

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2023.08.027

血清 GDF-15、hs-cTnT 对冠状动脉旁路移植术后新发房颤 及近期主要心血管事件的预测效能研究 *

郭永忠¹ 田 梅² 叶尔买克·唐沙哈尔¹ 张晓猛¹ 张总刚^{1Δ}

(新疆维吾尔自治区人民医院 1 心脏外科; 2 感染办公室 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要 目的:分析血清生长分化因子 15(GDF-15)、高敏心肌钙蛋白 T(hs-cTnT)对冠状动脉旁路移植术后新发心房颤动(房颤)及近期主要心血管事件的预测效能。**方法:**选择自 2020 年 1 月至 2022 年 1 月在我院行冠状动脉旁路移植术的 140 例冠心病患者作为研究对象,根据术后是否新发房颤,分为房颤组(46 例)和非房颤组(94 例)。检测两组术前血清 GDF-15、hs-cTnT 水平,使用多因素 Logistic 回归分析血清 GDF-15、hs-cTnT 与术后新发房颤的关系;随访 6 个月,观察主要心血管事件发生情况,通过受试者工作特征曲线下面积(AUC)评价血清 GDF-15、hs-cTnT 对术后新发房颤及近期主要心血管事件的预测效能。**结果:**两组患者年龄、性别、体重指数等一般资料比较无差异($P>0.05$);房颤组 SYNTAX 积分高于非房颤组,差异有统计学意义($P<0.05$);房颤组血清 GDF-15、hs-cTnT 水平均高于非房颤组($P<0.05$);经多因素 Logistic 回归分析,SYNTAX 积分、血清 GDF-15、hs-cTnT 均是冠状动脉旁路移植术后新发房颤的独立预测因素($P<0.05$);经 ROC 曲线分析,血清 GDF-15 联合 hs-cTnT 预测冠状动脉旁路移植术后新发房颤的 AUC 为 0.933,大于 SYNTAX 积分的 0.790,预测近期主要心血管事件的 AUC 为 0.925,大于 SYNTAX 积分的 0.750($P<0.05$)。**结论:**血清 GDF-15 联合 hs-cTnT 对冠状动脉旁路移植术后新发房颤及近期主要心血管事件均具有良好的预测效能,值得临床予以重视。

关键词:冠心病;冠状动脉旁路移植术;生长分化因子 15;高敏心肌钙蛋白 T;房颤;主要心血管事件

中图分类号:R541.4;R541.75 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2023)08-1536-05

Predictive Efficacy of Serum GDF-15 and hS-CTNT for New Onset Atrial Fibrillation and Recent Major Cardiac Events after Coronary Artery Bypass Grafting*

GUO Yong-zhong¹, TIAN Mei², Ermek·Tangsakar¹, ZHANG Xiao-meng¹, ZHANG Zong-gang^{1Δ}

(1 Department of Cardiac Surgery; 2 Infection Office, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang, 830001, China)

ABSTRACT Objective: To analyze the predictive efficacy of serum growth differentiation factor 15 (GDF-15) and high-sensitivity cardiac troponin T (hS-CTNT) for new atrial fibrillation (AF) and recent major cardiac events after coronary artery bypass grafting (CABG). **Methods:** A total of 140 patients with coronary heart disease who underwent coronary artery bypass grafting in our hospital from January 2020 to January 2022 were selected as the research objects. According to whether they had new atrial fibrillation after surgery, they were divided into AF group (46 cases) and non-AF group (94 cases). The levels of serum GDF-15 and hs-CTnt before operation were detected in the two groups. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the relationship between serum GDF-15 and hs-ctNT and postoperative new-onset atrial fibrillation. The patients were followed up for 6 months to observe the occurrence of major cardiac events. The area under the receiver operating characteristic curve (AUC) was used to evaluate the predictive efficacy of serum GDF-15 and hS-CTNT on postoperative new-onset atrial fibrillation and recent major cardiac events. **Results:** There was no difference in age, gender and body mass index between the two groups ($P>0.05$). SYNTAX score of AF group was higher than that of non-AF group ($P<0.05$). The serum levels of GDF-15 and hS-CTNT in AF group were higher than those in non-AF group ($P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that SYNTAX score, serum GDF-15 and hS-CTNT were independent predictors of new-onset AF after CABG ($P<0.05$). According to ROC curve analysis, the AUC of serum GDF-15 combined with hS-CTNT in predicting new atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting was 0.933, which was higher than the SYNTAX score of 0.790, and the AUC of predicting recent major cardiac events was 0.925, which was higher than the SYNTAX score of 0.750 ($P<0.05$). **Conclusion:** Serum GDF-15 combined with hS-CTNT has good predictive efficacy for new atrial fibrillation and recent major cardiac events after coronary artery bypass grafting, which is worthy of clinical attention.

