

· 指南与共识 ·

中国冠状动脉左主干分叉病变介入治疗指南

中华医学会心血管病学分会 中华心血管病杂志编辑委员会

通信作者: 陈绍良, Email: chmengx@126.com; 韩雅玲, Email: hanyaling@263.net

【摘要】 左主干分叉病变因解剖部位的特殊性,其血运重建策略一直是临床上争论的焦点。随着经皮冠状动脉介入治疗技术的进步、药物洗脱支架材料和工艺的改进、腔内影像学的发展、新型抗血小板药物的应用以及近年来国内外相关随机对照研究结果提供的有力的循证医学证据,介入治疗已经成为左主干分叉病变的重要治疗策略之一。为了进一步规范左主干分叉病变介入治疗,提高我国左主干分叉病变介入治疗整体水平,中华医学会心血管病学分会心血管临床研究学组、冠状动脉腔内影像及生理学学组和介入心脏病学组组织相关专家联合撰写了该指南。该指南包括前言、左主干分叉病变的解剖学特点及危险评分系统、左主干分叉病变血运重建策略选择、介入治疗术后双联抗血小板策略、术后随访及长期管理。该指南的颁布和实施将为规范我国左主干分叉病变的介入治疗发挥积极作用。

【关键词】 冠状动脉疾病; 左主干分叉; 介入治疗; 指南

Chinese guideline for percutaneous coronary intervention in patients with left main bifurcation disease

Chinese Society of Cardiology, Chinese Medical Association; Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology

Corresponding author: Chen Shaoliang, Email: chmengx@126.com; Han Yaling, Email: hanyaling@263.net

冠状动脉左主干病变是指冠状动脉造影显示左主干直径狭窄程度 $\geq 50\%$ 的病变,约占总冠状动脉病变的2.5%~10.0%,且80%合并左主干分叉病变^[1]。左主干等同病变是指左冠状动脉前降支近端(第一间隔支开口以近)以及回旋支近端(第一钝缘支开口以近)同时存在狭窄程度 $\geq 70\%$ 的病变^[2]。左主干为大约75%的左心室心肌供血,因此未治疗的左主干病变预后较差^[1],不规范的介入治疗也将给患者带来非常不利的临床结局。

近年来,左主干分叉病变的诊断和治疗取得了重要进展,2018年欧洲心脏病学会心肌血运重建指南率先对左主干分叉病变介入治疗的内容作了重要修订^[3]。20年前,国内心血管介入医生就尝试

采用经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)处理左主干病变,取得了良好的临床效果^[4-6]。近年,国内完成了多项相关随机对照临床试验,为左主干分叉病变的介入治疗提供了有力的循证医学证据^[7-12]。为此,中华医学会心血管病学分会心血管临床研究学组、冠状动脉腔内影像及生理学学组和介入心脏病学组组织相关专家联合撰写了本指南。

本指南中推荐等级以国际通用方式表示:Ⅰ类推荐指已证实和/或一致认为某治疗措施或操作有益、有效,应该采用;Ⅱ类推荐指某治疗措施或操作的有效性尚有争论,其中Ⅱa类推荐指有关证据和/或观点倾向于有效,应用该治疗措施或操作是适当

DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20211010-00870

收稿日期 2021-10-10 本文编辑 白洋

引用本文: 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国冠状动脉左主干分叉病变介入治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2022, 50(4): 349-360. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20211010-00870.



中华医学会杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



的,Ⅱb类推荐指有关证据和/或观点尚不能充分证明有效,需进一步研究;Ⅲ类推荐指已证实和/或一致认为某治疗措施或操作无用和/或无效,并对某些病例可能有害,不推荐使用。证据级别的定义如下:A级指资料来源于多项随机临床试验或荟萃分析,B级指资料来源于单项随机临床试验或多项大规模非随机对照研究,C级指资料来源于专家共识和/或小型临床试验、回顾性研究或注册登记。

左主干分叉病变概述

一、左主干病变解剖学特点

左主干直接起源于左冠状动脉窦,与冠状动脉其他分支相比,中膜具有较多弹性纤维及平滑肌组织,其缓冲作用可减少主动脉的高压血流对下游血管的损伤,但也易出现负向重构和弹性回缩。左主干通常长度相对较短、直径粗大,远端分叉角度较大。

按照病变部位和特征可将左主干病变分为:孤立的开口病变(病变位于左主干开口后 3 mm 范围内)、单纯体部病变(病变位于左主干开口后 3~8 mm 内)、末端病变(病变位于左主干末端 5 mm 段)、末端分叉病变(病变累及前降支和/或回旋支开口)、左主干全长病变(病变累及左主干全段)和闭塞病变(常见左主干开口后即完全闭塞,可见来自右冠状动脉的侧支循环供血)^[13]。左主干病变还可分为以下几种类型:完全有保护左主干病变,指自身存在良好的侧支循环或者通畅的桥血管;部分有保护左主干病变,指侧支循环仅供应前降支或者回旋支;无保护左主干病变,指不存在桥血管或自身的侧支循环。

二、分型方法和危险评分系统

推荐意见	推荐等级	证据级别
使用公认的分型方法评估分叉病变的复杂性、决定处理策略 ^[14-16]	I	A
DEFINITION 标准能够有效地区分复杂和简单分叉病变,并指导治疗策略的制定 ^[15-16]	I	B
使用整合解剖和临床变量的风险评分系统(如 NERS II、SYNTAX II)以更好地对左主干分叉病变患者进行危险分层及介入治疗预后判断 ^[17-19]	I	A

患者的冠状动脉解剖和临床因素均会影响手术策略的制定和临床结局,因此将解剖和临床变量整合到风险评分中,将有助于对左主干分叉病变患

者进行危险分层及预后判断。常用于左主干分叉病变的分型方法和危险评分系统如下。

1. Medina 分型: Medina 分型简洁、易于记忆,临床应用广泛。依次按分叉近端主支、远端主支、分支的顺序,依据是否存在直径狭窄>50%的病变,采用 0(无病变)和 1(有病变)来描述病变。Medina 1, 1, 1、Medina 0, 1, 1、Medina 1, 0, 1 定义为真性分叉病变,Medina 1, 0, 0、Medina 1, 1, 0、Medina 0, 1, 0、Medina 0, 0, 1 定义为假性分叉病变。Medina 分型仅描述了分叉病变的位置,忽略了决定介入术式及预后的其他关键信息,如分叉角度、分支病变长度、血管直径、心肌梗死溶栓试验(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)血流、斑块分布及其特征(合并钙化或溃疡)等。

2. DEFINITION 标准: DEFINITION 标准能够有效区分复杂和简单分叉病变,并指导治疗策略的制定(I, B)^[15-16],它由 2 个主要标准及 6 个次要标准组成。符合以下 1 个主要标准及任何 2 个次要标准,即可判定为复杂分叉病变。主要标准:(1)左主干分叉病变,分支病变长度≥10 mm 且分支狭窄程度≥70%,(2)非左主干分叉病变,分支病变长度≥10 mm 且分支狭窄程度≥90%。次要标准:(1)中重度钙化,(2)多处病变,(3)分叉角度<45°或>70°, (4)主支直径<2.5 mm, (5)血栓病变, (6)主支病变长度≥25 mm。新近荟萃分析进一步证实了分支病变长度≥10 mm 是即兴支架术(provisional stenting, PS)失败的重要因素^[20]。

3. SYNTAX 及 SYNTAX II 评分: 2009 年发布的 SYNTAX 评分是一种单纯的解剖学评分系统。2013 年提出的 SYNTAX II 评分新增是否存在无保护左主干病变,并联合了 6 项临床因素(年龄、肌酐清除率、左心室功能、性别、是否合并慢性阻塞性肺疾病和周围血管病),其预测左主干病变血运重建后死亡率的能力优于 SYNTAX 评分^[17-18]。SYNTAX score II 2020 能更好地预测复杂冠状动脉病变(包括左主干病变和三支血管病变)患者血运重建后 10 年全因死亡和 5 年主要不良心脏事件(major adverse cardiac event, MACE)风险^[19]。

4. NERS 及 NERS II 评分: 中国心血管医生提出的 NERS 评分联合了临床指标、冠状动脉造影参数、是否使用血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)及介入术式,可有效预测左主干病变患者介入术后 1 年的 MACE 风险^[21]。进一步改良的 NERS II 评分筛选出了 16 个与左主干病变患者预后相关的



