

论 著

不同浓度和推注速度碘对比剂在肝脏CT增强扫描中的应用*

盛曼悦 许传斌* 王汉卿

郑红秋

佳木斯大学附属第一医院医学影像中心
(黑龙江 佳木斯 154003)

【摘要】目的 分析不同浓度和推注速度碘对比剂在肝脏CT增强扫描中的应用。**方法** 回顾性分析佳木斯大学附属第一医院2023年12月至2024年10月行肝脏CT增强扫描的患者的临床资料,根据患者碘对比剂的注射方案,将患者分为A组(370 mgI/mL、2.5 mL/s)、B组(350 mgI/mL、3 mL/s)、C组(370 mgI/mL、3 mL/s),每组167人。比较三组患者的图像质量、CT值及强化值、不良反应发生情况。**结果** C组患者图像主观评分及信噪比高于A、B组,差异具有统计学意义($P<0.05$),C组噪声低于A、B组,差异具有统计学意义($P<0.05$);C组患者静脉期门静脉CT值、静脉期肝实质CT值、静脉期肝静脉CT值均高于A、B组($P<0.05$),三组间平扫肝实质CT值差异无统计学意义($P>0.05$),C组门静脉强化值、肝静脉强化值、肝实质强化值均高于A、B组($P<0.05$);A组发生率为5.39%,B组发生率为4.19%,C组发生率为8.28%,组间差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 较高浓度碘对比剂使用较快的推注速度可能对肝脏显影具有更好的帮助,可能会提高增强扫描的图像质量。

【关键词】 CT增强扫描; 肝脏; 碘对比剂; 浓度; 推注速度; 图像质量

【中图分类号】 R333.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 “3D打印技术融合多学科联动教学模式”在《医学影像学》教学中的研究(GJB1422722)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.031

Application of Iodine Contrast Agent with Different Concentrations and Injection Speeds in Liver CT Enhanced Scan*

SHENG Man-yue, XU Chuan-bin*, WANG Han-qing, ZHENG Hong-qiu.

Medical Imaging Center, The First Affiliated Hospital of Jiamusi University, Jiamusi 154003, Heilongjiang Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application of different concentrations and injection speeds of iodine contrast agent in liver CT enhanced scan. **Methods** The clinical data of patients who received liver CT enhanced scan in the First Affiliated Hospital of Jiamusi University were retrospectively analyzed from December 2023 to October 2024. According to the injection regimens of iodine contrast agent, the patients were divided into group A (370 mgI/mL, 2.5 mL/s), group B (350 mgI/mL, 3 mL/s) and group C (370 mgI/mL, 3 mL/s), with 167 cases in each group. The image quality, CT value, enhancement value and occurrence of adverse reactions were compared among the three groups. **Results** At admission, the image subjective score and signal-to-noise ratio in group C were higher than those in groups A and B ($P<0.05$) while the noise was lower than that in groups A and B ($P<0.05$). The portal vein CT value in venous phase, venous hepatic parenchyma CT value in venous phase and hepatic vein CT value in venous phase in group C at admission were higher than those in groups A and B ($P<0.05$), but there was no statistical significance in the hepatic parenchyma CT value in plain scan among the three groups ($P>0.05$). The portal vein enhancement value, hepatic vein enhancement value and hepatic parenchyma enhancement value in group C were higher than those in groups A and B ($P<0.05$). The incidence of adverse reactions was 5.39% in group A, 4.19% in group B and 8.28% in group C ($P>0.05$). **Conclusion** The faster injection speed of higher concentration iodine contrast agent may be better for liver development, which may improve the image quality of enhanced scan.

Keywords: CT Enhanced Scan; Liver; Iodine Contrast Agent; Concentration; Injection Speed; Image Quality

