

冠状动脉腔内介入诊疗影像技师操作规范

中华医学会影像技术分会 中国医师协会医学技师专业委员会

通信作者:余建明,华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科,武汉 430022, Email: cjr.yujianming@vip.163.com;李真林,四川大学华西医院放射科,成都 610041, Email: lzld01@126.com;马新武,山东第一医科大学附属省立医院设备处,济南 250021, Email: xinwuma@sina.com

【摘要】 本专家共识在冠状动脉腔内介入诊断技术的影像技师操作规范中,叙述了血管内超声、光学相干断层成像和多模态血管腔内成像系统的介入影像技师的操作技术;在冠状动脉腔内介入功能学检查的介入影像技师操作规范中,叙述了有创血流储备分数测定和基于影像学的血流储备分数的介入影像技师的操作技术;在冠状动脉相关疾病介入治疗的影像技师操作规范中,叙述了冠状动脉腔内斑块旋磨技术,冠状动脉内冲击波球囊技术和冠状动脉准分子激光消融术的介入影像技师的操作技术。在上述的介入影像技师操作规范的撰写中,主要就图像与数据采集、图像与数据分析、术前准备、术中操作和术后管理等进行了详细叙述。

【关键词】 冠状动脉; 腔内介入诊疗; 介入影像技师; 操作规范

Operational specifications for intravascular imaging technology in coronary interventional diagnosis and treatment

Imaging Technology Branch of Chinese Medical Association, Medical Technologist Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association

Corresponding author: Yu Jianming, Department of Radiology, Union Hospital of Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China, Email: cjr.yujianming@vip.163.com; Li Zhenlin, Department of Radiology, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China, Email: lzld01@126.com; Ma Xinwu, Department of Equipment, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Ji'nan 250021, China, Email: xinwuma@sina.com

冠状动脉介入手术中,血管腔内影像诊断与功能学检查技术,如血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)、光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)、血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)检测等,能提供更为丰富的冠状动脉血管壁信息,对血管狭窄程度进行评估,精准判断病变性质及其严重程度,提供斑块性质以及是否存在生理性缺血等病变信息,以提高冠状动脉介入治疗的精准性和有效性^[1]。

我国的冠状动脉腔内介入治疗手术在各地广泛开展,介入影像技师作为冠状动脉腔内介入治疗团队中的关键成员,直接参与到冠状动脉腔内介入治疗手术之中。介入影像技师的规范操作和图像分析工作直接关系到手术的安全性、成功率,以及患者的预后。因此,中华医学会影像技术分会和中国医师协会医学技师专业委员会的相关专家,在参考国内外介入影像技师操作规范及相关文献的基础上,结合我国的实际情况制订了本版冠状动脉腔

DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20250221-00092

收稿日期 2025-02-21 本文编辑 张琳琳

引用本文:中华医学会影像技术分会,中国医师协会医学技师专业委员会.冠状动脉腔内介入诊疗影像技师操作规范[J].中华放射学杂志,2026,60(1):36-47. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20250221-00092.



介入诊疗影像技师操作规范,旨在提高介入影像技师的安全操作意识,提升介入影像技师的专业水平和业务能力^[2-4]。

一、冠状动脉腔内诊断技术介入影像技师操作规范

(一)IVUS

1. 概述:IVUS 是一种将超声探头通过导管置入血管腔内,实时获取血管腔内影像信息的介入性诊断技术。血管内超声具有良好的组织穿透性,在无明显钙化遮挡的情况下,可准确测量冠状动脉外弹力膜面积及直径。尤其在负性重构血管内植入支架时,IVUS 有助于选择合适的支架尺寸,从而降低冠状动脉穿孔等并发症的发生风险。此外,IVUS 能够评估支架植入后的即刻效果,包括支架贴壁情况、膨胀程度、边缘夹层及血肿形成等。该技术亦广泛应用于复杂冠状动脉病变的介入治疗,如左主干病变、分叉病变、慢性完全闭塞病变(chronic total occlusion, CTO)及支架内再狭窄等^[5-6]。

2. 介入影像技师操作规范:(1)设备操作:①开启并登录 IVUS 主机系统,录入患者信息,打开一次性 IVUS 成像导管套装。②使用肝素化生理盐水充盈 3 和 10 ml 注射器,连接三通和延长管,确保整个系统无空气。③连接马达和固定滑板,并套上无菌袋,将马达回撤至滑板尾端,将超声导管水平连接至马达上,确保导管识别正确。④点击成像按钮,在成像过程中用双手复位成像核心,排出管内残余气泡,确保画面显示明亮且同心环清晰。⑤关闭成像按钮,将马达与导管一起向前推送,使导管红色标记位置卡入卡槽。⑥导管回撤:将导管送至病变远端,确保超声导管的第 2 个标记点超过病变 10 mm。建议尽量采用自动回撤方式,以获取病变长度和斑块体积等更多信息。常用的自动回撤速度为 0.5~4.0 mm/s,对于部分特殊病变,可手动回撤或以 6.0~8.0 mm/s 的速度回撤。

(2)IVUS 图像分析:在导管回撤过程中,需实时标记关键信息,包括正常管腔直径、最小管腔直径、斑块负荷、钙化、夹层及斑块破溃等。具体步骤如下。①确定“路标”结构:需在超声图像中明确关键“路标”,为手术操作提供定位参考。②近端参考节段:指同一血管病变近端的最大管腔部位,通常位于距离病变 10 mm 且无主要分支处。③远端参考节段:指同一血管病变远端最大管腔部位,需排除瘤样扩张区域。④分支开口:需要清晰显示分支

汇入前的完整血管结构。明确 IVUS 导管回撤位置及分支血管汇入位置。⑤分析斑块性质:根据图像特征判断斑块类型,常见类型包括纤维斑块、脂质斑块及钙化斑块等,为病变预处理提供参考。⑥测量最小管腔面积:精准测量最小管腔面积,该指标是评估血管狭窄程度及指导治疗的重要依据。⑦测量血管及管腔直径:通过准确测量血管整体直径与管腔直径,结合测量结果确定支架及球囊的规格,确保介入器械与血管解剖结构匹配。⑧测量病变长度:依据节段病变的斑块负荷<50%的原则,确定病变长度,进而选择合适的支架长度^[7]。对于开口病变,因存在斜切效应,容易高估管腔直径,应以短径为判定标准。根据术后情况再次扫描,以优化后扩球囊规格。⑨支架植入后评估:支架植入后,需测量最小支架面积,并重点评估支架膨胀情况、贴壁效果及边缘夹层等术后效果,确保支架植入的有效性与安全性。

(3)质量控制:图像质量:①影像记录前,需依据血管腔直径调整景深与增益,以优化图像信号清晰度;过度提升增益会增加血液噪点,导致图像分辨率下降;②IVUS 操作中严禁在体内排气,这样容易引发气栓等严重并发症;③导管经过扭曲血管时,马达可能发生不均匀旋转,会使图像产生伪影而干扰诊断结果,应尽量减少扫描扭曲血管以避免这种伪影的产生。术后管理:①将相关资料刻盘或传输图像至网络存档;②按规定程序关机。

3. 并发症的识别:IVUS 检查并发症发生率较低(1%~3%),以血管损伤为主。介入影像技师在 IVUS 检查时,需要协助快速识别并发症的征象,以便及时进行处理。(1)血管痉挛:表现为患者突发胸痛,心电图 ST 段抬高(局限于目标血管供血导联),IVUS 图像显示血管管腔直径较基础值缩小>50%,指引导管内压力轻度下降[<10 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)]。(2)血管夹层:表现为 IVUS 图像显示血管壁内膜与中膜分离,形成“真假腔”(真腔回声均匀,假腔内可见低回声血栓或血液),DSA 造影可见“线样透亮影”,严重时伴指引导管内压力下降(>20 mmHg)。(3)血栓形成:表现为 IVUS 图像显示血管腔内低回声充盈缺损(血栓),DSA 造影显示管腔狭窄加重,伴心肌梗死溶栓试验血流分级(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)下降(≤2 级),患者出现胸闷、心电图 ST 段压低。(4)支架刚蹭:表现为 IVUS 图像显示支架短缩,支架边缘夹层或病变覆盖不完全等^[8-10]。



