

论 著

探讨不同对比剂注射速率在MSCT直接法下肢静脉成像中的应用价值

冉 雄 周绍权 李 康*

王庆平 卢小军

重庆市人民医院放射科(重庆 401147)

【摘要】目的 探究不同对比剂注射速率在多层螺旋CT(MSCT)直接法下肢静脉成像中应用价值。**方法** 收集我院2018年3月至2019年12月期间收治68例行下肢静脉成像患者相关资料予以回顾性分析,依据患者MSCT直接法下肢静脉成像对比剂以2.5mL/s、3.5mL/s速度匀速以及先3mL/s后2.5mL/s变速注入分别作为甲组、乙组以及丙组(n=23, 22, 23)。比较三组患者静脉横断面CT值,下肢静脉血管病变支数,成像质量,对比剂所致不良反应。**结果** 乙组胫前静脉、胫后静脉、腓静脉、腓静脉横断面CT值显著高于甲组与丙组(P<0.05),乙组与丙组腓总静脉、股静脉横断面CT值显著高于甲组(P<0.05);胫前静脉、胫后静脉、腓静脉、腓静脉、腓总静脉、股静脉显示血管支数均为乙组<甲组<丙组(P<0.05);甲组、乙组、丙组患者优良率分别为65.22%、68.18%、95.65%,三组间仅丙组与甲组、乙组之间比较存在统计学意义(P<0.05);甲组、乙组以及丙组患者对比剂所致不良反应发生率比较未见统计学意义(13.04%, 22.73%, 21.71%; P>0.05)。**结论** MSCT直接法下肢静脉成像对比剂采用先3mL/s后2.5mL/s变速注射方式可为保证血管成像质量提供良好的临床应用价值。

【关键词】 对比剂;注射速率;MSCT;直接法;下肢静脉成像;应用价值

【中图分类号】 R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 重庆市人民医院医学科技创新基金项目(Y2017MSXM20)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.12.062

Application Value of Different Contrast Agent Injection Rates in Lower Extremity Vein Direct Imaging by MSCT

RAN Xiong, ZHOU Shao-quan, LI Kang*, WANG Qing-ping, LU Xiao-jun.

Department of Radiology, Chongqing People's Hospital, Chongqing 401147, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of different contrast agent injection rates in lower extremity vein direct imaging by multi-slice spiral CT (MSCT). **Methods** Relevant data of 68 patients who received lower extremity vein imaging in the hospital during the period from March 2018 to December 2019 were analyzed retrospectively. According to the contrast agent injection rate, the patients were divided into group A (n=23, injecting at 2.5mL/s), group B (n=22, injecting at a constant speed of 3.5mL/s) and group C (n=23, injecting at 3mL/s firstly and then 2.5mL/s). Cross-section CT values, the number of lower extremity venous vascular lesions, imaging quality and adverse reactions caused by contrast agents were compared among the 3 groups. **Results** The cross-section CT values of anterior tibial vein, posterior tibial vein, peroneal vein and popliteal vein in group B were significantly higher than those in group A and group C (P<0.05). Besides, cross-section CT values of common iliac vein and femoral vein in group B and group C were significantly higher than those in group A (P<0.05). Numbers of displayed anterior tibial veins, posterior tibial veins, peroneal veins, popliteal veins, common iliac veins and femoral veins were the smallest in group B, followed by group A, and were the largest in group C (P<0.05). The excellent and good rates in group A, group B and group C were 65.22%, 68.18% and 95.65%, respectively. There were statistically significant differences only between group C and group A, group B (P<0.05). There was no statistically significant difference in the incidence of adverse reactions caused by contrast agents among the 3 groups (13.04%, 22.73%, 21.71%, P>0.05). **Conclusion** In lower extremity vein direct imaging by MSCT, injecting the contrast agent at a rate of 3 mL/s firstly and then 2.5mL/s is conducive to angiography quality.

