

· 主题综述 ·

正向夹层再入真腔技术在慢性完全闭塞病变介入治疗中的应用及临床预后评估

赵林 李丹 张涛

(首都医科大学附属北京安贞医院心脏内科中心冠心病中心, 北京 100029)

【摘要】正向夹层再入真腔(ADR)技术是冠状动脉慢性完全闭塞(CTO)介入治疗的主要方法之一,是 CTO 介入治疗 Hybrid 策略的重要组成部分,是某些 CTO 患者或某些 CTO 病变的唯一治疗方法。现对 Stingray 球囊辅助下 ADR 在 CTO 病变中的应用及临床预后进行评估,以期增加对该技术的了解,为更好地治疗 CTO 病变提供参考。

【关键词】慢性完全闭塞;经皮冠状动脉介入治疗;正向夹层再入真腔

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.02.001

Clinical Application and Prognosis of Antegrade Dissection Reentry Technique in Percutaneous Coronary Intervention for Chronic Total Occlusion Lesion

ZHAO Lin, LI Dan, ZHANG Tao

(Center for Coronary Artery Disease, Department of Cardiology, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China)

【Abstract】Antegrade dissection reentry (ADR) technology is an important technique in the interventional treatment of coronary chronic total occlusion (CTO), which is a part of Hybrid strategy for CTO and the only method for some special patients and lesions. This review will evaluate the use and clinical prognosis of ADR assisted by Stingray balloon in CTO lesion, in order to improve the understanding and provide reference for better treatment of CTO lesion.

【Key words】Chronic total occlusion; Percutaneous coronary intervention; Antegrade dissection reentry

慢性完全闭塞(chronic total occlusion, CTO)目前仍是冠心病经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)最后的堡垒^[1-2]。近年来,随着经验的积累、技术的进步和器械的研发,CTO 介入治疗的成功率和临床效果已得到显著提高。正向夹层再入真腔(antegrade dissection reentry, ADR)技术是 CTO 介入治疗的主要方法之一,是 CTO 介入综合(Hybrid)治疗策略的重要组成部分,是某些 CTO 患者或 CTO 病变唯一开通方法。现对 ADR 在 CTO 病变中的应用及临床预后进行评估,以期增加对该技术的了解,更好地在临床实践中使用该技术。

1 ADR 概念的起源和发展

广义的 ADR 概念是指多种正向导丝(antegrade wire, AW)技术进入假腔后重新回到 CTO 远端血管真腔的技术。内膜下循径再入真腔(subintimal tracking and re-entry, STAR)技术是 ADR 技术最早的起源^[3]。

该技术就是操纵 AW(常为多聚物涂层导丝)形成 knuckle 环,推送 knuckle 环在不受控制的状态下从内膜下回到血管远端真腔的方法。STAR 技术存在可控性差、内膜下假腔长和丢失分支等缺点。后来,在 STAR 技术基础上衍生出几种类似的技术,包括 Carlino 技术、mini-STAR 技术、限制性内膜下循径再入真腔(limited antegrade subintimal tracking, LAST)技术等。Carlino 技术是 Carlino 等^[4]提出可应用对比剂人为造成夹层协助导丝回到真腔的技术。mini-STAR 技术是指通过各种操作导丝的技术尽量缩短导丝内膜下长度,也存在导丝不可控、成功率低、内膜下长度较长、分支丢失等缺点^[5]。现有研究^[6-7]结果显示,STAR 和 mini-STAR 技术后血管再闭塞率高,预后较差。

LAST 技术是在 STAR 基础上发展而来,操纵 AW 形成 knuckle 环,推送至 CTO 远端纤维帽附近,跟进微导管,更换为穿刺导丝,操纵导丝重回真腔。LAST 技

基金项目:北京市医管局培育基金(PZ2021008)

通信作者:赵林, E-mail: zhaolin770927@126.com

术改进了 STAR 的缺点,具有缩短导丝在内膜下长度、降低边支丢失风险、导丝在一定程度上可控等优势^[8-9],但该技术成功率较低。应用 Stingray 球囊辅助穿刺型导丝靶向性从假腔重新回到 CTO 远端真腔的技术,即器械辅助下 ADR 技术,因其重复性高、易于掌握且成功率高,已得到临床医生广泛认可与使用。本文 ADR 为狭义 ADR 概念,特指 Stingray 球囊辅助下穿刺导丝再入真腔技术。