4. 风险事件预防要点:控制 IVUS 导管推送速度(0.5~1.0 mm/s),避免强行通过狭窄或扭曲病变;每推送 5~10 mm 暂停操作,观察 IVUS 图像与血管腔内压力,及时发现早期痉挛或夹层;术前充分排净导管内气泡(建议通过生理盐水反复冲洗导管腔 3~5 次),减少血栓诱因。

(二)OCT

1. 概述:OCT 是利用近红外光相干现象进行血管内成像的技术,其分辨力接近 10 μm ,是目前分辨力最高的血管内成像技术,被誉为“体内组织学显微镜”^[11]。它能够清晰地显示血管壁的 3 层结构(内膜、中膜、外膜)、病变的详细特征(如纤维斑块、钙化斑块、脂质斑块等)以及管腔的狭窄程度等。同时,可以精准显示血管内的微组织结构(如胆固醇结晶、微通道、巨噬细胞等)^[11-13]。

OCT 广泛应用于冠状动脉疾病的诊断、血管腔内治疗效果的即时评估以及术后随访。OCT 还可以结合管腔面积、纤维帽厚度及微组织结构等相关信息进行风险评分,可以有效地预测心血管不良事件,而且可以对 OCT 定义的高风险斑块进行保护性的预先植入支架,减少不良事件发生已经得到相关文献证实^[14-15]。

OCT 在支架植入后的长期安全性随访和有效性评估、指导生物可降解支架和药物涂层球囊植入以及评价药物球囊治疗失败等方面亦发挥着重要作用^[16]。

2. 介入影像技师操作规范:(1)设备操作:①准备设备:将 OCT 设备连接电源,如果需要使用造影融合功能,需将主机背板上的绿色造影输入电缆和灰色 OCT 输出电缆与 DSA 连接。②开机并登录系统:输入患者信息创建新病例。③进入参数选择界面:根据临床场景选择回撤的手术阶段、合适的回撤长度、回撤触发方式、冲洗介质和靶病变位置等信息。然后进入“清洗导管并连接”界面,此时开始进行 OCT 成像导管的准备与连接。④准备并连接 OCT 成像导管:取出导管包装盒中的成像导管、光学控制器(drive-motor and optical controller, DOC)、无菌套、3 ml 环柄注射器放置于无菌操作台。用纱布蘸取肝素盐水擦拭导管,激活导管外表面的亲水涂层。用 3 ml 环柄注射器抽取纯对比剂,充分排气后连接到导管侧臂上的接口,缓慢推注对比剂,直到导管头端有 3~4 滴对比剂滴出,完成导管中心腔的冲洗。⑤准备驱动马达和 DOC:介入影像技师配合将 DOC 套上无菌套,打开导管尾部的光纤接口

保护盖,将导管插入 DOC,完成成像导管与 DOC 的连接。⑥冲洗:介入影像技师点击启动导管,OCT 设备即显示成像导管实时图像。观察导管中心腔,中心腔内如有血液时将显示为黄色信号,需再次进行导管中心腔的冲洗。⑦试注:协助手术医师向冠状动脉内快速推注少量(1~2 ml)对比剂,观察 OCT 实时画面中血液是否可以被迅速排空,从而评估指引导管是否充分同轴。如部分清空或无法清空,则需要重新调整指引导管同轴。⑧回撤:在完成冲洗和试注后,介入影像技师点击启动回撤,系统将首先自动校准导管,随后进入 15 s 倒计时,可以随时推注对比剂启动回撤。对比剂可以通过手动推注或高压注射器推注。手动推注要求手术医师在 3 s 内通过环柄注射器向冠状动脉内快速注入 8~12 ml 对比剂;使用高压注射器推注时,可参考如下参数(表 1)。⑨造影融合:回撤结束后,系统进入图像质量评估界面,介入影像技师根据图像质量是否清晰可用,选择重新回撤或接受该图像。选择造影图像中靶病变暴露最充分的一帧,介入影像技师在造影上进行回撤路线的定位,首先将第 1 个定位点放置到指引导管开口处,将第 2 个定位点放置到工作导丝头端,系统将提示回撤路线,无误则点击确认,完成实时造影融合。

表 1 冠状动脉介入诊疗中常用血管高压注射器参数设定

冠状动脉	流率 (ml/s)	最大剂量 (ml)	压力限值 (psi)
小直径左冠状动脉	2	8	200
小直径右冠状动脉	2	6	200
大直径左冠状动脉	5	10	300
大直径右冠状动脉	5	8	300

注:一般大直径定义为 3.5 mm 以上血管,或小直径参数无法有效排空血液时

(2)OCT 图像分析:与 IVUS 类似,最新的人工智能 OCT 系统可以自动识别并测量血管和管腔大小,并对钙化斑块进行自动分析。①在 OCT 图像横截面上,系统会自动测量管腔直径、管腔面积以及可识别的外弹力膜直径。对于钙化斑块,系统会自动测量其弧度和最大厚度,并标注最大厚度位置。②在 OCT 图像长轴上,系统会自动识别管腔最狭窄处,并测量其面积和狭窄率。对于选定的远近端参考帧,也会自动显示其直径和面积。长轴上还通过小圆点标注超过 1.5 mm 的分支血管位置,便于定位。③支架植入后回撤图像会显示最小支架面积,



并自动评估支架贴壁情况和支架膨胀率。④介入影像技师应从远端参考帧开始逐帧分析斑块及管腔内结构,对于系统识别和测量有误之处进行人工校正。根据术前评估斑块形态、支架长度、支架及球囊直径(morphology, length, and vessel diameter, MLD)、术后评估夹层识别和处理、评估支架贴壁、评估支架膨胀(medial dissection, stent apposition, stent expansion, MAX)的流程,选择适合的手术器械规格,优化手术流程^[17]。

(3)质量控制:OCT设备需要定期进行维护和校准,以确保其准确度和可靠性。DOC中的光纤接头应定期进行清洁,以保证图像质量。

重度狭窄病变远端血液难以充分排空,自动触发回撤可能失效。选择手动触发回撤能让介入影像技师精准控制回撤时机,从而获得更加清晰的影像。具体操作步骤如下:①OCT导管送至病变近端;②高压注射器推注低分子右旋糖酐,持续时间6 s,流率设置为3 ml/s(右冠状动脉)或4 ml/s(左冠状动脉),可以根据血管大小进行调整;③注射开始2 s后将OCT导管推送到病变远端;④OCT自动回撤成像^[18]。

在术前、中、后各阶段的影像获取都非常重要,尤其是术前OCT影像对手术策略的制订有重要影响^[19]。

如果图像显示导管抖动严重,考虑以下几方面因素:①体外导管是否迂曲打折;②指引导管与冠状动脉开口是否成角;③导管是否通过严重迂曲病变;④止血阀是否过紧;⑤如果是病变原因导致,建议后撤导管或预处理病变后再进行成像,防止导管损坏。

为了实现最佳造影融合效果,应注意以下几点:①用于造影融合的最佳血管造影帧通常具有最小的血管重叠、最小的透视轴向短缩和最清晰的靶病变暴露;②避免不透射线的其他器械(例如胸骨钢丝、起搏电极导线)与靶血管重叠;③确保透视电影在一个静止视野内包括整个OCT回撤和工作导丝不透射线头端;④DSA帧率应选择15或30帧/s。

术后管理:①在手术结束后,需要点击DOC上的卸载按钮,待连接指示灯熄灭之后,逆时针旋转移除导管;②手术数据可导出多种格式文件:OCT原始文件格式(.oct)、标准视频格式(.mp4)、标准图像格式(.png),可刻录光盘或传输至医院内网存储。

