

论 著 · 腹部

对比剂个性化在肝脏CT强化效应可重复性的对比研究*

何 飞 秦杏清 卢 瑜
赵沁萍 张莹丹 石 琴
黄海波*广西医科大学第三附属医院放射科
(广西南宁 530021)

【摘要】目的 与常规方案对照,探索对比剂个性化改善肝脏CT强化效应可重复性的应用价值。方法 292例肝脏三期增强受检者分组以对比剂个性化和对照方案扫描,评价肝脏强化效应可重复性及图像质量等组间差异。结果 研究组与对照组间性别、年龄、体重、心率、图像噪声、辐射剂量未见统计差异($P \geq 0.05$),研究组肝脏强化效应可重复性显著优于对照组($P=0.000$),实际单位体重碘剂量、有效总碘剂量、肝脏增强值研究组显著小于对照组(均 $P=0.000$),门静脉强化值研究组高于对照组($P=0.000$),主动脉强化组间未见显著统计差异(均 $P \geq 0.05$),292例扫描动脉期主动脉强化、动脉期扫描时机、肝门静脉期强化效应图像评价医师间无显著差异(均 $P \geq 0.05$),图像评价医师间高度一致(Kappa值分别为0.861, 0.803, 0.914, 均 $P=0.000$)。结论 对比剂个性化的肝脏强化效应可重复性与图像质量均显著优于对照方案并降低碘总量约16.9%,研究方案具有相对较高的推广价值。

【关键词】对比剂;个性化;肝脏强化效应;可重复性;对比研究

【中图分类号】R333.4

【文献标识码】A

【基金项目】广西卫生健康委员会科研课题(Z-A20241055)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.032

Comparing Study of the Repeatability of Hepatic Parenchyma Enhancement Unit(EU) Using the Protocol of Personalized Contrast Agent with CT Scanning*

HE Fei, QIN Xing-qing, LU Yu, ZHAO Qin-ping, Zhang Ying-dan, SHI Qin, HUANG Hai-bo*.
Department of Radiology, the Third Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of personalized contrast agent in improving the repeatability of hepatic-parenchyma enhancement unit in CT scanning, as compared to the routine protocol. **Methods** 292 patients with three-phase contrast-enhanced liver scans were divided into two groups, of these, 192 were scanned using a personalized contrast agent study protocol, while 100 underwent the routine protocol. The analysis focus on differences of repeatability of enhancement unit and image quality between the two groups. **Results** A total of 292 subjects were enrolled, with 192 assigned to the study group and 100 to the control. No significant differences in sex, age, body weight, heart rate, image noise, and radiation dose between the two groups($P \geq 0.05$). The repeatability of hepatic-parenchyma enhancement unit in the study group was significantly superior to that in the control group($P=0.000$). Additionally the actual iodine dose per unit body weight, effective total iodine dose, and hepatic-parenchyma enhancement unit were significantly lower in the study group compared to the control(all $P=0.000$). Moreover, the portal vein enhancement value in the study group was higher than that in the control($P=0.000$). There were no significant differences in aortic enhancement between the groups (all $P \geq 0.05$). Inter-physician evaluations for aortic enhancement, scanning timing, and liver enhancement effect showed no significant differences(all $P \geq 0.05$). The image evaluations by two physicians were highly consistent(Kappa values were 0.861, 0.803, 0.914 respectively, $P=0.000$). **Conclusion** The personalized contrast agent protocol not only achieved excellent repeatability but also produced higher-quality image in liver, resulting in a 16.9% reduction in total iodine content. This technology is easy to operate and holds significant clinical promotion value.

Keywords: Iodine Contrast Medium; Personalized; Hepatic Parenchymal Enhancement Unit; Repeatability; Comparing Study

肝脏增强^[1]指经静脉引入的水溶性碘对比剂到达肝脏结构时,采用CT成像设备扫描并计算机后处理,以获得肝血管、实质对比剂分布的技术,可以为组织识别、疾病定性定量或分析血流动力学、肿瘤分期、手术计划等提供依据。多期相增强CT扫描为县市级以上医院常规开展的肝病研究、诊断与鉴别诊断^[2-4]的重要手段,但是,各级医院、不同医技师对增强扫描的对比剂方案目前尚未取得广泛共识,结果造成患者之间、患者不同时间或不同单位扫描的图像可重复性或可比性难于保证,图像质量参差不一,势必影响疾病的精准诊断、治疗策略及疗效判定等。本研究拟采用单位体重碘剂量、体重对应碘流率的统一标准^[5-7]融合设计对比剂个性化方案与常规增强扫描对照,以期改善肝脏增强扫描的图像质量及其可重复性。

