

· 论著 ·

单纯 Bentall 手术治疗主动脉根部瘤合并巨大左心室的临床疗效分析

陈枫杰 曾艳 王湘

(中国医学科学院阜外医院深圳医院, 广东 深圳 518000)

【摘要】目的 本研究旨在评估合并巨大左心室的主动脉根部病变患者行 Bentall 手术的临床疗效,并探讨手术对患者心功能和预后的影响。**方法** 回顾性分析 2018 年 1 月—2021 年 12 月本院收治的主动脉根部瘤合并巨大左心室并单纯行 Bentall 手术的患者共 26 例,男性 23 例,女性 3 例;年龄为 30~73 岁,平均为(51.9±12.5)岁。其中主动脉退行性病变 16 例,马方综合征 5 例,主动脉瓣二叶瓣畸形 5 例。通过配对 *t* 检验比较术前、术后 1 周及术后随访时的左心室舒张末内径(LVEDD)、左心室收缩末内径(LVESD)、左室射血分数(LVEF)等指标来评估术后心功能恢复情况,并分析术后死亡率和并发症,综合评估手术疗效。**结果** 本组 26 例患者中,围手术期无死亡病例。对术后出院的患者进行随访,随访时间 12~60 个月,平均为(28.0±13.7)个月,24 例(92.3%)患者得到随访,2 例(7.7%)失访。术后并发症有低心排量综合征 2 例(7.7%),肾功能不全 1 例(3.9%)。术后 1 周超声心动图检查,LVEDD 为 47~75 mm,平均为(58.4±6.9)mm,LVESD 为 35~56 mm,平均为(43.8±5.5)mm,均明显比术前减小($P<0.01$);LVEF 为 25%~68%,平均为(41.4±10.7)%,明显低于术前($P<0.01$)。术后随访时无死亡病例,纽约心功能分级 I 级 21 例(87.5%),II 级 3 例(12.5%),心功能较术前有明显改善($P<0.01$)。术后随访时 LVEDD 为 40~62 mm,平均为(52.3±6.2)mm,LVESD 为 31~56 mm,平均为(39.4±3.8)mm,均明显比术前减小($P<0.01$);LVEF 为 36%~65%,平均为(51.5±8.1)%,较术前明显升高($P<0.01$)。**结论** Bentall 手术治疗对于合并巨大左心室的主动脉根部病变患者具有良好的临床疗效,术后左心室能进一步缩小,心功能逐步改善。

【关键词】 主动脉根部瘤;巨大左心室;Bentall 手术**【DOI】**10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2025.07.014

Clinical Efficacy Analysis of Isolated Bentall Procedure for Aortic Root Aneurysm with Concomitant Severely Enlarged Left Ventricle

CHEN Fengjie, ZENG Yan, WANG Xiang

(Fuwai Hospital Chinese Academy of Medical Sciences, Shenzhen, Shenzhen 518000, Guangdong, China)

【Abstract】 Objective This study aims to assess the effectiveness of the Bentall procedure in patients with aortic root aneurysm and severely enlarged left ventricle, and to explore its impact on cardiac function and prognosis of the patients. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 26 patients (23 males, 3 females) with aortic root aneurysm and severely enlarged left ventricle who underwent the isolated Bentall procedure between January 2018 and December 2021. The age ranged from 30 to 73 years, with an average of (51.9±12.5) years. There were 16 cases of degenerative aortic disease, 5 cases of Marfan syndrome, and 5 cases of bicuspid aortic valve malformation. The recovery of postoperative cardiac function was evaluated by comparing indicators such as left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD), left ventricular end-systolic diameter (LVESD), and left ventricular ejection fraction (LVEF) preoperatively, one week postoperatively, and during the postoperative follow-up through paired *t*-tests. The postoperative mortality and complications were analyzed to comprehensively evaluate surgical outcomes. **Results** No perioperative deaths occurred among the 26 patients. The discharged postoperative patients were followed up for 12 to 60 months [mean, (28.0±13.7) months]. 24 patients (92.3%) were followed up and 2 patients (7.7%) were lost to follow-up. Postoperative complications included 2 cases (7.7%) of low cardiac output syndrome and 1 case (3.9%) of renal insufficiency. At one week postoperatively, echocardiography examination showed LVEDD of 47~75 mm [mean, (58.4±6.9) mm] and LVESD of 35~56 mm [mean, (43.8±5.5) mm], both significantly reduced from preoperative values ($P<0.01$). The LVEF was 25%~68% [mean, (41.4±10.7)%], significantly lower than preoperative values ($P<0.01$). There were no deaths during the postoperative follow-up. Postoperative New York Heart function assessment included 21 cases (87.5%) of Class I and 3 cases (12.5%) of Class II, significantly improved from preoperative

