

不同注射流率下胰腺、主动脉强化的群体特征 及个体差异对比分析

龙学颖,曹 觉,周 勉,朱智明

(中南大学湘雅医院放射科,长沙 410008)

[摘要] 目的:对比分析 3 mL/s 及 2 mL/s 注射流率下正常胰腺、主动脉强化的群体特征及个体差异。方法:选取胰腺正常的患者 67 例并随机分为 A 组(35 例,采用 3 mL/s 的注射流率)和 B 组(32 例,采用 2 mL/s 的注射流率),分别行胰腺层面的系列同层动态增强 CT 扫描,获得每个病人胰腺、主动脉强化的时间-密度曲线,比较两组胰腺、主动脉平均强化峰值及达峰值时间,并分别探讨两组胰腺、主动脉强化的个体差异。结果:A、B 组胰腺强化峰值分别为 (75.7 ± 17.0) Hu 和 (66.5 ± 16.0) Hu,主动脉强化峰值分别为 (226.2 ± 35.2) Hu 和 (182.8 ± 32.8) Hu,两组间均有统计学差异;A、B 组胰腺强化达峰值时间分别为 (43.9 ± 6.6) s 和 (55.2 ± 5.0) s,主动脉强化达峰值时间分别为 (35.4 ± 4.5) s 和 (48.0 ± 3.7) s,两组间均有统计学差异,A 组胰腺、主动脉达峰值强化时间的变异系数分别为 15.0% 和 12.7%,B 组胰腺、主动脉强化达峰值时间的变异系数分别为 9.2% 和 7.7%,A 组均高于 B 组;A、B 两组胰腺最佳强化时相时间窗宽度分别为 (9.7 ± 4.5) s 和 (13.7 ± 3.6) s。结论:采用 3 mL/s 的注射流率胰腺和主动脉强化较 2 mL/s 更好,峰值强化时间提前,而个体差异更明显,最佳强化时间窗缩短。

[关键词] 体层摄影术,X 线计算机; 胰腺; 对比剂; 动态扫描

[中图分类号] R445.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-7347(2007)06-1064-05

Population characteristics and individual variations of enhancement of pancreas and aorta: a contrastive analysis of 2 injection rates

LONG Xue-ying, CAO Jue, ZHOU Mian, ZHU Zhi-ming

(Department of Radiology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China)

Abstract: **Objective** To contrastively analyze the population characteristics and individual variations of enhancement modes of normal pancreas and aorta at intravenous injection rates of 3 mL/s and 2 mL/s. **Methods** Sixty-seven patients with normal pancreas were selected, and were divided randomly into 2 groups with different intravenous injection rates (3 mL/s for 35 patients in Group A and 2 mL/s for 32 patients in Group B). Single-level serial dynamic CT scan was performed at the level where the pancreas was best demonstrated. The enhancement values of pancreas and aorta for each time point of each patient were calculated, and the time-density curves of enhancement of pancreas and aorta of each patient were obtained. The peak enhancement and the time to reach the peak enhancement of pancreas and aorta of each individual patient were evaluated, and the 2 groups were compared. The individual variations of the enhancement modes of pancreas and aorta in each group were analyzed. **Results** The peak enhancement of pancreas was (75.7 ± 17.0) Hu at $(43.9 \pm$

