

经食道超声心动图在肾癌合并下腔静脉癌栓切除术中的应用进展

王彦霞 综述 王 军* 审校

(北京大学第三医院麻醉科, 北京 100083)

文献标识: A

文章编号: 1009-6604(2017)08-0720-05

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2017.08.014

肾癌是泌尿系统常见的恶性肿瘤, 4% ~ 10% 会发生肾静脉合并下腔静脉癌栓^[1], 约 1% 的患者下腔静脉癌栓侵及右心房^[2]。癌栓并不是影响肾癌患者预后的主要因素, 肾癌根治联合下腔静脉癌栓切除术后 5 年生存率 40% ~ 50%^[3]。因此, 手术是首选治疗手段。然此类手术因癌栓的侵及范围不同, 手术方式从部分阻断下腔静脉到体外循环 (cardiopulmonary bypass, CPB) 下取栓, 围术期常出现剧烈的血流动力学波动, 甚至出现右心室流入-流出道梗阻、肺栓塞 (pulmonary embolism, PE)、心跳骤停等恶性事件, 死亡率达 6% ~ 9%^[4]。经食道超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE) 实时微创并能直视心脏结构、功能和容量状态^[5], 评估癌栓的位置^[6], 对癌栓脱落、右心室流入-流出道梗阻^[7]、PE^[8, 9] 以及手术效果评估^[6] 等方面具有独特优势。本文就 TEE 在此类手术中的应用及临床价值进行文献总结。

1 癌栓分级及手术方式

中国泌尿外科疾病诊断治疗指南推荐美国 Mayo 医学中心 (Mayo Clinic) 的五级分类法^[10]: 0 型, 癌栓局限肾静脉内; I 型, 癌栓侵入下腔静脉, 栓顶端距离肾静脉开口处 ≤ 2 cm 型; II 型, 癌栓侵入肝静脉水平以下的下腔静脉内, 瘤栓顶端距肾静脉开口处 > 2 cm; III 型, 瘤栓生长接近或达肝静脉水平以上但位于膈肌以下; IV 型, 瘤栓侵入膈肌以上下腔静脉内。

癌栓的位置和毗邻是手术方案制定的重要依据, 也是麻醉方案制定的关键。一般来说, I 型癌栓术中部分阻断下腔静脉, 手法挤压癌栓回肾静脉或

者直接切开取栓, 对循环影响甚微; II 型癌栓需控制癌栓上下端的腔静脉以及对侧肾静脉、腰静脉, 下腔静脉的阻断与开放可能会引起剧烈的血流动力学波动^[11], 甚至出现严重低血压、急性左心衰以及肺水肿等事件; III 型癌栓顶端位于肝脏后方, 游离肝脏、阻断门脉以及暴露下腔静脉等过程存在大出血的风险; IV 型癌栓位于膈肌以上, 甚至达右心房, 需要采用 CPB 切除癌栓^[12], 但 CPB 相关神经系统损害、实质器官缺血损伤和术后凝血障碍等并发症危险性也随之增加^[13], 其次, 在游离肾静脉、下腔静脉以及阻断下腔静脉阶段是癌栓脱落的高发期, 一旦发生 PE, 死亡率极高, 对于累及右心房的下腔静脉癌栓, 若癌栓巨大, 会造成右心室流入-流出道梗阻, 麻醉药物扩张外周血管, 回心血量减少会进一步加重此现象, 出现严重的难治性低血压、心律失常、低氧血症, 甚至心跳骤停。

可见, 围术期间上述任何突发事件均会严重威胁到患者生命安全, 因此, 临床上亟需一种微创、实时、精确的监测手段指导手术以及麻醉管理。美国超声协会指出^[5], TEE 作为一种微创的血流动力学监测手段, 可提供心脏以及重要血管的解剖信息, 定性定量评估容量状态, 尤其对围术期突发循环衰竭病因诊断方面具有独特优势, 在肾癌合并下腔静脉癌栓切除术中具有重要的应用价值。

