

## 血小板参数在心血管疾病中的研究进展

龙雪蛟 洪绍彩 贝俊杰

(武警广西壮族自治区总队医院心内科, 广西 南宁 530003)

**【摘要】** 血小板不仅参与止血和凝血,还能够调节炎症反应。激活的血小板释放促炎、促凝物质并介导细胞间的相互作用,在动脉粥样硬化、心力衰竭、高血压等多种心血管疾病中发挥重要作用。血小板参数是反映血小板活化和功能状态的一系列指标,主要包括血小板计数、平均血小板体积和血小板分布宽度,可用于预测和评估心血管疾病的状态。现针对血小板参数在心血管疾病中的研究进行综述。

**【关键词】** 血小板计数;平均血小板体积;血小板分布宽度;动脉粥样硬化;心血管疾病

**【DOI】** 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.10.018

## Platelet Parameters in Cardiovascular Disease

LONG Xuejiao, HONG Shaocai, BEI Junjie

(Department of Cardiology, Guangxi Zhuang Autonomous Region Corps Hospital of PAP, Nanning 530003, Guangxi, China)

**【Abstract】** Platelets are not only involved in hemostasis and coagulation, but also in regulation of inflammation. Activated platelets play a critical role in a variety of cardiovascular disease, such as atherosclerosis, heart failure and hypertension, by release of proinflammatory and procoagulant substances and mediating intercellular interactions. Platelet parameters are a series of indicators that reflect platelet activation and functional status, mainly including platelet count, mean platelet volume and platelet distribution width, which can be used to predict and evaluate the status of disease. This review focuses on the research progress of platelet parameters in cardiovascular disease.

**【Key words】** Platelet count; Mean platelet volume; Platelet distribution width; Atherosclerosis; Cardiovascular disease

心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 是目前全球范围内发病率和死亡率持续居高的一组疾病,涉及动脉粥样硬化、炎症反应、凝血和血栓形成等多种病理机制。血小板不仅参与止血和凝血,还是重要的免疫细胞。激活的血小板及其释放的微粒通过介导细胞间的相互作用,促进炎症反应、氧化应激、血管生成和细胞增殖,与 CVD 的发生发展关系密切<sup>[1]</sup>。血小板参数是反映血小板数量和体积的一系列指标,可用于判断血小板的活化和功能状态。研究发现,血小板参数的变化与多种 CVD 的罹患风险、严重程度或预后存在相关性,具有预测价值。现综述血小板参数在 CVD 中的应用进展,旨在为临床更好地理解 and 运用这些指标提供依据。

### 1 血小板活化与检测

循环中静息状态下的血小板呈圆盘状,平均直径为 2~4  $\mu\text{m}$ ,厚度约为 1  $\mu\text{m}$ 。血小板活化后迅速转变为球形并伸出伪足,体积和表面积明显增加<sup>[2]</sup>。激活

的血小板一方面通过膜表面的活性分子相互连接而聚集成团,另一方面还会以脱颗粒的方式释放直径 0.1~1.0  $\mu\text{m}$  的微囊泡即血小板微粒。单个血小板、血小板聚集体和血小板微粒大小不均一,三者体积相差明显,体积变异度很大。如果血小板被持续激活、消耗而打破稳态,则导致数量减少。

流式细胞术是目前检测血小板活化状态和数量最准确的方法,其通过识别血小板表面的磷脂酰丝氨酸和特异性膜糖蛋白(P 选择素、糖蛋白 I b、糖蛋白 II b/III a 和糖蛋白 VI 等)对标本进行定性定量。然而,由于仪器昂贵、试剂成本高,且对检测人员有较高的技术要求,该方法在临床诊疗中未能广泛应用。利用血细胞分析仪对血液标本进行检测获取一系列血小板参数,是判断血小板的活化和功能状态的另一种方法,此方法简单快速、成本低廉、技术要求低,各级医疗机构均有条件开展。血小板计数 (platelet count, PC)、平均血小板体积 (mean platelet volume, MPV) 和