* 基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2022D01C132)

作者简介: 郭永忠(1972-), 男, 硕士研究生, 主任医师, 研究方向: 心脏大血管疾病的外科治疗, E-mail: guoyongzhong197208@163.com

Δ 通讯作者: 张总刚(1963-), 男, 硕士研究生, 主任医师, 研究方向: 心脏大血管疾病的外科治疗, E-mail: guoyongzhong197208@163.com

(收稿日期: 2022-10-04 接受日期: 2022-10-30)

Key words: Coronary heart disease; Coronary artery bypass grafting; Growth differentiation factor 15; High sensitivity cardiac troponin T; Atrial fibrillation; Major cardiac events

Chinese Library Classification(CLC): R541.4; R541.75 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2023)08-1536-05

前言

心房颤动(房颤)是冠状动脉旁路移植术后最常见的并发症之一,发生率高达 40%,严重者可导致血流动力学异常,甚至引起缺血性心血管事件、急性心力衰竭等严重并发症的发生^[1,2]。尽管 SYNTAX 积分在预测冠状动脉旁路移植术后新发房颤上具有一定作用,但无法阐释房颤的发生机制^[3]。一直以来,很多研究关注的是冠状动脉旁路移植术后某些指标的异常情况,与术前对比,具有一定延迟性,且术后指标易受术中操作、药物等因素影响^[4]。因此,临床急需寻找与冠状动脉旁路移植术后新发房颤密切相关的术前指标,以更好地理解房颤的发病机制,准确地预测新发房颤和近期主要心血管事件,为及早予以预防管理措施提供依据^[5]。近年来,国内外研究表明,生长分化因子 15(Growth differentiation factor-15, GDF-15)是一种与机体炎症反应密切相关的指标,可介导房颤发生、发展过程中的炎症反应、氧化应激过程,能够评估房颤发生风险^[6,7]。高敏心肌肌钙蛋白 T(High sensitivity cardiac troponin T, hs-cTnT)是一种能反映心肌细胞损伤的敏感指标,同样是房颤的重要预测因素^[8,9]。然而血清 GDF-15、hs-cTnT 是否对冠状动脉旁路移植术后新发房颤及近期主要心血管事件具有预测作用,尚未形成一定论。对此,本研究的目的在于分析血清 GDF-15、hs-cTnT 对冠状动脉旁路移植术后新发房颤及近期主要心血管事件的预测效能。

1 资料和方法

1.1 一般资料

选择自 2020 年 1 月至 2022 年 1 月在我院行冠状动脉旁路移植术的 140 例冠心病患者作为研究对象,根据术后是否新发房颤,分为房颤组(46 例)和非房颤组(94 例),以术后 7 h 内床旁心电图判断没有可分辨的 P 波、RR 间期绝对不齐,出现连续 30 s 以上且需要药物对症治疗,作为诊断新发房颤的依据^[9]。

纳入标准:年龄 18-80 岁;择期拟行冠状动脉旁路移植术;术前心律为窦性心律;知悉研究内容,签署知情同意书,配合治疗和随访。

排除标准:合并心脏瓣膜疾病、慢性肾功能不全者;有房颤史或其他心律失常病史、心脏手术史、长期服用抗心律失常药物史或置入心脏起搏器者;需联合其他心脏手术者;术后存活不超过 24 h 者。

