

急性心梗患者早期心室重构的相关研究

史艳红, 何金玲, 宋涛, 姜述斌*

新疆医科大学第四临床医学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年10月21日; 录用日期: 2023年11月14日; 发布日期: 2023年11月22日

摘要

心室重构是急性心肌梗死患者病程推进过程中的重要的适应性改变, 了解心室重构并在其早期加以遏制能积极有效的改善心梗患者的预后, 阻止其向心衰发展的进程。本文将从早期心室重构的定义、发生机制、治疗等方面对心室重构进行概述。

关键词

急性心梗后心室重构, 机制, 检查手段及诊断标准, 肾损伤, 治疗

Research on Early Ventricular Remodeling in Patients with Acute Myocardial Infarction

Yanhong Shi, Jinling He, Tao Song, Shubin Jiang*

The Fourth Clinical College of Medicine, Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Oct. 21st, 2023; accepted: Nov. 14th, 2023; published: Nov. 22nd, 2023

Abstract

Ventricular remodeling is an important adaptive change in the progression of patients with acute myocardial infarction. Understanding ventricular remodeling and curbing it in its early stages can actively and effectively improve the prognosis of patients with myocardial infarction and prevent their progression to heart failure. This article will provide an overview of ventricular remodeling from the aspects of its definition, mechanism, and treatment.

*通讯作者。

文章引用: 史艳红, 何金玲, 宋涛, 姜述斌. 急性心梗患者早期心室重构的相关研究[J]. 临床医学进展, 2023, 13(11): 18136-18141. DOI: 10.12677/acm.2023.13112545

Keywords

Ventricular Remodeling after Acute Myocardial Infarction, Mechanism, Examination Methods and Diagnostic Criteria, Renal Injury, Treatment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国科技、经济的飞速发展,国民生活质量日渐好转,在高盐高脂饮食结构改变及老龄化进程快速推进的影响下,中国心血管疾病的发病人数正在持续增长,心血管疾病也成为导致居民死亡的首要原因[1]。急性心肌梗死(Acute Myocardial Infarction, AMI)作为心血管疾病中致死率很高的疾病引起了大众更多关注,其中接近30%的急性心梗患者在发病后会发生不良心室重构(Ventricular Remodeling, VR)表现[2],进而发展至心力衰竭(Heart Failure, HF)阶段,严重影响心梗患者的生活质量。因此积极预防不良心室重构,阻断心力衰竭进程是改善急性心梗患者预后的重要方式。

2. 国内外研究现状

2.1. 早期心室重构的定义

首次使用专业术语“心梗后心室重构”这种表述是在1982 [3]年Hockman和Buckey的研究中用来描述急性心肌梗死后坏死的心肌被纤维瘢痕组织来替代的过程。后来通过不断研究总结[4],将心室重构定义为一种心肌细胞分子之间因受到各种损伤而发生的一系列病理生理改变,其特征以心脏结构和功能发生改变为主,临床上主要表现为心腔扩大、心肌肥厚等,并且发现这一过程可以影响心梗患者的生存预后,是导致心梗患者心功能恶化的重要因素。近年来,有学者将心室重构按照时间长短重新定义,将不良心室重构分为早期心室重构和晚期心室重构,弥补既往在其定义方面的不明确[5]。其中早期心室重构多发生于急性心梗后24~72内,梗死面积的大小是其重要的影响因素,临床上以心室腔扩大、心肌细胞坏死为主要表现;晚期心室重构的发生是一个长期变化的过程,通常在心梗后数月甚至1年左右才开始表现,主要以心肌细胞肥大、凋亡和弥漫性纤维化表现出来。

2.2. 心室重构的发病机制

急性心肌梗死后心室重构改变是一个涉及多系统、多种细胞因子的复杂病理过程,有关这方面国内外都已经有很多研究,主要有以下几方面:肾素-血管紧张素-醛固酮系统调节、梗死区炎症因子浸润、细胞自噬过程、信号通路改变及心肌梗死区域胶原蛋白异常增生等,其中神经激素调节轴的参与对已经有肾损害的心梗患者显得尤为重要。肾素-血管紧张素-醛固酮系统的长期慢性激活,使血管紧张素II(Angiotensin II, Ang II)和醛固酮(aldosterone)大量产生,这两者均参与心室重构中心肌细胞肥大、心肌间质纤维化及心肌细胞凋亡在内的病理过程[6]。