①收稿日期 (Date of reception) 2007-01-21

作者简介 (Biography) 龙学颖(1973-),男,湖南隆回人,硕士,主治医师,主要从事腹部影像学诊断研究。

通讯作者 (Corresponding author) 龙学颖,E-mail: longxueying@gmail.com

6.6) s for Group A, and (66.5 ± 16.0) Hu at (55.2 ± 5.0) s for Group B; the peak enhancement of aorta was (226.2 ± 35.2) Hu at (35.4 ± 4.5) s for Group A, (182.8 ± 32.8) Hu at (48.0 ± 3.7) s for Group B. There were significant differences in both the peak enhancement and the time to reach the peak enhancement of pancreas and aorta between the 2 groups. The coefficients of variation of time to reach the peak enhancement for pancreas and aorta were 15.0% and 12.7% in Group A, and 9.2% and 7.7% in Group B, respectively. The temporal windows of the optimal enhancement of pancreas were (9.7 ± 4.5) s and (13.7 ± 3.6) s in Group A and B, respectively. **Conclusion** Better enhancement of pancreas and aorta is obtained at 3 mL/s than 2 mL/s, the time to reach the peak enhancement of pancreas and aorta is comparatively earlier at 3 mL/s than 2 mL/s, and the temporal windows of optimal enhancement of pancreas and aorta are comparatively shorter at 3 mL/s than 2 mL/s.

Key words: tomography, X-ray computed; pancreas; contrast media; dynamic scanning

[*J Cent South Univ (Med Sci)*, 2007, 32(6):1064-05]

胰腺多时相扫描目前已逐渐推广,多层螺旋CT(multislice spiral CT, MSCT)的扫描速度快,完成全胰腺扫描所需时间短,为有效区分各时相创造了条件,但也对各期延迟时间的精确选择提出了新的要求,而延迟时间个体间的差异也成为值得关注和解决的问题^[1]。国内外有关胰腺MSCT多时相扫描方案的研究较多地关注具体的延迟时间决定及某一流率下胰腺及胰周动脉强化特点探讨方面^[2-5],而对于不同注射流率下胰腺及胰周动脉强化特点的对比分析仍不够,对于不同流率下胰腺及胰周动脉强化的个体间差异性对比分析则较少探讨。本研究侧重于分析3 mL/s及2 mL/s的注射流率下正常胰腺及主动脉强化模式的群体特点及各组内个体间差异,以期同时从群体和个体两方面对两种注射流率下胰腺、主动脉的强化进行对比,并结合目前胰腺多时相扫描方案中延迟时间、注射流率等关键参数的选择展开有关讨论和分析。

1 对象与方法

1.1 对象 随机选取行上腹螺旋CT增强扫描而胰腺正常的成年病例,经询问病史及审阅CT平扫图像,有以下可能明显影响血流动力学的病例被排除:(1)中度以上心、肺、肾功能不全或有心动过速或过缓、哮喘等患者;(2)近期有急性外伤或手术史者;(3)脱水或低血容量状况、高热者;(4)肝内占位性病变直径大于5 cm或合并门静脉癌栓、血栓者;(5)中度以上肝硬化或脾大者;(6)

体质量过大(> 80 kg)或过轻(< 40 kg)者。共有67例完成检查,其中男43例,女24例,年龄23~77岁,体质量44~78 kg。

1.2 设备及扫描方法 采用Siemens Somatom Plus 4螺旋CT机及Medrad MCT plus自动高压注射器。扫描前病人禁食4 h以上,扫描前30 min口服清水500 mL充盈胃肠道,并向病人说明检查方法和取得病人合作。先行常规上腹平扫,根据平扫图像选择胰腺显示最满意层面作为同层动态增强扫描层面。动态增强扫描前训练病人呼吸,嘱保持浅小平稳呼吸,并使用腹带限制腹式呼吸。以19号针头穿刺前臂静脉,使用自动高压注射器团注60% Angiografin,量90 mL,依CT号的奇偶将病例随机分为A、B组,A组注射流率3 mL/s,B组2 mL/s。其中A组35例,B组32例,两组间年龄、体质量及性别比例均无统计学差异($P > 0.05$)。同层动态增强扫描采用低剂量曝光(120 kV, 110 mA),5 mm层厚、5 mm重建层厚,自开始注射对比剂4 s起每3 s对选定层面扫描一次(扫描时间1 s,间隔2 s),共33次,持续至100 s。随后行常规上腹增强扫描,将同层动态增强扫描各时点图像传至工作站,并记录相关资料。

1.3 资料数据处理 从工作站调取患者CT资料,测量其选定层面上各时点图像上胰腺实质、腹主动脉CT值。CT值测量均采用圆形兴趣区,避开有伪影干扰处,同一病例胰腺实质、腹主动脉的不同时点兴趣区尽量保持相同大小及相同部位,胰腺实质在3个不同部位测量取平均值,腹主动脉兴趣区取中央2/3区域,避开血管壁钙化处。

