

◁ 规范指南 ▷

四肢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学专业委员会介入放射技术工作组

DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2025.01.037

四肢疾病是一种危害性极强的高发病种,若长期不愈,病情将呈进行性发展,重者将导致截肢致残^[1],甚至危及生命,同时占用了大量的医疗资源^[2]。介入诊疗技术以其具备微创、精准、安全等特点在四肢疾病诊疗中占据重要位置^[3]。介入影像技师在临床工作中不断积累经验,逐步形成了操作规范,反复讨论达成了共识。

1 共识形成背景

在相关诊疗团队的建设中,介入影像技师操作水平存在差异,围手术期操作流程缺乏统一标准,因此相关影像技术从业者的操作规范化势在必行^[4]。本共识为四肢介入影像技师操作规范,包括:四肢介入治疗适用疾病种类和范围;介入手术规划、体位设计及手术流程;辐射剂量管理与防护措施;数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)设备参数设定;高压注射器参数设定;四肢介入图像处理技术规范;四肢介入影像新技术规范。

2 四肢介入适用疾病种类与范围

血管造影可以准确显示四肢血管病变的部位、范围和狭窄程度,目前仍然是诊断和评估各种血管疾病的“金标准”^[5]。常见的四肢疾病包括髂动脉狭窄或股腘动脉闭塞性疾病、动静脉血管畸形、静脉血栓性疾病、静脉功能不全性疾病、外伤所致血管损伤性疾病以及肿瘤等^[6]。相对于其他治疗方法(如外科旁路手术),介入治疗(如球囊扩张、支架置入)具有创伤小、恢复快、适用范围广、发生并发症风险较低、住院时间短等优点。

2.1 动脉血管疾病

下肢动脉硬化闭塞症:指由于动脉硬化造成的下肢供血动脉内膜增厚、管腔狭窄或闭塞,病变肢体血液供应不足,

引起下肢间歇性跛行、皮温降低、疼痛、乃至发生溃疡或坏死等临床表现的慢性进展性疾病,常为全身性动脉硬化血管病变在下肢动脉的表现^[7,8]。在髂股动脉病变中有少部分病例累及腹主动脉末端造成闭塞,即 leriche 综合征^[9]。侵犯小动脉引发血栓闭塞性脉管炎,主要由于内膜增厚和中膜成纤维细胞增生,继发血栓形成,引起管腔向心性狭窄和完全闭塞。

下肢动脉急性栓塞和血栓形成:下肢动脉急性栓塞是由于心脏、主动脉、髂股动脉等腔内栓子脱落,导致下肢急性缺血性疼痛、坏死。主要表现为下肢疼痛,感觉障碍,运动障碍,动脉搏动减弱或消失,下肢皮肤苍白,临床上称为五联症。一般栓塞后 6 h 可有组织细胞坏死,12 h 出现不同程度的坏疽,长时间的栓塞导致代谢障碍,心力衰竭。诊治必须及时而有效,可采取动脉切开直接取栓、机械取栓、血管成形、溶栓等方式^[10]。

四肢血管创伤:四肢是创伤的好发部位,继发的血管损伤,如血管断裂、假性动脉瘤、动静脉瘘等。治疗原则是及时止血,恢复肢体血液循环,处理好血管伤及其合并伤,保全肢体。

四肢软组织肿瘤:软组织肿瘤的一半以上发生于四肢,大腿和膝部多发。良性的如皮下纤维瘤、脂肪瘤等极为普遍,恶性的又称软组织肉瘤少见,肢体肉瘤多转移至肺。血管造影可了解血管分布情况,介入治疗可通过栓塞肿瘤滋养血管达到治疗目的。

动静脉血管畸形:动静脉血管畸形是一种先天性局部血管异常发育所形成的畸形血管团,主要存在于动脉和静脉之间。表现为局部组织肿大,继发出血,瘤体盗血导致周围组织供血及功能障碍等。体表的动静脉血管畸形因逐渐增大而隆起,表面温度升高,可触及搏动,可闻及血管杂音。体内的肾、肠动静脉血管畸形是引起血尿、消化道出血的一个原因。诊断的“金标准”是血管造影,造影表现为供血动脉增粗迂曲、粗细不均、排列紊乱,对比剂排空迅速,引流静脉迂曲扩张。

肢体血管畸形和血管瘤:血管畸形为一组由先天性血管发育异常而引起的疾病。以往临床上多以发病部位的血管瘤命名该疾病。其中血管畸形主要包括动静脉畸形、细血管性静脉畸形和动静脉瘘,最常见的为动静脉畸形。

真性血管瘤:发生于婴幼儿的皮肤表面,出生时无症状,

本研究系北京医学奖励基金会资助项目(编号:YXJL-2022-0665-0186)

执笔单位:430000 武汉,华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科(马金强、雷子乔);050011 石家庄,河北医科大学第四医院放射科(王红光);100037 北京,中国医学科学院阜外医院介入导管室(周发军);610044 成都,四川大学华西医院放射科(李真林);100730 北京,首都医科大学附属同仁医院放射科(牛延涛);共同第一执笔人:马金强、王红光、周发军;通讯执笔人:雷子乔、李真林、牛延涛

1 个月时出现临床症状,在第 1 年内生长最快,90% 以上的儿童血管瘤在 5~6 岁时完全消退。增生期血管瘤组织学表现为显著的内皮细胞增生,血管瘤组织成分中含大量肥大细胞。消退期血管瘤组织学表现则相反。