2 ADR 的启动与使用

CTO 病变的评估内容主要包括 CTO 近端纤维帽形态、CTO 病变段特点、CTO 病变远端血管及侧支循环情况。CTO 病变是否适于使用 ADR 的方法开通主要取决于 CTO 段以远血管情况。与欧美术者不同,国内术者相对谨慎。ADR 主要适用于 CTO 病变远端着陆区血管条件理想,无重要分支血管,术者预期 AW 通过 CTO 段困难,逆向治疗成功率较低或无法实施的 CTO 病变。

根据 ADR 何时启用,将其分为直接 ADR 和补救性 ADR。所谓直接 ADR,就是将 ADR 作为开通某些 CTO 病变的首选治疗方法。如果 AW 进入 CTO 远端纤维帽以远血管内膜下,不应再尝试其他 AW 操作(包括平行导丝等技术),而应直接启动 ADR。补救性 ADR,就是将 ADR 作为正向和/或逆向方法失败后的选择。如果尝试各种正向和/或逆向技术后导丝仍无法在 CTO 远端血管进入真腔,这时才启动 ADR。亚洲与欧美的术者使用 ADR 的时机与情形有着显著区别^[10-14]。欧美术者使用 ADR 相对积极,使用直接 ADR 更多,而包括中国在内的亚洲术者比较谨慎,使用补救性 ADR 更多,通常在正向和逆向尝试很困难或失败时才启动 ADR 操作。需特别指出的是,如果 AW 技术失败后仍在内膜下反复操控导丝会造成大的夹层血肿,从而降低了后续 ADR 操作成功率,因此不应过多尝试,应及时进行策略转换,及时启动 ADR 能减少血肿的形成,提高 ADR 操作成功率。

3 ADR 器械简介

3.1 CrossBoss 导管

CrossBoss 导管是一种特殊微导管,外覆亲水涂层,由多股导丝缠绕而成,可提供 1:1 转矩力传导,头端为直径 1 mm 的钝性圆头,可兼容 0.014 in (1 in = 2.54 cm) 的导引导丝,并可在 6 F 指引导管内兼容使用,如图 1。通过快速旋转微导管的 Fast-Spin 装置, CrossBoss 导管可对冠状动脉进行钝性分离,沿斑块内或内膜下安全快速通过 CTO 病变节段,为后续操作建立通道^[15-19]。该导管在某些 CTO 病变(如支架内闭塞的 CTO)中具有优势,可尝试使用。在其他 CTO 病变

介入治疗中,该导管可由能旋转的穿通微导管(如 Corsair 微导管)代替。

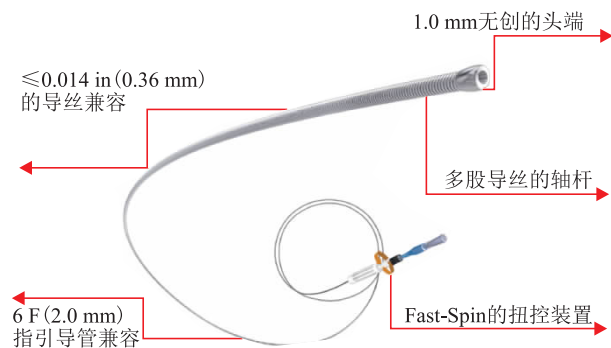


图 1 CrossBoss 导管示意图

3.2 Stingray 球囊导管和 Stingray 导丝

Stingray 球囊是专为 ADR 设计的一种特殊球囊,呈扁平状(类似于“魔鬼鱼”,故又称为魔鬼鱼球囊),大小为 2.5 mm × 10.0 mm × 0.3 mm,共有三个出口,包括位于球囊前端导丝出口和位于球囊正反两面两个相反方向的出口,如图 2。不透光的标记用于精确定位球囊头端与中间位置出口。球囊在血管结构内以 4 ~ 6 atm (1 atm ≈ 101 kPa) 扩张时,自动包绕血管腔,中间两个出口中有一个出口面向血管真腔,穿刺导丝可从该出口精准穿入血管真腔。当前临床应用的 Stingray 球囊是第二代的球囊,其外径为 3.2 F,称为 Stingray LP 球囊。该球囊的导丝腔退出导丝时可抽吸血肿,提高导丝穿刺成功率。Stingray 导丝为头端预塑形的导丝,硬度为 9 g,角度为 28°,头端还存在 0.18 mm 长的突起结构,为该导丝提供强大穿透力^[15-19],但该导丝操纵性差,进出侧孔困难,临床常用其他类型的穿刺型导丝替代。

