

冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗的患者选择和治疗策略转化

丰雷 窦克非

(中国医学科学院阜外医院, 北京 100037)

【摘要】 冠状动脉慢性完全闭塞(CTO)在日常造影中的检出率较高,但并不是所有 CTO 都需要介入治疗。由于 CTO-经皮冠状动脉介入治疗(PCI)的特殊性,目前还缺少有力的临床研究证实 CTO-PCI 可以改善 CTO 患者的预后。介入治疗手段多用于改善有明确缺血证据的患者症状以及生活质量。CTO-PCI 是目前 PCI 领域难度最大的一类手术,存在一定的失败率及并发症发生率,临床实践中应合理选择需要进行 CTO-PCI 的患者,根据现有的流程图制定首选策略,并在不同策略中进行安全、合理、高效的转化,从而保证手术的成功。

【关键词】 慢性完全闭塞;经皮冠状动脉介入治疗;逆向;内膜下重回真腔

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.02.002

Patient Selection and Strategy Transformation for Chronic Total Occlusion-Percutaneous Coronary Intervention

FENG Lei, DOU Kefei

(Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, China)

【Abstract】 Chronic total occlusion (CTO) is highly detected in daily angiography, but not every CTO lesion requires interventional treatment. Due to the particularity of CTO-PCI, there is still a lack of strong clinical studies confirming that CTO-PCI can improve the prognosis of CTO patients. CTO-PCI is mostly used to improve the symptoms and quality of life of patients with clear evidence of ischemia. CTO-PCI is still the most difficult type of operation in the field of PCI, with a certain failure rate and complication rate. In clinical practice, patients who need to undergo CTO-PCI should be properly selected, and the preferred strategy should be formulated according to the contemporary algorithm and the safe, reasonable and efficient transformation of different strategies should be carried out to ensure the success of operation.

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

冠状动脉慢性完全闭塞(chronic total occlusion, CTO)-经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)始终是 PCI 领域里难度最大同时也是争论最大的治疗手段。CTO-PCI 需要术者具有丰富的 PCI 经验与熟练的技术,难度较大,存在一定的失败及发生并发症的风险。在《2021 ACC/AHA/SCAI 冠状动脉血运重建指南》^[1]中,源于缺少有力的临床研究证实,将 CTO-PCI 从 II a 类降至 II b 类推荐。在这一背景下,如何合理选择需要进行 CTO-PCI 的患者,如何在复杂的手术中进行高效合理的策略转化,是每一位成熟的 CTO 术者需要不断思考并加以实践的问题。

1 CTO-PCI 的患者选择

尽管日常工作中 CTO 检出率较高,但并不是所有的 CTO 都需要进行介入治疗。毕竟这个领域的手术难度及风险较大,所需花费较高,正确把握适应证是一切合理治疗的开始。

1.1 当前的证据与建议

鉴于 CTO 慢性病变的本质,对其的治疗建议长期以来均按照慢性稳定型心绞痛的指南来执行。2011 年发布的《冠状动脉血运重建治疗指南(ACCF/AHA/SCAI 2011 年修订版)》,首次将 CTO 作为特殊病变纳入,同时强调了 CTO-PCI 的复杂性,将其列为 II a 类推荐,证据等级为 B 级。指南明确建议对病变特征适合介入治疗且具备恰当临床适应证的 CTO 患者,应由有经验的术者为其进行介入治疗。近 10 年,只有 EXPLORE、DECISION-CTO 和 EURO-CTO 3 个随机对照试验比较了 CTO-PCI 和药物治疗。在 3 个试验中,2 个(DECISION-CTO 和 EURO-CTO)因入组过慢提前终止,因此证据不强。此外,DECISION-CTO 试验的一些患者存在未处理的多血管病变,限制了对 CTO-PCI 效果的评估。由于 CTO-PCI 的特殊性,很难为其开展大型随机临床试验^[2-7]。在《2021 ACC/AHA/SCAI 冠