基金项目:国防科技创新项目 (ZZKY2022404)

通信作者:贝俊杰, E-mail: junjiebei@foxmail.com

血小板分布宽度 (platelet distribution width, PDW) 是最常用的 3 个参数, 分别反映血小板的数量、体积及其变异度, 其中 MPV (正常值 7.4 ~ 12.5 fL) 和 PDW (正常值 10% ~ 18%) 目前最受研究关注。

## 2 血小板参数在动脉粥样硬化性心血管疾病中的研究

动脉粥样硬化是一种慢性炎症性疾病, 其特征为氧化的脂蛋白、血管壁细胞、血细胞、免疫细胞、细胞外基质和凋亡的细胞在内皮下积聚形成斑块。血小板具有促炎症和促凝血的作用, 在动脉粥样硬化的发生发展中扮演重要的角色: (1) 激活的血小板与内皮细胞、白细胞结合, 导致后二者活化并释放多种炎症介质, 促进各种炎症细胞渗入动脉壁, 加速血管破坏<sup>[3-4]</sup>; (2) 血小板通过与清道夫受体结合, 修饰并内吞低密度脂蛋白颗粒, 巨噬细胞吞噬载脂血小板转变为泡沫细胞, 沉积于内膜下形成斑块坏死核心<sup>[5-6]</sup>; (3) 血小板与单核/巨噬细胞相互作用促进血管新生, 引起斑块内出血和炎症加剧, 导致斑块不稳定<sup>[7-8]</sup>; (4) 血小板活化后相互聚集, 同时释放具有生物活性的微粒、颗粒及促凝物质, 使血液处于高凝状态<sup>[9]</sup>。

### 2.1 血小板参数与冠心病

冠心病 (coronary heart disease, CHD) 是全球死亡率最高的疾病之一, 急性血栓事件是导致 CHD 死亡的主要原因。MPV 反映血小板的平均大小, 其增加代表大血小板的活化。研究<sup>[10]</sup>表明, 与小血小板相比, 大血小板乳酸脱氢酶的活性更强、摄取和释放 5-羟色胺更多、聚集性更高, 提示其具有更大的血栓形成潜力。2013 年 Murat 等<sup>[11]</sup>研究显示, 急性冠脉综合征患者的 MPV 水平与冠状动脉病变积分 (Gensini 积分和 Syntax 积分)、病变血管的数量及狭窄程度有关, MPV 值越高病情越严重, 同时 MPV 还是多支病变独立的预测因素之一。近年国内一项单中心研究<sup>[12]</sup>, 同样运用 Gensini 积分评估 CHD 的严重程度, 该研究前瞻性纳入 5 188 例经冠状动脉造影证实的 CHD 患者, 结果显示 MPV 与 Gensini 积分呈正相关。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是治疗 CHD 的重要手段之一, 研究发现 MPV 水平与 PCI 术后发生主要不良心血管事件 (major adverse cardiac event, MACE) 的风险也具有相关性。Chen 等<sup>[13]</sup>纳入 33 项高质量研究进行评价, 并分析 CHD 患者 PCI 术后 (3 d ~ 8.7 年) 发生 MACE (死亡、心肌梗死、支架内血栓形成、靶血管再次血运重建、包含死亡或心肌梗死的复合终点事件) 的风险, 结果显示发生 MACE 的患者其 MPV 平均水平较无 MACE 的患者升高约 0.29 fL, 其中死亡患者的 MPV 平均水平更高, 较存活

者升高 0.39 fL; 与低 MPV 水平的患者相比, 高 MPV 水平的患者发生 MACE 和死亡的风险分别增加 81% 和 134%; 进一步亚组分析发现, ST 段抬高型心肌梗死患者的 MPV 水平升高更为显著, 发生 MACE 患者的 MPV 均值增加 0.49 fL, 而死亡患者的 MPV 均值增加 0.66 fL。上述结果表明 MPV 水平有助于 PCI 术后患者进行 MACE 的风险评估和分层。PDW 是反映血小板体积异质性的指标, 该值增高提示血小板活化和大网织血小板的产生率增加。最近一项对照研究<sup>[14]</sup>显示, PDW 是早发 CHD (首次出现临床症状并住院经冠状动脉造影明确诊断时的年龄 ≤ 50 岁) 独立的发病因素, 早发 CHD 患者的 PC、MPV 和 PDW 水平明显高于健康者; 但亚组分析显示, PC、MPV 和 PDW 水平在心肌梗死和非心肌梗死患者间无差异, 且与病变血管的数量无相关性, 表明该三项血小板参数不能反映早发 CHD 的严重程度。