2 TEE 在肾癌合并下腔静脉癌栓切除术中的应用

2.1 评估下腔静脉癌栓

癌栓的位置和毗邻是手术方式决策的关键。目前, 临床上常采用螺旋 CT、MRI、下腔静脉血管造影、经胸超声心动图 (transthoracic echocardiography,

* 通讯作者, E-mail: luckyoldhorse@sina.com

TTE)等技术明确癌栓位置、长度、侵及范围以及与周围组织的关系,为手术和麻醉管理方案制定提供依据。然而下腔静脉癌栓可移动性以及自身快速增长特性使上述监测手段提供的“静态的”、“过去式”的癌栓信息临床价值有限,而围术期 TEE 不仅可以对下腔静脉癌栓进行实时准确定位,补充甚至纠正术前有关癌栓的信息,优化外科决策,而且可以指导外科下腔静脉阻断钳的放置^[6],甚至可以动态观察到癌栓被“挤出”下腔静脉的全过程,具有其他监测手段不可超越的优势。

TEE 与 MRI、静脉血管造影对比研究显示 TEE 的准确性为 85%,MRI 准确性为 90%,下腔静脉血管造影的准确性为 75%^[14,15]。虽然 MRI 对癌栓的诊断具有非常高的准确性,但 MRI 对癌栓等级定位方面存在高估或低估情况^[16,17]。Treiger 等^[18]报道 5 例肾癌合并下腔静脉癌栓术前进行 MRI、螺旋 CT 以及血管造影,但术中 TEE 发现 3 例癌栓的实际等级要高于术前的评估水平。Harkin 等^[19]报道 1 例肾癌合并下腔静脉癌栓,术前 MRI 诊断为肾癌合并肝静脉内癌栓,但术中 TEE 发现约 1 cm 的非移动性癌栓出现在右心房,考虑到围术期可能突发心跳骤停等风险,决定暂缓手术。可见,围术期 TEE 能进一步明确、补充甚至纠正术前对癌栓的诊断,为及时调整外科决策提供更加有意义的信息。

TTE 因微创、快速、可重复性对下腔静脉癌栓具有非常重要的诊断价值。然而,TTE 超声波需通过肋骨间隙,经含气的肺脏对心脏或者重要血管进行观察,对于肥胖、胸骨肋骨钙化、胸廓畸形或肺气肿等患者,获得满意的图像存在一定困难,且与外科视野存在一定冲突,因此,围术期指导意义有限。TEE 超声波从心脏后方出发,探头更贴近心脏,避开肋骨、胸骨以及肺组织对超声波的衰减因素,可以获得更清晰的肝脏大血管图像,提高癌栓诊断的准确性,且不妨碍外科操作,更有利于实现对下腔静脉癌栓的动态监测。Leibowitz 等^[20]对 23 例肾癌合并右心房癌栓同时进行 TTE 和 TEE 检测,3 例被 TTE 漏诊,而 TEE 不仅准确诊断出这 3 例心内栓子,并对 16 例提供比 TTE 更加详尽的癌栓信息,他们认为对于发现侵入右心房的下腔静脉癌栓,TEE 相比 TTE 具有更高的准确性。

TEE 在肾癌合并下腔静脉癌栓术中的应用可追溯到 20 世纪 90 年代,但仅限于个案报道,虽然 TEE 在此类手术中已初露锋芒,但尚无具有规模的研究对其应用价值进行系统分析。Kostibas 等^[6]对 TEE 在此类手术中的应用价值进行了最新的研究,总结 2007~2015 年 67 例肾癌合并下腔静脉癌栓,其中 41 例(占总数 61%)行围术期 TEE 监测,认为 TEE