肝脏增强多层螺旋CT是临床上常见的检查方法,可反映组织特性、病理成份及血流动力学,对于肝脏疾病诊断具有极其重要的价值,正确评估患者的肝功能,有利于医生及早干预,从而改善预后^[1]。肝脏CT增强扫描诊断准确性高度依赖于成像方案,尤其是对比剂注射技术^[2]。随着影像技术的发展,CT灌注检查能准确反映肝硬化进展中的血流灌注情况,判断肝功能受损程度,在肝脏疾病的检查中得到了广泛的应用^[3]。CT增强扫描效果的影响因素包括患者个体因素、对比剂浓度、用量及注射速率、扫描延迟时间等^[4]。随着CT扫描速度的提升,需要增加对比剂浓度或推注速度才能保证血管的强化^[5]。任何对比剂注射方案的核心目标都是确保输送足够的碘含量,以获得最佳的实质强化和血管显影效果。由于实质增强直接取决于注射的碘总量,因此它受对比剂总量的影响,并可根据碘浓度进行调节。对比剂的碘浓度和注射速率的组合可以表示为碘输送速率(IDR)^[6]。大多数研究主张使用高浓度或高推注速度碘对比剂时,血管和实质增强效果更好,但是少数研究提出不同看法,如何组合对比剂的浓度与推注速度优化肝脏检查的图像质量,仍旧需要大量研究去证实。因此本研究对不同浓度和推注速度碘对比剂增强CT扫描后处理技术中的诊断效能进行分析,探讨其对肝脏疾病的评估价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析佳木斯大学附属第一医院2023年12月至2024年10月行肝脏CT增强扫描的501例患者的临床资料。该研究得到了当地伦理委员会的批准,所有患者均知情同意。

纳入标准: 均进行完整上腹部CT增强扫描的患者;年龄18~65岁的患者。排除标准:恶性肿瘤疾病患者;急性肝功能衰竭患者;肾功能不全患者(肌酐清除率低于50 mL/min);碘对比剂使用禁忌症患者;CT检查禁忌症患者;有腹部手术史患者;肝脏大病变(直径>5 cm)、弥漫性肝病如肝硬化(提示性CT表现包括肝脏和脾脏大小形状异常、肝脏外观不均匀、有再生结节和/或门静脉高压的征象)和多发性转移、肝切除术后、严重脂肪肝的患者。

1.2 检查方法 CT检查方法:患者检查前禁食4~6小时,检查前15分钟饮水500mL,补充胃肠道水分。采用Philips Brilliance iCT 256层极速CT扫描仪进行CT扫描,注射部位经一侧前臂肘正中静脉高压注射造影剂,采用造影剂团注追踪技术。患者取平卧位,双手上举至头枕两侧。CT扫描时嘱患者胸式呼吸,腹部加压,扫描范围从膈肌顶端至肝脏下缘。造影剂经正中肘静脉注射,总量均为1.2 mL/kg, A组对比剂浓度370 mgI/mL,推注速度2.5 mL/s; B组浓度为350 mgI/mL,推注速度3 mL/s; C组浓度为370 mgI/mL,推注速度为3 mL/s。注射后用生理盐水冲洗(30 mL 0.9%氯化钠溶液),注射速度与碘对比剂推注速度相同。采用螺旋扫描进行扫描,动脉期触发阈值为感兴趣区(ROI)达

*第一作者 盛曼悦,女,技师,主要研究方向:碘造影剂。E-mail: 13704543742@163.com

通讯作者 许传斌,男,主任医师,主要研究方向:全身大血管疾病CT诊断。E-mail: 86625820@qq.com

到200 HU，静脉期为阈值触发后45 s，延迟期为阈值触发后180 s。参数：电压120 KV，管电流300 mAs，准直128×0.625，螺距0.821，旋转时间0.5 s，FOV 350 mm。

1.3 图像分析 在PACS工作站上进行定量分析。通过轴位图像上的感兴趣区域(ROIs)测量未增强肝实质CT值、肝动脉期(HAP)和门静脉期(PVP)期间肝实质CT值以及PVP期间门静脉CT值。在三个肝脏切片(右前、右后和左侧段)测量肝实质CT值并计算平均值。ROI为圆形，面积固定为0.5 cm²。测量时注意避免血管、边缘、胆管、肠道等的干扰。ROI放置在门静脉主干处，ROI的边缘应尽可能靠近门静脉两侧血管壁边缘。病例由两名放射科医生独立随机评估，两名放射科医生均至少有15年专门从事腹部影像学的经验，且均对临床数据不知情。每个病例都经过独立审查，并由两名放射科医生协商一致确定图像质量等级。

1.4 观察指标 图像质量：包括图像主观评分、噪声和信噪比。图像主观评分分5个等级，图像模糊、噪声极大为1分；血管和周围组织对比度较低、噪声大、肝实质强化均匀度差、图像不清晰为

2分；血管结构较模糊、肝实质强化均匀度一般、噪声一般、图像清晰度一般为3分；血管和周围组织对比度较高、肝实质强化均匀度较好、噪声偏小、图像清晰度较高为4分；血管和周围组织对比度高、肝实质强化均匀度非常好、图像清晰度为5分。