1 材料与方法

1.1 一般材料 前瞻性募集2022年8月至2022年10月我院放射科成人肝脏受检者,通过筛查后8月与9月受检者作为研究组、10月受检者则进入对照组扫描;入组标准:18岁≤年龄≤80岁,言语理解并配合,图像噪声良好;排除标准:年龄>80岁或<18岁、信息记录不全、图像伪影严重、肾功能不全及其它碘对比剂禁忌。所有受检者均被告知碘剂使用适应症和禁忌症、可能发生的不良反应与注意事项、高危因素筛查等并签署知情同意书,右肘前静脉留置针(22#~18#)、双筒高压注射器,浓度300~370mgI/ml非离子型碘对比剂,该研究经我院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 仪器与方法 64排GE Discovery CT 750HD扫描仪(140/120Kv/100Kv/80Kv四档可选),探测器64 mm×0.625 mm,仰卧头先进体位、双手上举,于食指位置使用指夹式脉搏血氧仪获得扫描前心率,智能管电压与曝光剂量(mAs)、预设噪声12.0hu、团注追踪并跟注盐水30~50mL、监测腹腔干水平主动脉管腔(触发阈值150Hu)、对比剂注射后10秒跟踪扫描,对比剂注射前平扫、三期增强扫描[动脉期、门静脉期、延迟期],范围肝脏上下缘1~2cm;对比剂个性化研究方案:以单位体重碘剂量450mgI/Kg(随管电压调整而变化)、体重对应碘流率为标准参照公式1、公式2分别计算对比剂总量、注射流率(范围控制于2.5~6.0mL/s,体重与碘流率对应关系^[5]见表1),且对比剂总量与注射流率随管电压[即管电压120Kv下降为100Kv或100Kv降低至80Kv,对比剂总量与注射速率减少20~30%]、心率[心率>80bpm提高注射流率10%~20%(90bpm以下提高10%,超过90bpm增加

【第一作者】何 飞,男,主管技师,主要研究方向:CT扫描技术。E-mail: 429386496@qq.com

【通讯作者】黄海波,男,主任医师,主要研究方向:医学影像诊断。E-mail: jackie000528@163.com

20%，但不能超过6.0mL/s)]而改变(管电压应用参照指南^[7]推荐设置见表2)；到达阈值延迟10~13s扫描动脉期、门静脉期扫描为注射开始后55秒至65秒、延迟期为180秒；对照方案：参考体重计算对比剂总量即1.5mL/Kg@300mgI/mL、1.4mL/Kg@320mgI/mL、

1.2mL/Kg@350mgI/mL，智能管电压(但不影响对比剂总量计算)，固定注射流率3ml/s，到达阈值并延迟9s扫描动脉期、动脉期结束后28秒和60秒扫描门静脉期、延迟期。

表1 体重对应碘流率关系表

体重与碘流率关系					
体重	≤50	60	70	80	>80
碘流率	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2

