

◁规范指南▷

冠状动脉介入影像技师操作规范专家共识

中华医学会影像技术分会介入影像学组

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专业委员会介入放射技术工作组

DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2025.06.033

1 共识形成背景

心血管疾病的发病率和死亡率呈上升趋势,是中国城乡居民死亡的首要原因,已经成为全球范围内的重要公共卫生问题^[1]。经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)是进行血运重建、改善心血管疾病预后的重要手段。介入影像技师作为冠状动脉介入手术团队中的重要成员,其操作规范性直接影响手术的成功率及患者的安全和预后。制定本专家共识的初衷即是进一步对各级医院介入影像技师的各类操作予以规范^[2]。内容包括:冠状动脉介入诊断及治疗适用疾病种类和范围,冠状动脉介入手术规划、体位设计与参数设置及手术流程,剂量管理与防护措施,高压注射器参数设定,冠状动脉介入影像处理及新技术应用规范,冠状动脉介入血管腔内影像与功能检查技术。

2 冠状动脉介入诊断及治疗适用的疾病种类和范围

选择性冠状动脉造影术(selective coronary arteriography, CAG)是在数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)设备引导下,经股动脉或桡动脉穿刺插管,将造影管分别选择性插入左右冠状动脉口,注射对比剂进行血管造影,获得左右冠状动脉及其分支血管影像的方法,其是诊断冠心病的金标准^[3]。冠状动脉造影可以显示冠状动脉的形态结构和分布范围以及狭窄病变的位置、性质与程度,从而为冠状动脉介入治疗提供手术方案依据和术后评估方法。PCI是指经导管通过各种方法开通狭窄或闭塞的冠状动脉,从而达到解除冠状动脉狭窄的目的,改善心肌供血的手术方法^[3,4]。冠状动脉介入诊断及治疗主要适用于以下几类冠

状动脉疾病患者:

2.1 稳定型心绞痛(stable angina pectoris, SAP)

由于冠状动脉严重狭窄引起的心肌缺血缺氧综合征,表现为运动、情绪波动等诱发的胸骨后或心前区压迫性疼痛,休息或口服硝酸酯类药物可快速缓解。其本质为心肌短暂性缺血缺氧,冠状动脉介入治疗可改善血流状况并缓解症状^[3,5]。

2.2 不稳定型心绞痛(unstable angina pectoris, UAP)

属于急性冠状动脉综合征,包括初发型、恶化型劳力性心绞痛及自发性心绞痛,常因斑块破裂、糜烂或冠状动脉痉挛导致血流严重减少。病情进展风险高,需尽早介入治疗以预防心肌梗死^[6,7]。

2.3 急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)

因冠状动脉血供急剧中断导致心肌急性坏死,需紧急介入治疗开通闭塞血管,挽救濒死心肌,降低死亡率和减少并发症^[8]。

2.4 无症状性冠心病(asymptomatic coronary artery disease, ACAD)

无临床症状但存在静息或负荷状态下心肌缺血的客观证据(如心电图、心肌血流灌注及心肌代谢等异常)。介入治疗可改善冠状动脉血流,预防心绞痛或心肌梗死发生^[3,9]。

2.5 支架内再狭窄(in-stent restenosis, ISR)

定义为支架内或边缘 5 mm 血管段管腔直径减少 $\geq 50\%$ (腔内影像学为面积狭窄 $\geq 75\%$)。可通过药物洗脱球囊或支架再次介入治疗改善血管通畅度^[10]。

2.6 冠状动脉桥血管病变(coronary artery bypass graft vessel disease, CABG)

CABG 术后桥血管(如大隐静脉、乳内动脉等)发生自身或吻合口狭窄、闭塞或血栓,影响心肌供血。介入治疗可恢复桥血管通畅性,缓解症状并预防心肌梗死^[6,7]。

2.7 冠状动脉瘘(coronary artery fistula, CAF)

冠状动脉与心腔或血管间存在异常交通,血流直接分流。冠状动脉造影可明确瘘管形态及分流程度,为诊断该疾病的金标准^[11,12]。

2.8 冠状动脉心肌桥(coronary myocardial bridge, CMB)

冠状动脉穿入心肌层的先天性畸形,冠状动脉造影显示“收缩期狭窄、舒张期恢复”,血管内超声可见“半月征”。与心绞痛、心肌梗死及动脉粥样硬化相关^[13]。

本研究系解放军总医院青年创新课题资助项目(编号:22QNCZ024);北京医学奖励基金会资助项目(编号:YXJL-2023-0227-0093)

执笔单位:100853 北京,解放军总医院第一医学中心心脏介入中心(荆晶);050011 石家庄,河北医科大学第四医院放射科(王红光);100730 北京,首都医科大学附属北京同仁医院心血管中心导管室(郁鹏);430000 武汉,华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科(雷子乔);610044 成都,四川大学华西医院放射科(李真林);100730 北京,首都医科大学附属北京同仁医院放射科(牛延涛);共同第一执笔人:荆晶、王红光、郁鹏;通讯执笔人:雷子乔、李真林、牛延涛