### 2.2 血小板参数与脑卒中

脑卒中是世界第二大死亡原因, 也是中国的主要死亡原因之一。Sadeghi 等<sup>[15]</sup>研究发现, PC 和 MPV 水平在急性脑卒中患者与健康者之间存在明显差异, 其中缺血性脑卒中患者的 MPV 水平显著升高, 而 PC 水平在缺血性脑卒中和出血性脑卒中患者中均显著降低。近期一项针对急性缺血性脑卒中临床结局的 meta 分析<sup>[16]</sup>显示, 与预后不良的患者相比, 预后良好患者的 MPV 水平较低, 但 PDW 水平无明显差别, 提示 MPV 水平增高可能是预后不良的标志物, 尤其对于非溶栓患者更具有预测价值。此外, Ludhiadeh 等<sup>[17]</sup>还发现 MPV 增高与缺血性脑卒中所致的残疾和大动脉粥样硬化显著相关。颈动脉狭窄是缺血性脑卒中的主要原因之一。Koklu 等<sup>[18]</sup>研究发现 MPV ≥ 10.2 fL 和 PDW ≥ 14.3% 是发生症状性颈动脉狭窄的独立预测因子。Dai 等<sup>[19]</sup>纳入 261 例行颈动脉成形和支架植入术的中国患者进行研究, 结果显示术前 MPV > 10.1 fL 的患者发生术后支架内再狭窄的风险是 MPV ≤ 10.1 fL 患者的 3 倍, 对于术前 MPV 水平增高的患者, 术后给予强化抗血小板治疗可能获益。与之不同, 另一项在白人患者中开展的回顾性研究<sup>[20]</sup>显示, 行颈动脉支架植入术后, 发生支架内再狭窄的患者与未发生再狭窄的患者相比, 两组术前的 MPV 水平无差异; 对于支架内再狭窄的患者, 其 MPV 水平在术前、术后和确诊时对比均无明显变化, 同时与脑卒中或血管事件的复发无关。上述研究结果表明, MPV 对于颈动脉狭窄患者支架植入术后是否发生支架内再狭窄的预测价值可能存在种族差异。

### 2.3 血小板参数与外周动脉疾病

外周动脉疾病 (peripheral artery disease, PAD) 是

仅次于 CHD 和脑卒中的第三大动脉粥样硬化性心血管疾病,患病率呈快速上升趋势。一项针对症状性下肢 PAD 患者的回顾性研究<sup>[21]</sup>显示,MPV 是 PAD 有效的预测因子,MPV 每增加一个单位,罹患 PAD 的风险增加 24%。而另一项较早的回顾性研究<sup>[22]</sup>则表明,MPV 增高不是 PAD 的危险因素。该研究所有对象均接受血管造影检查,并排除曾患有相关疾病(CHD、PAD、脑血管病、贫血、慢性肾衰竭、自身免疫病等),结果显示新诊断的 PAD 患者(下肢动脉狭窄 $\geq 50\%$ )与非 PAD 患者的 MPV 水平没有差异。值得关注的是,Rief 等<sup>[23]</sup>研究发现在 PAD 患者中,MPV 降低与发生严重肢体缺血有关,MPV  $< 10.2$  fL 是预测严重肢体缺血的最佳界值。上述 3 项研究因入选对象和诊断标准存在明显差别,导致 MPV 水平对预测 PAD 的价值不确定,将来仍需进一步研究探讨。

