

论 著

CT血管造影在腹主动脉瘤破裂风险中评估价值与预测意义*

王 帝 李 磊 张涵旭
马永青 崔书君* 王大伟
河北北方学院附属第一医院CT室
(河北 张家口 075000)

【摘要】目的 探讨CT血管造影(CTA)在腹主动脉瘤(AAA)破裂风险中评估价值与预测意义。**方法** 选取2018年12月至2020年12月本院收治的100例AAA患者作为研究对象,所有患者均在入院后实施CTA及数字减影血管造影术(DSA)检查,均随访1年。以DSA检查结果+随访结果为“金标准”,分析CTA对腹主动脉瘤AAA破裂风险的评估价值,并分析瘤体主要形态学指标(瘤体最大直径、瘤体长颈、瘤颈角度)、血流动力学指标[血管壁峰值压力(PWS)]对AAA患者破裂风险的预测价值。**结果** 经DSA检查结果+随访结果确诊,100例AAA患者中瘤体未破裂者75例,占75.00%;瘤体破裂者25例,占25.00%。CTA评估AAA破裂的准确度为94.00%(94/100)、灵敏度为94.67%(71/75)、特异度为92.00%(23/25)、阳性预测值为97.26%(71/73)、阴性预测值为85.19%(23/27);经一致性Kappa度量,CTA评估AAA破裂结果与DSA检查结果+随访结果结果一致性较好(Kappa=0.844, $P<0.001$)。AAA破裂患者的瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS均高于AAA未破裂者($P<0.05$);AAA破裂患者瘤颈长度虽高于AAA未破裂者,但差异不显著($P>0.05$)。绘制ROC曲线结果显示,瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS单独及联合预测AAA患者瘤体破裂风险的AUC分别为0.727、0.783、0.748、0.887,其中联合预测效能最高。**结论** CTA评估AAA患者瘤体破裂的价值较高,与DSA检查结果+随访结果有较好的一致性;瘤体最大直径、瘤体长颈、瘤颈角度、PWS能很好地预测AAA患者瘤体破裂风险,且联合预测价值更高。

【关键词】 腹主动脉瘤; CT血管造影;
数字减影血管造影术; 破裂风险;
预测效能

【中图分类号】 R543.1+6

【文献标识码】 A

【基金项目】 河北省医学科学研究重点课题
计划项目(20200501)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.049

Value and Prediction of CT Angiography in the Risk of Abdominal Aortic Aneurysm Rupture*

WANG Di, LI Lei, ZHANG Han-xu, MA Yong-qing, CUI Shu-jun*, WANG Da-wei.

CT Room, The First Affiliated Hospital of Hebei North University, Zhangjiakou 075000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the value and prediction of CT angiography (CTA) in the risk of rupture of abdominal aortic aneurysm (AAA). **Methods** 100 patients with AAA admitted to our hospital from December 2018 to December 2020 were selected as the study subjects. All patients were examined by CTA and digital subtraction angiography (DSA) after admission and followed up for 1 year. Using DSA and follow-up results as the "gold standard", the evaluation value of CTA in the risk of AAA rupture of abdominal aortic aneurysms was analyzed, and the predictive value of major tumor morphological indexes (maximum tumor diameter, long tumor neck, neck Angle) and hemodynamic indexes [peak vascular wall pressure (PWS)] in the risk of AAA patients was analyzed. **Results** According to the results of DSA examination and follow-up, 75 cases (75.00%) of 100 AAA patients were unruptured. Tumor rupture occurred in 25 cases (25.00%). The accuracy of CTA in evaluating AAA rupture was 94.00% (94/100), the sensitivity 94.67% (71/75), the specificity 92.00% (23/25), the positive predictive value 97.26% (71/73) and the negative predictive value 85.19% (23/27). By consistent Kappa measure, the results of AAA rupture evaluated by CTA were in good agreement with the results of DSA examination plus follow-up (Kappa=0.844, $P<0.001$). The maximum tumor diameter, neck Angle and PWS of AAA ruptured patients were higher than those of AAA unruptured patients ($P<0.05$). The tumor neck length of patients with AAA rupture was higher than that of those without AAA rupture, but the difference was not significant ($P>0.05$). The ROC curve showed that the AUC of maximum tumor diameter, tumor neck Angle, and PWS alone and in combination to predict tumor rupture risk in AAA patients were 0.727, 0.783, 0.748, and 0.887, respectively, and the combined prediction efficiency was the highest. **Conclusion** CTA has a high value in evaluating tumor rupture in AAA patients, which is consistent with DSA and follow-up results. The maximum tumor diameter, tumor length neck, tumor neck Angle and PWS can well predict the tumor rupture risk in AAA patients, and the combined prediction value is higher.

