



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.06.005
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.2020.06.005
Chinese Journal of General Surgery, 2020, 29(6):664-670.

· 述评 ·

小腹主动脉瘤临床随访现状与展望

左健, 李子林

(中国人民解放军空军军医大学西京医院 心脏大血管外科, 陕西 西安 710032)



左健

摘要

小腹主动脉瘤是指瘤体最大直径 30~54 mm 的腹主动脉瘤。虽然多数患者无症状且破裂风险较低, 但临床工作中仍会遇到小瘤体破裂的患者。瘤体一旦破裂其病死率极高。同时, 随访过程中给予手术干预的比例也非常高。目前尚缺乏成熟的针对发病机制层面的治疗策略。如何做好临床随访工作、预测破裂风险及时行外科人工血管置换术或腔内隔绝术显得尤为重要。笔者就目前小腹主动脉瘤的临床随访现状以及如何精准预测破裂风险予以阐述。

关键词

主动脉瘤, 腹; 动脉瘤, 破裂; 观察性等待

中图分类号: R654.3

Clinical follow-up of small abdominal aortic aneurysms: current status and outlook

ZUO Jian, LI Zilin

(Department of Cardiovascular Surgery, Xijing Hospital, Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China)

Abstract

The small abdominal aortic aneurysm is defined as an abdominal aortic aneurysm with a maximal diameter of 30-54 mm. Most patients are asymptomatic and have a low risk of rupture. However, there are still cases of small abdominal aortic aneurysm rupture in clinical practice. Once the aneurysm ruptures, the mortality rate is very high. Meanwhile, the proportion of surgical intervention during follow-up was also considerably high. At present, there are no established treatment strategies targeting the pathogenesis. So, how to carry out an adequate clinical follow-up, prediction of the risk of rupture, and timely prosthetic vessel replacement or endovascular graft exclusion are particularly important. In this paper, the authors describe the current status of clinical follow-up of abdominal aortic aneurysm and how to accurately predict the risk of rupture.

Key words

Aortic Aneurysm, Abdominal; Aneurysm, Ruptured; Watchful Waiting

CLC number: R654.3

腹主动脉瘤 (abdominal aortic aneurysm, AAA) 是以腹主动脉持续性扩张, 直至破裂为特征的病变^[1]。腹主动脉瘤发病率与年龄具有正相关性^[2]。我国逐渐步入老龄化腹主动脉瘤发病率也

随之增高。我们也发现近2年临床治疗的腹主动脉瘤患者明显多于往年。腹主动脉瘤一旦破裂其病死率极高^[3]。目前没有成熟的针对发病机制层面抑制其形成的干预措施^[4]。腹主动脉瘤的治疗主要

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (2016YFC1301901)。

收稿日期: 2020-06-01; 修订日期: 2020-06-09。

作者简介: 左健, 中国人民解放军空军军医大学西京医院主任医师, 主要从事主动脉方面的研究。

通信作者: 左健, Email: zuojian@fmmu.edu.cn

是待瘤体达到治疗标准后行外科人工血管置换术或腔内隔绝术(EVAR)^[5]。其中EVAR以其成功率高、损伤小、恢复快的优点广泛应用于临床^[6]。手术时机方面临床上主要以腹主动脉瘤最大直径作为主要评价标准。当瘤体直径>55 mm或增长率>5 mm/半年时需要接受腔内或传统手术治疗。该标准实用性及可操作性均被公众认可。但是,多数患者在随访过程中需要接受手术治疗,一部分患者则发生瘤体破裂,危及生命^[7]。同时,EVAR对瘤体解剖结构要求较高,伴随瘤体进行性变化可能失去最佳解剖结构,术后并发症增加甚至导致死亡^[8]。由此可见,临床筛查及随访显得尤为重要。