可完善术前常规检查信息、及时诊断 PE 并协助确诊癌栓的完全移除,对 II、III 和 IV 级癌栓患者的影响率分别为 58%、86% 和 100%;其次,TEE 协助外科决策,决定是否需要 CPB 以及指导围术期下腔静脉阻断钳的放置,对 II、III 和 IV 级癌栓患者的影响率分别为 16%、21% 和 100%,其中 15 例合并 IV 级癌栓,4 例避免 CPB,1 例在脱离 CPB 之前因 TEE 发现残留栓子而重新建立 CPB,1 例 TEE 观察到右心功能障碍而紧急建立 CPB。可见,下腔静脉癌栓等级越高,TEE 的应用价值随之增加。

CPB 相关并发症是影响此类手术患者预后的重要因素之一。尽管此类手术在 CPB 下操作术野无血,操作时间从容,确保取净癌栓,增加手术彻底性,但 CPB 有关肺不张、肺炎、心室颤动、充血性心力衰竭以及由于低灌注引起的缺血缺氧性脑病等神经系统并发症同样不容忽视。因此,在病情允许情况下,尽可能在非 CPB 下行此类手术可降低手术风险。TEE 进一步确定癌栓位置,为外科调整手术方案以及麻醉管理提供实时可靠的依据,尽可能降低 CPB 下手术的可能性,有助于提高患者的预后。

癌栓是在不断生长的,肾癌生长速度非常缓慢,平均 <1 cm/年^[21,22],但是血栓生长速度远超过肿瘤生长速度^[16],数个星期的间隔就有可能发生变化^[23,24]。Froehner 等^[17]报道 1 例肾癌合并下腔静脉癌栓,1 个月的时间,由 I~II 级的癌栓生长为 III 级癌栓。因此,当术前检查与手术之间存在时间间隔时,“过去式”的检查结果势必存在欠缺,建议麻醉医师关注术前检查与手术时间的间隔长短,警惕对癌栓生长估计不足而造成严重后果。

2.2 围术期循环监测

肾癌合并下腔静脉癌栓切除术中,围术期需要阻断癌栓上下端下腔静脉以及对侧肾静脉,甚至控制肝脏门静脉,会出现剧烈的血流动力学波动,因此,围术期对心脏泵功能、有效循环血容量以及外周血管阻力的合理调节是麻醉管理的核心。

对于肾癌合并 II~III 型癌栓患者,术中阻断下腔静脉前应适度扩容,加用血管活性药物维持中心静脉压(central venous pressure, CVP)的正常值高限,避免阻断下腔静脉时回心血量骤减引起血压急剧下降;在阻断下腔静脉期间,通过限制性补液,适量加用 $\alpha 1$ 受体激动剂及静脉扩张药,维持 CVP 在正常值低限,平均动脉压力(mean arterial pressure, MAP) > 60 mm Hg,避免下腔静脉开放时大量血液回流导致的急性心力衰竭及肺水肿等发生^[25]。但 CVP 的准确性受容量、导管位置、胸腔内压力和心肌顺应性等诸多因素的影响,仅仅依靠 CVP 指导围术期循环的管理是远远不够的^[26]。

随着科技的进步,循环监测技术逐渐从有创的肺动脉导管、CVP 向微创方向发展。Flotrac-Vigileo 作为一种微创的血流动力学监测手段,其准确性受到胸腔内压力、潮气量^[27]、血管阻力以及心脏解剖等因素的影响,围术期使用血管活性药物、动脉粥样硬化、心腔内出现癌栓等均会影响其准确性,且对突发的血流动力学波动具有延后性。在监测数据上不能提供右心房压、肺动脉压以及肺毛细血管楔压等参数,在评价右心功能上具有局限性。

TEE 因微创性,与肺动脉导管测量数据的高度一致性^[28],逐渐成为血流动力学监测的新潮流。TEE 可定性评估心腔充盈情况,也可在食管中段四腔心和二腔心切面测量左心室舒张末期容积(参考值男性 67 ~ 155 ml,女性 56 ~ 104 ml)或者经胃中段短轴切面测量左心室舒张末期直径(参考值男性 42 ~ 59 mm,女性 39 ~ 53 mm)定量评估。通过测量左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)以及 E/A 峰比值可评估心脏收缩和舒张功能。