Keywords: Abdominal Aortic Aneurysm; CT Angiography; Digital Subtraction Angiography; Rupture Risk; Predictive Effectiveness

腹主动脉瘤(AAA)是在高压血流冲击下形变扩张形成的瘤体,是一种极其凶险、严重威胁患者生命健康的外科急症^[1-2]。AAA一旦破裂,患者需采取血管内及开放性腹主动脉瘤修复术治疗,但病死率仍高达80%^[3]。因此,早期快速评估AAA患者瘤体破裂风险,并及早科学予以治疗对降低病死率及改善患者的预后意义重大。既往,数字减影血管造影术(DSA)是评估AAA患者瘤体破裂风险的“金标准”,其往血管内注入造影剂,通过数字减影机可对AAA患者瘤体情况进行全面观察,评估准确性较高。但由于DSA检查具有一定的创伤性,部分患者无法耐受,且检查后护理不当也会诱发相应并发症,临床推广使用有一定难度。近年来,影像学技术在不断更新、发展,CT血管造影(CTA)逐渐用于AAA的临床诊断中。有研究指出,CTA是无创性操作且检查操作较为简便,能够对瘤体多支血管情况多角度进行观察及分析,为医师评估AAA破裂风险提供重要的影像学依据^[4]。有研究指出,AAA破裂与未破裂患者在瘤体形态学指标(如瘤体最大直径、瘤颈长度、瘤颈角度等)方面存在一定差异^[5]。且也有研究指出,通过CTA可计算每个AAA的血管壁压力,从而获取血管壁峰值压力(PWS),可有效对AAA的破裂风险进行评估^[6]。因此,临床或可通过CTA检查AAA患者瘤体形态学指标、血流动力学指标来辅助诊断患者瘤体破裂风险。基于此,本研究分析CTA在AAA破裂风险中评估价值与预测意义。结果示下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年12月至2020年12月本院收治的100例AAA患者作为研究对象。

纳入标准: 均经彩超确诊为AAA; 患者均知情研究内容且自愿签署同意书; 心肝肾功能无异常; 意识及精神状态正常可有效配合研究。排除标准: 合并恶性肿瘤、血液及免疫系统疾病; 合并感染性或传染性疾病; 易过敏体质或对本研究中的介入器材、麻醉药、造影剂过敏; 凝血功能异常或存在出血风险; 动脉瘤继发性血栓; 急诊AAA患者。100例AAA患者中男48例,女52例; 年龄50-85岁,平均(66.06±4.53)岁; 体重指数22-26kg/m²,平均(24.5300.52)kg/m²; 入院时收缩压130-158mmHg,平均(141.20±5.15)mmHg; 入院时舒张压85-102mmHg,平均(95.65±3.03)mmHg; 合并症: 高血压15例,高脂血症20例,糖尿病16例。

1.2 方法

1.2.1 CTA检查 选择多层螺旋CT机(佳能公司, 320排CT机)对AAA患者T7-T8椎体水平至

【第一作者】王 帝, 女, 医师, 主要研究方向: CT影像。E-mail: hbep908@163.com

【通讯作者】崔书君, 男, 主任医师, 主要研究方向: CT诊断。E-mail: hbep908@163.com

耻骨联合水平位置进行CTA扫描，扫描时设置层厚及层间隔均为0.5 cm，设置管电压与管电流分别为120 kV、100 -300 mA。要求患者严格执行检查前4 h禁食禁饮的医嘱，并由检查医师对患者进行健康宣教，主要内容为检查期间的注意事项、配合要点等，并要求患者跟随医师进行呼吸训练。利用高压注射器将90mL造影剂(北京北陆药业股份有限公司，国药准字H20184113，100mL:37g(I))经肘正中静脉按4mL/s左右的流率注入血管。感兴趣区设置于肾动脉开口水平处，设置阈值为150 HU。以造影剂自动跟踪技术进行扫描，延迟20 s行动脉期扫描，并在50-60 s行静脉期扫描。将扫描获取的原始图像后输送至后台工作站予以后期处理。以多层面重建(MPR)、曲面重建(CPR)、容积再现显示(VR)、最大密度投影(MIP)等方式三维重建原始图像。观察并记录瘤体形态学指标(如瘤体最大直径、瘤颈长度、瘤颈角度等)、血流动力学指标PWS。最后选择3位阅片经验丰富的高年资医师对检查图像进行分析，集中讨论后获取最终评估结果。

