

生物可吸收血管支架在冠心病患者中的应用研究进展

毛丹妮¹, 余强^{2*}

¹重庆医科大学第二临床学院, 重庆

²重庆医科大学附属第二医院心血管内科, 重庆

收稿日期: 2023年4月22日; 录用日期: 2023年5月15日; 发布日期: 2023年5月23日

摘要

生物可吸收血管支架(Bioresorbable vascular scaffold, BVS)是一种新型的支架装置,它提供结构支持和药物释放,以防止早期反冲或再狭窄,然后降解为无毒化合物。可以避免与金属药物洗脱支架(drug-eluting stents, DESs)相关的晚期并发症。虽然BVS在冠心病患者中应用的优势性已被公认。然而,有研究表明使用BVS时,支架内血栓的发生率也较高,引起了临床广泛关注。因此,为了说明BVS的安全性和有效性,本研究采用文献综述的方法,对国内外生物可吸收血管支架在冠心病患者中的应用研究进展进行综述,以期为临床冠心病缓则支架的选择和相关研究提供借鉴。

关键词

生物可吸收血管支架, 冠状动脉粥样硬化性心脏病, 介入, 研究进展

Progress in the Application of Bioabsorbable Vascular Stents in Patients with Coronary Heart Disease

Danni Mao¹, Qiang She^{2*}

¹The Second Clinical College, Chongqing Medical University, Chongqing

²Department of Cardiovascular Medicine, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Apr. 22nd, 2023; accepted: May 15th, 2023; published: May 23rd, 2023

Abstract

Bioresorbable vascular scaffold (BVS) is a novel scaffold device that provides structural support

*通讯作者。

文章引用: 毛丹妮, 余强. 生物可吸收血管支架在冠心病患者中的应用研究进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(5): 8203-8209. DOI: 10.12677/acm.2023.1351148

and drug release to prevent early recoil or restenosis and then degrades into non-toxic compounds. Late complications associated with metal drug-eluting stents (DESs) can be avoided. Although BVS has been recognized for their superiority in patients with coronary heart disease, however, some studies have shown that the incidence of stent thrombosis is also high when using BVS, which has aroused widespread clinical concern. Therefore, in order to illustrate the safety and effectiveness of BVS, this study adopts the method of literature review to review the research progress in the application of bioabsorbable vascular stents in patients with coronary heart disease at home and abroad, in order to provide references for the selection of stents in patients with chronic coronary heart disease and related studies.

Keywords

Bioabsorbable Vascular Stent, Coronary Atherosclerotic Heart Disease, To Intervene, Research Progress

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

美国心脏协会(American Heart Association, AHA)预计,到 2035 年全球心血管疾病患者将达到 13 亿,冠心病(Coronary Heart Disease, CHD)是导致心血管疾病患者死亡的主要原因[1]。我国 CHD 患病人数已突破 1100 万,死亡率达 0.12% [2],经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)作为目前冠状动脉血运重建最常见的治疗方式,已得到了广泛的临床应用[3]。但 PCI 术后患者预后问题也随之而来,包括支架内再狭窄、多次入院等,因此对于血管支架的相关研究逐年增加[4]。冠脉支架的种类较多,主要分为普通金属裸支架(drug-eluting stents, DESs)、药物洗脱支架(drug-eluting stents, DES)和生物可吸收支架[5]。生物可吸收支架作为新一代研发的支架,被誉为“冠脉介入治疗的第四次革命”[6]。其基质骨架及药物载体涂层均由生物可吸收材料制成,在植入人体后,具有良好的相容性和吸收性[7]。生物可吸收支架是由高分子聚乳酸类材料构建,具有生物相容性良好,降解速度可调,降解产物无毒及易于消除的特点,在体内逐渐降解为乳酸、水及二氧化碳,置入体内 2~3 年内完全降解吸收。支架吸收后,其分解产物将被人体吸收、利用或者排出体外,靶血管内无异物残留,血管舒缩功能得到有效恢复。生物可吸收支架(BVS)可消除永久性金属支架所导致的再狭窄、血栓形成和新动脉粥样硬化等晚期不良冠状动脉事件[8]。再吸收后,可以消除这种病灶,并通过将血管恢复到更正常的血管结构和功能来改善晚期结果。其结合了金属支架的机械特征,以提供安全有效的血管再生、抑制再狭窄和防止收缩性重塑,并使治疗的血管长期恢复到更自然的状态[9]。随着针对血管支持持续时间和聚合物吸收时间的各种性能目标的新材料的出现, BVS 正在迅速发展。