血管畸形:发生在体表的血管畸形于出生时就出现,在体内者常难以发现,随着生长发育而长大,较多在中青年时病情加重,无法自然消退。创伤和性激素水平的异常可造成其血流动力学改变而加重病损。血管畸形无内皮细胞增生现象,内皮细胞基膜为单层,内皮细胞不吸收脱氧胸腺嘧啶核苷,畸形组织内肥大细胞计数正常,病变组织成分为原始动脉、静脉、毛细血管和淋巴管或其组合。

锁骨下动脉窃血综合征:锁骨下动脉窃血综合征是由于锁骨下动脉或无名动脉的近端发生狭窄或闭塞,而引起狭窄远端的同侧椎动脉内血流发生逆流的一种异常血流动力学的现象。主要病因是动脉粥样硬化和大动脉炎。患者表现为眩晕、肢体轻瘫、感觉异常,少数视觉障碍、共济失调,患侧的同侧上肢缺血症状及桡动脉搏动减弱,双上肢动脉压力差大于 2.66 kPa。对侧支循环血流量而言,椎-基底动脉通路最为重要,分流量高,是造成锁骨下动脉窃血综合征主要原因。

2.2 静脉血管疾病

下肢深静脉血栓形成:下肢深静脉血栓形成是指血液在下肢深静脉腔内不正常的凝集引起的疾病,血栓脱落可引起肺栓塞^[11]。由于肢体制动或长期卧床使得血流缓慢,手术或晚期癌肿导致血液高凝状态等,如果出现一侧肢体突然发生肿胀,伴有疼痛,活动后加重,浅静脉扩张,应疑及下肢深静脉血栓形成。发病 7 天内为急性期,8~30 天为亚急性期,30 天后为慢性期。若在早期未得到有效治疗,血栓机化,则会造成静脉功能不全。

下肢静脉曲张:下肢静脉曲张指病变范围位于下肢浅静脉,多发生在大隐静脉,少数累及小隐静脉。该病多见于中年男性,多发生于从事持久站立工作、体力活动强度高,或久坐少动的人。由于静脉瓣膜关闭不全、静脉壁薄弱和静脉内压力持续升高,常伴有淤滞性皮炎、血栓性浅静脉炎、顽固性溃疡等。早期患肢酸胀不适,伴肢体沉重感,久立加重,抬高肢体减轻。当浅静脉迂曲扩张,合并深静脉瓣膜功能不全时,会出现皮肤营养障碍性病变,包括瘙痒、色素沉着、硬结节、疼痛红肿甚至自发性破裂出血。只有下肢浅静脉曲张而没有下肢深静脉曲张的病变称原发性下肢静脉曲张,也叫单纯性下肢静脉曲张。

上肢动静脉内瘘狭窄:上肢动静脉内瘘包括自体动静脉内瘘及人工血管动静脉内瘘,对于肾功能衰竭患者而言,透析是维持生命的重要手段,而动静脉内瘘作为透析的血管通路,直接关系到透析治疗的效果和患者的生存质量。内瘘狭窄、闭塞作为内瘘常见并发症,可引起透析血流量下降、血栓形成、穿刺困难等情况发生,严重影响患者的透析质量。

头静脉弓狭窄:头静脉弓指上臂头静脉经肱二头肌外缘上行,至锁骨穿越胸锁筋膜、胸大肌与腋静脉汇合共同汇

入锁骨下静脉的部位,类似于“拱门”形状。当建立血液透析通路时,由于动静脉内瘘高流量与湍流的原因,引起了内皮功能障碍和血管内膜增生的形成,加之解剖结构的影响,临床上就出现了特有的头静脉弓狭窄。症状以上臂胀痛为主,体征为血管迂曲、搏动增强、震颤减弱等。B 超和血管造影诊断后,治疗方式常选择行经皮腔内血管成形术^[12]。

3 四肢介入手术规划、体位设计及手术流程

在四肢疾病介入诊疗过程中,精准的影像引导是实现介入治疗成功的关键,这一过程不仅涉及到复杂的临床决策,还高度依赖术者与介入影像技师之间的紧密合作。介入手术的流程通常开始于详细的手术前规划,术者依靠介入影像技师提供清晰、准确的血管图像,以评估病变情况并规划治疗策略。

3.1 四肢介入手术规划概览

术前规划:术者根据高质量影像资料,包括 CT、MRI 或 B 超等,进行四肢血管病变评估和手术路径规划。

术中实施:体位选择与影像获取:四肢介入手术需要注意患者体位的摆放,患肢避免接入心电、血压等监测仪器的线缆,如需垫高、固定肢体或被动物体位则应在保证患者舒适、安全的情况下完成,以保证术中成像效果,充分显示、暴露病变血管区域。

实时影像引导:手术过程中,术者依靠介入影像技师实时提供精确的四肢血管或非血管腔的影像支持,通过多种介入诊疗技术如图像融合^[13]、术中 C 臂 CT^[14]、术中造影、血管内超声成像(intravenous-ultrasound, IVUS)^[15]、光学相干断层扫描技术(optical coherence tomography, OCT)^[16],精细操作介入器械,以实现病变的精准治疗。

术后评估:手术完成后,术者根据介入影像技师获取术后影像(术后 C 臂 CT、术后造影复查、IVUS、OCT),评估治疗效果,确保病变得到有效控制。

3.2 四肢介入手术的体位设计

四肢介入手术的体位设计是手术成功的一个重要方面,体位的选择不仅关系到手术的便利性和安全性,还直接影响到术中的影像质量和介入路径的选择,因此,选择合适的摄影体位对于确保获得高质量、诊断性强的图像至关重要。以下是针对四肢介入手术的体位设计的具体内容:

