

药物洗脱支架联合药物涂层球囊治疗冠状动脉真性分叉病变的研究进展

于江川, 苏立*

重庆医科大学附属第二医院心血管内科, 重庆

收稿日期: 2021年11月21日; 录用日期: 2021年12月11日; 发布日期: 2021年12月23日

摘要

冠状动脉真性分叉病变的介入治疗仍为冠状动脉介入治疗的重难点。本文通过回顾现有研究结果总结了主支血管植入药物洗脱支架联合分支血管药物涂层球囊处理治疗冠状动脉真性分叉病变的优势, 同时简述了该联合方案的局限性, 最后提出对未来治疗方向的展望。

关键词

药物洗脱支架, 药物涂层球囊, 冠状动脉分叉病变

Research Progress of Drug-Eluting Stent Combined with Drug Coated Balloon in the Treatment of True Coronary Bifurcation Lesions

Jiangchuan Yu, Li Su*

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

Received: Nov. 21st, 2021; accepted: Dec. 11th, 2021; published: Dec. 23rd, 2021

Abstract

The treatment of true bifurcation lesions is still the key and difficult point of coronary intervention. This paper summarizes the advantages of drug-eluting stent implantation in main branch

*通讯作者 Email: sulicq@hospital.cqmu.edu.cn

文章引用: 于江川, 苏立. 药物洗脱支架联合药物涂层球囊治疗冠状动脉真性分叉病变的研究进展[J]. 临床医学进展, 2021, 11(12): 5870-5876. DOI: [10.12677/acm.2021.1112869](https://doi.org/10.12677/acm.2021.1112869)

combined with drug coated balloon treatment in side branch for true bifurcation lesions, and briefly describes the limitations of the combination scheme, according to reviewing the existing research results. Finally, we put forward the prospect of future treatment direction.

Keywords

Drug-Eluting Stent, Drug Coated Balloon, Coronary Bifurcation Lesions

Copyright © 2021 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. 前言

据统计, 冠状动脉分叉病变(分叉病变)的治疗约占经皮冠状动脉介入治疗的 15%~20% [1]。因斑块位置、斑块负荷、主侧支血管夹角及侧支血管直径等因素的不同, 使得分叉病变各不相同, 没有一种特殊的介入治疗方案可完美处理所有类型的分叉病变[2]。目前针对分叉病变介入治疗的方案层出不穷, 但是整体治疗成功率及临床结局仍不足以令人满意, 分叉病变的治疗仍是目前冠状动脉介入治疗面临的难题之一。其中, 冠状动脉真性分叉病变(真性分叉病变)是指冠状动脉主支血管及分支血管同时存在严重狭窄的病变且累及分支血管开口, 即 Medina 分型为(1, 1, 1、1, 0, 1、0, 1, 1)的分叉病变。相对于非真性分叉病变, 真性分叉病变的斑块负荷更重, 手术复杂程度更高, 分支血管狭窄甚至闭塞风险更大; 远期血管管腔丢失率更高, 可能最终导致主要不良心血管事件(Major adverse cardiac events, MACE)发生。

随着冠状动脉介入治疗的发展, 表面载有抗增生作用药物的药物洗脱支架(DES)及药物涂层球囊(DCB)开始被广泛用于冠状动脉介入治疗。目前新一代 DES 已被广泛应用于真性分叉病变的介入治疗, 并且其安全性及有效性明显优于传统金属裸支架(Bare metal stent, BMS)及上一代 DES; 联合双联抗血小板治疗可降低支架相关并发症的发生率[3]。

真性分叉病变分支血管保护为治疗的重点, 尤其当分支血管管径较大或为重要心肌细胞供血时, 更需积极维持其血流状态。

主支血管支架植入后可能因“铲雪效应”或界嵴移位导致分支血管急性狭窄或闭塞; 分支开口处支架贴壁不良, 分支血管支架过多突入主支血管等情况, 均可能导致支架相关并发症; 最终影响临床结局。使用 DCB 处理分支血管无支架植入, 可有效避免支架相关不良事件, 同时可将抗增殖药物充分、均匀地送至分支开口及分支血管病变表面, 从而降低分支血管远期管腔丢失。

主支血管 DES 植入联合分支血管 DCB 处理治疗冠状动脉真性分叉病变理论上可减少主支及分支血管晚期管腔丢失, 达到更好的临床结局。本系统综述旨在综合现有研究结果对比分析该介入治疗方案治疗真性分叉病变的优势, 同时提出其不足之处, 最后提出对未来治疗方向的展望。