2. 冠状动脉支架的发展史

20 世纪 70 年代经皮冠状动脉腔内血管成形术(Percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA)出现之前,冠心病的血运重建方式仅限于冠脉搭桥。PTCA 可能导致急性血管闭塞、夹层及血管弹性回缩、再狭窄、甚至术中突发心脏骤停等并发症[10],因此,探求成为有效的治疗方式成为临床热点。自膨式冠脉支架的出现 1988 年,球扩式金属裸支架(PSS)开始应用,从此,冠脉支架开始迅速发展[11]。

自膨式支架最早应用于临床,但由于支架定位及贴壁不良,支架内血栓、再狭窄率偏高,其市场规模逐步减少,球扩式支架成为临床主要选择。尽管支架材料从不锈钢发展到钴镍合金、钴铬合金等,但金属裸支架的再狭窄率仍高达 20%,在复杂冠脉病变更为明显,考虑支架植入后血管内平滑肌过度增殖是关键因素[12]。在此基础上,药物洗脱支架快速发展,第一代药物洗脱支架显著降低了再狭窄率,支架内再狭窄主要发生在心脏支架手术后的 3~12 个月,尤其是术后的 6~8 个月,在金属裸支架植入后患者支架内再狭窄率约为 20%,复杂病变患者发生率甚至高达 60%。随着药物洗脱支架的广泛应用,支架再狭窄率风险已降至 5%~10% [1]。但也导致血栓等并发症发生,支架植入 30 天内血栓发生率 0.6%,3 年内发生率 2.9%,与支架残留聚合物涂层导致的持续炎症反应、延迟的内皮化或伴随的器械异常有关[13]。晚期血栓风险促进了第二代药物洗脱支架的诞生,第二代药物洗脱支架能显著减少晚期血栓发生率,并显著缩短双联抗血小板药物的使用时间[14]。虽然药物洗脱支架相比金属裸支架能显著减少再狭窄率及支架内血栓形成,但在存在术后长期服药抗血小板药物、导致内膜愈合延迟,增加晚期和极晚期支架内血栓形成的问题,而金属支架由于其永久性存在于机体内因此可导致血管舒缩功能异常、支架断裂、阻碍外科旁路移植术等问题。在此背景下,可降解冠脉支架或生物可吸收支架应运而生[15]。

3. 生物可吸收血管支架装置概述

吸收 BVS 支架是由 157 微米厚的生物可吸收的聚(L-丙交酯)支架和 7 微米厚的生物可吸收的聚(D, L-丙交酯)涂层组成,其洗脱依维莫司。大约 80%的药物在前 30 天洗脱,其余的在 120 天内洗脱[16]。支架是完全可生物再吸收,预计大约 24 到 36 个月。分子量的最初降低、径向支撑的降低发生在大约等于 6 个月时,最终质量的损失开始于 12 个月[17]。与金属 DES 相比,BVS 具有较小的急性增益和较小的内腔面积。此外,它的扩展能力有限。体外实验研究表明,骨折阈值为 + 1.0 毫米,超过该阈值的过度扩张会导致支柱断开和机械支撑的局部丧失。