(1) 体位的选择原则

体位的选择需要根据以下几个因素来考虑:

介入路径:根据选择的穿刺点(如股动脉或桡动脉),选择最有利于穿刺和器械操作的体位。

患者的舒适性:确保患者在手术过程中尽可能舒适,减少移动和不适。

影像设备的要求:具备多种影像学设备,功能完善,能够提供最佳的影像质量,便于观察血管状况和操作导管、导丝。

(2) 常用体位介绍

头尾向仰卧位(head first supine position):描述:患者仰

卧于导管床,头部位于导管床头端,足部位于导管床尾端。双手置于身体两侧,固定患侧膝关节和踝关节,双腿内旋、两拇趾接触、足跟分开,保持生理解剖体位。双腿之间及患侧外侧设置附加滤过器,移动 C 形臂置于侧位和床面垂直。应用 Seldinger 法从患者对侧或同侧股动脉穿刺进入,对患肢髂动脉、股动脉、腘动脉、胫前动脉、胫后动脉、腓动脉及足背动脉进行造影。

适用情况:适用于大多数下肢血管介入手术,特别是股动脉介入。

优点:方便对下肢进行操作,便于使用 X 射线设备进行影像导航。

曝光参考条件:管电压 65 kV,管电流 7 ~ 14 mAs。

斜卧位(oblique position):描述:患者腹部平卧,上半身和下肢轻微旋转至一侧,通常旋转角度为 15° ~ 45°。

适用情况:当需要更好地暴露某侧的髂部或股动脉时使用,例如进行髂动脉介入。

优点:有助于提供更好的穿刺点视野,尤其是在需要穿刺髂动脉或需要特殊角度操作时。

曝光参考条件:管电压 65 kV,管电流 7 ~ 14 mAs。

俯卧位(prone position):描述:患者面朝下俯卧于导管床上,头部偏向一侧,双臂贴近身体自然放置。可用柔软棉被垫于胸部,防止胸部受压引起气管梗阻。

适用情况:适用于需要从后路访问血管的介入手术,如背部、臀部血管以及腘静脉入路等操作。

优点:方便从背部或臀部血管进行操作,适用于特定的血管路径。

曝光参考条件:管电压 65 kV,管电流 7 ~ 14 mAs。

尾头向仰卧位(feet first supine position):描述:患者与导管床平行,头部位于导管床尾端,足部位于导管床头端,头部用特殊的支架支撑,手术铺单需为患者预留视野。

适用情况:适用于病变位于股浅动脉远端的下肢动脉硬化闭塞症患者,为股动脉顺行穿刺、置鞘预留足够空间。

优点:顺行股动脉入路,缩短导丝、导管输送到靶血管距离,达到更加良好的支撑效果,提高股浅动脉长段闭塞开通成功率。

曝光参考条件:管电压 65 kV,管电流 7 ~ 14 mAs。

上肢外展仰卧位(upper limb abduction supine position):描述:患者仰卧于导管床,患侧上肢外展与导管床呈锐角(手臂板支撑),掌心向上保持生理解剖体位。

使用情况:适用于动静脉内瘘狭窄介入治疗,如肱动脉、桡动脉、贵要静脉等上肢血管入路等操作。须配合导管床平面旋转,使上肢血管位于探测器视野范围内。

优点:适用于动静脉内瘘狭窄介入治疗,上肢血管入路操作可减少各类导丝、导管输送距离,保证治疗过程耗材选择多样性,提高手术成功率。

曝光参考条件:管电压 65 kV,管电流 7 ~ 14 mAs。

3.3 手术流程(图 1,2)

(1)仔细核对患者基本信息,了解患者对比剂过敏史。

(2)认真审阅患者术前影像学图像,掌握患者疾病情况。

(3)在设备上录入患者信息,并选择合适成像采集模式。

(4)准备好高压注射器,抽取适量对比剂。

(5)检查并做好手术医师及患者的防护措施。

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

(7)经鞘管引入导丝,导管,定位至目标血管。探测器长轴与肢体保持平行,选取最大探测器视野,通过升导管床(增加焦物距)、降平板高度(缩小物片距)达到目标视野最大化,由于四肢结构的特殊性,合理运用缩光器和滤过板,能达到减少辐射、提高影像质量的目的,术前及术后造影须根据患者影像解剖体位进行采集,治疗过程中可根据病变情况摄取不同角度的动脉相和/或静脉相。

(8)特殊造影(三维 DSA、C 臂 CT)时,首先根据临床医师需要,激活三维 DSA 或者 C 臂 CT 模式,提醒术者,缩小视野,将靶血管放在视野中心;透视下找正位、侧位的目标区域,进行 C 臂旋转测试,测试时注意观察设备避免碰撞现象发生;同时调整高压注射器的参数。

(9)特殊检查完成后,技师在后处理工作站,根据临床需要做相应的后处理,比如传功能位、进行图像的测量和图像的融合等。

(10)根据病变情况进行球囊扩张、支架放置或血栓抽取等治疗,复查 DSA 造影以检查治疗效果,确保血流恢复,没有并发症。

(11)在术中进行分支血管超选择性造影、球囊扩张、支架置入等治疗时,技师需及时选取最佳参考图像或者 DSA 路图,为术者的精细化操作提供准确影像依据。

(12)造影或治疗结束后撤除导管和导丝,对穿刺点进行压迫止血。

(13)造影结束后,有选择性地上传图像到医院 PACS 打印胶片,特殊病例刻盘保存。

4 剂量管理与防护措施

四肢介入诊疗过程中辐射防护同样地须遵循三项基本原则,即实践的正当性、辐射防护的最优化和应用个人剂量限值^[17]。

4.1 辐射剂量管理

优化曝光参数:通过调整管电压(kVp)、管电流(mA)和曝光时间等参数,确保在尽可能低的剂量下获取高质量图像。常见的做法包括降低帧率、使用低脉冲透视模式以及选择最合适的曝光角度,以减少不必要的曝光。