变量(包括 7 个临床变量和 9 个冠状动脉造影变量),并提出评分>19 分是判断左主干分叉病变介入治疗后 1 年死亡风险高的界值^[22]。

三、质量控制体系

推荐意见	推荐等级	证据级别
组建心脏团队,其负责制定血运重建策略、保障介入手术顺利进行及改善患者预后 ^[3, 23]	I	C
左主干分叉病变介入治疗量>25 例/年的术者可从事左主干分叉病变的治疗 ^[24]	II a	C

左主干病变尤其是无保护左主干病变的介入治疗极具挑战性,推荐左主干分叉介入治疗量>25 例/年的术者治疗左主干分叉病变(II a, C)^[24]。更重要的是,对于合并下游复杂冠状动脉病变、严重心功能受损、需要机械循环支持的无保护左主干病变患者,往往需要麻醉科、心外科、影像学科及血管外科的多学科团队的密切协作。因此建立一支协作良好的心脏团队,对于无保护左主干病变血运重建策略的正确制定、介入手术的顺利进行以及患者预后的改善均非常重要(I, C)^[3, 23]。

左主干分叉病变血运重建策略选择

一、预处理和支架种类选择

1. 预处理:通常使用普通球囊对左主干分叉病变进行预处理,对于严重钙化病变,可以使用切割球囊扩张术、震波技术、激光技术、轨道技术、旋磨技术等,目前国内最常使用旋磨技术。有小规模研究证实旋磨治疗左主干钙化病变是安全、有效的^[25-26],其也被写入国外左主干介入治疗指南和专家共识^[27-28]。冠状动脉分叉部位(尤其是左主干)存在浅表钙化会给介入治疗带来更多困难和挑战,冠状动脉分叉病变一直是旋磨术的适应证^[29]。旋磨术有差异性切割作用,可销蚀左主干分叉处钙化、纤维化斑块,缩小分叉处斑块容量,减少嵴移位,对无病变的嵴部损伤小,夹层发生少,分支闭塞率低。旋磨时很难用导丝保护分支,通常也不需要。旋磨术可清除冠状动脉浅层钙化,改善分叉处血管顺应性,使支架容易通过病变,膨胀、贴壁更好。为达到理想效果,通常需要采用直径≥1.75 mm 的旋磨头。左主干下游血管床丰富,慢血流、无复流发生率较低,但一旦发生后果严重,因此斑块负荷重及心功能不全患者在行旋磨术时需要血流动力学支持。

2. 支架种类的选择:在选择用于左主干分叉病变的支架时需要重点关注支架的过度扩张性、纵向变形性、支架网眼的几何形态与可扩张性^[30]。支架的过度扩张性是指以大于支架命名直径的球囊实施后扩张或对吻扩张时,支架实际能达到的直径。过度扩张会对支架结构造成一定影响,例如网眼变大、聚合物涂层损坏、金属疲劳等,上述变化是否会产生不良影响,尚需进一步研究^[31]。左主干分叉病变介入治疗过程中可考虑备用两套器械,同步操作,因为引导导管和器械的进出可能对支架产生纵向挤压,过大的球囊后扩张也可能导致支架短缩。若支架网眼的最大可扩张性有限,最好选择挤压(Crush)双支架术式。若网眼的最大可扩张性良好,可选择任何双支架术式。由于左主干病变的直径往往超过目前生物可吸收支架(bioresorbable scaffold, BRS)能达到的范围,另外,很多左主干病变会累及分叉部位,因此不建议常规在左主干置入 BRS。只有在部分直径较小的左主干体部的局限病变中考考虑应用 BRS,但一定要在血管腔内影像学检查指导下进行,以便保证 BRS 的贴壁良好^[32]。

二、介入术式的选择

推荐意见	推荐等级	证据级别
对于假性分叉病变,推荐使用 PS ^[3, 33]	I	A
对于简单左主干分叉病变(依据 DEFINITION 标准),推荐使用 PS ^[16, 34]	II a	B
对于复杂左主干分叉病变(依据 DEFINITION 标准),推荐使用双对吻挤压(DK crush)技术 ^[7-10, 15]	I	A

1. PS: PS 是假性分叉病变的首选术式(I, A)^[3, 33]。EXCEL 研究的亚组分析结果提示,对于左主干末端病变,如果左前降支和左回旋支开口没有受累,PS 效果最优^[35]。依据 DEFINITION 标准进行危险分层^[16, 34],简单左主干分叉病变推荐使用 PS(II a, B)。

从技术上来说,对于分支闭塞风险高的患者(V-RESOLVE 评分≥12 分),积极的分支保护策略可以降低分支闭塞风险^[14]。经典的分支保护技术是使用拘禁导丝,近年来拘禁球囊技术的运用逐渐增多,两者之间的区别尚无前瞻性研究结果。PS 术中,支架直径与远端主支直径匹配,但小于近端主支,因此需要采用近端优化技术(proximal optimization technique, POT),即使用长度短、直径与近端主支直径之比为 1:1 的球囊改善近端主支支架膨胀及贴壁状况。既往研究表明主支支架置

入后,常规进行球囊对吻扩张(kissing balloon inflation, KBI)或者分支球囊扩张并不能带来临床获益^[36-37]。主支支架置入后,如果分支的结果不满意[TIMI 血流<3 级,≥B 型夹层或血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)<0.8],导丝应该从支架的远端网眼进入分支,依次完成 POT、KBI、再次 POT。PS 不等同于简单术式或单支架术,当分支经球囊扩张或 KBI 后,如果分支结果仍不满意而需要置入支架,PS 便转换为双支架术,具体如下:如确定分支导丝经远端网孔进入分支,分支球囊扩张后,分支开口有更好的支架丝覆盖,则可以使用 PS-T 术式;如导丝经近端网孔进入分支,则仅推荐使用 PS-TAP(T-stenting and small protrusion)或裙裤(Culotte)术^[33]。

2. Culotte 术及其改良方法: Culotte 术属于改良的 T 支架术,经典 Culotte 术创立于金属裸支架时代,先后于主支、分支置入支架^[38],是一种 PS-T 术式。随着技术及支架平台不断改进,该术式逐渐转换为先于分支置入支架,但具有以下任何特征之一的血管需要考虑先置入支架:(1)重要的血管(供血面积大或丢失后果严重),(2)与主支成角相对大的血管,(3)将要或可能闭塞的血管。由于经典 Culotte 术中分叉近端主支内重叠的支架丝过多、新建立的金属分叉嵴较长、支架丝和初始分叉嵴之间空隙较大,以及受限于主支和分支直径落差、分叉夹角等,其适应证范围窄、疗效差^[39]。新型 Culotte 术主要在以下几个方面进行了改良:尽量缩短支架重叠长度,即微裙裤(Mini-culotte)术,甚至单环重叠,即单环 Culotte 术^[40];置入首个支架后增加 1 次 KBI,即双对吻微裙裤支架术(DK Mini-culotte)^[41-42]。这些改良拓宽了 Culotte 术式的适应证,使其可用于主支和分支直径相差较大(≥1.0 mm)的病变。尽管目前尚缺乏大样本的随机对照临床研究证实 DK Mini-culotte 术的长期疗效,但根据临床经验判定,以 Mini-culotte 和 DK Mini-culotte 为代表的新术式治疗真性分叉病变的效果优于 PS 术^[42]、可能不劣于其他双支架术^[43]。DK Mini-culotte 术的主要技术要点包括:缩短分支支架突入主支的长度;使用 POT 后从远端网孔进入主支并完成第 1 次 KBI;置入主支支架;依次完成 POT、KBI、再次 POT,且 DK Mini-culotte 易于转换为经典的 Mini-crush 术。

3. 经典 T 支架术:经典 T 支架术是最基本的双支架技术,操作简单,成功率高^[44]。T 支架技术的

缺陷主要是分支开口覆盖不全或支架突入主支过多,导致分支再狭窄和支架血栓风险增加^[45-46]。推荐用于分叉角度>70°的复杂分叉病变,分支支架定位是取得理想效果的关键。