2. 治疗现状

冠状动脉真性分叉病变的介入治疗目标主要是保证主支及分支血管的血流通畅, 尽可能减少分支血管狭窄及闭塞发生率, 最大限度地减少晚期管腔丢失。针对真性分叉病变的介入治疗方案一直都是争论的话题。

DES 的出现使真性分叉病变的介入治疗策略围绕支架植入数量及顺序, 球囊扩张技术及时机展开。

目前欧洲分叉俱乐部推荐以 Provisional T 技术为首选治疗方案[4]。此外, 常见的双支架技术包括 T 支架技术、V 支架技术、Crush 术、Culotte 术及相关衍生术式。双支架术式因支架钢梁不能充分覆盖边支开口、支架突出入主支、介入器械需穿支架网眼等原因, 术后支架内血栓形成、支架内再狭窄等支架相关并发症概率较高。并且双支架技术还存在手术操作难度大、耗时长, 手术费用高, 造影剂用量大等弊端。但针对边支血管夹层, 非保护性左主干真性分叉病变、复杂分叉病变等情况, 仍需使用双支架技术[5] [6]。

随机对照 Nordic 研究[7]共纳入 413 例存在分叉病变的患者, 随机分为选择性分支血管支架植入组及双支架植入组, 经过长达 5 年的随访, 结果显示选择性分支血管支架植入组与双支架植入组全因死亡率、支架内血栓形成率、靶血管血运重建率无明显差异。该研究结果提示单支架策略与双支架策略可达到相似的临床结局。一项包含 9 个随机对照实验、共 3265 名分叉病变患者的荟萃分析[8]比较了单、双支架策略的长期随访临床结局, 结果显示单支架策略甚至优于双支架策略。

近年来, 国内外有学者使用主支血管 DES 植入联合分支血管 DCB 处理治疗真性分叉病变取得了满意的结果。BIOLUX-1、DEBSIDE、BEYOND 等临床试验[9] [10] [11]均证实了该联合方案的安全性及有效性。以下将根据现有研究结果分别分析该联合方案的优势。

3. 主支血管 DES 植入

随着药物洗脱支架(DES)的问世及发展, 其植入血管后可缓慢释放表面载有的药物以阻止血管内膜增生, 联合双联抗血小板治疗, 可明显减少支架内再狭窄及支架内血栓形成风险, 以提高远期疗效及预后[3]。

一项多中心、随机对照试验[12]将 117 名分叉病变的患者随机分为主支及分支血管 DCB 扩张联合主支血管 BMS 植入、主支血管 BMS 植入联合分支血管普通球囊扩张、主支血管 DES 植入及分支血管普通球囊扩张三组, 术后双联抗血小板治疗时间分别为 3 月、3 月、12 月, 通过术后 6 月随访主支血管近端、远端及分支血管的晚期管腔丢失(LL)发现 DES 组主支血管 LL 明显低于其他两组($P = 0.001$); 同时三组病例术后 6 月管腔再狭窄率及术后 12 月 MACE 发生率差异无统计学意义($P > 0.05$)。BEYOND 研究[11]结果发现真性分叉病变主支血管 DES 植入术后 9 月 LL 仅约 0.1 mm。

以上研究结果说明真性分叉病变主支血管 DES 植入安全、有效且较使用 BMS、DCB 处理可取得更好的临床效果。这种优势与 DES 表面载有的抗增殖药物及其可长期提供机械应力对抗血管壁弹性回缩密切相关。

4. 分支血管 DCB 处理

主支血管支架植入、分支血管普通球囊预扩张等触及分叉开口处的介入操作均可能引起“铲雪效应”、界嵴移位及分支血管损伤夹层形成等情况, 分支血管受压狭窄甚至闭塞风险高, 导致不良后果及分支血管血运重建率增加[13]。动脉粥样硬化斑块累及分支开口的真性分叉病变在主支血管支架植入后分支闭塞率高达 65%, 远超过非真性分叉病变的 4% [14]。因此, 分支保护在真性分叉病变的介入治疗中尤为重要, 对于管径较大, 有明显功能价值的分支血管更应重点保护。现 DCB 的适应症不再局限于支架内再狭窄, 其对大血管原发病变、小血管病变、分叉病变的治疗效果同样令人满意。较多研究已证实 DCB 用于真性分叉病变的治疗安全且有效[15] [16]。