2.3. 心室重构的诊断

有关心梗后心室重构的生物学标志物和诊断方式一直是近年来国内外竞相研究的焦点之一。对于能预测急性心梗后是否发生心室重构的标志物,国内外专家有相同的意见,国内研究中指出血清氨基末端

脑钠肽前体(N-terminal pro brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、血清心肌肌钙蛋白 I (Troponin I, cTnI)在发生心室重构改变的患者中远高于未重构的患者[7],提示 NT-proBNP、cTnI 可以作为预测心梗患者发生心室重构的指标。国外也有相关表述,还提出炎症反应标志物,细胞外基质更新标志物,微小核糖核酸(micro ribonucleic acid, microRNA)都可作为心室重构的预测指标[8]。在影像学诊断方面,心室重构的判定依赖于评估心室形状和功能,临床上通过超声心动图(Echocardiography examination)或心脏磁共振(Cardiac magnetic resonance, CMR)进行。心脏磁共振[9]是评估心室容积和功能的黄金标准,能准确监测心梗部位并量化梗死面积,并通过左室收缩末期容积(Left ventricular end-systolic volum, LVESV)及左室舒张末期容积(Left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)来判断心梗患者的预后情况。但是因为其操作繁琐,对于要观察早期心室重构的患者来说,超声心动图检查则更为便利[10],能通过观察左室射血分数(Left ventricular ejection fraction, LVEF)、左室收缩末期内径(Left ventricular end systolic diameter, LVESD)、左室舒张末期内径(Left ventricular end diastolic diameter, LVEDD)快速预测心梗患者早期心室重构的发生率,当 LVEF 阈值范围 $<50\%$ 或 LVESV 增加 $>15\%$ 或 LVEDV 增加 $>20\%$ 可诊断为心室重构。

2.4. 再灌注治疗

目前急性心梗的治疗方法包括药物溶栓疗法(Thrombolytic therapy)和经皮冠状动脉介入治疗(Percutaneous coronary intervention, PCI)等。美国心脏病协会、欧洲心脏病协会以及我国的一些诊疗指南中均指出急性心梗发生后 12 h 内行经皮冠状动脉介入治疗可以快速恢复梗阻血管有效的血流灌注,减小梗死面积挽救坏死心肌组织,提高心梗患者的生活质量。国外的相关研究则指出,急诊直接 PCI 治疗的效果远超药物溶栓治疗。但是在行 PCI 治疗后,仍然会有一部分患者发生心室重构。国外有研究指出[11],在接受 PCI 治疗的前 6 个月 AMI 后出现进行性 LV 重塑的患者百分比为 32.2%。这与 Bolognese 等人的研究结果一致[12]他们发现 284 名接受 PCI 治疗 AMI 的患者中有 30%的患者在 6 个月时出现 LV 扩张且左心室舒张末期容积指数(Left ventricular end-diastolic volume index, LVEDVI)增加 $>20\%$ 。也与 Lobo Grudzien 等人的发现一致[13]他们发现 88 名接受 PCI 治疗 AMI 的患者中有 24%发生了进行性 LV 扩张。此外,欧洲心脏杂志 2011 年发表的一篇评论文章指出,梗塞后心室重塑在约 30%的有心肌梗死病史的患者中发生[2]。另外,在 Arnautu, DA [14]的一项研究中也有相关表述,该研究纳入首次 AMI 成功 PCI 后 LVEF $\geq 50\%$ 的患者。以 24 个月为节点,根据患者的 LVEF 是否保持 $\geq 50\%$ 或降至 $<50\%$,将患者分为两组。最终发现 26%的患者 LVEF 下降至 50%以下,41%的患者出现 LV 重构,8%的患者因心衰住院。且射血分数降低的患者再次入院治疗率明显更高。因此,评估急性心梗患者导致此结果的独立预测因素显得极其重要,国内一项前瞻性队列研究就此方面做出了贡献[15],该研究旨在评估多参数心脏磁共振检查对急性心梗患者心室重构的预测价值,以初次 PCI 后急性 LVEF $> 40\%$ 的 STEMI 患者 123 例为研究对象,所有患者在 PCI 后接受急性(3~7 天)和随访(3 个月) CMR。根据有无心室重构,将患者分为心室重构组和非心室重构组。分析结合 CMR 的多个高危特征对心室重构的预测价值,结果指出:每搏输出量 < 51.6 ml、全周应变 $> -13.7\%$ 、梗死面积 $> 39.2\%$ 、微血管阻塞 $> 0.5\%$ 、心肌挽救指数 < 43.9 这 5 个 CMR 特征与心室重构相关。 ≥ 3 个 CMR 高风险特征的组合是心室重构的独立预测因子,在该患者队列中具有超出传统风险因素的增量预测价值。国内研究则发现心梗后 PCI 治疗的时机非常重要,急性心肌梗死后行 PCI 治疗的时间越早[16],术后心室重构的发生率越低,术后若早期应用脑钠肽(Brain natriuretic peptide, BNP)可以通过调节神经内分泌激素[17],改善血管内皮功能,进一步改善患者心功能及预后。对于急性心梗高发的超高龄老年人来说,PCI 治疗的获益更为明显,此类患者行 PCI 术治疗不仅可以有效的保护患者心脏血管的内皮细胞功能和抑制炎症反应,降低住院率,而且可以明显改善患者近远期心脏功能,可以有效提升患者的 5 年生存率[18]。