1.2 检测方法

所有患者均在术前 24 h 抽取空腹静脉血 5 mL,离心分离血清,离心参数:转速 3000 r/min,离心时间:15 min,离心半径:15 cm,取上层血清储存在 -80℃ 冰箱中待测。使用酶联免疫吸附法检测血清 GDF-15、hs-cTnT 水平,检测试剂盒分别来源于武汉菲恩生物科技有限公司、赛诺利康生物技术有限公司,严格按照试剂盒说明书进行检测操作,检测仪器为赛默飞 Var-

ioskan LUX 全自动酶标仪。

1.3 观察指标

比较房颤组与非房颤组一般资料、术前 SYNTAX 积分、血清 GDF-15、hs-cTnT 水平,使用多因素 Logistic 回归分析血清 GDF-15、hs-cTnT 与术后新发房颤的关系。以定期回院复查或电话联系的方式,随访 6 个月,观察主要心血管事件发生情况,包括心源性死亡、心源性休克、恶性心律失常等;通过受试者工作特征曲线下面积(AUC)评价血清 GDF-15、hs-cTnT 对术后新发房颤及近期主要心血管事件的预测效能。

1.4 数据处理

采用软件 SPSS22.0 对两组间计量资料使用 t 检验,计数资料使用 χ^2 检验;两组 ROC 曲线下 AUC 比较,使用 Delong 检验;以 $P < 0.05$ 说明差异有统计学意义。进行多因素 Logistic 回归分析及 ROC 曲线分析。

2 结果

2.1 房颤组与非房颤组一般资料、术前 SYNTAX 积分比较

两组年龄、性别、体重指数等一般资料比较无差异($P > 0.05$);房颤组 SYNTAX 积分高于非房颤组($P < 0.05$);数据见表 1。

2.2 房颤组与非房颤组血清 GDF-15、hs-cTnT 水平

房颤组血清 GDF-15、hs-cTnT 水平均高于非房颤组($P < 0.05$);数据见表 2。

2.3 多因素 Logistic 回归分析

经多因素 Logistic 回归分析,SYNTAX 积分、血清 GDF-15、hs-cTnT 均是冠状动脉旁路移植术后新发房颤的独立预测因素($P < 0.05$);数据见表 3。

2.4 血清 GDF-15、hs-cTnT、SYNTAX 积分预测术后新发房颤的 ROC 曲线分析

经 ROC 曲线分析,血清 GDF-15、hs-cTnT 预测冠状动脉旁路移植术后新发房颤的 AUC 分别为 0.652、0.695,两者联合预测的 AUC 为 0.933,大于 SYNTAX 积分的 0.790(Z 值为 2.451, P 值为 0.000);ROC 曲线见图 1。

2.5 血清 GDF-15、hs-cTnT、SYNTAX 积分预测术后近期主要心血管事件的 ROC 曲线分析

所有患者均获得随访,近期主要心血管事件发生 32 例,占 22.86%;经 ROC 曲线分析,血清 GDF-15、hs-cTnT 预测冠状动脉旁路移植术后近期主要心血管事件的 AUC 分别为 0.665、0.650,两者联合预测的 AUC 为 0.925,大于 SYNTAX 积分的 0.750,差异有统计学意义(Z 值为 2.382, P 值为 0.000);ROC 曲线见图 2。

3 讨论

尽管冠状动脉旁路移植术后新发房颤多为自限性,但仍会不同程度地扰乱血流动力学,增大血栓事件发生风险,严重时

甚至可危及生命^[10]。关于冠状动脉旁路移植术后新发房颤的发病机制,既往研究认为是由于心房扩张和心电重构所引起^[11]。近年来,越来越多研究表明,房颤的发生、发展与冠状动脉旁路移植术中触发的氧化应激、炎症损伤有关^[12,13]。也有研究指出,基础心脏疾病、内皮功能损伤、心肌电紊乱等也可诱发房颤^[14]。

表 1 房颤组与非房颤组一般资料、术前 SYNTAX 积分比较

Table 1 Comparison of general data and preoperative SYNTAX points between AF and non-AF groups