吸收 BVS 由涂有薄的可生物吸收的聚-D, L-丙交酯的可球囊扩张的聚-L-丙交酯支架组成,其允许抗增殖药物 everolimus 的受控释放,具有类似于 DES 的药物递送曲线。在射线可透过的支架的每一端的铂射线不透明标记允许在血管造影术和其他成像模式上的清晰可视化。PLLA 和聚-D, L-丙交酯可通过克雷布斯循环中的代谢完全再吸收[17]。第一代吸收 BVS 需要在 20℃下储存,以抵抗聚合物的蠕变和物理老化,并确保稳定性能力。第二代吸收了 BVS 引入了改良的支柱设计(通过桥连接的同相锯齿形环)和制造工艺,以提供更持久的机械完整性,增强更均匀的血管壁支撑和药物转移[18] [19]。吸收系统被设计成三个阶段起作用:血管再生、修复和吸收。在血运重建阶段,BVS 被设计成模拟金属支架的特征,其特征易于输送到目标部位、支架的部署具有最小的反冲、高径向强度以及以受控速率输送药物。恢复阶段标志着从主动支持到更被动的植入的转变,由此恢复了血管的血管运动。最终再吸收阶段的特征是 PLLA 降解为乳酸单体和低聚物,这些单体和低聚物在周围组织和血液中迅速代谢[20]。

4. 生物可吸收血管支架装置临床应用研究

现在有越来越多的证据支持人体吸收 BVS 的安全性和有效性。来自首次人体试验[21]、正在进行的单组研究[22] [23]和随机对照试验[24] [25]的数据表明,对于稳定患者的简单病变以及更复杂的解剖和临床情况,吸收 BVS 具有早期和持续的安全性。最近报道了吸收 BVS 与最新一代金属 DES 的随机比较研究[26]。对 ABSORB II 单盲、多中心、随机、活性对照试验的临床和程序性次要结果进行的为期 1 年的中期分析表明,尽管即时血管造影结果不如 DES 有利,但临床结果相似,心绞痛发生率降低。在单中心随机 EVERBIO II 试验[27],尽管急性反冲的发生率较高,但在血管造影晚期管腔损失和临床结果方面,BVS 并不劣于金属 DES。目前有几个正在进行的随机试验,旨在评估早期和中期临床结果[28]。

4.1. 晚期获益明显

与金属支架相比, BVS 的一个新特性是有可能出现晚期管腔扩大(晚期增益)。这种腔增益随着支架机械完整性的衰减而开始增加, 这种衰减与再吸收有关。包括血管内超声(IVUS)在内的多模式成像显示, 在吸收队列 A 和 B 的患者中, 支架内晚期管腔扩大[16]。队列 A 患者随访中的系列成像显示管腔扩大, 部分归因于 PCI 后 2 年斑块体积的减少。在群组 B 中观察到类似的结果, 其中观察到平均管腔和支架面积在 2 年时增加, 并在 3 年成像随访中保持稳定。2~3 年间观察到的斑块与中膜比率的降低提示适应性/积极的血管重塑。

4.2. 冠状血管运动恢复

与内皮介导的血管运动部分相关的冠状动脉血流储备是冠状动脉床的基本性质, 对于对心肌需氧量增加的生理反应是必要的。由于管腔缩小和血管运动受损, 动脉粥样硬化段限制了冠状动脉血流储备[29][30]。虽然金属支架有效地解除了腔约束, 但“金属笼”阻碍了生理功能的恢复因此, 与正常血管段相比, 冠状动脉血管收缩可能会限制血流的增加[16]。

血管运动的恢复对 BVS 来说是一个潜在的优势。随着 BVS 支架的再吸收, 内皮衬里和内皮细胞功能似乎有所恢复, 这一点已被冠状动脉段响应药理学刺激的血管运动所证实[31][32]。Serruys 等人证明了在吸收 A 和 B 队列中血管舒缩功能的恢复[16][17][19][28], 并记录了植入 BVS 后血管壁变化的动力学。在 3 年的随访中, 他们显示了稳定的冠状动脉腔尺寸和较低的临床再狭窄率和主要的不良心脏事件。与 12 个月随访相比, 冠状动脉内注射乙酰胆碱后 24 个月观察到吸收支架段的平均管腔直径显著增加[31]。这一发现支持了 BVS 后血管运动恢复的时间进程为装置结构完整性的丧失提供了一个替代物的概念, 并可能表明血管何时对正常运动诱发的冠状动脉血流变化有反应[16][17][28]。这些观察表明, BVS 治疗的血管段将表现出更强的生理性血管运动。