3. 并发症的识别:OCT检查并发症发生率极低

(0.5%~2.0%),以“血管刺激类”为主。(1)血管痉挛:发生率0.3%~1.0%,多因OCT导管刺激血管内膜、对比剂温度过低或冲洗流率过快诱发,常见于前降支中远段、回旋支分叉处。患者表现为突发胸痛,心电图ST段抬高,OCT图像显示血管管腔直径较基础值缩小>60%,指引导管内压力轻度下降(<15 mmHg)。(2)血管内膜撕裂:发生率0.1%~0.5%,多因OCT导管尖端过硬、推送时遇到阻力仍强行推进,或对比剂冲洗压力过高导致,表现为“微小内膜撕裂”(撕裂长度<3 mm,无血流受限)。OCT图像显示血管内膜连续性中断,形成“小瓣状结构”(撕裂片<2 mm),无真假腔形成,DSA造影多无明显异常,患者可无明显症状或仅轻微胸闷等。(3)光信号相关组织损伤:发生率<0.1%,极为罕见,多因OCT光源功率过高、导管停滞于同一位置时间过长导致局部组织光热损伤,表现为局部血栓形成或组织水肿,OCT图像显示局部组织出现“高反射灶”,周围低反射水肿区DSA造影可见局部管腔狭窄轻度加重。(4)对比剂过敏反应:参考《中华放射学杂志》发表的《碘对比剂使用指南(第2版)》^[20]。(5)容量负荷过重:发生率0.1%~0.5%,多见于肾功能不全、心功能不全患者,因OCT检查中对比剂用量过多(>100 ml),导致急性肺水肿。表现为患者出现呼吸困难,端坐呼吸,咳粉红色泡沫痰,肺部听诊闻及湿啰音以及胸片显示肺淤血等情况^[21-23]。

4. 风险事件预防要点:按照OCT导管操作规范(推送速度0.5~1.0 mm/s,避免旋转导管);对比剂需满足“三达标”(温度37℃、流率2~5 ml/s、总量<80 ml);避免对高危血管(扭曲、小血管)的OCT检查;避免对同一部位长时间扫描;OCT导管同时注意不要超出工作导丝范围。

(三)多模态血管腔内成像系统

1. 概述:多模态血管腔内成像系统(即OCT-IVUS一体机,简称OI系统)是将IVUS和OCT探头合并为一根探头,通过一次回撤,同时、同位、同轴获取血管内IVUS和OCT图像。OI系统兼具高分辨力和深穿透性,可以利用人工智能等技术实现组织和斑块特征的进一步分析^[24]。OI系统能够融合IVUS及OCT两者的技术优势,提升精准冠状动脉介入治疗。

2. 介入影像技师操作技术:(1)设备操作:①准备一体机设备:登录系统,录入患者信息,准备物品。②进入参数选择界面:根据临床场景选择回撤的手术阶段、合适的回撤长度、回撤触发方式、冲洗



介质和靶病变位置等信息。如需要造影融合功能还需要连接 DSA。③成像导管的准备:将成像导管盘管,3 ml 注射器、10 ml 注射器、三连通、无菌袋的包装袋打开倒在无菌台上,顺时针旋转导管 90°将导管从盘管中取出,用湿纱布擦拭管身以激活亲水涂层,将注射器、三连通与导管连接。用 3 ml 的注射器抽满生理盐水后,从成像导管侧孔推注生理盐水 2 次,如还有气泡则要继续排气。④探头接口单元的准备:探头接口单元可控制选择成像按钮、回撤按钮、校零按钮、速度选择按钮以及自动和手动选择按钮。介入影像技师配合手术医师将探头接口单元主体沿着光纤探头的方向套入无菌套内,揭掉无菌袋上卡扣的贴纸,将接口卡扣放置到探头接口单元内,探头接口单元准备完毕。⑤探头接口单元与成像导管连接:首先将探头接口单元向后回拉一段距离,连接导管时注意对齐下方形状,连接过程会听到两声,表明已连接好。⑥成像导管与工作导丝的连接:导丝近端穿入成像导管第 2 个标记点,穿入导丝时要注意需要弯曲 30°避免导丝损伤光学透镜。⑦校准:点击“开始扫描”后,点击“校准”按钮,调整基准圆环与 OCT 图像中导管鞘外壁相匹配,可以选择自动校准或选择手动校准。⑧定位:将成像导管沿工作导丝送入靶血管内。成像光镜(即造影下第 2 个标记点)过靶病变即完成导管定位。⑨冲洗:点击成像观察有无血液残留,扫描开始前建议常规冲洗 1 次。⑩试注:与 OCT 相似。⑪回撤:手动或自动进行回撤。

(2)图像分析:与 OCT、IVUS 相似。OI 系统可以把两种影像融合在同一张图像上,结合两者的技术优势可以获得更多血管信息。两种影像可以相互验证,避免误读。OCT 图像由于探测深度不如 IVUS,所以在 OCT 分析完毕后,可以用 IVUS 图像对深部斑块进行进一步的探测;而 IVUS 在钙化斑块表面强衰减,无法识别整体钙化斑块特征,结合 OCT 图像信息,可以获得钙化斑块厚度等关键信息,并可以自动计算钙化积分。根据融合图像信息,参考 MLD-MAX 流程,选择更加适合的球囊或支架规格,优化手术流程^[25]。

(3)质量管理:由于导管可能略粗,在通过极度迂曲或严重狭窄病变时有阻力感,避免强行推送,其他与 OCT 相似。

3. 并发症的识别:与 OCT 相似。

4. 风险事件预防要点:缓慢推送成像导管,建议推送速度 0.5~1.0 mm/s,避免旋转导管;保证指引

导管同轴,减少对对比剂使用剂量;避免对高危血管(扭曲、小血管)的检查;避免对同一部位长时间扫描;成像导管不要超出工作导丝范围。

二、冠状动脉腔内功能学检查介入影像技师操作规范

(一)有创 FFR 测定

1. 概述:有创 FFR 测定是临床上判断冠状动脉狭窄病变是否引起心肌缺血的功能学检查技术。通过采用充血药物诱发心肌微循环最大程度充血,使心肌微循环阻力小到忽略不计且恒定;此时冠状动脉狭窄使灌注压的降低程度可反映狭窄使心肌血流量减少的程度^[26]。采用血管腔内压力传感器(压力导丝/压力微导管)测量狭窄病变远端和近端开口部位的壓力值,其比值(Pd/Pa)即为 FFR 值,当 FFR 值<0.80 则表示该狭窄病变已经造成了心肌缺血,需要介入手术治疗^[27]。

FFR 可有效评估各类不同病变和指导治疗决策,如左主干病变、分叉病变的术前规划和急性冠状动脉综合征患者非靶血管的评估,以及单支冠状动脉临界病变是否需要治疗,为多支病变、单支串联病变或者弥漫性病变提供最优化的处理策略等^[27-28]。

2. 介入影像技师操作技术:(1)设备操作:①连接电源线及组件电缆,开机并登录患者基本信息。②无线发射器连接:主动脉(AO)压力传感器与 AO IN 接口相连接,AO OUT 输出到多导生理记录仪,无线发射器(Wi-Box)上的 READY 绿色指示灯亮起,机器屏幕上显示选择房间号,然后连接 Wi-Box。③主动脉压校零:将 AO 传感器置于患者心脏高度,将 AO 传感器与空气连接,单击 Pa 归零,校零 OK 后关上传感器。注意:AO 压力传感器、心脏、压力导丝应在同一高度校零。④无线压力导丝校零:将压力导丝平放,盐水冲洗,打开压力导丝发射器,Pd 显示压力数值并自动 Zero 校零。如果显示“No Sensor(无传感器)”,需要更换导丝再次连接;有线压力导丝校零:将压力导丝平放,盐水冲洗,将导丝插入机器右后侧方的端口,压力导丝连接好后会自动 Zero 校零。⑤均衡化:当压力感受器头端到达指引导管口后,用盐水冲洗导管,撤出导引针,拧紧 Y 阀;介入影像技师确认 Pd、Pa 差在 ± 5 mmHg 以内,按住 EQUALIZE 约 3 s,消除 Pd、Pa 阶差。当 Pd、Pa 差超过 ± 5 mmHg,通过检查并推出指引导管内存有的对比剂,调整主动脉传感器放置位置的高低,使 Pd、Pa 差在 ± 5 mmHg 以内。⑥压力