3 冠状动脉介入手术规划、体位设计与参数设定及手术流程

在冠状动脉介入诊疗过程中,介入影像技师应与手术团队保持密切沟通协作,根据采集清晰的高分辨率冠状动脉造影图像,并准备随时应对可能出现的并发症,确保手术顺利进行。

3.1 冠状动脉介入手术规划概览

术前规划:介入影像技师有必要参与术前讨论,利用既往高质量影像资料,包括 CT、MRI 或 B 超等,协助手术团队进行心血管病变评估和手术路径规划。

术中实施:(1)体位选择与调整:患者通常采取仰卧位,并根据冠状动脉分支的解剖特点和手术需求进行微调,如轻微旋转或抬高上半身等,以优化影像视野,确保目标冠状动脉区域的清晰可视化;(2)实时影像引导:介入影像技师利用 DSA 先进显示功能进行参数调整,确保影像能够呈现冠状动脉的每一个细节,有助于术者根据实时影像反馈,精细操作导丝、球囊、支架等介入器械,实现病变的精准治疗。

术后评估:通过支架精显、旋转冠状动脉造影等影像技术,对手术区域进行全面检查,评估冠状动脉的通畅情况、支架位置及贴壁情况、有无残余狭窄或并发症等,有助于术者评估手术效果,制定后续治疗计划。

3.2 体位设计与参数设定

冠状动脉造影时,选择合适的体位以充分展示冠状动脉的解剖结构及病变情况是关键。患者采用仰卧位,头部略抬高,双手放置于身体两侧。冠状动脉造影通常包括左冠状动脉六个体位和右冠状动脉三个体位。如果遇到冠状动脉开口异位或者静脉桥血管开口无法寻迹的患者,应选择尝试主动脉根部及升主动脉造影。

DSA 设备参数应根据患者情况和手术要求进行个体化调整和设置。通常 DSA 设备会根据患者体重、体型、病变部位及投照体位等因素自动调整,一般管电压(kV)通常设定在 70~125 kV,管电流(mA)通常设定在 200~1000 mA,帧率(fps)通常设定在 7.5~30 fps。选择冠状动脉电影模式成像条件,探测器视野采用 16~22 cm,X 线电影帧率常规使用 15 fps,心率过快、冠状动脉肺动脉瘘等高流量血管病变,可适当将电影帧率调高至 30 fps,造影至毛细血管或桥侧支血管显影减淡为止。透视帧率一般选择 15 fps,根据心率等因素可下调至 7.5 fps 或上调至 30 fps。

左冠状动脉造影常用体位:(1)右肩位(右前斜+头位):探测器向右倾斜(RAO)30°~50°,头侧倾斜(CRA)15°~30°显示左主干及左前降支近、中、远段。(2)肝位(右前斜+足位):探测器向右倾斜(RAO)30°~50°,足侧倾斜(CAU)15°~30°。显示左主干、前降支和回旋支。(3)左肩位(左前斜+头位):探测器向左倾斜(LAO)20°~45°,头侧倾斜(CRA)20°~30°,显示前降支与对角支的开口夹角、分支走向及前降支中、远段。(4)蜘蛛位(左前斜+足位):探测器向左倾斜(LAO)45°~60°,足侧倾斜(CAU)15°~30°,显示左主干、中间支、前降支及回旋支分叉部及其各支近段。

(5)头位:探测器向头倾斜(CRA)30°~45°,显示前降支(中、远段)、间隔支、对角支。(6)正足位:探测器向足倾斜(CAU)20°~35°,显示左主干、前降支近段、回旋支(近、中、远段)、钝缘支。

右冠状动脉造影常用体位:(1)左前斜位:探测器向左倾斜(LAO)30°~50°,右冠状动脉造影插管体位,又作为摄影体位,显示右冠状动脉开口、近段和中段。(2)头位:探测器向头倾斜(CRA)15°~30°,显示右冠状动脉远段及后降支和左室后支。(3)右前斜位:探测器向右倾斜(RAO)30°~45°,显示右冠状动脉中段。

其他常用部位造影:(1)冠状动脉桥血管造影:对于左乳内动脉(LIMA)桥至前降支,可选择 LAO40°+CRA20°、RAO30°+CRA20°、CRA20°等体位。对于大隐静脉(SVG)桥至回旋支,可选择 RAO30°+CAU20°、LAO40°+CAU20°等体位。对于 SVG 桥至右冠状动脉,可选择 LAO30°+CAU20°、CRA20°等体位。右乳内动脉(RIMA)由于其长度和解剖位置限制,其使用频率远低于 LIMA。由于乳内动脉和大隐静脉较细,术者常规采用环柄三连三通注射器手动推注对比剂造影。通过上述方法,可充分显示冠状动脉桥血管是否存在狭窄及其与冠状动脉自身血管的吻合口情况,对评估桥血管通畅性和功能具有重要意义。(2)左心室造影:通常选择 RAO30°通过左心导管的检查方式,将“猪尾”导管置入左心室靠近心尖部,调整探测器视野将整体左心室显示居中并包含主动脉根部,应用高压注射器快速推注对比剂(注射参数一般设定流率为 20~25 ml/s、总量为 25~35 ml、压力为 800~1000 psi),以显示左心室的收缩、舒张活动情况,对于评估左心室结构和功能、诊断冠心病严重程度具有重要意义。(3)主动脉窦部及升主动脉造影:可选择 LAO40°,将“猪尾”导管置于近主动脉窦部,调整探测器视野显示主动脉窦及升主动脉,应用高压注射器快速推注对比剂(注射参数一般设定速率为 15~25 ml/s、总量为 20~30 ml、压力为 800~1000 psi)可有助于观察主动脉宽度、左右冠状动脉开口位置以及静脉桥血管在升主动脉开口位置等。

3.3 手术流程(图 1、2)

