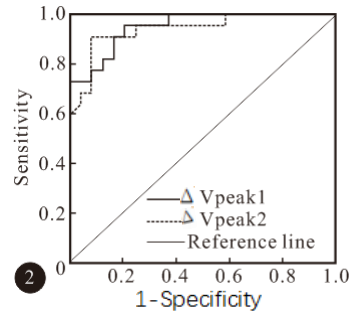


图 2 ΔVpeak1 与 ΔVpeak2 的 ROC 曲线
Fig 2 Receiver-operating characteristics curves comparing the capacity of ΔVpeak1 and ΔVpeak2

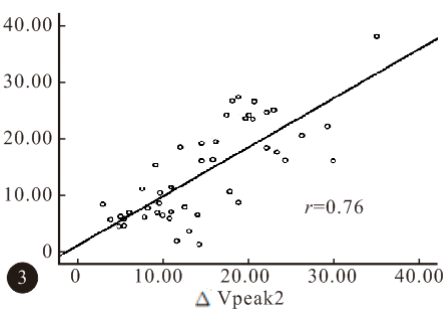


图 3 ΔVpeak2 与 ΔSV 的相关性
Fig 3 Relationship Between ΔVpeak2 and ΔSV

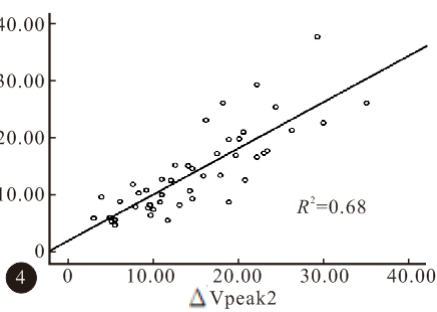


图 4 Consistency between ΔVpeak2 and ΔVpeak1

阴性预测值 90.9%。

ΔVpeak2 与金标准 ΔSV 有明显相关性($r_2=$

$0.76, P<0.05$, 图 3)。

ΔVpeak2 与 ΔVpeak1 有很好的 consistency ($R^2=0.68, P<0.05$, 图 4)。

3 讨论

在ICU中测量前负荷的方法较多,但是常用的如中心静脉压等静态指标可靠性差,基于心肺相互作用的动态前负荷指标有很高的可靠性,但多为有创测量^[10]。床旁超声作为一种无创测量工具,其应用在循环监测中的准确性及可靠性已被很多临床试验证实^[5-7]。

既往研究^[7,11,12]验证了主动脉根部、股动脉峰流速变异预测容量反应性的高敏感性及特异性。但主动脉根部峰流速须通过食道超声测量^[11],操作复杂且有创;股动脉峰流速测量容易受到腹内压等的干扰,特别是SICU患者,多数接受腹部手术或存在腹腔高压、胃肠胀气等情况,限制了下腔静脉及股动脉的超声测量^[13]。另一方面,超声测量峰流速这一技术能否被很好的使用及推广尚需验证。

颈动脉属于主动脉的二级分支,管径粗,不同于静脉,受气压等的影响较小,且颈动脉表浅,超声显像清晰,图像质量高,测量可靠性大^[14]。本实验所有超声图像均显像清晰,也反映出颈动脉是很好的测量动脉峰流速的部位。

本研究显示,经有熟练超声技能的主治医师测量的颈总动脉峰流速变异与液体负荷试验的每搏心输出量变异有明显的相关性,表明颈总动脉峰流速变异能够很好的预测容量反应性。经分析得出受试者工作特征曲线的曲线下面积为0.95,提示其诊断价值很高。通过优登指数以12.1%为截断值预测容量有反应性的敏感性为90.9%,特异性为83.3%,阳性预测值83.3%,阴性预测值90.9%。显示出以颈动脉峰流速变异>12.1%预测容量反应性的临床价值。应注意的是心功能不全、非窦性心律、自主呼吸等可能影响测量结果^[15],是颈总动脉峰流速变异的应用禁区。