小腹主动脉(直径30~54 mm)需要定期随访^[9]。一般来说,直径30~34 mm每3年复查1次,直径35~44 mm每1年复查1次,直径45~54 mm每6个月复查1次^[10]。一项纳入15 000例的Meta分析^[9]指出对于直径在40 mm的腹主动脉瘤长期随访是安全可靠的。那么,直径在40~54 mm之间的患者如何随访可最大限度降低破裂发生呢?几项大样本临床研究结果:(1) UK Small Aneurysm Trial^[11],针对1 090例患者展开研究,其中女性占17.2%,年龄在60~76岁,主动脉最大直径在40~55 mm之间。其中的563例常规接受开放手术,527例行超声随访。随访的4.6年时间内,约60%患者因瘤体进行性扩张或出现症状接受手术治疗。通过12年随访提示小腹主动脉瘤接受手术没有提高患者生存率。研究中发现超声测量瘤体直径在5.0~5.4 cm之间的患者中近70% CTA结果超过5.5 cm。说明超声检查在判定手术时机方面与CTA相比存在一定不足。(2) ADAM trial^[12]随机临床试验,收录1 136例,其中女性占0.8%,研究对象为50~79岁,瘤体直径在4.0~5.5 cm之间人群。试验开始全部行CTA检查,随访采用CTA与超声检查相结合的方式。随访3.5~8年,两组患者生存率无差别。(3) PIVOTAL^[13],收录728例,其中女性占13.3%,年龄区间63~79岁,瘤体直径在4.0~5.0 cm之间的人群。随机分组接受EVAR的患者有366例,超声随访362例。通过短期随访,两组患者的瘤体破裂率和动脉瘤相关性病死率均无差别。(4) CEASAR^[8],该研究收录病例数360例,其中女性占4.2%,年龄在50~79之间,瘤体直径在4.0~5.0 cm。随机分组接受EVAR或者随访。EVAR在病死率和破裂率方面未表现出明显优势。

该研究特别指出:在临床观察的36个月期间,60%随访患者需要接受修复治疗,重点是其中1/6的腹主动脉瘤形态变化使EVAR手术难度加大。

有文献^[11-12]综合分析以上4项临床试验后指出:手术干预与临床观察对比,小腹主动脉瘤患者生存率没有显著性差异。当然也有不同的声音,回顾性研究^[14]显示临床观察患者致命性腹主动脉瘤破裂发生率是腔内干预患者的4倍。但是,仔细分析上述临床试验后可发现一些问题不容忽视。提示当前干预标准和衡量手段仍有提升空间。那么,目前小腹主动脉瘤临床随访存在哪些问题呢?我们还可能从哪些方面加以改进,从而为每位患者提供更精准的治疗策略呢?

1 随访手段存在的不足

采用超声为主要临床随访手段可能会使部分患者错过最佳治疗时机。UKSAT实验中发现高达70%的患者超声随访未发现瘤体直径已>55 mm^[11]。这导致部分随访患者暴露于更高的瘤体破裂风险中。

超声检查具有限制性小、费用低廉、无电离辐射及造影剂损害等优点,同时在腹主动脉瘤的筛查中具有极高的特异性和敏感性^[15]。因此,广泛应用于腹主动脉瘤的诊断工作。但是,超声诊断腹主动脉瘤受人为因素较大。Beales等^[16]系统回顾了9项超声筛查动脉瘤实验研究中超声医生自身和不同超声医生间重复性的差异。其中5项研究发现超声医生自身重复性的差异在1.6~4.4 mm之间,不同超声医生间重复性的差异<5 mm^[16]。但是,其余4项研究的结果则提示不同超声医生间重复性的差异性可高达10 mm以上^[16]。说明超声诊断腹主动脉瘤受人为因素干扰较大。类似问题在国内,尤其是很多基层单位表现的尤为突出,根据每位超声医生的培训经历不同,接触的病例数不同,测量误差各有不同。因此,我们认为定期开展该领域规范化培训很有必要,指在尽量减小测量误差,降低破裂风险。总之,超声检查在腹主动脉瘤人群筛查中有其明显优势,但作为手术时机及治疗方案制定的依据性检查手段就略显不足。

通过超声筛查瘤体在40~54 mm之间人群我们认为有必要行CTA检查^[10]。虽然具有费用较高,X线辐射、造影剂损害等潜在风险。但是,作为腹主动脉瘤诊断金标准,可以完美呈现瘤体全貌,

对瘤体直径可以精确测量。不管是瘤体破裂风险评估还是手术方案制定都具有绝对的参考价值。

2 针对重点患者，从哪些方面精准随访

临床研究^[8]发现近60%小腹主动脉瘤患者经随访最终需要接受手术治疗。说明临床随访该人群非常必要。更重要的是在随访过程中有相当一部分患者其瘤体进行性扩张的同时瘤体形态也随之发生改变，部分瘤体形态改变的直接后果是加大了手术难度^[8]。一些早期非常适合EVAR干预的情况变得不那么适合，这样无形中增加了术后并发症。一些患者甚至失去腔内微创治疗机会，不得已转为常规外科治疗^[8]。如何避免此类情况发生，减少患者承担不必要的痛苦和风险呢？我们认为小腹主动脉瘤患者的临床随访主要目的在于找到最佳干预时机。该时机的选择主要取决于瘤体增长速度，以及症状和预期的干预风险的综合评判。目前，瘤体直径的大小是手术时机的判定标准。不可否认其特异性和敏感性在指导临床工作方面都是可圈可点的。但我们认为在瘤体直径评价的基础上，对于部分特殊患者还需要参考以下更为精确的指标给予评估，做到及时给予相应处理，降低瘤体破裂风险及减小手术创伤。