(1)仔细核对患者基本信息,了解其心、肝、肾功能和对比剂过敏史。

(2)准备并核对患者术前影像资料。

(3)DSA 以及心电监护系统录入患者信息,根据患者体型选择合适透视及采集模式。

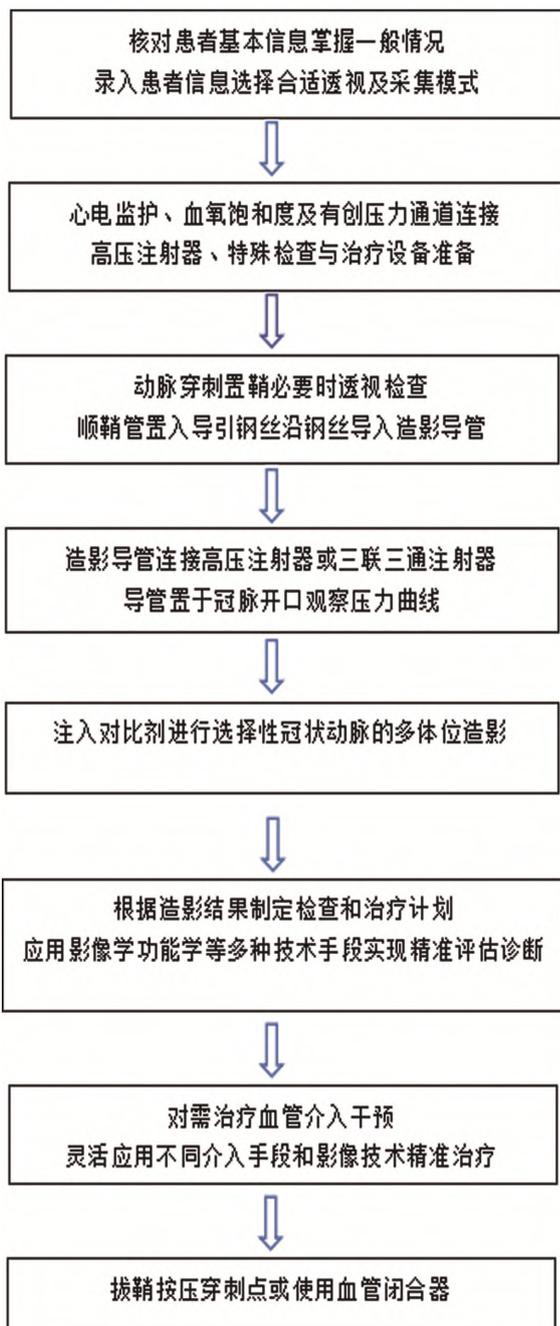
(4)患者心电监护、血氧饱和度及有创压力通道连接。

(5)高压注射器准备(如术者选择手推注射器造影可省略此环节)。

(6)根据术前评估准备进行的特殊检查与治疗设备。

(7)术者穿刺,选择 5 F/6 F 鞘,穿刺部位桡动脉、肱动脉、股动脉(穿刺部位在腹股沟韧带下方 3~4 cm,穿刺夹角 30°~45°),必要时透视检查。

(8)顺鞘管置入导引导丝,沿导丝推送造影导管至升主动脉根部,撤出导引导丝。如导引导丝进入有阻力时应推注



1



2

图1 介入手术操作流程 图2 介入影像技术流程

少量对比剂检查入路的血管情况,介入技师可配合术者应用智能路图 (roadmap) 功能辅助引导导丝到位,以防导引导丝损伤血管。

(9) 造影导管尾端连接高压注射器 (若术者选择手推造影则连接三联三通注射器), 将造影导管置于冠状动脉开口, 此时介入技师需密切关注有创动脉压力波形, 如观测到波形曲线嵌顿及异常, 需及时提醒术者调整导管位置及检查压力通道, 待动脉压力曲线显示正常后, 再注入对比剂进行选择性冠状动脉的多体位造影。

(10) 造影结束后, 术者通过图像判断冠状动脉疾病位置、性质及严重程度, 制定下一步检查及治疗计划, 如冠状动

脉病变需要进一步进行腔内影像学检查或功能学评估时, 介入技师应配合完成血管内超声 (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)、定量冠状动脉造影分析 (quantitative coronary angiography, QCA)、无创定量血流分数检测 (quantitative flow ratio, QFR) 等技术, 并对检查结果进行专业测量和分析, 以协助术者实现精准评估与诊断。

(11) 对需治疗的冠状动脉血管行介入干预, 视病变情况可用不同介入治疗手段 (如球囊扩张成形术、经皮冠状动脉支架置入术、冠状动脉腔内旋磨术、冠状动脉内血栓抽吸

术、准分子激光消融术、震波球囊技术等),其中介入医师应准备好对应设备并配合术者完成上述治疗,同时在介入治疗过程中以及术后,介入医师还应配合术者通过 DSA 设备特殊功能,如支架精显、冠状动脉动态路图及多源影像融合功能来辅助术者进行精准介入治疗及术后评估。

(12) 手术结束后,介入医师筛选患者图像资料上传 PACS,需要时刻录资料光盘或打印胶片,对特殊病例进行登记记录。

(13) 术后介入医师按规范步骤进行各类设备关机操作,移动式仪器设备放回指定位置。

4 剂量管理与防护措施

冠状动脉介入手术需要严格遵守辐射防护的三原则,即时间防护、距离防护和屏蔽防护。良好的操作习惯和熟练的操作技术不仅有助于获得清晰的图像,还能有效减少医患双方的辐射剂量。