values ($P < 0.01$). At the postoperative follow-up, the LVEDD was 40~62 mm [mean, (52.3±6.2) mm], and the LVESD was 31~56 mm [mean, (39.4±3.8) mm], both significantly reduced from preoperative values ($P < 0.01$). The LVEF was 36%~65% (mean, 51.5%±8.1%), significantly higher than preoperative values ($P < 0.01$). **Conclusion** The Bentall procedure is effective for patients with aortic root aneurysm and severely enlarged left ventricle, leading to a reduction in ventricular size and gradual improvement in heart function.

【Keywords】 Aortic root aneurysm; Severely enlarged left ventricle; Bentall procedure

主动脉根部瘤 (aortic root aneurysm, ARA) 是指主动脉根部异常扩张或局部膨出的病理状态, 可能由多种因素引起, 如主动脉壁退行性变性、结缔组织疾病、感染等。这种病变可能导致主动脉瓣关闭不全, 使左心室负荷增加, 进而形成巨大左心室 (severely enlarged left ventricle, SELV), 即患者左心室舒张末内径 (left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD) ≥ 70 mm, 合并左心室收缩末内径 (left ventricular end-systolic diameter, LVESD) ≥ 50 mm。Bentall 手术是治疗 ARA 的有效方法^[1], 但对于合并 SELV 的患者, 手术是否增加术后并发症和死亡率, 其效果尚不确定。评估 Bentall 手术在这类患者中的疗效, 对优化外科治疗策略具有重要价值。本研究收集 SELV 患者 26 例, 患者合并 ARA 及主动脉瓣病变, 并接受单纯的 Bentall 手术。采用严格的病例筛选标准, 所有病例均伴有中重度主动脉瓣关闭不全, 且无其他需同期手术的疾病。通过临床资料和随访数据分析术后早期并发症发生情况及疗效, 并总结外科治疗经验。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2018 年 1 月—2021 年 12 月中国医学科学院阜外医院深圳医院外科收治的 ARA 合并 SELV 并单纯行 Bentall 手术的患者共 26 例, 男性 23 例, 女性 3 例; 年龄 30~73 岁, 平均年龄 (51.9±12.5) 岁; 其中主动脉退行性病变 16 例, 马方综合征 5 例, 主动脉瓣二叶瓣畸形 5 例。术前纽约心功能分级 II 级 7 例, III 级 17 例, IV 级 2 例。术前 LVEDD 为 70~97 mm, 平均为 (77.1±6.5) mm; LVESD 为 50~82 mm, 平均为 (58.9±8.5) mm; 左心房前后径 (left atrial diameter, LAD) 为 27~48 mm, 平均为 (40.1±5.2) mm; 主动脉窦部直径为 40~73 mm, 平均为 (50.7±10.7) mm; 升主动脉内径为 33~64 mm, 平均为 (46.5±8.0) mm; 左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 为 26%~69%, 平均为 (46.8±9.1)%。伴有高血压 12 例, 糖尿病 1 例, 肾功能不全 2 例, 心房颤动 1 例, 室性早搏 1 例。所有病例均同时合并有中重度以上主动脉瓣关闭不全, 同时不合并其他需同期行心脏外科手术治疗的疾病。排除病例包括: 主动脉夹层、感染性心内膜炎、二尖瓣严重病变、三尖瓣严重病变、既往主动脉瓣置换术、冠心病等。