Keywords: Contrast Agents; Different Injection Rates; MSCT; Direct Method; Lower Extremity Vein Imaging; Application Value

近年来,下肢静脉疾病发病率逐渐增加,提高下肢静脉疾病诊断准确率十分重要,而随着CT技术的不断发展^[1],MSCT下肢静脉成像成为常用的下肢静脉病变微创检查方式,其中直接法下肢静脉CT造影(direct computed tomography venography, CTV)通过下肢静脉将对对比剂注入,由于其安全、微创等优势,在下肢静脉疾病诊断中应用越来越多^[2]。下肢静脉扫描成像质量与后期病情诊治关系密切,而清晰优良的图像是影像科医师进行诊断的基础^[3]。相关研究显示,扫描参数、扫描方式、对比剂浓度以及对对比剂注射速率等均会影响静脉成像质量,同时高速率对比剂注射甚至会导致患者出现不良反应^[4]。因此,为明确对比剂注射速率对MSCT直接法下肢静脉成像检查成像质量以及患者检查安全性影响,本研究对我院收治MSCT直接法下肢静脉成像检查时应用不同速率进行对比剂注入患者资料进行分析总结,以期为后续扫描技术方案的改良提供进一步参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院2018年3月至2019年12月期间临床疑诊68例行下肢静脉成像患者相关资料予以回顾性分析。

纳入标准:疑似下肢出现狭窄或者血栓者;存在下肢肿胀、疼痛、麻木等相关症状;血常规检查符合CT增强检查适应症者;影像资料完整者。**排除标准:**存在MSCT检查禁忌证者;肾功能不全者;对比剂过敏者;处于妊娠期或者哺乳期患者;资料不全者。依据对比剂不同注射总速率以2.5mL/s、3.5mL/s速度匀速以及先3mL/s后2.5mL/s变速注入对比剂患者分别作为甲组、乙组以及丙组(n=23, 22, 23)。甲组患者中男13例,女10例;年龄22~76岁,平均(51.64±22.99)岁;体重指数21.67~33.86kg/m²,平均(27.65±6.22)kg/m²。乙组患者中男10例,女12例;年龄25~79岁,平均(52.99±23.91)岁;体质量指数22.81~33.90kg/m²,平均(27.99±5.32)kg/m²。甲组患者中男9例,女14例;年龄20~81岁,平均(56.29±24.67)岁;体质量指数22.18~34.69kg/m²,平均(28.71±6.78)kg/m²。三组患者一般资料比较无统计学意义(P>0.05)。

1.2 方法 使用Philips Brilliance 128层螺旋CT机,检查体位为仰卧位以及足先进方式进行。采用非离子对比剂碘帕醇注射液(浓度约为370mgI/mL)作为下肢静脉成像检查对比剂,对比剂与生理盐水以1:4体积比进行混合,总量约为250mL。足背静脉穿刺。采用高压注射器,双筒双流模式,分别经双足背静脉注入混合液。甲组患者需要以总速率2.5m/s(单侧1.25mL/s)匀速注入对比剂,乙组患者则以总速率3.5m/s(单侧1.75mL/s)速度匀速注入,丙组患者则先以总速率3m/s(单侧1.5mL/s)速度先注入100mL对比剂,剩余150mL则以总速率2.5mL/s(单侧1.25mL/s)速度注入。三组患者在对对比剂注入完成后

【第一作者】 冉 雄,男,主治医师,主要研究方向:外周血管影像成像及综合介入诊疗。E-mail: mitaocha718@163.com

【通讯作者】 李 康,男,主任医师,主要研究方向:中枢神经系统及外周血管影像诊断。E-mail: likangdoctor@126.com

再注射30mL生理盐水进行水化。本研究采用阈值触发扫描，监测线置于下腔静脉处，待CT阈值约为150HU启动扫描。方向为由足到头，范围为足踝到腰3椎体。相关扫描参数为：管电压120kV，自动管电流，扫描矩阵为512×512，软组织或标准算法重建，层厚约为5mm，重建层厚1mm，层间距0.625mm，螺距为0.6。

1.3 图像后处理及观察指标 原始数据传至Philips EBW 4.2工作站，通过MPR、MIP及VR方法进行重建。统计并比较三组患者静脉横断面CT值、血管病变支数、成像质量及对比剂应用所致不良反应。

