·诊治分析·

个性化碘对比剂注射方案对提高肝脏增强图像质量一致性的价值

何岳敏，姚伟根，刘洁，傅娇姣，谷华丰，严鑫欣

【关键词】 腹部增强 CT；肝脏；碘对比剂；注射速率；个性化；CT 值；ICC
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2024.01.018
【中图分类号】 R816.5 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2024)01-0067-03

使用碘对比剂的腹部增强 CT 是腹部疾病诊断的重要手段，而碘对比剂的剂量、浓度及注射速率均可影响强化效果[1]。既往临床常使用对比剂固定注射速率，但可造成高体质量者对比剂相对总量不足及速率过慢，强化效果不佳，影响诊断，而低体质量者正好相反，可引起对比剂注射相关不良反应发生风险升高[2]。对此，国内外学者提出了个性化碘对比剂注射方案[3-4]，如以全体质量、去脂肪体质量及体表面积计算对比剂用量，但使用效果尚未明确，目前仍缺乏统一的对比剂注射方案。考虑到临床放射科接诊人数多及工作任务重，去脂肪体质量及体表面积计算方式在实际工作中可行性较低，本研究采用全体质量计算的方式为患者提供个性化的碘对比剂注射方案，并与常规固定注射速率的应用效果进行比较，为腹部增强 CT 细化碘对比剂注射方案提供参考，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究为前瞻性单中心随机对照研究，收集 2023 年 6—8 月在余姚市人民医院行腹部增强 CT 检查患者 84 例。纳入标准：（1）因上腹部不适入院检查，CT 平扫未能提供满意的诊断信息；（2）意识清楚、沟通能力良好，能配合检查；（3）签署知情同意书。排除标准：（1）肝硬化等肝脏弥漫性病变；（2）存在肝血管性病变或既往肝脏、脾脏部分切除等导致肝脏血流改变；（3）肝转移瘤排查者；（4）合并心、肾功能不全；（5）碘对比剂过敏。剔除标准：（1）肝脏肿瘤占位直径＞3 cm 或肝脏多发占位，影响 CT 值测量；（2）对比剂注射失败或呼吸伪影导致图像测量失败。84 例受检患者中无剔除病例，采用随机数字表余数分组法将 84 例受检患者分为个性化组与常规组，各 42 例，两组一般资料差异无统计学意义（P ＞ 0.05），见表 1。本研究经余姚市人民医院医学伦理委员会批准。

1.2 检查方法 使用德国西门子 Definition AS 螺旋 CT 行腹部三期增强扫描，受检者仰卧位，足先进，双手举过头顶，扫描范围由膈顶至耻骨联合下缘；管电流采用自动毫安秒技术，管电压 120 kV，机架旋转速度 0.5 s/r，探测器宽度 128 mm×0.6 mm，螺距 0.85，重建层厚 5 mm，FOV 40 cm×40 cm；碘对比剂使用碘佛醇注射液（H20143027，350 mg I/ml，江苏恒瑞医药股份有限公司），使用拜耳双桶高压注射器由肘静脉团注，在膈上 2 cm 胸主动脉位设置触发阈值 100 HU，触发后延迟 7 s 行动脉期扫描，动脉期结束后 30 s 行门静脉期扫描，注入对比剂 100 s 后行延迟期扫描。常规组则采用固定注射速率 3.0 ml/s，个性化组注射速率=单位质量碘注射速率×体质量，并参考吴建峰等[5]提出的腹部增强 CT 单位质量碘注射速率应≥16.3 mg I · s^{-1} · kg^{-1}，计算出 350 mg I/ml 碘对比剂的注射速率公式，即注射速率=0.047 ml · s^{-1} · kg^{-1}× 体质量，两组对比剂浓度均为 350 mg I/ml，单位质量剂量均为 1.3 ml/kg，单位质量碘总量均为 455 mg I/kg。

表 1 两组一般资料比较

组别	例数	男/女	年龄（岁）	体质量（kg）	体质量指数（kg/m²）
个性化组	42	29/13	46.3±6.8	65.21±7.65	23.89±1.95
常规组	42	28/14	46.7±7.1	65.79±8.11	24.03±2.03
$t(\chi^2)$值		（0.055）	0.298	0.337	0.324
P值		＞0.05	＞0.05	＞0.05	＞0.05

作者单位： 315400 浙江省余姚，余姚市人民医院
通信作者： 姚伟根，Email：yyfsk123@qq.com

1.3　图像评估方法　由 2 名放射科主治医师进行阅片（放射科工作年限均≥5 年），分别测量动脉期肝固有动脉、门静脉期门脉左支、门静脉期门脉右支、门静脉期肝左叶、门静脉期肝右叶 CT 值，测量时避开钙化、胆管、局灶性病变等，血管的感兴趣区选择根据血管内径调整为 100 ～ 300 mm^2，测量 3 次取平均值，肝实质测量采用 Couinaud 分段法取 8 个区域测量，面积为 150 ～ 250 mm^2，最终结果取平均值。并分别行图像质量主观评分，使用 5 分法评估[6]，由图像噪声、图像伪影、图像解剖结构细节 3 个方面综合评估，1 ～ 5 分，主观评分≥3 分基本可以满足临床诊断需求，每例受检患者最终 CT 值与主观评分取 2 名医师评估的平均值。