美国超声协会指出围术期 TEE 可实时准确评估容量和心脏功能,建议在易出现血流动力学波动的手术中使用 TEE^[5]。肾癌合并下腔静脉癌栓切除术是一类高危手术,其中下腔静脉撕裂、大出血、肺栓塞、心肌梗死等并发症严重威胁患者生命,围术期阻断和开放下腔静脉会引起剧烈的血流动力学波动,均不利于维持循环的平稳。Wang 等^[29]报道 2 例肾癌合并Ⅲ型下腔静脉癌栓,围术期出血量分别为 1500、1200 ml,术中曾出现剧烈的循环波动。虽然 TEE 在此类手术中的循环监测方面尚未见大样本的研究报道,但在其他非心脏手术中其循环监测价值已得到充分证实。Jasudavicius 等^[30]对 198 例非心脏手术的高危重症患者行术中 TEE 监测,围术期出现循环衰竭甚至心跳骤停的常见诊断为低血容量(33.2%),低射血分数(20.5%),右心衰竭(13.1%),室壁节段运动异常(10.1%),PE(5.8%)。Denault 等^[31]对 155 例非心脏手术行术中 TEE 监测,TEE 对围术期麻醉用药管理的影响率达 19%。

Swan-Ganz 导管血流动力学监测一直是评价循环功能的金标准,但由于其有创性以及心律失常、感染、血栓形成、肺动脉破裂出血、心包填塞等并发症^[32],限制其广泛使用。Temporelli 等^[33]将 TEE 和 Swan-Ganz 导管同时用于 43 例晚期心力衰竭中,2 种监测手段测得的 CVP、肺动脉压力、肺毛细血管楔压以及心输出量、肺血管阻力等数据具有高度相关性。Meersch 等^[28]指出 TEE 作为一种微创的循环监测手段,通过多切面测量和综合计算,可得出

CVP、肺动脉压、肺毛细血管楔压、肺血管阻力及每搏量、心输出量、全身血管阻力等血流动力学数据。在临床上,TEE 有望取代 Swan-Ganz 导管为围术期血流动力学监测提供更全面的指导。因此,在肾癌合并下腔静脉癌栓切除术中,对于突发的血流动力学波动,TEE 可以快速诊断并指导采取相应治疗措施,迅速恢复循环平稳;根据 TEE 得到的监测数据,围术期循环管理由经验处理升华为辩证决策,使血流动力学管理更为精细化。

2.3 右心室流入-流出道梗阻

肾癌癌栓可长入右心房甚至直达肺动脉引起充血性心力衰竭症状,甚至 Hwang 等^[34]报道肾癌在未侵犯下腔静脉和右心房的情况下心脏内出现转移癌。当心内癌栓或转移癌梗阻右心室流入-流出道时,患者会出现右心衰、严重低血压、心律失常以及严重低氧血症等循环障碍症状,麻醉药物扩张外周血管,回心血量锐减会进一步加重此现象,出现难治性低血压甚至心跳骤停等事件,给外科治疗和麻醉处理带来极大挑战。

TEE 在食管中段右心室流入-流出道切面,可直观显示右心房、三尖瓣、右心室以及肺动脉瓣、右心室流出道(right ventricular outflow tract, RVOT)直径等心脏大血管信息,对是否发生右心室流入-流出道梗阻具有非常重要的诊断价值。陈唯韞等^[35]对 6 例累及右心的下腔静脉癌栓术中行 TEE 监测,其中 3 例 TEE 显示癌栓侵入右心系统,右心室流入-流出道存在较为严重的梗阻,根据 TEE 监测结果,采取补充血容量、控制心率、避免低氧及酸中毒、避免呼气末正压通气等措施,围术期循环较为平稳,但术毕 TEE 显示该 3 例均出现严重的三尖瓣反流,但尚未造成严重后果。Hwang 等^[34]报道 1 例肾癌围术期突发心跳骤停,TEE 发现为心脏转移癌堵塞右心室流出道所致。Kim 等^[7]报道 1 例肾癌合并腔静脉癌栓围术期出现心跳骤停事件,术后第 3 天经 TEE 诊断为转移癌引起右心室流出道梗阻所致。可见,对于右心室流入-流出道梗阻的高危患者,TEE 可指导围术期的麻醉管理,有利于维持循环的平稳。在突发血流动力学波动时,可以对右心室流入-流出道做出快速诊断,便于迅速采取相应治疗措施,避免严重并发症发生。