状动脉血运重建指南》^[1]中,源于缺少有力的临床研究证实,将 CTO-PCI 从 II a 类降至 II b 类推荐。

所有的医疗决策都应该基于风险获益比。迄今为止 CTO-PCI 的获益主要是症状改善。术前评估介入治疗的成功率对于准确估计潜在获益至关重要。J-CTO Score 等评分系统对于评估成功率和操作风险具有一定的意义,在恰当的患者中成功进行 CTO-PCI 可以提供显著的临床获益并改善生活质量^[8]。

1.2 临床实践中如何进行患者的选择

鉴于目前 CTO-PCI 技术的进步,对于有冠状动脉旁路移植术(coronary artery bypass grafting, CABG)适应证的患者,不妨把 CTO 病变视为重度狭窄等同病变一并评估 CABG 的适应证。SYNTAX 评分系统现已成为指导血运重建方式的权威工具。然而就 CTO 病变而言,相对于普通狭窄病变 2 倍的权重,其 5 倍权重未免有失公平。尤其是前降支近端的 CTO 病变,该位置本身即有 3.5 倍的权重,SYNTAX 评分将很容易超过 22 分,就此选择 CABG 也许并不是合理的建议。若无 CABG 适应证或患者因身体情况无法或因主观因素不愿进行 CABG,则应认真评估介入治疗适应证。

并不是所有的闭塞都是 CTO。发育早期的 CTO 多可见到鼠尾状残端,闭塞段内存在微通道,由于侧支循环建立不久,远端纤维帽往往显影不清。这类发育早期的 CTO 病变侧支循环的建立尚不充分,缺血症状反而比较明显,简单正向介入治疗多可在短时间内获得成功,介入治疗的风险获益比与重度狭窄病变相近。随着 CTO 病变不断发育成熟,近端纤维帽终止在分支发出的部位从而在造影下变得难以确认,由于血流的冲击,纤维帽也会发育得异常坚硬;闭塞段内的病变也将逐渐由软斑块发育成致密的纤维组织并常伴有严重的钙化;由于侧支循环充分发育,远端纤维帽也有可能终止在分支发出部位,质地变得坚硬。对于此类的 CTO 病变,介入治疗将会非常困难,往往需要联合应用正向、逆向以及正向夹层再入真腔(antegrade dissection reentry, ADR)等多种治疗策略,手术难度大、风险高,成功的概率也会显著降低。由于侧支循环的充分建立,这一类 CTO 病变患者的缺血症状有可能并不明显。

并不是所有 CTO 都需要介入治疗。如上述发育成熟的 CTO 病变,由于侧支循环很大程度满足了供血区域的灌注,多表现为轻中度的稳定型心绞痛甚至无缺血症状。如果闭塞发生的位置供血范围非常有限,如非优势右冠状动脉(right coronary artery, RCA)或者左旋支(left circumflex, LCX)的远端闭塞,冒着失败与并发症的风险进行介入治疗并不是一个合理的选择。

如果闭塞发生在重要血管的近端,介入治疗一旦成功将会给患者带来极大的获益,为其尝试进行介入治疗将会是合理的选择。由于侧支循环的代偿能力具有很大的个体差异,造影所见的闭塞血管供血范围并不能真正反映患者实际的缺血负荷。运动同位素心肌灌注显像可以定量检测缺血区域的大小,从而给是否进行介入治疗提供客观量化的证据。

1.3 合并特殊临床情况的 CTO 患者

1.3.1 合并多支血管病变的患者

基于正向 CTO-PCI 技术经验的传统观念,对于多支病变合并 CTO 时往往建议先处理闭塞病变。若介入治疗不成功则转为 CABG 或姑息性处理非闭塞病变。由于逆向技术的逐渐普及显著提高了 CTO-PCI 的成功率,是否优先处理 CTO 病变进入一个个体化决策的时代,需要根据患者 CTO 病变的解剖特点以及术者的技术经验来决定。