### 3 血小板参数在非动脉粥样硬化性心脏病中的研究

#### 3.1 血小板参数与心力衰竭

心力衰竭是各种 CVD 发展至终末期的表现,与内皮和心肌的功能障碍、炎症和心肌纤维化等机制关系密切,涉及血小板活化、血小板与白细胞相互作用和血栓形成等多个病理过程。MyoVasc 研究<sup>[24]</sup>是德国美因茨大学医学中心开展的一项有关心力衰竭的大型流行病学、前瞻性队列研究,共纳入 3 250 例受试者并检测血小板参数。线性回归分析显示,高 MPV 水平、低 PC 水平与左室射血分数降低以及 E/E' 比值增高有关;Cox 回归分析显示,MPV  $> 75\%$  的分位数和 PC  $< 25\%$  的分位数的受试者心力衰竭恶化的风险增加,此相关性在射血分数保留的心力衰竭患者中更强。Andrei 等<sup>[25]</sup>对 130 例失代偿性心力衰竭(纽约心功能分级 IV 级或存在急性肺水肿)的住院患者进行回顾性研究,结果显示入院时较高的 MPV 水平( $> 9$  fL)与患者出院后 6 个月的再住院率以及 1 年死亡率显著相关。另一项回顾性研究<sup>[26]</sup>发现,MPV 和 PDW 不仅与心力衰竭的严重程度有关,还对先天性心脏病患者的心脏和血栓事件具有预测价值。

#### 3.2 血小板参数与高血压

高血压是造成血管内皮破坏的首要原因。血管内皮完整性受损导致内皮下的胶原暴露,血液中的血小板被激活并与内皮细胞结合,二者相互作用可引起血小板过度活化,进而导致血小板的半衰期缩短、更新速度增加,相应的 PC、MPV 等血小板参数发生改变<sup>[27]</sup>。国内一项纳入 9 168 例非高血压个体的回顾性队列研究<sup>[28]</sup>发现,未来罹患高血压的风险随 MPV 水平的增高而增加,MPV 增高是导致高血压发病率增加的独立危险因素,表明血小板活化可能在高血压发

病中具有重要作用。早期有研究<sup>[29]</sup>显示,与血压正常的人群相比,高血压患者和血压处于正常高值的人群 MPV 水平显著升高,并且前者的 MPV 水平相较于后者更高。近期研究<sup>[30]</sup>发现,血压控制良好和血压正常的人群相比 MPV 水平无差异,而难治性高血压患者的 MPV 水平显著高于前两组。此外,不同的高血压表现类型之间血小板参数也有所不同。Meric 等<sup>[31]</sup>纳入 80 例高血压患者和 40 例健康者,监测 24 小时动态血压并检测入院时的血小板参数水平,结果发现非勺型高血压患者的 MPV/PC 比值显著高于勺型高血压患者和血压正常者,MPV/PC 预测非勺型高血压的最佳界值为 0.036。与之类似,Alpsoy 等<sup>[32]</sup>研究发现在所有高血压患者中,MPV 水平最高的是反勺型患者,其次是非勺型患者,勺型患者的 MPV 水平最低,三型患者间的 MPV 水平存在明显差异。

#### 3.3 血小板参数与心房颤动

心房颤动常伴发于高血压、慢性心力衰竭和风湿性心脏病等疾病,与血栓栓塞并发症的风险增加有关,而引起心房颤动患者血液高凝状态的一个重要因素就是血小板的高反应性。一项在老年患者中开展的研究<sup>[33]</sup>表明,非瓣膜性心房颤动患者的 MPV 水平明显高于窦性心律患者,MPV 是心房颤动独立的相关因素。新发术后心房颤动(postoperative atrial fibrillation, POAF)是心血管手术后常见的并发症之一。Weymann 等<sup>[34]</sup>对冠状动脉旁路移植术和/或心脏瓣膜术后的患者进行分析,共纳入 22 项研究总计 6 098 例患者,结果显示与术后窦性心律的患者相比,POAF 的患者术前的 PC 水平明显降低、MPV 水平明显升高,提示 PC 和 MPV 可用于预测 POAF 发生的风险。心房颤动是除动脉粥样硬化以外另一个导致缺血性脑卒中的重要原因。Zhu 等<sup>[35]</sup>纳入 371 例急性缺血性脑卒中患者进行回顾性研究,根据病因分为心房颤动组(177 例)及大动脉粥样硬化组(194 例),结果显示心房颤动组患者的 MPV 水平和 MPV/PC 比值均显著高于大动脉粥样硬化组,且 MPV/PC 比值还与病灶体积显著相关,表明 MPV 水平和 MPV/PC 比值可能在判断缺血性脑卒中的病因和病灶大小方面具有参考价值。