CT值及强化值：门静脉强化值为静脉期门静脉与平扫门静脉CT值差值。肝静脉强化值为静脉期肝静脉与平扫肝静脉CT值差值、肝实质强化值为静脉期肝实质与平扫肝实质CT值差值。

1.5 统计学分析 分类变量用数字和百分比表示，连续变量用均值±标准差表示。两组间差异的显著性采用正态分布连续变量的独立样本t检验，三组间采用单因素方差分析。P<0.05认为有统计学意义。所有统计分析均采用SPSS 26.0统计软件进行。

2 结果

2.1 三组基本资料比较 三组患者组间基本资料差异无统计学意义(P>0.05)，见表1。

表1 三组基本资料比较[例(%)]

| 组别 | 例数 | 年龄(岁) | 体重(kg) | 心率(次/min) | 糖尿病 | 高血压 |
|----|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| A组 | 167 | 48.7±11.7 | 59.8±10.9 | 56.85±9.11 | 36(21.56) | 22(13.17) |
| B组 | 167 | 50.9±12.0 | 61.8±10.4 | 57.61±8.24 | 29(17.37) | 27(16.17) |
| C组 | 167 | 48.2±10.6 | 60.5±10.7 | 55.89±8.64 | 33(19.76) | 24(14.37) |
| F | | 2.629 | 1.511 | 1.650 | 0.939 | 0.609 |
| P | | 0.073 | 0.222 | 0.193 | 0.625 | 0.737 |

2.2 三组图像质量比较 入院时，C组患者图像主观评分及信噪比高于A、B组，差异具有统计学意义(P<0.05)，C组噪声低于A、B组，差异具有统计学意义(P<0.05)，见表2。

2.3 三组CT值及强化值比较 入院时，C组患者静脉期门静脉CT值、静脉期肝实质CT值、静脉期肝静脉CT值均高于A、B组(P<0.05)，三组间平扫肝实质CT值差异无统计学意义(P>0.05)，C组门静脉强化值、肝静脉强化值、肝实质强化值均高于A、B组(P<0.05)，见表3。

表2 三组图像质量比较

| 组别 | 例数 | 图像主观评分(分) | 噪声 | 信噪比 |
|----|-----|-----------|------------|------------|
| A组 | 167 | 3.59±0.14 | 26.90±4.80 | 11.20±1.60 |
| B组 | 167 | 3.85±0.16 | 29.40±3.10 | 13.00±1.90 |
| C组 | 167 | 4.16±0.24 | 24.30±4.20 | 16.40±2.30 |
| F | | 396.869 | 64.788 | 304.855 |
| P | | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

表3 三组CT值及强化值比较(Hu)

| 组别 | 例数 | 静脉期门静脉CT值 | 静脉期肝实质CT值 | 静脉期肝静脉CT值 | 平扫肝实质CT值 | 门静脉强化值 | 肝静脉强化值 | 肝实质强化值 |
|----|-----|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| A组 | 167 | 149.86±16.43 | 103.44±9.22 | 141.70±11.82 | 59.28±6.64 | 46.75±4.28 | 38.26±3.94 | 44.16±5.94 |
| B组 | 167 | 138.62±12.49 | 98.67±8.16 | 136.75±10.66 | 58.57±5.77 | 39.95±3.86 | 38.08±2.86 | 40.10±4.69 |
| C组 | 167 | 157.21±19.29 | 108.52±15.31 | 154.80±12.43 | 59.62±6.10 | 48.69±5.94 | 46.28±5.58 | 48.90±5.38 |
| F | | 55.030 | 31.493 | 106.852 | 1.255 | 154.065 | 200.366 | 112.714 |
| P | | <0.001 | <0.001 | <0.001 | 0.286 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

2.4 三组不良反应发生率比较 A组发生率为5.39%，出现8例呕吐，1例荨麻疹；B组发生率为4.19%，出现5例呕吐，2例皮疹；C组发生率为8.28%，出现11例呕吐，3例荨麻疹，组间差异无统计学意义(P>0.05)。

2.5 典型病例 测量不同浓度碘造影剂在肝脏CT增强扫描中的密度值，男性，50岁，造影剂370 mgI/mL，测量门静脉主干层面平扫，见图1。男性，58岁，造影剂350 mgI/mL，测量门静脉主干层面平扫，见图2。