注：表格内体重单位为：Kg；碘流率单位为：gI/s。

表2 体重与管电压对应关系表

体重与管电压对应关系			
体重	>90	60~90	<60
管电压	120/140	100	80

注：表格内体重单位为：Kg；管电压单位为：KV。

公式1：对比剂总量(mL)=体重×单位体重碘剂量÷对比剂浓度^[5]，其中体重、单位体重碘剂量、对比剂浓度的单位分别为Kg、mgI/Kg、mgI/mL。

公式2：注射流率(mL/s)=体重对应碘流率÷对比剂浓度^[5]，其中体重对应碘流率单位为mgI/s。

1.2.2 图像处理与评价 迭代(ASIR)算法无间隔重建5mm层厚轴位图像导入工作站，窗宽250Hu、窗位40Hu，记录受检者体重、实际单位碘剂量、有效总碘剂量、注射流率、图像噪声及有效辐射剂量等。医师双盲法评价图像，以圆形或椭圆感兴趣区(ROI 100~250mm²)测量平扫及门静脉期轴位肝门或上层左叶内(或外)段、右叶前段、后段三个位置密度均值作为肝实质密度，避开肉眼可见脉管、病灶、钙化或出血等，图像噪声以标准差表示；计算肝门脉期增强值(enhancement unit, EU)为门静脉期与平扫密度差并评估其增强效应^[5]：强化满意50hu≤EU≤70hu，可接受30hu≤EU<50hu，强化过度EU>70hu，强化不足EU<30hu，以强化满意+可接受+强化过度作为满足诊断比例。动脉期时机评价：满意 门静脉中度(主干密度≥130Hu)以上强化、肝静脉未见强化；可接受100hu≤EU<130hu；过早：门静脉未强化或仅轻微强化(主干密度<100Hu)、肝静脉未强化；太晚 门静脉强化、肝静脉已经强化，以强化满意+可接受作为满足诊断计数。测量腹主动脉密度AP并评价血管强化质量^[8]：优秀：密度为300~550hu、无运动伪影，可接受密度为220~299hu、无运动伪影，强化过度：密度为550hu以上、无运动伪影，显影不足：密度为220hu以下、无运动伪影，以优秀+强化可接受+强化过度作

为满足诊断计数。

1.2.3 扫描剂量 记录剂量长度乘积(DLP)，以欧盟委员会标准指南^[9]公式计算有效辐射剂量(ED)=DLP×K，K值=0.015mSv/(mGy·cm)。

1.2.4 统计学 应用SPSS16.0统计分析，计量资料以均数和标准差($\bar{x} \pm s$)及范围表示、计数资料以百分比记录，医师一致性采用Kappa系数检验，评价主动脉强化_{动脉期}、扫描时机_{动脉期}、强化效应_{门静脉期}图像质量及其分布、组间差异，检验门静脉/实质期强化效应可重复性、图像噪声及辐射剂量组间差异性，P<0.05为有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入研究和对照组被试分别为192例和100例，其中研究组男性109例、女性83例/对照组男性65例、女性35例，组间性别比例未见统计学差异($\chi^2=1.849$, P=0.174)；年龄、体重、心率、主动脉强化_{动脉期}、增强扫描三期图像噪声、辐射剂量组间均未见统计学差异(P≥0.05)；实际有效总碘剂量、实际单位体重碘剂量、注射持续时间研究组低于对照组，实际注射碘流率、门静脉CT值_{动脉期}研究组高于对照组，组间均具有显著统计学差异(P=0.000)，详见表3、表4。

2.2 动脉期主动脉强化($\chi^2=13.333$)、动脉期扫描时机(2=11.833)、肝门脉/实质期强化效应($\chi^2=17.667$)评价两医师间无显著差异(P=值分别为0.504、0.608、0.301)，图像评价两医师间高度一致(kappa值分别为0.861、0.803、0.914, 均P=0.000)。

表3 生理参数、三期图像噪声、辐射剂量结果详表

变量/分组	年龄	体重	心率	动脉期噪声	门静脉期噪声	延迟期噪声	辐射剂量
研究组(192例)	58.2±15.0	58.1±11.1	72.4±11.1	8.5±1.2	8.3±1.3	8.1±1.2	10.3±1.6
对照组(100例)	56.8±13.8	57.5±12.2	78.2±9.8	8.0±0.7	7.7±0.8	7.9±1.0	10.5±1.7
t/z	0.739	0.480	0.968	-1.918	1.297	1.739	-1.364
P	0.460	0.631	0.334	0.933	0.876	0.971	0.979

表4 对比剂应用及图像测量结果详表

变量/分组	注射持续时间	实际单位体重碘剂量	实际注射碘流率	实际有效总碘剂量	动脉期主动脉CT值	动脉期门静脉CT值	肝脏EU值
研究组(192例)	19.8±1.7	374.8±52.1	1138.0±130.9	21320.0±3017.7	338.6±47.3	176.2±20.3	53.2±7.0
对照组(100例)	25.2±4.0	451.8±39.1	1020.0±56.3	25650.0±4245.8	356.3±108.2	139.1±45.6	66.8±19.3
t/z	-12.200	-9.524	8.284	-8.992	-1.331	6.259	-8.673
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.184	0.000	0.000

2.3 门静脉期肝实质强化效应评价组间分布具有显著差异($\chi^2=14.230$, P=0.003)，其中研究组强化满意比例高于对照组(P<0.000)，强化过度比例显著低于对照组(P<0.000)，可接受与强化不足、满足诊断比例组间未见显著差异(P≥0.05)；动脉期时机评价组间分布有显著差异($\chi^2=40.271$, P=0.000)，其中研究组评价满意、满足诊断比例高于对照组(P=0.000)，可接受、启动过早比例低于对照组(P=0.000)，时机太晚比例组间未见显著差异