1.2.2 DSA检查 于CTA检查后3d内实施DSA检查，并对患者进行为期1年的随访，记录患者瘤体破裂情况，并以DSA检查结果+随访结果为“金标准”。

1.3 观察指标 (1)CTA评估价值。以DSA检查结果+随访结果为“金标准”，分析CTA评估AAA破裂风险的价值。(2)一致性分析。采用Kappa进行一致性检验，分析CTA评估AAA破裂与DSA检查结果+随访结果的一致性。(3)不同破裂情况的AAA患者相关参数比较。对比AAA破裂与未破裂患者瘤体形态学指标(如瘤体最大直径、瘤颈长度、瘤颈角度等)、血流动力学指标(PWS)。(4)评估价值。分析瘤体最大直径、瘤颈长度、瘤颈角度、PWS相关指标单独及联合评估AAA破裂风险的价值。

1.4 统计学方法 以SPSS 24.0统计学软件对数据进行分析及处理，计量资料的正态性情况采取Shapiro-Wilk正态分布检验，以($\bar{x} \pm s$)表示符合正态分布的计量资料，组间对比采取独立样本t检验；以n及%表示计数资料，组间对比采取 χ^2 检验；采用

Kappa进行一致性检验，当Kappa<0.4时，提示一致性较差；当0.4≤Kappa<0.75时，提示一致性一般；当Kappa≥0.75时，提示一致性较好；绘制受试者工作曲线(ROC)，对CTA检查参数预测AAA患者瘤体破裂风险的价值进行检验，以曲线下面积(AUC)评价预测效能，AUC值>0.9提示预测效能较高，0.7<AUC≤0.9提示有一定预测效能，0.5<AUC≤0.7提示预测效能较差，≤0.5提示无预测效能，以差异有统计学意义为P<0.05。

2 结果

2.1 DSA检查+随访结果 经DSA检查结果+随访结果确诊，100例AAA患者中瘤体未破裂者75例，占75.00%；瘤体破裂者25例，占25.00%。

2.2 CTA评估结果 CTA评估AAA破裂的准确度为94.00%(94/100)、灵敏度为94.67%(71/75)、特异度为92.00%(23/25)、阳性预测值为97.26%(71/73)、阴性预测值为85.19%(23/27)；经一致性Kappa度量，CTA评估AAA破裂结果与DSA检查结果+随访结果一致性较好(Kappa=0.844，P<0.001)，见表1。

2.3 不同破裂情况的AAA患者相关参数比较 AAA破裂组患者的瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS均高于AAA未破裂组患者(P<0.05)；AAA破裂组患者瘤颈长度虽高于AAA未破裂组患者，但差异不显著(P>0.05)。见表2。

2.4 CTA预测AAA患者瘤体破裂的效能分析 将AAA患者瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS参数作为检验变量，瘤体破裂情况作为状态变量(1=破裂，0=未破裂)，绘制ROC曲线结果显示(见图1)，瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS单独及联合预测AAA患者瘤体破裂风险的AUC分别为0.727、0.783、0.748、0.887，其中联合预测效能最高，依据ROC曲线得出各预测参数的cut-off值分别为5.605cm、42.124°、305.202kPa，在此cut-off值下获取敏感度、特异度(见表3、图1)。

表1 CTA评估AAA破裂结果与DSA检查结果+随访结果分析(n)

CTA评估AAA破裂结果	DSA检查结果+随访结果		合计
	阳性	阴性	
阳性	71	2	73
阴性	4	23	27
合计	75	25	100
Kappa	0.844	-	

表2 不同破裂情况的AAA患者相关参数比较

组别	例数	瘤体最大直径(cm)	瘤颈长度(cm)	瘤颈角度(°)	PWS(kPa)
破裂组	75	5.77±0.15	2.87±0.05	48.93±5.04	315.75±10.03
未破裂组	25	4.36±0.10	2.85±0.03	36.85±5.05	298.82±5.04
t值		43.791	1.886	10.374	8.087
P值		0.000	0.062	0.000	0.000