4. 经典 Crush 技术:2003 年 Colombo 医生首次报道了经典 Crush 技术^[47],其为预防冠状动脉真分叉病变介入治疗过程中主支支架置入后并发分支急性闭塞而设计,需要经股动脉路径使用 7 F 及以上引导导管完成。主要步骤包括:(1)前送导丝进入主支和分支,如需要可先完成预扩张;(2)主支和分支支架到位,使分支支架突入主支 3~5 mm;(3)扩张分支支架后随即撤出分支支架球囊和导丝;(4)扩张主支支架,挤压分支支架突入主支部分,完成双支架置入;(5)导丝穿过主支支架网孔进入分支完成 KBI。与传统的 T 支架技术相比,经典 Crush 术的主要缺陷是导丝和球囊很难通过堆积在分支开口的支架丝网眼,KBI 成功率及对吻扩张质量低,进而造成支架内血栓和支架内再狭窄(in-stent restenosis, ISR)发生率增高^[48-50]。经典 Crush 术的另一个重要缺陷是导丝易于经过分支支架和血管壁之间的空隙进入分支,因而造成分支支架变形及相关并发症。

改良的 Mini-crush 技术^[51],操作步骤同经典 Crush 技术,主要改良部分是分支支架突入主支的长度(1~2 mm),利于导丝和小球囊通过,可提高 KBI 成功率。为减少经股动脉路径穿刺局部并发症的发生,可采用改良的球囊挤压或分步挤压技术^[52],经桡动脉路径使用 6 F 引导导管完成。

5. DK crush 技术:鉴于经典 Crush 技术的缺陷,DK crush 技术通过 2 次 KBI 和 2 次挤压提高了 KBI 成功率及其质量^[53]。其关键技术步骤及要领如下:(1)分支支架突入主支长度限于 2~3 mm 内;(2)优化分支支架(可使用支架球囊或短耐高压球囊);(3)主支球囊充分挤压分支支架(当分叉远端主支直径与近端主支直径差距较大时,建议使用与近端主支直径匹配的耐高压球囊进行完全挤压);(4)经近端网孔再进入分支,完成首次 KBI;(5)置入主支支架;(6)依次完成 POT、KBI、再次 POT^[34, 54]。DK crush 术中首次 KBI 确保了分支开口无金属丝遮挡,此后主支支架膨胀后仅在分支开口留有一层金属丝,因而可提高 KBI 的质量,后者与降低 MACE 发生率相关。对于真性冠状动脉分叉病变的治疗,与经典 Crush 术相比,DK crush 术可降低 MACE 发生率^[55]。一项纳入了 21 项随机对照研究的网状荟萃



萃分析结果显示,与其他分叉支架技术(PS 术、T 支架术、TAP 术、经典 Crush 和 Culotte 术)相比,DK crush 术后血运重建率更低^[20,56]。

基于 DKCRUSH 系列研究^[7-10]及 DEFINITION II 研究^[15],对于复杂分叉病变(包括左主干和非左主干分叉病变),推荐采用 DK crush 技术(I, A)。

三、术中辅助诊断及治疗技术

推荐意见	推荐等级	证据级别
PCI 术前、术中及术后应用 IVUS 进行指导 ^[57-58]	I	B
对于左主干病变,IVUS 测量的最小管腔面积 $>6.0\text{ mm}^2$ 则推迟血运重建 ^[58-59]	II a	B
对于左主干分叉病变,推荐使用光学相干断层成像(OCT)优化介入治疗 ^[28]	II a	B
使用 FFR 评价左主干分叉病变以指导治疗策略的制定 ^[60-62]	II a	B

1.IVUS: IVUS 在左主干分叉病变及复杂分叉病变中的作用明显^[57-58],推荐在术前、术中及术后应用 IVUS 进行指导(I, B)。术前分别完成主支及分支的 IVUS 检查(严重狭窄时,需警惕 IVUS 导管有完全阻塞前向血流而造成循环崩溃的风险),评估斑块的性质(如富含脂质、钙化、纤维性斑块、血栓、斑块破裂等),测定参照血管及管腔直径、最小管腔直径及面积、确定支架直径及近远端着陆点,为支架术式的选择提供参考等。

目前普遍认为,左主干病变中 IVUS 测量的最小管腔面积(minimal lumen area, MLA) $>6.0\text{ mm}^2$ 可作为延迟进行介入治疗的临界值^[58-59]。目前来自亚洲的临床研究提示,4.5 mm²可作为依据 MLA 判断是否存在缺血的界值^[63],但尚需更多的数据来证明。对于 MLA 介于 4.5~6.0 mm²的患者,推荐行 FFR 评估缺血^[58-59]。支架置入后,推荐应用 IVUS 评价支架膨胀情况,并分析支架是否完全覆盖病变。支架膨胀不全是支架治疗失败的主要预测因子,评价支架膨胀不全的主要指标包括:最小支架内面积(minimal stent area, MSA)和膨胀指数。一项来自韩国的小样本研究结果显示,支架置入术后左回旋支开口、左前降支开口、多边形汇合区、左主干的目标 MSA 依次是 5、6、7、8 mm²^[64];但来自欧美的 EXCEL 研究分析发现,左回旋支开口、左前降支开口、左主干的目标 MSA 是 6、7、10 mm²。采用耐高压球囊充分后扩张是处理支架膨胀不全最有效的方法。病变覆盖不全增加反复血运重建风险。深达中膜的夹层(长度 $>3\text{ mm}$)及

病变覆盖不全均需要再次置入支架^[57]。正在进行的 DKCRUSH VIII 研究将提出并验证 IVUS 指导下双支架术治疗复杂分叉病变的优化标准^[65]。

支架贴壁不良是指支架丝未接触血管内膜,一般认为二者距离 $>200\text{ }\mu\text{m}$ 属于严重贴壁不良。更严重的贴壁不良在 IVUS 影像中表现为支架悬浮在管腔内,主要由支架直径过小所致。急性支架贴壁不良并不罕见,但其与 MACE 或支架内血栓间的关系尚存争议^[64]。而获得性支架贴壁不良与 MACE 发生率增高相关^[66]。

2.OCT: 与 IVUS 相比, OCT 的分辨率高但穿透力弱,对于左主干分叉病变,可考虑使用 OCT 指导介入治疗(II a, B)^[28]。其具有以下优势:(1)扫描速度快(可达 36 mm/s),可减少心动周期对冠状动脉成像的干扰,测量更准确^[67];(2)对斑块成分的评估更准确;(3)实时 3D 成像便于术者从各个角度观察分析,对分叉嵴移位及分支导丝再进入的位置做出正确的评估^[68];(4)对评价支架膨胀状况、血管壁损伤及并发症更为敏感^[69]。正在进行的 OCTOBER 研究将明确 OCT 指导冠状动脉分叉病变 PCI 的价值^[70]。因要求引导导管同轴,需要推注造影剂,故 OCT 不易显示左主干开口病变,也不适合用于重度肾功能和心功能不全患者。

3.FFR 及其衍生技术:推荐从功能学评价左主干分叉病变以指导治疗策略(II a, B)。左主干病变常常合并开口和下游血管病变,下游血管存在病变时会低估左主干病变的严重程度^[60],故在测量和解读左主干病变的 FFR 值时需注意以下情况:(1)压力导丝必须放置到目标血管最远端,连续记录;(2)左主干病变合并单支下游血管病变时,应将压力导丝放置于无病变的分支远端,FFR 界定值仍然定为 0.80;如有病变的分支狭窄严重(直径狭窄 $>90\%$ 或病变分支 FFR <0.45),此种情况下的 FFR 界定值推荐为 0.85^[61];(3)当左主干病变合并左前降支和左回旋支病变时,推荐手动回撤方式记录连续的压力梯度,如总 FFR ≤ 0.80 ,则先处理压力梯度最大的病变,然后再重复测量 FFR^[62]。采用 PS 术式处理主支病变后,测定分支 FFR 是决定是否干预分支病变的金标准。然而,压力导丝操控性能低,加之分叉病变解剖特征复杂,据 DKCRUSH VI 研究报道测定分支 FFR 的失败率达 9%^[71],目前尚缺乏评价 FFR 引导左主干介入治疗的随机对照研究。



基于冠状动脉造影的定量血流分数(quantitative flow ratio, QFR)通过快速计算获得病变血管各个位置的FFR,属于计算生理学评估技术^[72-73]。离线或术中QFR与FFR具有很高的一致性^[74-76]。一项回顾性研究分析结果显示,在左主干或多支冠状动脉病变患者中,基于QFR的功能型SYNTAX评分可用于指导血运重建策略的制定和预后分层,且优于SYNTAX评分^[77]。

