

功能性血流动力学监测的现状与展望

穆恩 刘志永

对于重症加强治疗病房 (ICU) 医生来讲, 准确地判断患者的容量状态并决定是否进行液体治疗非常重要。近年来, 功能性血流动力学监测越来越受到重视并显示了良好的应用前景。功能性血流动力学监测指标在回答患者究竟处于 Frank-Starling 曲线何种位置方面要明显优于传统的静态前负荷指标^[1-4]。所谓功能性血流动力学监测是指通过动态评估血流动力学参数对某种干预因素的反应, 来揭示患者心血管系统的病理生理状态。相对于中心静脉压 (CVP)、肺动脉楔压 (PAWP) 等静态前负荷指标来讲, 功能性血流动力学指标又被称为动态血流动力学指标^[5-7]。

1 常用的功能性血流动力学指标

目前, 应用比较广泛的功能性血流动力学指标是与心肺交互作用相关的前负荷指标。所谓心肺交互作用主要是指机械通气过程中产生的胸内压周期性变化对心排血量 (CO) 和血压的影响。在自主呼吸的正常个体中, 吸气相会出现血压下降, 但收缩压下降的最大幅度一般不会超过 5 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa), 这种现象的极端表现被称为“奇脉”^[8]。在正压机械通气时会出现与传统意义上的“奇脉”相反的现象, 即吸气相动脉压力升高而呼气相动脉压力下降, 这种现象曾被称为“反奇脉”“矛盾奇脉”“呼吸矛盾”“收缩压变异度” (SPV) 等^[9-12]。其实质是由于吸气时胸腔内压增加, 静脉回流减少, 同时右心室后负荷增加, 使右心室排血量下降, 并在几个心动周期后 (呼气相) 导致左心排血量下降。在血容量不足时, 这种改变更为明显。目前常用的指标除了 SPV 外, 还有脉压变异度 (PPV) 和每搏量变异度 (SVV)^[13-14]。

2 容量状态对功能性血流动力学指标的影响

在低血容量状态下, 静脉系统尤其是上腔静脉更易塌陷, 相应情况下, 呼吸周期中腔静脉直径的变化会随着液体复苏而变小。其次, 在低血容

量状态下, 右心房灌注下降和顺应性增加会使胸腔对右心房的传导压力增高, 因此, 吸气相时右房压 (静脉系统的下游压力) 增加可能要更大, 并且吸气时右心室后负荷增加更明显^[15-16]。上述机制使低血容量状态下呼吸周期对动脉压变异幅度的影响非常大, 而高血容量状态下上述机制的作用导致相反的结果, 因此, 在高血容量状态下呼吸周期对动脉压变异幅度的影响非常小^[17-18]。由于收缩压不仅受每搏量 (SV) 和动脉顺应性的影响, 还受到舒张压的影响 (收缩压 = 舒张压 + 脉压差), 后者直接受到主动脉外压力 (如胸膜内压力) 的影响。因此在正常情况下, 收缩压和舒张压在每个呼吸周期中可能都会有变化, 而脉压差和 SV 则没有明显的变化, 收缩压受 SV 影响的程度不如脉搏压, 所以 PPV 比 SPV 更能反映容量状态^[5, 19-20]。

3 功能性血流动力学指标的监测

SPV 和 PPV 的监测可以通过床边监护仪监测动脉压曲线来获得。由于曲线的形状变异很大, 往往需要量化的方法加以分析。首先被用来分析和量化机械通气中呼吸周期对血压变异影响的方法是, 计算单个呼吸周期中收缩压最大值和最小值之间的差值。Perel 等^[11]建议将 SPV 分成两部分 (Δup 和 $\Delta down$), 用一个固定的收缩压来计算 Δup 和 $\Delta down$ 的值, 这个收缩压是通过短暂的屏气或呼气末暂停 5 ~ 30 s 来测量的。另有学者建议用吸气开始前的收缩压或短暂断开呼吸机后测得的收缩压来代替, Δup 用单个呼吸周期中收缩压的最高值与已测定的固定收缩压之差表示, 它反映了吸气相收缩压的增加程度, 后者源于左室 SV 的增加 (脉压差) 和主动脉外压力的增加 (舒张压)^[21]; $\Delta down$ 用单个呼吸周期中收缩压的最低值和已测定的固定收缩压之差来计算, 它反映了呼气相时左心室 SV 的下降, 后者与吸气相时右心室 SV 减少有关。为了更准确地反映左心室的 SVV, Dalibon 等人相继提出了在机械通气每个呼吸周期中用计算脉压差的最大值 (Pp_{max}) 和最小值 (Pp_{min}) 之差来对脉压差变异度