这一类患者的治疗首先应遵循多支病变的基本处理原则。如合并左主干分叉或左前降支(left anterior descending branch, LAD)近段重度狭窄的 RCA 近中段 CTO,应尽可能优先处理 RCA 的 CTO 病变,并且在处理策略上倾向于积极的正向策略,必要时应用 ADR 技术。多支病变中除 CTO 外如果还合并有不稳定的病变存在,应该优先处理不稳定病变。

若 CTO 病变大概率需要应用逆向技术才能完成时,应优先处理提供明确或潜在侧支循环的血管。当靶血管为供血血管时,其供血范围将远超靶血管本身,处理该血管时需警惕一旦出现血流下降可能引起的严重后果。处理过程中应采取合理手段保护好发出逆向侧支的分支血管,从而为下一步逆向治疗保留通路。若供血血管与靶血管虽同处一侧但从不同位置分别发出(如圆锥支发出侧支的 RCA 或者 LCX 发出侧支的 LAD),则靶病变的处理将不会影响逆向血供,处理起来不仅安全,一旦成功还有可能提供新的侧支循环以供逆向治疗之用。

一类比较特殊的情况是患者不止一支血管闭塞,优先处理哪一处闭塞将会是非常个体化的选择。总的原则是优先处理成功率更高,治疗过程对整体供血影响更小,治疗成功后能给其他部位 CTO 的治疗提供侧支通路的一侧。首次 CTO-PCI 首选单纯正向技术,积极应用平行导丝/ADR 技术以保证成功率及安全性。从经验上来讲,多处 CTO 发育程度不同,必然有一支相对容易取得成功,若从造影结果实在无法分辨哪处 CTO 为首选靶病变,在安全的前提下可以分别进行尝试。

1.3.2 合并心功能不全的患者

合并心力衰竭的患者耐受 CTO-PCI 的能力较差,

治疗风险较高,应谨慎评估手术适应证、治疗策略以及介入时机,必要时应用合理的循环辅助装置。

对于合并心力衰竭的 CTO 患者,首先需要明确闭塞血管与心功能不全的关系。非缺血性心肌病的心力衰竭与冠心病的心力衰竭在总体血运重建的策略上必然大相径庭。对于大面积陈旧性心肌梗死合并心力衰竭的患者,有无存活心肌始终是在进行血运重建之前首先需要回答的问题。CTO 的发育是一个漫长的代偿过程,侧支循环在这一过程中得以充分发育。LAD 或优势 LCX/RCA 近端的单支病变一旦完成 CTO 的蜕变,侧支循环的发育使得心功能多已获得一定程度的改善。上述部位单支血管闭塞合并心力衰竭往往提示闭塞时间不久,治疗的成功率以及治疗对心力衰竭的控制效果将会比较乐观。上述部位之外的单支血管 CTO 由于供血范围有限,一般不至于是引起心力衰竭的原因。对于多支血管病变合并 CTO 的患者,真正导致心力衰竭加重的罪犯病变不一定是闭塞部位,需要从供血血管-侧支循环-闭塞病变这一整个链条中进行分析,从成功率及安全性的角度最终决定处理供血血管还是闭塞血管。个别情况下,尤其是出现心源性休克循环不稳的时候,出于治疗效果与安全性的考虑,可以考虑在循环辅助装置的保驾下同时处理供血血管与闭塞血管。

心力衰竭患者 CTO-PCI 治疗时机的判断需要很强的全局观。如果 CTO 病变的处理对于心力衰竭的控制不具有决定性的影响,应该优先采取综合手段控制好心功能之后择期进行 CTO-PCI,必要时可以先处理好非闭塞血管,等待心功能好转之后再行 CTO-PCI。