对于术前已出现右心系统梗阻的患者,麻醉诱导需要更加谨慎,可采取患者术前习惯性体位进行麻醉诱导,以防止瘤体因体位变化嵌入房室流出道引起血流动力学剧变;其次,麻醉诱导前,应建立有创动脉压以及 CVP 监测,实现对循环系统的严密监测;麻醉诱导时应避免麻醉过深引起血管的极度扩张,回心血量锐减加重右心室流入-流出道梗阻,一

旦出现严重低血压,可考虑通过扩容以及血管收缩药来提升血压,必要时可采用头低脚高位快速增加右心室的血容量,改善梗阻;对于瘤体巨大,右心梗阻明显的患者,外科医生应到场做好紧急 CPB 的准备。围术期一旦发生不明原因的严重低血压、心律失常、低氧血症甚至心跳骤停等事件,应考虑右心室流入-流出道梗阻可能,通过围术期 TEE 监测,快速诊断并采取果断措施,例如紧急 CPB 或体外膜肺(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)挽救患者生命。

2.4 PE

PE 是肾癌合并腔静脉癌栓切除术中死亡的主要原因^[8,36],约 6% 的下腔静脉癌栓患者发生围术期 PE,死亡率可高达 60% ~ 75%^[37]。游离肾及下腔静脉以及阻断下腔静脉是 PE 高发时期。对于术中突然发生不明原因的心率增快、难治性低血压、进行性 SpO₂ 和 P_{ET}CO₂ 下降、颈静脉充盈或怒张、CVP 骤然升高等现象,应高度怀疑 PE。围术期 PE 诊断如仅靠上述临床表现、心电图(心律失常或者 ST 段改变、P 波高尖等)来诊断,灵敏度低且具有滞后性,会延误最佳治疗时机,因此,临床上亟需 PE 监测的敏感工具。

目前,临床上对 PE 的诊断方法主要包括肺动脉造影(pulmonary angiography, PAG),计算机断层肺动脉造影(computed tomography pulmonary angiogram, CTPA),放射性核素肺通气/灌注扫描(肺 V/Q 显像)等^[38],也包括血浆 D-二聚体^[39]、血浆脑钠肽、肌钙蛋白、动脉血气分析、心电图、胸部 X 线平片等辅助手段。PAG 对 PE 具有很高的灵敏度和特异度,目前仍然是诊断 PE 的金标准,但是对于突发循环衰竭的患者,行有创的 PAG 会增加出血和死亡风险,鉴于其他非侵入性方法诊断率的增高, PAG 造影的金标准地位逐渐下降。CTPA 检查相对安全,准确,无创,但需要注射造影剂,对于肾功能不全患者禁忌,且增加患者辐射暴露剂量,在围术期 PE 诊断方面不仅延误治疗,还有碍手术操作;对于血气分析、心电图、胸片以及 D-二聚体、血浆脑钠肽、肌钙蛋白等检查结果,对围术期快速诊断 PE 只能起到辅助作用。

超声心动图因无创、快速、可重复性,被欧洲心脏病学会推荐为诊断 PE 的重要手段。TTE 诊断急性 PE 主要依靠 PE 引起的间接征象——急性右心室负荷过重,但是此征象在慢性阻塞性肺气肿、原发性肺动脉高压以及右心衰竭患者均可出现,因此,间接征象特异性低,不能确诊,而 TTE 对心内血栓、肺动脉主干及其分支内的血栓 TTE 很少能够发现,且受到图像质量的影响,例如机械通气等情况下,TTE 的