1.4 评价标准 成像质量^[5-6]：依据静脉血管显示情况分析图像质量，优为患者血管情况清楚显示，对比剂均匀无明显分层，未见明显血流伪影，可为影像学诊断提供有效依据；良为患者血管显示尚可，对比剂充盈不均匀且部分有分层情况出现，存在轻微血流伪影，可以满足患者病情诊断要求；中为患者血管细节清楚不佳，对比剂充盈情况不佳或者未发现对比剂充盈，存在明显血流伪影，难以完成患者病情诊断；差为患者血管显示较差，对比剂充盈情况不佳或者未发现对比剂充盈，不能完成患者病情诊断。对比剂所致不良反应^[7]：依据Ansell分级方式将患者不良反应分为三级，其中局部风疹、热感、呕吐、头痛、发痒、喷嚏、头

晕、心悸为轻度不良反应；呼吸困难、严重呕吐、胸闷、血压轻微下降、全身荨麻疹为中度不良反应；休克、呼吸、循环系统障碍、咽喉水肿、心脏博停为重度不良反应。

1.5 统计学方法 本研究中数据通过SPSS 20.0软件进行处理，CT值为计量资料，比较应用单因素方差分析，两两比较采用SNK法，表示为($\bar{x} \pm s$)，成像质量以及对对比剂所致不良反应为计数资料以例(%)表示，采用 χ^2 检验进行差异比较， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者静脉横断面CT值比较 乙组胫前静脉、胫后静脉、腓静脉、腓静脉横断面CT值显著高于甲组与丙组($P<0.05$)，甲组与丙组上述静脉横断面CT值差异比较无统计学意义($P>0.05$)，乙组与丙组腓总静脉、股静脉横断面CT值显著高于甲组($P<0.05$)，而乙组与丙组差异比较无有统计学意义($P>0.05$)，见表1。

2.2 三组患者下肢静脉血管支数比较 胫前静脉、胫后静脉、腓静脉、腓静脉、腓总静脉、股静脉显示病变血管支数分别为乙组<甲组<丙组，各组差异比较有统计学意义($P<0.05$)，见表2。

表1 三组患者静脉横断面CT值比较

组别	例数	胫前静脉	胫后静脉	腓静脉	腓静脉	股静脉	腓总静脉
甲组	23	296.53±64.33	286.51±50.33	284.52±40.67	281.67±71.22	270.34±62.53	258.57±52.88
乙组	22	421.27±71.52 ^a	396.27±62.18 ^a	374.53±67.29 ^a	362.85±51.23 ^a	331.62±56.13 ^a	308.77±53.52 ^a
丙组	23	308.33±52.33 ^b	298.32±61.52 ^b	290.25±50.62 ^b	286.33±78.27 ^b	316.53±56.72 ^a	306.87±82.64 ^a
F值		32.526	37.643	52.687	19.518	42.663	26.286
P值		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：与甲组比较，^a $P<0.05$ ；与乙组比较，^b $P<0.05$ 。

表2 三组患者下肢静脉血管支数比较

组别	例数	胫前静脉	胫后静脉	腓静脉	腓静脉	股静脉	腓总静脉
甲组	23	10	8	11	12	6	4
乙组	22	5 ^a	3 ^a	2 ^a	6 ^a	4 ^a	5 ^a
丙组	23	16 ^{ab}	14 ^{ab}	19 ^{ab}	18 ^{ab}	16 ^{ab}	13 ^{ab}
χ^2 值		11.852	11.421	25.291	12.554	13.263	9.941
P值		0.003	0.003	0.000	0.002	0.001	0.009

注：与甲组比较，^a $P<0.05$ ；与乙组比较，^b $P<0.05$ 。

2.3 三组患者成像质量比较 甲组、乙组、丙组患者优良率分别为65.22%、68.18%、95.65%，三组间仅丙组与甲组、乙组之间比较存在统计学意义($P<0.05$)，见表3。