心力衰竭患者对术中缺血耐受能力差,对对比剂造成的容量负荷增加也比较敏感。在进行 CTO-PCI 时尽量采取快速有效的正向或 ADR 技术,控制手术时间及对比剂的用量。若必须采取逆向技术时应格外警惕术中供血血管或侧支循环缺血对心力衰竭的影响,必要时合理选用循环辅助装置。

1.3.3 合并肾功能不全的患者

对于合并肾功能不全的患者,术前术后应进行充分的水化。术中在完成必要的初始双向造影后尽量应用血管内超声、逆向技术、超选造影等方法减少对对比剂的用量。必要时尽量稀释应用对比剂,尽量选用渗透压低的对比剂^[9]。维持透析的患者肾脏功能已被完全替代,只要术后及时透析即可。慢性终末期肾功能衰竭的患者甲状旁腺功能亢进,冠状动脉钙化较为严重,经常因为病变阻力过高出现器械难以通过的情况。术者对此应做好充分的准备,选用充分的支撑

系统,做好旋磨、准分子激光等特殊治疗手段的器械与技术准备。

1.3.4 合并对比剂过敏的患者

对于对比剂过敏的患者,CTO-PCI 将会是一个非常大的挑战。如果因为各种原因无法进行 CABG,在介入前应进行充分的抗过敏处理,必要时尝试脱敏治疗。术中应反复参考既往计算机体层血管成像或造影的影像,充分利用分支技术、逆向技术,完全以血管内超声来确认攻击部位、导丝位置、病变解剖甚至主分支血流情况,对术者的综合素质具有极高的要求。

1.3.5 反复支架内闭塞的患者

支架内闭塞是 CTO 的一种特殊形式,与普通 CTO 病变在病因、闭塞段组织结构、处理策略上有很大的区别。支架膨胀不良或断裂、地理丢失等导致支架内再狭窄的原因往往也是支架内闭塞的原因,比较少见的闭塞原因是内膜下植入支架、远端血管弥漫病变导致出口不良等。在开始介入处理之前尽可能详细参考既往治疗影像,往往能发现支架内闭塞的原因,从而最大可能从病因上避免再次支架内闭塞,同时也可以了解未闭塞之前血管的解剖情况,从而指导此次手术导丝的选择与操控。如果闭塞段均位于支架范围以内,治疗成功的概率会很高。反之如果闭塞段在近远端都超出支架范围,尤其是合并支架两边血管重度扭曲的情况,手术的难度将会非常大。CrossBoss 导管在简单的支架段内闭塞表现出高效安全的特点,但在入口、出口不是很清楚或者血管扭曲时优势不大甚至存在穿孔风险。射线支架影像给操控导丝提供了很好的指引,在遇到高阻力部位时可以放心选取穿刺及操控性能较强的导丝加以突破和走行。在闭塞段的入口、出口以及血管扭曲的部位要谨慎操控导丝,及时进行合理的升级及降级,避免导丝走行于支架丝以外的部位。由于支架内闭塞的组织非常致密,或者导丝穿越支架丝,造成后续器械无法在理想位置通过,及时启动逆向治疗是合理的选择^[10-11]。

开通后的处理原则与支架内再狭窄的处理原则相同,在此不做赘述。需要警惕的是反复多次支架内再狭窄或闭塞的患者有合并血管炎等免疫系统疾病的可能,往往需要在风湿免疫科的协助下应用免疫抑制剂。

1.3.6 CABG 术后的患者

CABG 术后需要再次血运重建的患者呈现逐渐增多的趋势。就 CABG 术后 PCI 而言,靶血管的选择无非是桥血管还是自身血管。由于静脉桥血管退化严重,对其进行介入治疗引起术中无复流以及远期再狭窄再闭塞的概率极高,目前更主张针对自身血管进行