Indexs	Atrial fibrillation group (46 cases)	Non-atrial fibrillation group (94 cases)	t/ χ^2	P
Male [n(%)]	36(78.26)	77(81.91)	0.426	0.573
Age (year)	61.89± 4.63	62.04± 5.17	0.258	0.741
Body mass index (kg/cm ²)	25.96± 2.45	26.42± 2.34	0.314	0.685
Smoke [n(%)]	21(45.65)	42(44.68)	0.589	0.401
Drink [n(%)]	13(28.26)	29(30.85)	0.408	0.572
Hypertension [n(%)]	31(67.39)	65(69.15)	0.597	0.386
Hyperlipemia [n(%)]	25(54.35)	56(59.57)	0.325	0.624
Diabetes mellitus [n(%)]	14(30.43)	30(31.91)	0.271	0.723
Stroke history [n(%)]	8(17.39)	13(13.83)	0.689	0.301
Preoperative myocardial infarction [n(%)]	9(19.57)	19(20.21)	0.705	0.282
Pre-operative heart failure [n(%)]	18(39.13)	38(40.43)	0.812	0.176
Preoperative SYNTAX points (points)	36.75± 3.62	25.08± 2.13	7.841	0.001

表 2 房颤组与非房颤组血清 GDF-15、hs-cTnT 水平

Table 2 Serum levels of GDF-15 and hs-cTnT in the AF and non-AF groups

Groups	n	GDF-15(mg/L)	hs-cTnT(ng/L)
Atrial fibrillation group	46	105.42± 16.13	16.84± 5.42
Non-atrial fibrillation group	94	73.28± 8.96	11.93± 2.07
t		23.612	9.876
P		0.000	0.000

表 3 多因素 Logistic 回归分析

Table 3 Multivariate Logistic regression analysis

Factors	B	SE	Wald	Sig.	Exp(B)	95.0%CI
SYNTAX integration	1.902	0.778	5.463	0.028	0.152	0.025-0.763
GDF-15	1.143	0.342	9.138	0.015	2.863	1.421-5.972
hs-cTnT	1.608	0.582	6.561	0.031	4.442	1.408-3.892

GDF-15 是转化生长因子 β 超家族的重要成员,主要在缺血、缺氧、炎症和应激等病理条件刺激下高水平表达,发挥着促进炎症反应和心肌凋亡的作用^[15,16]。陈静^[17]等研究表明,GDF-15 是机体氧化应激和炎症反应的病理标志物,能够独立预测主要心脑血管事件的发生。相关房颤诊治指南提出,检测血清 GDF-15 水平有助于评估患者抗凝治疗后出血风险和预后^[18]。然而 GDF-15 是否与冠状动脉旁路移植术后新发房颤有关,仍存在争议。本研究结果表明,房颤组血清 GDF-15 水平高于非房颤组,且经多因素 Logistic 回归分析,血清 GDF-15 是冠状动脉旁路移植术后新发房颤的独立预测因素;与 Siddiqui^[19]等研究结果相符,提示冠状动脉旁路移植术前患者血清 GDF-15 水

平与术后新发房颤具有相关性。出现上述结果的原因,很可能与 GDF-15 介导心肌损伤,导致心肌能量代谢障碍,增加房颤发生风险有关。

越来越多研究表明,冠状动脉旁路移植术后新发房颤与术前病理生理异常有关,心肌损伤可能参与房颤的发生、发展。从心肌损伤的角度,或许可寻找出能预测新发房颤的因素^[20,21]。hs-cTnT 能敏感地反映心肌损伤程度,高水平表达会损伤血管内皮功能,导致心肌损伤、纤维化,增大心房结构重构的风险。也有研究表明,检测血清 hs-cTnT 水平有助于判断冠心病患者是否存在细微的心肌损伤^[22-24]。相关研究指出,高水平的 hs-cTnT 与社区居民冠心病患者的房颤发生增加密切相关^[25]。本

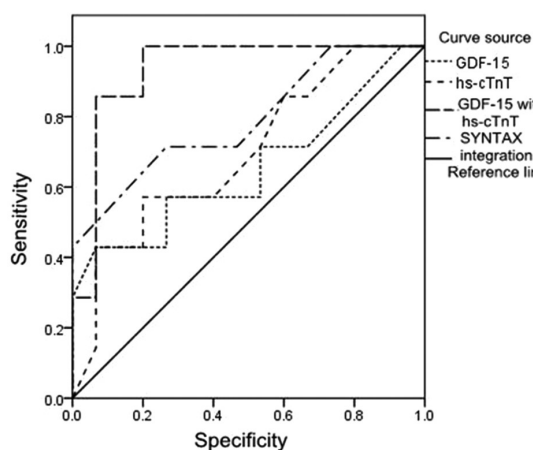


图1 血清 GDF-15、hs-cTnT、SYNTAX 积分预测术后新发房颤的 ROC 曲线

Fig.1 The ROC curves of serum GDF-15, hs-cTnT, and SYNTAX integration to predict emerging AF after surgery