优化图像采集参数,减少透视次数和时间;在设定图像采集参数时,应根据摄影部位选择合适的模式(如冠状动脉模式),并合理设置透视帧率和采集帧率(帧率通常设定在 7.5~30 fps)。同时,在保证诊疗质量的前提下,尽量减少透视次数和透视时间,降低射线剂量。

医务人员站位:医护人员在进行操作时,应尽量避免直接暴露在 X 线辐射下,尤其是性腺、甲状腺及晶状体等对辐射敏感的器官。通过合理的站位和使用防护设备来减少辐射暴露。

医务人员在进行冠状动脉介入手术时,应穿戴铅衣、铅帽、颈围等防护设备^[14]。这些设备能有效吸收辐射源和被保护区域间的辐射,降低个人受照剂量。

患者位置优化:尽量让患者的检测部位靠近探测器,远离 X 线球管。这样既能减少患者受到的辐射剂量,又能提高图像质量。

患者防护:对于患者敏感部位如性腺和腹股沟部淋巴结等,应用铅当量不小于 0.25 mmPb 的铅围裙进行防护。在正常穿刺部位消毒情况下,同时需要对防护铅皮外加消毒套。

特殊患者关注:对于置留导尿管的患者,医务人员应特别注意不要压折导尿管等,以避免给患者带来不必要的痛苦和并发症。

设备屏蔽:除了个人防护设备外,还应确保手术室内其他设备(如光栅、滤过板及铅挡板等)的屏蔽效果良好。这些设备能进一步减少散射线和漏射线的产生,降低室内辐射水平。

5 高压注射器参数设定

在进行冠状动脉介入 DSA 血管造影时,术者常规采用环柄三连三通注射器手动推注对比剂,也可使用高压注射器注射,高压注射器注射参数的设定,包括注射流率、总量及压力,对于确保冠状动脉图像的清晰度和患者安全均具有关键

意义(表 1)。在进行冠状动脉造影时,为了确保冠状动脉在非减影模式下的清晰显示,应选择浓度不低于 320 mgI/ml 的对比剂。而高压注射器的参数有必要进行细致调整。注射流率需考虑目标血管的大小、心脏功能状态以及病变的具体位置,常设定在 2~5 ml/s,以确保对比剂在血管内的充盈既充分又不过度。注射量则依据患者的体重、血管直径及病变范围进行个体化设定,一般控制在 6~10 ml。至于注射压力限值,则通常设定在 200~300 psi,以避免过高的压力导致血管损伤,同时也要防止过低的压力造成对比剂分布不均,影响最终的影像质量。

表 1 冠状动脉介入诊疗中常用的血管造影高压注射器参数设定

血管名称	流率 (ml/s)	总量 (ml)	压力 (psi)	图像帧率 (fps)
左冠状动脉	2~5	8~10	200~300	≥15
右冠状动脉	2~5	6~8	200~300	≥15
左心室	20~25	25~35	800~1000	≥15
升主动脉	15~25	20~30	800~1000	≥15

6 冠状动脉介入影像处理技术应用规范

在 DSA 影像处理中,遵循操作和使用规范是确保图像质量、提高诊断准确性和治疗安全性的关键^[15,16]。冠状动脉图像处理包括常用的基本图像处理,如对比度/亮度调整和边缘增强。也可以使用改善图像质量的措施,如图像降噪等。另外,在冠状动脉介入中,也经常使用冠状动脉定量分析及左心室功能分析,对冠状动脉病变和左心室功能进行量化评估和分析。鉴于各 DSA 厂家设备品牌和功能命名不同,以下是常用的冠状动脉图像处理技术的操作规范:

6.1 对比度/亮度(contrast/brightness)调整

方式:对比度反映的是图像黑白之间的亮度差异。对比度降低会使图像看起来更平坦和缺乏层次感,而增加对比度会让图像看起来更锐利和更清晰。亮度则是图像整体的明暗程度。提高亮度可以改善暗部细节,使图像更加明亮通透;反之,降低亮度则能增加过亮部分信息显示。

技术要点:对比度/亮度调整时需细心观察,避免图像黑白反差过强或过弱,过亮或过暗,保持图像的平衡。另外,kV 决定 X 射线的穿透能力,较高的 kV 会产生更具穿透力的 X 射线,使得图像对比度降低。散射线也会导致图像质量下降和对比度降低,散射线越少,图像的对对比度越高。请注意下列因素可以改善图像的对对比度:(1)低 kV:可增加图像对比度,最佳 kV 范围是 80~90 kV;(2)缩光器(collimator):可缩小成像范围,降低散射线;(3)半遮光板(wedge filter):遮挡来自肺野的过度照射,否则会影响图像的对对比度;(4)降低投照角度也会减少散射线。

6.2 边缘增强(edge enhancement,EE)

方式:边缘增强可以突出图像相邻像素之间的差异,以锐化图像。

技术要点:图像边缘增强可以使图像锐化,增强图像显示细节的能力。有助于检查细小血管病变、显示支架和导

丝,从而制定有效的治疗策略。也可尽早发现并发症并在手术中及时纠正。但是过强的边缘增强会增加图像噪声进而掩盖细小的血管结构。

6.3 降噪(noise reduction, NR)

