

慢性完全闭塞病变逆向介入治疗技术进展

宋新星 马彦卓 刘文秀 孔令锋 彭育红 赵玉英 汝磊生
(白求恩国际和平医院心血管内科, 河北 石家庄 050082)

【摘要】 开通慢性完全闭塞病变仍然是经皮冠状动脉介入治疗的最后挑战之一。作为经典的前向技术的重要补充, 逆向技术是该治疗的重要方法。尽管经常被用于最复杂的病变, 但逆向技术成功率高, 并发症发生率相对较低。自逆向技术出现以来, 已经有了重要改进, 使其更安全、更快、更成功。

【关键词】 经皮冠状动脉介入治疗; 慢性完全闭塞; 逆向技术

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.02.004

Retrograde Coronary Chronic Total Occlusion Intervention

SONG Xinxing, MA Yanzhuo, LIU Wenxiu, KONG Lingfeng, PENG Yuhong, ZHAO Yuying, RU Leisheng
(Department of Cardiology, Bethune International Peace Hospital, Shijiazhuang 050082, Hebei, China)

【Abstract】 Chronic total occlusion recanalization still remains one of the last challenge of percutaneous coronary intervention. As one of the most important amendments technique, retrograde recanalization has become an essential supplement to the classical antegrade approach. It has a high success rate with a low complication, despite higher utilization in the most complex patients. Since its initial description, important evolutions have occurred and made the technique safer, faster and more successful.

【Key words】 Percutaneous coronary intervention; Chronic total occlusion; Retrograde technique

随着技术以及器械的发展, 尽管慢性完全闭塞 (chronic total occlusion, CTO) 病变开通成功率较前明显提高, 但仍然是经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 最后堡垒。逆向技术是前向技术的重要补充, 使得部分复杂病变的开通成为可能, 随着介入医师技术经验的积累, 逆向技术的成功率进一步提升, 同时有效降低了并发症发生率。现结合自身临床工作经验, 就 CTO 逆向技术的治疗现状, 对侧支循环的选择, 导丝通过侧支、CTO 段, 以及导丝体外化等技术进行详述, 希望对广大心血管介入医生有所帮助。

1 CTO 开通的意义

根据美国心脏病学会/美国心脏协会 (ACC/AHA) 定义, CTO 病变为冠状动脉闭塞时间 ≥ 3 个月的病变^[1]。PCI 开通 CTO 可有效改善患者心绞痛、运动能力、左心室功能和对未来可能发生的冠状动脉事件的耐受性, 并可能降低死亡率, 减少对冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 的需求和降低发生心律失常的风险^[2,4]。利用前向技术, CTO 开通的成功率为 60% ~ 70%^[5]。前向技术是大多数

医生开通 CTO 病变的首选策略, 但对于部分复杂病变, 前向技术开通闭塞病变具有一定难度^[6]。逆向技术的出现, 提升了 CTO 开通的成功率。目前在经验丰富的心脏中心, CTO 开通的成功率可达 90% 以上。虽然逆向技术提高了 CTO-PCI 的成功率, 但进行逆向操作显然更复杂, 需要更多的技能、技巧, 而且相比前向技术, 并发症发生率较高^[7-8], 有经验的术者逆向开通 CTO 复杂病变具有更高的成功率^[9]。目前逆向技术的使用率占 CTO-PCI 总例数的 15% ~ 30%^[10-11]。近期有研究^[12]表明, 对于复杂 CTO 病变, 与将逆向技术作为补救性手术策略相比, 首选逆向技术开通 CTO 具有更高的手术成功率。

2 启动逆向治疗的时机

CTO 病变的主要组成部分为近端纤维帽、病变体部、远端纤维帽。病理揭示血栓、脂质、胶原、钙化斑块、微通道等是病变体部的主要组成部分。相比于近端纤维帽, 远端纤维帽所受的血管剪切力小, 故大部分远端纤维帽密度小, 显影较为清晰, 且形态为锥形, 为导丝刺入提供了理论基础^[13]。