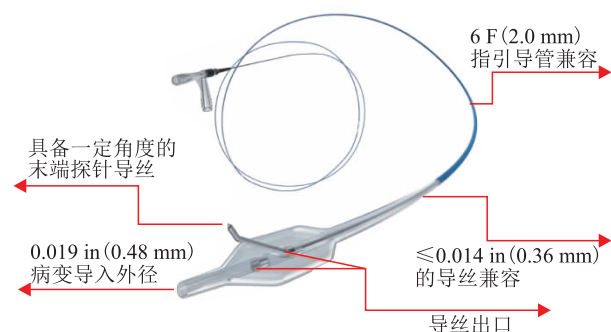


图 2 Stingray LP 球囊导管及 Stingray 导丝结构示意图

4 ADR 的并发症

国外已有研究报道 ADR 相关不良事件发生率为 2.9% ~ 3.4%,国内研究报道发生率约为 3.4%,与国外研究结果相似^[20-25]。与逆向导丝技术相比,ADR 操作步骤少,严重并发症的发生率低。但导丝从内膜下再入真腔,一定程度增加了 CTO 闭塞段内及闭塞段以远边支丢失的风险。

4.1 边支丢失

边支丢失不是 ADR 所独有的并发症,其他开通方式也可导致边支丢失。边支丢失的原因包括导丝内膜下长度过长,导丝重入真腔时在 CTO 病变远端存在较大分支等。重要的边支丢失会导致心肌梗死。RECHARGE 研究^[22]发现 ADR 会导致约 6.2% 的患者边支丢失,其中约 16.7% 的边支丢失能引起 PCI 相关心肌梗死。陈根锐等^[25]报道了 87 例 ADR 的结果,其中 4.6% 患者边支丢失。因此,在远端纤维帽附近有较大分支的 CTO 病变中减少使用 ADR,将内膜下长度局限于 CTO 病变体部,可控制血肿的蔓延,提高导丝穿刺成功率,降低边支丢失风险。

4.2 冠状动脉穿孔

ADR 相关研究^[20-25]报道,冠状动脉穿孔总体发生率为 0.8% ~ 9.3%。Ellis1 型穿孔一般不需特殊处理,必要时可应用球囊封堵,可避免心脏压塞的发生。Ellis2 型及 3 型穿孔,心脏压塞发生率高,必须积极处理。处理方法主要包括球囊封堵、局部栓塞、带膜支架、心包穿刺引流、心外科修补等^[26-27]。ADR 术中需小心操作,拒绝暴力操作,血管走行不明时不贸然前行导丝及微导管,可有效减少穿孔的发生。

4.3 心肌梗死

ADR 术中急性支架内血栓形成、重要边支丢失、血肿压迫或靶血管远端夹层致急性闭塞等均可引起围手术期心肌梗死。ADR 相关的第一个临床研究 FAST-CTOs^[20]报道,ADR 围手术期急性心肌梗死发生率为 4.1%。PROGRESS 研究^[21]报道 ADR 相关急性心肌梗死发生率为 1.2%,高于 AW 方法,其中 0.52% 的患者需接受再次血运重建。RECHARGE 研究^[22]结果发现 ADR 相关急性心肌梗死发生率为 3.4%。陈根锐等^[25]与赵林等^[28]研究报道 ADR 相关心肌梗死发生率分别为 1.1% 及 2.9%,与国际上相关研究报道结果类似,略高于前向导丝技术与逆向导丝技术。

4.4 死亡

与其他 CTO 开通方法相比,ADR 操作死亡率较低。PROGRESS 研究^[21]报道 ADR 操作中死亡率约为 0.87%。国内陈根锐等^[25]与赵林等^[28]报道的 ADR 操作相关死亡率分别为 1.1% 及 0.4%。由此可见,国内外 ADR 操作中死亡率相似。

