

基于多模态 CT 诊断任务对一站式胰腺灌注扫描时相优化方案的可行性^{*}

孙青¹ 俞溪¹ 明兵^{1,2} 彭金成¹ 邹庆² 张仕勇² 兰茜琳² 刘婷²

(1. 川北医学院医学影像学院, 四川 南充 637000; 2. 德阳市人民医院放射科, 四川 德阳 618000)

【摘要】 目的 探讨基于多模态 CT 诊断任务对一站式胰腺灌注扫描时相优化方案的可行性。**方法** 收集 2018 年 7 月~2020 年 11 月于德阳市人民医院采用第 3 代双源 CT 正常胰腺灌注病例 72 例行回顾性分析, 根据不同扫描参数设置分为 A 组和 B 组。A 组(常规灌注组, 24 例): 密集采集时间 1.5 s, 24 次动态容积扫描, 总采集时间 94.5 s; B 组(时间优化组, 48 例): 密集采集时间 2.5 s, 19 次动态容积扫描, 总采集时间 75 s。依据灌注数据集重建三种模态 CT 诊断数据, 以评价诊断要求满足情况: 基于常规增强图像评价主动脉、胰腺及门静脉对应期像信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR); 基于常规血管图评价胰周血管变异程度; 对比胰腺钩突、胰头、胰体及胰尾灌注参数值, 包括血流量(BF)、血容量(BV)、平均通过时间(MTT)及表面通透性(PS)。记录有效辐射剂量。**结果** 两组重建主动脉、胰腺及门静脉对应最佳融合期像 SNR、CNR 差异均无统计学意义($P>0.05$)。8 例胃左动脉起源于腹腔干(A 组 3/24、B 组 5/48), 2 例肝右动脉起源于肠系膜上动脉(A 组 1/24、B 组 1/48), 3 例肝左动脉起源于腹腔干(B 组 3/48), 两组中所有图像质量均能支持变异评估。两组各部位正常胰腺灌注参数差异无统计学意义($P>0.05$)。2.5 s 密集采集方式运用于 A 组可使平均有效辐射剂量减少约 22.8%。**结论** 与 1.5 s 密集采集方式相比, 采用 2.5 s 密集采集方式的一站式上腹部检查不影响胰腺、血管成像以及灌注分析, 并且能降低辐射剂量。

【关键词】 体层摄影术; X 线计算机; 胰腺; 灌注

【中图分类号】 R445.3 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2023.02.026

Discussion on optimization of one-stop pancreatic CT perfusion scanning time based on multimodal diagnostic tasks

SUN Qing¹, YU Xi¹, MING Bing^{1,2}, PENG Jincheng¹, ZOU Qing², ZHANG Shiyong², LAN Xilin², LIU Ting²

(1. School of Medical Imaging, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China;

2. Department of Radiology, Deyang People's Hospital, Deyang 618000, Sichuan, China)

【Abstract】 Objective To discuss the optimization of one-stop pancreatic CT perfusion scanning time based on multiple diagnostic tasks. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 72 cases of normal pancreatic perfusion using the third generation dual source CT in Deyang People's Hospital from July 2018 to November 2020. They were divided into group A and group B according to different scanning parameter settings. Group A (routine perfusion group, 24 cases): intensive collection time was 1.5 s, 24 dynamic volume scans, total collection time was 94.5 s. Group B (time optimization group, 48 cases): intensive collection time 2.5 s, 19 dynamic volume scans, total collection time 75 s. Three modes of CT diagnostic data were reconstructed according to perfusion data set to evaluate the satisfaction of diagnostic requirements. Signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR) of corresponding phase images of aorta, pancreas and portal vein were evaluated based on conventional enhanced images. Evaluate the degree of peripancreatic vascular variation based on routine angiogram. The perfusion parameters of pancreatic uncinate process, head, body and tail were compared, including blood flow (BF), blood volume (BV), mean transit time (MTT) and surface permeability (PS). Record the effective radiation dose. **Results** The difference in objective indexes of multi-phase images between A and B group did not had statistical significance ($P>0.05$). Left gastric artery directly started with celiac axis in 8 cases

基金项目: 四川省医学科研课题(S17031); 四川省卫生和计划生育委员会科研课题(18PJ136)

通讯作者: 明兵, E-mail: mingbing.mb@163.com

引用本文: 孙青, 俞溪, 明兵, 等. 基于多模态 CT 诊断任务对一站式胰腺灌注扫描时相优化方案的可行性[J]. 西部医学, 2023, 35(2): 287-292.

DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2023.02.026

(A group 3/24, B group 5/48), right hepatic artery directly started with superior mesenteric artery in 2 cases (A group 1/24, B group 1/48), left hepatic artery directly started with celiac axis in 3 cases (B group 3/48). All image quality could satisfy the assessment of vascular variations. The difference in perfusion data between A and B group did not achieve statistical significance ($P > 0.05$). With 2.5 sensitive sampling interval in group A, ED could be reduced by approximately 22.8%. **Conclusion** Compared with the 1.5 sensitive sampling interval, using 2.5 sensitive sampling interval in upper abdominal dynamic volume perfusion CT, ED could be reduced without compromising the fulfillments in multiple diagnostic tasks.

【Key words】 Tomography; X-ray computers; Pancreas; Perfusion

一站式 CT 动态容积灌注成像 (Dynamic volume CT perfusion, dVPCT) 通过对靶器官或选定层面进行连续动态采样获取灌注数据集, 是一种可提供多维度诊断信息的无创定量技术。既往一站式检查受不同设备机型的影响密集采集时间选择多在 1.5~3 s^[1-9], 其中双源 CT 多以 1.5 s 为主^[1-5], 缺乏统一或标准的扫描方案, 理论上延长采集时间间隔或减少总采集时间能降低辐射剂量, 但就胰腺而言对图像质量及灌注参数值是否会影响诊断效果的比较研究尚少, 因此本次研究采用第 3 代双源 CT 针对胰腺探索 2.5 s 密集采集方式的可行性, 以期进一步优化一站式灌注扫描方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 7 月~2020 年 11 月于德阳市人民医院采用第 3 代双源 CT 正常胰腺灌注病例 72 例行回顾性分析, 根据不同扫描参数设置分为 A 组和 B 组, A 组 (常规灌注组, 24 例): 既往因可疑上腹部病变行常规上腹灌注检查, 密集采集时间 1.5 s, 24 次动态容积扫描, 总采集时间 94.5 s; Z 轴覆盖范围约 17.6 cm 或 22.4 cm; B 组 (时间优化组, 48 例): 既往因结肠肿瘤行全腹灌注扫描, 密集采集时间 2.5 s, 总采集时间 75 s, 19 次动态容积扫描; Z 轴覆盖范围约 43.5 cm; 所有纳入病例中结肠肿瘤临床分期 T₁₋₂ N₀ M₀。纳入标准: ①无胰腺相关病史, 如胰腺肿瘤、胰腺炎及糖尿病等。②无胰周恶性病史、肝硬化。③无肝肾功能不全、心血管疾病等。④相同管电压、管电流 (根据受检者身高、体重自动调整)。

1.2 检查方法 采用西门子第 3 代双源 CT 容积灌注扫描模式, 管电压 80 kV, 管电流 60 mAs, 高级模拟迭代算法重建, 重建层厚 1.5 mm。检查前所有受检者禁食 4~6 h, 扫描前于肘前静脉留置 20 G 静脉套管针, 使用腹部加压带并进行呼吸训练, 造影剂选择碘迈伦 80 mL (400 mgI/mL), 注射速率 5.0 mL/s, 后续以相同速率注入 30 mL 生理盐水。A 组扫描时间: 3×4.5 s、12×1.5 s、6×6 s、3×9 s, 共 94.5 s, 24 组容积数据, Z 轴覆盖范围根据身高选择 17.6 或 22.4 cm。B 组扫描时间: 3×5 s、12×2.5 s、4×7.5 s, 共