4.3. 减少 PCI 术后心绞痛的发生

正如任何成功缓解显著狭窄的装置所预期的那样, BVS 在缓解心绞痛方面是有效的。然而, 基于恢复冠状动脉血管运动的独特能力, BVS 可能会提供比金属支架更优越的功能能力, 以获得同等程度的成功腔增益。虽然在 ABSORB II 试验[19]中, 两个治疗组通过西雅图心绞痛问卷评估的心绞痛状态相似, 但事后分析显示, 与 XIENCE DES 相比, BVS 植入后首次、新的或恶化的心绞痛累计发生率较低(分别为 22%比 30%, $P=0.04$)。基于这一观察, PCI 术后心绞痛评分被评估为正在进行的试验(ABSORB III 和 ABSORB IV)中预先指定的有效终点, 旨在证明 BVS 与“同类最佳”的 XIENCE metallic DES 相比的优越性。

4.4. 可能潜在的获益

4.4.1. 双联抗血小板治疗间隔时间

DES 由于其药理学设计, 利用内皮化抑制, 不可避免地延长了强制(Dual-anti platelet-therapy, DAPT)的间隔时间。做一个永久的 - 对于晚期装置相关事件, 包括再狭窄和/或血栓形成, 金属支架假体具有相关的持久性危险, 这些事件有时与持续暴露的支柱、支架断裂和/或新动脉粥样硬化有关。事实上, 药物洗脱支架后的晚期 ST 可通过延长 DAPT 治疗而显著减少。通过完全吸收, BVS 与 DES 相比具有应用优势。并可能限制长期 DAPT 的益处。然而, 由于缺乏临床证据, 因此需要进一步的临床研究证实[33]。

4.4.2. 稳定易损斑块

BVS 的另一个潜在应用可能是作为一种基于设备的治疗策略, 通过对非血流限制性但“脆弱”的斑

块进行先发性支架植入来预防急性心肌梗死和冠心病猝死[33] [34]。事实上,一系列光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)研究表明,随着 BVS 支柱的再吸收,它们被厚的新生内膜/新生血管所取代,类似于新生病变的厚纤维帽[35]。BVS 的这一特性提示了斑块稳定的前景和预防心肌梗死和猝死的可能性。

4.4.3. 具有无创成像评估优势

CT 冠状动脉造影(CTA)提供了冠状动脉解剖和功能的无创性评估,尽管金属支架目前会干扰对支架血管的评估。与金属装置相比,BVS 的相对影像“透明度”可能有助于 CTA 成像评估可疑的复发性缺血(包括通过基于计算血流动力学的“虚拟 FFR”对血流限制性病变进行 CTA 描绘) [36]和心肌灌注评估 [37]。CTA 的 BVS “可成像性”也可能是需要连续冠状动脉成像的药理学和设备试验的一个优势。

5. 与 BVS 相关的并发症

BVS 并发症可能是其设计特有的,也可能是所有支架共有的。BVS 特有的并发症虽然不常见,但包括早期支架断裂、晚期支架不连续和支架间空洞(即支架和支架之间和支架外部形成空腔的 OCT 证据) [38]。与金属支架一样,BVS 可能与不适、再狭窄和早期支架血栓形成有关[27]。BVS 的体内破坏很少发生。破裂可能由超过推荐的 0.5 毫米极限的后扩张、使用 2.5 毫米 SB 球囊的接吻球囊膨胀以及解剖结构复杂的血管中的 BVS 植入引起[39]。BVS 不适不常见,主要与潜在的纤维钙化斑块以及使用过小的球囊扩张前后不充分有关。BVS 再狭窄可能归因于支架膨胀不足[28]。