导丝应到达位置:建议压力感受器至少到达冠状动脉的 2/3 处,以免遗漏潜在的病变,同时注意避免压力导丝贴壁。⑦按照导管室常规给予充血药物:静脉输注腺苷 $140 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 、ATP $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 或冠状动脉内注射瑞嘉诺生 $10 \mu\text{g}$ 等,等待约 5 个心动周期,观察静息时的 FFR 数值。⑧记录并计算 FFR:注射充血药物,按 REC 键记录,达到最大血管扩张,测量 FFR。静脉给药时,腺苷/ATP 通常 20~30 s 起效,60 s 达峰,瑞嘉诺生冠状动脉内注射后 10~15 s 起效,30 s 达峰。药物起效标志:血压先升高,再下降;到达最大充血状态标志:Pa 平均压、Pd 平均压、Pd/Pa 黄线 3 条线平行不再变化,维持最少 20 s。⑨压力导丝回撤:在最大充血状态下,手动回撤导丝,关键病变可进行标记,压力阶差最明显处为实际狭窄部位。⑩验证:测量结束时,将压力导丝传感器回撤到指引导管开口,Pa 和 Pd 平均压差值要在 $\pm 3 \text{ mmHg}$ 内,说明测量准确。如果超过 $\pm 3 \text{ mmHg}$,说明数据漂移,测量有误差,需要重新 EQUALIZE,并再次测量。

(2)FFR 数值分析:FFR 临界值为 0.80,正常冠状动脉 FFR 值约等于 1.0, >0.8 表示心肌缺血的可能性非常小; ≤ 0.80 提示需要进行血运重建的干预,当 FFR 值 <0.75 ,对评价狭窄造成的功能性心肌缺血特异度非常高,是进行冠状动脉介入手术治疗的重要依据。

(3)质量控制:FFR 值的解读还需要结合冠状动脉造影图像进行对比匹配。

匹配:造影狭窄严重, $\text{FFR} \leq 0.80$;造影狭窄程度轻, $\text{FFR} > 0.80$ 。

不匹配:造影狭窄严重, $\text{FFR} > 0.80$, 原因有:①供血范围小:常见于回旋支、右冠状动脉和分支血管;②慢性狭窄,有丰富的侧支循环;③陈旧性心肌梗死:死亡心肌细胞不需要血液供应,存活心肌较少,血流可以满足需求;④肥厚性心肌病:增生的心肌超过增生的微循环血管,FFR 数值被高估;⑤微循环障碍:常见于糖尿病、心肌梗死患者,尤其在右冠状动脉及女性患者中,微循环不能充分扩张,FFR 数值被高估;⑥ATP 或腺苷快速代谢:静脉给药不能维持稳定血药浓度,压力曲线和 FFR 数值不稳定,此时需冠状动脉给 ATP/腺苷测量 FFR 数值。

反向不匹配:指冠状动脉造影显示狭窄程度较轻(通常 $<50\%$),但 $\text{FFR} \leq 0.80$ 的情况,原因有:①供血范围大:常见于左主干、前降支近端病变,尤其是

发生在年轻患者和男性患者中;②给对侧供血:通过侧支循环给对侧狭窄血管供血;③弥漫病变:弥漫长病变对于血流影响大于局限性病变;④支架术后:支架膨胀不全,边缘夹层,没有完全覆盖病变,残余狭窄;⑤肌桥:长的肌桥类似弥漫病变,对血流影响很大,有时需要腔内影像鉴别是弥漫病变还是肌桥;⑥FFR 测量错误:FFR 测量过程中的操作、给药等错误造成数值偏差。

术后管理:①通过 PACS、存储器等存档原始数据;②填写 FFR 记录单,记录经皮冠状动脉介入治疗前后的 FFR 值、校零前后的 Pd 及 Pa、计算 Pd 压力跳跃值等数据;③顺序关闭系统。

3. 并发症的识别:FFR 测定并发症发生率极低(0.5%~2.0%),以“压力导丝相关损伤”为主。(1)充血药物相关不良反应:发生率 0.3%~1.0%,包括心动过缓、低血压、支气管痉挛,多因腺苷剂量过高、患者对腺苷敏感或给药速度过快诱发。心动过缓时,患者出现头晕、乏力,心电图显示窦性心动过缓或房室传导阻滞(I~II度),压力监测显示 Pd、Pa 轻度下降;低血压时,患者出现面色苍白、出冷汗,血压监测显示收缩压较基础值下降 $>30\%$, Pd/Pa 比值波动(>0.05);支气管痉挛时,患者出现呼吸困难、喘息,肺部听诊闻及哮鸣音,血氧饱和度 $<90\%$ 。(2)压力导丝相关损伤:发生率 0.1%~0.5%,包括导丝断裂、传感器损伤、血管内膜撕裂,多因导丝推送不当、导丝与器械摩擦(如指引导管内壁粗糙)导致。(3)压力测量误差:发生率 1.0%~2.0%,非器质性并发症,但可导致 FFR 值误判,多因压力校准不当、指引导管压力衰减、充血不充分导致。识别方法:FFR 值波动大(>0.05),与临床症状不符,或校准后压力差 $>2 \text{ mmHg}$ ^[28-30]。

4. 风险事件预防要点:(1)导丝推送规范:推送压力导丝时动作轻柔,遇阻力时不可强行推进,需通过 DSA 观察导丝位置,调整方向后再尝试;在扭曲血管或钙化病变处,沿工作导丝或微导管推送,避免导丝尖端直接碰撞血管壁。(2)充血药物给药规范:静脉注射腺苷时,通过输液泵精准控制流率 $140 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$;冠状动脉内注射腺苷或硝普钠时,建议使用 25 或 26 G 注射针,其中腺苷注射流率 0.3~0.5 ml/s,硝普钠注射流率 0.2~0.3 ml/s,注射前需确认针头位置,避免药物外渗。(3)压力测量规范:充血状态需稳定后再记录数据,避免因充血不充分导致结果误差;测定完成后,缓慢撤出导丝,避免损伤血管内膜。



(二) 基于影像学的血流储备分数

无创 FFR 是基于冠状动脉影像数据,通过计算流体力学模型评估 FFR,包括基于冠状动脉 CTA 的 CT-FFR、基于多角度介入造影图像的无创定量血流分数检测(quantitative flow ratio, QFR)、基于冠状动脉造影的部分血流储备检测(coronary angiography with fractional flow reserve, CA-FFR)和基于 OCT 影像的快速计算 FFR 技术(optical flow ratio, OFR),主要用于评估血管内血流的相对速度变化,辅助判断血管功能状态。下面以 QFR 为例进行叙述。

1. 概述:QFR 是基于术中冠状动脉血管造影数据,通过三维重建和血流动力学分析,实时获得虚拟 FFR。该技术无需压力导丝或血管扩张药物,可在术中实时分析,多次测量。QFR 可评估冠状动脉任何部位 FFR 实时压力数值,精确实现冠状动脉血管的解剖结构学和生理功能学评估^[26]。

临床应用价值体现在全流程管理中。①术前:判断狭窄是否引发心肌缺血(临界病变、支架内再狭窄等),明确罪犯病变与非罪犯病变,进行风险分层并制定干预策略;②术中:精准定位功能性病变位置,评估病变长度、参考直径,预判术后功能学恢复,指导支架规格与数量选择;③术后:评估支架植入效果(QFR ≥ 0.9 预示远期事件率低)及微循环功能^[26-28]。

2. 介入影像技师操作技术:(1)图像及数据采集:①预处理准备:无禁忌证时,建议于造影前静脉注射硝酸甘油,以扩张冠状动脉,减少痉挛。建议根据实际情况调整射线量大小,确保图像捕捉的清晰度;②注射技巧:保持导管与血管同轴,采用持续且快速的方式注射对比剂,使对比剂充盈时间覆盖至少 1 个心动周期;③完整动态过程:确保造影图像完整展示对比剂从导管进入,并逐渐充盈至狭窄病变远端的动态过程。减少目标血管段的重叠与病变短缩,同时造影时不要挪动;④摄影体位:选择与目标血管尽量垂直的最佳摄影体位,推荐第二造影体位,角度参考 $>25^\circ$;⑤图像调整:若关键帧图像或目标血管段不理想,应及时手动调整,确保分析准确度;⑥边支检查:仔细核查边支是否存在误检、漏检或多检情况,必要时进行手动校正;⑦偏心病变处理:对于偏心性冠状动脉病变,推荐增加第二造影体位,以进行更全面的 3D-QFR 分析,提高评估精度。