(P=1.000)；主动脉强化动脉期总体分布评价组间无显著统计学意义($\chi^2=3.396$, P=0.335)，详见表5。

2.4 研究组门静脉期肝脏EU值均数(53.2Hu)显著低于对照组(66.8Hu)，研究组门静脉期肝实质强化效应变异系数(13.1%)显著低于对照组(28.8%)，组间均具有显著统计差异(P=0.000)，受检者典型图像见病例1~3。

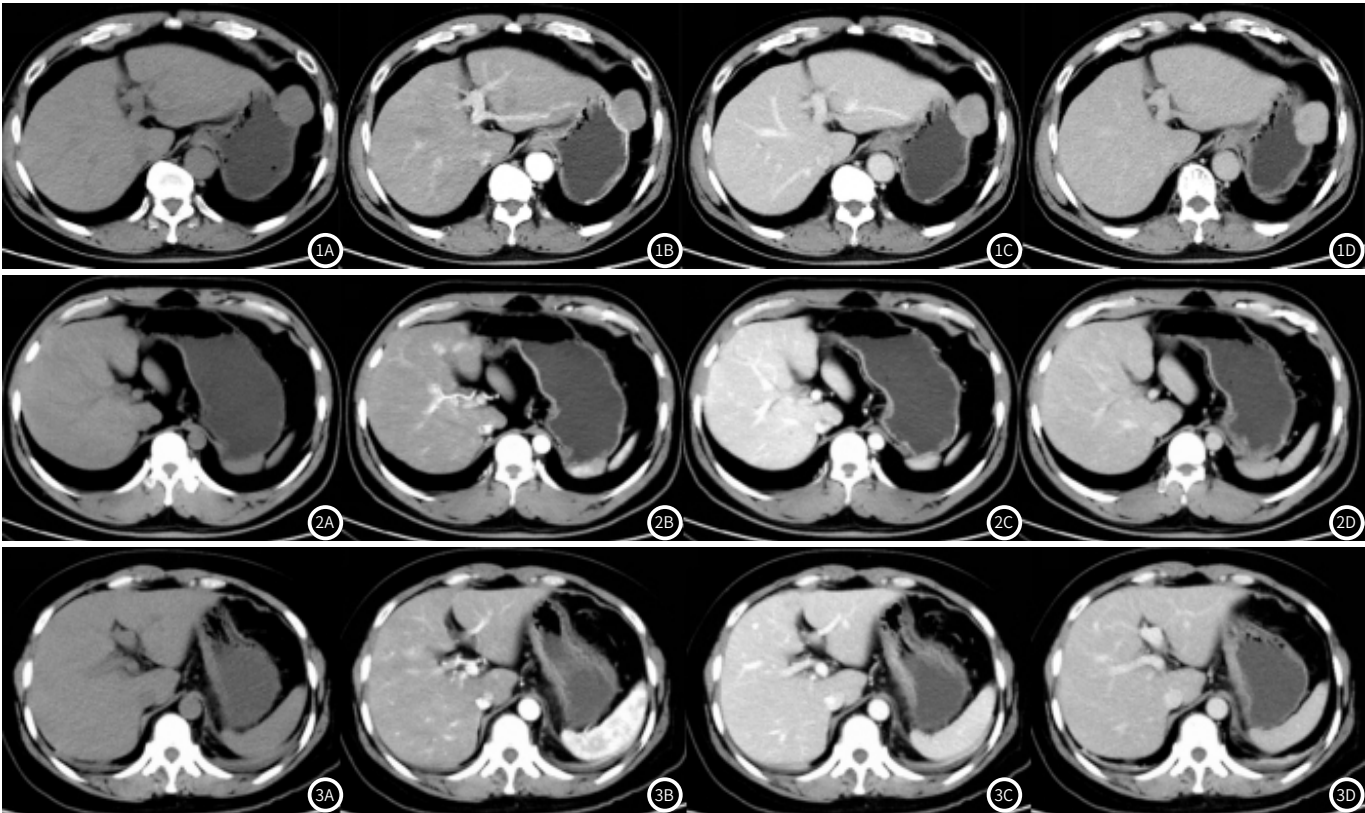
表5 图像评价结果详表

变量/分组	动脉期主动脉强化					动脉期扫描时机	
	满意	可接受	强化过度	显影不足	满足诊断	满意	可接受
研究组(192例)	108(56.3%)	56(29.2%)	21(10.9%)	7(3.7%)	89.06%	160(83.3%)	21(10.9%)
对照组(100例)	56(56.0%)	34(34.0%)	5(5.0%)	5(5.0%)	95.00%	48(48.0%)	33(33.0%)
χ^2	0.002	-5.192	2.858	-0.306	-0.306	40.060	-23.479
P	0.967	0.023	0.091	0.580	0.580	0.000	0.000