诊断价值大大折扣。

与 TTE 相比,TEE 探头在心脏后方成像,避开含气较多的肺部,图像更加清晰,对于肺气肿、机械通气情况下 TEE 检查更具有优势。TEE 不仅可以看到右心室壁局部运动幅度降低,右心室或者右心房扩大,室间隔左移或运动异常,近端肺动脉扩张,右房室瓣返流速度增快等间接征象,而且可以清楚探测到主肺动脉、右肺动脉和部分左肺动脉,发现 TTE 不能发现的 70% 主肺动脉和左、右肺动脉血栓^[40],且 TEE 诊断 PE 无创,无碍手术操作,对突发循环衰竭患者安全无风险^[41],可直视下指导外科医师手术操作,防止因阻断范围不足以及过度游离引发的癌栓脱落^[42]。Gerstein 等^[8]报道 1 例术中突发 P_{ET}CO₂ 骤降而 PaCO₂ 反增情况,TEE 观察到右心室后负荷过重,右心房扩张、三尖瓣重度反流等情况,确诊 PE 后紧急 CPB 下完成手术,患者预后良好。围术期 TEE 快速诊断 PE 对于此类手术具有非常重要的价值。

2.5 手术效果的评估

手术切除癌栓是否完全、心内结构尤其是三尖瓣是否损伤等情况是外科大夫最为关注的问题,同样也是增加术后并发症的隐匿风险因素。Friedell 等^[43]报道 1 例肾癌合并下腔静脉癌栓术后突发大面积 PE 致心跳骤停,建议术毕应行 TEE 检查是否有栓子残留。因此,术毕对关键部位进行全面细致的 TEE 检查是非常必要的。

3 总结与展望

TEE 准确评估血流动力学状态,及时发现癌栓位移、右心室流入-流出道梗阻、PE 等严重并发症的发生,并协助外科医师评估手术效果,在肾癌合并下腔静脉癌栓切除术中具有明显优越性。为更好地体现 TEE 的应用价值,建议 TEE 监测采用多角度观察,多切面确诊,避免单一角度单一切面得出结论,同时应该与外科大夫良好沟通,结合术野观察结果与 TEE 结果,共同对手术和麻醉管理做出最优化调整。

参考文献

- 1 Hevia V, Ciancio G, Gomez V, et al. Surgical technique for the treatment of renal cell carcinoma with inferior vena cava tumor thrombus: tips, tricks and oncological results. Springerplus, 2016, 5:132.
- 2 Gaudino M, Lau C, Cammertoni F, et al. Surgical treatment of renal cell carcinoma with cavoatrial involvement: a systematic review of the literature. Ann Thorac Surg, 2016, 101(3):1213-1221.
- 3 Smith ZL. Current status of minimally invasive surgery for renal cell carcinoma. Curr Urol Rep, 2016, 17(6):43.
- 4 Haidar GM, Hicks TD, El-Sayed HF, et al. Treatment options and outcomes for caval thrombectomy and resection for renal cell