2.5. 肾损伤与心室重构

2.5.1. 患病情况

肾功能不全(Insufficiency of kidney function)和心血管疾病是当前卫生保健系统的两个挑战性疾病[19]。在美国,超过 660,000 的人患有晚期肾病,并且已经达到干预的程度,有 468,000 的美国人正在接受透析治疗[20]。随着中国老龄化趋势的发展,慢性肾脏病(Chronic kidney disease, CKD)在中国的发病率也在逐年增加,估计影响中国超过 11%的老年人口[21]。肾小球滤过率(Glomerular filtration rate, GFR)是反映肾小球滤过功能最直接、客观的指标,但是直接测定对检验设备要求高、临床推广不便,通常使用估计肾小球滤过率(Estimate glomerular filtration rate, eGFR)来评估肾功能水平。目前临床广泛使用 Cockcroft-Gault 公式来计算估计肾小球滤过率。当患者 eGFR < 60 ml/min/1.73m²时,可诊断为 GFR 下降,基于 eGFR 慢性肾脏病分级,此类患者处于 CKD 3 期,有研究表明 CKD 3 期提示肾功能储备已经受损,应对其他病理性损害的能力降低,其心肌梗死的患病率也较高[22];当患者 eGFR < 30 ml/min/1.73m²即 CKD 分期处于 4~5 期时则需进一步肾脏替代治疗。在杜克电生理遗传和基因组研究(EPGEN)中,估计肾小球滤过率降低 10 ml/min/1.73m² [2],死亡率增加 48% [23],主要心脏事件占慢性肾脏病(CKD)患者死亡的近 50% [24]。肾功能不全是心血管疾病的常见并发症,并且是导致死亡的重要独立危险因素,反之亦然[25]。据报道,多达 40%的慢性心力衰竭患者患有 CKD [26]。此外,进行性心力衰竭可导致肾脏充血和炎症因子激活,并进一步导致肾功能恶化。