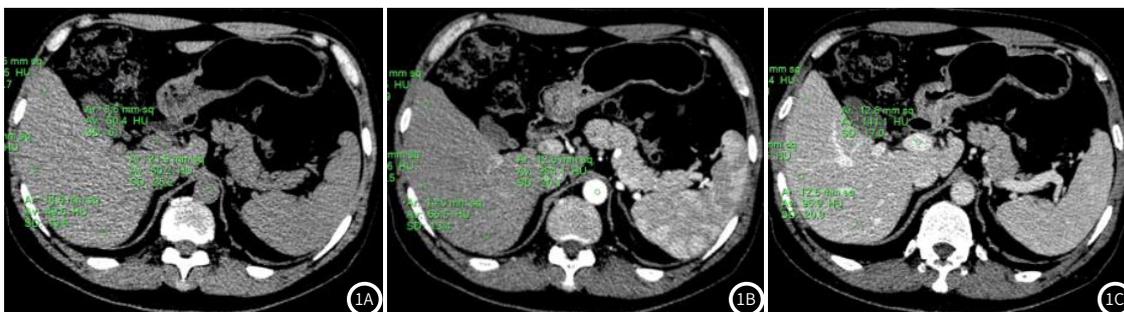


图1A平扫，图1B动脉期，图1C静脉期，肝脏外周三处相同部位密度值，取平均数，并于同层测量门静脉主干平扫及静脉期密度值。

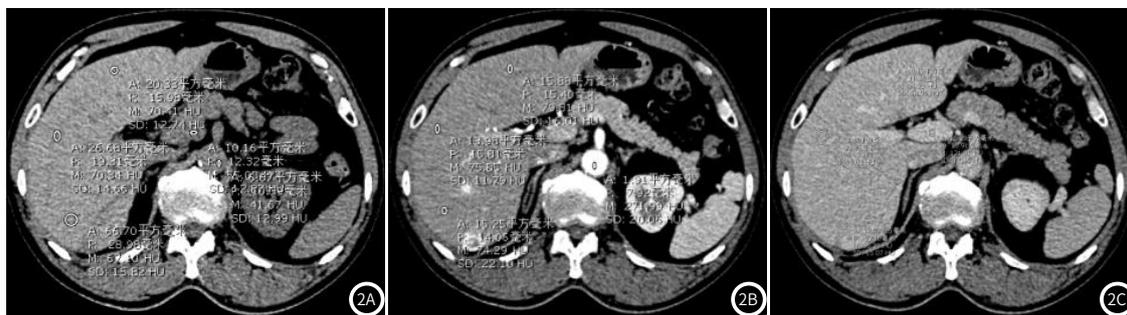


图2A平扫, 图2B动脉期, 图2C静脉期, 肝脏外周三处相同部位密度值, 取平均数, 并于同层测量门静脉主干平扫及静脉期密度值。

3 讨论

肝脏是人体消化器官,也是机体代谢功能器官,提高临床诊断价值是制定有效治疗方案的基础^[7]。肝脏CT增强扫描可以增加病变组织与邻近结构之间的密度差,目前广泛应用于临床研究,尤其是用于血管造影研究^[8],促进了碘对比剂相关研究的发展,在进行肝脏CT检查时,对比剂注射方案应确保在不同的患者和检查中获得相对稳定的血管和实质器官的对比剂增强^[9]。

本研究结果表明,较高浓度的对比剂和推注速度可使肝脏强化得更好,病灶更容易辨认,能够有效增强图像质量。傅佳颖等^[10]研究也指出,运用高浓度、高流速的注射方案能够提高小肝癌病灶的检出率。因为单位时间内高浓度碘对比剂碘含量比低浓度高,提高了碘流率,使得进入循环系统的碘分子数量增多,在相同碘总量下肝实质增强和血管强化增强也可能随之更高,能够得到更清晰、边缘锐利的图像,从而可获得较高的图像质量。

除此之外,肝脏具有独特的双重血液供应,即肝动脉和门静脉,两者分别约占总血液供应的25%和75%^[11]。动脉血和门静脉血在肝窦内混合,然后流入肝静脉系统。在注射对比剂后,在早期HAP期间,肝实质的对比增强完全由肝动脉提供,随后在晚期HAP期间门静脉参与其中,并将成为PVP期间的主要血液供应来源^[12]。在HAP期间,动脉灌注良好的器官(如肝脏局部富血管病变)的对比增强幅度取决于对比剂的注射速度^[13]。当使用固定浓度370 mgI/mL,固定推注速度为3 mL/s的对比剂注射方案时,在给定对比剂剂量下,随着注射速率的增加,动脉强化程度越高,成像的清晰度越高。但是对比剂的注射速度如过高,极容易引发外渗风险,加重心脏负荷。