将同层动态增强扫描胰腺、主动脉各时点 CT 值减去相应平扫 CT 值,即为胰腺、主动脉各时点强化值,可分别获得每个病例胰腺、主动脉强化的时间-密度曲线(time-density curve, TDC),由 TDC 可分别获得每个病例胰腺、主动脉的强化峰值及达强化峰值的时间,由各组每个病例可分别获得每组胰腺、主动脉各时点的强化均值。

1.4 统计学处理 统计学处理及制图采用 SPSS 11.0 软件包,均值以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组均数比较采用成组设计的 t 检验(先行方差齐性检验,不满足齐性要求时行 t' 检验)。 $P < 0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

2.1 两组胰腺、主动脉增强前 CT 值 A, B 组胰腺增强前 CT 值分别为 (46.5 ± 6.8) Hu 及 (47.7 ± 6.4) Hu; A, B 组主动脉增强前 CT 值分别为 (44.8 ± 6.4) Hu 及 (45.8 ± 5.2) Hu, 两组间均无统计学差异 ($P > 0.05$)。

2.2 两组胰腺、主动脉强化均值的 TDC 两组主动脉的强化峰值出现时间稍早于胰腺,主动脉、胰腺强化的 TDC 均类似开口向下的抛物线,曲线的下降支均较上升支稍平缓,后期均倾向于水平走行。A 组主动脉、胰腺强化的 TDC 均较 B 组陡峭,尤以上升支明显, A 组胰腺、主动脉强化峰值较 B 组提前,幅度提高(图 1)。

2.3 两组胰腺、主动脉强化峰值及达到强化峰值时间 由表 1 可见, 3 mL/s (A 组) 的注射流率胰腺、主动脉强化峰值均较 2 mL/s (B 组) 更高,而峰值强化时间提前。

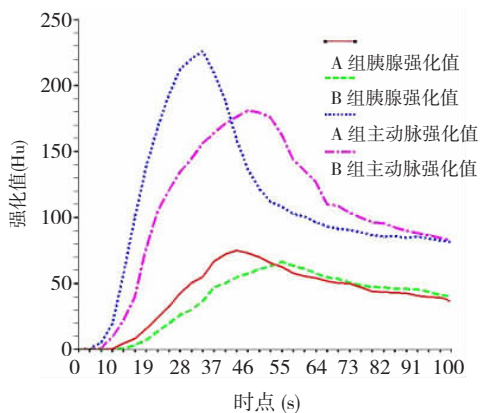


图 1 两组胰腺、主动脉强化均值的 TDC

Fig. 1 Time-density curves of mean enhancement of pancreas and aorta of 2 groups

2.4 两组胰腺与主动脉达强化峰值时间差

所有病例主动脉强化达峰值时间均在胰腺强化达峰值前,该时间差 A, B 组分别为 (8.5 ± 2.1) s 和 (9.2 ± 2.5) s, 两组间无统计学差异 ($P > 0.05$)。

2.5 两组胰腺、主动脉达强化峰值时间的变异系数 A, B 组胰腺达强化峰值时间的变异系数分别为 15.0% 和 9.2%, 主动脉分别为 12.7% 和 7.7%, A 组均大于 B 组。

2.6 两组胰腺、主动脉最佳强化时间窗宽度

每一病例均以胰腺、主动脉强化幅度达到各自峰值的 80% 以上为标准作为个体胰腺、主动脉的最佳强化时相,则该时间窗宽度 A, B 组主动脉分别为 (12.7 ± 5.6) s 和 (18.5 ± 4.1) s, 胰腺分别为 (9.7 ± 4.5) s 和 (13.7 ± 3.6) s, 两组间均有统计学差异 ($P < 0.05$)。

表 1 两组胰腺、主动脉强化峰值及达强化峰值时间的比较

Table 1 Comparisons of the peak enhancement and time to reach their peak enhancement of pancreas and aorta of 2 groups