75 s, 共 19 组容积数据, Z 轴覆盖范围 43.5 cm。

1.3 灌注图像后处理

1.3.1 常规多模态图像重建 灌注数据集传送至后处理工作站 (Syngovia, Siemens Healthcare Sector, Germany)。在动态血管成像模式中, 经过运动校正、降噪、定义腹腔干开口处腹主动脉为输入动脉后绘制主动脉、胰腺及门静脉时间-密度曲线 (Time-density curve, TDC), 基于该曲线采用时间平均法选择强化峰值对应的单期图像及前后两期共三期图像进行融合, 对应常规腹部三期图。在 CT 血管模式下, 利用多平面重组技术 (Multiplanar reformation, MPR), 重建层厚 5 mm 及层间隔 5 mm 的轴位图像。在相同模式下, 采用最大密度投影法 (Maximum intensity projection, MIP) 重建动脉血管图。所有重建图像上传至图像存档和通信系统工作站。

1.3.2 常规多模态图像的评价任务 ①基于常规腹部三期图, 放置感兴趣区 (Region of interest, ROI) 于动脉期腹腔干开口层面腹主动脉、胰腺实质期钩突、胰头、胰体及胰尾、门静脉期门静脉分叉稍下方水平, 避开边缘及血管, 将腹腔干开口层面竖直肌 CT 值作为参照, 皮下脂肪 CT 值标准差 (Standard deviation, SD) 作为背景噪声, 每个部位对应期像重复测量 3 次取平均值, 分别计算腹主动脉、胰腺实质及门静脉信噪比 (Signal noise ratio, SNR)、对比噪声比 (Carrier-noise ratio, CNR)。计算方法: $SNR = CT_{\text{目标}} / SD_{\text{皮下脂肪}}$, $CNR = (CT_{\text{目标}} - CT_{\text{竖脊肌}}) / SD_{\text{皮下脂肪}}$ 。②基于血管图, 由 2 名诊断医师以双盲法对 MIP 显示变异血管情况进行评估, 图像质量无法支持变异评价的进行记录。

1.3.3 灌注参数测量 在 CT 体部灌注中, 采用去卷积法, 经过校正、降噪、定义腹腔干开口处腹主动脉为输入动脉后获得灌注伪彩图, 分别选取胰腺钩突、胰头、胰体及尾部最大横轴面勾画 ROI, 每个部位重复测量 3 次, 各 ROI 取值 1~2 cm², 并避开血管、胰管、边缘部分, 获得各灌注参数, 包括血流量 (Blood flow, BF)、血容量 (Blood volume, BV)、平均通过时间 (Mean transit time, MTT)、表面渗透性 (Permeability

surface,PS),由 2 名医生重复测量 2 次,各部位胰腺灌注参数值取平均值以减少误差。

1.3.4 计算有效剂量(Effective dose,ED) 记录体积 CT 剂量指数(Volume CT dose index,CTDIvol)和辐射剂量长度乘积(Dose length product,DLP)。ED=0.015×DLP。根据 DLP/CTDIvol 计算 A 组平均扫描长度。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 26.0 软件,计数资料以例数(*n*)表示,计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 检验,服从正态分布以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)进行统计,非正态分布用中位数和四分位区间表示。性别、血管变异情况用 χ^2 检验;2 位医生测得各部位胰腺灌注参数值的一致性分析采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)分析,ICC 值≤0.40 为一致性差,0.40<ICC 值≤0.75 为一致性良好,ICC 值>0.75 为一致性较好。图像质量评价指标及胰腺各部位灌注参数值间比较采用独立样本 *t* 检验,方差不齐使用 *t'* 检验,*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料对比及重建图像质量评估 A 组男 14 例,女 10 例;年龄 34~65 岁,平均(51.50±7.01)岁。B 组男 22 例,女 26 例,年龄 31~77 岁,平均(54.77±8.52)岁。两组一般资料比较差异无统计学意义(*P*>0.05)。所有重建图像均得到清晰的三期增强图及血管图(见图 1、图 2),腹主动脉、胰腺实质及门静脉分别对应的最佳融合期像 SNR、CNR 两组比较差异无统计学意义(*P*>0.05)。2 名诊断医师对变异血管评估一致,8 例胃左动脉起源于腹主动脉(A 组 3/24、B 组 5/48),2 例肝右动脉起源于肠系膜上动脉(A 组 1/24、B 组 1/48),3 例肝左动脉起源于腹主动脉(B 组 3/48)。见表 1、表 2。