方式:图像噪声是一种干扰,尤其是随机和持续的干扰,噪声会使图像的模糊度增加和清晰度降低。

技术要点:降低噪声可以改善小血管、支架及导丝的显示。更多的 X 射线(mAs)可以降低图像中的噪声,更大的焦点可提供更多的 X 射线。另外,更小的投照角度和焦点到影像探测器距离(source image distance, SID)也可降低图像的噪声。因此在冠状动脉介入手术中,应尽可能减小投照角度,降低 SID 以降低图像噪声,改善图像质量。

6.4 冠状动脉造影定量分析(quantitative coronary angiography, QCA)

方式:采用计算机辅助自动检测心脏冠状动脉的轮廓,分析病变直径(最小直径、最大直径和平均直径)和面积狭窄的百分比,创建、存储和打印定量分析报告。

技术要点:QCA 的算法最适合 7 mm 或更小的血管,建议使用自动校准(auto calibration)或基于导管的手动校准,导管尺寸建议至少为 6F,并充盈对比剂。

注意事项:(1)为了确保定量分析的准确性,图像质量非常重要,校准物体应足够清晰(例如,导管壁与周围组织易于分辨)。考虑到冠状动脉的形状和弯曲,建议采用正像用于分析(黑色血管显示在白色背景上);(2)QCA 建议使用非减影的影像;(3)应确保被测量的冠状动脉和校准导管与探测器平行,以避免发生血管缩短错误;

6.5 左心室造影分析(left ventriculography analysis, LVA)

方式:采用心室造影图像来分析和量化左心室功能的一项技术。可以提供左心室容积和射血分数(ejection fraction, EF)信息,并提供心室壁运动分析(wall motion analysis, WMA)以评估心室不同部分供血的充分程度。

技术要点:应采集 RAO30°影像,采集速度不低于 15 fps,选择适合的舒张末期和收缩末期图像。采集中应指导患者屏气,以便获得更适于室壁运动分析的影像。建议使用自动校准(auto calibration)或使用已知尺寸较大的物体(如金属圆球)进行手动校准。心室容积与导管的尺寸相差较大,并且导管可能不在心室的中心,所以不建议使用导管校准。

注意事项:(1)对比剂使用充分;(2)需要在 RAO30°采集图像,其它角度无法保证结果的准确性;(3)逐帧观察每一幅图像,选择真正的舒张末期和收缩末期图像来定义左心室轮廓;

7 冠状动脉介入影像新技术应用规范

近年来,随着越来越多的创新性 DSA 影像技术在临床中应用,PCI 诊断和治疗的准确性逐渐提高,手术的安全性得以改善,对比剂用量和射线剂量显著降低。以下是对这些技术规范应用说明:

7.1 冠状动脉双轴旋转血管造影

图像采集:在常规冠状动脉造影中,为了显示冠状动脉左右主干、分支开口以及各个节段的情况,通常需要 6 个左右不同角度的采集投照。冠状动脉双轴旋转造影则可实现沿患者左右和头足两个轴向进行围绕冠状动脉做三维弧形全景采集。换言之,只需要一次注射对比剂,一次性旋转就可将常规左冠状动脉和右冠状动脉造影的投照角度覆盖其中。双轴冠状动脉旋转扫描与常规冠状动脉造影相比,既可减少对比剂用量,又可缩短曝光时间。

图像显示:图像采集后可以通过回放,以更多的角度观察冠状动脉解剖和病变。回放过程中可以调整对比度、亮度和边缘增强改善图像质量。还可通过降低回放速度,选择最佳治疗角度。

临床应用:分别选择左冠状动脉和右冠状动脉双轴旋转检查程序。对比剂可以手动或通过高压注射器注入,为了确保患者安全,应采用冠状动脉专用高压注射器。在整个旋转过程中冠状动脉应保持对比剂充盈。

曝光及注射参数:根据患者体型和临床需要,选择不同扫描轨迹。当使用 12 英寸探测器时,建议视野为 30 cm;当使用 15 英寸或 20 英寸探测器时,建议视野为 27 cm 或更大。注射器注射建议参数:(1)左冠状动脉:流率 2.5 ml/s、总量 15 ml、压力 300 psi;(2)右冠状动脉:流率 2.0 ml/s、总量 8.5 ml、压力 300 psi;(3)设置曝光延迟,即注射开始后 0.5 s 开始曝光;

7.2 冠状动脉支架精细显影

金属裸支架(bare metal stent, BMS)和药物洗脱支架(drug-eluting stent, DES)在正常的 X 射线成像下变得越来越难以清晰显示。这是由于支架网格(struts)变细及支架新材料(如钴、铬、镁等)的使用,使得支架本身易于透过射线。因此,支架贴壁不良、展开不充分和定位错误等风险因素增加,进而支架再狭窄发生率和血栓形成风险也随之增加。

冠状动脉支架精细显影是一种增加支架可视化的技术,支架放置完成后,连续采集序列图像,计算机通过一系列图像处理,将连续采集的所有图像以球囊标记点(marker)作为定位标记进行融合,从而增强支架可视性。非常有助于检测支架的扩张和血管贴壁情况。

技术原理:(1)支架精显技术图像处理过程会自动检测每幅图像中球囊的两个 marker;(2)旋转图像以补偿由于心脏跳动造成的两个 marker 的旋转;(3)重新调整图像大小以补偿由于心脏收缩造成的图像缩放,使每幅图像中 marker 之间的距离相等;(4)放大并将所有采集的图像融合在一起。