剂量监控:实时监控患者的累积辐射剂量,并设定剂量警戒线以避免超出安全范围。新一代 DSA 设备通常配备有剂量跟踪系统,可以提供详细的剂量信息,帮助操作人员在程序过程中优化剂量。

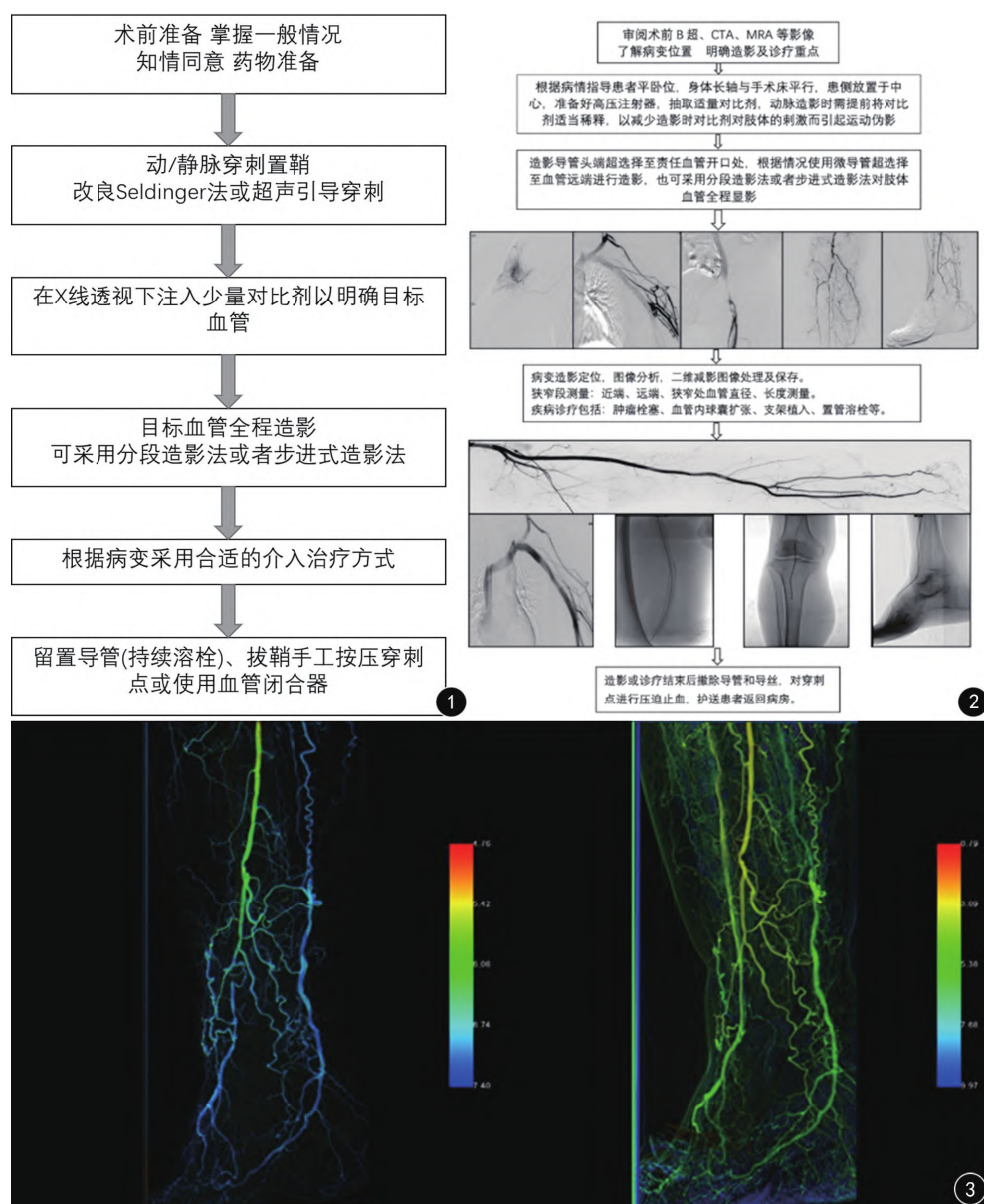


图1 介入手术操作流程 图2 介入影像技术流程 图3 足动脉 CC-DSA 图像

4.2 防护措施

物理屏障:使用铅屏、铅帘、铅玻璃等物理屏障进行辐射防护,协助术者规范使用防护设备,减少辐射危害。

个人防护装备:操作人员应穿戴铅围裙、铅颈套、铅眼镜等个人防护装备,特别是在长时间的介入治疗中,防止累积接受辐射剂量过高^[18]。患者非手术照射部位,在不影响手术流程的情况下,使用辐射防护用具进行适当的遮挡。