瞬时无波形比值(instantaneous wave-free ratio, iFR)有助于评价中度或不明确的左主干病变。与FFR相比,iFR匹配度及准确性高、测量过程简单、不需额外使用微循环扩张药且适用人群更广,特别是不耐受腺苷或有禁忌证的患者,如哮喘、严重慢性阻塞性肺疾病、心动过缓、低血压等^[78-80]。研究发现以iFR>0.89为推迟左主干血运重建的临界值是安全的,同时发现,iFR>0.89、推迟左主干血运重建患者的长期临床结局与iFR≤0.89、行左主干血运重建患者一致^[81-82]。左主干或左前降支近端的iFR准确性较低,可能与其供血范围较大有关^[83]。

基于冠状动脉CT的FFR(FFR_{CT})基于高质量冠状动脉CT血管成像图像数据、利用流体力学方法模拟得到冠状动脉树任意一点的FFR_{CT}值。FFR_{CT}与有创FFR具有良好一致性,且具有无创、无需额外放射线照射及无需注射腺苷等优点。FFR_{CT}推荐阈值为0.80,文献报道其诊断冠心病心肌缺血的敏感度、特异度和准确度分别为84%、92%及89%^[84]。对于左主干临界病变(狭窄程度介于40%~50%)和/或合并前降支/回旋支开口病变(狭窄程度介于50%~70%),建议行FFR_{CT}检测,若FFR_{CT}≤0.80推荐进一步行冠状动脉造影检查和介入干预^[85-86]。

四、药物涂层球囊(drug-coating balloon, DCB)

中国、亚太及国际DCB专家共识均认为DCB可应用于分叉病变^[87-90],但尚缺乏充分的临床证据。然而,由于解剖结构复杂及病变特殊性,目前有关应用DCB处理左主干分叉病变的临床研究较少,且均为左主干ISR的分叉病变^[91-92]。2020年国际DCB小组共识指出,目前应用DCB处理分叉病变的术式主要有两种,即主支应用药物洗脱支架、分支应用DCB,或主支和分支均应用DCB^[88]。这两种术式可能也适用于左主干原位分叉病变,但由于缺少证据支持,DCB在左主干原发病变中的应用尚需进一步探讨。

五、机械循环支持

推荐意见	推荐等级	证据级别
组建心血管内外科、麻醉和重症医学多学科团队,充分评估机械循环辅助装置用于左主干分叉病变介入治疗的适应证和技术方案,包括血管入路、麻醉方式、使用时机、支持条件、撤机和术后管理等,以规范机械循环辅助装置的应用、降低器械置入并发症的发生率 ^[28, 93-94]	I	C
主动脉内球囊反搏(IABP)、体外膜肺氧合(ECMO)和Impella等机械循环辅助装置可用于复杂高危左主干分叉病变介入治疗,并由经验丰富的心脏团队完成操作 ^[93-94]	II a	C

左主干病变尤其是左主干分叉病变介入治疗术中循环崩溃风险较高,根据中国心血管医生的临床经验,IABP、ECMO、Impella等机械循环辅助装置能有效维持循环稳定,为术者处理病变和并发症提供了血流动力学保障。但其循证医学证据尚不充分^[93-94]。机械循环辅助装置辅助左主干分叉病变PCI的适应证及干预时机,需结合患者血流动力学及心功能状态、临床合并症、病变解剖学特征、介入治疗难度、可能发生的并发症及应对策略、术者自身经验等因素综合考虑。推荐组建心血管内外科、麻醉和重症医学多学科团队进行充分评估并制定技术方案,包括血管入路、麻醉方式、使用时机、支持条件、撤机和术后管理等,以规范机械循环辅助装置的应用、降低器械置入并发症发生率(I, C)。推荐IABP、Impella、ECMO等机械循环辅助装置用于复杂高危左主干分叉病变的介入治疗,并由经验丰富的心脏团队完成操作(II a, C)。

左主干分叉病变PCI术后双联抗血小板策略

推荐意见	推荐等级	证据级别
如无禁忌证,所有患者均应在阿司匹林基础上加用1种P2Y ₁₂ 受体抑制剂,急性冠状动脉综合征(ACS)患者首选替格瑞洛 ^[95]	I	A
慢性冠状动脉综合征择期PCI患者,如缺血风险较高,或血小板功能/细胞色素氧化酶P450 2C19(CYP2C19)基因分型检测提示常规剂量氯吡格雷治疗可能效果不佳者,可考虑使用替格瑞洛 ^[95]	II a	B
左主干分叉病变PCI术后患者接受双联抗血小板治疗(DAPT)至少12个月 ^[95-98]	II a	B
如具有高缺血风险(如ACS、接受双支架策略治疗、合并血栓性病变等),DAPT>12个月是合理的 ^[95]	II a	B
缺血风险较低且大出血风险较高时,可考虑DAPT疗程缩短至6个月,或在3~6个月DAPT后改为P2Y ₁₂ 受体抑制剂单药治疗 ^[95]	II a	B



左主干分叉病变 PCI 术后的 DAPT 应在充分权衡缺血和出血风险的基础上进行决策。如无禁忌证,所有患者均应在阿司匹林基础上加用 1 种 P2Y₁₂受体抑制剂,ACS 患者首选替格瑞洛(Ⅰ,A),慢性冠状动脉综合征择期 PCI 者,如缺血风险较高,或血小板功能/CYP2C19 基因分型检测提示常规剂量氯吡格雷治疗可能效果不佳者,可考虑使用替格瑞洛(Ⅱa,B)。

关于左主干分叉病变 PCI 术后 DAPT 的最佳疗程,目前还缺乏高质量的研究证据。多数证据支持左主干病变术后患者应延长 DAPT 时程(12 个月以上),与常规 1 年或更短的 DAPT 方案相比,可减少 MACE,尤其在采用双支架策略的患者中更为明显^[96-98]。但随机对照研究 EXCEL 的事后分析结果显示,DAPT 疗程 3 年与 1 年相比,主要缺血事件风险有增高趋势(校正后差异无统计学意义)^[99]。GLOBAL LEADERS 及 TWILIGHT 等研究探讨了短期 DAPT 后转换为 P2Y₁₂受体抑制剂(替格瑞洛)单药长期治疗策略,但该方案对左主干分叉病变 PCI 术后患者的有效性和安全性尚不确定^[100-101]。推荐左主干分叉病变 PCI 术后接受 DAPT 至少 12 个月(Ⅱa,B);如具有高缺血风险(如 ACS、接受双支架策略治疗、合并血栓性病变等),DAPT>12 个月是合理的(Ⅱa,B)。缺血风险较低且大出血风险较高时,可考虑降阶治疗,即 DAPT 疗程缩短至 6 个月,或在 3~6 个月 DAPT 后改为 P2Y₁₂受体抑制剂单药治疗(Ⅱa,B)^[95]。

左主干分叉病变 PCI 术后随访及长期管理

推荐意见	推荐等级	证据级别
左主干分叉病变 PCI 术后,设计完整的长期临床随访计划及落实规范的二级预防是必要的 ^[102-103]	I	C

左主干分叉病变介入术后 1 年随访结果显示 ISR 发生率在 7%~18% 之间,各研究报道的差异较大,与入选患者的病变复杂性、合并症、介入治疗策略、支架类型等因素相关^[7-8, 102]。ISR 发生后可能引起广泛的心肌缺血,甚至导致患者死亡。左主干分叉病变患者 PCI 术后行冠状动脉造影,可能发现无症状 ISR,然而,目前的研究结果并不支持左主干分叉病变 PCI 术后常规复查冠状动脉造影,因其并不能预测急性支架内血栓事件的发生^[103]。在左主干分叉病变 PCI 术后,设计完整的长期临床随访计划及落实规范的二级预防是必要的(Ⅰ,C)。若临