2.4 三组患者对比剂应用所致不良反应比较 甲组、乙组以及丙组患者对比剂所致不良反应发生率比较未见统计学意义(13.04%，22.73%，21.71%； $P<0.05$)，见表4。

2.5 典型病例分析 图1为甲组某位60岁男性患者，右下肢静脉曲张1年。图a为冠状位小腿段静脉显影良好，表浅静脉扩张迂曲。图b对比剂到达双侧腓外静脉，显影较为浅淡，对比剂混合不均与血栓充盈缺损难以鉴别。图c双侧腓总静脉与下腔静脉显影浅淡。

表3 三组患者成像质量比较[例(%)]

组别	例数	优	良	中	差	优良率
甲组	23	5	10	6	2	15(65.22)
乙组	22	9	6	4	1	15(68.18)
丙组	23	18	4	1	0	22(95.65) ^{ab}
χ^2 值						7.163
P值						0.028

注：与甲组比较，^a $P<0.05$ ；与乙组比较，^b $P<0.05$ 。

表4 三组患者对比剂应用所致不良反应比较[例(%)]

组别	例数	轻度	中度	重度	发生率
甲组	23	2(21.74)	1(4.35)	0	3(13.04)
乙组	22	3(31.82)	2(9.09)	0	5(22.73)
丙组	23	4(26.09)	1(4.35)	0	5(21.71)
χ^2 值					0.843
P值					0.658

3 讨论

下肢静脉CT成像常规主要采用间接法和直接法进行CT造影成像。间接法成像是经肘静脉注射对比剂，先行肺动脉CT扫描，再行下肢静脉CTV扫描。虽然一次扫描可完成肺动脉及下肢静脉成像，但无疑加大患者对比剂用量、增加过敏风险，且因包含两个部位成像，无形之中加大患者辐射剂量及经济负担，因此目前临床应用倾向于直接法成像扫描。CT直接法下肢静脉成像对比剂直接流经小腿及大腿段静脉，且对动静脉影响小，可以直观、立体、大范围显示下肢静脉情况，较符合目前“精准医学”要求^[8]。且MSCT下肢静脉成像应用多平面重组(MPR)以及最大密度投影(MIP)可以

