

## • 血管介入 Vascular intervention •

## 基于计算流体力学的主动脉夹层术后假腔变化研究

杨呈伟, 冷晓畅, 邵妹婧, 齐伟伟, 钱沛东, 黄连军, 徐磊

**【摘要】** **目的** 结合主动脉 CT 血管造影(CTA)形态学与计算流体动力学(computational fluid dynamics, CFD)分析,探究主动脉夹层术后假腔体积(false lumen volume, FLV)演变的血流动力学机制。**方法** 回顾性分析 6 例主动脉夹层术后患者共 21 次 CTA 随访资料,分析随访节点假腔形态学参数与 CFD 参数的关系。形态学参数包括:FLV、假腔短轴直径(false lumen short-axis diameter, FLSD)、长轴直径(false lumen long-axis diameter, FLLA)、真腔最窄水平假腔面积(false lumen area at the true lumen's narrowest point, FLA\_TLS);CFD 参数包括:时均壁面剪应力(time-averaged wall shear stress, TAWSS)、振荡剪切指数(oscillatory shear index, OSI)、相对停留时间(relative residence time, RRT)、梯度振荡数(gradient oscillatory number, GON)。**结果** 6 例患者假腔扩张组与缩小组各 3 例,随访时间(138.7±121.0) d。FLV 与形态学参数(FLSD:  $r=0.681, P=0.0007$ ; FLLA:  $r=0.874, P<0.0001$ ; FLA\_TLS:  $r=0.80, P<0.0001$ )及 CFD 参数高值区面积(高 TAWSS:  $r=0.68, P=0.0008$ ; 高 RRT:  $r=0.511, P<0.0179$ ; 高 OSI:  $r=0.808, P<0.0001$ ; 高 GON:  $r=0.793, P<0.0001$ )均呈显著正相关。假腔缩小组 TAWSS、RRT、OSI 高值区占比增加;扩张组则表现为假腔近心端入口高速射流、远端血流停滞,且 TAWSS、RRT、OSI 高值区占比减少。**结论** 血流动力学参数(TAWSS、OSI、RRT)与假腔演变显著相关,高 OSI、低 TAWSS 和低 RRT 是主动脉夹层术后假腔扩张的关键机制。

**【关键词】** 主动脉夹层,假腔;计算流体力学;形态学

中图分类号:R654.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2026)-002-0155-06

**Study of the postoperative changes of false lumen volume in aortic dissection based on computational fluid dynamics** YANG Chengwei<sup>1,2</sup>, LENG Xiaochang<sup>3</sup>, SHAO Shujing<sup>3</sup>, QI Weiwei<sup>1</sup>, QIAN Peidong<sup>3</sup>, HUANG Lianjun<sup>1</sup>, XU Lei<sup>2</sup>.<sup>1</sup> Department of Imaging and Interventional Therapy, Shanghai Delta Cardiovascular Hospital, Shanghai 201702, China;<sup>2</sup> Department of Medical Imaging, Affiliated Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China;<sup>3</sup> Department of Technology Boea Wisdom (Hangzhou) Network Technology Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang Province 310000, China

Corresponding author: HUANG Lianjun, E-mail: huanglianjun@126.com

**【Abstract】** **Objective** By combining the morphology of aortic CT angiography (CTA) and computational fluid dynamics (CFD) to explore the hemodynamic mechanisms underlying the changes of false lumen volume (FLV) in patients with aortic dissection after surgery. **Methods** The postoperative 21 documents of follow-up CTA examination data of 6 patients with aortic dissection were retrospectively analyzed. The relationship between false lumen morphological parameters and CFD parameters at each follow-up time-point was analyzed. The morphological parameters included FLV, false lumen short-axis diameter (FLSD), false lumen long-axis diameter (FLLA), and false lumen area at the true lumen's

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2026.02.007

基金项目:上海市青浦区卫生健康系统第五轮特色专科建设(TZ2023-13);上海市青浦区卫健委科研课题立项(QWJ2023-59)

作者单位:201702 上海 上海德达心血管医院影像与介入治疗科(杨呈伟、黄连军);首都医科大学附属北京安贞医院影像科(徐磊);柏意慧心(杭州)网络科技有限公司(冷晓畅、邵妹婧、钱沛东)

通信作者:黄连军 E-mail: huanglianjun@126.com

narrowest point (FLA-TLS). The CFD parameters included time-averaged wall shear stress (TAWSS), oscillatory shear index (OSI), relative residence time (RRT), and gradient oscillatory number (GON).