血运重建。CABG 后自身血管病变加速退化且常合并严重钙化,单纯正向介入治疗难度较大。而静脉桥血管的存在为逆向介入治疗提供了自身血管之外的更好选择。静脉桥血管是最早被用来进行逆向 CTO-PCI 的通路,导丝及逆向微导管通过的难度不大,需要注意的是远端吻合口在汇入自身血管处可能会存在较大的角度,会给导丝通过带来一些麻烦。由于 CABG 术中多数患者同时进行了心包开窗,术后也往往存在不同程度的心包粘连,学界一度认为 CABG 术后 PCI 血管即使出现穿孔也不会出现心脏压塞。但随着 CTO-PCI 的不断实践,CABG 术后 PCI 一旦出现冠状动脉穿孔或破裂也可能出现局限性的心脏压塞,由于广泛的心包粘连,处理起来反而更为棘手。对于 CABG 术后 LAD 的 CTO,由于左胸廓内动脉(left internal mammary artery, LIMA)-LAD 远期通畅率非常高,临床上需要进行 LAD 的 CTO-PCI 的场景非常少。由于 LIMA 远端吻合口与 LAD 近端血管的成角吻合,经 LIMA 进行 LAD 的 CTO 逆向介入治疗并不是一个好的选择。

1.3.7 高龄患者

高龄患者往往合并多系统器官功能不全及认知功能障碍,前者可参考前述心肾功能不全 CTO-PCI 的注意事项,后者由于 CTO-PCI 往往耗时较长,在患者配合度方面需要提前做好相应的准备。

1.3.8 器官移植术后的患者

器官移植术后的患者需要终身应用免疫抑制剂,造成两个严重的远期后果:一是胆固醇代谢紊乱加速冠状动脉病变进展;二是免疫系统缺陷。前者是导致 CTO 的重要原因,后者则容易在 PCI 围手术期出现感染并发症。肾移植术后患者出现排异时会出现肾功能不全,CTO-PCI 操作时的肾功能保护可参考上述肾功能不全 CTO-PCI 的内容。心脏移植术后冠状动脉弥漫病变是晚期移植抗宿主反应的主要表现形式。既往的经验建议对于这部分患者,最推荐的治疗是再次心脏移植。目前只有极少量心脏移植术后 CTO-PCI 的报道,在操作技术细节及治疗后的远期效果方面,经验极为有限。

2 CTO-PCI 的治疗策略转化

按照导丝通过闭塞段的方向以及导丝通过的结构内部位,当下 CTO-PCI 的主流技术可以分为:前向导丝通过、ADR、逆向导丝通过、逆向导丝内膜下重回真腔(reverse CART)等四种技术。由于历史的原因,习惯上将后二者都归为逆向技术,而把前向借助专用器械完成内膜下重回真腔作为专有技术(狭义的 ADR)与正向、逆向技术相并列,即正向、逆向、ADR 三

种 CTO-PCI 技术^[12-14]。

CTO 病变千差万别,没有一种技术适合所有的 CTO-PCI,临床上会根据具体病变的解剖特点,确定首选技术,根据之后的治疗反馈,及时切换为其他技术,从而最终完成 CTO-PCI。这一整套技术的组合称之为 CTO-PCI 的治疗策略。国内外各大 CTO-PCI 俱乐部根据成员们在 CTO-PCI 实践中的经验与共识,各自制定了 CTO-PCI 流程图并不断加以完善。流程图的制定整合了大量实践的经验,使复杂的 CTO-PCI 逐渐策略化、套路化和规范化,通过一整套的 CTO-PCI 解决方案,给广大 CTO 术者提供了宝贵的参考,使 CTO-PCI 技术变得可复制,快速提高了 CTO 术者的学习曲线,仿佛让 CTO-PCI 逐渐成为一门可以普及的技术。

就像文学作品里所描述的一样,即使拿到了绝世秘籍,即使认得其中的每一个字,但最终还是无法成为武林高手。CTO-PCI 流程图看似清晰简单,但其实入门门槛极高。每一位术者都有自己擅长的技术,但真正决定 CTO-PCI 能否成功的往往是术者在技术上的短板。若想成为成熟的 CTO 术者,第一件事就是练好内功、补足短板,让自己拥有一个装备齐全的“工具箱”。在具备了正向、逆向、ADR 等各种技术的储备,拥有解决各种困难及把控并发症的能力之后,如何在各种治疗策略上进行快速合理的转换就是攻克 CTO “那座山峰”的最后 100 m。