对于大多数病变, 前向技术为首选, 前向技术失

败后,可转为逆向策略。但是在具体手术中,两个重要的因素需要考虑:(1)仔细评估患者的病变是否适合逆向开通;(2)要有转换治疗策略的准备。在高质量的双侧造影后,仔细分析 CTO 病变的造影结果,对于开口慢性闭塞或闭塞段较长(长度 > 20 mm),近端呈“平头病变”且使用多种方式如血管内超声(intra-vascular ultrasound, IVUS)辅助或前向内膜下重进真腔技术难以开通、闭塞段近端有分支发出、闭塞段伴有严重扭曲或钙化、存在持续性侧支循环、着陆区血管存在病变等情况,可以考虑逆向开通。良好的侧支循环是逆向成功开通的独立预测因子^[14]。正向失败后,是否或何时转换为逆向,需要术者结合自身临床经验以及患者的一般状况决定。

3 逆向治疗动脉入路及指引导管的选择

CTO 的介入手术,笔者常常直接采用右桡动脉+右股动脉的动脉入路。尽管有研究^[15-17]表明,桡动脉入路可达到股动脉入路相似的手术效果,但股动脉可应用更大的指引导管(如 7 F、8 F),从而提供更大的支撑力和管腔面积,利于开展后续手术,缩短手术时间。

选取具有最佳支撑力的指引导管,对于手术的成功具有重要作用,支撑力不足,可能导致导丝难以通过闭塞病变,延长手术时间或导致手术失败。笔者中心多用可有效提供后坐力的 6 F 指引导管。逆向入路选择方面经验主要是:为使指引导管分别达到最佳支撑力效果,笔者习惯经右侧桡动脉选取如 Short Amplatz Left (SAL)、Amplatz Left (AL) 1.0 ~ 1.5 等 6 F 指引导管置于右冠状动脉开口,右侧股动脉入路选取如 Extra back up (EBU)、AL1.5 ~ 2.0 等 6 F 指引导管置于左冠状动脉开口。

4 侧支选择以及器械通过侧支技术

4.1 逆向侧支的选择

逆向侧支的类型包括静脉桥侧支、室间隔侧支、心外膜侧支、内乳动脉侧支。但是,内乳动脉侧支由于存在夹层风险,引发严重后果,故大多数学者不建议将其作为逆向介入治疗的通路。而对于静脉桥侧支,其管腔面积大,导丝易于通过,可作为逆向侧支通路的首选,缺点在于其血管吻合角度会增加导丝通过难度,可使用亲水涂层的导丝、结合反转导丝技术或使用可调弯微导管使导丝通过^[18]。相对而言,室间隔侧支是最安全的,也是目前最常用的侧支血管。一般认为,只要存在室间隔侧支,就可以考虑将其作为逆向通路。与心外膜侧支相比,室间隔侧支与受体血管的路径较短,迂曲程度较小,导丝通过容易,且即使导丝通过或微导管通过时损伤室间隔侧支,引起心肌梗死、心肌水肿或心脏压塞的可能性较小。另外,室间

隔侧支允许使用小球囊(1.2 ~ 1.5 mm)在很低的压力(2 ~ 4 atm, 1 atm ≈ 101 kPa)下扩张,协助微导管通过^[19]。心外膜侧支比室间隔侧支更长、更大,但更加迂曲。在导丝操作过程中存在穿孔的风险,可造成严重后果。应始终避免对该心外膜侧支进行球囊扩张,以防止血管破裂和心脏压塞。虽然 CABG 后患者的心包有瘢痕,并与心外膜粘连,但由于心腔受到压迫,这一类患者也会受到心外膜水肿的影响,并引起灾难性的并发症。心包穿刺常常无法处理这种水肿。如果心外膜侧支作为 CTO 病变唯一的供体动脉,导丝操作可能导致心肌梗死^[19]。