床随访期间,症状复发或记录到缺血证据时,推荐患者接受冠状动脉造影,必要时行介入治疗。关于左主干分叉 ISR 病变的介入治疗策略的临床数据相对较少。如技术上可行,推荐药物洗脱支架置入和 DCB 血管成形术;如≥2 次发生左主干分叉 ISR 病变或合并多支血管的 ISR 病变,应推荐患者接受冠状动脉旁路移植术。DCB 是治疗左主干分叉 ISR 病变的一种可行策略^[91-92]。对于左主干分叉 ISR 病变的介入治疗,IVUS 或 OCT 等腔内影像学的应用具有重要的指导价值,其意义不仅在于术前评估 ISR 病变的机制、严重性和指导手术策略,而且可以确保术后支架充分贴壁和膨胀^[104-105]。

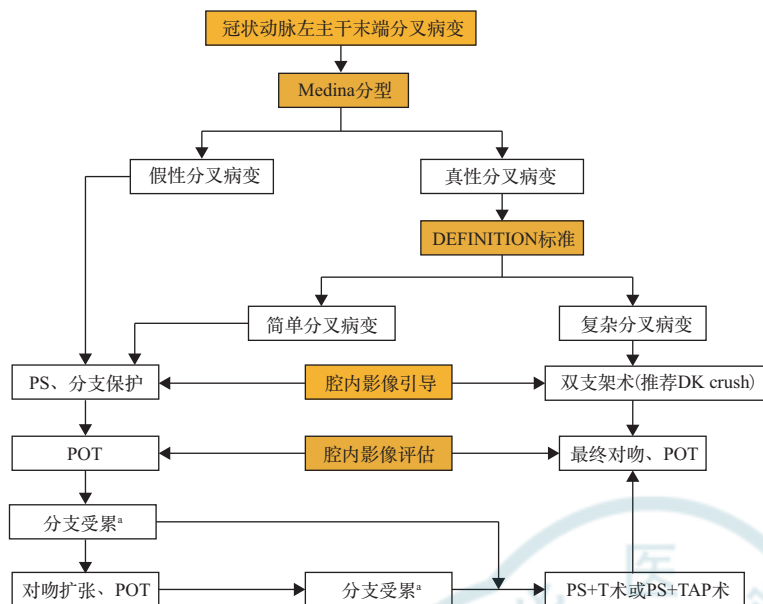
本指南结合国内外最新循证医学证据,对左主干分叉病变的解剖特点、分型、术前心脏团队的评估、危险分层、介入治疗适应证及相关介入治疗技术给予推荐,并拟定出左主干分叉病变的介入治疗流程(图 1),以期进一步规范我国左主干分叉病变的介入治疗,提升治疗水平,改善左主干疾病患者的预后。

执笔专家:张俊杰(南京市第一医院),葛震(南京市第一医院),李洋(北部战区总医院)

核心专家组成员(按姓氏拼音排序):曹丰(解放军总医院)、陈绍良(南京市第一医院)、陈良龙(福建医科大学协和医院)、韩雅玲(北部战区总医院)、侯静波(哈尔滨医科大学第二医院)、李毅(北部战区总医院)、李悦(哈尔滨医科大学第一医院)、梁春(海军军医大学长征医院)、刘斌(吉林大学第二医院)、刘海伟(北部战区总医院)、刘健(北京大学人民医院)、陶凌(空军军医大学西京医院)、王焱(厦门大学心血管病医院)、温尚煜(天津市第四中心医院)、徐凯(北部战区总医院)、杨跃进(中国医学科学院阜外医院)、曾勇(首都医科大学北京安贞医院)

专家委员会成员(按姓氏拼音排序):安健(山西省心血管病医院)、陈晖(首都医科大学北京友谊医院)、陈丽娟(吉林大学第二医院)、陈涛(哈尔滨医科大学第二医院)、陈夏欢(北京大学第一医院)、陈岩(阜外华中心血管病医院)、丛洪良(天津市胸科医院)、窦克非(中国医学科学院阜外医院)、杜昕(首都医科大学北京安贞医院)、高传玉(阜外华中心血管病医院)、高大胜(蚌埠医学院第一医院)、高展(中国医学科学院阜外医院)、高奋堂(甘肃省人民医院)、郭宁(西安交通大学第一医院)、贺勇(四川大学华西医院)、贺玉泉(吉林大学中日联谊医院)、金琴花(解放军总医院)、金重赢(浙江大学邵逸夫医院)、李春坚(南京医科大学第一医院)、李静(中国医学科学院阜外医院)、李枫(淮南东方医院集团总院)、李晶(北部战区总医院)、刘凡(河北医科大学第二医院)、刘君(河北医科大学第一医院)、鹿庆华(山东大学第二医院)、栾波(辽宁省人民医院)、苗立夫(清华大学第一医院)、马根山(东南大学中大医院)、彭道泉(中南大学湘雅医院)、乔树





PS为即兴支架术,POT为近端优化技术,DK crush为双对吻双挤压技术;^a心肌梗死溶栓试验(TIMI)血流<3级,或≥B型夹层,或血流储备分数(FFR)<0.8

图1 冠状动脉左主干末端分叉病变介入治疗流程图

宾(中国医学科学院阜外医院)、钱杰(中国医学科学院阜外心血管病医院)、钱雪松(张家港市第一人民医院)、曲虹(宣城市中心医院)、邱春光(郑州大学第一医院)、权薇薇(上海交通大学医学院瑞金医院)、邵春丽(中国医学科学院阜外心血管病医院)、邵一兵(青岛市立医院)、沈涤非(武汉大学人民医院)、沈玲红(上海市胸科医院)、宋耀明(陆军军医大学新桥医院)、涂圣贤(上海交通大学)、王连民(牡丹江心血管医院)、王如兴(南京医科大学无锡市人民医院)、王禹(华润医疗北京市健宫医院)、汪宇鹏(北京大学第三医院)、王明亮(上海市普陀区人民医院)、王正忠(青岛市立医院)、徐亚伟(上海市第十人民医院)、徐昶(华中科技大学同济医学院同济医院)、徐谭(信阳市中心医院)、薛玉增(聊城市人民医院)、鄢华(武汉亚洲心脏病医院)、姚康(复旦大学中山医院)、姚朱华(天津市人民医院)、尹达(大连医科大学第一医院)、严研(首都医科大学北京安贞医院)、杨松(江苏大学宜兴医院)、于雪(北京医院)、叶飞(南京市第一医院)、叶涛(厦门大学心血管病医院)、张然(解放军总医院)、张斌(广东省人民医院)、张恒(蚌埠医学院第一医院)、张丽华(北京协和医院)、赵雷(吉林大学第二医院)、周斌全(浙江大学邵逸夫医院)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参考文献

- [1] El-Menyar AA, Al Suwaidi J, Holmes DR Jr. Left main coronary artery stenosis: state-of-the-art[J]. Curr Probl Cardiol, 2007, 32(3): 103-193. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2006.12.002.
- [2] Caracciolo EA, Davis KB, Sopko G, et al. Comparison of surgical and medical group survival in patients with left main equivalent coronary artery disease. Long-term CASS

experience[J]. *Circulation*, 1995, 91(9): 2335-2344. DOI: 10.1161/01.cir.91.9.2335.