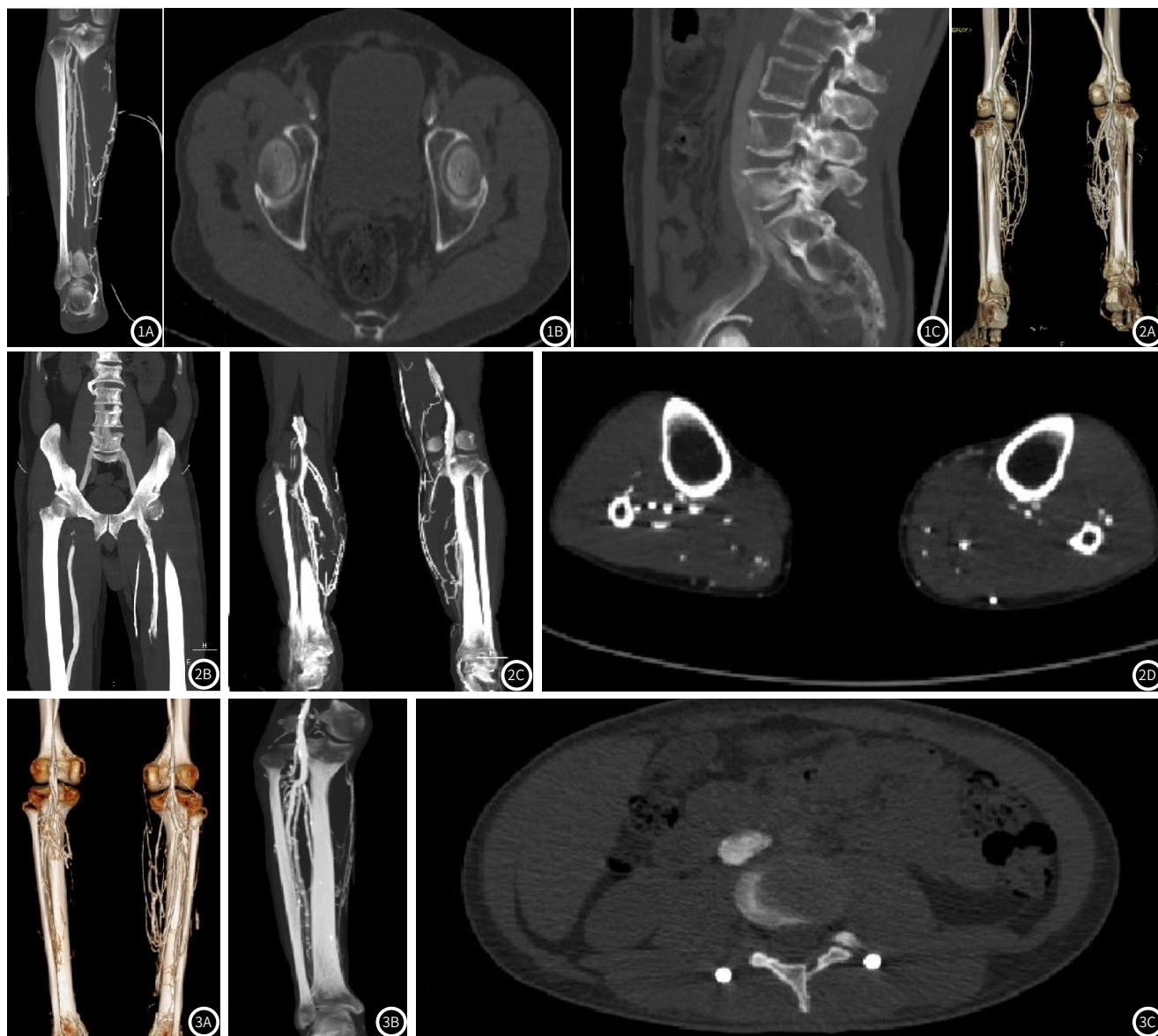


图1 甲组某位患者CT检查影像图。**图2** 乙组某位患者CT检查影像图，为乙组某位73岁男性患者，左下肢肿胀疼痛20余天。图2A：下肢静脉VR成像，下腔静脉至双侧小腿静脉显示清晰；图2B：下腔静脉、右股骨静脉MIP成像良好，左股骨静脉对比剂混合不均，可见层流现象；图2C：双小腿静脉曲张，右小腿静脉对比剂浓度较高，调整窗宽窗位均无法满意显示管腔情况，图2D：轴位示小腿段静脉较多放射状硬化伪影。**图3** 丙组某位患者CT检查影像图，丙组某位22岁男性患者，车祸伤致右髌臼、耻骨下支骨折。图3A：下腔静脉至小腿静脉VR成像，双侧小腿静脉至下腔静脉显示清晰；图3B：为下腔静脉至小腿静脉MIP成像，小腿静脉至下腔静脉显影良好，管腔局部对比剂稍显浓聚，观察效果良好；图3C：示在保证小腿段静脉显影良好情况下，近侧下腔静脉对比剂亦充盈良好。

有效显示下肢静脉血管梗阻部位、血栓形态以及侧支情况，有效应对对比剂充盈状态下下肢静脉解剖情况^[9-10]。虽然下肢静脉诊断金标准为静脉DSA造影，但由于创伤性、辐射剂量较大等原因，可以通过CT直接法下肢静脉成像，部分替代DSA检查，同时可以克服超声难以诊断深静脉以及对检查者依赖性较高缺点^[11]。

由于下肢静脉扫描范围较长，自胫腓静脉到股静脉、髂静脉汇入下腔静脉过程中，较多细小静脉分支汇合到大静脉主干，经过不含对比剂静脉血流稀释，致该处管腔对比剂与血液密度混合不均，造成血栓形成的假象^[12]。因此如何让管腔中保持较高浓度且又混合均匀的对比剂充盈，成为了下肢静脉CT成像技术的一大难题。以往研究中对对比剂主要采用匀速注射方式注入，待患者血管内部对比剂达至一定浓度后迅速进行扫描，以达到诊断目的^[13]。但实际临床应用中，胫腓静脉与股静脉、髂静脉管径不同、血流速度不同、微小静脉分支数量的差异，导致近远段静脉成像总是难以达到比较平衡的效果。本研究中考虑到上述不同血管本身存在的差异性，选择三种不同速率进行对比剂注入，结果显示乙组胫前静脉、胫后静脉、腓静脉、腓静脉横断面CT值显著高于甲组与丙组，乙组与丙组髂总静脉、股静脉横断面CT值显著高于