(2)图像及数据分析:①选择靶血管显影清晰、

重叠及短缩小的造影图像;②优先选择整支血管显影最清晰、运动伪影较小、狭窄病变部位暴露最重且无重叠的一帧;③系统自动检测冠状动脉主支和分支轮廓,如有需要可进行适当调整,或增加删减分支;④完成主支和分支的二维定量血流分数计算,导入另一造影体位进行三维重建,两幅影像的关键帧应处于心动周期同一期相,优选摄影角度差 $\geq 25^\circ$ 的造影图像;⑤完成主支和分支的三维定量血流分数计算,检查血管三维重建形态、压力回撤曲线、直径变化率曲线和参考管腔;⑥系统自动生成 QFR 检测报告,包括患者信息、血流速度、血管分支功能学参数。术中系统自动生成模拟支架的尺寸、模拟支架的位置信息、残余 QFR 数值,供手术医师参考制定手术方案^[28-29]。

(3)术后管理:①患者管理:压迫穿刺部位 15~20 min,观察 30 min 确认无出血和血肿;②监测心率、血压及心电图,警惕充血药物延迟不良反应(如迟发性心动过缓);③数据与设备管理:通过 PACS、存储器等存档原始数据;④关机流程:先在计算机界面关机,然后断开机架电源线。

3. 并发症的识别与风险事件预防要点:QFR 基于冠状动脉造影图像分析,操作风险与冠状动脉造影一致,主要包括对比剂相关不良反应、穿刺部位损伤等,具体应对如下:(1)对比剂过敏:参考《中华放射学杂志》发布的《碘对比剂使用指南(第 2 版)》^[20]; (2)穿刺部位血肿:发生率 1%~3%,表现为穿刺点肿胀、疼痛,处理:小血肿局部压迫 10 min,大血肿(>5 cm)需超声引导下穿刺引流。

三、冠状动脉相关疾病介入治疗的介入影像技师操作规范

(一) 冠状动脉腔内斑块旋磨术

1. 概述:冠状动脉旋磨术是采用呈橄榄型的带有钻石颗粒旋磨头,超高速旋转将冠状动脉内粥样硬化斑块、钙化组织碾磨成极细的微粒,从而消除阻塞血管腔斑块的治疗技术。旋磨后往往可获得光滑的血管内腔,内膜撕裂的发生率明显低于单纯球囊扩张,逐渐成为临床上应用较多的去除粥样硬化斑块的治疗方式^[31]。该介入治疗技术能有效地碾磨冠状动脉钙化病变,并改变钙化斑块的物理特性。主要适用于解剖学上高危的钙化病变,包括球囊难以扩张的重度钙化病灶、钙化性开口/分叉病变、长段(>20 mm)钙化病变及支架内再狭窄合并钙化病变等^[32]。

2. 介入影像技师操作技术:(1)术前准备:①旋



磨主机开机,连接氮气、脚闸,氮气压力设置 90~110 psi。②根据所需旋磨头大小,选择内腔合适的指引导管,并通过微导管交换旋磨导丝至冠状动脉病变血管的远端。③准备旋磨头及推进器:介入影像技师协助从包装内取出推进器,分别连接光纤转速连接缆线、压缩气体接口和加压灌注液袋,并将旋磨头调节钮固定在距末端 2 cm 处。然后将导丝通过旋磨头前端的小孔逆行插入旋磨导管内直至末端(旋磨头距 Y 型连接器 2~3 cm),并在距旋磨推进器末端数厘米处用导丝夹将导丝固定;④体外测试开启操纵控制台的开关,测试并调节旋磨头的转速。

(2)术中操作:①手术医师将旋磨导管沿导丝经指引导管送至距靶病变 1~2 cm 处,松开旋磨器控制手柄的调节锁,然后踩踏脚闸并缓慢推进控制手柄,旋磨头“前进”与“撤后”交替;②介入影像技师实时关注旋磨转速和旋磨时间,旋磨时转速下降幅度超过 5000 转/min,需要注意血管损伤和旋磨头卡顿,每次旋磨时间应控制在 30 s 以内;③旋磨结束后,开启低速(dynaglide)模式,缓慢退出旋磨头,后退时将推进器上导丝控制器的按钮压下并确保导丝在冠状动脉内的位置不变。

(3)术后管理:①依次关闭氮气,关闭主机电源,拆除连接装置;②旋磨控制台做好通风、防溅保护和定期清洁。

(4)注意事项:①测试时需确认已经打开冲水阀门,避免系统烧坏;②氮气次级压力常规关闭,使用时缓慢打开加大压力。

3. 并发症的识别:冠状动脉腔内斑块旋磨术并发症发生率 3%~5%,以机械相关并发症、栓塞相关并发症、血管损伤相关并发症为主^[32-34]。

(1)机械相关并发症:①旋磨头嵌顿:旋磨过程中突然出现旋磨头旋转速度骤降,推送或回撤旋磨头时阻力明显增加,DSA 显示旋磨头位置固定,部分患者出现胸痛。②旋磨头脱位:旋磨过程中突然出现旋磨头声音异常,DSA 显示旋磨头与驱动导管分离,脱位的旋磨头随血流漂移(多流向血管远端或分支血管),部分患者出现远端血管血流缓慢。

(2)栓塞相关并发症:①远端颗粒栓塞:旋磨后 DSA 显示远端血管显影延迟,TIMI 血流从 3 级降至 1~2 级,患者出现胸闷、胸痛,心电图显示梗死相关导联 ST 段抬高,心肌酶谱(肌钙蛋白、CK-MB)术后 3~6 h 升高。②慢血流/无复流:临床表现为 DSA 显示血管血流速度显著减慢(TIMI 血流 1 级)或无血

流,无明显远端栓塞征象,患者出现严重胸闷、呼吸困难,血压下降(收缩压<90 mmHg)。

(3)血管损伤相关并发症:血管穿孔临床表现为旋磨过程中 DSA 显示血管外对比剂渗漏,根据渗漏程度分为 I 型(少量渗漏,局限于血管壁周围)、II 型(中度渗漏,形成小的对比剂团)、III 型(大量渗漏,对比剂扩散至心包腔或纵隔)。III 型穿孔患者可出现心包填塞症状^[34-35]。

4. 风险事件预防要点:为降低冠状动脉腔内斑块旋磨术的风险发生率,需从术前评估、器械管理、操作规范 3 方面建立全流程预防体系。

(1)术前评估预防:①严格筛选适应证与禁忌证,详细评估病变特征:通过 IVUS/OCT 明确斑块钙化程度、分布范围及血管参考直径,制定旋磨头选择方案(初始旋磨头直径为血管参考直径的 0.6~0.7 倍,逐步递增,最终不超过血管参考直径的 0.9 倍)。②完善患者基础情况评估:术前检查血常规、凝血功能(INR<1.5,血小板计数>100×10⁹/L)、肝肾功能,纠正凝血异常;对合并糖尿病患者,术前控制血糖<8 mmol/L,避免高血糖增加血管损伤风险;对老年患者(>70 岁),术前评估肺功能,避免研磨颗粒导致肺栓塞。

(2)器械管理预防:①旋磨系统管理:术前检查旋磨头、驱动导管及氮气瓶压力(>2 000 psi);备用不同直径的旋磨头(1.25、1.50、1.75 mm)及异物钳、覆膜支架,应对突发情况。②冲洗系统管理:确保生理盐水冲洗通道通畅,冲洗流速设置为 25~35 ml/min。③辅助器械管理:选择支撑性强的指引导管,确保旋磨过程中导管位置稳定;导引导丝选用硬导丝,通过病变后确保导丝远端固定在血管远端,避免旋磨时导丝移位。