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.002

基金项目: 辽宁省博士科研启动基金项目 (20111102)

作者单位: 300210 天津市天津医院外科 ICU

通讯作者: 穆恩, Email: muen1010@163.com

(ΔPP) 进行定量的方法。公式为: $\Delta PP (\%) = (P_{p_{max}} - P_{p_{min}}) / [(P_{p_{max}} + P_{p_{min}}) / 2] \times 100\%$ [22-23]。

SVV 和 PPV 的监测还可以通过脉搏指示连续心排量 (PiCCO) 监测技术或脉搏轮廓技术来实现, 二者是基于改良的 Wesseling 公式计算收缩期动脉压力曲线下面积来得出 SVV 的一种方法, 它能对左心室的每次收缩进行测量并在几秒钟内对其变异度进行计算, 如果该时间窗内包含至少一个呼吸周期, 则计算出来的 SVV 能很好地反映呼吸周期对 SVV 的影响 [24-27]。

4 功能性血流动力学监测的临床应用

4.1 评价容量状态和心脏前负荷: Rick 和 Burke 首先在重症患者中确立了 SPV 和血容量状态之间的联系, 并在 1978 年发表了一篇纳入 100 多例机械通气患者的研究报告, 结果显示, 在低血容量状态下 SPV 往往超过 10 mmHg (通过临床、影像学 and 肺动脉导管加以确定), 而在正常血容量和高血容量的患者中, SPV 往往低于 10 mmHg [10]。临床研究也表明, 血容量增加可以减少动脉压的变异, 容量的缺乏则增加动脉压变异的程度。另有研究发现, SPV 与 PAWP 明显相关, SPV 越高、PAWP 越低 [28-30]。

在容量复苏过程中, 真正需要我们做出决定的临床问题不是知道患者的全身血容量状况 (因为在脓毒症或全麻状态下由于血管扩张而很难决定什么是最佳血容量), 而是要知道给予容量能否改善患者的血流动力学状态。换言之, 我们需要知道的是容量反应性。

4.2 预测容量反应性: 根据 Frank-Starling 定律, 我们期待患者对容量复苏的血流动力学反应应该是心脏前负荷、CO 和血压的增加。容量反应性被定义为输注 500 mL 液体后 CO 增加大于 15%。预测容量反应性对于避免过多的液体负荷和准确判断什么样的患者可能会因容量复苏而获益是非常重要的 [31-32]。很多研究证明, 在潮气量大于 8 mL/kg 的情况下, SVV 大于 10% 或 PPV 大于 13%~15% 可以认为具有容量反应性。虽然 PPV 和 SVV 是非常有用的诊断工具, 但其高度依赖于胸内压周期性变化的规律并且要能足够引起 CVP 的改变, 因此潮气量小于 6 mL/kg 时或者存在自主呼吸努力时, 通常会导致假阴性结果的出现。而且, 所有这些技术的前提是心律要规则, 故在心房颤动 (房颤) 和频发室性期前收缩 (室早) 的患者监测结果会不准确。对动脉压力曲线的分析可能是预测容量反应性最简单的

方法 [33-36]。

4.3 预测呼气末正压 (PEEP) 对血流动力学的影响: 在对急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 患者进行机械通气时, 经常要用 PEEP 来促进肺泡复张、改善氧合。然而, PEEP 能降低 CO 并有可能抵消为改善氧合提高氧输送所带来的益处。PEEP 的血流动力学副作用在临床上并不容易预测, 在低左心室灌注压的患者中可能更易出现。PEEP 导致血流动力学恶化的效应与其增加胸腔压力 (减少右心室的灌注) 和增加跨肺压力 (增加右心室后负荷) 有关。这两种因素均可以影响 SV 和动脉压的呼吸变异。因此, PEEP 对血流动力学的影响有可能从动脉压力波形上反映出来, 当 PEEP 使 CO 下降时, 动脉压力变异增加; 当 PEEP 没有影响到 CO 时, 动脉压力波形的变异不受 PEEP 影响。在应用 PEEP 的机械通气患者中, 如果没有 CO 检测设备, 可以通过分析动脉压力波形来预测并预防机械通气患者在应用 PEEP 时出现的血流动力学变化 [37-38]。