CT增强扫描使用高压注射器,速率快、压力高,易导致血管破裂与对比剂外渗,特别是在患有糖尿病等血管脆性较大的人群中,因此比较注射方案的安全性也是研究的重点^[14]。较高浓度的对比剂可能导致渗透压升高,加大对肾小管内皮的损伤,会增加对比剂肾毒性等不良反应的风险^[15]。本研究结果显示,三组患者不良反应差异无统计学意义,且仅发生呕吐、皮疹反应,经对症治疗后患者恢复,未发生对比剂肾毒性情况,说明高浓度高速度的注射方案在保证图像质量的前提下具有较高的安全性,因为高浓度能够提高碘流率,从而降低注射液量并缩短注射时长。

综上所述,370 mgI/mL、3 mL/s碘对比剂注射方案能更好显示肝脏血管,可获得较高的肝脏CT增强图像质量,为临床诊断提供参考。本研究存在一定的局限性,心率、血管状况等也是重

要因素,因此今后的研究应采用多元线性回归模型,以评估和预测各种因素对肝脏增强的作用和影响。本研究排除了肝硬化等弥漫性肝病者,肝硬化会影响肝脏的血流动力学,导致动态CT中肝实质的强化程度与正常肝脏不同,且肝硬化患者个体化对比剂注射方案的评估难度加大,因此本研究排除了肝硬化患者。

参考文献

- [1]唐茂文,雷平贵,李方燕,等.基于迭代重建技术及低管电压条件下肝脏CT增强图像特点的研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(2):113-116.
- [2]赵延洁,王秋霞,张进华.基于体表面积的碘对比剂个性化方案在冠状动脉CT血管造影增强效能中的应用[J].暨南大学学报(自然科学与医学版),2024,45(3):283-290.
- [3]黄海波,卢瑜,秦杏清,等.对比剂个性化在肝脏增强CT扫描的初步研究[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(2):102-104.
- [4]冉雄,周绍权,李康,等.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[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(12):165-167,170.
- [5]王绍刚,崔磊,张涛,等.低管电压联合低剂量高浓度对比剂在头颈部CT血管成像中的应用[J].实用放射学杂志,2023,39(4):651-655.
- [6]陈杰,王姗姗,夏迎洪,等.碘对比剂浓度对肝切除术前血管图像质量影响的前瞻性研究[J].中国医疗设备,2022,37(8):151-155.
- [7]张鹏,朱进华,杨彬,等.血清生化标志物结合APRI对实验室诊断肝脏疾病的临床应用价值[J].标记免疫分析与临床,2024,31(7):1287-1291.
- [8]顾军,张丹凤,王同兴.钆塞酸二钠MR增强成像与CT增强成像诊断肝脏局灶性病变的对照研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(12):92-94.
- [9]杨秋月,汪晖,李琴,等.CT增强碘对比剂急性不良反应发生现状及其影响因素[J].护理研究,2023,37(12):2122-2129.
- [10]傅佳颖,高智峰,程梦,等.使用不同浓度及注射速率对比剂行CT多期动态增强扫描对小肝癌检出率的影响[J].浙江临床医学,2021,23(6):885-887.
- [11]胡勤勤,张德川,祝君,等.不同碘浓度对比剂对肝脏CT增强扫描静脉期图像质量的影响[J].局解手术学杂志,2022,31(11):1000-1004.
- [12]邢莉,杜倩影,姜艳丽,等.分段注射对比剂CT增强扫描提高乙型肝炎肝硬化患者肝静脉显影效果研究[J].实用肝脏病杂志,2021,24(6):871-874.
- [13]吴建峰,李林静,方春,等.个体化碘对比剂注射速率方案在肝脏增强CT中提高增强质量一致性的价值[J].中国医师杂志,2022,24(3):456-458.
- [14]孙存娟,阚宏,童敏,等.碘对比剂恒温箱加热对CT增强扫描不良反应、检查舒适度和图像质量的影响[J].川北医学院学报,2022,37(7):943-946.
- [15]王伟,许晓泉,黄新鑫,等.急性缺血性卒中小鼠注射钆对比剂后肾脏钆沉积及肾损伤的实验研究[J].国际医学放射学杂志,2023,46(2):136-140.

(收稿日期:2024-10-29)

(校对编辑:翁佳鸿)