2.2 两组正常胰腺各部位灌注参数值 ICC 分析及对比 测得各部位正常胰腺灌注参数值一致性较好(ICC>0.75,见表 3)。两组各部位正常胰腺各灌注参数 BF、BV、MTT、PS 差异无统计学意义(*P*>0.05,见表 4)。灌注伪彩图显示胰腺血供丰富,见图 3。

2.3 两组辐射剂量 A 组平均 *z* 轴覆盖范围约(18.98±1.37) cm,平均有效剂量约(8.73±0.90) mSv;B 组 *z* 轴覆盖范围 43.50 cm,有效剂量约 15.45 mSv。A 组其他扫描参数设置不变的情况下,采用 B 组的 2.5 s 密集采集方式,根据 B 组单位 *Z* 轴辐射剂量可推算出 A 组平均有效剂量可减少约 22.8%。

3 讨论

一站式 dVPCT 成像能获得多维度的诊断信息,具有其强大的临床应用前景^[10-14]。理论上采集间隔

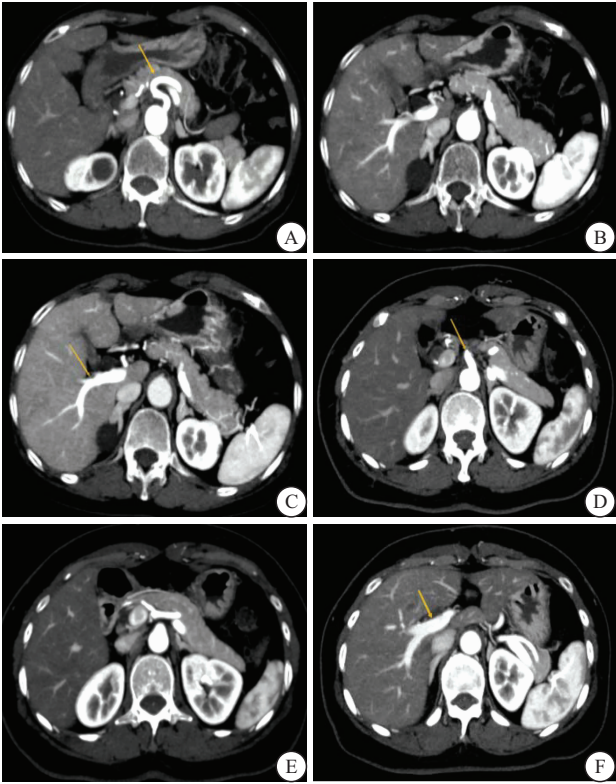


图 1 两组重建动脉期、胰腺实质期及门静脉期像
Figure 1 Reconstruction of images in arterial phase, pancreatic parenchyma phase and portal vein phase in both groups
注:腹腔干、门静脉(黄色箭头)显示清晰锐利,胰腺轮廓清晰。A~C. 密集采集时间 1.5 s;D~F. 密集采集时间 2.5 s

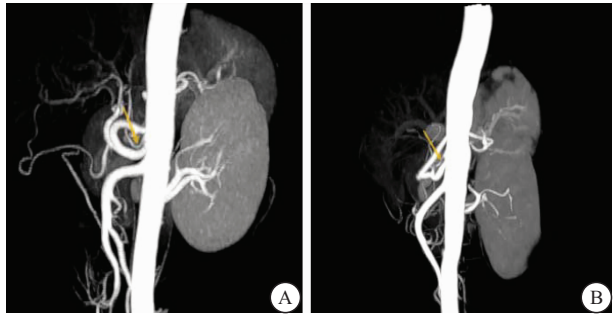


图 2 两组 MIP 血管清晰锐利,胃左动脉(黄色箭头)起源于腹主动脉
Figure 2 The MIP vessels of the two groups were clear and sharp, and the left gastric artery (yellow arrow) originated from the abdominal aorta
注:A. 密集采集时间 1.5 s;B. 密集采集时间 2.5 s