- carcinoma. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*, 2017, 5(3): 430 – 436.
- 5 Hahn RT, Abraham T, Adams MS, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination; recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(9): 921 – 964.
- 6 Kostibas MP, Arora V, Gorin MA, et al. Defining the role of intraoperative transesophageal echocardiography during radical nephrectomy with inferior vena cava tumor thrombectomy for renal cell carcinoma. *Urology*, 2017 Mar 30. pii: S0090 – 4295 (17) 30257 – 1.
- 7 Kim HY, Baek SH, Yoon JU, et al. Cardiac arrest during radical nephrectomy due to a mass in the right ventricular outflow tract. *J Clin Anesth*, 2016, 33: 156 – 159.
- 8 Gerstein NS, Zhang R, Davis MS, et al. Lessons still being learned: acute pulmonary tumor embolus during renal cell carcinoma resection. *A A Case Rep*, 2016, 7(8): 172 – 176.
- 9 Chen H, Ng V, Kane CJ, et al. The role of transesophageal echocardiography in rapid diagnosis and treatment of migratory tumor embolus. *Anesth Analg*, 2004, 99(2): 357 – 359.
- 10 Blute ML, Leibovich BC, Lohse CM, et al. The Mayo Clinic experience with surgical management, complications and outcome for patients with renal cell carcinoma and venous tumour thrombus. *BJU Int*, 2004, 94(1): 33 – 41.
- 11 Joshi S, Ayyathurai R, Satyanarayana R, et al. Important surgical considerations in the management of renal cell carcinoma (RCC) with inferior vena cava (IVC) tumour thrombus. *BJU Int*, 2012, 110(7): E327 – E328.
- 12 Pouliot F, Shuch B, Larochelle JC, et al. Contemporary management of renal tumors with venous tumor thrombus. *J Urol*, 2010, 184(3): 833 – 841; quiz 1235.
- 13 Vaidya A, Ciancio G and Soloway M Surgical techniques for treating a renal neoplasm invading the inferior vena cava. *J Urol*, 2003, 169(2): 435 – 444.
- 14 Glazer A, Novick AC. Preoperative transesophageal echocardiography for assessment of vena caval tumor thrombi: a comparative study with venacavography and magnetic resonance imaging. *Urology*, 1997, 49(1): 32 – 34.
- 15 Goldfarb DA, Novick AC, Lorig R, et al. Magnetic resonance imaging for assessment of vena caval tumor thrombi: a comparative study with venacavography and computerized tomography scanning. *J Urol*, 1990, 144(5): 1100 – 1104.
- 16 Uhlman MA, Pate SC, Brown JA. Explosive growth of a renal tumor during active surveillance. *Can J Urol*, 2013, 20(2): 6739 – 6741.
- 17 Froehner M, Heberling U, Zastrow S, et al. Growth of a level III vena cava tumor thrombus within 1 month. *Urology*, 2016, 90: e1 – e2.
- 18 Treiger BF, Humphrey LS, Peterson CV Jr, et al. Transesophageal echocardiography in renal cell carcinoma: an accurate diagnostic technique for intracaval neoplastic extension. *J Urol*, 1991, 145(6): 1138 – 1140.
- 19 Harkin CP, Roberts PF, Nelson RS, et al. Re-evaluation of renal cell carcinoma tumor thrombus extension by intraoperative transesophageal echocardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2000, 14(2): 182 – 185.
- 20 Leibowitz G, Keller NM, Daniel WG, et al. Transesophageal versus transthoracic echocardiography in the evaluation of right atrial tumors. *Am Heart J*, 1995, 130(6): 1224 – 1227.
- 21 Crispen PL, Viterbo R, Boorjian SA, et al. Natural history, growth kinetics, and outcomes of untreated clinically localized renal tumors under active surveillance. *Cancer*, 2009, 115(13): 2844 – 2852.
- 22 Zhang L, Li XS, Zhou LQ. Natural history of small renal masses. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(9): 1232 – 1237.