研究结果显示:房颤组血清 hs-cTnT 水平高于非房颤组,经多因素 Logistic 回归分析,血清 hs-cTnT 是冠状动脉旁路移植术后新发房颤的独立预测因素;与石帅^[26]等研究发现血清 hs-cTnT 水平过高是房颤的独立危险因素这一观点相符,证实了术前 hs-cTnT 水平与患者术后新发房颤有关。出现上述结果的原因,考虑在于心肌损伤参与冠状动脉旁路移植术后新发房颤的发生、发展,而在心肌损伤时伴随着心肌细胞膜通透性增大,胞浆游离 cTnT 被大量释放入血,导致血清 cTnT 水平上明显升高,通过加剧心肌损伤而参与房颤的发生、发展^[27]。鉴于 hs-cTnT 较 cTnT 能更敏感地判断心肌损伤情况,术前血清 hs-cTnT 水平持续升高的患者,很可能存在冠状动脉灌注不足、心肌耗氧量较大,心肌损伤程度较大,应警惕术后新发房颤发生。

Syntax 积分是能够量化评价冠状动脉病变复杂程度的积分系统,对冠状动脉旁路移植术后新发房颤及近期主要心血管事件均具有一定预测作用^[28]。本研究使用 ROC 曲线分析,结果显示:血清 GDF-15 联合 hs-cTnT 预测冠状动脉旁路移植术后新发房颤的 AUC 为 0.933,大于 SYNTAX 积分的 0.790,提示血清 GDF-15 联合 hs-cTnT 预测术后新发房颤的效能较好。王宇星^[29]等研究表明,房颤是导致冠状动脉旁路移植术后近期主要心血管事件的重要危险因素。也有研究显示,冠心病患者若伴有严重的血管病变,合并高龄、糖尿病、高血压等危险因素时,血清 GDF-15、hs-cTnT 水平均明显升高,冠状动脉旁路移植术后近期主要心血管事件发生风险更大^[30]。我们认同上述观点,并推测 GDF-15 联合 hs-cTnT 可协同提高对近期主要心血管事件的预测效能。本研究所有患者均获得随访,近期主要心血管事件发生 32 例,占 22.86%,与既往文献报道相符,说明了冠状动脉旁路移植术后近期主要心血管事件并不少见。从本研究结果可知,血清 GDF-15 联合 hs-cTnT 预测冠状动脉旁路移植术后近期主要心血管事件的 AUC 为 0.925,大于 SYNTAX 积分的 0.750,提示两者联合预测术后近期主要心血管事件发生的效能较好。基于本研究结果可知,术前检测血清 GDF-15、hs-cTnT 水平有助于早期识别高危冠状动脉旁路移植术患者,应积极治疗,术后密切随访,防止近期主要心血管事件发生。

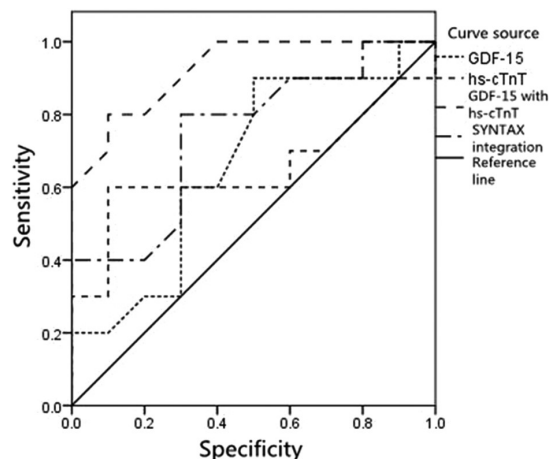


图2 血清 GDF-15、hs-cTnT、SYNTAX 积分预测术后近期主要心血管事件的 ROC 曲线

Fig.2 ROC curves of serum GDF-15, hs-cTnT, and SYNTAX integration for predicting recent major cardiovascular events after surgery