5 ADR 的成功率与长期预后

ADR 的成功率受到 CTO 病变长度、病变复杂程度、技术选择、启用时机及术者熟练程度等多个因素的影响^[29-30],报道并不完全一致。2012 年 FAST-CTOs 研究^[20]报道,研究中前 75 例受试者 ADR 操作成功率为 67%,后 75 例 ADR 操作成功率为 87%,表明随着

技术的掌握与熟悉,成功率有明显改善。2017 年 RECHARGE 研究^[22]报道,直接 ADR 操作成功率为 67%,与 AW 技术成功率相似,Stingray 球囊辅助下 ADR 成功率为 81%。2016 年美国一项多中心登记研究^[23]数据显示,ADR 总体操作成功率为 86.9%,其中直接 ADR 为 91.7%。2018 年 PROGRESS 研究^[21]报道,ADR 操作成功率为 89.7%。2020 年陈根锐等^[25]报道的 ADR 研究中,ADR (93.1% 为补救性 ADR) 操作成功率为 78.2%,部分 ADR 失败患者可通过正向/逆向技术补救,总体术后 TIMI 血流分级 III 级患者为 88.5%。同年,赵林等^[28]采用 Stingray LP 球囊辅助的 ADR 研究数据显示,总体 ADR 成功率为 83.5%,其中直接 ADR 成功率为 89%,高于补救性 ADR 的成功率 (77.6%),直接 ADR 和补救性 ADR 组介入治疗术后造影靶病变残余狭窄 $\leq 30\%$ 、TIMI 血流 III 级的患者比例分别为 93.7% 和 91.4%。国内与国际 ADR 相关研究成功率相似。随着技术的掌握、经验的积累和及时的启动,ADR 总体成功率为 80% ~ 90%,某些中心或术者可达 90% 以上。

虽然有关 ADR 长期预后的研究较少,但报道结果却非常一致。一项国际多中心观察性研究显示,ADR 术后 2 年主要不良心血管事件 (major adverse cardiovascular events, MACE) (包括死亡、心肌梗死和血运重建) 发生率为 4.3% ~ 17.5%,其中血运重建发生率为 3.1% ~ 7.7%^[7,29],与 AW 基础上 ADR 相比,Stingray 球囊辅助的 ADR 远期预后更佳^[29]。另一项英国多中心观察性研究^[30]报道,接受“Hybrid”流程开通的 CTO 病变患者术后 1 年 MACE 发生率为 8.6%,其中 ADR 组与 AW 组间 MACE 发生率差异无统计学意义;研究结果的多因素相关分析显示,与 1 年预后相关的因素只有病变长度,与开通方式并无关系。国内陈根锐等^[25]对 ADR 术后患者随访 17 个月,结果显示 MACE 发生率为 17.4%,主要为 PCI 相关心肌梗死与再次血运重建。近期, Wu 等^[31]纳入了 48 例未使用 ADR 治疗 CTO 病变的患者 (对照组) 和 50 例使用 ADR 的患者 (治疗组),随访 12 个月,比较基线、血管造影结果、PCI 成功率和 MACE。结果表明治疗组的 PCI 成功率 (89.7%) 高于对照组 (71.2%),12 个月随访期间的 MACE 发生率 (22.0%) 低于对照组 (41.7%),再发心肌梗死的发生率 (10.0%) 低于对照组 (27.1%)。该研究还表明在冠状动脉 CTO 病变 PCI 中使用 ADR 技术不仅安全有效,还缩短了手术时间,减少放射和对比剂的使用剂量,改善了患者的预后。有关 ADR 技术的长期研究较少,期待有更多的相关研究进行长期随访,为 ADR 广泛应用提供更多

依据。

6 ADR 在特殊人群中的应用

6.1 支架内再狭窄患者应用 ADR 技术

支架内再狭窄 (in-stent restenosis, ISR) 的 CTO 患者占有 CTO 患者的 5% ~ 25%, 并且相对成功率较低。ISR 的 CTO 患者接受 PCI 的挑战包括器械通过支架内闭塞段困难、支架内导丝前行时重新进入困难、支架长度相关的血流差以及重复再狭窄率高等。一项大型多中心注册随机对照研究^[32], 纳入 11 961 例接受 PCI 治疗的 CTO 患者, 分析其临床和血管造影特征以及住院期间的 MACE。研究结果发现 ISR 和原发 CTO 的 PCI 造影成功率 (85% vs 85%) 和操作成功率 (84% vs 84%) 相似, 住院 MACE 的发生率也相似 (1.7% vs 2.2%), 差异无统计学意义。在 ISR 中 ADR 使用率 (15%) 低于原发 CTO 中 ADR 使用率 (16%), 也低于 AW 技术使用率 (70%) 与逆向技术使用率 (16%)。基于上述研究可认为, 在 ISR 中 CTO 与原发 CTO 在接受 ADR 时并无明显差异, 当然这类 CTO 病变在穿越支架内闭塞段时可积极应用 CrossBoss 导管。