续表5

变量/分组	动脉期扫描时机			门脉期肝实质强化效应				
	过早	太晚	满足诊断	满意	可接受	强化过度	强度不足	满足诊断
研究组	10(5.2%)	1(0.5%)	94.30%	106(55.2%)	35(18.2%)	47(24.5%)	4(2.1%)	97.90%
对照组	18(18.0%)	1(1.0%)	81.00%	36(36.0%)	18(18.0%)	45(45.0%)	1(1.0%)	99.00%
χ^2	-12.410	-	12.562	9.711	0.069	-12.831	-	-0.239
P	0.000	1.000 ^a	0.000	0.002	0.792	0.000	0.665 ^a	0.625

注：评价表中数值代表例数、括号内容表示病例占比；“a”表示Fisher Exact Test结果。



典型病例1~3图像

图1A~1D 研究病例：男性，56岁，超声可疑弥漫性肝病及胃大弯肿瘤来检，68Kg，BMI=24.1，62bpm，100Kvp，300mgI/ml对比剂71ml、实际单位体重碘剂量313.2mgI/Kg、注射碘流率1260mgI/s(注射速率4.2ml/s)、有效总碘量21300mgI，辐射剂量8.1mSv，主动脉与门脉强化满意、肝实质期强化效应为满意评价(EU=50.2Hu)。

图2A~2D 对照病例：男性，37岁，胆囊结石并胆囊炎患者，85Kg，BMI=30.1，68bpm，100Kvp，350mgI/ml对比剂100ml，实际单位体重碘剂量411.8mgI/Kg、注射碘流率1050mgI/s(注射速率3.0ml/s)、有效总碘量35000mgI，ED=17.7mSv，主动脉强化优秀、扫描时机评价满意、肝实质期强化过度(EU=81.7Hu)。

图3A~3D 对照病例：女性，40岁，腹部不适半个月，54Kg，BMI=22.8，73bpm；100Kvp，300mgI/ml对比剂81ml、实际单位体重碘剂量450mgI/Kg、注射碘流率900mgI/s(注射速率3.0ml/s)、有效总碘量24300mgI，辐射剂量9.8mSv；主动脉强化优秀、扫描时机评价满意、肝实质期增强值(EU=66.4Hu)稍偏高但仍位于满意评价区间。

3 讨 论

肝脏增强最佳对比剂用量临床标准^[6,10]为“与增强前相比，增强后肝脏CT值上升50Hu以上”，为满足肝实质期EU值=50Hu作为满意评价的强化效应，以支持医师肉眼对病灶的识别或体现良好的对比视觉，管电压120Kvp条件下大约需要单位体重碘剂量600mgI/kg的碘对比剂应用，而配备迭代降噪算法软件的新型设备，EU值放宽至30~50Hu(即约400~450mgI/kg)亦认为满足诊断；本研究以单位体重碘剂量450mgI/Kg为初设指标，并随适应体重的管电压而调整(每降低一档将减少20%~30%)，最终以实际

单位体重碘剂量及实际有效总碘量纳入观察,以期改善肝实质强化效应可重复性与图像质量,在满足诊断的前提下减少中小体重病例的对比剂摄入,此为对比剂个性化的设计初衷与重点。本研究个性化方案对肝脏强化效应可重复性的改善,与CT增强扫描技术优化(如延迟扫描方案)在肝脏病变鉴别中的价值一致^[17],进一步证实了技术参数个体化调整的临床意义。