	强化峰值(Hu)		P	达强化峰值时间(s)		P
	A组(n=35)	B组(n=32)		A组(n=35)	B组(n=32)	
胰 腺	75.7 ± 17.0	66.5 ± 16.0	0.0447	43.9 ± 6.6	55.2 ± 5.1	0.0001
主 动 脉	226.2 ± 35.2	182.8 ± 32.8	0.0001	35.4 ± 4.5	48.0 ± 3.7	0.0001

3 讨 论

胰腺多时相扫描已日益成为胰腺疾病诊断的主要影像学手段,各时相的命名也基本规范,一般分别称为动脉期、胰腺期、门脉期,根据情况可行

单期(胰腺期或门脉期)、双期(动脉期 + 门脉期或胰腺期 + 门脉期)或三期扫描(动脉期 + 胰腺期 + 门脉期)。

对于胰腺炎、胰腺囊性病灶的诊断,胰腺期扫描有利于发现坏死灶和囊变区;对于胰腺富血供病灶(如胰岛细胞瘤)的检出或需更好地显示胰周

动脉,则需强调动脉期的扫描^[6];对于胰腺癌,一方面胰腺期对于小病灶的检出和显示最佳,另一方面,动脉期、门脉期在判断胰周血管受累及肝内转移灶的检出方面有重要意义,一般需行双期或三期扫描。单层螺旋CT一般只能行动脉期、门脉期或胰腺期、门脉期的双期扫描^[7-8],MSCT则可同时行动脉期、胰腺期、门脉期的三期扫描以分别显示胰周动脉、胰腺实质及胰周小血管、胰周大静脉及肝实质^[9-10]。对比剂的注射方案及各时相延迟时间的精确选择对于提高病灶检出率和更清晰显示胰周各解剖结构至关重要,而MSCT扫描时间窗更窄,要求更精确地把握延迟时间。

在对比剂的注射流率方面,多数文献认为,注射流率的增加能提高胰周动脉和胰腺实质的强化水平^[11-14],本组资料亦证实采用3 mL/s注射流率时主动脉及胰腺实质的强化峰值较2 mL/s注射流率高。故要获得更理想的对比剂增强效应,提高注射流率是必要的。但注射流率的提高,在注射总量不变的情况下,尽管对比剂在血管内的浓度会增加,强化峰值提高,由于注射时间相对缩短,对比剂在血管内维持高浓度的时间缩短,有可能导致最佳强化时相持续时间的缩短^[13]。本组资料表明,采用3 mL/s的注射流率较2 mL/s的注射流率主动脉及胰腺的最佳强化时相更短。因而,对于高注射流率,扫描时相的选择要求更精确。

对于动脉期,由于胰周动脉(肠系膜上动脉或腹腔干主干或分支)均直接或间接于主动脉发出,其强化方式与主动脉接近,二者几乎同时显影同时达到峰值,而主动脉管腔大且纵向走行,测量误差小,故测量主动脉的强化可较好地代表胰周大动脉的强化,一般而言,主动脉的最佳强化时相可认为是动脉期的最佳扫描时相。根据本组资料,3 mL/s与2 mL/s的注射流率下主动脉最佳强化时相时间窗宽度分别为 (12.7 ± 5.6) s和 (18.5 ± 4.1) s,由于MSCT扫描整个胰腺乃至中上腹区仅需10 s或更短的时间,故只要延迟时间选择恰当,一般均能有效地在该时间窗范围内完成该期扫描,获得较好的动脉强化效果。

对于胰腺期,多数文献认为即为胰腺实质强化最佳时相,对于少血供肿瘤此时肿瘤-胰腺对比密度差加大,有利于小病灶的检出,此期胰周小血管的显示也较满意^[7-9]。本组资料表明,每个病例胰腺强化峰值均出现于主动脉强化峰值后的一段相对较为固定的时间内,3 mL/s及2 mL/s的注射