临床应用:(1)冠状动脉支架精细显影技术包括非实时和实时两种技术,非实时又包括注射对比剂和不注射对比剂两种使用方式:不注射对比剂:采集过程仅需 1~2 s(30 fps,采集 40 帧图像),以显示增强的支架影像。注射对比剂:采集过程需要 5~6 s(15 fps),后 3~4 s 注射对比剂(建议 100 帧图像,后 60 帧为含有对比剂的图像),以显示增强的支架

影像及血管充盈对比剂影像,从而判断支架是否与血管壁贴合。而实时与非实时的技术原理相同,区别在于它的处理和显示是实时进行的。冠状动脉实时支架精细显影以 15 fps 的速度进行采集,只需要融合 4 张图像(0.3 s),就可以开始实时显示。(2)冠状动脉支架精细显影技术应用场景:支架释放前:确认病变、钙化斑块范围;确认支架与侧支或血管开口的关系;确认支架重叠量,分叉病变主支支架与分支支架的关系;支架释放后:判断支架是否贴壁/展开,是否充分;支架是否覆盖病变完整;重叠支架-支架内支架和长病变支架对接程度;诊断支架内再狭窄;实时冠状动脉支架精细显影技术,在上述应用中还可以实时调整球囊和未释放支架的位置。

操作注意事项:(1)将视野居中,聚焦于球囊的 marker;(2)避免心电图导线、金属夹或其他不透射线的物体出现在图像中,可使用缩光器或旋转不同的角度进行照射;(3)在比较弯曲的血管使用长支架时,增强支架中部有时会因心脏运动导致图像欠佳。这时可以使用一个较短的球囊来获得更好的图像质量。

7.3 实时动态冠状动脉路图

实时动态冠状动脉路图可以将冠状动脉造影图像与实时透视图像融合,透视时不需要注射对比剂就可同时显示介入装置和冠状动脉。在支架放置前该技术在不需要注射对比剂的情况下就可实时引导导管、导丝、预扩球囊及支架到达目标血管,并将球囊和支架准确定位在狭窄病变上。支架释放后可以引导后扩球囊导管快速到达病变血管,对支架进行准确后扩。

技术原理:实时动态冠状动脉路图自动分析冠状动脉造影中血管密度,将密度最高的一个心动周期内冠状动脉造影图像转换为蒙片并存储,开启透视后动态冠状动脉路图会实时分析每一幅透视图像中导管/导丝形状,再从存储的蒙片中,选取一幅形状最为相似的蒙片进行叠加后实时显示,依次类推形成实时动态冠状动脉路图。

临床应用:选择冠状动脉造影程序(建议选择 15 fps),执行冠状动脉造影。造影后,每一次透视时软件均会自动开启实时动态冠状动脉路图。

操作注意事项:在冠状动脉路图采集期间需要注意以下条件:(1)导管头始终可见;(2)不要调整缩光器的半遮光板、C 臂以及检查床;(3)在推注对比剂的条件下,应至少采集三个心动周期的冠状动脉图像。

8 冠状动脉介入血管腔内影像与功能检查技术

冠状动脉介入手术过程中,血管腔内影像与功能检查技术为术者提供了更为精细的血管内视野和血管狭窄程度功能学评价,帮助术者精准定位病变,确保介入治疗的有效性和安全性。近些年,随着这些设备在医院导管室的不断配备,大部分介入影像技师都参与了相关设备的操作和图像分析测量工作,以下梳理了四类冠状动脉介入常用的血管腔内影像与功能检查技术:

8.1 血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)

IVUS 应用于病变的精确识别与评估,帮助术者区分软斑块与硬斑块,判断斑块稳定性,采用更加适合的手段预处理病变。其次,指导支架的准确放置、充分的扩张以及贴壁,减少支架内再狭窄的风险。对于肾功能不全的患者应用 IVUS 可以减少对比剂的使用量,甚至能够零对比剂进行冠状动脉介入手术,极大地降低术后肾脏负担。此外,它还用于评估支架置入后的即时效果,如支架是否完全覆盖病变区域、有无支架边缘夹层等,从而优化治疗效果。最后,IVUS 还应用于评估冠状动脉旁路移植术(CABG)的吻合口质量,以及指导复杂病变如左主干病变、分叉病变和完全闭塞病变等的介入治疗策略^[17,18]。

操作注意事项:(1)严格无菌操作:介入手术需全程遵循无菌原则,确保超声导管及辅助器械的无菌状态,降低感染风险;(2)准确定位:明确目标血管部位,在 X 线透视下将超声导管探头准确送达目标观测段远端,介入影像技师全程与术者紧密配合,及时反馈图像信息;(3)患者监测:手术过程中,密切关注患者生命体征变化,特别是血压、心率等指标的波动,及时发现并处理可能的并发症;(4)图像分析:介入影像技师需仔细分析血管壁、斑块及管腔的形态、结构,结合造影及临床信息为术者作出准确的测量。

8.2 光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)

OCT 广泛应用于冠状动脉疾病的诊断、介入治疗效果的即时评估以及术后随访^[19,20]。其可以融合冠状动脉造影图像,同时同位置显示病变信息,减少操作难度,降低对比剂使用量,更加精准评估病变信息;能更准确地识别病变特征,建立了斑块破裂、斑块侵蚀以及钙化结节的腔内影像标准,改变了一刀切针对所有急性心肌梗死患者都植入支架的现状^[21,22];在支架置入过程中,指导支架的精准定位和扩张,优化手术效果并减少并发症;在术后,评估支架贴壁情况、内膜覆盖情况以及是否存在支架内血栓形成等,为长期随访管理提供依据。