6. 小结

生物可吸收支架作为一种治疗冠状动脉疾病的新的方法,越来越多的证据证明了 BVS 的潜在临床益处。它提供结构支持和药物释放以防止早期反冲或再狭窄,然后降解为无毒化合物,可以避免 DESs 相关的晚期并发症。其具有生理过程的早期恢复,优越的顺应性以及有益的边缘血管反应和抑制晚期支架不适的优势,此外,BVS 的 5 年随访显示晚期管腔扩大和血管舒缩反应恢复,并提示可能的斑块稳定作用。然而,与依维莫司洗脱金属支架相比,BVS 支架亚急性血栓形成的发生率增加,因此需要进一步大样本、多中心的随机对照试验来证实 BVS 的有效性。

参考文献

- [1] Kondo, T., Nakano, Y., Adachi, S. and Murohara, T. (2019) Effects of Tobacco Smoking on Cardiovascular Disease. *Circulation Journal*, **83**, 1980-1985. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-19-0323>
- [2] 基层冠心病与缺血性脑卒中共患管理专家共识 2022 [J]. *心脑血管病防治*, 2022, 22(4): 1-19.
- [3] 贾薇薇. 2022 年我国心血管领域十部指南权威解读[N]. *医师报*, 2022-12-29(B04).
- [4] 梁燕, 张亮, 付莹, 等. 冠心病患者 PCI 术后支架内再狭窄的危险因素分析[J]. *医疗装备*, 2023, 36(5): 119-121.
- [5] 许胜胜, 庞玉琦, 刘剑雄. 药物涂层球囊在冠状动脉分叉病变中的应用研究进展[J]. *西部医学*, 2023, 35(3): 466-468.
- [6] 刘彬彬. 不同类型的冠心病患者实施支架植入术与 p-选择素、hsCRP 及预后的相关性分析[J]. *中国医疗器械信息*, 2019, 25(16): 44-45.
- [7] 黄艳, 马乐娟, 季建琴, 等. 围术期肺部感染 PCI 冠心病患者术后 6 个月 MACE 危险因素及其预测模型[J]. *中华医院感染学杂志*, 2023(8): 1207-1211.
- [8] 戴敬, 吕树铮, 宋现涛, 等. 冠心病合并糖尿病患者经皮冠状动脉介入治疗中的支架选择和远期预后[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2016, 18(12): 1325-1327.
- [9] 朱博, 袁宏伟, 石宇奇, 等. 中西医预防冠脉支架术后再狭窄的临床研究进展[J]. *内蒙古中医药*, 2020, 39(2): 151-153.