表3 CTA相关参数预测AAA患者瘤体破裂风险的效能分析

参数	AUC	cut-off值	AUC的95%CI	P	敏感度	特异度	约登指数
瘤体最大直径	0.727	5.605cm	0.633-0.822	<0.001	0.875	0.706	0.581
瘤颈角度	0.783	42.124°	0.692-0.875	<0.001	0.825	0.750	0.575
PWS	0.748	305.202kPa	0.656-0.840	<0.001	0.823	0.735	0.558
联合	0.887	-	0.826-0.948	<0.001	0.926	0.764	0.690

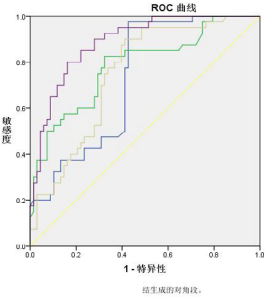


图1 CTA相关参数预测AAA患者瘤体破裂风险的ROC曲线图。
图2 未破裂组AAA患者CAT图像，VR(左)、CPR(右)图显示AAA瘤体最大直径3.6cm，瘤颈长度2.0cm，瘤颈角度37°，kPa 289 kPa。
图3 破裂组AAA患者CAT图像，VR(左)、CPR(右)显示AAA瘤体最大直径4.5cm，瘤颈长度2.7cm，瘤颈角度46°，kPa 310 kPa。

3 讨论

AAA是临床上的常见病、多发病，最主要的危害在于其可能会发生破裂。且在AAA有评破裂风险患者一旦瘤体破裂后病情进展快，可直接危及患者的生命，故需提前评估其破裂风险以便及早实施手术或腔内治疗；而AAA无破裂风险患者必须定期、严密随访以观察瘤体变化，如果瘤体直径增长速度过快(每半年增长超过5mm)或者因瘤体引起的疼痛也需要考虑尽早行手术治疗^[7-8]。因此，针对AAA患者迅速且准确地评估其破裂风险，尽早实施相应干预措施对挽救患者生命而言显得尤为重要。经典的DSA检查虽然诊断AAA破裂风险的价值较高，但因为其为创伤性检查操作，且在用于有急救需要的AAA患者中时需要耗费较长的检查时间，无法达到快速检查及诊断的临床需求。因此，迫切需要寻找一种无创且能快速评估AAA破裂情况及预测瘤体破裂风险的影像学检查方法。

伴随着多层螺旋CT检查技术、设备硬件以及软件的不断升级发展，CTA检查技术也愈发成熟。CTA具备多方面优势，主要包括检查时间短、检查覆盖范围广、检查分辨率高等，其在临床实践中开展率逐渐增加。本研究中结果显示，CTA评估AAA破裂的准确率为94.00%、灵敏度为94.67%、特异度为92.00%、阳性预测值为97.26%、阴性预测值为85.19%；经一致性Kappa度量，CTA评估AAA破裂结果与DSA检查结果+随访结果结果一致性较好。证实CTA评估AAA患者瘤体破裂的价值较高，与DSA检查结果+随访结果有较好的一致性，可获得较好的评估价值。分析其原因：(1)CTA可以同时显现出浅表与内里病灶结构的原始横断面影像，再经由多角度旋转能够让原始横断面图像呈现出三维立体感，图像时间分辨率与空间分辨率均极高，利于观察瘤体情况以评估其破裂风险^[9-10]。(2)同时，CTA还具有强大的图像后处理功能，主要包括MPR、CPR、MIP与VR等功能，通过开展任意方向后处理操作获得的等图像均具有相对一致空间分辨率，可对AAA病变情况全方位进行观察与分析^[11-12]。其中VR可以多角度旋转观察瘤体情况，能够全方位呈现血管病变情况，最终可获取清晰、逼真的图像；MIP能够有效显现血管重叠相对较少部位图像；而MPR可以清楚地显现人体血管腔内外情况；利用CPR能够对瘤体内迂曲血管情况进行有效观察。因此，将重建获得图像与原始横断面图像结合观察后可很好地从任意角度对AAA成像情况进行观察，对全面探查AAA空间位置、确定瘤体和四周组织的解剖关系、明确瘤壁钙化及瘤腔内出血等情况均有很好的辅助作用，可显著提升AAA破裂风险诊断准确率^[13-15]。