2.1 瘤体容积

小腹主动脉瘤生长相对缓慢，采用瘤体直径作为监测指标时反映的仅为单个横截面上的瘤体尺寸，其敏感性方面存在较弱的风险^[17-18]。有些瘤体形态的变化可能并不导致瘤体直径的增加^[19]。而动脉瘤容积变化对形态改变的敏感性则高于直径^[17]。Parr等^[20]研究发现直径为30 mm腹主动脉其直径增加1 mm容积变化率增加6.8%，而直径为60 mm腹主动脉其直径增加1 mm容积变化率增加仅3.4%。Meyrignac等^[21]对81例腹主动脉瘤患者给予1年随访后发现，瘤体稳定组其容积变化平均增加3 mL，不稳定组容积平均增加21 mL；而瘤体最大直径平均差异仅有3 mm，低于年增长5 mm的标准。Parr等^[20]对24例瘤体容积增加大于6 cm³的患者进行瘤体最大直径测量，发现仅有1/2的患者存在正交直径的增加。就瘤体类型方面，囊状动脉瘤并不符合梭形动脉瘤直径增大与破裂风险呈正比的关系^[17]。该类型瘤体不仅容易破裂，且预测困难^[17]。通过对囊性瘤体容积变化的测量可掌握

其增长速度，对干预时机的选择提供指导性作用。

虽然像瘤体容积这样的三维参数可以很好的反应瘤体增长情况，但是容积测量需要专业软件的同时还会需要较长时间。目前还不适合作为常规临床筛查指标。而且很多地区腹主动脉瘤随访仍以超声为主。二维参数的潜在临床影响仍然很大。

2.2 瘤壁应力的重要性

尽管在临床工作中瘤体直径的大小被广泛用于衡量腹主动脉瘤。但是，一些研究提出直径在腹主动脉瘤破裂预测方面存在不足，需要更具特异性的标准。Fillinger等^[22]对无症状腹主动瘤与有症状或破裂腹主动瘤的CT扫描数据进行3D模型并进行有限元分析。该研究发现有症状或破裂腹主动瘤的瘤体壁应力（PWS）明显高于无症状患者^[22]。提示瘤体壁应力可能与腹主动瘤破裂存在密切联系^[23]。Vorp等^[24]研究发现壁内应力和破裂的可能性与动脉瘤的形状具有密切关系。这可能是某些瘤体直径并不大就出现破裂，而有些瘤体直径达到10 cm仍未破裂的原因^[25]。Soto等^[26]研究发现腹主动脉瘤患者中瘤体直径、生物力学参数（PWS等）在有症状与无症状组之间具有显著性差异。但是，当瘤体 ≥ 65 mm时两组瘤体直径无差异情况下，有症状组生物力学参数依然高于无症状组^[26]。说明PWS等生物力学参数在腹主动瘤风险评估方面灵敏度优于瘤体直径。

但是，有研究^[27]发现存在附壁血栓的破裂小腹主动脉瘤，其瘤壁应力确低于对照组。提示存在附壁血栓的小腹主动脉瘤情况下生物力学参数可能不是主要评判因素^[28]。那么，附壁血栓对小腹主动脉瘤破裂会产生什么影响呢？

2.3 瘤体内附壁血栓的影响

腹主动脉内附壁血栓对瘤体破裂的影响一直以来存在争议。腹主动脉瘤的主要病理改变是细胞外基质（ECM）破坏性重构和平滑肌细胞凋亡^[29-30]。持续增长的附壁血栓可活化炎症、氧化应激及纤溶系统，促进弹性蛋白酶降解，进而破坏细胞外基质。同时还促进平滑肌细胞的凋亡。破坏动脉壁结构，降低管壁强度，从而易于导致瘤体破裂^[31-33]。上述附壁血栓破坏动脉壁的理论在多项实验中也得到了证实^[34-36]。但是，有研究^[37-38]则提示附壁血栓可降低动脉壁应力，增加了机械性缓冲，在一定程度上可降低腹主动瘤破裂风险。一项纳入672例的Meta分析^[39]指出附壁血栓体积大