#### 3.4 血小板参数与冠状动脉扩张

冠状动脉扩张(coronary artery ectasia, CAE)定义为冠状动脉的某一段血管发生扩张,且直径至少达到其正常邻近段血管直径的 1.5 倍。目前 CAE 确切的发病机制尚不完全清楚,约 50% 的病例被视为动脉粥样硬化的一种表现形式(尽管脂质组学分析的结果并不支持这一观点),另外 20% 的病例被认为是先天性的,还有 10% ~ 20% 的病例考虑与炎症疾病或结缔组

织疾病有关。鉴于血小板在动脉粥样硬化和血管炎症中具有重要作用,不断有研究探讨血小板参数与 CAE 之间的关系。Keser 等<sup>[36]</sup>研究显示,CAE 患者与健康者的 MPV 和 PC 水平没有显著差异。但也有研究<sup>[37]</sup>表明,MPV 增高与 CAE 的发生相关。为了进一步明确血小板参数与 CAE 之间的关系, Moghadam 等<sup>[38]</sup>提取了 14 项高质量的病例对照研究结果并进行 meta 分析,结果显示 MPV 增高与 CAE 显著相关,这表明血小板及其引发的炎症反应和血栓形成在 CAE 的发生发展中具有作用,也表明了抗血小板和抗炎药可

能治疗 CAE 有效。

#### 4 总结与展望

血小板活化是 CVD 发生发展的重要病理生理机制之一。血小板参数作为反映血小板活化和功能状态的一系列指标,其在多种 CVD 的早期诊断、病情与预后的评估方面具有不可忽视的价值(表 1)。目前,血小板参数在不同 CVD 或病理状态中的意义仍存在部分争议,参考值范围尚未统一界定,临床应用有限。未来需要进一步深入研究以获取更多的数据作为支撑,为血小板参数开辟广阔的应用前景。

表 1 血小板参数在 CVD 中的应用

血小板参数	意义	相关研究
PC	反映血液中血小板的数量,其降低代表血小板的生成减少、破坏或消耗增加	早发 CHD <sup>[14]</sup> 、脑卒中 <sup>[15]</sup> 、心力衰竭 <sup>[24]</sup> 、POAF <sup>[34]</sup>
MPV	反映血小板的平均大小,其增加代表大血小板的活化	CHD <sup>[11-13]</sup> 、早发 CHD <sup>[14]</sup> 、脑卒中 <sup>[15-17]</sup> 、颈动脉狭窄 <sup>[18-19]</sup> 、PAD <sup>[21,23]</sup> 、心力衰竭 <sup>[24-26]</sup> 、高血压 <sup>[28-30,32]</sup> 、非瓣膜性心房颤动 <sup>[33,35]</sup> 、POAF <sup>[34]</sup> 、CAE <sup>[37-38]</sup>
MPV/PC	反映血小板活性,其增加提示血小板活性增强	高血压 <sup>[31]</sup> 、非瓣膜性心房颤动 <sup>[35]</sup>
PDW	反映血小板体积的异质性,其增高提示血小板活化和大网织血小板的产生率增加	早发 CHD <sup>[14]</sup> 、颈动脉狭窄 <sup>[18]</sup> 、心力衰竭 <sup>[26]</sup>