流率下时间差分别约为 (8.5 ± 2.1) s及 (9.2 ± 2.5) s,两组间无统计学差异,因此可认为,对于3 mL/s或2 mL/s的注射流率,胰腺期均可选择在动脉期后8~10 s进行。此时间差的存在,是MSCT精确区分动脉期和胰腺期的重要依据之一,此时间足够允许CT机在动脉期扫描完毕后进行移床和让病人调整呼吸以备再次屏气接受胰腺期扫描。Kondo等^[15]采用对比剂团追踪技术进行分组研究,分别以主动脉强化超过50Hu后5~10 s及15~20 s作为动脉期、胰腺期的扫描的最佳扫描延迟时间,其胰腺期和动脉期延迟时间相隔也约为10 s。对于胰腺最佳强化时相持续时间,3 mL/s及2 mL/s的注射流率下分别为 (9.7 ± 4.5) s和 (13.7 ± 3.6) s,MSCT均能在该时间窗内完成全胰扫描,但前者胰腺最佳强化时相持续时间更短,需更精确把握扫描延迟时间。

目前,在延迟时间的选择上有二种方式:一是采用固定的延迟时间,该延迟时间一般根据临床经验或对靶组织的群体强化模式(平均水平)进行探讨后制订^[2],该方式具有简单方便的优点,应用最为广泛,但未考虑个体差异的因素,可能存在部分病例不能在相应的最佳强化时相内扫描的情况;二是采用个体化的延迟时间。后者在具体实施上主要又有两种方法:①利用软件自动追踪扫描技术(如Smartprep技术),即在注射对比剂后的早期阶段行低剂量曝光的系列扫描监测某个靶结构的强化程度,当达到或超过某一设定阈值后即可自动或手动启动扫描。Silverman等^[16]运用该技术行肝脏CT扫描获得了较用固定延迟时间更好的肝脏增强效果;②小剂量对比剂注射的预测试验。Chong等^[17]运用该技术决定动脉期延迟时间,获得了理想的胰周小动脉强化效果。其具体方法是先以5 mL/s流率注射对比剂20 mL,然后在腹腔干水平行系列低剂量曝光扫描监测主动脉强化值,计算出主动脉达到峰值时间,将此时间减去2 s作为正式扫描动脉期延迟时间。这两种方法能较准确地把握每个患者对比剂循环时间的差异,从而获得个体化的延迟时间。

根据本组资料,3 mL/s注射流率下主动脉、胰腺最佳强化时相时间窗宽度均较2 mL/s窄,因此,在延迟时间的选择上3 mL/s注射流率较2 mL/s的宽容度更小,要求更准确地把握;而尽管采用了较为严格的病例选择标准,主动脉、胰腺达到最佳强化时间仍有较大的个体差异,这种差异

在 3 mL/s 注射流率下较 2 mL/s 表现更明显,因此要获得更理想的强化效果,在高注射流率下更有必要根据个体差异选择个体化扫描延迟时间。

笔者认为,扫描延迟时间的个体化无论是应用 Smartprep 技术还是小剂量预测实验,监测主动脉的 CT 值变化较为合理。一方面,对于动脉期,主动脉强化模式较有代表性,另一方面,对于胰腺期,尽管胰腺强化有较大的个体差异,但主动脉强化达峰值时间和胰腺强化达峰值时间的差值个体间差异较小,胰腺期延迟时间可根据动脉期情况决定。

参考文献:

- [1] Kim M J, Chung Y E, Kim K W, et al. Variation of the time to aortic enhancement of fixed-duration versus fixed-rate injection protocols [J]. AJR, 2006, 186(1): 185-192.
- [2] 李卉,曾蒙苏,周康荣,等. 多层螺旋 CT 胰腺检查:不同注射条件下时间窗的选择[J]. 临床放射学杂志, 2005, 24(6): 511-514.
LI Hui, ZENG Meng-su, ZHOU Kang-rong, et al. Multislice spiral CT in pancreas examination: optimal temporal window at different injection rates and dose [J]. Journal of Clinical Radiology, 2005, 24(6): 511-514.
- [3] 龚静山,徐坚民,夏丽天,等. 胰腺及胰周血管强化的多层螺旋 CT 研究[J]. 临床放射学杂志, 2004, 23(6): 482-484.
GONG Jing-shan, XU Jian-min, XIA Li-tian, et al. Multidetector spiral ct study of pancreatic and peripancreatic vascular enhancement [J]. Journal of Clinical Radiology, 2004, 23(6): 482-484.
- [4] Goshima S, Kanematsu M, Kondo H, et al. Pancreas: optimal scan delay for contrast-enhanced multi detector row CT [J]. Radiology, 2006, 241(1): 167-174.
- [5] 王冬青,夏成芳,戴俏武,等. 多层螺旋 CT 三期扫描对正常胰腺和胰周血管增强特性的研究[J]. 实用放射学杂志, 2004, 20(1): 45-47.
WANG Dong-qing, XIA Cheng-fang, DAI Qiao-wu, et al. Multi-detector row helical CT of the pancreas: results of multiphase imaging on enhancement of the pancreas and peripancreatic vasculature [J]. J Pract Radiol, 2004, 20, (1): 45-47.
- [6] Hoe L V, Gryspeerdt S, Marchal G, et al. Helical CT of the preoperative localization of islet cell tumors of the pancreas: value of arterial and parenchymal phase images [J]. AJR, 1995, 165(6): 1437-1439.
- [7] Diehl S J, Lehmann K J, Sadick M, et al. Pancreatic cancer: value of dual-phase helical CT in assessing resectability [J]. Radiology, 1998, 206(2): 373-378.
- [8] Graf O, Boland G W, Warshaw A, et al. Arterial versus portal venous helical CT for revealing pancreatic adenocarcinoma: conspicuity of tumor and critical vascular anatomy [J]. AJR, 1997, 169(1): 119-123.
- [9] Mentuly N J, Francis J R, Platt J F, et al. Multi-detector row helical CT of the pancreas: effect of contrast-enhanced multiphase imaging on enhancement of the pancreas, peripancreatic vasculature and pancreatic adenocarcinoma [J]. Radiology, 2001, 220(1): 97-102.
- [10] Shioyama Y, Kimura M, Horiata K, et al. Peripancreatic arteries in thin-section multislice helical CT [J]. Abdom Imaging, 2001, 26(3): 234-242.
- [11] Kim T, Murakami T, Takahashi S, et al. Pancreatic CT imaging: effects of different injection rates and doses of contrast material [J]. Radiology, 1999, 212(1): 219-225.
- [12] 李卉,曾蒙苏,周康荣,等. 多层螺旋 CT 胰腺检查:两种注射条件对增强效果的影响研究[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38(12): 1260-1264.
LI Hui, ZENG Meng-su, ZHOU Kang-rong, et al. Multislice spiral CT in pancreas examination: study on the effects of contrast enhancement with two injection conditions of contrast material [J]. Chin J Radiol, 2004, 38(12): 1260-1264.
- [13] Bonaldi V M, Bret P M, Atri M, et al. A comparison of two injection protocols using helical and dynamic acquisitions in CT examinations of the pancreas [J]. AJR, 1996, 167(1): 49-55.
- [14] Tublin M E, Tessler F N, Cheng S L, et al. Effect of injection rate of contrast medium on pancreatic and hepatic helical CT [J]. Radiology, 1999, 210(1): 97-101.
- [15] Kondo H, Kanematsu M, Goshima S, et al. MDCT of the pancreas: optimizing scanning delay with a bolus-tracking technique for pancreatic, peripancreatic vascular, and hepatic contrast enhancement [J]. AJR, 2007, 188(3): 751-756.
- [16] Silverman P M, Roberts S C, Ducic I, et al. Assessment of a technology that permits individualized scan delays on helical hepatic CT: a technique to improve efficiency in use of contrast material [J]. AJR, 1996, 167(1): 79-83.
- [17] Chong M, Freeny P C, Schmiedl U P. Pancreatic arterial anatomy: depiction with dual-phase helical CT [J]. Radiology, 1998, 208(2): 537-542.

(本文编辑 陈丽文)