小与腹主动脉瘤破裂无明显关系。Nguyen等^[40]研究发现核磁共振检查(MRI)呈高信号强度血栓可加速腹主动脉扩张,低信号强度血栓则可能通过降低壁应力降低瘤体破裂几率。高信号强度血栓主要由疏松的富含血细胞成分的较新鲜血栓构成^[40]。其红细胞含量高呈暗红色,故称为“红色血栓”。红色血栓中血液活性因子含量较高,可在一定程度上破坏管壁细胞外基质,促进腹主动脉瘤进行性扩张。低信号强度血栓主要由聚集的血小板在活化的凝血因子作用下形成的网状纤维素结构组成^[40]。其红细胞含量少,呈灰白色,故称为“白色血栓”。白色血栓质硬,且与血管壁连接紧密,在一定程度上可能起到机械性缓冲作用。因此对瘤体可能起到一定保护作用。由此推测,小腹主动脉瘤病变时间短,新鲜的红色血栓占比较高,管壁结构破坏速度较快,扩张速度较快,期间可能会导致部分瘤体发生破裂。上述腹主动脉瘤附壁血栓的患者生理过程可能在一定程度上解释一直以来存在的争议。但仍需进一步深入研究。MRI作为一项无创性检查,其是否可通过鉴别血栓性质来用于临床预测腹主动脉瘤破裂几率。目前还有待进一步的研究证实。

3 女性患者手术干预时机

女性腹主动脉瘤与男性相比,不仅瘤体破裂率高,而且破裂瘤体直径普遍小于男性^[41-42]。一项针对女性小腹主动脉瘤破裂情况的研究发现:在年龄、个体大小、初始瘤体直径无显著差异的情况下,瘤体在5.0~5.5 cm的大小的女性患者破裂率为2.97%,而男性为0.64%。女性瘤体破裂率是男性的3倍^[43]。虽然该研究存在诸多不足之处,如:病例数过少等。仍然提示女性腹主动脉瘤更易发生破裂。因此,需要我们在临床工作中引起足够关注。首先,女性腹主动脉直径小于男性。性别的差别决定了女性身高、体质量以及腹主动脉直径均小于男性^[44-45]。有研究^[46]发现女性腹主动脉直径较男性平均小13%。刘继芬^[47]则对国内2 242例基本健康人分析发现:平均腹主动脉直径,男性为(1.85±0.26)cm,女性为(1.67±0.23)cm,女性较男性平均小9.7%。因此,性别导致的腹主动脉直径差异需在腹主动脉瘤诊疗过程中得到充分考虑。

其次,现行腹主动脉瘤手术干预标准可能不适用于女性患者。目前相关指南建议的腹主动脉最大直径>55 mm考虑手术干预,其制定依据来源于大样本临床研究。由于腹主动脉瘤多发生于男性,导致多数临床实验中女性患者占比非常低。有些研究女性占比甚至不足1%。由此带来的直接后果是直径>55 mm的治疗标准并不适用于女性。多数女性患者瘤体直径达到45 mm,甚至个别身材娇小女性瘤体直径达到40 mm就需要手术干预。

另外,女性腹主动脉瘤瘤壁强度可能低于男性^[48]。女性绝经前腹主动脉瘤发病率明显低于同龄男性,但女性绝经后发病率明显升高。其发生机制目前还不十分明确。相关研究^[49]发现衰老状态下机体氧化应激及炎症反应水平增高,导致动脉内皮功能障碍。这可能是女性腹主动脉壁本身特性及衰老绝经后机体相关改变加速了动脉内皮老化,进而附壁血栓形成几率增加,血栓内大量巨噬细胞在衰老导致的炎症反应诱导下浸润至动脉壁,连同动脉组织内巨噬细胞共同释放MMP-2/MMP-9以及大量炎症因子导致动脉细胞外基质降解、平滑肌细胞凋亡,降低腹主动脉瘤瘤壁强度,增加瘤体破裂几率。

当然,我们期待更深入的研究发现,为制定有效可行的预防绝经后老年女性腹主动脉瘤方案提供理论基础。有专家认为,“女性”可以作为腹主动脉瘤破裂的独立危险因素^[50]。在目前临床工作中需要降低女性手术干预标准。那么,在目前状况下如何降低女性手术干预门槛才更合理、可行呢?Lo等^[51]通过一项纳入4 045例患者的临床研究发现:腹主动脉直径可预测男性腹主动脉瘤破裂,对于女性不能完全达到预测作用。而女性较小的腹主动脉直径于体表面积(body surface area, BSA)呈正比。因此,根据体表面积将腹主动脉直径测量值标准化可能对女性更具有预测效应。