用于逆行入路的理想侧支应该符合相对较直或无严重迂曲,并与受体血管直接连接等标准。供体和受体血管的角度应 > 90°,侧支血管进入受体动脉的位置距离 CTO 远端病变应 > 5 mm。

4.2 逆向导丝的选择

选择合适的侧支后,可选择亲水非锥形导丝通过侧支达到 CTO 远端。笔者首选 Sion (Asahi Intecc),它独特的头端为中央核芯和缠绕核芯,弹簧圈缠绕护套和 SLIP COAT 亲水涂层设计,能提供先进的扭矩性能,同时具有灵活的尖端。Sion Black 导丝 (Asahi Intecc) 也是通过微小侧支(如 CC0 级)的一种选择。而 Suoh-03 (Asahi Intecc) 是头端最柔软导丝,适合于通过严重迂曲且无分支的侧支血管。当然,经典的 Field XT-R 也是可选择的导丝。

当导丝进入侧支血管后,可通过冲浪技术(surfing)或者超选造影(tip-injection)将导丝送至受体血管。其中,冲浪技术不应用于心外膜侧支。随后,跟进微导管,微导管首选 Corsair,如微导管不能通过侧支,室间隔侧支可尝试使用小球囊(1.2 ~ 1.5 mm)在很低的压力(2 ~ 4 atm)下扩张的方式辅助微导管通过,如仍不能通过,可更换 Fincross 或 Caravel 导管或通过球囊锚定、深插指引导管或应用延伸导管的方式来增加支撑力,协助微导管通过,也可考虑选择其他侧支血管。

5 逆向导丝通过 CTO 病变的技术

逆向导丝通过侧支血管,并沿此导丝将逆行微导管推进到远端纤维帽后,可尝试将逆向导丝经 CTO 病变推送至闭塞段近端,目前主要有以下三种通过 CTO 病变的技术。

5.1 逆向导丝真腔穿刺技术

该技术适合闭塞段较短(< 20 mm)并且远端纤维帽为锥形的病变。目前,不到 30% 的病例可通过此方法获得成功。首先可尝试使用软导丝,如 Fielder XT 来逆向穿过 CTO 病变。如果未能成功,则升级导丝,

使用亲水涂层、锥形头端或较硬的导丝如 Gaia 系列导丝,穿刺远端纤维帽,并穿过 CTO 病变体部。如果 CTO 存在严重钙化,则可更换导丝为 Conquest Pro、Pilot 200。当导丝进入 CTO 近端血管真腔后,进一步将导丝送入前向指引导管内,沿逆向导丝将逆向微导管向前送,穿过 CTO 病变并进入前向指引导管^[18]。

5.2 导丝对吻技术

此技术通过侧支循环血管,将导丝送达闭塞病变的远端,跟进微导管并交换较硬导丝,尝试将导丝逆向通过闭塞病变,若导丝未能通过病变进入近端真腔,则原地保留导丝作为路标,重新尝试操作正向导丝。此时以逆向导丝作为参照,小心操作前向导丝,通过双侧造影、多体位投照,明确正向和逆向导丝相互“吻合”后,以逆向导丝作为“路标”,操作正向导丝向前推送,最终到达血管远端^[20]。