操作注意事项:(1)严格无菌操作:介入手术需全程遵循无菌原则,确保 OCT 导管及辅助器械的无菌状态,降低感染风险;(2)导管保护与准确定位:OCT 导管由于其导管高精度的设计(内含光纤),容易在操作过程中受损。因此,在推送导管时,动作必须轻柔且稳定,尤其是成像导管外、导引导管口部及病变弯曲转折处等关键位置避免过度弯曲、扭转或拉扯,以防止导管损坏。在 X 线透视下将成像导管光镜位置准确送达目标观测段远端,介入影像技师全程与术者紧密配合,及时反馈图像信息确保位置准确;(3)红细胞清除:为了获得清晰的 OCT 图像,通常需要集中推注适量的对比剂(或生理盐水)来清除 OCT 导管中心腔内的血液,减少红细胞对光波的散射和吸收;(4)回撤导管:OCT 导管回撤速度相对较快,最快可达 36 mm/s,通常一次回拉数秒即可完成整个病变段的扫描。因此,介入影像技师需要精确地判断回拉导管的时机,观察实时的 OCT 图像,在对比剂把血液完全清除干净后,OCT 可以呈现清晰血管图像同时启动扫描回

拉导管;(5)患者监测:在整个操作过程中,始终关注患者的生命体征变化,特别是心率、血压等指标的波动。与患者保持沟通,了解其感受,及时发现并处理任何不适或异常情况;(6)图像分析:介入影像技师需熟悉 OCT 图像特点,准确分析术前、术中和术后各阶段影像,解读血管壁、斑块及管腔的形态结构,为术者提供可靠信息。

8.3 有创血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)

FFR 可用于评估各类不同病变:单支冠状动脉临界病变、串联或者弥漫性病变,左主干病变,分叉病变和多支冠状动脉病变等。同时,测得的 FFR 数值不仅可以指导进一步临床治疗策略的选择,包括是否进行血运重建、分支开口情况评估和责任血管位置的确定等,还能通过血运重建术后的结果来判断患者预后^[23,24]。

操作注意事项:(1)严格无菌操作:确保整个介入手术过程中,压力微导管/压力导丝及其辅助器械保持无菌状态,严格遵守无菌原则,以降低感染风险;(2)Pa/Pd 准备:确保 IBP 传感器与心脏水平一致;确保传感器区域及管路中无气泡;调整三通阀开关方向;正确校零 Pa。同时,确保压力微导管/压力导丝位置与心脏水平一致,并在校零成功前避免将其从管盘中抽出,通过注射器向管盘中注满盐水,进行压力微导管/压力导丝校零;(3)Equalize 步骤:推动压力微导管/压力导丝直至其第二个显影环完全出指引导管,确保 Pd/Pa 比值在 Equalize 后稳定在 1.00。Equalize 前需冲洗指引导管,并检查 EQ 值是否在 ± 5 mmHg 范围内,以确保其稳定性;(4)微导管送达病变远端:在 Equalize 后,将压力微导管/压力导丝推送并越过病变,确保传感器越过病变至少 2~3 cm。随后给予硝酸甘油防止血管痉挛,并通过冠状动脉或静脉给予腺苷或 ATP 等实现最大充血状态,记录 FFR 值;(5)核实飘移:在完成 FFR 测量后,将压力微导管/压力导丝回撤至指引导管口,验证此时 Pd/Pa 值是否在 0.97~1.03 范围内,以确认测量结果的准确性。

8.4 无创定量血流分数检测(quantitative flow ratio, QFR)

QFR 可用于术前判断冠状动脉狭窄是否引发心肌缺血,决定是否需要血运重建,覆盖多种血管病变类型。帮助识别责任病变,尤其在弥漫或者串联病变,可以精确定义责任病变位置,指导术者在导致缺血病变处置入支架,同时评估支架数量及尺寸大小,实现精准 PCI^[25]。在术后即刻评估方面,通过对比术后与虚拟规划后的 QFR 值,评估支架置入效果, QFR ≥ 0.9 预示远期事件率低。

操作注意事项:(1)预处理准备:造影前需给予患者冠状动脉注射硝酸甘油,以扩张冠状动脉,减少痉挛,提高造影清晰度。将造影机的帧频调整至 ≥ 15 fps,确保图像捕捉的连续性与清晰度;(2)注射技巧:保持导管与血管同轴,采用敏捷、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一个心动周期,但需避免过量注射,以防并发症;(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,以清晰展现管腔轮廓。造影时不要挪动导

管床;(4)投照体位:选择与目标血管尽量垂直的最佳投照体位,优先参考推荐的最佳体位,以获得最清晰的图像;(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,确保分析准确性;(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。

9 总结

冠状动脉介入治疗作为治疗心血管疾病的重要手段,依赖于精确的影像技术和操作规范。介入影像技师在手术团队中扮演着至关重要的角色。本共识旨在规范介入影像技师的操作,通过规范的操作流程、合理的图像处理技术和不断发展的介入新技术,介入影像技师可以更好地支持介入手术的实施,提升心血管疾病治疗的整体水平。希望本共识的发布能够为介入影像技师的临床工作提供指导和参考,为患者的健康保驾护航。

编写专家组成员(按照姓氏拼音排序):

安 涛:珠海市人民医院(暨南大学珠海临床医学院)