图像质量、可重复性/可比性的影响因素包括体重/单位体重碘剂量、对比剂浓度及注射速率、管电压、心率、扫描时机等^[5, 11-12]。模拟血流体模中,测量不同管电压引起的血药浓度曲线差异,发现与120Kv比较,100Kv条件下CT值增加25%,80Kv增加85%,由此可见,低管电压可以使用更低剂量的对比剂实现相同的增强效果^[13],专家指南^[7,14]提出管电压自120Kvp降至100Kvp或100Kvp改为80Kvp扫描,对比剂量、注射速率相应降低20%~30%即可获得同样的主动脉、肝实质强化效应。因此,选择与管电压、对比剂浓度、体重对应碘流率等指标相匹配的实际单位体重碘剂量、实际注射碘流率与有效碘总量,理论上更具科学性并获得更佳的图像质量与肝实质期强化效应、主动脉强化与扫描时机的可重复性或可比性^[1,5,11]。付海鸿等^[5]编译《CT造影理论》认为,心率在很大程度上可能影响血管峰值及达峰时机,在其他条件相同时,心率越快,血管峰值越低、达峰时间越短,因此,建议心率超过80次/分时,注射速率补偿提高10%~20%以获得高心率受检者更佳的动脉期图像质量,但应控制于6.0mL/s以内,因为更大的注射速率对于主动脉峰值的提高并无显著的作用。本实验中,80bpm≤心率<90bpm时注射速率提高10%,超过90bpm增加20%,同时最大注射速率不超过6.0mL/s,本文个性化对比剂实验设计以此作为理论依据之一。

研究方案以匹配对比剂浓度、管电压等变量的实际单位体重碘剂量、实际注射碘流率设计对比剂个性化肝脏增强扫描,在辐射控制良好、噪声合理前提下获得了较为满意的强化效应可重复性和图像质量:肝实质强化效应、主动脉强化及扫描时机满足诊断比例分别达到97.9%、89.1%、94.3%;与对照方案相比,肝实质强化效应可重复性/变异性(13.1% vs 28.8%)、满意评价(55.2% vs 36.0%)与过度强化(24.5% vs 45.0%)比例、扫描时机满意评价(83.3% vs 48.0%)及其总体满足诊断比例(94.3% vs 81.0%)都得到了显著改善。究其原因主要为:①对照方案始终以120Kvp电压为基准且未根据体重变化、智能管电压调整而降低对比剂量,结果导致单位体重碘剂量、碘总量相对增大且碘剂量使用区间更宽广,于是总体肝实质期强化过度评价比例增加(见病例2~3)、变异系数较高;②研究组严格按照体重、管电压和/或心率等个性化参数,扫描前调整对比剂应用方案(包括适配管电压及心率过快者补偿一定碘剂量、稍微增加延迟时间等),故总体对比剂量区间较为集中合理、肝实质强化效应EU值更趋于临床推荐标准(如病例1),为肝实质强化效应的可重复性/样本稳定性、图像质量改进提供了有效保证并降低对比剂碘总量约16.9%;③扫描时机的改善主要为与对照组(延迟时间略短)相比,研究组优化序列略微有所延迟(10~13)秒获得了更准确的动脉晚期时机,尤其心率正常与稍慢病例,这是单动脉期肝脏多期扫描的关键要求之一,因为大多数HCC病灶动脉晚期显示更佳,过早扫描可能导致部分HCC病灶未开始强化而漏诊或假阴性结果。类似研究^[18]通过对比剂剂量与体重的动态匹配,同样实现了碘剂量降低与图像质量的平衡,与本研究结论相互印证。

此外,本组研究中,个性化方案主动脉过度强化比例更高(10.9% vs 5.0%)、注射持续时间缩短(19.8s vs 25.2s),主要与研究方案参考体重对应碘流率设计、注射速率相对提高有关,目的在于获得更佳的主动脉强化及CTA兼容性、减少后期CTA重复扫描与对比剂再次摄入,其不良后果主要为肝脏一过性高灌注干扰富血供病灶如肝细胞癌、海绵状血管、FNH、动静脉瘘等诊断,实际应用中需要重视并通过多期增强表现评价,绝大多数病例都可以避免误诊,其他影响对于本组病例影像诊断尚未观察到严重后果。

龚剑英^[2]、宋巍等^[11]、胡茂清等^[15]等研究认为,去脂肪体质

量或体表面积作为肝脏增强碘剂量个性化计算指标,可提高受检者间主动脉、门静脉和肝脏的强化图像质量及可重复性(变异性小于10%),本研究结果与之较为接近,其样本的变异性略优,考虑可能与病例选择、个体因素、个性化方案等有关。但与去脂肪体质量或体表面积等相比,本研究体重、体重对应碘流率指标更有利于技师的操作和临床推广,而对于影响因素众多的肝脏图像质量而言,13.1%的变异系数亦尚可接受并显著优于对照方案,且与宋巍^[11]等研究比较尚可可在一定程度上降低了碘总量(21320.0mgI vs 27720.0mgI)。