5.3 夹层再入真腔技术

5.3.1 控制性正向和逆向内膜下寻径技术

操作正向导丝进入 CTO 近端血管内膜下后停止操作,随后于微导管支撑下,经间隔支侧支,逆向将导丝推送至闭塞远端,并首先尝试操作逆向导丝逆向穿过闭塞病变,如逆向导丝进入内膜下,则可经逆向导丝逆向送入球囊至闭塞段并扩张球囊,撕裂内膜形成假腔。然后再次操作前向导丝,将其刺入逆向球囊扩张后产生的假腔。以逆向导丝为“路标”,将前向导丝经闭塞段推送入远端真腔。为证实正向导丝位于真腔内,可采取动态体位或多体位投照,或逆向造影等方法。控制性正向和逆向内膜下寻径(controlled antegrade and retrograde subintimal tracking, CART)有效提高了逆向开通 CTO 的成功率。由于球囊扩张产生的假腔在闭塞段,可保留闭塞病变远端的真腔及侧支血管。其缺点在于:(1)需要良好的逆向侧支血管以利于通过球囊,即成角较小,迂曲较少,直径相对较大;(2)容易损伤侧支。为保证球囊通过侧支,需要逆向指引导管提供有效支撑力,因而成功率略低^[21]。

5.3.2 反向控制性正向和逆向内膜下寻径技术^[22]

反向控制性正向和逆向内膜下寻径(reverse controlled antegrade and retrograde subintimal tracking, rCART)为目前临床中更倾向于应用球囊辅助的逆向内膜下再入真腔技术。其类似于 CART 技术,但 rCART 是将球囊经正向导丝送入闭塞段后进行扩张而制造夹层。当前向与逆向导丝均走于血管内膜下时,多角度投照验证下,让两根导丝尽量靠近,然后经正向导丝将球囊送至闭塞病变后扩张,人工制造与近端真腔相连的假腔,然后操作逆向导丝进入该假腔,进一步推送进入近端真腔。此技术相对简单,临床中被广泛使用(图 1)。

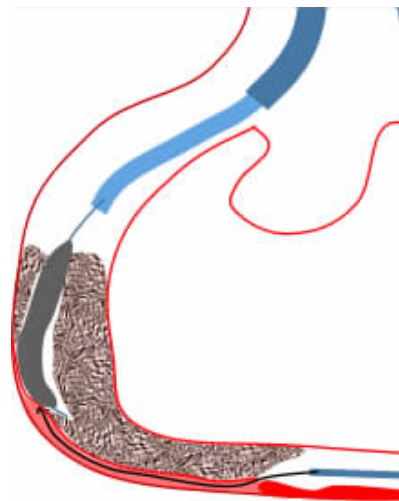


图 1 rCART 技术示意图

5.3.3 当代 rCART 技术

与经典 rCART 技术相比,当代 rCART 技术特征是避免了较大逆向夹层或血肿形成。当逆向导丝到达闭塞病变远端后,在正向准备完善前,应尽可能不去进行逆向通过技术;正向准备完毕后,沿正向导丝送入球囊并扩张,在球囊处操作逆向导丝,并尽可能使逆向导丝和正向球囊靠近,负压抽吸球囊,同时操控逆向导丝,该导丝常可以进入球囊产生的假腔,并进入近端真腔。如果失败,可以重复上述步骤。经典 rCART 技术常在逆向导丝通过技术或对吻技术失败后启用。正向准备完成后,当代 rCART 技术就可直接进行,目的是为了避免形成逆向较大夹层或血肿。为提高手术成功率和效率,降低并发症发生率,应该尽可能使正向和逆向导丝在短轴切面相贴靠,这是当代 rCART 技术的精髓。另外,与经典 rCART 技术相比,当代 rCART 技术所用球囊直径常在 2.0 mm 左右^[23]。

5.3.4 Guidezilla 辅助 rCART 技术

此技术为传统 rCART 技术的一种简单改进。即在前向球囊扩张后,使用 Guidezilla (Boston Scientific) 进入前向球囊扩张产生的内膜下空间。其优点是可以维持内膜下的空间并防止正向球囊扩大后内膜弹性回缩。以 Guidezilla 导管为靶标时,逆向穿刺更精确易行,并可避免内膜下假腔扩大,可更好地植入支架^[24]。

5.3.5 IVUS 辅助下的 rCART 技术

借助于 IVUS,可判断病变性质,判断导丝位置及导丝走向,指导导丝穿刺,使逆向导丝更好地穿刺入近端血管真腔^[22,24]。与此同时,IVUS 可协助术者制定后续手术策略。