分支血管拘禁球囊技术因占据更大的物理空间相较拘禁导丝技术能更好的保护边支血管, 但其使用的普通球囊无法抑制血管内皮增生造成的远期管腔再狭窄, DCB 通过向局部血管壁释放抗细胞增殖药物, 抑制血管内膜增生, 同时无聚合物基质及金属网格残留, 减少内膜炎症反应, 从血管壁损伤开始就发挥作用, 避免急性分支血管狭窄、闭塞及降低远期分支血管再狭窄率。

BABILON 研究[17]对比主支及分支血管 DCB 处理联合主支 BMS 支架植入与普通球囊预扩张后主支血管 DES 植入两组患者的术后 24 月临床结局发现, 两种策略均安全有效, 但 DCB 组患者主支血管 LLL 更高且 MACE、靶病变血运重建(TLR)率更高, 两组患者分支血管最终随访结果相似。该研究结果进一步说明 DES 相较 DCB 处理中至大直径的主支血管病变能取得更好的临床效果; 而在分支血管的处理中, DCB 能够达到相似或更低的 LLL 及 TLR 率[18]。Herrador, J. A 等人的研究及 BEYOND 研究[11] [19]对比 DCB 与普通球囊处理真性分叉病变分支血管, 结论均为 DCB 组术后随访分支血管 LLL 更低(P 值分别为 0.01 和<0.0001)。

Shugushev, Z 等人[20]研究对比复杂真性分叉病变分支血管 DCB 处理、普通球囊处理及双支架组得出与以上相似的结论, 同时发现双支架组术后 MACE 率最高(P < 0.05)。此外, 使用 DCB 处理分支血管手术过程简单, 避免双支架技术了导丝穿支架网眼等较复杂的操作, 可减少手术时间及造影剂用量。

综合以上结论, 分支血管 DCB 处理较普通球囊处理及支架植入术后随访效果更佳, 可能为目前更好的选择。

5. 左主干真性分叉病变

左主干真性分叉病变相较非左主干真性分叉病变分支血管管径更大、分叉角更大, 是一种特殊类型的分叉病变[21]。Maximkin, D. A 等人及 Shugushev, Z 等人的研究[20] [22] [23]表明该文所述联合治疗方案治疗左主干真性分叉病变安全有效, 并且较普通球囊扩张分支血管、双支架技术有更低的 MACE 发生率。国内李蒙等[24]对 168 例左主干真性分叉病变进行主支血管 DES 植入, 分支血管分别以普通球囊(66 例)、植入支架(58 例)、DCB 处理(44 例)分为 3 组, 结果发现 DCB 组术后即刻分支血管开口面积, 术后 1 年分支血管管腔丢失和 MACE 发生率均优于普通球囊组(P < 0.05); 术后 1 年分支血管再狭窄率小于双支架组(P < 0.05), 且术后即刻及术后 1 年 MACE 发生率不劣于双支架组(P > 0.05)。这些结果说明主支血管 DES 联合分支血管 DCB 处理还可应用于复杂分叉病变。

6. 对吻球囊扩张

对吻球囊扩张是否成功是影响双支架技术治疗复杂分叉病变预后的独立危险因素[25], 但本文所论述的联合治疗方案是单支架技术的延伸, 对吻球囊扩张用于单支架策略的效果尚有争议。Nordic-Baltic 分叉病变研究[26]纳入 477 例行主支血管单支架植入治疗的分叉病变患者, 以是否行最终球囊对吻扩张分为 2 组, 结果发现 6 个月后两组病例 MACE 发生率相似, 8 个月后两组病例主支血管狭窄率无统计学差异, 而行最终球囊对吻扩张组分支血管狭窄率低于不行最终球囊对吻扩张组(7.6%对 20.0% P = 0.024)。近年来, Liu 等的荟萃分析[27]通过对单支架策略是否最终球囊对吻扩张进行比较得出, 单支架策略中行最终球囊对吻扩张不会改善临床结局, 该操作并非必要。同样, EXCEL 研究[28]发现对左主干分叉病变患者, 无论单、双支架策略, 行最终球囊对吻扩张并不能改善临床结局。Zhong 等人的研究[29]得出单支架策略行对吻球囊扩张虽然可降低分支血管再狭窄率, 但是不会得到更好的临床结局, 并且会增加主支血管再狭窄的风险。另有研究[30]通过血管内超声发现对吻球囊扩张可使主支血管近端最小支架面积增大而支架对称指数变小。