2.5.2. 治疗

在韩国的一项回顾性研究中对患有心血管疾病伴肾功能不全的患者用药进行了分析[27],研究对心血管疾病有效的药物包括他汀类药物、抗血小板治疗、肾素-血管紧张素阻滞剂是否同样对合并肾功能不全的患者同样受益。最终结果表明,肾功能恶化的冠状动脉疾病(Coronary artery disease, CAD)患者与肾功能正常的患者临床参数比较死亡率更高,心力衰竭发生率也更高;还发现,合并肾功能不全的老年冠心病患者急性心肌梗死和严重冠状动脉狭窄的发生率较高,但有创血运重建干预率较低,肾素-血管紧张素阻滞剂用药率也较低,但对心室重构的影响并没有可靠的数据支持。SGLT2 抑制剂是最近验证的 HF 疗法,显示出对心脏和肾脏的良好作用[28]。经皮冠状动脉介入治疗是治疗心肌梗死的主要方法,具有较高的可操作性和安全性[29]。但由于 PCI 时使用大剂量造影剂,造影剂体积大可能会直接损伤肾脏或在肾小管损伤、肾缺血等情况下加重肾脏滤过后的损伤[30]。所以一旦患者出现肾不足,PCI 后造影剂肾病的发生率可能相当高,造影剂肾病(Contrast-induced nephropathy, CIN)已成为老年心梗患者医院获得性急性肾损伤的常见原因,并且肾病会大大增加死亡率和发生败血症、出血、呼吸衰竭等严重并发症的风险[31] [32]。因此,研究如何改善心肾功能不全患者的预后成为临床研究的热点。已经为这种预防开发了多种预防方案(例如,钙拮抗剂、N-乙酰半胱氨酸、利尿剂和血液透析)。但由于造影剂剂量和种类不同、其他药物具有肾毒性等原因,造影剂肾病的发生率仍约为 8%。近年来研究发现[33],曲美他嗪(Trimetazidine, TMZ)可降低 CIN 的发生率,此研究以 310 名接受择期 PCI 的肾功能不全老年患者为研究对象,观察 CIN 的发生率,最终发现曲美他嗪是 CIN 的保护因素,因此预防性给予 TMZ 可预防行 PCI 的老年肾功能不全患者 CIN 的发生,对患者肾功能具有一定的保护作用。在另一项[34]为明确前列地尔对肾功能不全患者经皮冠状动脉介入术后造影剂肾病的预防作用的研究最终可证明在水化基础上联合前列地尔可进一步挽救肾小球滤过功能,与其他学者结果相似[35] [36]。但是该项研究样本量较小,结果存在一定误差。后[37]来的研究逐渐将急性肾损伤(Acute kidney injury, AKI)将心室重构联系起来,终发现 AKI 可作为心室重构发展的独立危险因素,AKI 后出现心室重构的患者可能有更差的临床结果。

3. 小结

综上所述,急性心梗患者的预后与心室重构的发生率密切相关,按照目前的医疗水平,我们可以通过急诊冠脉介入治疗挽救患者生命,并对心梗患者长期监测,通过观察实验室指标如 NTproBNP 及利用超声心动图观测患者 LVEF、LVEDD、LVESD 等指标判断患者是否进行心室重构改变并在早期采取干预措施。同时我们也明确有急性肾损伤表现的急性心梗患者后期心血管不良事件的发生率更高,也已经有研究指出通过药物治疗等方式积极干预,但是目前肾损伤对心梗患者心室重构的影响主要聚焦于 PCI 术后造影剂肾病,合并慢性肾损伤的急性心梗患者在 PCI 术前肾功水平与早期心室重构即心梗发作后 72 h 内心脏变化的相关性研究较少,值得进一步探索和研究。