4 小结

综上所述,小腹主动脉瘤患者的临床随访非常重要。在随访过程中对于瘤体直径在40~55 mm之间的患者需重点关注。对于特殊患者可以尝试瘤体容积、瘤壁应力、附壁血栓评估等方法预测瘤体生长速度和破裂风险。对于女性患者,目前没有明确的手术干预标准,可以尝试参照体表面

积标准化瘤体直径后来决定手术时机。但是,上述方法的特异性、敏感性及具体衡量标准仍需更深入的研究给出答案。

参考文献

- [1] Lederle FA, Kyriakides TC, Stroupe KT, et al. Open versus Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysm[J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(22):2126–2135. doi: 10.1056/NEJMoa1715955.
- [2] Kent KC. Clinical practice. Abdominal aortic aneurysms[J]. *N Engl J Med*, 2014, 371(22):2101–2108. doi: 10.1056/NEJMcp1401430.
- [3] Guirguis-Blake JM, Beil TL, Senger CA, et al. Primary Care Screening for Abdominal Aortic Aneurysm: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force[J]. *JAMA*, 2019, 322(22):2219–2238. doi: 10.1001/jama.2019.17021.
- [4] Luo W, Wang Y, Zhang L, et al. Critical Role of Cytosolic DNA and Its Sensing Adaptor STING in Aortic Degeneration, Dissection, and Rupture[J]. *Circulation*, 2020, 141(1):42–66. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041460.
- [5] Anderson PB, Wanken ZJ, Perri JL, et al. Patient information sources when facing repair of abdominal aortic aneurysm[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(2):497–504. doi: 10.1016/j.jvs.2019.04.460.
- [6] Salata K, Hussain MA, de Mestral C, et al. Comparison of Outcomes in Elective Endovascular Aortic Repair vs Open Surgical Repair of Abdominal Aortic Aneurysms[J]. *JAMA Netw Open*, 2019, 2(7):e196578. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.6578.
- [7] United Kingdom Small Aneurysm Trial Participants, Powell JT, Brady AR, et al. Long-term outcomes of immediate repair compared with surveillance of small abdominal aortic aneurysms[J]. *N Engl J Med*, 2002, 346(19):1445–1452. doi: 10.1056/NEJMoa013527.
- [8] Cao P, De Rango P, Verzini F, et al. Comparison of surveillance versus aortic endografting for small aneurysm repair (CAESAR): results from a randomised trial[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2011, 41(1):13–25. doi: 10.1016/j.ejvs.2010.08.026.
- [9] RESCAN Collaborators, Bown MJ, Sweeting MJ, et al. Surveillance intervals for small abdominal aortic aneurysms: a meta-analysis[J]. *JAMA*, 2013, 309(8):806–813. doi: 10.1001/jama.2013.950.
- [10] Chaikof EL, Brewster DC, Dalman RL, et al. SVS practice guidelines for the care of patients with an abdominal aortic aneurysm: executive summary[J]. *J Vasc Surg*, 2009, 50(4):880–896. doi: 10.1016/j.jvs.2009.07.001.
- [11] No authors listed. Mortality Results for Randomised Controlled Trial of Early Elective Surgery or Ultrasonographic Surveillance for Small Abdominal Aortic Aneurysms. The UK Small Aneurysm Trial Participants[J]. *Lancet*, 1998, 352(9141):1649–1655.
- [12] Lederle FA, Wilson SE, Johnson GR, et al. Immediate repair compared with surveillance of small abdominal aortic aneurysms[J]. *N Engl J Med*, 2002, 346(19):1437–1444. doi: 10.1056/NEJMoa012573.
- [13] Ouriel K, Clair DG, Kent KC, et al. Endovascular repair compared with surveillance for patients with small abdominal aortic aneurysms[J]. *J Vasc Surg*, 2010, 51(5):1081–1087. doi: 10.1016/j.jvs.2009.10.113.
- [14] Zarins CK, Crabtree T, Arko FR, et al. Endovascular repair or surveillance of patients with small AAA[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2005, 29(5):496–503. doi: 10.1016/j.ejvs.2005.03.003.
- [15] Quill DS, Colgan MP, Sumner DS. Ultrasonic screening for the detection of abdominal aortic aneurysms[J]. *Surg Clin North Am*, 1989, 69(4):713–720. doi: 10.1016/s0039-6109(16)44878-4.
- [16] Beales L, Wolstenhulme S, Evans JA, et al. Reproducibility of Ultrasound Measurement of the Abdominal Aorta[J]. *Br J Surg*, 2011, 98(11):1517–1525. doi: 10.1002/bjs.7628.
- [17] von Allmen RS, Powell JT. Part two: Against the motion. External diameter for AAA size[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2013, 46(1):6–8. doi: 10.1016/j.ejvs.2013.04.031.
- [18] Brady AR, Thompson SG, Fowkes FG, et al. Abdominal aortic aneurysm expansion: risk factors and time intervals for surveillance[J]. *Circulation*, 2004, 110(1):16–21. doi: 10.1161/01.CIR.0000133279.07468.9F.
- [19] Long A, Rouet L, Lindholt JS, et al. Measuring the maximum diameter of native abdominal aortic aneurysms: review and critical analysis[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2012, 43(5):515–524. doi: 10.1016/j.ejvs.2012.01.018.
- [20] Parr A, Jayaratne C, Buttner P, et al. Comparison of volume and diameter measurement in assessing small abdominal aortic aneurysm expansion examined using computed tomographic angiography[J]. *Eur J Radiol*, 2011, 79(1):42–47. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.12.018.
- [21] Meyrignac O, Bal L, Zadro C, et al. Combining Volumetric and Wall Shear Stress Analysis from CT to Assess Risk of Abdominal Aortic Aneurysm Progression[J]. *Radiology*, 2020, 295(3):722–729. doi: 10.1148/radiol.2020192112.
- [22] Fillinger MF, Raghavan ML, Marra SP, et al. In vivo analysis of mechanical wall stress and abdominal aortic aneurysm rupture risk[J]. *J Vasc Surg*, 2002, 36(3):589–597. doi: 10.1067/mva.2002.125478.
- [23] Khosla S, Morris DR, Moxon JV, et al. Meta-analysis of peak wall stress in ruptured, symptomatic and intact abdominal aortic aneurysms[J]. *Br J Surg*, 2014, 101(11):1350–1357. doi: 10.1002/