球囊对吻扩张可以改善即刻分支血管血流状况, 同时似乎可以降低远期分支血管再狭窄率, 但其无法避免地使分支开口处主支支架结构发生变形, 分支开口附近支架贴壁不良, 且退出边支球囊时可能损伤主支支架近端的药物涂层, 从而增加主支支架并发症发生的风险。

目前推荐在主支血管支架植入后行第一次球囊对吻扩张[31], 可避免分支血管闭塞。是否常规行第二次球囊对吻扩张尚需更多临床研究论证, 必要时可通过血管内超声、光学相干断层成像等腔内影像技术

进一步评估血管情况以做出决定。

7. 局限性

1) 使用 DCB 处理分支血管后无法提供机械应力, 血管壁弹性回缩是出现再狭窄的重要因素。此外, 分支血管内径较大、分支弥漫性长病变、分支血管出现 NHLBI-B 型以上夹层需考虑双支架策略。2) 单纯 DCB 的使用较 DES 植入可缩短术后双联抗血小板的治疗时间, 减少患者的出血风险, 但是该联合方案仍存在支架植入, 因此术后仍需较长时间的双联抗血小板治疗。3) 目前该联合方案的研究数据仍较少, 需要更多高质量的临床研究来进一步证实其优势。4) 该方案的治疗费用较高。

8. 展望

1) 目前使用主支血管 DES 植入联合分支血管 DCB 处理治疗真性分叉病变的临床试验及研究数量仍较少, 希望以后有更多高质量临床研究来证实其优势。2) DEBSIDE 研究及 BEYOND 研究[9] [11]中使用主支血管 DES 植入联合分支血管 DCB 处理的分叉病变患者, 术后随访分支血管 LLL 均为负值, 说明该联合方案治疗真性分叉病变甚至可能出现分支血管管腔的正性重构, DES 与 DCB 于分叉开口处是否存在有效的协同作用还需进一步研究。3) 随着对“介入无植入”概念的重视, 希望使用 DCB 及生物可吸收支架的方案能用于冠状动脉分叉病变的介入治疗。

9. 总结

冠状动脉真性分叉病变的介入治疗是冠状动脉介入治疗的一大挑战, 没有完全相同的分叉病变, 所以无法用一种治疗方案处理所有分叉病变, 个体化策略尤为重要。目前的首选治疗策略为简单的真性分叉病变使用 Provisional T 技术, 复杂的真性分叉病变使用双支架技术。主支血管 DES 联合分支血管 DCB 治疗冠状动脉真性分叉病变可保证主支、分支血管血流通畅, 降低分支血管狭窄或闭塞的风险, 减少晚期官腔丢失, 改善临床结局, 或可成为冠状动脉真性分叉病变首选治疗方案。

参考文献

- [1] Lassen, J.F., Holm, N.R., Banning, A., *et al.* (2016) Percutaneous Coronary Intervention for Coronary Bifurcation Disease: 11th Consensus Document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*, **12**, 38-46. <https://doi.org/10.4244/EIJV12I1A7>
- [2] Elwany, M., Palma, G.D. and Cortese, B. (2018) Treatment of Coronary Bifurcation Lesions: Current Knowledge and Future Perspectives. *Future Cardiology*, **14**, 165-179. <https://doi.org/10.2217/fca-2017-0068>
- [3] Jeger, R., Pfisterer, M., Pfister, O., *et al.* (2016) First-Generation Paclitaxel- vs. Second-Generation Zotarolimus-Eluting Stents in Small Coronary Arteries: The BASKET-SMALL Pilot Study. *Advances in Interventional Cardiology*, **12**, 314-320. <https://doi.org/10.5114/aic.2016.63630>
- [4] Burzotta, F., Lassen, J., Lefèvre, T., *et al.* (2021) Percutaneous Coronary Intervention for Bifurcation Coronary Lesions: The 15 Consensus Document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*, **16**, 1307-1317. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-20-00169>
- [5] Lassen, J.F., Holm, N.R., Stankovic, G., *et al.* (2014) Percutaneous Coronary Intervention for Coronary Bifurcation Disease: Consensus from the First 10 Years of the European Bifurcation Club Meetings. *EuroIntervention*, **10**, 545-560. <https://doi.org/10.4244/EIJV10I5A97>
- [6] Chen, X., Li, X., Zhang, J., *et al.* (2019) 3-Year Outcomes of the DKCRUSH-V Trial Comparing DK Crush with Provisional Stenting for Left Main Bifurcation Lesions. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **12**, 1927-1937. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.04.056>
- [7] Maeng, M., Holm, N.R., Erglis, A., *et al.* (2013) Long-Term Results after Simple versus Complex Stenting of Coronary Artery Bifurcation Lesions: Nordic Bifurcation Study 5-Year Follow-Up Results. *Journal of the American College of Cardiology*, **62**, 30-34. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.04.015>
- [8] Ford, T.J., McCartney, P., Corcoran, D., *et al.* (2018) Single- versus 2-Stent Strategies for Coronary Bifurcation Le-