(3)操作规范预防:①旋磨操作规范:旋磨头推送速度控制在 0.5~1.0 mm/s,避免快速推送导致旋磨头卡顿;研磨时采用“间断旋磨”策略,避免长时间旋磨导致血管壁过热;旋磨头回撤时保持旋转状态,避免静止回撤刮擦血管壁。②血流监测规范:术中通过 DSA 实时观察血管血流情况,每完成一次旋磨后注入对比剂评估 TIMI 血流,若出现血流缓慢(TIMI 血流≤2 级),立即停止旋磨,给予血管扩张药物。同时监测动脉血压、心率,若出现血压下降(收缩压<90 mmHg),立即加快补液速度,必要时使用升压药物(如多巴胺)。③旋磨后评估规范:旋磨结束后,通过 IVUS/OCT 评估血管管腔情况(残余狭窄<30%、无明显夹层),再植入药物涂层支架。



(二) 冠状动脉内冲击波球囊技术 (intravascular lithotripsy, IVL)

1. 概述: IVL 是利用体外设备将电能传递到发射器上, 通过发射器产生“声波压力波”, 将球囊内液体气化, 借助气化的液体对血管内膜、中膜的钙化进行隔空“敲打”, 对血管正常软组织的损伤极轻微且可逆, 增加血管顺应性。该技术区别于传统球囊扩张的核心优势在于能减少血管弹性回缩、夹层及破裂风险, 尤其适用于钙化病变的处理^[36]。

冲击波球囊不仅能够改善冠状动脉血流, 减轻心绞痛等症状, 还为支架的植入提供了更好的条件, 确保血管长期通畅。冲击波球囊对于复杂钙化病变, 尤其是传统球囊扩张效果不佳(扩张后残余狭窄 $\geq 30\%$)或无法通过的钙化病变有很好的效果, 同时支架内再狭窄合并钙化的患者也可以应用冲击波球囊, 提升介入手术的效果和成功率^[37]。

2. 介入影像技师操作技术: (1) 术前准备: 选择与参考血管直径比值为 1:1 的冲击波球囊导管。①肝素盐水润湿导管表面激活涂层, 肝素水冲洗导管腔。导管用注射器或压力泵充分抽真空至少 3 次, 排空气泡(非常重要, 建议严格按照器械使用说明标准规范操作); ②控制电缆用无菌袖套保护后将控制电缆和导管连接, 并核对主机上显示的剩余脉冲数量、导管型号。

(2) 术中操作: ①导管到达病变处后, 球囊内注入 50% 生理盐水+50% 对比剂混合溶液; ②触发脉冲, 先以 4 个标准大气压扩张球囊, 持续发送 10 个脉冲(完成 1 次脉冲释放); 全程需透视或电影监测, 确保压力维持在 4 个标准大气压; ③低压球囊扩张至 6 个标准大气压, 使其与管壁充分贴合 10 s 后为 1 个完整治疗周期, 每处目标病变完成 2~3 个完整周期即可达到满意效果; ④对于长段病变, 建议相邻球囊治疗区域重叠 2 mm, 防止地理性丢失。

(3) 术后管理: IVL 治疗主机的备用电池需定期充电(建议每月充电 1 次), 长期不使用(超过 3 个月)需充满电后存放, 避免电池寿命降低; 一次性冲击波球囊导管使用后按医疗废弃物规范处理。

3. 并发症的识别: IVL 治疗的并发症以术中急性事件为主。

(1) 血管痉挛: 发生率 5%~8%, 多因球囊刺激、冲击波能量过高诱发, 常见于前降支近段、右冠状动脉中段。识别方法: DSA 显示血管管腔瞬时狭窄(狭窄率 $>70\%$), 患者伴胸痛、心电图 ST 段抬高。

(2) 钙化斑块脱落致远端栓塞: 发生率 3%~

5%, 表现为术中突发靶血管远端血流缓慢, 患者出现胸闷、心电图 ST 段压低。识别方法: DSA 显示靶血管远端分支显影延迟, 伴“充盈缺损”; IVUS/OCT 可见远端血管内点状强回声(钙化颗粒)。

(3) 血管夹层: 发生率 2%~4%, 多因球囊过度扩张(压力 >8 个标准大气压)或导丝操作不当导致, 冠状动脉夹层分型以 A 型(内膜撕裂 <10 mm)为主。识别方法: DSA 显示血管壁“线样透亮影”, IVUS/OCT 可见内膜撕裂、真假腔形成^[37-40]。

4. 风险事件预防要点: (1) 术中预防: 严格控制冲击波能量; 球囊扩张压力不超过 8 个标准大气压, 避免过度扩张; 每释放 1 次冲击波后, 通过 DSA 观察血管形态, 及时发现早期夹层或栓塞。

(2) 术后预防: 对高危患者(如糖尿病、慢性肾病), 术后 48 h 内监测血肌酐、尿量; 穿刺部位压迫时间控制在 10~15 min, 避免过度压迫导致血管闭塞; 强化患者教育, 告知术后避免剧烈运动, 出现胸痛、穿刺部位肿胀时及时就医。

(三) 冠状动脉准分子激光消融术(excimer laser coronary atherectomy, ELCA)

1. 概述: ELCA 是利用血管内斑块组织对波长为 308 nm 激光能量的特殊吸收效应, 通过激光发生器发射激光, 并通过专用光纤导管把激光传输至病变部位使斑块组织发生分子键断裂变成小于 25 μm 的碎片, 从而打通血管通路并起到减容效果^[41]。

临床应用价值在于: ①急性冠状动脉综合征及心肌梗死; ②无法穿通或无法扩张的病变; ③ CTO 病变; ④支架内再狭窄; ⑤大隐静脉桥血管病变; ⑥分叉病变^[42]。

2. 介入影像技师操作技术: (1) 术前准备及术中操作: 以 ELCA 激光机(CVX-300 Spectranetics®), 快速交换型激光导管(X80)为例。①激光机需在使用前预热 5 min, 先将导管内腔经肝素化冲洗, 进行导管校准; ②导丝通过病变后, 将激光导管沿导丝缓慢向靶病变部位推进。接近靶病变时, 初始能量密度可设定为 30~40 mJ/mm^2 , 初始脉冲频率为 30 Hz, 最大能量密度不超过 80 mJ/mm^2 , 最大脉冲频率为 80 Hz; ③在消融过程中, 要保证冠状动脉内快速滴注生理盐水对激光导管进行冷却; ④全程透视激光导管前进过程, 关注导管压力及心电图变化。

(2) 术后管理: 当激光使用完毕, 将旋钮开关逆时针转到“0”的位置即可关机。注意: 需要定期测



试参数稳定性,以保证正常使用。

3. 并发症的识别:ELCA 操作需精准控制激光能量与导管位置,并发症主要源于激光能量不当、导管操作及组织反应。

(1)激光能量过高导致血管穿孔:一般由于能量超过血管壁耐受阈值,引发血管全层损伤所致。

(2)斑块清除不彻底:激光治疗后 DSA 显示残余狭窄 $>50\%$,无明显血管损伤,可逐步增加激光能量,同时调整激光导管位置(确保导管中心与斑块对齐),延长照射时间(每次增加 5~10 s)。

(3)血管夹层:DSA 显示血管壁“线样透亮影”,冠状动脉夹层分型为 A 型(内膜撕裂 <10 mm,无血流受限)、B 型(撕裂 >10 mm 或伴血流受限),应立即停止激光发射。

(4)导管堵塞:激光发射时无斑块分解征象,或导管回撤阻力增加。

(5)慢血流/无复流:因为激光分解的斑块碎片栓塞微循环,或血管壁炎症反应导致血管收缩所致。激光治疗后血管管腔扩大,但 DSA 显示 TIMI 血流 ≤ 1 级。

(6)血管痉挛:DSA 显示血管管腔直径较基础值缩小 $>50\%$,患者出现胸痛。

(7)血栓形成:激光治疗后 DSA 显示血管腔内充盈缺损,TIMI 血流 ≤ 2 级,患者出现胸痛、心电图 ST 段抬高^[43-47]。

4. 风险事件预防要点:为降低 ELCA 的风险发生率,需从术前评估、器械管理、操作规范 3 方面建立全流程预防体系。

(1)术前评估预防:①严格筛选适应证与禁忌证,详细评估病变特征:通过 IVUS/OCT 明确斑块性质、病变长度及血管参考直径,制定激光能量方案;对 CTO 病变,评估闭塞段长度(<10 mm 优先选择),明确侧支循环情况,避免激光损伤侧支血管。②完善患者基础情况评估:术前检查血常规、凝血功能、肝肾功能(肌酐清除率 >30 ml/min),纠正凝血异常;对合并糖尿病患者,术前控制血糖 <8 mmol/L,避免高血糖加重血管内皮损伤;对过敏体质患者,术前进行激光导管材料过敏试验(如皮肤点刺试验),排除过敏风险。