1.4　不良反应评估　速发型主要发生于注射 30 min 内，迟发型常发生于注射后 30 min 至 2 d，主要不良反应有热感、发痒、头痛、恶心及荨麻疹等。

1.5　统计方法　采用 SPSS 24.0 统计软件进行分析，计量资料以均数±标准差表示，采用 t 检验；计数资料采用 χ^2 检验；使用组内相关系数（ICC）评估 2 名放射科主治医师测量的一致性，系数越高一致性越好。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组测量的 CT 值比较　个性化组测量的动脉期肝固有动脉、门静脉期门脉左支、门静脉期门脉右支、门静脉期肝左叶、门静脉期肝右叶 CT 值均高于常规组（均 $P < 0.05$），见表 2，典型病例图片见图 1。

2.2　两组图像质量主观评分　个性化组三期扫描的图像质量主观评分均高于常规组（均 $P < 0.05$），见表 3。

2.3　两组 CT 值与图像质量主观评分的一致性比较　ICC 系数分析显示，两组测量的 CT 值及图像质量主观评分均具有良好一致性，但个性化组 ICC 系数值均高于常规组（均 $P < 0.05$），见表 4。

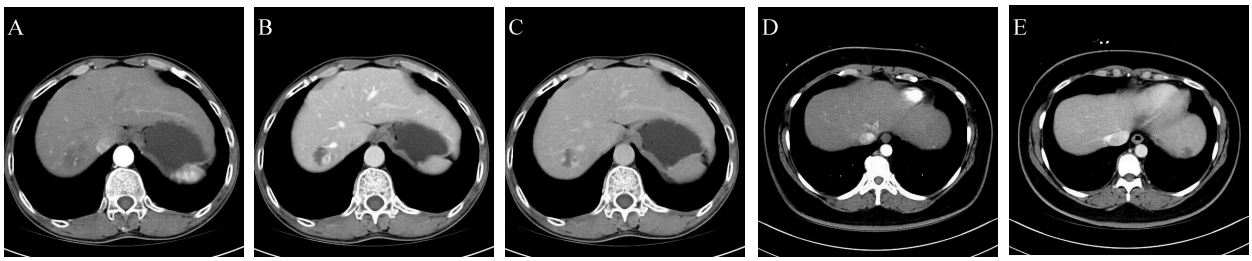
2.4　安全性分析　个性化组有 3 例主诉注射部位出现热感、发痒，常规组 2 例主诉注射部位肿胀、热感，均为轻度不良反应，未予以特殊处理均自行好转。

3　讨论

腹部增强 CT 是明确腹部实质脏器病灶的主要判断工具，肝脏作为具有双重供血系统的腹部实质脏器，肝脏病变可在三期增强扫描中被发现[7]。研究发现，单位时间内进入循环血液中的碘分子数量越多，组织器官及血管强化程度较高，图像质量越好，显示的病变与周围血管关系更清晰，更适合临床诊断[8]。但大剂量、高浓度的碘对比剂也能增加对比剂肾病、对比剂渗漏等不良事件的发生风险，如何在达到临床诊断需求的同时，保证受检者安全，也是临床关注的重点[9]。

表 2　两组测量的 CT 值比较　HU

组别	例数	动脉期肝固有动脉	门静脉期门脉左支	门静脉期门脉右支	门静脉期肝左叶	门静脉期肝右叶
个性化组	42	168.65±12.09	122.49±9.87	123.83±10.29	105.44±9.73	109.82±10.24
常规组	42	147.60±11.44	111.86±10.56	113.51±10.05	96.72±10.24	102.10±9.86
t 值		8.196	4.766	4.650	4.001	3.520
P 值		＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05



注：A ～ C 为个性化组典型肝脏强化图，D ～ E 为常规组典型肝脏强化图

图 1　典型病例肝脏强化图

表 3　两组图像质量主观评分比较　分

组别	例数	动脉期	门静脉期	延迟期
个性化组	42	4.32±0.43	4.21±0.45	4.22±0.46
常规组	42	4.05±0.42	3.98±0.49	3.97±0.48
t 值		2.911	2.241	2.437
P 值		＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05

目前，碘对比剂的注射总量常以体质量计算，由于对比剂在肝脏的分布浓度与细胞外液体积及血浆浓度密切相关，故肝实质碘浓度不同[10]。固定碘对比剂注射速率是最简单也是目前最常用的注射方案，但未根据受检者自身情况调整，无法提供个性化