#### 参 考 文 献

- [1] Khodadi E. Platelet function in cardiovascular disease: activation of molecules and activation by molecules[J]. *Cardiovasc Toxicol*, 2020, 20(1):1-10.
- [2] Rubenstein DA, Yin W. Platelet-activation mechanisms and vascular remodeling [J]. *Compr Physiol*, 2018, 8(3):1117-1156.
- [3] Massberg S, Brand K, Grüner S, et al. A critical role of platelet adhesion in the initiation of atherosclerotic lesion formation[J]. *J Exp Med*, 2002, 196(7):887-896.
- [4] Gawaz M. Platelets in the onset of atherosclerosis [J]. *Blood Cells Mol Dis*, 2006, 36(2):206-210.
- [5] Rios FJ, Gidlund M, Jancsar S. Pivotal role for platelet-activating factor receptor in CD36 expression and oxLDL uptake by human monocytes/macrophages [J]. *Cell Physiol Biochem*, 2011, 27(3-4):363-372.
- [6] Park YM, Febbraio M, Silverstein RL. CD36 modulates migration of mouse and human macrophages in response to oxidized LDL and may contribute to macrophage trapping in the arterial intima [J]. *J Clin Invest*, 2009, 119(1):136-145.
- [7] Camaré C, Pucelle M, Nègre-Salvayre A, et al. Angiogenesis in the atherosclerotic plaque [J]. *Redox Biol*, 2017, 12:18-34.
- [8] Guo L, Akahori H, Harari E, et al. CD163<sup>+</sup> macrophages promote angiogenesis and vascular permeability accompanied by inflammation in atherosclerosis [J]. *J Clin Invest*, 2018, 128(3):1106-1124.
- [9] Sang Y, Roest M, de Laat B, et al. Interplay between platelets and coagulation [J]. *Blood Rev*, 2021, 46:100733.
- [10] Thompson CB, Eaton KA, Princiotto SM, et al. Size dependent platelet subpopulations: relationship of platelet volume to ultrastructure, enzymatic activity, and function [J]. *Br J Haematol*, 1982, 50(3):509-519.
- [11] Murat SN, Duran M, Kalay N, et al. Relation between mean platelet volume and severity of atherosclerosis in patients with acute coronary syndromes [J]. *Angiology*, 2013, 64(2):131-136.
- [12] Yao Y, Li X, Wang Z, et al. Interaction of lipids, mean platelet volume, and the severity of coronary artery disease among Chinese adults: a mediation analysis [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9:753171.
- [13] Chen Z, Li N, Wang J, et al. Association between mean platelet volume and major adverse cardiac events in percutaneous coronary interventions: a systematic review and meta-analysis [J]. *Coron Artery Dis*, 2020, 31(8):722-732.
- [14] Wang H, Li H, Wang Y, et al. Hematological parameters and early-onset coronary artery disease: a retrospective case-control study based on 3366 participants [J]. *Ther Adv Chronic Dis*, 2023, 14:20406223221142670.
- [15] Sadeghi F, Kovács S, Zsóri KS, et al. Platelet count and mean volume in acute stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Platelets*, 2020, 31(6):731-739.
- [16] Zheng YY, Wang L, Shi Q. Mean platelet volume (MPV) and platelet distribution width (PDW) predict clinical outcome of acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Clin Neurosci*, 2022, 101:221-227.
- [17] Ludhiadch A, Yadav P, Singh SK, et al. Evaluation of mean platelet volume and platelet count in ischemic stroke and its subtypes: focus on degree of disability and thrombus formation [J]. *Int J Neurosci*, 2022, 1-8. DOI: 10.1080/00207454.2022.2118599.
- [18] Koklu E, Yuksel IO, Arslan S, et al. Predictors of symptom development in intermediate carotid artery stenosis: mean platelet volume and platelet distribution width [J]. *Angiology*, 2016, 67(7):622-629.
- [19] Dai Z, Gao J, Li S, et al. Mean platelet volume as a predictor for restenosis after carotid angioplasty and stenting [J]. *Stroke*, 2018, 49(4):872-876.
- [20] Haidegger M, Kneihsl M, Niederkorn K, et al. Mean platelet volume does not predict restenosis after carotid artery stenting in whites [J]. *Stroke*, 2020, 51(3):986-989.
- [21] Velioglu Y, Yuksel A. Complete blood count parameters in peripheral arterial disease [J]. *Aging Male*, 2019, 22(3):187-191.
- [22] Arican Ozluk O, Ber I, Peker T, et al. Mean platelet volume levels in the presence of angiographically documented peripheral artery disease [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(2):2899-2904.