(2)器械管理预防:①激光系统管理:术前检查激光发生器(能量输出误差 $<5\%$)、激光导管(光纤是否断裂、尖端是否完好)及能量监测仪(确保能量显示准确);激光导管选择遵循“匹配血管直径”原则(导管直径为血管参考直径的 0.8~0.9 倍)。②辅

助器械管理:选择支撑性适中的指引导管;导引导丝选用软导丝,通过病变后确保导丝远端固定在血管远端(距病变 >10 mm),避免激光导管推送时导丝移位。

(3)操作规范预防:①激光操作规范:激光能量从低剂量开始,确认无血管损伤再继续;采用“脉冲式照射”,避免连续照射导致能量累积;激光导管推送速度控制在 0.5 mm/s,避免快速推送导致导管尖端损伤血管内膜。②血流监测规范:术中通过 DSA 实时观察血管血流情况,每完成一次激光照射后注入对比剂评估 TIMI 血流。③术后管理规范:激光治疗结束后,通过 IVUS/OCT 评估血管管腔情况,必要时植入药物涂层支架;术后 24 h 内监测心电图、心肌酶谱(排除心肌梗死),给予双联抗血小板治疗(阿司匹林 100 mg/d+替格瑞洛 90 mg, 2 次/d) 12 个月,他汀类药物强化降脂(LDL-C <1.8 mmol/L)。

总之,在冠状动脉腔内的介入诊疗技术中,介入影像技师作为介入治疗手术中的重要角色,依托于规范的操作和精准的成像,积极参与整个介入治疗的手术过程,与介入治疗手术医师共同解读腔内影像和功能学信息,为冠状动脉腔内治疗提供精准的依据和评估手段。介入影像技师通过冠状动脉腔内介入治疗的辅助设备的操作,协助手术医师完成介入治疗,提高手术效果和缩短手术时间。希望本专家共识的发布能够为介入影像技师的临床工作提供规范和参考,为冠状动脉腔内介入诊疗保驾护航。

执笔者:于淮(哈尔滨医科大学附属第二医院心内科)、朱栋梁(广州市第一人民医院介入手术中心)、崔珊静(复旦大学附属中山医院心脏介入中心)、余佩琳(华中科技大学同济医学院附属协和医院心内科)

共识专家组成员(按姓氏拼音排序):陈松(广州市红十字会医院介入诊疗中心)、崔珊静(上海复旦大学附属中山医院心脏介入中心)、董思来(华中科技大学同济医学院附属协和医院心内科)、董勇(郑州市第七人民医院心内科)、段凯夫(哈尔滨医科大学附属第四医院导管室)、段赞(空军军医大学唐都医院心内科)、方亮(天津市胸科医院心内科导管室)、黄育铭(广东省人民医院导管室)、简能日(四川大学华西医院放射科)、江骥(泰达国际心血管病医院介入中心)、荆晶(解放军总医院第一医学中心心脏介入中心)、雷鹏(兰州大学第一医院心内科)、雷子乔(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、李文豪(陕西省人民医院心内科)、李真林(四川大学华西医院放射科)、刘航(郑州大学第二附属医院心内科)、刘坤(吉林大学中日联谊医院心内科)、刘伟丽(青岛大学附属医院介入手术室)、刘泽辉(中南大学湘雅二医院心内科)、刘钊(武汉亚洲心脏病医院介入中心)、罗德锋(辽宁省人民医院心内科)、马新武(山东第一医科大学附属省立医院设备处)、潘涛(南京市第一医院



心内科)、潘如胜(安徽省太和县人民医院导管室)、宋鹏伟(哈尔滨医科大学附属第一医院心脏导管室)、孙中伟(中国医学科学院阜外医院介入导管室)、孙云凤(哈尔滨医科大学附属肿瘤医院影像中心)、陶通(大连医科大学附属第一医院心内科)、王华(牡丹江心血管病医院介入科)、王金(首都医科大学附属北京朝阳医院心脏中心)、文帅(空军军医大学第一附属医院导管室)、许美珍(南昌大学第二附属医院心内科心脏介入室)、严鹏(陕西省唐都医院心内科)、颜绪(首都医科大学附属北京安贞医院介入诊疗科)、杨华(空军军医大学第一附属医院导管室)、杨杰(重庆医科大学附属第二医院心内科)、杨露露(郑州大学附属第一医院心内科)、于春宇(大连理工大学附属中心医院介入导管室)、于淮(哈尔滨医科大学附属第二医院心内科)、于良良(山东省烟台毓璜顶医院心内科)、余建明(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、余佩琳(华中科技大学同济医学院附属协和医院心内科)、郁鹏(首都医科大学附属北京同仁医院心血管中心导管室)、张吴华(浙江大学医学院附属邵逸夫医院心内科)、张星南(西安交通大学第一附属医院介入手术室)、张玉林(哈尔滨医科大学附属第二医院心内科)、周学军(南通大学附属医院放射科)、周学伟(天津市胸科医院心导管室)、朱栋梁(广州市第一人民医院介入手术中心)、祝江(福建医科大学附属第一医院心内科)、卓军(济宁医学院附属医院介入放射科)、邹毛毛(江西省人民医院介入中心)

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 霍勇, 郑博, 刘耀琨. 冠心病介入诊疗最新临床研究进展[J]. 临床心血管病杂志, 2023, 39(5):327-331. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2023.05.001.
- [2] 中华医学会影像技术分会, 中国医师协会医学技师专业委员会, 中国医药教育协会医学影像技术学专业委员会. DSA 检查技术临床应用专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2024, 58(10): 995-1005. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20240410-00201.
- [3] 高丽敏, 王红光, 李博, 等. 神经介入影像技师操作规范专家共识[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(9): 1437-1442. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2024.09.005.
- [4] 李博, 王红光, 高丽敏, 等. 腹部介入影像技师操作规范专家共识[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(11): 1842-1848. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2024.11.017.
- [5] 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.
- [6] 韩雅玲. 应用血管腔内影像学指导和优化经皮冠状动脉介入治疗[J]. 中华心血管病杂志, 2019, 47(1): 3-4. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.01.002.
- [7] de la Torre Hernandez JM, Camarero TG, Alonso JAB, et al. Outcomes of predefined optimisation criteria for intravascular ultrasound guidance of left main stenting[J]. EuroIntervention, 2020, 16(3): 210-217. DOI: 10.4244/EIJ-D-19-01057.
- [8] 夏禹华, 李亚丽, 陈晓会, 等. 血管内超声在冠状动脉介入治疗中的应用[J]. 中国老年学杂志, 2015, (16):4728-4729, 4730. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2015.16.149.
- [9] Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, et al. American College of Cardiology Clinical Expert Consensus Document on Standards for Acquisition, Measurement and Reporting of Intravascular Ultrasound Studies (IVUS). A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents[J]. J Am Coll Cardiol, 2001, 37(5): 1478-1492. DOI: 10.1016/s0735-1097(1)01175-5.
- [10] 向定成, 曾定尹, 霍勇. 冠状动脉痉挛综合征诊断与治疗中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2015, 23(4): 181-186. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2015.04.001.
- [11] 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. 光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志, 2023, 51(2):109-124. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220602-00436.
- [12] Prati F, Regar E, Mintz GS, et al. Expert review document on methodology, terminology, and clinical applications of optical coherence tomography: physical principles, methodology of image acquisition, and clinical application for assessment of coronary arteries and atherosclerosis[J]. Eur Heart J, 2010, 31(4):401-415. DOI: 10.1093/eurheartj/ehp433.
- [13] Prati F, Guagliumi G, Mintz GS, et al. Expert review document part 2: methodology, terminology and clinical applications of optical coherence tomography for the assessment of interventional procedures[J]. Eur Heart J, 2012, 33(20): 2513-2520. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs095.
- [14] Jiang S, Fang C, Xu X, et al. Identification of high-risk coronary lesions by 3-vessel optical coherence tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2023, 81(13): 1217-1230. DOI: 10.1016/j.jacc.2023.01.030.
- [15] Park S, Ahn J, Kang D, et al. Preventive percutaneous coronary intervention versus optimal medical therapy alone for the treatment of vulnerable atherosclerotic coronary plaques (PREVENT): a multicentre, open-label, randomised controlled trial[J]. Lancet, 2024, 403(10438): 1753-1765. DOI: 10.1016/S0140-6736(24)00413-6.
- [16] 贾海波, 何路平, 徐艺硕, 等. 《光学相干断层成像技术在冠心病介入诊疗中应用的中国专家共识》解读[J]. 临床心血管病杂志, 2023, 39(3): 167-171. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2023.03.002.
- [17] Osborn EA, Johnson M, Maksoud A, et al. Safety and efficiency of percutaneous coronary intervention using a standardised optical coherence tomography workflow[J]. EuroIntervention, 2023, 18(14): 1178-1187. DOI: 10.4244/EIJ-D-22-00512.
- [18] Kobayashi N, Shibata Y, Okazaki H, et al. A novel technique of low molecular weight dextran infusion followed by catheter push (D-PUSH) for optical coherence tomography[J]. EuroIntervention, 2021, 17(2):e149-e151. DOI: 10.4244/EIJ-D-20-00996.
- [19] Ali ZA, Landmesser U, Maehara A, et al. Optical coherence tomography-guided versus angiography-guided PCI[J]. N Engl J Med, 2023, 389(16): 1466-1476. DOI: 10.1056/NEJMoa2305861.
- [20] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南(第2版)[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(10): 869-872. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.10.001.
- [21] Barlis P, Gonzalo N, Mario CD, et al. A multicentre evaluation of the safety of intracoronary optical coherence tomography[J]. EuroIntervention, 2009, 5(1): 90-95. DOI: 10.4244/eijv5i1a14.
- [22] Prati F, Cera M, Ramazzotti V, et al. Safety and feasibility of a new non-occlusive technique for facilitated