1.2 方法

术前行心脏彩超评估患者心脏各项指标, LVEF < 40% 时且心室活动较差者行心脏 MRI, 根据 LVEF 和心肌收缩情况, 排除严重的心肌损伤, 确保患者能耐受手术。行胸腹髂动脉及冠状动脉 CT 血管成像, 用于评估主动脉根部的解剖结构、瘤体大小及冠状动脉起源, 并排除冠心病。行多器官功能检查, 排除严重的多脏器功能衰竭 (如肾衰竭、肝衰竭、呼吸衰竭等)。术前患者接受利尿剂、强心药和 β 受体阻滞剂等药物治疗, 以改善心功能, 减轻心脏负担, 为手术提供更稳定的血流动力学条件。同时, 及时纠正电解质紊乱, 维持心肌细胞的稳定。对于肝、肾功能不全的患者进行了相应的治疗; 对于肺功能较差的患者, 给予吸氧、雾化和抗炎等治疗。术后患者常规送入 ICU 进行治疗, 密切观察生命体征变化, 以及心包和纵隔引流情况, 尽早拔除气管插管。术中和术后预防性使用抗生素, 术后第一天给予华法林抗凝, 并提供相应的辅助治疗。

所有患者在手术中都接受了全身麻醉和 28 °C 左右中低温体外循环, 根据术前辅助检查和术中观察, 动脉插管位置有所不同, 其中有 12 例患者选择右股动脉插管, 8 例选择右腋动脉插管, 还有 6 例选择升主动脉高位插管, 所有马方综合征患者均采用股动脉插管。右心房插管用于静脉引流, 而左心引流则通过建立右上肺静脉引流来实现。术中患者接受左、右冠状动脉开口灌注以进行心肌保护, 使用含血停搏液, 每次灌注间隔 30 min。在切除病变的主动脉瓣后, 测量主动脉瓣环直径和未受病变影响的主动脉直径, 然后选择合适的带瓣人造血管进行主动脉瓣置换。18 例患者采用腔内连续缝合, 分别将左、右冠状动脉开口与人工血管吻合, 术毕再将残留的瘤壁缝合并与右心耳连接, 即主动脉根部-右心房分流术, 以防止术后出血。8 例将左、右冠状动脉开口游离成“纽扣状”与人工血管分别吻合, 彻底剪除瘤体, 将缝合针穿过近瓣环的主动脉窦壁和瓣环下方, 再穿过人工瓣环, 此方法可防止撕裂主动脉瓣环出血及预防根部出血。所有患者均在右心室面壁缝合了临时起搏导线并置留心包及纵隔引流管各 1 根。术中根据患者的年龄和意愿, 选择生物瓣或机械瓣。

1.3 术后随访

对患者通过门诊、电话等方式进行随访,随访内容包括活动耐量、查体、心脏超声心动图、心电图等检查,评估心律及心功能情况。

1.4 统计学分析

用 SPSS 26.0 统计软件进行数据处理,对服从正态分布的计量资料均以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。两组间计量资料比较采用配对 *t* 检验。 $P<0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

26 例病例围手术期无死亡;置换机械瓣 18 例,生物瓣 8 例;体外循环时间为 77~182 min,平均为(130.7±28.8)min;主动脉阻断时间为 50~142 min,平均为(85.8±25.1)min;术后引流量为 200~1 000 mL,平均为(469.2±182.8)mL;患者术后呼吸机辅助时间为 8~64 h,平均为(23.2±17.7)h;ICU 治疗时间为 17~210 h,平均为(51.6±46.5)h,见表 1。术后并发症:发生低心排量综合征(low cardiac output syndrome, LCOS) 2 例(7.7%),肾功能不全 1 例(3.8%),术后切口愈合不良 1 例(3.8%),术后二次开胸止血 1 例(3.8%),室性心律失常 1 例(3.8%),见表 2。

表 1 术中及术后情况

指标	范围	平均值
体外循环时间/min	77~182	130.7±28.8
主动脉阻断时间/min	50~142	85.8±25.1
术后引流量/mL	200~1 000	469.2±182.8
术后呼吸机辅助时间/h	8~64	23.2±17.7
ICU 治疗时间/h	17~210	51.6±46.5