- [3] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization[J]. Eur Heart J, 2019, 40(2): 87-165. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy394.
- [4] Han YL, Wang SL, Jin QM, et al. Efficacy of stenting for unprotected left main coronary artery disease in 297 patients[J]. Chin Med J (Engl), 2006, 119(7): 544-550.
- [5] 无保护左主干病变的选择性支架术协作组. 无保护左主干病变的选择性支架术[J]. 中华心血管病杂志, 2000, 28(5): 346. DOI: 10.3760/j.issn:0253-3758.2000.05.009.
- [6] Han Y, Wang S, Jing Q, et al. Comparison of long-term efficacy of the paclitaxel-eluting stent versus the bare-metal stent for treatment of unprotected left main coronary artery disease[J]. Am J Cardiol, 2009, 103(2): 194-198. DOI: 10.1016/j.amjcard.2008.08.058.
- [7] Chen SL, Xu B, Han YL, et al. Comparison of double kissing crush versus Culotte stenting for unprotected distal left main bifurcation lesions: results from a multicenter, randomized, prospective DKCRUSH-III study[J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 61(14): 1482-1488. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.01.023.
- [8] Chen SL, Zhang JJ, Han Y, et al. Double kissing crush versus provisional stenting for left main distal bifurcation lesions: DKCRUSH-V randomized trial[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 70(21): 2605-2617. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.09.1066.
- [9] Chen SL, Xu B, Han YL, et al. Clinical outcome after DK crush versus culotte stenting of distal left main bifurcation lesions: the 3-year follow-up results of the DKCRUSH-III Study[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(10): 1335-1342. DOI: 10.1016/j.jcin.2015.05.017.
- [10] Chen X, Li X, Zhang JJ, et al. 3-Year Outcomes of the DKCRUSH-V trial comparing DK crush with provisional stenting for left main bifurcation lesions[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2019, 12(19): 1927-1937. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.04.056.
- [11] Chen SL, Santoso T, Zhang JJ, et al. A randomized clinical study comparing double kissing crush with provisional stenting for treatment of coronary bifurcation lesions: results from the DKCRUSH-II (double kissing crush versus provisional stenting technique for treatment of coronary bifurcation lesions) trial[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 57(8): 914-920. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.10.023.
- [12] Chen SL, Santoso T, Zhang JJ, et al. Clinical outcome of double kissing crush versus provisional stenting of coronary artery bifurcation lesions: the 5-year follow-up results from a randomized and multicenter DKCRUSH-II Study (randomized study on double kissing crush technique versus provisional stenting technique for coronary artery bifurcation lesions) [J]. Circ Cardiovasc Interv, 2017, 10(2): e004497. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004497.
- [13] Jönsson A, Ivert T, Svane B, et al. Classification of left main coronary obstruction--feasibility of surgical angioplasty and survival after coronary artery bypass surgery[J].

- Cardiovasc Surg, 2003, 11(6): 497-505. DOI: 10.1016/S0967-2109(03)00111-X.
- [14] Dou K, Zhang D, Pan H, et al. Active SB-P versus conventional approach to the protection of high-risk side branches: the CIT-RESOLVE trial[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(9): 1112-1122. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.01.233.
- [15] Zhang JJ, Ye F, Xu K, et al. Multicentre, randomized comparison of two-stent and provisional stenting techniques in patients with complex coronary bifurcation lesions: the DEFINITION II trial[J]. Eur Heart J, 2020, 41(27): 2523-2536. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa543.
- [16] Chen SL, Sheiban I, Xu B, et al. Impact of the complexity of bifurcation lesions treated with drug-eluting stents: the DEFINITION study (Definitions and impact of complex bifurcation lesions on clinical outcomes after percutaneous coronary intervention using drug-eluting stents) [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2014, 7(11): 1266-1276. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.04.026.
- [17] Xu B, G  n  reux P, Yang Y, et al. Validation and comparison of the long-term prognostic capability of the SYNTAX score-II among 1, 528 consecutive patients who underwent left main percutaneous coronary intervention [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2014, 7(10): 1128-1137. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.05.018.
- [18] Farooq V, van Klaveren D, Steyerberg EW, et al. Anatomical and clinical characteristics to guide decision making between coronary artery bypass surgery and percutaneous coronary intervention for individual patients: development and validation of SYNTAX score II [J]. Lancet, 2013, 381(9867): 639-650. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60108-7.
- [19] Takahashi K, Serruys PW, Fuster V, et al. Redevelopment and validation of the SYNTAX score II to individualise decision making between percutaneous and surgical revascularisation in patients with complex coronary artery disease: secondary analysis of the multicentre randomised controlled SYNTAXES trial with external cohort validation[J]. Lancet, 2020, 396(10260): 1399-1412. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32114-0.
- [20] Di Gioia G, Sonck J, Ferenc M, et al. Clinical outcomes following coronary bifurcation PCI techniques: a systematic review and network meta-analysis comprising 5, 711 patients[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(12): 1432-1444. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.03.054.
- [21] Chen SL, Chen JP, Mintz G, et al. Comparison between the NERS (new risk stratification) score and the SYNTAX (synergy between percutaneous coronary intervention with taxus and cardiac surgery) score in outcome prediction for unprotected left main stenting[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2010, 3(6): 632-641. DOI: 10.1016/j.jcin.2010.04.006.
- [22] Chen SL, Han YL, Zhang YJ, et al. The anatomic-and clinical-based NERS (new risk stratification) score II to predict clinical outcomes after stenting unprotected left main coronary artery disease: results from a multicenter, prospective, registry study[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2013, 6(12): 1233-1241. DOI: 10.1016/j.jcin.2013.08.006.
- [23] Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for coronary artery revascularization: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. Circulation, 2022, 145(3): e4-e17. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001039.
- [24] Xu B, Redfors B, Yang Y, et al. Impact of operator experience and volume on outcomes after left main coronary artery percutaneous coronary intervention[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(20): 2086-2093. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.08.011.
- [25] Dhillon AS, Narayanan MR, Tun H, et al. In-hospital outcomes of rotational atherectomy in high-risk patients with severely calcified left main coronary artery disease: a single-center experience[J]. J Invasive Cardiol, 2019, 31(4): 101-106.
- [26] Fuku Y, Kadota K, Toyofuku M, et al. Long-term outcomes of drug-eluting stent implantation after rotational atherectomy for left main coronary artery bifurcation lesions[J]. Am J Cardiol, 2019, 123(11): 1796-1805. DOI: 10.1016/j.amjcard.2019.03.002.
- [27] Gogas BD, Fei Y, Song L, et al. Left main coronary interventions: a practical guide[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2020, 21(12): 1596-1605. DOI: 10.1016/j.carrev.2020.05.014.
- [28] Lassen JF, Burzotta F, Banning AP, et al. Percutaneous coronary intervention for the left main stem and other bifurcation lesions: 12th consensus document from the European Bifurcation Club[J]. EuroIntervention, 2018, 13(13): 1540-1553. DOI: 10.4244/EIJ-D-17-00622.
- [29] Chen SL, Zhang Y, Xu B, et al. Five-year clinical follow-up of unprotected left main bifurcation lesion stenting: one-stent versus two-stent techniques versus double-kissing crush technique[J]. EuroIntervention, 2012, 8(7): 803-814. DOI: 10.4244/EIJV8I7A123.
- [30] Ng J, Foin N, Ang HY, et al. Over-expansion capacity and stent design model: an update with contemporary DES platforms[J]. Int J Cardiol, 2016, 221: 171-179. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.06.097.
- [31] Gasior P, Lu S, Ng C, et al. Comparison of overexpansion capabilities and thrombogenicity at the side branch ostia after implantation of four different drug eluting stents[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 20791. DOI: 10.1038/s41598-020-75836-6.
- [32] 中华医学会心血管病学分会. 冠状动脉生物可吸收支架临床应用中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志, 2020, 48(5): 350-358. DOI: 10.3760/cma. j. cn112148-20200317-00224.
- [33] Sawaya FJ, Lef  vre T, Chevalier B, et al. Contemporary approach to coronary bifurcation lesion treatment[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(18): 1861-1878. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.06.056.
- [34] Rab T, Sheiban I, Louvard Y, et al. Current interventions for the left main bifurcation[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2017, 10(9): 849-865. DOI: 10.1016/j.jcin.2017.02.037.
- [35] Kandzari DE, Gershlick AH, Serruys PW, et al. Outcomes among patients undergoing distal left main percutaneous coronary intervention[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2018, 11(10): e007007. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.118.007007.
- [36] Niemel   M, Kervinen K, Erglis A, et al. 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 [J]. *Circulation*, 2011, 123(1): 79-86. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.966879.
- [37] Pan M, Medina A, Suárez de Lezo J, et al. Coronary bifurcation lesions treated with simple approach (from the Cordoba & Las Palmas [CORPAL] Kiss Trial) [J]. *Am J Cardiol*, 2011, 107(10): 1460-1465. DOI: 10.1016/j.amjcard.2011.01.022.
- [38] Chevalier B, Glatt B, Royer T, et al. Placement of coronary stents in bifurcation lesions by the "culotte" technique[J]. *Am J Cardiol*, 1998, 82(8): 943-949. DOI: 10.1016/s0002-9149(98)00510-4.
- [39] Burzotta F, Lassen JF, Louvard Y, et al. European bifurcation club white paper on stenting techniques for patients with bifurcated coronary artery lesions[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 96(5): 1067-1079. DOI: 10.1002/ccd.29071.
- [40] Chen L, Fan L, Luo Y, et al. Ex vivo mono-ring technique simplifies culotte stenting for treatment of true bifurcation lesions: Insights from bench testing and clinical application[J]. *Cardiol J*, 2016, 23(6): 673-684. DOI: 10.5603/CJ.a2016.0054.
- [41] Hu F, Tu S, Cai W, et al. Double kissing mini-culotte versus mini-culotte stenting: insights from micro-computed tomographic imaging of bench testing[J]. *EuroIntervention*, 2019, 15(5): 465-472. DOI: 10.4244/EIJ-D-18-00688.
- [42] Fan L, Chen L, Luo Y, et al. DK mini-culotte stenting in the treatment of true coronary bifurcation lesions: a propensity score matching comparison with T-provisional stenting[J]. *Heart Vessels*, 2016, 31(3): 308-321. DOI: 10.1007/s00380-014-0611-7.
- [43] Burzotta F, Lassen JF, Lefèvre T, et al. Percutaneous coronary intervention for bifurcation coronary lesions: the 15(th) consensus document from the European Bifurcation Club[J]. *EuroIntervention*, 2021, 16(16): 1307-1317. DOI: 10.4244/EIJ-D-20-00169.
- [44] Sheiban I, Albiero R, Marsico F, et al. Immediate and long-term results of "T" stenting for bifurcation coronary lesions[J]. *Am J Cardiol*, 2000, 85(9): 1141-1144. DOI: 10.1016/s0002-9149(00)00712-8.
- [45] Colombo A, Moses JW, Morice MC, et al. Randomized study to evaluate sirolimus-eluting stents implanted at coronary bifurcation lesions[J]. *Circulation*, 2004, 109(10): 1244-1249. DOI: 10.1161/01.CIR.0000118474.71662.E3.
- [46] Tanabe K, Hoyer A, Lemos PA, et al. Restenosis rates following bifurcation stenting with sirolimus-eluting stents for de novo narrowings[J]. *Am J Cardiol*, 2004, 94(1): 115-118. DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.03.040.
- [47] Colombo A, Stankovic G, Orlic D, et al. Modified T-stenting technique with crushing for bifurcation lesions: immediate results and 30-day outcome[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2003, 60(2): 145-151. DOI: 10.1002/ccd.10622.
- [48] Ge L, Airolidi F, Iakovou I, et al. Clinical and angiographic outcome after implantation of drug-eluting stents in bifurcation lesions with the crush stent technique: importance of final kissing balloon post-dilation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46(4): 613-620. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.05.032.
- [49] Hoyer A, Iakovou I, Ge L, et al. Long-term outcomes after stenting of bifurcation lesions with the "crush" technique: predictors of an adverse outcome[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(10): 1949-1958. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.11.083.
- [50] Moussa I, Costa RA, Leon MB, et al. A prospective registry to evaluate sirolimus-eluting stents implanted at coronary bifurcation lesions using the "crush technique" [J]. *Am J Cardiol*, 2006, 97(9): 1317-1321. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.11.072.
- [51] Galassi AR, Colombo A, Buchbinder M, et al. Long-term outcomes of bifurcation lesions after implantation of drug-eluting stents with the "mini-crush technique" [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2007, 69(7): 976-983. DOI: 10.1002/ccd.21047.
- [52] Collins N, Dzavik V. A modified balloon crush approach improves side branch access and side branch stent apposition during crush stenting of coronary bifurcation lesions[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2006, 68(3): 365-371. DOI: 10.1002/ccd.20791.
- [53] Chen SL, Ye F, Zhang JJ, et al. DK crush technique: modified treatment of bifurcation lesions in coronary artery[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2005, 118(20): 1746-1750.
- [54] Zhang JJ, Chen SL. Classic crush and DK crush stenting techniques[J]. *EuroIntervention*, 2015, 11 Suppl V: V102-105. DOI: 10.4244/EIJV11SVA23.
- [55] Chen SL, Zhang JJ, Ye F, et al. Study comparing the double kissing (DK) crush with classical crush for the treatment of coronary bifurcation lesions: the DKCRUSH-1 Bifurcation Study with drug-eluting stents[J]. *Eur J Clin Invest*, 2008, 38(6): 361-371. DOI: 10.1111/j.1365-2362.2008.01949.x.
- [56] Pan M, Ojeda S. Complex better than simple for distal left main bifurcation lesions: lots of data but few crushing operators[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(12): 1445-1447. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.04.039.
- [57] Zhang J, Gao X, Kan J, et al. Intravascular ultrasound versus angiography-guided drug-eluting stent implantation: the ULTIMATE Trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(24): 3126-3137. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.09.013.
- [58] 血管内超声在冠状动脉疾病中应用的中国专家共识专家组. 血管内超声在冠状动脉疾病中应用的中国专家共识 (2018) [J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(5): 344-351. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.05.005.
- [59] Johnson TW, Räber L, di Mario C, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 2: acute coronary syndromes, ambiguous coronary angiography findings, and guiding interventional decision-making: an expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions[J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(31): 2566-2584. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz332.
- [60] Kim HL, Koo BK, Nam CW, et al. Clinical and physiological outcomes of fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention in patients with serial stenoses within one coronary artery[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2012, 5(10): 1013-1018. DOI: 10.1016/j.jcin.2012.06.017.
- [61] Fearon WF, Yong AS, Lenders G, et al. The impact of downstream coronary stenosis on fractional flow reserve assessment of intermediate left main coronary artery