限制曝光区域:通过调整束光器,减少辐射束的覆盖面积,仅对感兴趣区进行曝光。以减少不必要的辐射暴露。

4.3 剂量优化策略

适时应用图像增强技术:使用图像处理技术如自适应滤波和对比度增强,可以在低剂量下仍然获得清晰的图像。

5 DSA 设备参数设定

由于目前各厂家 DSA 设备对于器官程序名称的命名各

不相同,且多具有自动剂量控制系统,曝光采集自动定标管电压、管电流量及剂量,因此在参数设定时,应根据摄影部位选择四肢或者外周模式,四肢器官程序的设定(透视、采集)包括电离室选择、照射野及滤过组合的设定以及基本图像处理参数的设定与修改等,透视帧率可在 6 ~ 15 帧/s 之间选择,采集帧率为 3 ~ 6 帧/s。近端如髂总动脉、股动脉采用较高帧率采集。远端如膝下动脉、足部动脉采用较低帧率采集,闭塞性病变采集帧率可低至 1 ~ 2 帧/s。对于动静脉瘘、动静脉畸形病变,可将采集帧率调高至 6 帧/s 或者更高,以明确病变血管流入及流出通路情况。探测器视野常规选择最大视野,采用缩光器遮挡两侧无组织区域,双侧下肢造影选择中间滤过板,均衡中间无组织区域,使 DSA 图像更加清晰。

6 高压注射器参数和对比剂用量的设定

在进行四肢介入手术时,正确地设置和调整

DSA 设备对比剂和高压注射器的参数是至关重要的,这些设备参数的设置影响影像的质量和手术的安全性。高压注射器注射参数(表 1),包括速率、总量和压力限值,对于确保图像质量和患者安全都非常重要。应始终遵循保证患者安全及提供完整清晰造影图像为原则进行规范化操作,同时根据血管病变类型(闭塞、狭窄、动静脉瘘等)以及术中具体情况(导管位置、感兴趣区)制定个体化方案。

6.1 对比剂类型和浓度

选择与患者肾功能和过敏史相适应的对比剂。例如对于肾功能不全的患者,可选择低渗或等渗对比剂以减少患者肾脏负担。肢体动脉造影时,对比剂采用低渗或者等渗的非离子型对比剂,为降低对比剂黏滞度和减少血管刺激造成的疼痛,对比剂可稀释至约 200 mgI/ml。

6.2 注射参数

表 1 四肢血管常规 DSA 造影采集参数

造影部位	造影参数			摄像参数		
	流率 (ml/s)	每次总量 (ml)	压力限值 (PSI)	帧率 (帧/s)	成像方式	延迟模式
锁骨下动脉	5~6	12~15	200~300	3~6	IADSA	根据造影导管头端距离目标血管距离选择合适的延迟模式
腋/肱动脉	3~4	10~12	300~400	3~6	IADSA	
髂总动脉	8~10	16~20	350~450	3~6	IADSA	
髂外动脉	6~8	12~16	350~450	3~6	IADSA	
股动脉	5~6	10~12	300~400	3~6	IADSA	
股浅/腘动脉	3~4	6~9	250~350	3~6	IADSA	
膝下动脉	2~3	4~6	150~250	3~6	IADSA	
四肢静脉(顺行)	1~3	30~50	150~200	2~6	IVDSA	曝光延时
四肢静脉(逆行)	3~5	10~15	200~300	2~3	IVDSA	延时注射

注射总量:根据靶血管的直径、投照视野、病变类型、导管型号规格,以及导管与靶血管距离等为依据设置注射总量,对于直径较大、造影视野较广、管头距离靶血管较远以及血供丰富(血管畸形、动静脉瘘)可适当增加注射总量。对于直径较小、造影视野比较局限、管头距离靶血管较近以及闭塞性病变,可适当减少注射总量。

注射流率:同样遵循设置注射总量的原则,在保证不损伤血管的前提下,快速稳定地团注对比剂能有效提供对比度良好、层次丰富的造影图像。

注射压力限值:有效注射压力限值是实现注射流率及总量的保证,尤其在进大血管造影及微导管造影时应特别注意。

延迟模式:选择 X 线曝光延迟模式,尤其在造影导管距离靶血管较远,或血流缓慢时,对比剂到达靶血管需要一定时间。应避免因采集时相过早,而增加患者术中受辐射剂量。在进行分段造影过程中,以近端血管完全充盈时间,设置远端血管延迟曝光时间,为图像采集的最佳时机。

6.3 四肢血管造影参数

动脉造影:常规四肢动脉造影时,采用等渗非离子型对比剂或将对剂稀释至约 200 mgI/ml,同时应根据造影导管头端与目标动脉的距离选择合适的延迟模式,若造影导管头端位于目标动脉开口起始处,如要观测上肢的掌弓动脉,则应延迟曝光时间,待对比剂流至远端时,才能清晰显示血管。再进行曝光以显示远端血管。同理,观测下肢的足背动脉时,也应延迟曝光时间,确保对比剂到达远端血管,以呈现清晰的影像;当造影导管头端位于投照视野内,延迟模式一般设置为注射延时(0.3~0.5 s)。

静脉造影:顺行静脉造影时,推荐采用等渗非离子型对比剂。曝光过程中,当对比剂流经髂静脉时,嘱患者做 Valsalva 功能试验,以观察下肢静脉瓣的功能情况;逆行性静脉造影时,推荐采用等渗非离子型对比剂,根据插管情况适当调整造影参数。

7 四肢介入图像处理技术规范

在 DSA 的图像显示及特殊处理中,遵循操作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^[19,20]。由于四肢结构特殊性,X 线成像区域密度差异较大,容易造成 DSA 成像过程中饱和性伪影,导致成像区域的图像缺失。而图像降噪、图像边缘增强和对比度调节技术能够提高血管造影的图像质量。在进行 DSA 图像增强完成边缘强化和对比度增强的同时,不显著增强图像中原有的噪声是最终目的。