- [10] Pahmeier, K., Neusser, S., Hamm, C., *et al.*, for the GABI-R Study Group (2022) Quality of life of Patients with Coronary Heart Disease Treated with the Bioresorbable Vascular Scaffold (ABSORB™): 2-Year Results from the GABI-R-Registry. *BMC Cardiovascular Disorders*, **22**, Article No. 379. <https://doi.org/10.1186/s12872-022-02815-2>
- [11] Stone, G.W., Maehara, A., Ali, Z.A., *et al.*, PROSPECT ABSORB Investigators (2020) Percutaneous Coronary Intervention for Vulnerable Coronary Atherosclerotic Plaque. *Journal of the American College of Cardiology*, **76**, 2289-2301. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.09.547>
- [12] Chhabra, L., Zain, M.A. and Siddiqui, W.J. (2023) Coronary Stents. StatPearls Publishing, Tampa.
- [13] Masiero, G., Rodinò, G., Matsuda, J., *et al.* (2020) Bioresorbable Coronary Scaffold Technologies: What's New? *Giuseppe Tarantini*, **38**, 589-599. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2020.07.004>
- [14] Lee, S.Y., Kang, D.Y., Hong, S.J., *et al.* (2020) Optical Coherence Tomography for Coronary Bioresorbable Vascular Scaffold Implantation: A Randomized Controlled Trial. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, **13**, e008383. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.008383>
- [15] Alfonso, F., Cuesta, J. and Rivero, F. (2021) Coronary Bioresorbable Vascular Scaffolds: Requiescant in Pace? *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, **74**, 569-572. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2020.11.018>
- [16] Serruys, P.W., Onuma, Y., Dudek, D., *et al.* (2011) Evaluation of the Second Generation of a Bioresorbable Everolimus-Eluting Vascular Scaffold for the Treatment of De Novo Coronary Artery Stenosis: 12-Month Clinical and Imaging Outcomes. *Journal of the American College of Cardiology*, **58**, 1578-1588. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.05.050>
- [17] Serruys, P.W., Onuma, Y., Ormiston, J.A., *et al.* (2010) Evaluation of the Second Generation of a Bioresorbable Everolimus Drug-Eluting Vascular Scaffold for Treatment of De Novo Coronary Artery Stenosis: Six-Month Clinical and Imaging Outcomes. *Circulation*, **122**, 2301-2312. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970772>
- [18] Onuma, Y., Serruys, P.W., Gomez, J., *et al.*, on Behalf of the ABSORB Cohort A and B Investigators (2011) Comparison of *in Vivo* Acute Stent Recoil between the Bioresorbable Everolimus-Eluting Coronary Scaffolds (Revision 1.0 and 1.1) and the Metallic Everolimus-Eluting Stent. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **78**, 3-12. <https://doi.org/10.1002/ccd.22864>
- [19] Serruys, P.W., Chevalier, B., Dudek, D., Cequier, A., *et al.* (2015) A Bioresorbable Everolimus-Eluting Scaffold versus a Metallic Everolimus-Eluting Stent for Ischaemic Heart Disease Caused by De-Novo Native Coronary Artery Lesions (ABSORB II): An Interim 1-Year Analysis of Clinical and Procedural Secondary Outcomes from a Randomised Controlled Trial. *The Lancet*, **385**, 43-54. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61455-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61455-0)
- [20] Oberhauser, J.P., Hossainy, S. and Rapoza, R.J. (2009) Design Principles and Performance of Bioresorbable Polymeric Vascular Scaffolds. *EuroIntervention*, **5**, F15-F22. <https://doi.org/10.4244/EIJV5IFA3>
- [21] Ormiston, J., Webster, M. and Armstrong, G. (2007) First-in-Human Implantation of a Fully Bioabsorbable Drug-Eluting Stent: the BVS Poly-L-Lactic Acid Everolimus-Eluting Coronary Stent. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **69**, 128-131. <https://doi.org/10.1002/ccd.20895>
- [22] Azzalini, L., Ellis, S.G., Kereiakes, D.J., *et al.* (2021) Optimal Dual Antiplatelet Therapy Duration for Bioresorbable Scaffolds: An Individual Patient Data Pooled Analysis of the ABSORB Trials. *EuroIntervention*, **17**, e981-e988. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-21-00263>
- [23] Abizaid, A., Costa, J.R., Bartorelli, A.L., *et al.* (2015) The ABSORB EXTEND Study: Preliminary Report of the Twelve-Month Clinical Outcomes in the First 512 Patients Enrolled. *EuroIntervention*, **10**, 1396-1401. <https://doi.org/10.4244/EIJV10I12A243>
- [24] Grube, E., Chevalier, B., Smits, P., *et al.*, SPIRIT V Investigators (2011) The SPIRIT V Study: A Clinical Evaluation of the XIENCE V Everolimus-Eluting Coronary Stent System in the Treatment of Patients with De Novo Coronary Artery Lesions. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **4**, 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2010.11.006>
- [25] Suwannasom, P., Sotomi, Y., Ishibashi, Y., *et al.* (2016) The Impact of Post-Procedural Asymmetry, Expansion, and Eccentricity of Bioresorbable Everolimus-Eluting Scaffold and Metallic Everolimus-Eluting Stent on Clinical Outcomes in the ABSORB II Trial. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **9**, 1231-1242. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.03.027>
- [26] Schukraft, S., Arroyo, D., Togni, M., *et al.* (2022) Five-Year Angiographic, OCT and Clinical Outcomes of a Randomized Comparison of Everolimus and Biolimus-Eluting Coronary Stents with Everolimus-Eluting Bioresorbable Vascular Scaffolds. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **99**, 523-532. <https://doi.org/10.1002/ccd.29837>
- [27] Génereux, P., Rutledge, D.R., Palmerini, T., *et al.* (2015) Stent Thrombosis and Dual Antiplatelet Therapy Interruption with Everolimus-Eluting Stents: Insights from the Xience V Coronary Stent System Trials. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, **8**, e001362. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.001362>
- [28] Serruys, P.W., Onuma, Y., Garcia-Garcia, H.M., *et al.* (2014) Dynamics of Vessel Wall Changes Following the Implantation of the Absorb Everolimus-Eluting Bioresorbable Vascular Scaffold: A Multi-Imaging Modality Study at 6,