超声技术的应用在一定程度上依赖于操作者的经验。而颈部结构简单,颈总动脉易于暴露,显像清晰,不受气体等干扰,此处的超声检查技术易于被初学者掌握,方便临床推广。经过短暂的培训非超声科ICU医生也可以很好的掌握。

本研究结果发现,没有超声经验的ICU住院医师经过1h的培训后能够独立的快速完成所有颈总动脉超声的检查(平均测量时间低于5min)。其测量结果与有熟练超声技能的主治医师有良好的一致性($R^2=0.68, P<0.05$)。同时其测量结果也与金标准有明显的相关性($r^2=0.76, P<0.05$),显示出

很高的诊断价值($AUC 0.94; P<0.05$)。所以经过短暂培训后ICU住院医师也能很好的掌握这一技术,并能用其指导临床治疗。

对于SICU患者而言创伤或术前的病理状态及手术本身的打击下会诱发机体的应激反应,引起全身炎症反应综合征(SIRS)及全身性毛细血管渗漏综合征(SCLS)导致大量液体、蛋白质等渗漏,一方面引起器官、组织水肿,另一方面有效循环容量减少,微循环障碍及脏器灌注不足,最终多器官功能障碍^[16]。既往观念认为应该采取“开放性液体治疗策略”尽量补足液体以避免有效循环血量的不足。但是开放补液会加重组织水肿,特别是肺水增加会降低氧合,增加肺不张或实变,增加肺部感染发生率;切口、吻合口及胃肠道的水肿则有增加切口感染、吻合口漏、胃肠道功能及肠黏膜屏障功能障碍,细菌移位风险。可见一味的开放与限液均不可取,治疗应该个体化,因人而异,推进合理的液体治疗^[17,18]。

合理液体治疗的前提是判断患者的前负荷状态。理想的前负荷指标的特点应是无创、快速、可重复、准确、经济。容量负荷试验是判断容量的金标准,但耗时,且有引起心衰、肺水肿的风险^[8]。动态前负荷指标比静态指标优越,但是多数是有创的。超声技术参与的动态指标无创、简便易掌握,是一个很好的方向。对于SICU患者而言,很多患者经历腹部大手术、肠道功能障碍肠胀气、腹腔高压或是创伤,影响下腔静脉及股动脉的超声测量,同时因为颈动脉超声简单易行,本研究证实其准确性,所以有很大的应用价值。

总之,本研究采用前瞻试验的方法,对SICU的46例患者由ICU住院医师及有熟练超声技能的主治医师先后测量颈总动脉峰流速随呼吸变异,与容量负荷试验作为金标准对比,通过数据分析得出以下结论:①对于正压通气、窦性心律的患者,颈总动脉峰流速变异能够较准确的反映SICU患者的容量状态,是一个很好动态的前负荷指标。②该检查技术能够被没有超声经验的ICU住院医师快速掌握,易于临床推广。但是本研究尚存在一些不足,尚需要增大样本,进一步改进方案,同时后继开展与预后相关的随机对照试验进行进一步的临床验证。

参 考 文 献

- 1 Dorresteijn MJ, van Eijk LT, Netea MG, *et al.* Iso-osmolar prehydration shifts the cytokine response towards a more anti-