综上所述,血清 GDF-15 联合 hs-cTnT 对冠状动脉旁路移植术后新发房颤及近期主要心血管事件均具有良好的预测效能,值得临床予以重视。由于本研究为单中心研究,样本量不多,缺乏长期随访数据,有待日后扩大研究规模,密切监测患者术前及术后不同时间点血清 GDF-15、hs-cTnT 水平的变化情况,深入分析 GDF-15 和 hs-cTnT 在房颤及近期主要心血管事件病理机制中的作用,进一步提高冠状动脉旁路移植术预后的评估水平,为患者的诊断及治疗提供理论依据。

参考文献 (References)

- [1] 华存存,穆亚萌,钟光珍,等.促甲状腺素于正常高值是非体外循环冠状动脉旁路移植术后新发房颤的危险因素[J].中华胸心血管外科杂志,2021,37(12): 750-753
- [2] Zi J, Fan Y, Dong C, et al. Anxiety Administered by Dexmedetomidine to Prevent New-Onset of Postoperative Atrial Fibrillation in Patients Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass Graft[J]. Int Heart J, 2020, 61(2): 263-272
- [3] Ozturk S, Kalyoncuoglu M, Sahin M. Comparison of SYNTAX Score I and SYNTAX Score II for Predicting Postoperative Atrial Fibrillation in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Graft Surgery[J]. Heart Surg Forum, 2019, 22(5): E319-E324
- [4] Kristić I, Crnčević N, Runjić F, et al. ACEF performed better than other risk scores in non-ST-elevation acute coronary syndrome during long term follow-up[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2021, 21(1): 70
- [5] Zhang LL, Xie ZL, Quan XQ, et al. Clinical efficacy evaluation of minimally invasive cardiac surgery coronary artery bypass grafting in patients with multivessel coronary artery disease [J]. Natl Med J China, 2022, 102(34): 2696-2701
- [6] Echouffo-Tcheugui J B, Natalie D, Kunihiro M, et al. Growth Differentiation Factor (GDF)-15 and Cardiometabolic Outcomes among Older Adults: The Atherosclerosis Risk in Communities Study [J]. Clin Chem, 2021, 67(4): 653-661
- [7] Kazem N, Hammer A, Koller L, et al. The Prognostic Potential of Growth Differentiation Factor-15 on Bleeding Events and Patient Outcome after Cardiac Surgery-A Prospective Cohort Study [J]. Thromb Haemost, 2022, 122(5): 703-714