- bjs.9578.
- [24] Vorp DA, Vande Geest JP. Biomechanical determinants of abdominal aortic aneurysm rupture[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2005, 25(8):1558–1566. doi: 10.1161/01.ATV.0000174129.77391.55.
- [25] Ricco JB, Forbes TL. Trans-Atlantic debate: External diameter for abdominal aortic aneurysm (AAA) size versus volume[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2013, 46(1):1. doi: 10.1016/j.ejvs.2013.04.030.
- [26] Soto B, Vila L, Dilmé JF, et al. Increased Peak Wall Stress, but Not Maximum Diameter, Is Associated with Symptomatic Abdominal Aortic Aneurysm[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2017, 54(6):706–711. doi: 10.1016/j.ejvs.2017.09.010.
- [27] Haller SJ, Crawford JD, Courchaine KM, et al. Intraluminal thrombus is associated with early rupture of abdominal aortic aneurysm[J]. *J Vasc Surg*, 2018, 67(4):1051–1058. doi: 10.1016/j.jvs.2017.08.069.
- [28] Georgakarakos E, Ioannou C, Papaharilaou Y, et al. Studying the expansion of small abdominal aortic aneurysms: is there a role for peak wall stress?[J]. *Int Angiol*, 2011, 30(5):462–466.
- [29] Orriols M, Varona S, Martí-Pàmies I, et al. Down-regulation of Fibulin-5 is associated with aortic dilation: role of inflammation and epigenetics[J]. *Cardiovasc Res*, 2016, 110(3):431–442. doi: 10.1093/cvr/cvw082.
- [30] Golledge J. Abdominal aortic aneurysm: update on pathogenesis and medical treatments[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2019, 16(4):225–242. doi: 10.1038/s41569-018-0114-9.
- [31] Adolph R, Vorp DA, Steed DL, et al. Cellular content and permeability of intraluminal thrombus in abdominal aortic aneurysm[J]. *J Vasc Surg*, 1997, 25(5):916–926. doi: 10.1016/s0741-5214(97)70223-4.
- [32] Fontaine V, Jacob MP, Houard X, et al. Involvement of the mural thrombus as a site of protease release and activation in human aortic aneurysms[J]. *Am J Pathol*, 2002, 161(5):1701–1710. doi: 10.1016/S0002-9440(10)64447-1.
- [33] Kazi M, Thyberg J, Religa P, et al. Influence of intraluminal thrombus on structural and cellular composition of abdominal aortic aneurysm wall[J]. *J Vasc Surg*, 2003, 38(6):1283–1292. doi: 10.1016/s0741-5214(03)00791-2.
- [34] Lareyre F, Clément M, Raffort J, et al. TGFbeta (Transforming Growth Factor-beta) Blockade Induces a Human-Like Disease in a Nondissecting Mouse Model of Abdominal Aortic Aneurysm[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2017, 37(11):2171–2181. doi: 10.1161/ATVBAHA.117.309999.
- [35] Khan JA, Abdul Rahman MN, Mazari FA, et al. Intraluminal thrombus has a selective influence on matrix metalloproteinases and their inhibitors (tissue inhibitors of matrix metalloproteinases) in the wall of abdominal aortic aneurysms[J]. *Ann Vasc Surg*, 2012, 26(3):322–329. doi: 10.1016/j.avsg.2011.08.015.
- [36] Koole D, Zandvoort HJ, Schoneveld A, et al. Intraluminal abdominal aortic aneurysm thrombus is associated with disruption of wall integrity[J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57(1):77–83. doi: 10.1016/j.jvs.2012.07.003.
- [37] Thubrikar MJ, Robicsek F, Labrosse M, et al. Effect of thrombus on abdominal aortic aneurysm wall dilation and stress[J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2003, 44(1):67–77.
- [38] Georgakarakos E, Ioannou CV, Volanis S, et al. The influence of intraluminal thrombus on abdominal aortic aneurysm wall stress[J]. *Int Angiol*, 2009, 28(4):325–333.
- [39] Singh TP, Moxon JV, Golledge J. Systematic review and meta-analysis of the association between intraluminal thrombus volume and abdominal aortic aneurysm rupture[J]. *J Vasc Surg*, 2020, 71(3):1070–1071. doi: 10.1016/j.jvs.2019.11.010.
- [40] Nguyen VL, Leiner T, Hellenthal FA, et al. Abdominal aortic aneurysms with high thrombus signal intensity on magnetic resonance imaging are associated with high growth rate[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2014, 48(6):676–684. doi: 10.1016/j.ejvs.2014.04.025.
- [41] Deery SE, Schermerhorn ML. Should Abdominal Aortic Aneurysms in Women be Repaired at a Lower Diameter Threshold?[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2018, 52(7):543–547. doi: 10.1177/1538574418773247.
- [42] Lo RC, Schermerhorn ML. Abdominal aortic aneurysms in women[J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(3):839–844. doi: 10.1016/j.jvs.2015.10.087.
- [43] Thompson SG, Brown LC, Sweeting MJ, et al. Systematic review and meta-analysis of the growth and rupture rates of small abdominal aortic aneurysms: implications for surveillance intervals and their cost-effectiveness[J]. *Health Technol Assess*, 2013, 17(41):1–118. doi: 10.3310/hta17410.
- [44] Lo RC, Lu B, Fokkema MT, et al. Relative importance of aneurysm diameter and body size for predicting abdominal aortic aneurysm rupture in men and women[J]. *J Vasc Surg*, 2014, 59(5):1209–1216. doi: 10.1016/j.jvs.2013.10.104.
- [45] Sconfienza LM, Santagostino I, Di Leo G, et al. When the diameter of the abdominal aorta should be considered as abnormal? A new ultrasonographic index using the wrist circumference as a body build reference[J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(10):e532–536. doi: 10.1016/j.ejrad.2013.06.008.
- [46] Rogers IS, Massaro JM, Truong QA, et al. Distribution, determinants, and normal reference values of thoracic and