表 1 两组一般资料及变异血管 $[\bar{x}\pm s,n(\times 10^{-2})]$						
Table 1 General data and vascular anatomical variations of group A and B						
组别	<i>n</i>	男/女	年龄(岁)	血管变异(<i>n</i>)		
				胃左动脉	肝右动脉	肝左动脉
A 组	24	10/14	51.50±7.01	3(12.5)	1(4.2)	0(0.0)
B 组	48	22/26	54.77±8.52	5(10.4)	1(2.1)	3(6.3)
χ^2/t		$\chi^2=0.112$	$t=-1.387$			
<i>P</i>		0.737	0.170			

注:A 组:密集采集时间 1.5 s;B 组:密集采集时间 2.5 s

表 2 两组腹主动脉、胰腺、门静脉 CNR、SNR 对比($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of CNR and SNR of abdominal aorta, pancreas and portal vein between group A and B

	<i>n</i>	动脉期		胰腺实质期		门静脉期	
		主动脉 SNR	主动脉 CNR	胰腺 SNR	胰腺 CNR	门静脉 SNR	门静脉 CNR
A	24	54.57±13.22	49.13±13.05	46.1±12.49	10.25±3.28	25.67±10.63	19.70±10.17
B	48	52.19±13.39	49.13±12.47	47.52±11.95	10.64±2.84	29.23±9.01	23.24±7.64
<i>t</i>		0.503	0.589	0.861	0.288	-1.052	-1.169
<i>P</i>		0.618	0.560	0.396	0.775	0.300	0.251

注:A组:密集采集时间 1.5 s;B组:密集采集时间 2.5 s。SNR:信噪比;CNR:对比噪声比

表 3 两组各部位正常胰腺灌注参数 ICC 值

Table 3 ICC value of normal pancreatic perfusion parameters in group A and B

	A 组(<i>n</i> =24)				B 组(<i>n</i> =48)			
	钩突	胰头	胰体	胰尾	钩突	胰头	胰体	胰尾
BF [mL/(100g·min)]	0.822	0.916	0.922	0.923	0.895	0.892	0.769	0.839
BV [mL/100g]	0.931	0.928	0.853	0.847	0.972	0.955	0.868	0.862
MTT [s]	0.803	0.783	0.764	0.782	0.833	0.889	0.815	0.809
PS [mL/(100g·min)]	0.782	0.801	0.862	0.785	0.919	0.888	0.861	0.764

注:A组:密集采集时间 1.5 s;B组:密集采集时间 2.5 s。BF:血流量;BV:血容量;MTT:平均通过时间;PS:表面渗透性

表 4 两组正常胰腺灌注参数对比($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of normal pancreatic perfusion parameters between group A and B

	<i>n</i>	钩突	胰头	胰体	胰尾
BF[mL/(100g·min)]					
A	24	152.19±32.63	148.47±28.43	153.84±32.63	160.93±38.35
B	48	159.67±35.91	161.42±39.64	165.12±36.22	175.83±43.55
<i>t</i>		-0.868	-1.426	0.073	-1.422
<i>P</i>		0.388	0.158	0.178	0.160
BV[mL/100g]					
A	24	18.65±3.08	18.82±3.18	18.87±2.77	19.15±2.32
B	48	18.59±3.12	18.01±3.08	18.82±2.76	18.75±2.88
<i>t</i>		0.068	1.055	0.525	1.285
<i>P</i>		0.946	0.295	0.942	0.202
MTT[s]					
A	24	7.96±1.18	8.17±1.16	7.98±1.14	7.85±1.29
B	48	7.67±1.21	7.50±1.53	7.56±1.18	7.24±1.33
<i>t</i>		0.989	1.881	1.453	1.853
<i>P</i>		0.326	0.064	0.151	0.068
PS[mL/(100 g·min)]					
A	24	58.81±13.16	58.46±11.75	57.95±14.94	55.42±13.22
B	48	62.56±16.01	64.13±12.89	63.05±12.65	57.48±11.62
<i>t</i>		-0.994	-1.811	-1.516	-0.676
<i>P</i>		0.324	0.074	0.134	0.501