4.4 其他: 还有学者探讨了 PPV 和 SPV 在其他领域的应用, 如围术期的液体管理。有研究发现, 在高风险手术的患者中监测 SV 并通过输注液体试图达到 SV 的最大值 (直到 SV 达到平台期) 能改善患者的预后。围术期液体管理策略的益处首先是建立在接受心脏手术或髋关节手术的患者中, 并逐渐被推广到胃肠道手术和其他普外科手术中 [39-40]。这样的策略需要依靠监测 CO 来计算 SV, 通过增加心脏前负荷, 容量复苏能使前负荷 / SV 曲线右移并导致 PPV 下降。达到 Frank-Starling 曲线平台的患者被认为 PPV 是低的, 这样临床和手术中所采用的通过容量复苏使 SV 最大化的目标就可以通过使 PPV 最小化来实现 [41-42]。同样道理, PPV 还可以用于透析和血液滤过患者的液体管理方面 [43-45]。

5 功能性血流动力学监测的影响因素和缺陷

5.1 技术限制: 由于动脉压力波形是应用充满液体的导管测得的, 如气泡、打结、血凝块以及导管的顺应性、长度等因素均可能对监测结果产生影响。可利用快速冲洗 (fast-flush) 试验对监测系统进行测试, 通过短时间打开 / 关闭管路的阀门装置, 在监护仪上产生一个方波, 通常有几个震波 [46]。理想的 fast-flush 试验会出现一个负向波伴随几个小的正向波, 然后回到患者的动脉压力波。动脉压力监测的位置同样也能影响到压力的观察, 中心动脉 (如股动脉) 和外周动脉 (如桡动脉) 的收缩压、脉

压差波形有明显的差异。从主动脉根部到外周循环存在脉搏放大现象,表现为收缩压明显增加而舒张压轻度下降。桡动脉和股动脉置管都曾用来评价机械通气患者的动脉压力呼吸变异,但这两处位置的变异幅度是否一致仍不能确定^[47-48]。

5.2 动脉粥样硬化:如前所述,收缩压和脉压变异不仅与SV有关,还与动脉的顺应性有关。因此,如果左心室SV的改变幅度相同,SPV和PPV的改变可能还与动脉顺应性有关。如果动脉顺应性很差,即使是左心室SV的微小改变,也可能导致动脉血压的很大变化,如老年且伴有周围血管疾病的患者^[49]。同样,如果患者的动脉顺应性非常好,即使左心室SV的变化很大,也可能仅仅导致动脉压力的微小变化,如年轻的没有血管疾病的患者。

5.3 心律:在心律失常的患者中,每次心跳导致的SV和血压变化不能准确反映机械通气对患者的影响,在房颤或者频发早搏的患者尤其如此,存在偶发早搏的患者如果心脏节律在至少一个呼吸周期内是规则的话,动脉压力曲线仍能用来分析动脉压力变异,但这并不包括明显的心脏异位节律^[50-51]。

5.4 胸膜压和跨肺压的大小:如果在一个呼吸周期内胸膜压和跨肺压的改变不够大,即使在低血容量状态下也不会引起腔静脉、肺动脉和主动脉血流的任何明显改变,也就很难监测到SPV和PPV的变化,例如在应用小潮气量机械通气或者胸壁顺应性增加的患者。这种情况下,在做出“患者对液体复苏没有反应”这样的结论前一定要谨慎。现已明确,潮气量增加或胸壁顺应性下降能使SV和血压变异增加,但潮气量和胸壁顺应性对容量负荷导致的血流动力学变化的影响仍不清楚。任何潮气量的增加都可能通过增加平均胸膜腔的压力影响到静脉回流并因此导致Frank-Starling曲线左移。因此,应用小潮气量机械通气时本应处在Frank-Starling曲线平坦部分的患者(对液体负荷不敏感),在应用大潮气量机械通气时,理论上可能会使其位于曲线的陡直部分并成为对容量负荷有反应者。基于此,有学者认为,影响容量复苏时血流动力学变化的因素还有潮气量,因此,应该尽可能消除潮气量对动脉压力变异的影响;同样情况也见于胸壁顺应性改变的患者^[52-53]。