甲组；丙组下肢各静脉横断面CT值较甲组与乙组稳定，甲组以总速率2.5mL/s注入对比剂，扫描过程中对比剂稳定血药浓度持续时间长，远侧小腿段静脉成像质量可，但是导致其在髂静脉、下腔静脉大血管内部最大血药浓度偏低，测出CT值结果较低，部分成像效果较差；乙组以总速率3.5mL/s匀速注入，对比剂进入血管浓度较高，部分血管边缘甚至出现硬化伪影，成像质量欠佳；最后丙组患者以先总速率3mL/s后总速率2.5mL/s变速注入，3mL/s注入速度可以保证股静脉上段、髂静脉等较大血管扫描时对比剂处于高浓度，随后以2.5mL/s速度注入，不仅可以有效延长注入时间，保证对比剂达至下腔静脉时依然保持高浓度，且保证了小腿静脉的成像质量，避免了因注射速率较快，注射速率与本身小腿血流速度差异较大，从而导致对比剂“淤积”，甚至出现“边流现象”。本研究其后对下肢静脉血管显示支数结果同样证实，丙组对下肢静脉近段与远段血管支数显示均较高，而乙组对近段血管显示情况较远段好，甲组对下肢静脉近段血管显示欠佳。在传统MSCT下肢静脉血管成像中，

(下转第 170 页)

积,骨髓、周围皮质分别呈高信号、低信号,但各序列表现与正常骨质并无明显差异。假瘤作为THA术后并发症之一,主要以血管周围淋巴细胞聚集及金属颗粒沉积为典型特征,与慢性炎症不同的是,假瘤是金属碎屑引起的局部不良组织反应,可伴广泛表面组织坏死^[13-14]。本研究中CT可见假体内存磨痕,有移位现象,但无明显松动,假体周围有类圆形的软组织影;MRI则可见假体周围有类圆形光滑囊实性软组织肿块,T₂呈高混杂信号影,STIR也呈高混杂信号影。另THA术后假体周围骨折则相对少见,主要与外伤、应力等因素有关,研究报道,受骨量缺失影响,较初次接受关节置换术的患者,翻修术患者具更高的骨折风险^[14-15];本研究显示假体周围骨折在CT上表现为假体周围骨皮质不连,骨折断端可见轻微移位;而MRI则骨皮质断裂处有点状信号影,周围伴骨膜增厚,STIR呈高信号影,周围软组织广泛水肿。由此也可见,无论在CT、或是MRI影像上,异位骨化、假瘤、假体周围骨折均有一定典型影像特征,但因本研究样本量较小,考虑可能存在较大的统计学计算误差,因此未使用ROC曲线分析CT、MRI对异位骨化、假瘤、假体周围骨折等并发症的诊断价值,拟在下阶段采集大样本量后进一步探究。

综上所述,CT、MRI在诊断THA术后并发症上均有一定优势,两种影像学手段对骨溶解的诊断效能对无显著差异,但MRI诊断髋关节置换术后无菌性松动、感染的效能更佳,值得临床重视。

参考文献

- [1] 陈立新,何晓铭,龚水帝,等.基于文献计量学和可视化技术分析髋关节置换术治疗股骨头骨折的全球研究现状及趋势[J].中国老年学杂志,2019,39(11):2673-2677.