董 方:河北省中医院

丁永杰:河北省望都县医院

方 亮:天津市胸科医院

高丽敏:河北中医药大学第一附属医院/河北省中医院

高之振:蚌埠医科大学第一附属医院

洪 泳:复旦大学附属华山医院

胡 波:新疆石河子大学第一附属医院

黄育铭:广东省人民医院

霍 然:首都医科大学附属北京同仁医院

雷子乔:华中科技大学同济医学院附属协和医院

李 博:河北医科大学第四医院

李国昭:东南大学附属中大医院

李真林:四川大学华西医院

李 忠:武汉大学人民医院

罗来树:南昌大学第二附属医院

刘伯山:北京大学第一医院

刘战胜:南方医科大学南方医院

荆 晶:解放军总医院第一医学中心

康一鹤:河北医科大学第四医院

孟庆民:泰安市中心医院

马金强:华中科技大学同济医学院附属协和医院

马新武:山东第一医科大学附属省立医院

牛延涛:首都医科大学附属北京同仁医院

邱 威:首都医科大学附属北京安贞医院

单冬凯:解放军总医院第六医学中心

宋鹏伟:哈尔滨医科大学附属第一医院

孙中伟:中国医学科学院阜外医院

沙俊诚:徐州医科大学附属医院

王红光:河北医科大学第四医院
 王 雷:首都医科大学附属北京同仁医院
 王全玉:华北石油总医院
 魏 凯:解放军总医院第一医学中心
 吴欣燕:北京和睦家医院有限公司
 向伟楚:中国人民解放军中部战区总医院
 许美珍:南昌大学第二附属医院
 杨 硕:中国人民解放军火箭军特色医学中心
 殷风华:河北医科大学第四医院
 于 淮:哈尔滨医科大学附属第二医院
 郝 鹏:首都医科大学附属北京同仁医院
 翟彦龙:清华大学附属北京清华长庚医院
 张士龙:首都医科大学附属北京朝阳医院
 张玉林:哈尔滨医科大学附属第二医院
 朱栋梁:广州市第一人民医院
 周发军:中国医学科学院阜外医院
 周新华:厦门大学附属中山医院
 赵 军:海南省人民医院
 赵雁鸣:哈尔滨医科大学附属第二医院

参考文献

- 1 国家心血管病中心,中国心血管健康与疾病报告编写组.中国心血管健康与疾病报告 2023 概要 [J].中国循环杂志,2024,39:625-660.
- 2 王红光,郝鹏,高丽敏,等.介入影像技师操作规范专家共识总论 [J].临床放射学杂志,2024,43:1436.
- 3 王辰,王建安.内科学[M].北京:人民卫生出版社,2015:296-340.
- 4 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,中华心血管病杂志编辑委员会.中国经皮冠状动脉介入治疗指南(2016) [J].中华心血管病杂志,2016,44:382-400.
- 5 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组,中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组,中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会等.稳定性冠心病诊断与治疗指南 [J].中华心血管病杂志,2018,46:680-694.
- 6 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,中华医学会《中华全科医师杂志》编辑委员会,心血管系统疾病基层诊疗指南编写专家组.非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征基层诊疗指南(2019 年) [J].中华全科医师杂志,2021,20:6-13.
- 7 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.非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征诊断和治疗指南(2024) [J].中华心血管病杂志,2024,52:615-646.
- 8 Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes [J]. Eur Heart J, 2023,44:3720-3826.
- 9 Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes [J]. Eur Heart J, 2020,41:407-477.
- 10 Klein LW, Nathan S, Machara A, et al. SCAI Expert Consensus Statement on Management of In-Stent Restenosis and Stent Thrombosis [J]. J Soc Cardiovasc Angiogr Interv, 2023,2:100971.
- 11 安琪,李守军.先天性心脏病外科治疗中国专家共识(十二):先天性冠状动脉异常 [J].中国胸心血管外科临床杂志,2020,27:1375-1381.
- 12 Benetti F, Gonzalez J, Abuin G. Coronary artery fistula, where are we now? [J]. J Card Surg, 2021,36:4623-4624.
- 13 中国研究型医院学会《冠状动脉心肌桥诊断与治疗专家共识》专家组.冠状动脉心肌桥诊断与治疗的专家共识 [J].中国研究型医院,2022,9:1-8.
- 14 徐香梅.综合性放射防护措施在介入治疗防护中的应用 [J].深圳中西医结合杂志,2020,30:189-190.
- 15 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,2024,43:1437-1442.
- 16 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,2024,43:1842-1848.
- 17 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,2018,46:344-351.
- 18 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,2019,47:3-4.
- 19 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,2023,51:109-124.
- 20 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, 2023,81:1217-1230.
- 21 Jia H, Abtahian F, Aguirre AD, et al. In vivo diagnosis of plaque erosion and calcified nodule in patients with acute coronary syndrome by intravascular optical coherence tomography [J]. J Am Coll Cardiol, 2013,62:1748-1758.
- 22 Raber L, Mintz GS, Koskinas KC, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions [J]. Eur Heart J, 2018,39:3281-3300.
- 23 《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,2019,27:121-133.
- 24 杨峻青,李泽杭,涂圣贤.血流储备分数的原理、验证与发展 [J].中国介入心脏病学杂志,2017,25:464-468.
- 25 赵国力,尹德录,姚月明.定量血流分数的临床应用与进展 [J].临床心血管病杂志,2023,39:831-835.

(收稿:2025-01-07 修回:2025-02-25)

(本文编辑:刘文胜)