也有学者提出了肺顺应性是否也对动脉压力的变异有影响这样的问题。目前认为:肺顺应性的改变不会影响到胸膜压力的改变,只有当肺顺应性

下降并因此使潮气量下降时才可能会影响到动脉压的呼吸变异,如限制气道平台压以避免呼吸机相关性肺损伤(VILI)的发生。但必须注意的是,多数情况下这种考虑只是理论上的,还需要进一步的研究来阐明潮气量和呼吸系统顺应性对动脉压力变异幅度的影响以及对容量复苏时血流动力学反应的影响^[54]。

5.5 全麻:目前为止,只能在机械通气和深度镇静的患者中用SV和动脉压的呼吸变异来评价容量复苏的反应性。在急性循环衰竭的患者,预测容量复苏的反应性可能更有益,因为我们相信CO的增加可能更有意义。大多数急性循环衰竭的患者需要深度镇静和机械通气,虽然目前倾向于应用轻度镇静和部分呼吸支持[如气道压力释放通气(APRV)],但正确评价呼吸力学(如气道平台压和PEEP)仍需要呼吸肌和腹肌的放松,至少是暂时的放松。基于此,有学者提出了将动脉压波形与呼吸力学分析同时进行评价的方法,该方法可能使机械通气患者的动脉压变异应用到更广泛的范围中^[55]。

5.6 右心室衰竭:动脉压呼吸变异的决定因素是右心室排血量的周期性变异,因为吸气时跨肺压的增加会导致右心室排血量的下降。在急性肺源性心脏病时,对后负荷影响的主要因素可能是肺动脉和主动脉血流的呼吸变异,因此,在对液体复苏无反应的患者中可能会出现血压的大幅度波动^[56]。

5.7 左心室衰竭:在充血性心力衰竭时,动脉压的呼吸变异的决定因素发生了改变,因为衰竭心脏的Frank-Starling曲线处于平坦区,机械通气引起左心室前负荷的任何改变可能都不会导致SV的明显变化。然而,在低血容量状态下合并左心室功能障碍时,动脉压的呼吸变异可能仍会比较明显并且在判断液体反应性时有较大的意义。Reuter等^[57]报道,在心功能下降者[射血分数(EF)<0.35]和心功能正常者(EF>0.50)中,脉搏轮廓SVV和输注液体后SV增加二者均有很好的相关性。

6 展望

近年来越来越多的证据表明,传统的静态血流动力学指标既不能准确预测容量反应性,也不是良好的复苏终点指标。而功能性血流动力学监测在这方面显示了很好的优势,尤其在预测容量反应性方面已经得到了许多临床研究的支持;除此之外,在复苏终点的判定、亚临床状态休克病例的发现、预测PEEP的血流动力学影响以及重症患者的液体管理