- intracoronary optical coherence tomography (OCT) acquisition in various clinical and anatomical scenarios [J]. *EuroIntervention*, 2007, 3(3):365-370. DOI: 10.4244/eijv3i3a66.
- [23] Imola F, Mallus MT, Ramazzotti V, et al. Safety and feasibility of frequency domain optical coherence tomography to guide decision making in percutaneous coronary intervention[J]. *EuroIntervention*, 2010, 6(5): 575-581. DOI: 10.4244/EIJV6I5A97.
- [24] Jia H, Zhao C, Yu H, et al. Clinical performance of a novel hybrid IVUS-OCT system: a multicentre, randomised, non-inferiority trial (PANOVISION) [J]. *EuroIntervention*, 2023, 19(4):e318-e320. DOI: 10.4244/EIJ-D-22-01058.
- [25] Kageyama S, Kotoku N, Ninomiya K, et al. Intravascular ultrasound and optical coherent tomography combined catheter[J]. *Interv Cardiol Clin*, 2023, 12(2):187-201. DOI: 10.1016/j.iccl.2022.12.002.
- [26] 《中国冠状动脉血流储备分数测定技术临床路径专家共识》专家组. 中国冠状动脉血流储备分数测定技术临床路径专家共识 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2019, 27(3): 121-133. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2019.03.001.
- [27] Ahn J, Park D, Shin E, et al. Fractional flow reserve and cardiac events in coronary artery disease: data from a prospective iris-ffr registry (interventional cardiology research incooperation society fractional flow reserve)[J]. *Circulation*, 2017, 135(23): 2241-2251. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024433.
- [28] 杨文滔, 沈玲红, 何奔. 定量血流分数的对比验证与临床应用研究进展 [J]. *中华心血管病杂志*, 2022, 50(3):302-308. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220127-00075.
- [29] Pijls NH, De Bruyne B, Bech GJ, et al. Coronary pressure measurement to assess the hemodynamic significance of serial stenoses within one coronary artery: validation in humans[J]. *Circulation*, 2000, 102(19): 2371-2377. DOI: 10.1161/01.cir.102.19.2371.
- [30] Toth GG, Johnson NP, Jeremias A, et al. Standardization of fractional flow reserve measurements[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(7):742-753. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.05.067.
- [31] Barbato E, Carrié D, Dardas P, et al. European expert consensus on rotational atherectomy[J]. *EuroIntervention*, 2015, 11(1):30-36. DOI: 10.4244/EIJV11I1A6.
- [32] 《冠状动脉钙化病变诊治中国专家共识》专家组. 冠状动脉钙化病变诊治中国专家共识(2021 版)[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2021, 29(5):251-259. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2021.05.002.
- [33] 葛均波, 王伟民, 霍勇. 冠状动脉内旋磨术中国专家共识 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2017, 25(2):61-66. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2017.02.001.
- [34] Sulimov DS, Abdel-Wahab M, Toelg R, et al. Stuck rotator: the nightmare of rotational atherectomy[J]. *EuroIntervention*, 2013, 9(2): 251-258. DOI: 10.4244/EIJV9I2A41.
- [35] Sakakura K, Taniguchi Y, Tsukui T, et al. Successful removal of an entrapped rotational atherectomy burr using a soft guide extension catheter[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017, 10(24):e227-e229. DOI: 10.1016/j.jcin.2017.09.036.
- [36] 张晔, 尹亮, 祁欣. 体外心脏震波产生和触发系统的设计 [J]. *现代仪器与医疗*, 2015(1): 5-8. DOI: 10.11876/mimt201501002.
- [37] Honton B, Monsegu J. Best practice in intravascular lithotripsy[J]. *Interv Cardiol*, 2022, 17: e02. DOI: 10.15420/icr.2021.14.
- [38] Rheude T, Fitzgerald S, Allali A, et al. Rotational atherectomy or balloon-based techniques to prepare severely calcified coronary lesions[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2022, 15(18):1864-1874. DOI: 10.1016/j.jcin.2022.07.034.
- [39] 王伟民, 霍勇, 葛均波, 等. 经皮冠状动脉腔内冲击波球囊导管成形术临床应用中国专家建议 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2023, 31(9):641-649. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2023.09.001.
- [40] 杨丽容, 冯婷婷, 赵欣, 等. 经皮冠状动脉腔内冲击波球囊导管成形术治疗冠状动脉钙化病变的研究进展 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2024, 32(2):101-107. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2024.02.007.
- [41] Egred M, Brilakis ES. Excimer laser coronary angioplasty (ELCA): fundamentals, mechanism of action, and clinical applications[J]. *J Invasive Cardiol*, 2020, 32(2): E27-E35. DOI: 10.25270/jic/19.00325.
- [42] 戴心怡, 丁澍. 准分子激光冠脉斑块消融术在复杂冠脉病变中的临床应用 [J]. *实用心电学杂志*, 2021, 30(2): 135-139. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2021.02.014.
- [43] Sintek M, Coverstone E, Bach R, et al. Excimer laser coronary angioplasty in coronary lesions: use and safety from the ncdri/cath pci registry[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2021, 14(7): e010061. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.010061.
- [44] Estella P, Ryan TJ, Landzberg JS, et al. Excimer laser-assisted coronary angioplasty for lesions containing thrombus[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1993, 21(7): 1550-1556. DOI: 10.1016/0735-1097(93)90367-a.
- [45] Karsch KR, Haase KK, Voelker W, et al. Percutaneous coronary excimer laser angioplasty in patients with stable and unstable angina pectoris. Acute results and incidence of restenosis during 6-month follow-up[J]. *Circulation*, 1990, 81(6): 1849-1859. DOI: 10.1161/01.cir.81.6.1849.
- [46] Litvack F, Eigler N, Margolis J, et al. Percutaneous excimer laser coronary angioplasty: results in the first consecutive 3,000 patients. The ELCA Investigators[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1994, 23(2): 323-329. DOI: 10.1016/0735-1097(94)90414-6.
- [47] Grundfest WS, Litvack F, Forrester JS, et al. Laser ablation of human atherosclerotic plaque without adjacent tissue injury[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1985, 5(4): 929-933. DOI: 10.1016/s0735-1097(85)80435-6.