8 四肢介入影像新技术规范

随着 DSA 设备的更新换代,软件技术的更新升级,已经有高级影像技术在四肢介入诊疗中应用,这些技术不仅提高了诊断的精确性,也使得治疗过程更为安全、高效。

8.1 彩色血流编码 DSA(color coding of DSA,CC-DSA)^[21]

CC-DSA 是基于已有 DSA 灰阶图像,获得每个像素点内对比剂浓度达到高峰时间的不同,而赋予每个像素点不同颜色,得到相应的彩色血流编码图像(图 3)。利用相应软件,在 CC-DSA 图像上选取病变区域并勾画感兴趣区,可以获取该区域的血流时间-浓度曲线(time-density curve,TDC)、血流达峰时间、曲线下面积(AUC)、最大强化峰值等参数。通过分析这些参数可获得血流动力学参数,以达到评估血流动力学目的^[22,23]。目前 CC-DSA 已广泛应用于神经介入、肿瘤介入、外周血管介入等领域,用于诊断疾病、制定治疗方案及量化评估治疗前后血流动力学等^[24,25]。

技术流程:将获得的二维 DSA 图像传输至后处理工作站,使用 CC-DSA 后处理软件打开图像,在目标区域勾画合适大小的感兴趣区,软件会自动计算出相应的血流-时间参数等信息。需要注意的是获取的 CC-DSA 血流动力学参数值为绝对值,对于介入诊疗前后,测量图像对应区域的 CC-DSA 参数并进行对比则更具有临床指导意义^[26,27]。

临床应用:CC-DSA 具有成像时间短,空间分辨率和时间分辨率高的特点,在不额外增加患者对比剂负担和辐射剂量的情况下,可获取血流或者病变组织定量参数信息。在下肢动脉闭塞介入手术中,可简单、直观地评估比较再通术前后的血流动力学定量信息。

8.2 步进式血管造影技术(angiography of step-translation technique/bolus chasing angiography,BCA)

BCA 是一次性注射对比剂,通过自动跟踪造影获得整个下肢血管及分支的图像,解决了普通 DSA 技术需要分段、多次采集才能达到的效果^[28]。

目前步进式 DSA 设备主要分为两种步进方式,第一种是 C 臂 X 线球管曝光时静止不动,导管床携患者运动;另一种是导管床静止不动,C 臂 X 线管沿人体长轴方向运动曝

光。目前 BCA 的缺陷是对比剂的跟踪和采集速度难以协调,单次造影时间长,易产生运动伪影^[29]。

技术流程:根据目标造影血管血流方向确定患者体位,固定肢体,对肢体造影范围进行预采集,防止遗漏。对比剂的流率及总量、步进速度、延迟模式、采集帧率需根据造影导管头端位置确定(表 2)。

表 2 四肢步进式 DSA 造影采集参数

造影部位	流率 (ml/s)	总量 (ml)	压力限值 (PSI)	采集帧率 (帧/s)	延迟模式
腹主动脉分叉水平	10~15	60~70	600~900	2~6	同步注射
单侧髂总或髂外动脉	6~8	15~20	300~450	2~6	
锁骨下动脉/腋动脉	3~5	15~20	200~400	2~6	

分段步进:通过控制 C 臂移动速度的调速器和曝光手闸,注射对比剂进行跟踪造影,先进行蒙片采集,再回到起点一边注射对比剂一边移动 C 臂,使对比剂流率与床移动的速度相同,同时采集图像,再做减影处理,获得实时减影图像。也可以先注射对比剂跟踪造影后进行蒙片采集最后进行减影处理。缺点是步进及曝光时序难以与对比剂的充盈高峰相吻合。

连续步进:通过控制导管床的移动速度的调速器和曝光手闸,注射对比剂进行跟踪造影,先进行蒙片采集,再回到起点。一边注射对比剂一边进床,使床移动的速度与对比剂流率相同,同时采集图像,再做减影处理。获得实时减影图像。也可以先注射对比剂跟踪造影后进行蒙片采集最后进行减影处理。

技术注意:导管床的移动速度由介入影像技师通过调速手柄来控制,使导管床的移动速度与对比剂在下肢血管中的流动速度同步,因此,正确使用调速手柄是造影成功的关键。同时,使用等渗对比剂或进行对比剂稀释造影,可以有效减轻患者的疼痛刺激,减少运动伪影。

临床应用:步进技术能在一次性注射对比剂的同时获得整个下肢血管的图像,能清楚显示血管病变部位、大小、范围,减少了对比剂的用量,降低了患者接受的辐射剂量,缩短了造影时间。

8.3 图像拼接技术 (Image Mosaics)

图像拼接技术就是将数张有重叠部分的图像(可能是不同时间、不同视角或者不同传感器获得的)拼成一幅大型的无缝高分辨率图像的技术^[30]。

表 3 四肢三维 DSA 采集参数

造影部位	流率 (ml/s)	总量 (ml)	压力限值 (PSI)	旋转速度 (°/s)	图像放大倍数	延迟模式
股动脉	3~5	18~30	300~400	20~40	1 倍	X 线曝光延迟 1~1.5 s
股浅/腘动脉	2~4	12~24	250~350	20~40	1 倍	
膝下动脉	2~3	12~18	150~250	20~40	1 倍	
足背动脉	1~2	5~12	150~250	20~40	2 倍	
锁骨下动脉	3~5	18~30	300~400	20~40	1 倍	
腋/肱动脉	2~3	12~18	300~400	20~40	1 倍	