方面也显示出了良好的应用前景^[58-60]。由于早期目标导向治疗(EGDT)的标准是复苏至有效循环血量充足的水平,如何判断复苏的终点非常重要,我们期待功能性血流动力学监测在该领域中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, et al. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality [J]. *Crit Care Med*, 2011, 39 (2): 259-265.
- [2] 席修明. 容量管理:重症医学永恒的话题[J]. *中华危重病急救医学*, 2011, 23 (3): 132-133.
- [3] Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares [J]. *Chest*, 2008, 134 (1): 172-178.
- [4] Osman D, Ridet C, Ray P, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge [J]. *Crit Care Med*, 2007, 35 (1): 64-68.
- [5] Loupec T, Nanadoumgar H, Frasca D, et al. Pleth variability index predicts fluid responsiveness in critically ill patients [J]. *Crit Care Med*, 2011, 39 (2): 294-299.
- [6] Biais M, Nouette-Gaulain K, Rouillet S, et al. A comparison of stroke volume variation measured by Vigileo/FloTrac system and aortic Doppler echocardiography [J]. *Anesth Analg*, 2009, 109 (2): 466-469.
- [7] 王洪亮, 刘海涛, 于凯江. 被动抬腿试验联合无创心排血量监测系统预测容量反应性的临床研究[J]. *中华危重病急救医学*, 2011, 23 (3): 146-149.
- [8] Bilchick KC, Wise RA. Paradoxical physical findings described by Kussmaul: pulsus paradoxus and Kussmaul's sign [J]. *Lancet*, 2002, 359 (9321): 1940-1942.
- [9] Vaisrub S. Editorial: Paradoxical pulsus paradoxus [J]. *JAMA*, 1974, 229 (1): 74.
- [10] Rick JJ, Burke SS. Respirator paradox [J]. *South Med J*, 1978, 71 (11): 1376-1378.
- [11] Perel A, Pizov R, Cotev S. Systolic blood pressure variation is a sensitive indicator of hypovolemia in ventilated dogs subjected to graded hemorrhage [J]. *Anesthesiology*, 1987, 67 (4): 498-502.
- [12] Michard F, Chemla D, Richard C, et al. Clinical use of respiratory changes in arterial pulse pressure to monitor the hemodynamic effects of PEEP [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 159 (3): 935-939.
- [13] Szold A, Pizov R, Segal E, et al. The effect of tidal volume and intravascular volume state on systolic pressure variation in ventilated dogs [J]. *Intensive Care Med*, 1989, 15 (6): 368-371.
- [14] Preisman S, Pfeiffer U, Lieberman N, et al. New monitors of intravascular volume: a comparison of arterial pressure waveform analysis and the intrathoracic blood volume [J]. *Intensive Care Med*, 1997, 23 (6): 651-657.
- [15] Pizov R, Ya'ari Y, Perel A. Systolic pressure variation is greater during hemorrhage than during sodium nitroprusside-induced hypotension in ventilated dogs [J]. *Anesth Analg*, 1988, 67 (2): 170-174.
- [16] Michard F. Changes in arterial pressure during mechanical ventilation [J]. *Anesthesiology*, 2005, 103 (2): 419-428.
- [17] Morgan BC, Martin WE, Hornbein TF, et al. Hemodynamic effects of intermittent positive pressure respiration [J]. *Anesthesiology*, 1966, 27 (5): 584-590.
- [18] Guyton AC, Lindsey AW, Abernathy B, et al. Venous return at various right atrial pressures and the normal venous return curve [J]. *Am J Physiol*, 1957, 189 (3): 609-615.
- [19] Pinsky MR. Determinants of pulmonary arterial flow variation during respiration [J]. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 1984, 56 (5): 1237-1245.
- [20] Amore JN, Santamore WP. Venous collapse and the respiratory variability in systemic venous return [J]. *Cardiovasc Res*, 1994, 28 (4): 472-479.
- [21] Rooke GA, Schwid HA, Shapira Y. The effect of graded hemorrhage and intravascular volume replacement on systolic pressure variation in humans during mechanical and spontaneous ventilation [J]. *Anesth Analg*, 1995, 80 (5): 925-932.
- [22] Dalibon N, Schlumberger S, Saada M, et al. Haemodynamic assessment of hypovolaemia under general anaesthesia in pigs submitted to graded haemorrhage and retransfusion [J]. *Br J Anaesth*, 1999, 82 (1): 97-103.
- [23] Morélot-Panzini C, Lefort Y, Derenne JP, et al. Simplified method to measure respiratory-related changes in arterial pulse pressure in patients receiving mechanical ventilation [J]. *Chest*, 2003, 124 (2): 665-670.
- [24] Cannesson M, Musard H, Desebbe O, et al. The ability of stroke volume variations obtained with Vigileo/FloTrac system to monitor fluid responsiveness in mechanically ventilated patients [J]. *Anesth Analg*, 2009, 108 (2): 513-517.
- [25] Hofer CK, Senn A, Weibel L, et al. Assessment of stroke volume variation for prediction of fluid responsiveness using the modified FloTrac and PiCCOplus system [J]. *Crit Care*, 2008, 12 (3): R82.
- [26] 张东, 宋雁飞, 杨艺敏, 等. 经外周动脉心排血量监测在重症患者液体管理中的应用[J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (9): 620-623.
- [27] 王助衡, 张静, 李玉伟, 等. 严重脓毒症液体复苏中全心舒张期末容积指数与中心静脉压的相关性研究[J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2013, 20 (4): 248-249.
- [28] Rooke GA, Schwid HA, Shapira Y. The effect of graded hemorrhage and intravascular volume replacement on systolic pressure variation in humans during mechanical and spontaneous ventilation [J]. *Anesth Analg*, 1995, 80 (5): 925-932.
- [29] 郭光华, 朱峰. 重视功能性血流动力学监测在烧创伤重症监护中的应用[J]. *中华烧伤杂志*, 2014, 30 (4): 291-294.
- [30] Xu H, Zhou S, Ma W, et al. Prediction of pulmonary arterial wedge pressure from arterial pressure or pulse oximetry plethysmographic waveform [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2002, 115 (9): 1372-1375.
- [31] Dalibon N, Guenoun T, Journois D, et al. The clinical relevance of systolic pressure variations in anesthetized nonhypotensive patients [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2003, 17 (2): 188-192.
- [32] Reuter DA, Goresch T, Goepfert MS, et al. Effects of mid-line thoracotomy on the interaction between mechanical ventilation and cardiac filling during cardiac surgery [J]. *Br J Anaesth*, 2004, 92 (6): 808-813.
- [33] Michard F, Alaya S, Zarka V, et al. Global end-diastolic volume as an indicator of cardiac preload in patients with septic shock [J]. *Chest*, 2003, 124 (5): 1900-1908.
- [34] Reuter DA, Bayerlein J, Goepfert MS, et al. Influence of tidal volume on left ventricular stroke volume variation measured by pulse contour analysis in mechanically ventilated patients [J]. *Intensive Care Med*, 2003, 29 (3): 476-480.
- [35] 刘新秀, 张鲁涛, 阎锡新. 机械通气患者容量反应性评估策略[J]. *国际呼吸杂志*, 2014, 34 (z1): 50-55.
- [36] 李永波, 谢建军, 梅啸, 等. 生脉注射液对不同休克患者血流动力学的影响及意义[J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2011, 18 (1): 21-24.
- [37] Pizov R, Cohen M, Weiss Y, et al. Positive end-expiratory pressure-induced hemodynamic changes are reflected in the arterial pressure waveform [J]. *Crit Care Med*, 1996, 24 (8): 1381-1387.
- [38] Harken AH, Brennan MF, Smith B, et al. The hemodynamic response to positive end-expiratory ventilation in hypovolemic patients [J]. *Surgery*, 1974, 76 (5): 786-793.
- [39] Zimmermann M, Feibicke T, Keyl C, et al. Accuracy of stroke volume variation compared with pleth variability index to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients undergoing major surgery [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2010, 27 (6): 555-561.
- [40] Landsverk SA, Hoiseth LO, Kvandal P, et al. Poor