6.2 冠状动脉旁路移植术后患者应用 ADR 技术

由于冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 术后合并 CTO 的患者冠状动脉解剖结构复杂, PCI 并发症较多, 所以 CABG 术后 CTO 患者接受 PCI 时造影和操作成功率较低。近期, 一项大型多中心观察性研究^[33], 比较了 1 101 例 CABG 术后合并 CTO 接受 PCI 患者与 2 317 例未接受 CABG 的 CTO 患者的临床及血管造影特征结果, 表明 ADR 技术在 CABG 术后患者中应用比例更高 (35% vs 28%), 但低于逆向介入治疗 (53%), CABG 术后组的 PCI 造影 (84% vs 89%) 和操作成功率 (82% vs 87%) 较低, 住院死亡率 (1.0% vs 0.4%) 和冠状动脉穿孔 (7.1% vs 3.1%) 发生率更高, 但院内总体并发症的发生率相似 (3.1% vs 2.5%)。因此, 对于 CABG 术后 CTO 接受 PCI 的患者, 应更多使用 ADR 和逆向策略开通 CTO 病变。

7 总结

CrossBoss 导管与 Stingray LP 球囊等新型器械的出现和 ADR 技术的不断改进提高了 CTO 介入治疗的成功率, 也改善了 CTO 介入治疗的效率。国内外 ADR 相关研究已表明在 CTO 介入治疗中使用 ADR 是安全有效的, 并发症发生率并不比其他手段更高, 在某些 CTO 患者或病变中是首选治疗方法, 长期预后不劣于其他方法。随着该技术的掌握和临床研究的深入开展, 相信 ADR 在 CTO 介入中应用也会越来越广泛。

参考文献

- [1] Wu EB, Brilakis ES, Mashayekhi K, et al. Global chronic total occlusion crossing algorithm: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 78 (8): 840-853.
- [2] 葛均波, 霍勇, 汝磊生, 等. 正向夹层再入真腔技术在冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗中应用中国专家共识 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2021, 29 (10): 541-547.
- [3] Colombo A, Mikhail GW, Michev I, et al. Treating chronic total occlusions using subintimal tracking and reentry: the STAR technique [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2005, 64 (4): 407-411.
- [4] Carlino M, Godino C, Latib A, et al. Subintimal tracking and re-entry technique with contrast guidance: a safer approach [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2008, 72 (6): 790-796.
- [5] Galassi AR, Tomasello SD, Costanzo L, et al. Mini-STAR as bail-out strategy for percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 79 (1): 30-40.
- [6] Godino C, Latib A, Economou FI, et al. Coronary chronic total occlusions: mid-term comparison of clinical outcome following the use of the guided-STAR technique and conventional antegrade approaches [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2012, 79 (1): 20-27.
- [7] Galassi AR, Boukhris M, Tomasello SD, et al. Long-term clinical and angiographic outcomes of the mini-STAR technique as a bailout strategy for percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion [J]. *Can J Cardiol*, 2014, 30 (11): 1400-1406.
- [8] Lombardi WL. Retrograde PCI: what will they think of next? [J]. *J Invasive Cardiol*, 2009, 21 (10): 543.
- [9] Wilson W, Spratt JC. Advances in procedural techniques—Antegrade [J]. *Curr Cardiol Rev*, 2014, 10 (2): 127-144.
- [10] 中国冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗俱乐部. 中国冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗推荐路径 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2018, 26 (3): 121-128.
- [11] Galassi AR, Werner GS, Boukhris M, et al. Percutaneous recanalisation of chronic total occlusions: 2019 consensus document from the EuroCTO Club [J]. *EuroIntervention*, 2019, 15 (2): 198-208.
- [12] Berkhout T, Claessen BE, Dirksen MT. Advances in percutaneous coronary intervention for chronic total occlusions: current antegrade dissection and reentry techniques and updated algorithm [J]. *Neth Heart J*, 2021, 29 (1): 52-59.
- [13] Brilakis ES, Mashayekhi K, Tsuchikane E, et al. Guiding principles for chronic total occlusion percutaneous coronary intervention [J]. *Circulation*, 2019, 140 (5): 420-433.
- [14] Brilakis ES, Grantham JA, Rinfret S, et al. A percutaneous treatment algorithm for crossing coronary chronic total occlusions [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012, 5 (4): 367-379.
- [15] 中国冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗俱乐部. 冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2020: 68-79.
- [16] Walsh SJ, Cosgrove C, Spratt JC, et al. A technical focus on antegrade dissection and re-entry for coronary chronic total occlusions: a practice update for 2019 [J]. *Korean Circ J*, 2019, 49 (7): 559-567.
- [17] 李悦, 徐波, 薛竞宜, 等. 循序渐进学习冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 67-81.
- [18] Wyman RM. Antegrade dissection and reentry: tools and techniques [J]. *Interv Cardiol Clin*, 2021, 10 (1): 41-50.
- [19] Wu EB, Brilakis ES, Lo S, et al. Advances in CrossBoss/Stingray use in antegrade dissection reentry from the Asia-Pacific Chronic Total Occlusion Club [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 96 (7): 1423-1433.