技术流程:图像的拼接主要包括以下 4 个步骤:

- (1) 图像的预拼接,即确定两幅相邻图像重合的较精确位置。
- (2) 特征点的提取,即在基本重合位置确定后,找到待匹配的特征点。
- (3) 图像矩阵变换及拼接,即根据匹配点建立图像的变换矩阵并实现图像的拼接。
- (4) 图像的平滑处理,对图像进行亮度、对比度、去噪等调节处理

临床应用:通过图像拼接技术,能将单次采集的多段造影的下肢动脉图像拼接成一幅下肢动脉的全程图像。对下肢血管病变能进行直接的完整的观察,有利于临床的诊断与介入治疗。

8.4 三维数字减影血管造影(3D-DSA)

3D-DSA 成像在四肢的应用研究报道相对较少,但是已有的研究文献提示 3D-DSA 对急性下肢缺血疾病(critical limb ischemia, CLI)的诊疗中提供了比常规 DSA 额外的有价值的实时信息,可以更好地指导 CLI 以及难愈合病变组织患者的外周血管介入治疗^[31]。四肢 3D-DSA 成像参数可参照其他部位的参数适当调整,原则上对比剂注射流率不超过血管对应二维 DSA 造影量的 80%,总量应按照 C 臂旋转采集时间加上 X 线曝光延迟时间的和乘以流率^[32](表 3)。

重组技术:图像重组过程利用算法如圆锥束回旋算法(Cone-Beam Reconstruction)来从二维投影中构建三维体积。重组过程中,可能需要调整参数以优化图像质量,例如通过增强信号处理来减少伪影和提高图像分辨率^[33]。

临床应用:尽管在四肢血管领域的 3D-DSA 成像技术及临床应用相对较少,但是 3D-DSA 在四肢血管图像显示方面仍旧有巨大的应用前景,其为术者提供血管的三维平面重组,可以显示血管走行、病变的定位,容积再现技术(VRT)图像有助于理解血管空间关系,全方位无死角观察血管情况,如血管侧支形成、血管畸形的供血和引流路径等,为介入操作提供精准的信息。

9 总结

介入诊疗技术在四肢疾病治疗中占有重要地位。四肢介入影像技术规范,全方位、多维度地涵盖了常见疾病诊疗、体位设计、图像后处理技巧,以及 DSA 设备参数与高压注射器参数的精选与优化技巧。本规范不仅详述了介入影像技

师的操作流程及关键注意事项,还明确界定了四肢疾病介入诊疗的要求、标准及手术流程,确保与临床医师紧密合作,以期提升图像质量并有效降低手术风险。

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
 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
 雷子乔:华中科技大学同济医学院附属协和医院
 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
 刘伯山:北京大学第一医院
 刘昌盛:武汉大学人民医院
 罗来树:南昌大学第二附属医院
 李 博: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
 冒晓文:邵阳市中心医院
 牛延涛:首都医科大学附属北京同仁医院
 康一鹤:河北医科大学第四医院
 任 宏:浙江大学医学院附属邵逸夫医院
 宋鹏伟:哈尔滨医科大学附属第一医院
 沙俊诚:徐州医科大学附属医院
 王 雷:首都医科大学附属北京同仁医院
 王红光:河北医科大学第四医院
 王兴宏:华北石油总医院
 文自祥:中山市人民医院
 吴欣燕:北京和睦家医院有限公司
 荆 晶:解放军总医院第一医学中心
 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
 郁 鹏:首都医科大学附属北京同仁医院
 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
 尹 姬:宁夏医科大学总医院
 于 淮:哈尔滨医科大学附属第二医院
 余顺强:孝感市第一人民医院
 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
 周新华:厦门大学附属中山医院
 周发军:中国医学科学院阜外医院
 周学军:南通大学附属医院
 赵雁鸣:哈尔滨医科大学附属第二医院
 赵 军:海南省人民医院
 翟彦龙:北京清华长庚医院