- sions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials with Long-Term Follow-Up. *Journal of the American Heart Association*, **7**, e008730. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.008730>
- [9] Berland, J., Lefèvre, T., Brenot, P., *et al.* (2015) DANUBIO—A New Drug-Eluting Balloon for the Treatment of Side Branches in Bifurcation Lesions: Six-Month Angiographic Follow-Up Results of the DEBSIDE Trial. *EuroIntervention*, **11**, 868-876. <https://doi.org/10.4244/EIJV11I8A177>
- [10] Worthley, S., Hendriks, R., Worthley, M., *et al.* (2015) Paclitaxel-Eluting Balloon and Everolimus-Eluting Stent for Provisional Stenting of Coronary Bifurcations: 12-Month Results of the Multicenter BIOLUX-I Study. *Cardiovascular Revascularization Medicine: Including Molecular Interventions*, **16**, 413-417. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2015.07.009>
- [11] Jing, Q.M., Zhao, X., Han, Y.L., *et al.* (2020) A Drug-Eluting Balloon for the Treatment of Coronary Bifurcation Lesions in the Side Branch: A Prospective Multicenter Randomized (BEYOND) Clinical Trial in China. *Chinese Medical Journal*, **133**, 899-908. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000743>
- [12] Stella, P.R., Belkacemi, A., Dubois, C., *et al.* (2012) A Multicenter Randomized Comparison of Drug-Eluting Balloon plus Bare-Metal Stent versus Bare-Metal Stent versus Drug-Eluting Stent in Bifurcation Lesions Treated with a Single-Stenting Technique: Six-Month Angiographic and 12-Month Clinical Results of the Drug-Eluting Balloon in Bifurcations Trial. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **80**, 1138-1146. <https://doi.org/10.1002/ccd.23499>
- [13] Peighambari, M., Sanati, H., Hadjkarimi, M., *et al.* (2016) The Effects of Side Branch Predilation during Provisional Stenting of Coronary Bifurcation Lesions: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Research in Cardiovascular Medicine*, **5**, e31378. <https://doi.org/10.5812/cardiovascmed.31378>
- [14] Alfonso, F., Pérez-Vizcayno, M.J., García del Blanco, B., *et al.* (2017) Usefulness of Drug-Eluting Balloons for Bare-Metal and Drug-Eluting In-Stent Restenosis (from the RIBS IV and V Randomized Trials). *The American Journal of Cardiology*, **119**, 983-990. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.12.006>
- [15] Zuin, M. and Rigatelli, G. (2018) Treatment of *de Novo* Coronary Artery Bifurcation Lesions with Drug Coated Balloons: A Reappraisal According to the Available Scientific Data. *Cardiovascular Revascularization Medicine: Including Molecular Interventions*, **19**, 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2017.07.003>
- [16] Iannopollo, G., Giannini, F., Ponticelli, F., *et al.* (2020) Percutaneous Coronary Intervention with the Agent Paclitaxel-Coated Balloon: A Real-World Multicenter Experience. *The Journal of Invasive Cardiology*, **32**, 117-122.
- [17] López Mínguez, J.R., Nogales Asensio, J.M., Doncel Vecino, L.J., *et al.* (2014) A Prospective Randomised Study of the Paclitaxel-Coated Balloon Catheter in Bifurcated Coronary Lesions (BABILON Trial): 24-Month Clinical and Angiographic Results. *EuroIntervention*, **10**, 50-57. <https://doi.org/10.4244/EIJV10I1A10>
- [18] Ang, H., Koppa, T.R., Cassese, S., *et al.* (2020) Drug-Coated Balloons: Technical and Clinical Progress. *Vascular Medicine*, **25**, 577-587. <https://doi.org/10.1177/1358863X20927791>
- [19] Herrador, J.A., Fernandez, J.C., Guzman, M., *et al.* (2013) Drug-Eluting vs. Conventional Balloon for Side Branch Dilatation in Coronary Bifurcations Treated by Provisional T Stenting. *Journal of Interventional Cardiology*, **26**, 454-462. <https://doi.org/10.1111/joic.12061>
- [20] Shugushev, Z., Maximkin, D.A., Safonova, O., *et al.* (2019) 2-Years Follow-Up of “Provisional-T” Stenting of Left Main Coronary Artery in Patients with True Bifurcation Stenosis. *European Journal of Heart Failure*, **21**, 449.
- [21] Zhang, J.J., Gao, X.F., Han, Y.L., *et al.* (2018) Treatment Effects of Systematic Two-Stent and Provisional Stenting Techniques in Patients with Complex Coronary Bifurcation Lesions: Rationale and Design of a Prospective, Randomised and Multicentre Definition II Trial. *BMJ Open*, **8**, e020019. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-020019corr1>
- [22] Maximkin, D.A., Safonova, O.O., Chepurnoy, A.G., *et al.* (2018) Drug-Eluting Balloon Catheters in the Endovascular Treatment of Patients with True Left Main Bifurcation Lesions. *European Heart Journal*, **39**, 1336-1337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy566.P6368>
- [23] Shugushev, Z., Safonova, O., Chepurnoi, A., *et al.* (2020) TCT CONNECT-309 Three-Year Follow-Up of PCI in Patients with True Left Main Bifurcation Lesions. *Journal of the American College of Cardiology*, **76**, B133. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.09.567>
- [24] 李蒙, 张燕, 陈岩, 等. 药物涂层球囊对冠状动脉左主干分叉病变治疗的临床研究[J]. 中国循环杂志, 2019, 11(34): 1062-1067.
- [25] Lassen, J.F., Burzotta, F., Banning, A.P., *et al.* (2018) Percutaneous Coronary Intervention for the Left Main Stem and Other Bifurcation Lesions: 12th Consensus Document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*, **13**, 1540-1553. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-17-00622>
- [26] Niemelä, M., Kervinen, K., Erglis, A., *et al.* (2011) Randomized Comparison of Final Kissing Balloon Dilatation versus No Final Kissing Balloon Dilatation in Patients with Coronary Bifurcation Lesions Treated with Main Vessel Stenting: The Nordic-Baltic Bifurcation Study III. *Circulation*, **123**, 79-86. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.966879>