**Results** Among the 6 patients, there were 3 patients in the false cavity expansion group and 3 patients in the false cavity reduction group, the mean follow-up time was  $(138.7 \pm 121.0)$  days. The FLV parameters and morphological parameters were as follows: FLSD;  $r = 0.681, P = 0.0007$ ; FLLA;  $r = 0.874, P < 0.0001$ ; FLA-TLS;  $r = 0.80, P < 0.0001$ ; and the area of high-value CFD parameter regions were as follows: high TAWSS;  $r = 0.68, P = 0.0008$ ; high RRT;  $r = 0.511, P < 0.0179$ ; high OSI;  $r = 0.808, P < 0.0001$ ; high GON;  $r = 0.793, P < 0.0001$ ; and all showed a significant positive correlation. In the false cavity reduction group, the proportion of TAWSS, RRT, and OSI in the high-value area were increased, while in the expansion group the high-speed jet flow near the proximal entrance of the false lumen and the distal blood flow stagnation were observed, and the proportions of TAWSS, RRT and OSI in high-value areas were decreased. **Conclusion** There is a significant correlation between hemodynamic parameters (TAWSS, OSI, RRT) and the changes of false lumen volume. High OSI, low TAWSS, and low RRT are key mechanisms for false lumen dilation after surgery of aortic dissection.

**【Key words】** aortic dissection; false lumen; computational fluid dynamics; morphology

计算流体力学 (computational fluid dynamics, CFD) 能够提供主动脉血流模式、壁面切应力 (wall shear stress, WSS) 和压力分布等参数, 有助于主动脉疾病风险评估与治疗方案制订<sup>[1-2]</sup>。在主动脉夹层研究中, 通过 CFD 重建几何模型, 模拟血流状态, 量化主动脉壁力学特点, 进而预测夹层进展、破裂等不良事件风险<sup>[3-4]</sup>。CFD 还被用于探究不同治疗策略对主动脉血流动力学的影响, 例如覆膜支架植入术后真、假腔血流变化, 以及早期识别主动脉夹层术后并发症的高危人群<sup>[5-7]</sup>。尽管 CFD 在主动脉夹层研究中应用日益广泛, 但其模型需更多临床数据验证, 且特定血流动力学参数与患者长期预后的关系也需深入了解。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

纳入上海德达医院 6 例主动脉夹层术后患者 21 次 CTA 影像资料, 根据随访终点夹层假腔体积变化分为假腔扩张组与假腔缩小组, 每组 3 例。入选标准: 主动脉夹层术后, 无移植物相关并发症 (如近端内漏、分支狭窄等); 具有高质量主动脉 CTA 图像。本研究经上海德达医院伦理委员会批准 (DH2024-091)。

### 1.2 主动脉 CTA 图像获取与后处理

使用 Philips 128 排螺旋 CT 机。主动脉 CTA 扫描参数: 管电压 100 kV, 自动调节管电流, 层厚 1.0 mm, 层间隔 0.5 mm, 螺距 0.3, 旋转时间 0.33。对比剂碘美普尔 400 mgI/mL, 首选右侧肘正中静

脉注射, 注射速率 3.5~4.0 mL/s, 总量 70~90 mL, 对比剂注射后以相同速率注射生理盐水 50 mL。后处理应用 DetecModeling 软件<sup>[8]</sup> (杭州柏意慧心网络科技有限公司)。基于主动脉 CTA 图像手动重建主动脉特异性几何模型, 经平滑、中空操作, 生成全主动脉三维图像模型。

### 1.3 主动脉 CTA 影像学参数

应用 DetecModeling 软件自动提取主动脉三维模型中心线, 计算假腔体积 (FLV)、假腔长度 (FLL)、假腔长轴直径 (FLLA)、假腔短轴直径 (FLSD)、真腔最狭窄处假腔面积 (FLA\_TLS)、真腔狭窄处面积 (SPA\_TL)、正常主动脉横截面积 (NAA)、真腔体积 (TLV); 假腔指数 (FLI)、主动脉开口至夹层起始处距离 (D\_AD, mm) 等形态学参数。