- abdominal aortic diameters by computed tomography (from the Framingham Heart Study)[J]. *Am J Cardiol*, 2013, 111(10):1510–1516. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.01.306.
- [47] 刘继芬. 动脉硬化性腹主动脉瘤超声多普勒追踪观察[J]. *中国超声医学杂志*, 1992, 8(S):72.
- Liu JF. Doppler ultrasound follow-up observation for arteriosclerotic abdominal aortic aneurysm[J]. *Chinese Journal of Ultrasound in Medicine*, 1992, 8(S):72.
- [48] Tong J, Schriebl AJ, Cohnert T, et al. Gender differences in biomechanical properties, thrombus age, mass fraction and clinical factors of abdominal aortic aneurysms[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2013, 45(4):364–372. doi: 10.1016/j.ejvs.2013.01.003.
- [49] Harvey A, Montezano AC, Lopes RA, et al. Vascular Fibrosis in Aging and Hypertension: Molecular Mechanisms and Clinical Implications[J]. *Can J Cardiol*, 2016, 32(5):659–668. doi: 10.1016/j.cjca.2016.02.070.
- [50] Brown LC, Powell JT. Risk factors for aneurysm rupture in patients kept under ultrasound surveillance. UK Small Aneurysm Trial Participants[J]. *Ann Surg*, 1999, 230(3):289–296. doi: 10.1097/0000658-199909000-00002.
- [51] Lo RC, Bensley RP, Dahlberg SE, et al. Presentation, treatment, and outcome differences between men and women undergoing revascularization or amputation for lower extremity peripheral arterial disease[J]. *J Vasc Surg*, 2014, 59(2):409–418. doi: 10.1016/j.jvs.2013.07.114.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式: 左健, 李子林. 小腹主动脉瘤临床随访现状与展望[J]. *中国普通外科杂志*, 2020, 29(6):664–670. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.06.005