- [27] Liu, G., Ke, X., Huang, Z.B., *et al.* (2019) Final Kissing Balloon Inflation for Coronary Bifurcation Lesions Treated with Single-Stent Technique: A Meta-Analysis. *Herz*, **44**, 354-362. <https://doi.org/10.1007/s00059-017-4647-1>
- [28] Kini, A.S., Dangas, G.D., Baber, U., *et al.* (2020) Influence of Final Kissing Balloon Inflation on Long-Term Outcomes after PCI of Distal Left Main Bifurcation Lesions in the EXCEL Trial. *EuroIntervention*, **16**, 218-224. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-19-00851>
- [29] Zhong, M., Tang, B., Zhao, Q., *et al.* (2018) Should Kissing Balloon Inflation after Main Vessel Stenting Be Routine in the One-Stent Approach? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *PLoS ONE*, **13**, e0197580. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197580>
- [30] Rahman, S., Leesar, T., Cilingiroglu, M., *et al.* (2013) Impact of Kissing Balloon Inflation on the Main Vessel Stent Volume, Area, and Symmetry after Side-Branch Dilation in Patients with Coronary Bifurcation Lesions: A Serial Volumetric Intravascular Ultrasound Study. *JACC Cardiovascular Interventions*, **6**, 923-931. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2013.04.019>
- [31] Burzotta, F., Lassen, J., Louvard, Y., *et al.* (2020) European Bifurcation Club White Paper on Stenting Techniques for Patients with Bifurcated Coronary Artery Lesions. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **96**, 1067-1079. <https://doi.org/10.1002/ccd.29071>