### 1.4 CFD 方法

1.4.1 主动脉夹层 CFD 模拟 运用 DetecFluid 软件<sup>[9]</sup> (杭州柏意慧心网络科技有限公司), 非结构四面体网格划分, 以有限体积法开展瞬态数值模拟。基于二阶迎风格式和一阶隐式 Euler 格式离散 Navier-Stokes 方程, 将血液视为密度  $1060 \text{ kg/m}^3$ 、黏度  $0.004 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  的不可压缩牛顿流体, 血管壁设为刚性无滑移边界。各分支血管开口与三元 Windkessel 模型耦合, 入口流速曲线依经典升主动脉血流波形调整参数设定<sup>[10]</sup>, 固定 10 ms 步长, 经 3 个心动周期运行至稳定状态, 取最后周期结果分析。

1.4.2 血流动力学参数的评估 选取血流最大加速期 (T1)、收缩期峰值 (T2)、血流最大减速期 (T3) 和舒张期中期 (T4) 等时间点, 针对两组患者术后 1、

3、6 个月及 1 年的 CTA 影像数据,测定 TAWSS、OSI 等参数,关注特定主动脉区域血流状态与假腔变化联系,经后处理确定血流模式并提取数据定量分析,完成几何模型重建与 CFD 模拟。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。正态分布的连续变量以均数 ± 标准差表示,比较采用 *t* 检验,非正态分布的连续变量以中位数(四分位间距)表示,比较采用 *U* 检验,计数资料以例数表示,比较采用卡方检验。Spearman 或 Pearson 相关性分析形态学、血流动力学参数与假腔体积的关联。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者情况

6 例患者男 5 例,女 1 例,年龄( $57.0 \pm 12.9$ )岁。Stanford A 型夹外科术后患者 5 例(假腔扩张 3 例,假腔缩小 2 例),4 例主动脉瓣成形 + 升主动脉替换 + 孙氏手术,1 例升主动脉替换。Stanford B 型夹层接受胸主动脉支架植入术 1 例(假腔缩小组)。

假腔扩张组与缩小组患者的年龄、BMI、Cr、BUN、ALT、GGT、AST 及高血压、冠心病等比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),肾小球滤过率(GFR)扩张组显著高于缩小组( $P < 0.05$ ),见表 1。

表 1 假腔缩小组与假腔扩张组患者临床资料比较

Table 1 Clinical characteristics of patients and results of intergroup analysis

临床资料	假腔缩小组 ( <i>n</i> = 3)	假腔扩张组 ( <i>n</i> = 3)	<i>P</i> 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	63.7 ± 14.2	50.3 ± 8.9	0.254
男性(例)	3	2	1.000
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	26.033 ± 2.303	27.000 ± 5.769	0.807
高血压(例)	3	3	1.000
糖尿病(例)	0	2	0.386
吸烟史(例)	2	2	1.000
冠心病病史(例)	0	2	0.386
心功能不全(例)	0	1	1.000
脑血管疾病(例)	0	1	1.000
马凡综合征(例)	0	1	1.000
肾脏疾病/肾功能不全	2	0	0.386
Cr(mg/dL, $\bar{x} \pm s$ )	104.667 ± 11.590	80.667 ± 9.713	0.053
BUN(mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )	6.767 ± 2.223	8.000 ± 1.200	0.458
GFR(mL/min, $\bar{x} \pm s$ )	64.967 ± 4.149	89.200 ± 5.597	0.005
ALT(U/L, $\bar{x} \pm s$ )	27.667 ± 12.055	45.000 ± 18.083	0.249
GGT(U/L, $\bar{x} \pm s$ )	79.333 ± 45.633	37.000 ± 18.520	0.245
AST [U/L, <i>M</i> ( <i>P</i> <sub>25</sub> , <i>P</i> <sub>75</sub> )]	21.0(20.0, 22.5)	39.0(28.0, 116.5)	0.700

### 2.2 主动脉夹层假腔形态学重塑与血流动力学参数的相关性

FLV 作为假腔扩张的核心指标,与多个形态学参数存在显著相关性:与 FLSD、FLLA 及 FLL 中-高度相关,与 FLA\_TLS 存在强相关性,与高时均壁面切应力(TAWSS)面积、高 OSI 面积和高 GON 面积高度相关,与高 RRT 面积和高 ECAP 面积中等相关,反映了假腔扩张、进展引发血流动力学变化,见表 2。

表 2 假腔形态学参数、血流动力学参数与假腔体积的相关性

Table 2 Correlation analysis between false lumen morphological/hemodynamic parameters and false lumen volume