表4 两组评估的ICC系数(95%*CI*)分析

项目	个性化组	常规组
动脉期肝固有动脉CT值	0.892(0.836～0.940)[a]	0.798(0.755～0.847)
门静脉期门脉左支CT值	0.876(0.822～0.928)[a]	0.779(0.723～0.828)
门静脉期门脉右支CT值	0.870(0.813～0.924)[a]	0.773(0.719～0.820)
门静脉期肝左叶CT值	0.883(0.830～0.934)[a]	0.781(0.729～0.833)
门静脉期肝右叶CT值	0.869(0.811～0.920)[a]	0.789(0.750～0.841)
动脉期主观评分	0.912(0.857～0.968)[a]	0.822(0.781～0.880)
门静脉期主观评分	0.909(0.849～0.960)[a]	0.816(0.773～0.869)
延迟期主观评分	0.899(0.832～0.951)[a]	0.805(0.755～0.861)

注:a表示与常规组ICC系数比较,均$P<0.05$

的注射方案，可导致图像质量不佳或对比剂相关不良反应增加[11]。本研究设定个性化注射方案与常规固定速率注射方案的对比剂浓度及单位质量碘总量一致，个性化方案的注射速率以体质量计算，并参考吴建峰等[5]提出的适宜单位质量碘注射速率计算，不仅能为患者提供更适合的注射速率，也方便放射科计算，可操作性强。本研究结果显示个性化组测量的动脉期肝固有动脉、门静脉期血管及肝实质的CT值均高于常规组。分析其原因为个性化组单位质量碘速率高于常规组单位质量碘速率，即个性化组的单位质量碘速率更快，可增加血管、组织器官与周围组织密度差，使强化峰值增加[12]。另外，本研究中，个性化组三期扫描的图像质量主观评分均高于常规组，提示个性化注射速率能达到更佳的强化效果，提高图像质量。Kan等[13]通过动物实验也发现，基于体质量计算的碘对比剂注射速率可提供更佳的强化效果，得到良好的图像质量。然而，本文为单中心小样本量研究，数据计算也借鉴了文献[5]中的方法，可靠性及代表性有所欠缺，上述结论还需后续大样本量多中心研究加以论证。

此外，图像在观察者间的一致性，是判断图像是否可靠、图像参数是否具有可重复性的关键[14]。本研究结果显示2种注射方案一致性均良好，但个性化组ICC系数值均高于常规组，可能与个性化组的强化效果更好、图片质量更佳，更适合阅片者测量及诊断有关。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] 朱红丽,黄益龙,罗保发,等.增强CT和MRI轮辐征在诊断肝脏局灶性结节增生中的价值[J].临床放射学杂志,2022,41(3):484-488.

[2] 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.

[3] 龚剑英,谢军,喻科,等.基于身体指数测量计算肝脏CT增强扫描个体化碘对比剂方案的研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(10):84-86.

[4] SZCZYKUTOWICZ T P, VIGGIANO B, ROSE S, et al. A metric for quantification of iodine contrast enhancement (Q-ICE) in computed tomography[J]. J Comput Assist Tomogr, 2021, 45(6):870-876.

[5] 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.

[6] 相清玉,王雅妹,王国华,等.基于深度学习重建算法对上腹部CT图像质量的研究[J].中国医学计算机成像杂志,2022,28(2):203-207.

[7] 傅孙亚,陈达巍,张忠伟,等.能谱CT参数在肝硬化食管静脉曲张严重程度评估中的价值[J].现代实用医学,2022,34(4):507-509.

[8] 刘燕娜,莫科,刘成金,等.多层螺旋CT多期增强扫描联合血清AFP,CA199,CA125检测对早期原发性肝癌的诊断价值[J].海南医学,2022,33(11):1443-1446.

[9] 贾晓茜,王怡名,同维,等.LBW指数结合能谱CT在合理降低肝脏增强CT的CM剂量中的应用[J].西安交通大学学报(医学版),2021,42(6):880-884.

[10] LEE S, CHOI Y H, CHO Y J, et al. Noise reduction approach in pediatric abdominal CT combining deep learning and dual-energy technique[J]. Eur Radiol, 2021, 31(4):2218-2226.

[11] 赵林伟,李勇,董国礼,等.基于去脂体质量确定肝脏双能量CT对比剂碘剂量研究[J].实用放射学杂志,2022,38(12):2059-2063.

[12] 谢芹芹,阮志兵,卜碧玉,等.基于肾体积的个体化碘对比剂方案在腹部CT增强中的应用[J].放射学实践,2022,37(10):1273-1277.

[13] KAN J, MILNE M, TYRRELL D, et al. Lean body weight-adjusted intravenous iodinated contrast dose for abdominal CT in dogs reduces interpatient enhancement variability while providing diagnostic quality organ enhancement[J]. Vet Radiol Ultrasound, 2022, 63(6):719-728.

[14] 孙锋,汪香玉,崔恩铭,等.探究膀胱影像报告与数据系统对肌层浸润性膀胱癌的诊断效能及观察者间一致性的研究[J].临床放射学杂志,2021,40(5):1017-1021.

收稿日期:2023-09-10

(本文编辑:陈志翔)