- 23 Cost NG, Delacroix SE Jr, Sleeper JP, et al. The impact of targeted molecular therapies on the level of renal cell carcinoma vena caval tumor thrombus. *Eur Urol*, 2011, 59(6): 912 – 918.
- 24 Bex A, Van der Veldt AA, Blank C, et al. Progression of a caval vein thrombus in two patients with primary renal cell carcinoma on pretreatment with sunitinib. *Acta Oncol*, 2010, 49(4): 520 – 523.
- 25 易端, 郭向阳, 郑清. 后腹腔镜肾癌根治性切除并下腔静脉癌栓取出术的麻醉管理. *中国微创外科杂志*, 2014, 14(12): 1140 – 1143.
- 26 Reems MM, Aumann M. Central venous pressure: principles, measurement, and interpretation. *Compend Contin Educ Vet*, 2012, 34(1): E1.
- 27 Prasser C, Bele S, Keyl C, et al. Evaluation of a new arterial pressure-based cardiac output device requiring no external calibration. *BMC Anesthesiol*, 2007, 7: 9.
- 28 Meersch M, Schmidt C, Zarbock A. Echophysiology: the transesophageal echo probe as a noninvasive Swan-Ganz catheter. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2016, 29(1): 36 – 45.
- 29 Wang GL, Bi H, Ye JF, et al. Surgery for renal carcinoma with supradiaphragmatic tumor thrombus: avoiding sternotomy and cardiopulmonary bypass. *Beijing Da Xue Xue Bao*, 2016, 48(1): 729 – 732.
- 30 Jasudavicius A, Arellano R, Martin J, et al. A systematic review of transthoracic and transesophageal echocardiography in non-cardiac surgery: implications for point-of-care ultrasound education in the operating room. *Can J Anaesth*, 2016, 63(4): 480 – 487.
- 31 Denault AY, Couture P, McKenty S, et al. Perioperative use of transesophageal echocardiography by anesthesiologists: impact in noncardiac surgery and in the intensive care unit. *Can J Anaesth*, 2002, 49(3): 287 – 293.
- 32 Lee M, Curley GF, Mustard M, et al. The Swan-Ganz catheter remains a critically important component of monitoring in cardiovascular critical care. *Can J Cardiol*, 2017, 33(1): 142 – 147.
- 33 Temporelli PL, Scapellato F, Eleuteri E, et al. Doppler echocardiography in advanced systolic heart failure: a noninvasive alternative to Swan-Ganz catheter. *Circ Heart Fail*, 2010, 3(3): 387 – 394.
- 34 Hwang J, Park YH, Choi KU, et al. Rapidly growing right ventricular outflow tract mass in patient with sarcomatoid renal cell carcinoma. *J Cardiovasc Ultrasound*, 2016, 24(4): 329 – 333.
- 35 陈唯韞, 朱斌, 刘兴荣, 等. 经食管超声心动图用于累及右心的下腔静脉癌栓切除术的临床价值. *中华麻醉学杂志*, 2014, 34(5): 593 – 596.
- 36 Li B, Zeng H, Ding M, et al. Multiple pulmonary emboli as a result of renal cell carcinoma: A case report. *Oncol Lett*, 2017, 13(1): 267 – 270.
- 37 Janik M, Hejna P. Renal cell carcinoma pulmonary embolism: a rare cause of sudden death. *Forensic Sci Med Pathol*, 2015, 11(3): 468 – 471.
- 38 Sherk WM, Stojanovska J. Role of clinical decision tools in the diagnosis of pulmonary embolism. *AJR Am J Roentgenol*, 2017, 208(3): W60 – W70.
- 39 Linkins LA, Takach Lapner S. Review of D-dimer testing: good, bad, and ugly. *Int J Lab Hematol*, 2017, 39(Suppl 1): S98 – S103.
- 40 El-Sayed Ahmed MM, Al-Najjar RM, Aftab M, et al. Early detection of a cavopulmonary tumor embolus with the use of transesophageal echocardiography. *Tex Heart Inst J*, 2015, 42(1): 66 – 69.
- 41 Wally D, Velik-Salchner C. Perioperative transesophageal echocardiography in non-cardiac surgery. Update. *Anaesthesist*, 2015, 64(9): 669 – 682.
- 42 Abaza R. Technical considerations in robotic nephrectomy with vena caval tumor thrombectomy. *Indian J Urol*, 2014, 30(3): 283 – 286.
- 43 Friedell ML, Sujka SK, Welch JL, et al. Massive pulmonary embolus after surgery for renal cell carcinoma extending into the inferior vena cava: a case report. *Am Surg*, 1997, 63(6): 516 – 518.

(收稿日期: 2017-05-08)

(修回日期: 2017-07-02)

(责任编辑: 李贺琼)