项目	$\bar{x} \pm s$	相关系数( <i>R</i> )	<i>P</i> 值
假腔长度(mm)	300.33 ± 101.40	0.665	0.001
假腔长轴直径(mm)	22.85 ± 6.59	0.874	<0.000 1
假腔短轴直径(mm)	13.37 ± 6.15	0.681	0.000 7
真腔狭窄处假腔面积(mm <sup>2</sup> )	281.40 ± 204.26	0.800	<0.000 1
假腔体积(mm <sup>3</sup> )	94 873.05 ± 63 303.66	-	-
真腔狭窄处面积(mm <sup>2</sup> )	128.18 ± 35.95	0.337	0.136
正常主动脉横截面积(mm <sup>2</sup> )	599.96 ± 86.98	0.279	0.221
主动脉狭窄率(%)	0.79 ± 0.05	-0.310	0.172
真腔体积(mm <sup>3</sup> )	68 414.24 ± 32 257.26	0.818	<0.000 1
假腔指数	0.64 ± 0.15	0.655	0.001
High TAWSS-area(mm <sup>2</sup> )	5 112.14 ± 2 604.62	0.676	0.000 8
High TAWSS-area(%)	0.26 ± 0.06	0.082	0.723
High OSI-area(mm <sup>2</sup> )	9 540.14 ± 5 312.25	0.808	<0.000 1
High OSI-area(%)	0.47 ± 0.08	0.600	0.004
High RRT-area(mm <sup>2</sup> )	3 620.69 ± 3 528.48	0.511	0.018
High RRT-area(%)	0.17 ± 0.11	0.086	0.710
High GON-area(mm <sup>2</sup> )	10 716.24 ± 5 867.15	0.793	<0.000 1
High GON-area(%)	0.54 ± 0.08	0.424	0.055
High ECAP-area(mm <sup>2</sup> )	4 858.35 ± 4 507.81	0.489	0.024
High ECAP-area(%)	0.22 ± 0.16	0.068	0.769

时间平均壁面剪切力(TAWSS)、振荡切应力指数(OSI)、梯度振荡数(GON)等均定义为假腔壁的平均值;High TAWSS-area 和 High TAWSS-area%分别为假腔表面高于平均 TAWSS 值的 TAWSS 区域和相对于假腔总面积的占比

distance from aortic root to dissection entry (mm);D\_AD. Time-averaged wall shear stress (TAWSS, Pa), oscillatory shear index (OSI), and gradient oscillatory number (GON) were all defined as the mean values along the false lumen wall. High TAWSS-area and High TAWSS-area% were defined as the absolute area of the false lumen surface with TAWSS values above the mean, and the proportion of this area relative to the total false lumen surface area, respectively

### 2.3 不同随访阶段真、假腔血流动力学相关性

在假腔缩小组(*P*<sub>1</sub>)中,TAWSS 在假腔入口及出口处均表现为高值区(>2 Pa),且随着假腔体积逐渐缩小,高 TAWSS 区域(较平均值大的区域)的面积占比呈持续增加趋势。与此同时,远端 RRT 显著下降(<10 s/Pa),提示血液滞留时间缩短;OSI 大部分区域随时间递减(<0.3),整体血流动力学环