参考文献

- 1 Aday AW, Matsushita K. Epidemiology of Peripheral Artery Disease and Polyvascular Disease[J]. Circ Res, 2021, 128:1818-1832.
- 2 Chang SL, Huang YL, Lee MC, et al. Association of Varicose Veins With Incident Venous Thromboembolism and Peripheral Artery Disease[J]. Jama, 2018, 319:807-817.
- 3 Guthaner DF, Wexler L, Enzmann DR, et al. Evaluation of peripheral vascular disease using digital subtraction angiography[J]. Radiology, 1983, 147:393-398.
- 4 王红光, 郁鹏, 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.
- 5 叶瑞东, 孙文, 刘新峰. 脑血管造影术操作规范中国专家共识[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51:7-13.
- 6 包俊敏, 刘冰, 沈晨阳, 等. 股腘动脉闭塞症的诊断和治疗中国专家共识[J]. 中国循环杂志, 2022, 37:669-676.
- 7 马文杰, 田野, 白超, 等. 下肢动脉硬化闭塞症血管腔内治疗的进展[J]. 国际外科学杂志, 2023, 50:777-782.
- 8 中华医学会外科学分会血管外科学组. 下肢动脉硬化闭塞症诊治指南[J]. 中华普通外科学文献(电子版), 2016, 10:1-18.
- 9 厉建林, 王保恒, 韩达, 等. 37 例 Leriche 综合征的腔内介入治疗[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42:841-844.
- 10 包俊敏. 下肢动脉闭塞性疾病腔内治疗进展[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2010, 17:645-648.
- 11 朱双利, 巫志勇, 石建军, 等. 下肢深静脉血栓的超声检查与 CT 静脉造影检查对照分析[J]. 中国现代医药杂志, 2016, 18:19-23.
- 12 Lok CE, Huber TS, Lee T, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update[J]. Am J Kidney Dis, 2020, 75: S1-S164.
- 13 Guan S, Li T, Meng C, et al. Multi-mode information fusion navigation system for robot-assisted vascular interventional surgery[J]. BMC Surg, 2023, 23:51.
- 14 Rizkallah M, Sebaaly A, Melhem E, et al. Clinical impact of intraoperative cone beam tomography and navigation for displaced acetabular fractures: a comparative study at medium-term follow-up[J]. Int Orthop, 2021, 45:1837-1844.
- 15 Surve TA, Kazim MA, Sughra M, et al. Revascularization Modalities in Acute Coronary Syndrome: A Review of the Current State of Evidence[J]. Cureus, 2023, 15:e47207.
- 16 Nishimiya K, Poduval RK, Tearney GJ. OCT Emerging Technologies: Coronary Micro-optical Coherence Tomography[J]. Interv Cardiol Clin, 2023, 12:237-244.
- 17 乔文俊, 许俊. 医用 X 射线诊断设备辐射剂量规范化管理共识[J]. 影像诊断与介入放射学, 2024, 33:3-17.
- 18 Zurcher KS, Naidu SG, Money SR, et al. Dose reduction using digital fluoroscopy versus digital subtraction angiography in endovascular aneurysm repair: A prospective randomized trial[J]. J Vasc Surg, 2020, 72:1938-1945.
- 19 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.
- 20 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.

- 21 Kim AH, Shevitz AJ, Morrow KL, et al. Characterizing tissue perfusion after lower extremity intervention using two-dimensional color-coded digital subtraction angiography [J]. J Vasc Surg, 2017, 66: 1464-1472.
- 22 Struffert T, Deuerling-Zheng Y, Engelhorn T, et al. Monitoring of balloon test occlusion of the internal carotid artery by parametric color coding and perfusion imaging within the angio suite: first results [J]. Clin Neuroradiol, 2013, 23: 285-292.
- 23 李军飞, 畅智慧, 刘兆玉. 血流彩色编码成像技术在疾病诊断及治疗中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33: 959-962.
- 24 Augustin AM, Wolfschmidt F, Elsasser T, et al. Color-coded summation images for the evaluation of blood flow in endovascular aortic dissection fenestration [J]. BMC Med Imaging, 2022, 22: 19.
- 25 Kagadis GC, Tsantis S, Gatos I, et al. 2D perfusion DSA with an open-source, semi-automated, color-coded software for the quantification of foot perfusion following infrapopliteal angioplasty: a feasibility study [J]. Eur Radiol Exp, 2020, 4: 47.
- 26 Fang K, Zhao J, Luo M, et al. Quantitative analysis of renal blood flow during thoracic endovascular aortic repair in type B aortic dissection using syngo iFlow [J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11: 3726-3734.
- 27 Tang M, Zeng F, Chang X, et al. Feasibility study of Syngo iFlow in predicting hemodynamic improvement post-endovascular procedure in peripheral artery disease [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2024, 24: 99.
- 28 陈燕, 黄健. 步进式 DSA 技术在下肢顺行性静脉造影中的应用 [J]. 实用临床医药杂志, 2011, 15: 78-79.
- 29 李军, 徐颖妍, 方萍, 等. 探讨 DSA 步进式血管造影技术在下肢动脉硬化性疾病介入诊疗中的临床意义 [J]. 现代医用影像学, 2022, 31: 789-791.
- 30 余建明, 李真林. 医学影像技术学 [M]. 第 4 版. 北京: 科学出版社, 2018.
- 31 Kim R, Choi SY, Kim YJ. The Efficacy of Cone-Beam CT-Based Perfusion Mapping in Evaluation of Tissue Perfusion in Peripheral Arterial Disease [J]. J Clin Med, 2021, 10.
- 32 Pizano A, Khurram A, Chamseddin K, et al. New imaging technology system reduces patient radiation dose during peripheral arterial endovascular interventions [J]. J Vasc Surg, 2022, 76: 500-504.
- 33 顾宏清, 曹少平, 顾自立. DSA 图像中运动伪影的消除方法 [J]. 上海生物医学工程, 2007, 28: 237-239.
- (收稿: 2024-10-15 修回: 2024-12-02)
(本文编辑: 李祥)

◁ 简 讯 ▷

欢迎关注临床放射学杂志微信公众号

为了更加迅捷有效地传递期刊动态资讯、推送优秀学术论文、加强作者、编辑和读者间的互动交流,“临床放射学杂志微信公众号”于 2024 年 1 月正式开通。目前微信公众号下设“在线查询”、“网刊系统”和“关于我们”三个栏目。“在线查询”栏目支持作者在线查稿、专家在线审稿;“网刊系统”栏目定期更新,支持期刊目录检索和过刊浏览下载等功能;“关于我们”栏目包括期刊简介、本刊动态、联系我们及官网地址等内容。功能基本涵盖杂志网站和投审稿系统。根据平台互动,将逐步增加服务性功能,以期作者、编辑和编委专家带来更多便捷。“临床放射学杂志微信公众号”欢迎您的关注。

您可以通过以下方式关注“临床放射学杂志微信公众号”:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“临床放射学杂志”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“临床放射学杂志”即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



微信公众号

官方网站