表 2 术后早期并发症情况

指标	例数	占比
LCOS	2	7.7%
肾功能不全	1	3.8%
术后切口愈合不良	1	3.8%
术后二次开胸止血	1	3.8%
室性心律失常	1	3.8%

所有患者最终均顺利出院,对术后出院的患者进行随访,随访时间 12~60 个月,平均为(28.0±13.7)个月,24 例(92.3%)患者得到随访,2 例(7.7%)失访(因患者的联系方式更换)。术后随访无病例死亡,纽约心功能分级 I 级 21 例(87.5%),纽约心功能分级 II 级 3 例(12.5%),术前和术后随访比较差异有统计学意义($P<0.01$)。所有患者自觉症状明显好转,心功能较术前明显改善。随访期间无严重的出血、栓塞或心律失常等并发症。

术后 1 周超声心动图检查,LVEDD 为 47~75 mm,平均为(58.4±6.9)mm,LVESD 为 35~56 mm,平均为(43.8±5.5)mm,均明显比术前缩小($P<0.01$);LVEF 为 25%~68%,平均为(41.4±10.7)%,明显低于术前($P<0.01$);LAD 为 30~48 mm,平均为(38.4±5.0)mm,较术前有所缩小,但变化不大($P>0.01$)。术后随访 LVEDD 为 40~62 mm,平均为(52.3±6.2)mm,LVESD 为 31~56 mm,平均为(39.4±3.8)mm,均明显比术前减小($P<0.01$);LVEF 为 36%~65%,平均为(51.5±8.1)%,较术前明显升高($P<0.01$)。LAD 为 30~46 mm,平均为(37.1±3.1)mm,较术前变化不大($P>0.01$),见表 3。

表 3 手术前后左心室内径、LAD 及 LVEF 的变化

指标	术前	术后 1 周	随访
LVEDD/mm	77.1±6.5	58.4±6.9 [#]	52.3±6.2 [#]
LVESD/mm	58.9±8.5	43.8±5.5 [#]	39.4±3.8 [#]
LVEF/%	46.8±9.1	41.4±10.7 [#]	51.5±8.1 [#]
LAD/mm	40.1±5.2	38.4±5.0	37.7±3.1

注:[#]表示与术前比较, $P<0.01$ 。

3 讨论

Bentall 手术作为一种经典的外科手术方法,在临床实践中被广泛应用,并且被认为是解决 ARA 及相关主动脉瓣功能障碍的金标准,且手术效果越来越好^[2]。目前认为初次手术时主动脉窦部直径 > 4.5 cm,建议行根部置换术,而马方综合征窦部直径达 4.0 cm 时也建议做根部置换术^[1]。本研究中有 1 例患者术前超声心动图提示主动脉窦部直径仅 4.0 cm,但术前主动脉 CT 及术中探查时发现右冠状动脉窦呈瘤样改变,实际直径约 4.6 cm,且窦壁薄弱,有破裂风险,因此行 Bentall 手术。一篇荟萃分析^[2]收集了 7 629 例 Bentall 手术患者的手术结果,提示早期死亡率为 5.53%(422 例),在平均随访 6 年期间,死亡率为 2.02%。死亡的主要原因是 LCOS(9.9%)、主动脉远端夹层或破裂(8.9%)、出血(4.1%)、脑卒中(3.8%)、心内膜炎(3.7%)、心律失常(3.3%)、其他心脏相关死亡(9.6%)和其他非心脏相关死亡(8.9%),另外 47.8%的病例死亡原因未明,长期随访显示其效果良好。

研究发现 SELV 的存在并未增加本组患者行 Bentall 手术的手术死亡率,本研究围手术期及随访期都未出现死亡病例,可能原因有以下两点:(1)本研究仅收集了单纯行 Bentall 手术的患者,且排除了主动脉夹层、感染性心内膜炎、再次主动脉瓣置换等其他可能增加手术风险的病例;(2)研究病例数量相对较少,且仅进行了早期随访。