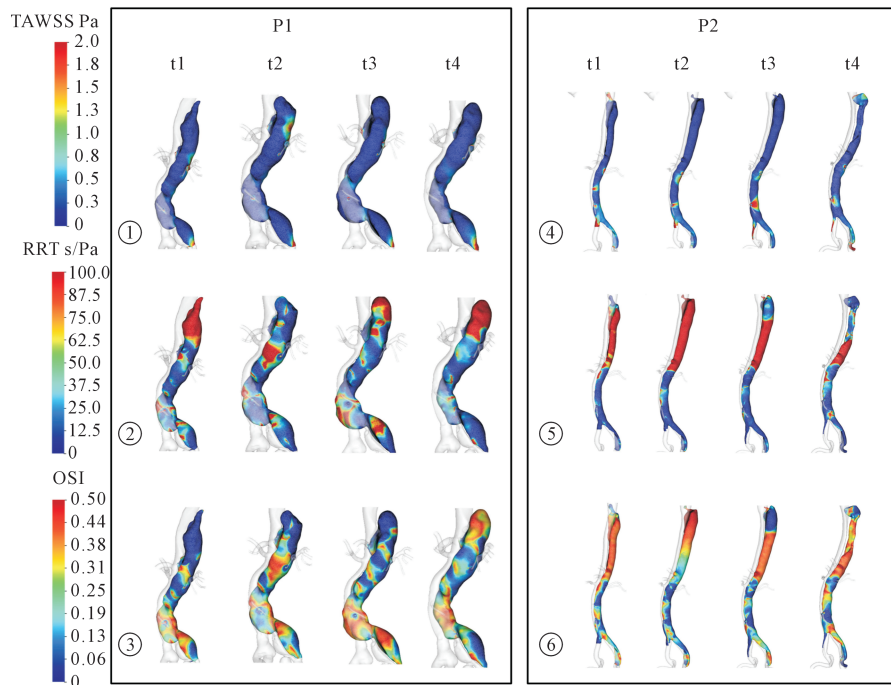
境呈改善趋势。相比之下,在假腔扩张组(P2)中, TAWSS 在假腔入口及再入口处显著升高 ( $> 2 \text{ Pa}$ ),但随着假腔体积增大,高 TAWSS 区域面积占比逐渐减小。大部分区域 OSI 维持在较高水平 ( $> 0.3$ ),提示血流呈现明显振荡特征。远端因血流停滞导致 TAWSS 降至低值 ( $< 1 \text{ Pa}$ )。RRT 云图显示假腔近-中段血液滞留时间显著延长 ( $> 100 \text{ s/Pa}$ ),与假腔血栓化进展相一致(图 1)。

### 3 讨论

主动脉术后随访的假腔重塑是判断预后的关键形态学指标,与之相对应的血流动力学量化分析,则可以从更深层次解释其变化基础。目前,临床主要是根据 CT 影像形态学对主动脉瘤风险进行分析预测<sup>[11]</sup>,评价动脉夹层术后的预后,也主要依据 CT 影像反映夹层累及范围与几何/解剖学特征(如 FLLA 和 FLSD、FLL 等)。较大假腔直径与 FLL 预示血栓化进展<sup>[12-14]</sup>,但难以揭示血流动力学本质。

本研究以夹层术后 CT 影像形态学变化为基础,通过整合患者特异性 CFD 模拟与术后随访多时间点形态学分析,阐述了主动脉夹层术后 FLV 变化过程中,所对应的血流动力学参数的变化结果。首先,FLV 与 FLA\_TLS 存在强相关性,表明二维横截管腔面积测量,可替代三维容积评估用于临床随访。其次,FLV 变化与高时均壁面切应力(TAWSS)和高振荡剪切指标(OSI)所占假腔面积呈正相关。假腔缩小组(P1)则通过 TAWSS 高值所占面积减小、OSI  $< 0.3$  的区域增加实现血流趋向稳定,其机制可能与残余假腔血栓形成的血流隔离效应相关。假腔扩张组(P2)呈现高振荡剪切-血流紊乱-腔体扩张恶性循环,表现为入口高速射流 ( $> 2.0 \text{ m/s}$ )与远端血流停滞 ( $< 0.1 \text{ m/s}$ )的流速分布,TAWSS 高值区域 ( $> 2 \text{ Pa}$ )缩小而低剪切区域扩大<sup>[15-17]</sup>。本研究还证实 FLV 与三维血流参数(RRT、OSI)动态关联,高 RRT 区域 ( $> 100 \text{ s/Pa}$ )与血栓形成空间一致。

CFD 提供的血流动力学参数(TAWSS、OSI、



假腔减小的病例(P1)在不同随访时间( $t_1: 4 \text{ d}, t_2: 14 \text{ d}, t_3: 113 \text{ d}, t_4: 372 \text{ d}$ )的①TAWSS、②RRT 和③OSI 云图;随访假腔增大的病例(P2)在不同随访时间( $t_1: 9 \text{ d}, t_2: 45 \text{ d}, t_3: 122 \text{ d}, t_4: 374 \text{ d}$ )的④TAWSS、⑤RRT 和⑥OSI 云图

For the patient with a decreased false lumen (P1), hemodynamic maps of ① TAWSS, ② RRT, and ③ OSI are shown at different follow-up times ( $t_1: 4 \text{ days}, t_2: 14 \text{ days}, t_3: 113 \text{ days}, t_4: 372 \text{ days}$ ); For the patient with an increased false lumen (P2), hemodynamic maps of ④ TAWSS, ⑤ RRT, and ⑥ OSI are shown at different follow-up times ( $t_1: 9 \text{ days}, t_2: 45 \text{ days}, t_3: 122 \text{ days}, t_4: 374 \text{ days}$ )