- agreement between respiratory variations in pulse oximetry photoplethysmographic waveform amplitude and pulse pressure in intensive care unit patients [J]. *Anesthesiology*, 2008, 109 (5): 849-855.
- [41] Benes J, Chytra I, Altmann P, et al. Intraoperative fluid optimization using stroke volume variation in high risk surgical patients: results of prospective randomized study [J]. *Crit Care*, 2010, 14 (3): R118.
- [42] Auler JO Jr, Galas F, Hajjar L, et al. Online monitoring of pulse pressure variation to guide fluid therapy after cardiac surgery [J]. *Anesth Analg*, 2008, 106 (4): 1201-1206.
- [43] 魏巍, 李国才. 每搏输出量变异度对预测术中液体反应性的指导价值[J]. *国际麻醉学与复苏杂志*, 2013, 34 (9): 851-855.
- [44] 陈进, 严静, 龚仕金, 等. 每搏输出量变异指数在老年脓毒症患者液体复苏中的价值[J]. *中华老年医学杂志*, 2012, 31 (11): 967-970.
- [45] Maguire S, Rinehart J, Vakharia S, et al. Technical communication: respiratory variation in pulse pressure and plethysmographic waveforms: intraoperative applicability in a North American academic center [J]. *Anesth Analg*, 2011, 112 (1): 94-96.
- [46] Gardner RM. Direct blood pressure measurement—dynamic response requirements [J]. *Anesthesiology*, 1981, 54 (3): 227-236.
- [47] Smulyan H, Safar ME. Systolic blood pressure revisited [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 29 (7): 1407-1413.
- [48] Lansdorp B, Lemson J, van Putten MJ, et al. Dynamic indices do not predict volume responsiveness in routine clinical practice [J]. *Br J Anaesth*, 2012, 108 (3): 395-401.
- [49] Chemla D, Hébert JL, Coirault C, et al. Total arterial compliance estimated by stroke volume-to-aortic pulse pressure ratio in humans [J]. *Am J Physiol*, 1998, 274 (2 Pt 2): H500-505.
- [50] Lai HY, Yang CC, Cheng CF, et al. Effect of esmolol on positive-pressure ventilation-induced variations of arterial pressure in anaesthetized humans [J]. *Clin Sci (Lond)*, 2004, 107 (3): 303-308.
- [51] Korach M, Sharshar T, Jarrin I, et al. Cardiac variability in critically ill adults: influence of sepsis [J]. *Crit Care Med*, 2001, 29 (7): 1380-1385.
- [52] Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network [J]. *N Engl J Med*, 2000, 342 (18): 1301-1308.
- [53] Michard F, Teboul JL, Richard C. Influence of tidal volume on stroke volume variation. Does it really matter? [J]. *Intensive Care Med*, 2003, 29 (9): 1613.
- [54] Magder S. Clinical usefulness of respiratory variations in arterial pressure [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2004, 169 (2): 151-155.
- [55] Putensen C, Zech S, Wrigge H, et al. Long-term effects of spontaneous breathing during ventilatory support in patients with acute lung injury [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001, 164 (1): 43-49.
- [56] Jardin F. Cyclic changes in arterial pressure during mechanical ventilation [J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30 (6): 1047-1050.
- [57] Reuter DA, Kirchner A, Felbinger TW, et al. Usefulness of left ventricular stroke volume variation to assess fluid responsiveness in patients with reduced cardiac function [J]. *Crit Care Med*, 2003, 31 (5): 1399-1404.
- [58] Eichacker PQ, Gerstenberger EP, Banks SM, et al. Meta-analysis of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome trials testing low tidal volumes [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002, 166 (11): 1510-1514.
- [59] 郭喆, 何伟, 侯静, 等. 超声测量上腔静脉血流评估机械通气患者容量反应性[J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (9): 624-628.
- [60] 赵华, 王小亭, 刘大为. 呼气末二氧化碳分压在感染性休克患者容量反应性评估中的作用[J]. *中华内科杂志*, 2014, 53 (5): 359-362.