- inflammatory balance in human endotoxemia. *J Endotoxin Res*, 2005;11(5):287-293.
- 2 Rivers E, Nguyen B, Havstad S, *et al.* Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med*, 2001;345(19):1368-1377.
- 3 Chappell D, Hofmann KK, Conzen P, *et al.* A rational approach to perioperative fluid management. *Anesthesiology*, 2008;109(4):723-740.
- 4 Brandstrup B, Tonnesen H, Beier holgersen R, *et al.* Effects of intravenous fluid restriction on postoperative complications; comparison of two perioperative fluid regimens; a randomized assessor blinded multicenter trial. *Ann Surg*, 2003;238(5):641-648.
- 5 Boyd JH, Walley KR. The role of echocardiography in hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care*, 2009;15(3):239-243.
- 6 Feissel M, Michard F, Faller JP, *et al.* The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med*, 2004;30(9):1834-1837.
- 7 Preau S, Saulnier F, Dewavrin F, *et al.* Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med*, 2010;38(3):819-825.
- 8 Vincent JL, Weil MH. Fluid challenge revisited. *Crit Care Med*, 2006;34(5):1333-1337.
- 9 Cavallaro F, Sandroni C, Marano C, *et al.* Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults; systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Intensive Care Med*, 2010;36(9):1475-1483.
- 10 Cavallaro F, Sandroni C, Antonelli M. functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness. *Minerva Anesthesiol*, 2008;74(4):123-135.
- 11 Lafanechère A, Pène F, Goulenok C, *et al.* Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predicts fluid responsiveness in critically ill patients. *Crit Care*, 2006;10(5):132-140.
- 12 Monnet X, Rienzo M, Osman D, *et al.* Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*, 2006;34(5):1402-1407.
- 13 Cheatham ML. Abdominal compartment syndrome. *Curr Opin Crit Care*, 2009;15(2):154-162.
- 14 Thrush A, Hartshorne T. Ultrasound assessment of the extracranial cerebral circulation. In: *Peripheral Vascular Ultrasound*. Second Edition. Elsevier Churchill Livingstone, 2005;85-109.
- 15 Cavallazzi R, Vasu T, Marik PE, *et al.* Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients. A systematic review of the literature. *Crit Care Med*, 2009;37(9):2642-2647.
- 16 Jacob M, Chappell D, Rehm M. Clinical update: perioperative fluid management. *Lancet*, 2007;369(9578):1984-1986.
- 17 Soni N. British consensus guidelines on intravenous fluid therapy for adult surgical patients (GIFTASUP); cassandra's view. *Anaesthesia*, 2009;64(3):235-238.
- 18 Bundgaard NM, Ruhnau B, Secher NH, *et al.* Flow related techniques for preoperative goal directed fluid optimization. *Br J Anaesth*, 2007;98(1):38-44.

(2013-01-07 收稿, 2013-03-11 修回)

编辑 汤洁

本刊征稿启事

《四川大学学报(医学版)》(原《华西医科大学学报》)是中文核心期刊,曾荣获全国优秀科技期刊一等奖、首届国家期刊奖提名奖、第二、三届国家期刊奖百种重点期刊、四川省十佳科技期刊称号和第一、二、三、四届中国高校精品科技期刊奖。本刊被美国《医学索引》(INDEX MEDICUS, IM/MEDLINE),《生物学文摘》(BIOLOGICAL ABSTRACTS, BA),《化学文摘》(CHEMICAL ABSTRACTS, CA),荷兰《医学文摘》(EXCERPTA MEDICA, EM),中国科技论文与引文数据库(CSTPCD),中国生物医学文献光盘数据库(CBMdisc),中文生物医学期刊文献数据库(CMCC),中国学术期刊网全文数据库(CNKI),中国学术期刊(光盘版),万方数据-数字化期刊群等数据库收录。

为了更好地开展国内外学术交流,促进医药卫生事业的发展,凡符合编辑部稿件要求(见每卷末期稿约),均可向本刊投稿。凡属于国家自然科学基金及其他部省级以上科研基金资助的来稿,编辑部将适当地给予优先。用英文撰写的稿件投稿时应附上中文稿。英文稿一经采用,刊出时间可提前。

本刊在线投稿网址: <http://scdx.cnjournals.com>

地址:四川省成都市人民南路三段17号四川大学学报(医学版)编辑部

邮政编码:610041

电话/传真:(028)85501320

E-mail: scuxbyxb@scu.edu.cn

四川大学学报(医学版)编辑部