- [5] Masuda M, Fujita M, Iida O, et al. Left atrial low-voltage areas predict atrial fibrillation recurrence after catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation[J]. *Int J Cardiol*, 2018, 257:97-101.
- [6] di Biase L, Burkhardt JD, Mohanty P, et al. Left atrial appendage isolation in patients with longstanding persistent af undergoing catheter ablation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(18):1929-1940.
- [7] Romero J, Gabr M, Patel K, et al. Efficacy and safety of left atrial appendage electrical isolation during catheter ablation of atrial fibrillation: an updated meta-analysis[J]. *Europace*, 2021, 23(2):226-237.
- [8] di Biase L, Burkhardt JD, Mohanty P, et al. Left atrial appendage: an underrecognized trigger site of atrial fibrillation[J]. *Circulation*, 2010, 122(2):109-118.
- [9] Yamamoto T, Endo D, Matsushita S, et al. Evidence and challenges in left atrial appendage management[J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 28(1):1-17.
- [10] Ma XX, Zhang YL, Hu B, et al. Association between left atrial appendage emptying velocity, N-terminal plasma brain natriuretic peptide levels, and recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation[J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2017, 48(3):343-350.
- [11] Thotamgari SR, Sheth AR, Ahmad J, et al. Low left atrial appendage emptying velocity is a predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(8):1705-1711.
- [12] 张晨峰, 李静, 刘伟, 等. 左心耳超声心动图学指标与阵发性心房颤动药物治疗后复发的关系[J]. *中国循环杂志*, 2018, 33(8):777-780.
- [13] Wei Y, Liu S, Yu H, et al. The predictive value of growth differentiation factor-15 in recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation[J]. *Mediators Inflamm*, 2020, 2020:8360936.
- [14] Shah AN, Mittal S, Sichrovsky TC, et al. Long-term outcome following successful pulmonary vein isolation: pattern and prediction of very late recurrence[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2008, 19(7):661-667.
- [15] Weerasooriya R, Khairy P, Litalien J, et al. Catheter ablation for atrial fibrillation: are results maintained at 5 years of follow-up? [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57(2):160-166.
- [16] Wokhlu A, Hodge DO, Monahan KH, et al. Long-term outcome of atrial fibrillation ablation: impact and predictors of very late recurrence [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2010, 21(10):1071-1078.
- [17] Istratoaie S, Vesa ȘC, Cismaru G, et al. Value of left atrial appendage function measured by transesophageal echocardiography for prediction of atrial fibrillation recurrence after radiofrequency catheter ablation[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(8):1465.
- [18] Parikh SS, Jons C, McNitt S, et al. Predictive capability of left atrial size measured by CT, TEE, and TTE for recurrence of atrial fibrillation following radiofrequency catheter ablation[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2010, 33(5):532-540.
- [19] Ezzeddine FM, DeSimone CV. Left atrial appendage emptying velocity as a predictor of recurrence of atrial fibrillation post-ablation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(8):1712-1713.
- [20] Yang W, Zhao Q, Yao M, et al. The prognostic significance of left atrial appendage peak flow velocity in the recurrence of persistent atrial fibrillation following first radiofrequency catheter ablation[J]. *J Thorac Dis*, 2021, 13(10):5954-5963.
- [21] Kanda T, Masuda M, Sunaga A, et al. Low left atrial appendage flow velocity predicts recurrence of atrial fibrillation after catheter ablation of persistent atrial fibrillation[J]. *J Cardiol*, 2015, 66(5):377-381.
- [22] Kielbasa G, Bednarek A, Bednarski A, et al. Patent foramen ovale and left atrial appendage flow velocity predict atrial fibrillation recurrence post cryoballoon ablation[J]. *Kardiol Pol*, 2021, 79(7-8):756-764.
- [23] Pranata R, Henrina J, Yonas E, et al. BMI and atrial fibrillation recurrence post catheter ablation: a dose-response meta-analysis[J]. *Eur J Clin Invest*, 2021, 51(6):e13499.