(下转第 106 页)

- intervention; individual patient data pooled analysis of 4 multicenter registries [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(12):1308-1319.
- [11] Lamelas P, Padilla L, Abud M, et al. In-stent chronic total occlusion angioplasty in the LATAMCTO registry [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97(1):E34-E39.
- [12] Galassi AR, Werner GS, Boukhris M, et al. Percutaneous recanalisation of chronic total occlusions: 2019 consensus document from the EuroCTO Club [J]. *EuroIntervention*, 2019, 15(2):198-208.
- [13] Brilakis ES, Mashayekhi K, Tsuchikane E, et al. Guiding principles for chronic total occlusion percutaneous coronary intervention [J]. *Circulation*, 2019, 140(5):420-433.
- [14] Wu EB, Brilakis ES, Mashayekhi K, et al. Global chronic total occlusion crossing algorithm; JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 78(8):840-853.
- [15] Azzalini L, Alaswad K, Uretsky BF, et al. Multicenter experience with the antegrade fenestration and reentry technique for chronic total occlusion recanalization [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97(1):E40-E50.
- [16] Tajti P, Xenogiannis I, Gargoulas F, et al. Technical and procedural outcomes of the retrograde approach to chronic total occlusion interventions [J]. *EuroIntervention*, 2020, 16(11):E891-E899.
- [17] Matsuno S, Tsuchikane E, Harding SA, et al. Overview and proposed terminology for the reverse controlled antegrade and retrograde tracking (reverse CART) techniques [J]. *EuroIntervention*, 2018, 14(1):94-101.
- [18] Vemou E, Nikolakopoulos I, Xenogiannis I, et al. Recent advances in microcatheter technology for the treatment of chronic total occlusions [J]. *Expert Rev Med Devices*, 2019, 16(4):267-273.
- [19] Maeremans J, Walsh S, Knaapen P, et al. The hybrid algorithm for treating chronic total occlusions in Europe; the RECHARGE registry [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(18):1958-1970.
- [20] Wu EB, Tsuchikane E, Ge L, et al. Retrograde versus antegrade approach for coronary chronic total occlusion in an algorithm-driven contemporary Asia-Pacific Multicentre Registry: comparison of outcomes [J]. *Heart Lung Circ*, 2020, 29(6):894-903.
- [21] Riley RF, Walsh SJ, Kirtane AJ, et al. Algorithmic solutions to common problems encountered during chronic total occlusion angioplasty; the algorithms within the algorithm [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 93(2):286-297.
- [22] Azzalini L, Carlino M. A new combined antegrade and retrograde approach for chronic total occlusion recanalization: facilitated antegrade fenestration and re-entry [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 98(1):E85-E90.
- [23] Wu EB, Tsuchikane E, Lo S, et al. Chronic total occlusion wiring: a state-of-the-art guide from the Asia Pacific Chronic Total Occlusion Club [J]. *Heart Lung Circ*, 2019, 28(10):1490-1500.
- [24] Moroni F, Brilakis ES, Azzalini L. Chronic total occlusion percutaneous coronary intervention; managing perforation complications [J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2021, 19(1):71-87.
- [25] Hirai T, Grantham JA, Gosch KL, et al. Impact of subintimal or plaque modification on repeat chronic total occlusion angioplasty following an unsuccessful attempt [J]. *J Am Coll Cardiol Interv*, 2020, 13(8):1010-1012.
- [26] Xenogiannis I, Choi JW, Alaswad K, et al. Outcomes of subintimal plaque modification in chronic total occlusion percutaneous coronary intervention [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 96(5):1029-1035.
- [27] Gleski PJ, Nakamura K, Liebeskind E, et al. Revascularization of coronary chronic total occlusions with subintimal tracking and reentry followed by deferred stenting; experience from a high-volume referral center [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019, 93(2):191-198.