(上接第167页)

常采用总速率4~5mL/s进行注射,由于流体不同相邻层面因为流速差异而出现相对滑动,二者不能有效混合而出现“层流现象”,而层流又会致使对比剂在血管内部出现“边流现象”,影响显影效果^[14]。且由于流速较快,增加了静脉血栓脱落的风险。Zhao等^[15]研究显示对比剂高流速注入不能在静脉血管混合均匀,导致血液与对比剂滑动而诱发“层流现象”。研究显示静脉血管内部血流速度与对比剂注射速度之间差值越小,层流出现几率越低,扫描后图像质量越佳^[16]。易文芳^[17]采用超低浓度、大剂量、低流速持续(总速率为3mL/s)注射方式进行扫描,使血管管腔对比剂维持时间延长,有效降低伪影干扰。本研究中将丙组小腿段静脉注射总速率控制在2.5mL/s,得到的扫描图像质量明显优于甲组与乙组(95.65% vs 65.22%、68.18%),分析认为丙组两种速度联合在近段与远段静脉血管对比剂浓度可以在扫描范围内保持稳定,有效减少对比剂浓度与血流流速所致“层流现象”,提高图像质量。

对比剂注射不良反应与其注射速率关系密切,高速率注射会因为对比剂在血管内浓度显著增加、黏度上升而出现不良反应^[18],并增加血栓脱落风险。本研究中三组患者对比剂所致不良反应发生率比较无统计学意义(13.04%,22.73%,21.71%),无一病例出现血栓脱落,我们认为检查前详细了解患者过敏史,扫描结束后再注入生理盐水进行水化,严密监测患者反映,同时叮嘱患者多喝水,有效降低患者血液中对对比剂浓度,在一定程度上降低了患者不良反应发生。

综上所述,MSCT直接法下肢静脉成像中采用总速率先3mL/s后2.5mL/s进行对比剂注射可以保证对比剂处于稳定高浓度且混合较均匀状态,下肢静脉显像质量优良。但是本研究中亦存在不足之处:(1)各组纳入研究对象数量较少,可能会影响研究结论准确性,后期需要增加样本量进一步证实研究结果。(2)此次研究仅进行了不同注射速率对成像质量的影响,尚未将对对比剂浓度纳入影响因素,理论上讲,两者在下肢CT静脉成像中影响比重较大,在未来的研究中,应继续改良技术方案,以得到更好的质量成果。

参考文献

- [1] Youn Y J, Lee J. Chronic venous insufficiency and varicose veins of the lower extremities[J]. Korean J Intern Med, 2019, 34(2): 269-283.

- [2] 何斌,章森锋,沈跃,等.人工髋关节置换术后初次翻修的原因分析及翻修术疗效评估[J].中华骨科杂志,2019,39(15):909-917.
- [3] 纪保超,李国庆,张晓岗,等.保留部分假体的二期翻修术治疗全髋关节置换术后慢性感染[J].中华骨科杂志,2019,39(15):918-925.
- [4] 梁鹏,牛舜.人工关节置换术后假体无菌性松动的早期诊断[J].中华关节外科杂志(电子版),2019,13(1):99-104.
- [5] 金毅,高炎,郑稼,等.全髋关节置换术后并发症的磁共振成像评估[J].中华骨与关节外科杂志,2019,12(10):777-781.
- [6] 王学光,于涛.骨三相显像对人工关节置换术后假体无菌性松动的诊断价值[J].中国实验诊断学,2018,22(1):82-83.
- [7] 王晨彬,刘勇,李燕,等.骨显像对关节置换术后假体无菌性松动与假体周围感染的诊断价值[J].医学影像学杂志,2019,29(5):836-839.
- [8] 王荣强,杨柳. SPECT/CT与X线对髋关节置换术后假体周围骨质溶解的诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(4):142-144,150.
- [9] 赵建宁.全髋关节置换术后骨溶解的基础探索与临床诊治[J].医学研究生学报,2018,31(4):337-343.
- [10] 李占银,阿尖措,苏桂芳. SPECT/CT结合三相骨显像诊断假体周围感染的价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(12):139-142.
- [11] 孙彬.人工关节置换术后假体周围感染诊断的研究进展[J].中国微创外科杂志,2019,19(5):439-444.
- [12] 牟薪现,常晓升,赵德伟.全髋关节置换后异位骨化的成因及影像诊断[J].中国组织工程研究,2019,23(16):2538-2544.
- [13] 王彬,张伟.人工全髋关节置换术后巨大假瘤形成与假体翻修1例报告[J].中国实验诊断学,2018,22(2):372-374.
- [14] 刘创建,董巍,陈胜乐,等.人工髋关节置换术后假体周围骨折的发生率及影响因素分析[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2020,15(5):591-593,619.
- [15] 余毅欣,彭伟清,杨宇凌,等.X线、CT及MRI在髋关节置换术后并发症临床诊断中的价值对比[J].影像研究与医学应用,2021,5(1):57-58.