ARA 会影响主动脉瓣环和窦管交界,导致主动脉瓣关闭不全。这种病变会增加左心室容量负荷,导致左心室逐渐扩大,心肌细胞也会逐渐发生变性、肥大及纤维化,最终形成 SELV。本研究所有病例都为 ARA 合并主动脉瓣膜关闭不全患者,相关研究^[3]提示在行主动脉瓣置换的患者中,主动脉瓣膜关闭不全患者比主动脉瓣膜狭窄患者术后左心功能恢复所需时间更长。

本研究显示行 Bentall 手术后 1 周 LVEDD 及 LVESD 较术前明显缩小($P < 0.01$),术后随访时也可见 LVEDD 及 LVESD 进一步缩小($P < 0.001$),但仍较正常值高。术中对病变主动脉瓣的处理可使瓣膜的关闭不全得到纠正,患者左室舒张末压降低和收缩末期容积缩小,从而左心室容积逐渐缩小。术前 LVEF 和 LVESD 是术后逆转重塑的预测因素,而早期主动脉瓣置换治疗手术有助于恢复正常的左心室功能并获得更好的晚期结果^[4]。主动脉瓣置换术后左心室重塑情况也是心血管不良事件的重要预测因素,术后左心室逆向重塑预示着良好的手术效果^[5]。亦有资料^[6]提示,左心室容积比左心室直径更能预测手术效果,因为线性测量可能无法准确反映左心室重塑。

关于 SELV 患者术后 LVEF 的恢复情况,研究结果显示术后 1 周 LVEF 较术前降低,这与其他研究结果保持一致^[7]。可能是因为患者术前主动脉瓣严重反流影响了术前超声心动图中 LVEF 的检测,此外,手术中的操作对心肌亦可能造成损伤,从而影响心功能。根据心肌长度-张力曲线定律,当心脏收缩功能处于代偿期时,随着肌节长度的增加,肌张力也会增加,从而增强心脏的收缩能力。然而,SELV 可能导致心脏收缩功能处于失代偿状态,从而损害其收缩功能。这可能是本组患者术前 LVEF 平均值为(46.8 ± 9.1)%,低于正常水平的其中一个原因。手术后患者主动脉瓣反流消失,随着术后血流动力学的恢复,左心室容积逐渐缩小,心脏的收缩功能也逐渐得到改善。研究结果显示,术后随访时患者 LVEF 较术前提前提高($P < 0.01$)。这说明心脏 SELV 病理损害的恢复需较长时间^[8]。相关资料提示,对于左心室极度扩张(LVEDD > 70 mm)的严重主动脉瓣病变患者,当左心室功能同时显著减弱(LVEF < 35%)时,提示预后差^[9]。本研究患者虽合并有 SELV,但术前总体 LVEF 并未出现严重降低,因此手术效果良好。

LCOS 是心脏术后常见的严重并发症,也是围手术期死亡的主要原因之一^[10]。本研究术后出现 2 例围手术期 LCOS 情况,其主要原因是术前有长期慢性主动脉瓣关闭不全,形成 SELV 和左心室功能明显降

低,SELV 是患者术后出现 LCOS 的独立危险因素^[11]。本研究有 2 例(7.7%)患者在术后出现了 LCOS,这主要与患者术前心功能较差和术中主动脉阻断时间长有关。必须尽早对 LCOS 进行治疗,因为随着病程的延长,重要脏器长时间的灌注不足可导致这些器官功能的衰竭。尽早积极使用主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)是治疗瓣膜置换术后 LCOS 的有效措施^[12]。本研究术后发生 LCOS 的 2 例患者都使用了 IABP,这些患者最后均顺利撤除了 IABP 并痊愈出院。随访出院后这些患者的恢复情况,其中心功能 I 级 1 例,心功能 II 级 1 例。因此,笔者认为当患者出现 LCOS 时,IABP 的积极使用对患者的康复起着至关重要的作用,可极大地提高患者的治愈率。