研究思路与创新点:常规扫描对比剂量与注射速率相对固定,管电压、心率的影响未予综合考虑,造成肝脏强化效应可重复性与图像质量欠佳、碘对比剂应用不匹配;本研究尝试以对比剂个性化扫描以期有所改善,研究组以基于体重、管电压、心率等因素的实际单位体重碘剂量、实际体重对应碘流率设计个性化方案进行肝脏增强扫描,目前尚未见可查询的文献报道。

不足之处:①研究组仍有部分病例肝脏(24.5%)、主动脉(10.9%)强化过度,提示对比剂碘总量尚有一定的下降空间,②研究组与对比照均存在极少数强化不足病例,③变异系数未能完全控制低于10%的最佳标准^[16],这些存在问题均有待于后续更科学、更个性化的设计研究解决。

参考文献

- [1] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组.碘对比剂使用指南(第2版)[J].中华放射学杂志,2013,10(47):3363-3369.
- [2] 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.
- [3] 王可,魏守奕,刘建新,等.基于深度学习评价低管电压个性化对比剂方案腹部增强CT的效果[J].实用放射学杂志,2022,38(11):1864-1868.
- [4] 雷萍,悦笑斐,雷雪晗,等.七期增强CT扫描评估肝癌血流灌注特性的可行性研究[J].医学影像学杂志,2019,29(09):1495-1500.
- [5] 付海鸿,王斌.CT造影理论 翻译版[M].人民卫生出版社,2019.
- [6] Martens B, Hendriks B M F, Eijssvoegel N G, et al. Individually body weight-adapted contrast media application in computed tomography imaging of the liver at 90 kVp[J]. Invest Radiol, 2019, 54(3): 177-182.
- [7] 中华医学会放射学分会心胸学组,《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排CT临床应用指南写作专家组.心脏冠状动脉CT血管成像技术规范应用中国指南[J].中华放射学杂志,2017,10(51):732-743.
- [8] 国家心血管病专业质控中心专家委员会心血管影像质控专家工作组.冠状动脉CT血管成像扫描与报告书写专家共识[J].协和医学杂志,2019,10(1):23-30.
- [9] Stecker M S, Balter S, Towbin R B, et al. Guidelines for patient radiation dose management[J]. J Vasc Interv Radiol, 2009, 20(7 Suppl): S263-273.
- [10] Taguchi N, Oda S, Nakaura T, et al. Contrast enhancement in abdominal computed tomography: influence of photon energy of different scanners[J]. Br J Radiol, 2018, 91(1081): 20170285.
- [11] 宋巍,吕梁,刘兴利,等.基于肝脏体积测量计算腹部CT增强扫描碘对比剂剂量个体化方案的可行性[J].中华放射学杂志,2020,54(5):403-407.
- [12] 李欣,赵心明.碘美普尔(碘浓度400 mg/ml)肝脏CT应用专家共识[J].中华放射学杂志,2020,54(1):3-9.
- [13] 高志鹏,任笑懿,崔效楠,等.低管电压低碘含量对比剂在胸部CT强化检查中的初步应用研究[J].中国临床医学影像杂志,2014,10(25).
- [14] 国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组,中华医学会放射学分会心胸学组,《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排CT临床应用指南写作专家组.冠状动脉CT血管成像的适用标准及诊断报告书写规范[J].中华放射学杂志,2020,11(54):1044-1045.
- [15] 胡茂清,龙昉,龙晚生,等.基于全体质量、去脂肪体质量和体表面积计算肝脏CT增强碘对比剂用量的对比研究[J].实用放射学杂志,2019,35(11):1831-1835.
- [16] Costa A F, Peet K, Abdolell M. Dosing iodinated contrast media according to lean versus total body weight at abdominal CT: a stratified randomized controlled trial[J]. Acad Radiol, 2020, 27(6): 833-840.
- [17] 吕丹丹. CT增强延迟扫描技术在鉴别肝脏肿瘤类型中与病理检查结果符合率分析[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(2): 52-53.
- [18] 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(2):102-104.

(收稿日期:2024-12-11)

(校对编辑:韩敏求、翁佳鸿)