5.3.5 Shifting rCART 技术

此技术强调的是在病变的近端或远端使用前向

球囊扩张,随后操作逆向导丝进入球囊扩张形成的空间的一种 rCART 技术。适用于 CTO 病变附近无分支,且前向准备困难或远端纤维帽难以突破的情况^[25]。

5.3.6 导丝 Knuckle 辅助的夹层再入真腔技术

此技术是指正向导丝进入血管内膜下,头端弯曲后形成 Knuckle 环,主动前送(建议首选 Fielder 系列、Plot 系列),此时会产生内膜下腔隙,保留 Knuckle 导丝作为“路标”,操作逆向导丝通过正向 Knuckle 环创造的内膜下腔隙,沿远端真腔-内膜下-近端真腔的通道进入闭塞段近端真腔^[26]。

对一个具体的复杂 CTO 病变,单独用一种介入方法治疗成功率有限,常需要尝试多种技术。逆向技术策略要点应为:先易后难,从简单到复杂。首先采用逆向导丝真腔穿刺技术,若逆向导丝进入假腔,不能重回真腔时,改用对吻导丝技术,仍未成功的情况下,可改用夹层再入真腔技术。

6 逆向导丝通过 CTO 病变后的技术

6.1 正向导丝技术

借助逆向导丝作为指引,将正向导丝沿 CTO 病变送入远端血管真腔。可通过逆向球囊扩张闭塞段、正向导丝送入逆向微导管^[27]、Rendezvous 技术^[28]或通过抓捕器抓捕逆向导丝,回撤逆向导丝,牵拉抓捕器通过闭塞段,随后沿抓捕器正向送入微导管通过闭塞段^[29]等办法实现正向导丝通过闭塞病变。

6.2 逆向导丝体外化技术

使用 RG3 导丝,进入正向指引导管后通过“Y”阀拉出体外。若逆向导丝难以进入正向导管,可以通过抓捕器进行抓捕。主动迎客技术(图 2)是一种将逆向导丝送入前向指引导管的高效技术,具体操作方法为将子母导管(Guidezilla™ 延长管或 5in6 导管)尽可能深插,战场前移,主动迎接逆向导丝,随后操作逆向导丝通过闭塞病变,将逆向导丝送入子母导管内,随后完成导丝体外化过程^[30]。在这里,笔者的经验是使用国产 Expressman 4in6 子母导管,其外径小,更为柔软,通过扭曲病变的能力更强,更利于深插。

7 并发症的处理

与单纯前向技术相比,采用逆向技术的并发症发生率更高^[31]。应用逆向技术的 CTO-PCI,手术时间及透视时间更长,造影剂用量更多,心脏压塞、围手术期心肌梗死、造影剂肾病的风险更高^[8,32]。

7.1 侧支血管穿孔

一般认为室间隔侧支穿孔不会引起严重后果,但少数情况下,可能会出现室间隔血肿,阻碍心室充盈。心外膜侧支穿孔则可导致心脏压塞,常需要紧急处理,包括心包穿刺,使用弹簧圈堵塞血管,也可通过导