图 1 假腔减小(P1)和增大(P2)病例在不同时期的血流动力学参数云图

Figure 1 Hemodynamic parameter maps in patients with decreased (P1) and increased (P2) false lumen volume during follow-up

RRT 等)可量化血流紊乱程度,低 TAWSS 区域与血栓形成相关,高 OSI 提示内皮功能障碍,高 RRT 区域易诱发炎症反应<sup>[18-23]</sup>。形态学与血流动力学参数联合应用,可更精准评估预后,例如通过形态学评估夹层严重程度,结合血流动力学参数判断假腔血流状态<sup>[24-25]</sup>。

本研究受限于病例数量、回顾性研究设计及个体差异等不足,并且计算数据量大、相对复杂,未来需通过大样本、多中心、前瞻性研究,并结合降维技术、深度学习和新算法,以期在主动脉夹层术后影像学随访中构建个体化 CFD 预测模型。

本研究结果为主动脉夹层术后假腔的形态学变化所对应的血流动力学参数特征分析提供了依据,强调了 CFD 在主动脉夹层术后管腔重塑方面的重要作用。

#### [参考文献]

- [1] 许岗勤,张 坤,蔡栋阳,等.基于计算流体力学模拟脑血流流线的微导管塑形在颈内动脉-后交通动脉瘤介入治疗中的应用[J].介入放射学杂志,2022,31:651-654.  
Xu GQ, Zhang K, Cai DY, et al. Application of microcatheter shaping based on computational fluid dynamics simulation of cerebral blood flow streamlines in the interventional treatment of internal carotid - posterior communicating artery aneurysms[J]. J Intervent Radiol, 2022, 31: 651-654.
- [2] Capellini K, Gasparotti E, Castiglione V, et al. Computational fluid dynamics-driven comparison of endovascular treatment strategies for penetrating aortic ulcer[J]. J Clin Med, 2025, 14: 1290.
- [3] Messou JCE, Yeung K, Sudbrook E, et al. Investigating the role of thrombosis and false lumen orbital orientation in the hemodynamics of Type B aortic dissection[J]. Sci Rep, 2024, 14: 27379.
- [4] 王双静,熊 江.主动脉夹层的实验与计算生物力学研究进展[J].介入放射学杂志,2023,32:699-704.  
Wang SJ, Xiong J. Advances in experimental and computational biomechanics of aortic dissection[J]. J Intervent Radiol, 2023, 32: 699-704.
- [5] Brand M, Yoel B, Eichler E, et al. The effect of stent graft curvature on the hemodynamic displacement force after abdominal aortic aneurysm endovascular repair [J]. R Soc Open Sci, 2023, 10: 230563.
- [6] Chitsaz S, Azadani AN, Matthews PB, et al. Hemodynamic determinants of aortic dissection propagation by 2D computational modeling; implications for endovascular stent-grafting[J]. J Cardiovasc Surg (Torino), 2012, 53: 631-640.
- [7] Polanczyk A, Piechota-Polanczyk A, Piastowska-Ciesielska AW, et al. Computational fluid dynamic as an engineering tool for the reconstruction of blood hemodynamics and spatial configuration before and after endoleak appearance [J]. Metrology and Measurement Systems, 2024, 31: 711-731.
- [8] Ding Z, Liu Q, Luo H, et al. A preoperative planning procedure of septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy using image-based computational fluid dynamics simulations and shape optimization [J]. Sci Rep, 2024, 14: 24617.
- [9] Liu Y, Li W, Ding Z, et al. Long-term longitudinal computational study of a marfan syndrome patient after hybrid repair of aortic arch dissection with parallel stent-grafts [J]. Int J Numer Method Biomed Eng, 2025, 41: e70018.
- [10] Gallo D, Lefieux A, Morganti S, et al. A patient-specific follow up study of the impact of thoracic endovascular repair (TEVAR) on aortic anatomy and on post-operative hemodynamics [J]. Computers & Fluids, 2016, 141: 54-61.
- [11] 王相权,王 铃,何小龙,等.基于 CT 血管造影分析腔内血栓形态学特征对腹主动脉瘤破裂风险的预测价值[J].医学影像学杂志,2025,35:90-94.  
Wang XQ, Wang L, He XL, et al. Predictive value of intraluminal thrombus morphological characteristics based on CT angiography for rupture risk of abdominal aortic aneurysms [J]. Journal of Med Imaging, 2025, 35: 90-94.
- [12] Mei J, Yuan Y, Yan H, et al. Factors associated with false lumen changes in patients with superior mesenteric artery dissection [J]. Vasc Med, 2024, 29: 274-285.
- [13] Armour C, Guo B, Saitta S, et al. The role of multiple re-entry tears in type B aortic dissection progression; a longitudinal study using a controlled swine model [J]. J Endovasc Ther, 2024, 31: 104-114.
- [14] Ikeno Y, Koh EY, Estrera GA, et al. Morphology of true lumen and surgical outcomes of acute type A aortic dissection repair with superior mesenteric artery malperfusion [J]. J Vasc Surg, 2025, 81: 66-74.
- [15] Liu D, Wang X, Zhao D, et al. Influence of MRI-based boundary conditions on type B aortic dissection simulations in false lumen with or without abdominal aorta involvement [J]. Front Physiol, 2022, 13: 977275.
- [16] Moulakakis KG, Kakisis J, Gonidaki E, et al. Comparison of fluid dynamics variations between chimney and fenestrated endografts for pararenal aneurysms repair; a patient specific computational study as motivation for clinical decision-making [J]. Vasc Endovascular Surg, 2019, 53: 572-582.
- [17] Soulat G, Scott MB, Allen BD, et al. Association of regional wall shear stress and progressive ascending aorta dilation in bicuspid aortic valve [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2022, 15: 33-42.
- [18] LaDisa JF, Jr., Dholakia RJ, Figueroa CA, et al. Computational simulations demonstrate altered wall shear stress in aortic coarctation patients treated by resection with end-to-end anastomosis [J]. Congenit Heart Dis, 2011, 6: 432-443.