收稿日期:2023-04-18

(上接第 948 页)

- [23] Rief P, Raggam RB, Avian A, et al. Low mean platelet volume is associated with critical limb ischemia in peripheral arterial occlusive disease [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):6718.
- [24] Dahlen B, Schulz A, Göbel S, et al. The impact of platelet indices on clinical outcome in heart failure: results from the MyoVasc study [J]. *ESC Heart Fail*, 2021, 8(4):2991-3001.
- [25] Andrei CL, Catană A, Sinescu CJ, et al. Mean platelet volume: a possible predictor for patients with decompensated chronic heart failure [J]. *Int J Gen Med*, 2022, 15:4131-4140.
- [26] Sato M, Asagai S, Harada G, et al. Platelet volume indices correlate to severity of heart failure and have prognostic value for both cardiac and thrombotic events in patients with congenital heart disease [J]. *Heart Vessels*, 2022, 37(12):2107-2118.
- [27] Ceylan US, Yaman AE. Evaluation of the inflammatory parameters for predicting stent thrombosis [J]. *Bratisl Lek Listy*, 2023, 124(6):475-479.
- [28] Gang L, Yanyan Z, Zhongwei Z, et al. Association between mean platelet volume and hypertension incidence [J]. *Hypertens Res*, 2017, 40(8):779-784.
- [29] Varol E, Akcay S, Icli A, et al. Mean platelet volume in patients with prehypertension and hypertension [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2010, 45(1):67-72.
- [30] Akın H, Bilge Ö, Yavuz B, et al. The relationship between mean platelet volume and resistant hypertension [J]. *Clin Exp Hypertens*, 2022, 44(3):228-232.
- [31] Meric M, Yuksel S, Coksevim M, et al. The effect of mean platelet volume/platelet count ratio on dipper and non-dipper blood pressure status [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2019, 55(11):742.
- [32] Alpoş Ş, Gökçek S, Özkaramanlı Gür D, et al. The relationship between mean platelet volume and reverse dipping blood pressure pattern in patients with essential hypertension [J]. *Clin Exp Hypertens*, 2021, 43(7):671-676.
- [33] Tekin G, Tekin YK, Sivri N, et al. Mean platelet volume in patients with nonvalvular atrial fibrillation [J]. *Blood Coagul Fibrinolysis*, 2013, 24(5):537-539.
- [34] Weymann A, Ali-Hasan-Al-Saegh S, Popov AF, et al. Haematological indices as predictors of atrial fibrillation following isolated coronary artery bypass grafting, valvular surgery, or combined procedures: a systematic review with meta-analysis [J]. *Kardiol Pol*, 2018, 76(1):107-118.
- [35] Zhu N, Shu H, Jiang W, et al. Mean platelet volume and mean platelet volume/platelet count ratio in nonvalvular atrial fibrillation stroke and large artery atherosclerosis stroke [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(28):e21044.
- [36] Keser A, Özbek K, Uluhan Ş, et al. Relationship between red cell distribution width levels and severity of coronary artery ectasia [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2016, 20(8):1571-1574.
- [37] Demir S, Avsar MK, Karakaya Z, et al. Increased mean platelet volume is associated with coronary artery ectasia [J]. *Postepy Kardiol Interwencyjnej*, 2013, 9(3):241-245.
- [38] Moghadam RH, Shahmohammadi A, Asgari N, et al. Comparison of mean platelet volume levels in coronary artery ectasia and healthy people: systematic review and meta-analysis [J]. *Blood Res*, 2018, 53(4):269-275.

收稿日期:2023-05-28