2.1 根据充分细致的影像学评估制定首选的治疗策略

除了常规的 CT 和腔内影像学手段,正确合理的双向造影是成功完成手术的重要保障。出于高效与精确的目的,建议以双向 7 F 指引导管进行造影。基础的双向造影可以提供丰富的信息,如近端纤维帽的形态、远端血管的条件、侧支循环的解剖特点以及真实的闭塞段长度,从而为制定合理的策略提供依据。

如果双向造影提示闭塞段不长,可以看到明确的入口及出口,正向技术应是首选策略。正向技术是一切 CTO 技术的基础,具有相对高效、安全的特点,一般不涉及供血血管内操作,对心功能影响小,出现并发症的概率相对小。即使造影未见到清晰的入口,在正向尝试的过程中经常发现近端纤维帽也并不一定就是坚硬的。即使最终需要逆向完成的病例,积极进行正向准备也是一个常规的步骤。在某种程度上,几乎所有的 CTO 都值得进行正向尝试。

如果闭塞段很长,近端纤维帽显影不清,对侧造影可以看到理想的侧支循环,则逆向治疗可以作为首选策略。对于既往正向失败,尤其是已经出现明显血管损伤或解剖结构不清晰的病例,也应首选逆向策略。

2.2 既定策略受阻时及时进行器械/技术的升级

在正向策略中,根据前一根导丝受阻的表现不断进行导丝升级及降级是一个常规操作。掌握各种 CTO 导丝的特点以及操控手法是 CTO-PCI 的基本功。在升级过程中一旦导丝进入内膜下就应避免再过分操控,转换为平行导丝或 ADR 技术更为合理。前者一般选取与进入内膜下的导丝性能特点不同且操控性更好的导丝,对照前一根导丝可能出错的位置尝试从斑块内通过闭塞段。ADR 技术对闭塞段以远的血管条件有一定的要求,最好远端清晰可见且无重要分支发出。借助 Stingray 球囊可以进一步提高操作成功的确定性。由于是从内膜下重回真腔,整个操作过程中需特别注意控制血肿的范围,否则将会给重回真腔带来很大的困难^[15]。

逆向策略第一个遇到的困难往往是导丝无法通过侧支循环。超选造影有助于看清细微的侧支连接,根据解剖特点及技术经验可以更换不同导丝,甚至更换不同的通路。导丝通过后经常遇到微导管无法通过的问题,最新的中国冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗俱乐部(CTOCC)流程图已给这种问题提供了很多种解决方案。建议在微导管通过侧支进入远端血管后进行超选造影了解远端纤维帽形态,根据造影结果选用不同的逆向 CTO 导丝。逆向导丝直接通过病变是非常幸运的,但若逆向导丝无法通过闭塞段,则应保证在血管结构内的前提下进行正逆向导丝交汇,之后在正向延伸导管辅助下完成 reverse CART。一旦逆向导丝通过闭塞段进入正向系统,可以以 RG3 或者 Rendezvous 的方式建立正向轨道^[16-18]。

2.3 在不同策略间进行合理高效的转换

首选的策略往往并不是最终完成 CTO-PCI 的策略,在首选策略的治疗节奏被打乱时应果断进行策略的切换。如最初的正向导丝升级遇到困难而逆向条件不错,简单尝试正向即可切换至逆向。若正向遇阻的病例不具备很好的逆向条件,则可以适当延长正向的努力。若正向导丝反复进入内膜下且具备不错的远端条件,可以尽早放弃导丝升级,在控制血肿的前提下启动 ADR。同样,在逆向操作中,如果在某个步骤中始终遇阻,如导丝通过后微导管始终无法通过侧支循环,或者微导管通过后出现明显的供血血管缺血,则应果断放弃逆向策略,以逆向导丝为标记继续尝试正向导丝操控甚至 ADR,往往也能获得最终的成功^[19-24]。