参考文献

- [1] 胡盛寿,高润霖,刘力生,等.《中国心血管病报告 2018》概要[J].中国循环杂志,2019,34(3):209-220.
- [2] Flachskampf, F.A., Schmid, M., Rost, C., et al. (2011) Cardiac Imaging after Myocardial Infarction. *European Heart Journal*, **32**, 272-283. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq446>
- [3] Hochman, J.S. and Bulkley, B.H. (1982) Expansion of Acute Myocardial Infarction: An Experimental Study. *Circulation*, **65**, 1446-1450. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.65.7.1446>
- [4] Azevedo, P.S., Polegato, B.F., Minicucci, M.F., et al. (2016) Cardiac Remodeling: Concepts, Clinical Impact, Pathophysiological Mechanisms and Pharmacologic Treatment. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, **106**, 62-69. <https://doi.org/10.5935/abc.20160005>
- [5] 中国医师协会胸痛专业委员会,中华心血管病杂志(网络版)编辑委员会,急性心肌梗死后心室重构防治专家共识起草组.急性心肌梗死后心室重构防治专家共识[J].中华心血管病杂志(网络版),2020,3(1):1-7.
- [6] Zhu, Y.C., Liang, B. and Gu, N. (2021) Cellular and Molecular Mechanism of Traditional Chinese Medicine on Ventricular Remodeling. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **8**, Article ID: 753095. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.753095>
- [7] 白洁,李易,张忠波,等.血清 NT-proBNP、cTnI 对 AMI 患者 PCI 术后左心室重构的预测价值[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2020,15(12):1375-1378,1383. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-6966.2020.12.012>
- [8] Węgiel, M. and Rakowski, T. (2021) Circulating Biomarkers as Predictors of Left Ventricular Remodeling after Myocardial Infarction. *Postępy w Kardiologii Interwencyjnej*, **17**, 21-32. <https://doi.org/10.5114/aic.2021.104764>
- [9] Reindl, M., Reinstadler, S.J., Tiller, C., et al. (2019) Prognosis-Based Definition of Left Ventricular Remodeling after ST-Elevation Myocardial Infarction. *European Radiology*, **29**, 2330-2339. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5875-3>
- [10] 肖露,褚雯,王华.超声心动图与 PCI 择期对急性心肌梗死患者左室重构及心功能评估[J].医学影像学杂志,2020,30(8):1516-1518.
- [11] Aboelkasem Ali Mousa, M., Abdelsabour Abdallah, M., Shamseddin Mohammad, H., et al. (2018) Early Predictors of Left Ventricular Remodeling after Primary Percutaneous Coronary Intervention. *The Egyptian Heart Journal*, **70**, 403-407. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2018.05.003>
- [12] Bolognese, L., Neskovic, A.N., Parodi, G., et al. (2002) Left Ventricular Remodeling after Primary Coronary Angioplasty: Patterns of Left Ventricular Dilation and Long-Term Prognostic Implications. *Circulation*, **106**, 2351-2357. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000036014.90197.FA>
- [13] Lobo-Grudzień, K., Kowalska, A., Brzezińska, B., et al. (2007) Early Predictors of Adverse Left Ventricular Remodelling after Myocardial Infarction Treated by Primary Angioplasty. *Cardiology Journal*, **14**, 238-245.
- [14] Arnautu, D.A., Andor, M., Buz, B.F., et al. (2022) Left Ventricular Remodeling and Heart Failure Predictors in Acute Myocardial Infarction Patients with Preserved Left Ventricular Ejection Fraction after Successful Percutaneous Intervention in Western Romania. *Life (Basel)*, **12**, Article No. 1636. <https://doi.org/10.3390/life12101636>
- [15] Guo, Q., Wang, X., Guo, R.F., et al. (2022) The Value of CMR High-Risk Attributes in Predicting Ventricular Remodeling in ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction Patients with Mildly Reduced or Preserved Ejection Fraction. *Chinese Journal of Cardiovascular Diseases*, **50**, 864-872.
- [16] 王国华.分析不同时时机经皮冠状动脉介入(PCI)治疗对急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者血浆脑利钠肽(BNP)及心室重构的影响[J].世界最新医学信息文摘(连续型电子期刊),2020,20(A4):199,201. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3141.2020.104.078>
- [17] 顾文娟,张荣,赵婷婷.重组人脑利钠肽对老年 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入术后心功能的影响