有研究表明，AAA患者瘤体的血流动力学数据和瘤体的几何学结构存在着紧密的联系^[16]。同时也有研究表明，不同形态的AAA的血流动力学情况差异较大，瘤体的内流场特征对血流动力学产生的影响也不尽相同^[17]。本研究中结果显示，破裂AAA患者的瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS均高于未破裂AAA者。提示可利用瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS等指标预测AAA患者瘤体破裂风险。分析其原因主要有以下几点：(1)PWS是有瘤体的血管壁压力计算得来的血流动力学数据，其水平越高，血管壁压力越大。当血管壁压力不断增加时，而其优势血流通道的血流速度会逐渐变慢，此时血管壁面剪切力较周围明显降低会形成巨大波动，AAA腔内会出现特征性涡流，瘤体破裂多发生于层流与涡流循环边界区域^[18]。(2)AAA是由于动脉管壁永久性局限性扩张引起的，瘤体直径超3cm即可诊断AAA。且流行病学资料表明，AAA瘤体直径小于5cm时，年增长一般也小于5mm，几乎无破裂风险；而当瘤体直径大于5cm，年增长率就会大于5mm，而瘤体破裂率可增加至20%，且随着瘤体直径的不断增长，瘤体的破裂风险也随之增加^[19]。并且也有研究指出，瘤体直径会直接影响AAA血流动力学随着瘤体内血流速度减慢，壁面剪切力会更加降低，可诱发形成更多的腔内血栓，血栓形成后可使动脉壁出现缺氧，局部新生血管炎症加重、血管壁变薄，可对血管壁结构完整性与稳定性产生严重不良影响，大大增加瘤体破裂风险^[20]。(3)研究发现，AAA患者瘤颈角度与瘤体最大直径存在正相关关系，瘤体最大直径越大，瘤颈角度越大^[21]。而AAA瘤颈角度较大时，其腔内血栓的体积与动脉瘤总体的比值也较大，而腔内血栓可直接对瘤体壁血流动力学活动度及瘤壁压力分散情况产生不良影响，进而大大增加瘤体破裂风险^[22]。并且，本研究运用ROC曲线进一步深入探讨发现，瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS单独及联合预

测AAA患者瘤体破裂风险的AUC分别为0.727、0.783、0.748、0.887，其中联合预测效能最高。可见瘤体最大直径、瘤颈角度、PWS联合预测AAA破裂风险的价值更高。因为从血流动力学角度与形态学角度联合去分析，可以全面反映瘤体血流供应及形态改变情况，可弥补单个角度预测的不足，可使预测结果更加科学、全面、准确。除了从瘤体血流动力学、形态学角度对AAA患者瘤体的破裂风险进行评估及预测外，也能够从病理生理学的角度对AAA的破裂风险予以进一步评估。且有研究显示，氧化应激反应、炎症反应等病理生理学因素在AAA的发生、发展及破裂进程中发挥着极其重要的促进作用^[23-24]。因此，未来可着手从病理生理学的角度、血流动力学角度、形态学等角度全方位预测AAA患者瘤体破裂的风险。

综上所述，CTA评估AAA患者瘤体破裂的价值较高，与DSA检查结果+随访结果有较好的一致性；瘤体最大直径、瘤体长颈、瘤颈角度、PWS能很好地预测AAA患者瘤体破裂风险，且联合预测价值更高。