注:A组:密集采集时间 1.5 s;B组:密集采集时间 2.5 s。BF:血流量;BV:血容量;MTT:平均通过时间;PS:表面渗透性

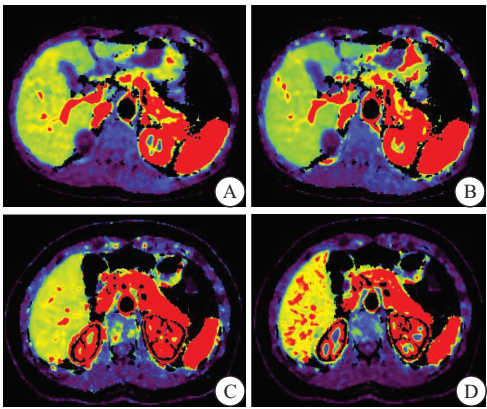


图 3 两组 BF、BV 灌注伪彩图,胰腺血供丰富
Figure 3 BF and BV color maps of two groups with abundant blood supply to the pancreas

注:A~B. 密集采集时间 1.5 s BF、BV 图;C~D. 密集采集时间 2.5 s BF、BV 图

时间越短、获得的期像越多越能反映组织灌注的真实情况,但这受到设备本身及辐射剂量的限制,第 3 代双源 CT 在腹部灌注根据灌注 Z 轴范围最快只能提供 1.5 s 或 2.5 s 的采集间隔时间,本研究回顾性收集了这两种采集方式一站式灌注数据,重建出最佳三期增强图、血管图以及计算正常胰腺各部位灌注参数值,并对三种模态的 CT 断数据进行比较发现,采用一站式成像技术主要优点在于多维度诊断信息的获取基于一次静脉注射下的扫描,无造影剂重复使用,简化临床流程,降低了受检者辐射剂量。更重要的是该方法对病灶进行了实时多期采样,扫描时间不依赖经验设置,可融合实现影像诊断任务所对应的最佳强化期像,避免由于个体循环差异,胰腺实质或胰周血管难以达到最佳强化效果的问题,对动脉早期强化病灶如

神经内分泌肿瘤检出率大大提升^[5,8,10],重建图像质量不低于或优于常规单期增强^[1,3-6,9],可作为常规 CT 检查进行应用。

但目前针对胰腺病变的具体融合期像数目研究不多^[4,5,15],李娟等^[15]研究表明采用 1.5 s 采集方式实现胰岛素瘤诊断任务的最佳融合期像数目为 5 期。本研究的创新点在于,不改变融合期相数设置 5 期,改变采集时间间隔从常见的 1.5 s 到 2.5 s,可期待通过这样的优化,2.5 s 采集模式下 3 期融合图更接近 1.5 s 采集模式下 5 期融合图。另一方面,本研究中采用时间平均法避免了大血管达到强化峰值时造影剂可能密度不均的问题^[16],基于最大密度投影法重建的血管图无造影剂填充不均。本研究结果也证实时间优化组和常规灌注组所有融合图像清晰,主动脉、胰腺及门静脉信噪比、对比噪声比差异均不明显,所有血管图均能支持变异血管评估,具有临床运用价值。本研究中采用的 CTP 去卷积模型通过 TDC 曲线转换剩余函数(Impulse residue function, IRF)得到目标器官灌注参数值,灌注参数的准确获取需同时满足两个条件:足够和高频的采集时间。造影剂随血流通过实质灌注的持续时间里,采集时间足够长保证了造影剂从血管内皮弥散至细胞间隙这一生理过程的动态平衡,采集时间越密集,其灌注数据集越接近血流动力学改变,反之可能会造成数据点的丢失。