- [J]. 中国医药, 2018, 13(12): 1776-1781. <https://doi.org/10.3760/j.issn.1673-4777.2018.12.004>
- [18] 车玫. 心肌梗死超高龄患者 PCI 术后心脏功能的近远期观察[D]: [硕士学位论文]. 上海: 同济大学, 2018.
- [19] Liu, Y., Sun, J.Y., Zhu, Y.S., *et al.* (2021) Association between CRT(D)/ICD and Renal Insufficiency: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Seminars in Dialysis*, **34**, 17-30. <https://doi.org/10.1111/sdi.12937>
- [20] National Kidney Foundation (2019) End Stage Renal Disease in the United States.
- [21] Ji, A., Pan, C., Wang, H., *et al.* (2019) Prevalence and Associated Risk Factors of Chronic Kidney Disease in an Elderly Population from Eastern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **16**, Article No. 4383. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224383>
- [22] 中华医学会老年医学分会肾病学组, 国家老年疾病临床医学研究中心. 老年慢性肾脏病诊治的中国专家共识 (2018) [J]. 中华老年医学杂志, 2018, 37(7): 725-731.
- [23] Williams, E.S., Shah, S.H., Piccini, J.P., *et al.* (2011) Predictors of Mortality in Patients with Chronic Kidney Disease and an Implantable Defibrillator: An EPGEN Substudy. *Europace*, **13**, 1717-1722. <https://doi.org/10.1093/europace/eur253>
- [24] Di Lullo, L., House, A., Gorini, A., Santoboni, A., Russo, D. and Ronco, C. (2015) Chronic Kidney Disease and Cardiovascular Complications. *Heart Failure Reviews*, **20**, 259-272. <https://doi.org/10.1007/s10741-014-9460-9>
- [25] Moreira, R.I., Cunha, P.S., Rio, P., *et al.* (2018) Response and Outcomes of Cardiac Resynchronization Therapy in Patients with Renal Dysfunction. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*, **51**, 237-244. <https://doi.org/10.1007/s10840-018-0330-6>
- [26] Go, A.S., Yang, J., Ackerson, L.M., *et al.* (2006) Hemoglobin Level, Chronic Kidney Disease, and the Risks of Death and Hospitalization in Adults with Chronic Heart Failure: The Anemia in Chronic Heart Failure: Outcomes and Resource Utilization (ANCHOR) Study. *Circulation*, **113**, 2713-2723. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.577577>
- [27] Li, J., Liu, F.H., Guo, J., *et al.* (2021) Retrospective Analysis of Renal Prognosis in Elderly Coronary Artery Disease Patients Complicated with Renal Insufficiency. *Aging (Albany NY)*, **13**, 22856-22866. <https://doi.org/10.18632/aging.203579>
- [28] Jang, S.Y. and Yang, D.H. (2022) Prognostic and Therapeutic Implications of Renal Insufficiency in Heart Failure. *International Journal of Heart Failure*, **4**, 75-90. <https://doi.org/10.36628/ijhf.2021.0039>
- [29] Bagshaw, S.M. and Wald, R. (2018) Indications and Timing of Continuous Renal Replacement Therapy Application. *Contributions to Nephrology*, **194**, 25-37. <https://doi.org/10.1159/000485598>
- [30] Qu, G., Chen, F., Xu, Q., *et al.* (2021) Timing of Continuous Renal Replacement Therapy in Patients with Acute Non-ST-Segment Elevation Myocardial Infarction Complicated with Cardiac and Renal Insufficiency. *The American Journal of Translational Research*, **13**, 3418-3426.
- [31] Connor, M.J. and Karakala, N. (2017) Continuous Renal Replacement Therapy: Reviewing Current Best Practice to Provide High-Quality Extracorporeal Therapy to Critically Ill Patients. *Advanced Chronic Kidney Disease*, **24**, 213-218. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2017.05.003>
- [32] Nystrom, E.M. and Nei, A.M. (2018) Metabolic Support of the Patient on Continuous Renal Replacement Therapy. *Nutrition in Clinical Practice*, **33**, 754-766. <https://doi.org/10.1002/ncp.10208>
- [33] Fu, H., Zhang, J., Zhang, H., *et al.* (2021) Trimetazidine Can Prevent the Occurrence of Contrast-Induced Nephropathy after Percutaneous Coronary Intervention in Elderly Patients with Renal Insufficiency. *Perfusion*, **36**, 603-609. <https://doi.org/10.1177/0267659120957856>
- [34] Liu, D., Gao, F., Li, L., *et al.* (2021) The Prophylactic Effect of Alprostadil on Contrast-Induced Nephropathy in Renal Insufficiency Patients after Percutaneous Coronary Intervention. *The American Journal of Translational Research*, **13**, 3766-3772.
- [35] Tabata, N., Sinning, J.M., Kaikita, K., *et al.* (2019) Current Status and Future Perspective of Structural Heart Disease Intervention. *Journal of Cardiology*, **74**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jicc.2019.02.022>
- [36] Reinstadler, S.J., Kronbichler, A., Reindl, M., *et al.* (2017) Acute Kidney Injury Is Associated with Microvascular Myocardial Damage Following Myocardial Infarction. *Kidney International*, **92**, 743-750. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2017.02.016>
- [37] Li, Q., Chen, W., Shi, S., *et al.* (2021) Acute Kidney Injury Increase Risk of Left Ventricular Remodeling: A Cohort of 1,573 Patients. *Frontiers in Physiology*, **12**, Article ID: 744735. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.744735>