在本研究中观察到,对于合并 SELV 的 ARA 患者,进行 Bentall 手术治疗后,患者的心功能明显改善,生活质量显著提高,且能自主生活,部分患者甚至能恢复正常工作。因此,建议对于无明显手术禁忌证的这类患者,应积极考虑手术治疗。然而,由于本研究仅涉及单个医疗中心的数据且样本量有限,因此需进一步研究以验证 Bentall 手术治疗在这类患者中的确切临床效果。

总的来说,对于合并 SELV 的 ARA 患者,进行 Bentall 手术治疗的效果和预后良好。术后患者的 SELV 随着时间逐渐缩小,心脏收缩功能在术后早期有所减弱,但随后逐渐恢复并增强。Bentall 手术治疗后的主要并发症为 LCOS,积极采用 IABP 是有效解决此类并发症的方法。

参 考 文 献

- [1] Ruvolo G, Altieri C, Bassano C, et al. How refined surgical technical solutions can make Bentall operation a low-risk procedure: 20-year personal experience at the "root" of the aortic diseases—It is time to change surgical guidelines [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(23): 7330.
- [2] Mookhoek A, Korteland NM, Arabkhani B, et al. Bentall procedure: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(5): 1684-1689.
- [3] Une D, Mesana L, Chan V, et al. Clinical impact of changes in left ventricular function after aortic valve replacement: analysis from 3112 patients [J]. *Circulation*, 2015, 132(8): 741-747.
- [4] Koga-Ikuta A, Fukushima S, Kawamoto N, et al. Reverse remodelling after aortic valve replacement for chronic aortic regurgitation [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021, 33(1): 10-18.
- [5] Zhang MK, Li LN, Xue H, et al. Left ventricle reverse remodeling in chronic aortic regurgitation patients with dilated ventricle after aortic valve replacement [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2022, 17(1): 8.
- [6] Anand V, Yang L, Luis SA, et al. Association of left ventricular volume in predicting clinical outcomes in patients with aortic regurgitation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(4): 352-359.
- [7] 姜胜利, 高长青, 李伯君, 等. 巨大左心室患者瓣膜术后早期心脏形态学及收缩功能的变化 [J]. *解放军医学杂志*, 2007, 32(4): 333-334.

(下转第 672 页)

- HDL phospholipids are characteristic of metabolic syndrome and premature coronary heart disease-family study[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(9):4908.
- [29] Li Y, Wang H, Xiao Y, et al. Lipidomics identified novel cholesterol-independent predictors for risk of incident coronary heart disease; Mediation of risk from diabetes and aggravation of risk by ambient air pollution[J]. *J Adv Res*, 2024, 65:273-282.
- [30] Nitzsche A, Poittevin M, Benarab A, et al. Endothelial SIP₁ signaling counteracts infarct expansion in ischemic stroke[J]. *Circ Res*, 2021, 128(3):363-382.
- [31] Duan Y, Li Q, Wu J, et al. A detrimental role of endothelial S₁PR₂ in cardiac ischemia-reperfusion injury via modulating mitochondrial dysfunction, NLRP3 inflammasome activation, and pyroptosis[J]. *Redox Biol*, 2024, 75:103244.
- [32] Ullah E, El-Menyar A, Kunji K, et al. Untargeted metabolomics profiling reveals perturbations in arginine-NO metabolism in middle eastern patients with coronary heart disease[J]. *Metabolites*, 2022, 12(6):517.
- [33] Chen H, Wang Z, Qin M, et al. Comprehensive metabolomics identified the prominent role of glycerophospholipid metabolism in coronary artery disease progression[J]. *Front Mol Biosci*, 2021, 8:632950.
- [34] Chu C, Liu S, Nie L, et al. The interactions and biological pathways among metabolomics products of patients with coronary heart disease [J]. *Biomed Pharmacother*, 2024, 173:116305.
- [35] Wang Z, Zhang J, Shi S, et al. Predicting lung adenocarcinoma prognosis, immune escape, and pharmacomic profile from arginine and proline-related genes [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1):15198.
- [36] Ji X, Chen Z, Wang Q, et al. Sphingolipid metabolism controls mammalian heart regeneration[J]. *Cell Metab*, 2024, 36(4):839-856. e8.
- [37] Lai Y, Tian Y, You X, et al. Effects of sphingolipid metabolism disorders on endothelial cells[J]. *Lipids Health Dis*, 2022, 21(1):101.
- [38] Gao X, Guo R, Li Y, et al. Contribution of upregulated aminoacyl-tRNA biosynthesis to metabolic dysregulation in gastric cancer [J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2021, 36(11):3113-3126.
- [39] Vishweswaraiah S, Yilmaz A, Saiyed N, et al. Integrative analysis unveils the correlation of aminoacyl-tRNA biosynthesis metabolites with the methylation of the *SEPSACS* gene in Huntington's disease brain tissue [J]. *Genes (Basel)*, 2023, 14(9):1752.
- [40] Yang K, Li J, Tao L. Purine metabolism in the development of osteoporosis [J]. *Biomed Pharmacother*, 2022, 155:113784.
- [41] Liu J, Hong S, Yang J, et al. Targeting purine metabolism in ovarian cancer [J]. *J Ovarian Res*, 2022, 15(1):93.
- [42] Liu H, Zhang Y, Zhang Q, et al. Metabolism-related prognostic biomarkers, purine metabolism and anti-tumor immunity in colon adenocarcinoma [J]. *Front Biosci (Landmark Ed)*, 2023, 28(12):328.