参考文献

- [1] Eldrup-Jorgensen J, Kraiss LW, Chaikof EL, et al. Vascular quality initiative assessment of compliance with society for vascular surgery clinical practice guidelines on the care of patients with abdominal aortic aneurysm[J]. J Vasc Surg, 2020, 72(3): 874-885.
- [2] Bellamkonda KS, Yousef S, Zhang Y, et al. Endograft type and anesthesia mode are associated with mortality of endovascular aneurysm repair for ruptured abdominal aortic aneurysms[J]. Vascular, 2021, 29(2): 155-162.
- [3] Schmitz-Rixen T, Böckler D, Vogl TJ, et al. Endovascular and open repair of abdominal aortic aneurysm[J]. Dtsch Arztebl Int, 2020, 117(48): 813-819.
- [4] George E, Giannopoulos AA, Aghayev A, et al. Contrast inhomogeneity in CT angiography of the abdominal aortic aneurysm[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2016, 10(2): 179-183.
- [5] 苏志向, 郭建明, 郭连瑞, 等. 症状型与非症状型腹主动脉瘤形态学数据的分析[J]. 腹部外科, 2020, 33(4): 265-269.
- [6] Wen J, Wang J, Peng L, et al. Hemodynamic analysis of hybrid treatment for thoracoabdominal aortic aneurysm based on Newtonian and non-Newtonian models in a patient-specific model[J]. Comput Methods Biomech Biomed Engin, 2023, 26(2): 209-221.
- [7] Patil A, Conley M, Paulson C, et al. Abdominal aortic aneurysm and exfoliation syndrome: a literature review comparing single site findings[J]. Acta Ophthalmol, 2023, 101(5): 478-484.
- [8] Ullery BW, Hallett RL, Fleischmann D. Epidemiology and contemporary management of abdominal aortic aneurysms[J]. Abdom Radiol (NY), 2018, 43(5): 1032-1043.
- [9] Zielinski AH, Bredahl KK, Ghulam QM, et al. Full-volume assessment of abdominal aortic aneurysm by improved-field-of-view 3-D ultrasound performs comparably to computed tomographic angiography[J]. Ultrasound Med Biol, 2022, 48(2): 283-292.
- [10] Zambrano BA, Gharahi H, Lim C, et al. Association of intraluminal thrombus, hemodynamic forces, and abdominal aortic aneurysm expansion using longitudinal ct images[J]. Ann Biomed Eng, 2016, 44(5): 1502-1514.
- [11] Skrebūnas A, Lengvenis G, Builytė I, et al. Is abdominal aortic aneurysm behavior after endovascular repair associated with aneurysm wall density on computed tomography angiography? [J]. Medicina (Kaunas), 2019, 55(8): 406.
- [12] Brutti F, Fantazzini A, Finotello A, et al. Deep learning to automatically segment and analyze abdominal aortic aneurysm from computed tomography angiography[J]. Cardiovasc Eng Technol, 2022, 13(4): 535-547.
- [13] Zhu C, Tian B, Leach JR, et al. Non-contrast 3D black blood MRI for abdominal aortic aneurysm surveillance: comparison with CT angiography[J]. Eur Radiol, 2017, 27(5): 1787-1794.
- [14] Usai MV, Gerwing M, Gottschalk A, et al. Intra-arterial catheter-directed CT angiography for assessment of endovascular aortic aneurysm repair[J]. PLoS One, 2019, 14(9): e021375.
- [15] Agrawal MD, Oliveira GR, Kalva SP, et al. Prospective comparison of reduced-iodine-dose virtual monochromatic imaging dataset from dual-energy CT angiography with standard-iodine-dose single-energy CT angiography for abdominal aortic aneurysm[J]. AJR Am J Roentgenol, 2016, 207(6): W125-W132.
- [16] Soto B, Vila L, Dilmé J, et al. Finite element analysis in symptomatic and asymptomatic abdominal aortic aneurysms for aortic disease risk stratification[J]. Int Angiol, 2018, 37(6): 479-485.
- [17] 周治军, 王哲, 赵坤宇, 等. 基于计算流体力学的腹主动脉瘤破裂风险研究[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29(8): 763-767.
- [18] 宋雨杰, 彭红梅, 张东威. 关注主动脉血管异常形变, 预防腹主动脉瘤的形成[J]. 中国全科医学, 2020, 23(11): 1355-1360.
- [19] Wanhainen A, Verzi F, Van Herzele I, et al. Editor's choice - European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2019, 57(1): 8-93.
- [20] Chaikof EL, Dalman RL, Eskandari MK, et al. The Society for Vascular Surgery practice guidelines on the care of patients with an abdominal aortic aneurysm[J]. J Vasc Surg, 2018, 67(1): 2-77.
- [21] Stenbaek J, Kalin B, Swendenborg J. Growth of thrombus may be a better predictor of rupture than diameter in patients with abdominal aortic aneurysms[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2000, 20(5): 466-469.
- [22] Arbănaș EM, Mureșan AV, Coșarță CM, et al. Computed tomography angiography markers and intraluminal thrombus morphology as predictors of abdominal aortic aneurysm rupture[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(23): 15961.
- [23] 王胜煌, 吴彩云. 炎症反应与氧化应激在腹主动脉瘤发病机制中的新观点[J]. 中华内科杂志, 2013, 52(9): 787-788.
- [24] 蔡一机, 董倩, 俞坤武, 等. 炎症细胞参与腹主动脉瘤的研究进展[J]. 心血管病学进展, 2022, 43(7): 630-635.

(收稿日期: 2023-12-15)

(校对编辑: 江丽华)