(收稿日期: 2014-12-05)

(本文编辑: 李银平)

• 科研新闻速递 •

经导管主动脉瓣置换术患者晚期心力衰竭和心源性猝死的发生与预测

目前关于经导管主动脉瓣置换术后(TAVR)患者心源性猝死风险及其预测因子的相关资料极少。因此有学者进行了一项有关TAVR患者的大样本队列研究,旨在评估由晚期心力衰竭(心衰)和突发心源性猝死导致心衰死亡的预测因素和发生率。该研究共纳入3 726例TAVR患者(使用球囊瓣膜占57%,使用自膨式瓣膜占43%)。结果显示,在平均(22±18)个月的随访期内,155例患者因心衰死亡(占总死亡人数的15.2%,占心源性死亡的46.1%),57例为心源性猝死(占总死亡人数的5.6%,占心源性死亡的16.9%)。入组时的基础疾病如慢性阻塞性肺疾病、心房颤动(房颤)、左室射血分数≤0.40、肺动脉收缩压>60 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)、较低的平均主动脉倾斜度是导致晚期心衰死亡的预测因素(均 $P<0.05$);2个程序因素也可独立预测晚期心衰导致的死亡[经心尖途径:风险比=2.38,95%可信区间(95%CI)=1.60~3.54, $P<0.001$;TAVR后存在中度或重度主动脉瓣反流:风险比=2.79,95%CI=1.82~4.27, $P<0.001$];左室射血分数≤0.40(风险比=1.93,95%CI=1.05~3.55, $P=0.033$)和新发持续性左束支传导阻滞(风险比=2.26,95%CI=1.23~4.14, $P=0.009$)与心源性猝死的风险增加独立相关。存在新发持续性左束支传导阻滞和QRS时限>160 ms的患者则具有更高的心源性猝死风险(风险比=4.78,95%CI=1.56~14.63, $P=0.006$)。该研究显示,TAVR术后晚期心衰和心源性猝死占心脏病死亡患者的2/3。该研究已初步确定了一些会增加患者发生晚期心衰和心源性猝死的危险因素,未来的研究应确定是否针对这些因素进行干预以降低心源性死亡的风险。

喻文,罗红敏,编译自《J Am Coll Cardiol》,2015,65(5):437-448