收稿日期:2024-12-09

(上接第 645 页)

- [8] Maselli D, Pizio R, Bruno LP, et al. Left ventricular mass reduction after aortic valve replacement; homografts, stentless and stented valves [J]. *Ann Thorac Surg*, 1999, 67(4):966-971.
- [9] Dong N, Jiang W, Yin P, et al. Predictors of long-term outcome of isolated surgical aortic valve replacement in aortic regurgitation with reduced left ventricular ejection fraction and extreme left ventricular dilatation [J]. *Am J Cardiol*, 2020, 125(9):1385-1390.
- [10] Uhlig K, Efremov L, Tongers J, et al. Inotropic agents and vasodilator strategies for the treatment of cardiogenic shock or low cardiac output syndrome [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2020, 11(11):CD009669.
- [11] Howell NJ, Ashrafian H, Drury NE, et al. Glucose-insulin-potassium reduces the incidence of low cardiac output episodes after aortic valve replacement for aortic stenosis in patients with left ventricular hypertrophy: results from the Hypertrophy, Insulin, Glucose, and Electrolytes (HINGE) trial [J]. *Circulation*, 2011, 123(2):170-177.
- [12] Zhang XW, Song ZG, Wang L, et al. The use of intra-aortic balloon pump in patients undergoing heart valve replacement; outcome and risk analysis [J]. *J Heart Valve Dis*, 2014, 23(4):458-462.

收稿日期:2025-02-05

(上接第 657 页)

- [28] Zhang J, Muri J, Fitzgerald G, et al. Endothelial lactate controls muscle regeneration from ischemia by inducing M2-like macrophage polarization [J]. *Cell Metab*, 2020, 31(6):1136-1153.
- [29] Nawawi H, Osman NS, Annuar R, et al. Soluble intercellular adhesion molecule-1 and interleukin-6 levels reflect endothelial dysfunction in patients with primary hypercholesterolaemia treated with atorvastatin [J]. *Atherosclerosis*, 2003, 169(2):283-291.
- [30] Kovacs I, Toth J, Tarjan J, et al. Correlation of flow mediated dilation with inflammatory markers in patients with impaired cardiac function. Beneficial effects of inhibition of ACE [J]. *Eur J Heart Fail*, 2006, 8(5):451-459.
- [31] Emamat H, Asadian S, Zahedmehr A, et al. The effect of barberry (*Berberis vulgaris*) consumption on flow-mediated dilation and inflammatory biomarkers in patients with hypertension; a randomized controlled trial [J]. *Phytother Res*, 2021, 35(5):2607-2615.
- [32] Ridker PM, Everett BM, Thuren T, et al. Antiinflammatory therapy with canakinumab for atherosclerotic disease [J]. *N Engl J Med*, 2017, 377(12):1119-1131.

收稿日期:2025-02-27