管注入小血栓或少量自液体化脂肪,栓塞穿孔动脉,需要注意的是,需要同时堵塞穿孔部位两侧。

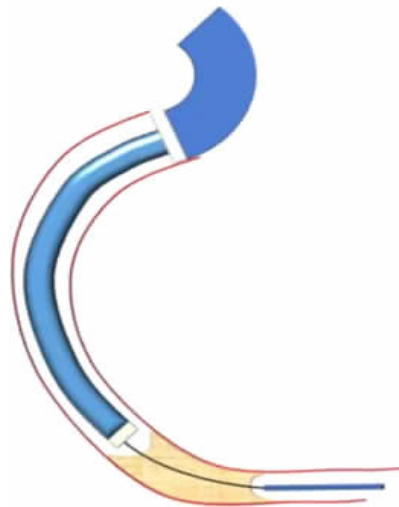


图 2 主动迎客技术示意图

7.2 供体血管夹层或血栓

逆向技术的一个严重的并发症是供体血管问题(夹层、血栓)。指引导管诱发的夹层可能发生于 CTO 病变植入支架的过程中,在这个过程中要小心操作,注意逆向指引导管的位置、压力等,发生夹层后需植入支架。由于手术时间长,供体血管内有血栓形成的可能。应经常检查活化凝血时间(每 20 ~ 30 min),目标是 >300 ~ 350 s。经常用生理盐水冲洗系统也很重要。

8 总结

由于技术和器械的巨大进步,CTO 的开通率较前明显提高,处理 CTO 病变已经成为 PCI 手术的重要组成部分。逆向技术的出现,有效地增加了 CTO 开通率。不同国家、地区制定了一系列 CTO-PCI 手术策略^[33],有助于激励介入心脏病学者挑战冠状动脉介入这一最后的堡垒——CTO 病变。

参考文献

- [1] Harold JG, Bass TA, Bashore TM, et al. ACCF/AHA/SCAI 2013 update of the clinical competence statement on coronary artery interventional procedures: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association/American College of Physicians Task Force on Clinical Competence and Training (Writing Committee to Revise the 2007 Clinical Competence Statement on Cardiac Interventional Procedures) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(4):357-396.
- [2] Suero JA, Marso SP, Jones PG, et al. Procedural outcomes and long-term survival among patients undergoing percutaneous coronary intervention of a chronic total occlusion in native coronary arteries: a 20-year experience [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2001, 38(2):409-414.
- [3] Nombela-Franco L, Mitroi CD, Fernández-Lozano I, et al. Ventricular arrhythmias among implantable cardioverter-defibrillator recipients for primary prevention: impact of chronic total coronary occlusion (VACTO Primary Study)