- disease: human validation[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(3): 398-403. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.09.027.
- [62] Modi BN, van de Hoef TP, Piek JJ, et al. Physiological assessment of left main coronary artery disease[J]. EuroIntervention, 2017, 13(7): 820-827. DOI: 10.4244/EIJ-D-17-00135.
- [63] Park SJ, Ahn JM, Kang SJ, et al. Intravascular ultrasound-derived minimal lumen area criteria for functionally significant left main coronary artery stenosis [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2014, 7(8): 868-874. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.02.015.
- [64] Kang SJ, Ahn JM, Song H, et al. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and adverse cardiac events in 403 patients with unprotected left main disease[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2011, 4(6): 562-569. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.111.964643.
- [65] Ge Z, Kan J, Gao XF, et al. Comparison of intravascular ultrasound-guided with angiography-guided double kissing crush stenting for patients with complex coronary bifurcation lesions: rationale and design of a prospective, randomized, and multicenter DKCRUSH VIII trial[J]. Am Heart J, 2021, 234: 101-110. DOI: 10.1016/j.ahj.2021.01.011.
- [66] Lee SY, Ahn JM, Mintz GS, et al. Ten-year clinical outcomes of late-acquired stent malapposition after coronary stent implantation[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2020, 40(1): 288-295. DOI: 10.1161/ATVBAHA.119.313602.
- [67] Kubo T, Akasaka T, Shite J, et al. OCT compared with IVUS in a coronary lesion assessment: the OPUS-CLASS study [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2013, 6(10): 1095-1104. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.04.014.
- [68] Amabile N, Rangé G, Souteyrand G, et al. Optical coherence tomography to guide percutaneous coronary intervention of the left main coronary artery: the LEMON study[J]. EuroIntervention, 2021, 17(2): e124-e131. DOI: 10.4244/EIJ-D-20-01121.
- [69] Prati F, Romagnoli E, Burzotta F, et al. Clinical impact of OCT findings during PCI: the CLI-OPCI II study[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(11): 1297-1305. DOI: 10.1016/j.jcmg.2015.08.013.
- [70] Holm NR, Andreasen LN, Walsh S, et al. Rational and design of the European randomized optical coherence tomography optimized bifurcation event reduction trial (OCTOBER) [J]. Am Heart J, 2018, 205: 97-109. DOI: 10.1016/j.ahj.2018.08.003.
- [71] Chen SL, Ye F, Zhang JJ, et al. Randomized comparison of FFR-guided and angiography-guided provisional stenting of true coronary bifurcation lesions: the DKCRUSH-VI trial (double kissing crush versus provisional stenting technique for treatment of coronary bifurcation lesions VI) [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(4): 536-546. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.12.221.
- [72] Tu S, Westra J, Yang J, et al. Diagnostic accuracy of fast computational approaches to derive fractional flow reserve from diagnostic coronary angiography: the international multicenter FAVOR pilot study[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(19): 2024-2035. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.07.013.
- [73] Xu B, Tu S, Qiao S, et al. Diagnostic accuracy of angiography-based quantitative flow ratio measurements for online assessment of coronary stenosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 70(25): 3077-3087. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.10.035.
- [74] Tu S, Westra J, Adjedj J, et al. Fractional flow reserve in clinical practice: from wire-based invasive measurement to image-based computation[J]. Eur Heart J, 2020, 41(34): 3271-3279. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz918.
- [75] Emori H, Kubo T, Kameyama T, et al. Quantitative flow ratio and instantaneous wave-free ratio for the assessment of the functional severity of intermediate coronary artery stenosis[J]. Coron Artery Dis, 2018, 29(8): 611-617. DOI: 10.1097/mca.0000000000000650.
- [76] Choi KH, Lee SH, Lee JM, et al. Clinical relevance and prognostic implications of contrast quantitative flow ratio in patients with coronary artery disease[J]. Int J Cardiol, 2021, 325: 23-29. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.09.002.
- [77] Zhang R, Song C, Guan C, et al. Prognostic value of quantitative flow ratio based functional SYNTAX score in patients with left main or multivessel coronary artery disease[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2020, 13(10): e009155. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009155.
- [78] Göteborg M, Christiansen EH, Gudmundsdottir IJ, et al. Instantaneous wave-free ratio versus fractional flow reserve to guide PCI[J]. N Engl J Med, 2017, 376(19): 1813-1823. DOI: 10.1056/NEJMoa1616540.
- [79] Davies JE, Sen S, Dehbi HM, et al. Use of the instantaneous wave-free ratio or fractional flow reserve in PCI[J]. N Engl J Med, 2017, 376(19): 1824-1834. DOI: 10.1056/NEJMoa1700445.
- [80] Sen S, Escaned J, Malik IS, et al. Development and validation of a new adenosine-independent index of stenosis severity from coronary wave-intensity analysis: results of the ADVISE (adenosine vasodilator independent stenosis evaluation) study[J]. J Am Coll Cardiol, 2012, 59(15): 1392-1402. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.11.003.
- [81] Escaned J, Echavarría-Pinto M, Garcia-Garcia HM, et al. Prospective assessment of the diagnostic accuracy of instantaneous wave-free ratio to assess coronary stenosis relevance: results of ADVISE II international, multicenter study (adenosine vasodilator independent stenosis evaluation II) [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(6): 824-833. DOI: 10.1016/j.jcin.2015.01.029.
- [82] Warisawa T, Cook CM, Rajkumar C, et al. Safety of revascularization deferral of left main stenosis based on instantaneous wave-free ratio evaluation[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(14): 1655-1664. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.02.035.
- [83] Kobayashi Y, Johnson NP, Berry C, et al. The influence of lesion location on the diagnostic accuracy of adenosine-free coronary pressure wire measurements[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(23): 2390-2399. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.08.041.
- [84] Tang CX, Wang YN, Zhou F, et al. Diagnostic performance of fractional flow reserve derived from coronary CT angiography for detection of lesion-specific ischemia: a multi-center study and meta-analysis[J]. Eur J Radiol, 2019, 116: 90-97. DOI: 10.1016/j.ejrad.2019.04.011.
- [85] Habibi SE, Shah R, Berzings CO, et al. Left main coronary artery stenosis: severity evaluation and implications for