(收稿日期:2020-07-22)

(校对编辑:姚丽娜)

- [2] 赵飞,刘怡,董健.低剂量间接法CT静脉成像在下肢静脉曲张中的价值研究[J].中国临床医学影像杂志,2018,29(3):182-185.
- [3] 王俊鹏,陈佳杰,孙琳,等.未加压直接法对下肢静脉CT成像的临床研究[J].实用放射学杂志,2019,35(5):819-821.
- [4] 黄瑞岁,丁可,尹华,等.门脉期能谱CT技术对提高肝硬化门静脉成像质量的研究[J].中国临床医学影像杂志,2017,28(5):341-344.
- [5] 张传臣,张兆琪,赵铁柯,等.320排螺旋CT直接法下腔静脉成像[J].中国医学影像技术,2012,28(1):117-120.
- [6] Baskaran S, Jean W K, Jadranka S, et al. Thoracic central venous evaluation: Comparison of first-pass direct versus delayed-phase indirect multi-detector CT venography[J]. Clin Imaging, 2015, 39(3): 412-416.
- [7] Kodzwa R. Updates to the ACR Manual on Contrast Media[J]. Radiol Technol, 2017, 89(2): 186-189.
- [8] 刘洋,王晶莹,刘纯岩,等.多层螺旋CT静脉成像在血液回流障碍性下肢静脉疾病的应用价值[J].中国实验诊断学,2018,22(8):1414-1416.
- [9] 周星帆,周文珍,王利伟,等.CT静脉造影显示下肢深静脉血栓分布的临床价值[J].介入放射学杂志,2019,28(12):1140-1143.
- [10] Youn Y J, Lee J. Chronic venous insufficiency and varicose veins of the lower extremities[J]. Korean J Intern Med, 2019, 34(2): 269-283.
- [11] 李剑,宦怡,石明国,等.直接法下肢静脉双低剂量CT成像可行性研究[J].实用放射学杂志,2020,36(5):735-739.
- [12] Kim R, Lee W, Park E A, et al. Anatomic variations of lower extremity venous system in varicose vein patients: Demonstration by three-dimensional CT venography[J]. Acta Radiol, 2017, 58(5): 542-549.
- [13] 郭睿,李婷,梁友发,等.基于体质指数个性化注射对比剂冠脉CT血管成像的研究[J].重庆医科大学学报,2019,44(10):1308-1312.
- [14] Shimonaga K, Matsushige T, Sakamoto S, et al. Blood Flow Pattern Analysis for Carotid Plaque Evaluation[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2020, 29(2): 104539-104543.
- [15] Zhao W, Cheng R, Jenkins B D, et al. Label-free ferrohydrodynamic cell separation of circulating tumor cells[J]. Lab Chip, 2017, 17(18): 3097-3111.
- [16] 吕蓉,韩宇欣,李娜,等.CT图像噪声与辐射剂量及对比剂浓度的相关性研究[J].临床放射学杂志,2019,38(6):1128-1131.
- [17] 易文芳,武志峰,鄂林宁,等.双源CT直接法下肢静脉成像对深静脉血栓的诊断价值[J].中国临床医学影像杂志,2015,26(7):518-522.
- [18] 曹建勋,姚国立,张康燕,等.2018例CT检查非离子型碘对比剂不良反应分析[J].中国医学影像学杂志,2017,25(11):876-880.

(收稿日期:2020-06-12)

(校对编辑:姚丽娜)