2.4 终止操作是最终策略转换

如果竭尽所能但手术始终在同一个步骤停滞不前,成功的概率将会越来越小,为了患者的安全及时终止手术也是一个要客观面对的策略选择。一旦手

术时间 > 3 h,对比剂用量 > 4 倍估算肾小球滤过率,或者辐射剂量 > 5 Gy,应考虑终止手术。另外,有的病例导丝虽然成功送至远端真腔,但内膜下范围过大或血肿范围过于弥漫,进行适当的球囊扩张保证前向血流即应中止本次手术。术后 6 ~ 8 周再次造影经常可以看到相当多的患者血肿范围缩小,远端负性重构改善,届时从容合理地分期植入支架,即所谓“投资”,也是一种合理的策略转换^[25-27]。

3 小结与展望

CTO-PCI 的治疗策略转化是一门艺术,需要术者在实践中不断进行复盘、总结与交流。虽然流程图的提出仿佛给每一个 CTO 病变都提供了整套的完美解决方案,但在临床实践中,即使按照流程走下来,很多病变的处理依然是磕磕绊绊、耗时费力甚至最终无法成功完成。CTO-PCI 依然是 PCI 领域最高的那座山峰,想要成功登顶,不仅需要充分的技术储备,更需要术者站在全局的视野,把流程图中罗列的各种策略与实践中碰到的问题进行整合,快速合理地在各种策略中进行切换,从而最终攻克每一个 CTO 病例。

参考文献

- [1] Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for coronary artery revascularization: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2022, 79(2): e21-e129.
- [2] Werner GS, Martin-Yuste V, Hildick-Smith D, et al. A randomized multicentre trial to compare revascularization with optimal medical therapy for the treatment of chronic total coronary occlusions[J]. Eur Heart J, 2018, 39(26): 2484-2493.
- [3] Lee SW, Lee PH, Ahn JM, et al. Randomized trial evaluating percutaneous coronary intervention for the treatment of chronic total occlusion: the DECISION-CTO trial[J]. Circulation, 2019, 139(14): 1674-1683.
- [4] Obedinskiy AA, Kretov EI, Boukhris M, et al. The IMPACTOR-CTO trial[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2018, 11(13): 1309-1311.
- [5] Saponis J, Salisbury AC, Yeh RW, et al. Early procedural and health status outcomes after chronic total occlusion angioplasty: a report from the OPEN-CTO Registry (Outcomes, Patient Health Status, and Efficiency in Chronic Total Occlusion Hybrid Procedures) [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2017, 10(15): 1523-1534.
- [6] Badoian AG, Krestyaninov OV, Khelinskii DA, et al. Predictors to quality of life improvements in patients with chronic coronary total occlusion depending on the selected treatment strategy[J]. Comp Iss Cardiovasc Dis, 2021, 10(2): 72-83.
- [7] Ybarra LF, Rinfret S, Brilakis ES, et al. Definitions and clinical trial design principles for coronary artery chronic total occlusion therapies: CTO-ARC consensus recommendations[J]. Circulation, 2021, 143(5): 479-500.
- [8] Kalnins A, Strele I, Lejnieks A. Comparison among different scoring systems in predicting procedural success and long-term outcomes after percutaneous coronary intervention in patients with chronic total coronary artery occlusions [J]. Medicina (Kaunas), 2019, 55(8): 494.
- [9] Almendarez M, Gurm HS, Mariani J, et al. Procedural strategies to reduce the incidence of contrast-induced acute kidney injury during percutaneous coronary intervention[J]. J Am Coll Cardiol Interv, 2019, 12(19): 1878-1888.
- [10] 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.
- [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