- [J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2012, 5(1):147-154.
- [4] 钱志贤, 葛均波, 钱菊英, 等. 冠脉慢性闭塞病变再通对心脏功能的影响[J]. *心血管康复医学杂志*, 2004, 13(1):20-22.
- [5] Joyal D, Afilalo J, Rinfret S. Effectiveness of recanalization of chronic total occlusions: a systematic review and meta-analysis[J]. *Am Heart J*, 2010, 160(1):179-187.
- [6] Tajti P, Burke MN, Karpalotis D, et al. Update in the percutaneous management of coronary chronic total occlusions[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(7):615-625.
- [7] Kalyanasundaram A, Seth A. Retrograde CTO PCI-the final frontier-challenges and outcomes[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2022, 100(1):28-29.
- [8] Megaly M, Ali A, Saad M, et al. Outcomes with retrograde versus antegrade chronic total occlusion revascularization[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 96(5):1037-1043.
- [9] 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.
- [10] Wilson WM, Walsh SJ, Yan AT, et al. Hybrid approach improves success of chronic total occlusion angioplasty[J]. *Heart*, 2016, 102(18):1486-1493.
- [11] Galassi AR, Tomasello SD, Reifart N, et al. In-hospital outcomes of percutaneous coronary intervention in patients with chronic total occlusion: insights from the ERCTO (European Registry of Chronic Total Occlusion) registry[J]. *EuroIntervention*, 2011, 7(4):472-479.
- [12] Kostantinis S, Alaswad K, Karpalotis D, et al. Primary vs secondary retrograde approach in chronic total occlusion percutaneous coronary interventions[J]. *J Invasive Cardiol*, 2022, 34(9):e672-e677.
- [13] Sakakura K, Nakano M, Otsuka F, et al. Comparison of pathology of chronic total occlusion with and without coronary artery bypass graft[J]. *Eur Heart J*, 2014, 35(25):1683-1693.
- [14] Simsek B, Kostantinis S, Karacsonyi J, et al. Predictors of success in primary retrograde strategy in chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: insights from the PROGRESS-chronic total occlusion registry[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2022, 100(1):19-27.
- [15] Alaswad K, Menon RV, Christopoulos G, et al. Transradial approach for coronary chronic total occlusion interventions: insights from a contemporary multicenter registry[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85(7):1123-1129.
- [16] Burzotta F, de Vita M, Lefevre T, et al. Radial approach for percutaneous coronary interventions on chronic total occlusions: technical issues and data review[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2014, 83(1):47-57.
- [17] 傅宴, 马敬亮, 赵榆华, 等. 完全经桡动脉与经股动脉入路在冠状动脉慢性完全闭塞病变逆向经皮冠状动脉介入治疗中的比较[J]. *岭南心血管病杂志*, 2022, 28(3):232-236.
- [18] Dash D. A step-by-step guide to mastering retrograde coronary chronic total occlusion intervention in 2018: the author's perspective[J]. *Indian Heart J*, 2018, 70(suppl 3):S446-S455.
- [19] Dash D. Retrograde coronary chronic total occlusion intervention[J]. *Curr Cardiol Rev*, 2015, 11(4):291-298.
- [20] Niccoli G, Ochiai M, Mazzari MA. A complex case of right coronary artery chronic total occlusion treated by a successful multi-step Japanese approach[J]. *J Invasive Cardiol*, 2006, 18(8):e230-233.
- [21] Wu EB, Kao HL, Lo S, et al. From reverse CART to antegrade wire access: a guide to externalisation, tip-in, rendezvous, and snaring from the APCTO club: reverse CART to antegrade access[J]. *AsiaIntervention*, 2020, 6(1):6-14.
- [22] Dash D, Li L. Intravascular ultrasound guided percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion[J]. *Curr Cardiol Rev*, 2015, 11(4):317-323.
- [23] Dash D. Iteration of reverse controlled antegrade and retrograde tracking for coronary chronic total occlusion intervention: a current appraisal[J]. *Korean Circ J*, 2020, 50(10):867-879.
- [24] Rathore S, Katoh O, Tuschikane E, et al. A novel modification of the retrograde approach for the recanalization of chronic total occlusion of the coronary arteries intravascular ultrasound-guided reverse controlled antegrade and retrograde tracking[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2010, 3(2):155-164.
- [25] 《中国心血管健康与疾病报告》编写组.《中国心血管健康与疾病报告 2020》概述[J]. *中国心血管病研究*, 2021, 19(7):582-590.
- [26] Reddy SA, Pillai AA, Reddy B, et al. Knuckle wire technique in percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion: knuckle wire technique[J]. *AsiaIntervention*, 2020, 6(2):91-101.
- [27] Christ G, Glogar D. Successful recanalization of a chronic occluded left anterior descending coronary artery with a modification of the retrograde proximal true lumen puncture technique: the antegrade microcatheter probing technique[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2009, 73(2):272-275.
- [28] Kim MH, Yu LH, Mitsudo K. A new retrograde wiring technique for chronic total occlusion[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2010, 75(1):117-119.
- [29] Ge J, Zhang F. Retrograde recanalization of chronic total coronary artery occlusion using a novel "reverse wire trapping" technique[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2009, 74(6):855-860.
- [30] 葛均波, 葛雷, 霍勇, 等. 中国冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗推荐路径更新[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2021, 29(6):302-305.
- [31] Karpalotis D, Karatasakis A, Alaswad K, et al. Outcomes with the use of the retrograde approach for coronary chronic total occlusion interventions in a contemporary multicenter US registry[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2016, 9(6):e003434.
- [32] Kalra S, Doshi D, Sapontis J, et al. Outcomes of retrograde chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: a report from the OPEN-CTO registry[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97(6):1162-1173.
- [33] 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.

收稿日期:2022-11-01