- [19] Pinto SI, Campos JB. Numerical study of wall shear stress-based descriptors in the human left coronary artery [J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2016, 19: 1443-1455.
- [20] Armour CH, Menichini C, Milinis K, et al. Location of reentry tears affects false lumen thrombosis in aortic dissection following TEVAR[J]. *J Endovasc Ther*, 2020, 27: 396-404.
- [21] Chen H, Su T, Wang Q, et al. Comparison of thrombosis risk in an abdominal aortic dissection aneurysm with a double false lumen using computational fluid dynamic simulation method [J]. *Technol Health Care*, 2023, 31: 1003-1015.
- [22] Markl M, Brendecke SM, Simon J, et al. Co-registration of the distribution of wall shear stress and 140 complex plaques of the aorta[J]. *Magn Reson Imaging*, 2013, 31: 1156-1162.
- [23] Jiang Q, Yu T, Huang KL, et al. Carotid versus axillary artery cannulation for descending aorta remodeling in type A acute aortic dissection[J]. *World J Cardiol*, 2024, 16: 564-573.
- [24] Wang J, Chen B, Gao F. Exploring hemodynamic mechanisms and re-intervention strategies for partial false lumen thrombosis in Stanford type B aortic dissection after thoracic aortic endovascular repair[J]. *Int J Cardiol*, 2024, 417: 132494.
- [25] Moretti S, Tauro F, Orrico M, et al. Comparative analysis of patient-specific aortic dissections through computational fluid dynamics suggests increased likelihood of degeneration in partially thrombosed false lumen[J]. *Bioengineering (Basel)*, 2023, 10: 316.

(收稿日期: 2025-07-23)

(本文编辑: 新 宇)

· 消 息 ·

## 期刊国际数据库简介 (Embase)

全名: 荷兰医学文摘(电子版)(Excerpta Medica Database)

所属国家及机构: 荷兰爱思唯尔(Elsevier)公司

收录形式及规模: Embase 是印刷版检索工具 Excerpta Medica(荷兰《医学文摘》)的电子版, 是全球最大最具权威性的生物医学与药理学文摘数据库, 以及全球最大的医疗器械数据库。Embase 包含全部 Medline 的内容, 共计涵盖 8,500 种期刊以及 7,000 多个会议超过 295 万条的会议摘要(从 2009 年起), 其中 2,900 种期刊在 Medline 中无法检索到。

收录学科领域: 主要收录生物医学和药理学相关领域, 如药理学、临床医学、遗传学、生化 & 分子生物学、微生物 & 传染病学、精神病 & 精神卫生、肿瘤学、公共卫生等相关学科。