Cite this article as: Zuo J, Li ZL. Clinical follow-up of small abdominal aortic aneurysms: current status and outlook[J]. *Chin J Gen Surg*, 2020, 29(6):664–670. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2020.06.005

欢迎订阅《中国普通外科杂志》

《中国普通外科杂志》是国内外公开发行的国家级期刊 (ISSN1005-6947/CN43-1213/R), 面向广大从事临床、教学、科研的普外及相关领域工作者, 以实用性为主, 及时报道普通外科领域的新进展、新观点、新技术、新成果、实用性临床研究及临床经验, 是国内普外学科的权威刊物之一。办刊宗旨是: 传递学术信息, 加强相互交流; 提高学术水平, 促进学科发展; 注重临床研究, 服务临床实践。

本刊由国家教育部主管, 中南大学主办, 中南大学湘雅医院承办。主编中南大学湘雅医院王志明教授, 顾问由中国科学院及工程院院士汤钊猷、吴孟超、吴咸中、汪忠镐、郑树森、黄洁夫、黎介寿、赵玉沛、夏家辉、夏穗生等多位国内外著名普通外科专家担任, 编辑委员会由百余名国内外普通外科资深专家学者和三百余名中青年编委组成。开设栏目有述评、专题研究、基础研究、临床研究、简要论著、临床报道、文献综述、误诊误治与分析、手术经验与技巧、国内外学术动态, 病案报告。本刊已被多个国内外重要检索系统和大型数据库收录, 如: 美国化学文摘 (CA), 俄罗斯文摘 (AJ), 日本科学技术振兴集团 (中国) 数据库 (JSTChina), 中国科学引文数据库 (CSCD), 中文核心期刊 (中文核心期刊要目总览), 中国科技论文与引文数据库 (中国科技论文统计源期刊), 中国核心学术期刊 (RCCSE), 中国学术期刊综合评价数据库, 中国期刊网全文数据库 (CNKI), 中文科技期刊数据库, 中文生物医学期刊文献数据库 (CMCC), 万方数据-数字化期刊群, 中国生物医学期刊光盘版等, 期刊总被引频次、影响因子及综合评分已稳居同类期刊前列。在科技期刊评优评奖活动中多次获奖; 特别是 2017 年 10 月获“第 4 届中国精品科技期刊”, 其标志着《中国普通外科杂志》学术水平和杂志影响力均处于我国科技期刊的第一方阵。

本刊已全面采用远程投稿、审稿、采编系统, 出版周期短, 时效性强。欢迎订阅、赐稿。

《中国普通外科杂志》为月刊, 国际标准开本 (A4 幅面), 每期 120 页, 每月 25 日出版。内芯采用彩色印刷, 封面美观大方。定价 30.0 元/册, 全年 360 元。国内邮发代号: 42-121; 国际代码: M-6436。编辑部可办理邮购。

本刊编辑部全体人员, 向长期以来关心、支持、订阅本刊的广大作者、读者致以诚挚的谢意!

编辑部地址: 湖南省长沙市湘雅路 87 号 (湘雅医院内) 邮政编码: 410008

电话 (传真): 0731-84327400 网址: <http://www.zpwz.net>

Email: pw84327400@vip.126.com

中国普通外科杂志编辑部