- 12, 24 and 36 Months. *EuroIntervention*, **9**, 1271-1284. <https://doi.org/10.4244/EIJV9I11A217>
- [29] Murthy, V.L., Naya, M., Foster, C.R., *et al.* (2011) Improved Cardiac Risk Assessment with Noninvasive Measures of Coronary Flow Reserve. *Circulation*, **124**, 2215-2224. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.050427>
- [30] Gould, K.L., Johnson, N.P., Bateman, T.M., *et al.* (2013) Anatomic versus Physiologic Assessment of Coronary Artery disease: Role of Coronary Flow Reserve, Fractional Flow Reserve and Positron Emission Tomography Imaging in Revascularization Decision-Making. *Journal of the American College of Cardiology*, **62**, 1639-1653. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.07.076>
- [31] Onuma, Y., Dudek, D., Thuesen, L., *et al.* (2013) Five-Year Clinical and Functional Multislice Computed Tomography Angiographic Results after Coronary Implantation of the Fully Resorbable Polymeric Everolimus-Eluting Scaffold in Patients with De Novo Coronary Artery Disease: The ABSORB Cohort A Trial. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **6**, 999-1009. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2013.05.017>
- [32] Bourantas, C.V., Serruys, P.W., Nakatani, S., *et al.* (2014) Bioresorbable Vascular Scaffold Treatment Induces the Formation of Neointimal Cap that Seals the Underlying Plaque without Compromising the Luminal Dimensions: A Concept Based on Serial Optical Coherence Tomography Data. *EuroIntervention*, **11**, 746-756.
- [33] Brugaletta, S., Radu, M.D., Garcia-Garcia, H.M., *et al.* (2012) Circumferential Evaluation of the Neointima by Optical Coherence Tomography after ABSORB Bioresorbable Vascular Scaffold Implantation: Can the Scaffold Cap the Plaque? *Atherosclerosis*, **221**, 106-112. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.12.008>
- [34] 许浩博, 乔树宾, 袁建松, 等. 药物洗脱支架联合药物涂层球囊治疗原位冠状动脉弥漫病变的初步分析[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(2): 146-151.
- [35] 送江·吾斯曼, 马热亚·吾布力, 尼加提江·米孜, 等. 药物涂层球囊与药物洗脱支架治疗冠状动脉原发病变安全性和短期预后的比较[J]. 中国医药, 2022, 17(12): 1766-1771.
- [36] 班雷. 药物涂层支架在冠心病介入治疗中的应用疗效及不良事件发生率分析[J]. 中国医疗器械信息, 2022, 28(22): 74-76.
- [37] Fan, W., Tan, J., Li, L., *et al.* (2022) Efficacy and Safety of Absorb Everolimus-Eluting Bioresorbable Vascular Scaffold in Peripheral Artery Disease: A Single-Arm Meta-Analysis. *Journal of Endovascular Therapy*. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2011.12.008>
- [38] Rola, P., Włodarczak, S., Doroszko, A., Lesiak, M. and Włodarczak, A. (2022) The Bioresorbable Magnesium Scaffold (Magmaris)—State of the Art: From Basic Concept to Clinical Application. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **100**, 1051-1058. <https://doi.org/10.1002/ccd.30435>
- [39] Erglis, A., Narbutė, I., Sondore, D., *et al.* (2022) Four-Year Outcomes of Left Main Percutaneous Coronary Intervention with a Bioresorbable Scaffold in the Circumflex Ostium. *Journal of Interventional Cardiology*, **2022**, Article ID: 7934868. <https://doi.org/10.1155/2022/7934868>