收稿日期:2022-12-11

(上接第 100 页)

- [20] Whitlow PL, Burke MN, Lombardi WL, et al. Use of a novel crossing and re-entry system in coronary chronic total occlusions that have failed standard crossing techniques; results of the FAST-CTOs (Facilitated Antegrade Steering Technique in Chronic Total Occlusions) trial [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012, 5(4):393-401.
- [21] Tajti P, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. The hybrid approach to chronic total occlusion percutaneous coronary intervention; update from the PROGRESS CTO registry [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(14):1325-1335.
- [22] Maeremans J, Dens J, Spratt JC, et al. Antegrade dissection and reentry as part of the hybrid chronic total occlusion revascularization strategy: a subanalysis of the RECHARGE registry (Registry of CrossBoss and Hybrid Procedures in France, the Netherlands, Belgium and United Kingdom) [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2017, 10(6):e004791.
- [23] Danek BA, Karatasakis A, Karpaliotis D, et al. Use of antegrade dissection re-entry in coronary chronic total occlusion percutaneous coronary intervention in a contemporary multicenter registry [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 214:428-437.
- [24] Maeremans J, Walsh S, Knaapen P, et al. The hybrid algorithm for treating chronic total occlusions in Europe; the RECHARGE registry [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(18):1958-1970.
- [25] 陈根锐, 高好考, 王琼, 等. BridgePoint 系统开通冠状动脉慢性完全闭塞病变的临床疗效 [J]. *中华心血管病杂志*, 2020, 48(3):236-243.
- [26] Gong YT, Zhang S, Wang DY, et al. The balloon occlusion and thrombus aspiration catheter mediated-distal coronary perfusion technique (BI-RESCUE) for treatment of coronary artery perforation [J]. *J Geriatr Cardiol*, 2021, 18(2):150-154.
- [27] 张奇. 冠状动脉慢性完全闭塞病变经皮冠状动脉介入治疗并发症防治策略 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2017, 25(12):703-705.
- [28] 赵林, 王刚, 胡春阳, 等. Stingray 球囊辅助下正向夹层再进入技术在慢性完全闭塞病变治疗中的应用 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2020, 28(9):511-516.
- [29] Azzalini L, Dautov R, Brilakis ES, et al. Procedural and longer-term outcomes of wire-versus device-based antegrade dissection and re-entry techniques for the percutaneous revascularization of coronary chronic total occlusions [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 231:78-83.
- [30] Wilson WM, Walsh SJ, Bagnall A, et al. One-year outcomes after successful chronic total occlusion percutaneous coronary intervention; the impact of dissection re-entry techniques [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 90(5):703-712.
- [31] Wu X, Zhang D, Liu H, et al. A clinical analysis of the treatment of chronic coronary artery occlusion with antegrade dissection reentry [J]. *Front Surg*, 2021, 8:609403.
- [32] Vemou E, Quadros AS, Dens JA, et al. In-stent CTO percutaneous coronary intervention; individual patient data pooled analysis of 4 multicenter registries [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(12):1308-1319.
- [33] Tajti P, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. In-hospital outcomes of chronic total occlusion percutaneous coronary interventions in patients with prior coronary artery bypass graft surgery [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2019, 12(3):e007338.

收稿日期:2022-11-04