- management[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2017, 15(3): 157-163. DOI: 10.1080/14779072.2017.1294065.
- [86] Lu MT, Ferencik M, Roberts RS, et al. Noninvasive FFR derived from coronary CT angiography: management and outcomes in the PROMISE trial[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(11): 1350-1358. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.11.024.
- [87] 《药物涂层球囊临床应用中国专家共识》专家组. 药物涂层球囊临床应用中国专家共识[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2016, 24(2): 61-67. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2016.02.001.
- [88] Jeger RV, Eccleshall S, Wan Ahmad WA, et al. Drug-coated balloons for coronary artery disease: third report of the international DCB Consensus Group[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(12): 1391-1402. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.02.043.
- [89] Her AY, Shin ES, Bang LH, et al. Drug-coated balloon treatment in coronary artery disease: recommendations from an Asia-Pacific Consensus Group[J]. *Cardiol J*, 2021, 28(1): 136-149. DOI: 10.5603/CJ.a2019.0093.
- [90] Jing QM, Zhao X, Han YL, et al. A drug-eluting Balloon for the treatment of coronary bifurcation lesions in the side branch: a prospective multicenter randomized (BEYOND) clinical trial in China[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2020, 133(8): 899-908. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000743.
- [91] Lee WC, Hsueh SK, Chen CJ, et al. The comparison of clinical outcomes after drug-eluting balloon and drug-eluting stent use for left main bifurcation in-stent restenosis[J]. *Int Heart J*, 2018, 59(5): 935-940. DOI: 10.1536/ihj.17-540.
- [92] Kook H, Joo HJ, Park JH, et al. A comparison between drug-eluting stent implantation and drug-coated balloon angioplasty in patients with left main bifurcation in-stent restenotic lesions[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 83. DOI: 10.1186/s12872-020-01381-9.
- [93] Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock (IABP-SHOCK II): final 12 month results of a randomised, open-label trial[J]. *Lancet*, 2013, 382(9905): 1638-1645. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61783-3.
- [94] O'Neill WW, Neill WW, Kleiman NS, et al. A prospective, randomized clinical trial of hemodynamic support with Impella 2.5 versus intra-aortic balloon pump in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention: the PROTECT II study[J]. *Circulation*, 2012, 126(14): 1717-1727. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.098194.
- [95] 中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组, 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 等. 冠心病双联抗血小板治疗中国专家共识[J]. *中华心血管病杂志*, 2021, 49(5): 432-454. DOI: 10.3760/cma. j. cn112148-20210125-00088.
- [96] Cho S, Kim JS, Kang TS, et al. Long-term efficacy of extended dual antiplatelet therapy after left main coronary artery bifurcation stenting[J]. *Am J Cardiol*, 2020, 125(3): 320-327. DOI: 10.1016/j. amjcard. 2019. 10.046.
- [97] Rhee TM, Park KW, Kim CH, et al. Dual antiplatelet therapy duration determines outcome after 2-but not 1-stent strategy in left main bifurcation percutaneous coronary intervention[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11(24): 2453-2463. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.09.020.
- [98] Rigatelli G, Zuin M, Vassilev D, et al. Outcomes of left main bifurcation stenting depends on both length of dual antiplatelet therapy and stenting strategy[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2020, 21(10): 1319-1322. DOI: 10.1016/j. carrev.2020.03.029.
- [99] Brener SJ, Serruys PW, Morice MC, et al. Optimal duration of dual antiplatelet therapy after left main coronary stenting[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(17): 2086-2087. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.07.084.
- [100] Kogame N, Chichareon P, De Wilder K, et al. Clinical relevance of ticagrelor monotherapy following 1-month dual antiplatelet therapy after bifurcation percutaneous coronary intervention: insight from GLOBAL LEADERS trial[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 96(1): 100-111. DOI: 10.1002/ccd.28428.
- [101] Dangas G, Baber U, Sharma S, et al. Ticagrelor with or without aspirin after complex PCI[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(19): 2414-2424. DOI: 10.1016/j. jacc.2020.03.011.
- [102] Lee JY, Park DW, Kim YH, et al. Incidence, predictors, treatment, and long-term prognosis of patients with restenosis after drug-eluting stent implantation for unprotected left main coronary artery disease[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57(12): 1349-1358. DOI: 10.1016/j. jacc.2010.10.041.
- [103] Kushner FG, Hand M, Smith SC, et al. 2009 focused updates: ACC/AHA Guidelines for the management of patients with ST-elevation myocardial infarction (updating the 2004 guideline and 2007 focused update) and ACC/AHA/SCAI Guidelines on percutaneous coronary intervention (updating the 2005 guideline and 2007 focused update) a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 54(23): 2205-2241. DOI: 10.1016/j.jacc.2009.10.015.
- [104] Fujino Y, Attizzani GF, Tahara S, et al. Optical coherence tomography assessment of in-stent restenosis after percutaneous coronary intervention with two-stent technique in unprotected left main[J]. *Int J Cardiol*, 2016, 219: 285-292. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.05.028.
- [105] Shlofmitz E. Recurrent in-stent restenosis: overcoming obstacles with intravascular imaging guidance[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2021, 22: 34-35. DOI: 10.1016/j. carrev.2020.10.014.