- [8] Zhu F, Arshi B, Leening MJG, et al. Sex-Specific Added Value of Cardiac Biomarkers for 10-Year Cardiovascular Risk Prediction[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2022, 11(1): 1269-1272
- [9] Koechlin L, Boeddinghaus J, Nestelberger T, et al. Lower diagnostic accuracy of hs-cTnI in patients with prior coronary artery bypass grafting[J]. *Int J Cardiol*, 2022, 354(2): 1-6
- [10] Alkhouli M, Alqahtani F, Alreshidan M, et al. Incidence, Predictors, and Outcomes of Early Acute Myocardial Infarction Following Coronary Artery Bypass Grafting [J]. *Am J Cardiol*, 2019, 124(7): 1027-1030
- [11] Zuin M, Rigatelli G, Zuliani G. Association of Coronary Artery Bypass Grafting vs Percutaneous Coronary Intervention With Memory Decline in Older Adults [J]. *JAMA*, 2021, 326 (12): 1212-1213
- [12] Zhang D, Ma Y, Xu J, et al. Association between obstructive sleep apnea (OSA) and atrial fibrillation (AF): A dose-response meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2022, 101(30): e29443
- [13] Coppini R, Santini L, Palandri C, et al. Pharmacological Inhibition of Serine Proteases to Reduce Cardiac Inflammation and Fibrosis in Atrial Fibrillation[J]. *Front Pharmacol*, 2019, 10(20): 1420
- [14] Zengin A, Karataş MB, Çanga Y, et al. A novel electrocardiographic parameter for the prediction of atrial fibrillation after coronary artery bypass graft surgery "P wave peak time"[J]. *Ir J Med Sci*, 2022, 18(2): 159-163
- [15] Yuan Z, Li H, Sun Y, et al. Pericardial fluid levels of growth differentiation factor 15 in patients with or without coronary artery disease: a prospective study[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(4): 113
- [16] Yeh KH, Chang YT, Juang JJ, et al. Combined corrected QT interval and growth differentiation factor-15 level has synergistic predictive value for long-term outcome of angiographically confirmed coronary artery disease[J]. *Int J Clin Pract*, 2021, 75(7): e14180
- [17] 陈静, 付金涛, 温海初, 等. 生长分化因子 15 和高敏 C 反应蛋白对冠状动脉旁路移植术后患者发生心房颤动的预测价值[J]. *中国医药*, 2021, 16(1): 1-4
- [18] Spanopoulou A, Gkretsi V. Growth differentiation factor 15 (GDF15) in cancer cell metastasis: from the cells to the patients [J]. *Clin Exp Metastasis*, 2020, 37(4): 451-464
- [19] Siddiqui J, Pothuraju R, Khan P, et al. Pathophysiological role of growth differentiation factor 15 (GDF15) in obesity, cancer, and cachexia[J]. *Cytokine Growth Factor Rev*, 2021, 64(4): 71-83
- [20] Zubarevich A, Kadyraliev B, Arutyunyan V, et al. On-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery for multi-vessel coronary revascularization[J]. *J Thorac Dis*, 2020, 12(10): 5639-5646
- [21] 许昊, 张国栋, 范枕涛, 等. 冠状动脉旁路移植术后新发心房颤动的血浆预测因子: 倾向性评分匹配研究 [J]. *北京大学学报 (医学版)*, 2021, 53(6): 1139-1143
- [22] Wan Nur Aimi WMZ, Noorazliana S, Tuan Salwani TI, et al. Elevation of Highly Sensitive Cardiac Troponin T Among End-Stage Renal Disease Patients Without Acute Coronary Syndrome[J]. *Malays J Med Sci*, 2021, 28(5): 64-71
- [23] Wahrenberg A, Magnusson PK, Discacciati A, et al. Family history of coronary artery disease is associated with acute coronary syndrome in 28,188 chest pain patients [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2020, 9(7): 741-747
- [24] Skranes J B, Claggett B L, Myhre P L, et al. Current Smoking Is Associated With Lower Concentrations of High-Sensitivity Cardiac Troponin T in Patients With Stable Coronary Artery Disease: The PEACE Trial[J]. *Circulation*, 2019, 140(24): 2044-2046
- [25] Ochi Y, Kubo T, Nakashima Y, et al. Integrated diagnostic approach to wild-type transthyretin cardiac amyloidosis with the use of high-sensitivity cardiac troponin T measurement and 99mTc-pyrophosphate scintigraphy[J]. *J Cardiol*, 2019, 75(1): 12-19
- [26] 石帅, 黄守玲, 黎静, 等. 血清 Apelin、NT-proBNP 及 hs-cTnT 对非体外循环冠状动脉旁路移植术后心房颤动预后的临床价值 [J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2021, 18(5): 260-263
- [27] Welsh P, Preiss D, Hayward C, et al. Cardiac Troponin T and Troponin I in the General Population: Comparing and Contrasting their Genetic Determinants and Associations with Outcomes [J]. *Circulation*, 2019, 139(24): 2754-2764
- [28] 梁林, 柳佳吉, 迟立群, 等. 基于 SYNTAX 积分的冠状动脉病变复杂程度对微创或常规冠状动脉旁路移植手术效果影响的研究[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2022, 38(5): 281-286
- [29] 王宇星, 李闯, 高元丰, 等. 急性 ST 段抬高型心肌梗死后新发心房颤动与长期心血管不良事件的关系[J]. *医学研究生学报*, 2020, 33(7): 741-747
- [30] Rnaddottir S, Pedersen S, Hasselbalch R B, et al. Temporal Release of High-Sensitivity Cardiac Troponin T and I and Copeptin After Brief Induced Coronary Artery Balloon Occlusion in Humans [J]. *Circulation*, 2020, 143(11): 169-170