本研究结果显示时间优化组容积数据获取的正常胰腺灌注参数值与常规灌注组差异不明显,说明扫描时相的适度变化可准确评估其血流特点, Li^[17]、余鑫等^[18]采用第 3 代双源 CT 胰腺灌注研究中采集总时长(40~53.5 s)低于本研究,密集扫描时间为 1.5 s,得到的各部位灌注参数值也与本研究接近。说明 75 s 的扫描时长及 2.5 s 密集采集时间间隔达到了足够以及高频的要求,这也符合灌注参数的计算是基于 TDC 曲线,而不是单个采集时间点的组织密度。Kalarakis 等^[19]研究表明 3.4 s 采集时间间隔可获取准确的肝肿瘤灌注参数。Konno 等^[5]研究中基于 320 排容积 CT 采用 3 s 密集采集时间间隔,得到的胰腺 BF 为(93.8±31.1) mL/(100 g·min),BV 为(38.8±18.0) mL/100g,与本研究明显不同,可能与扫描时间间隔、研究设备或是人种差异等相关。卞佳等^[20]研究显示脑灌注参数绝对值受时间间隔影响,这可能是由于算法、输入动脉不同。由此表明灌注参数值可能受其它多种因素影响,不同脏器因素干扰程度亦或不同。

本研究结果显示 A 组即常规一站式上腹灌注组平均有效辐射剂量为(8.73±0.90) mSv,低于既往报道辐射剂量(14.5 mSv~27.6 mSv)^[4,5,7],与于鑫^[13]

采用第 3 代双源 CT 辐射剂量相近。根据 B 组单位 Z 轴辐射剂量可推算出常规一站式上腹灌注组在保持原有扫描参数不变的设置下,由 2.5 s 密集扫描方案替代 1.5 s 密集扫描方案,平均有效剂量可减少约 22.8%,即 6.74 mSv,与第 3 代双源 CT 常规上腹增强 ED 较为接近(6.25±2.90) mSv^[1],说明该采集方式可进一步降低上腹部 dVPCT 辐射剂量,在临床运用中具有可行性。

本研究不足之处在于对比单一、存在偏倚,未拓展时间间隔范围,两组病人、各段扫描时相均不同。算法也只局限于去卷积法,未证实最大斜率算法该方案是否可行。亦另外是否对胰周脏器如肝脏、脾脏、肾脏等血流灌注值产生影响尚未明确,这有待进一步研究,以实现满足多脏器灌注诊断、数据分析以及血管成像需求的扫描及重建技术。

4 结论

基于第 3 代双源 CT 采用 1.5 s 和 2.5 s 密集采集方式的一站式 dVPCT 所获得的三期增强图、血管图及灌注参数值无明显差异,且后者可降低辐射剂量,使得上腹灌注辐射剂量接近第 3 代双源 CT 常规三期增强扫描辐射剂量,这有助于一站式上腹灌注 2.5 s 密集采集方式的推广应用。

【参考文献】

- [1] 明兵,兰茜琳,张仕勇,等.上腹部低辐射高浓度碘对比剂 CT 动态容积灌注成像取代常规应用的可行性[J].中华放射学杂志,2020,54(5):423-429.
- [2] 张仕勇,李洁,兰茜琳,等.急性胰腺炎局部并发症对上腹部多脏器微循环影响的初步研究[J].中华消化杂志,2020,40(6):387-392.
- [3] 张仕勇,明兵,兰茜琳,等.基于上腹部 CT 动态容积灌注扫描行动脉、门静脉及肾静脉三维融合成像[J].中国医学影像技术,2022,38(2):238-242.
- [4] WANG X, HENZLE T, GAWLITZA J, *et al.* Image quality of mean temporal arterial and mean temporal portal venous phase images calculated from low dose dynamic volume perfusion CT datasets in patients with hepatocellular carcinoma and pancreatic cancer[J]. Eur J Radiol, 2016,85(11):2104-2110.
- [5] LI J, CHEN XY, XU K, *et al.* Detection of insulinoma: one-stop pancreatic perfusion CT with calculated mean temporal images can replace the combination of bi-phasic plus perfusion scan[J]. Eur Radiol, 2020,30(8):4164-4174.
- [6] KONNO Y, HIRAKA T, KANOTO M, *et al.* Pancreatic perfusion imaging method that reduces radiation dose and maintains image quality by combining volumetric perfusion CT with multiphase contrast enhanced-CT[J]. Pancreatol, 2020,20(7):1406-1412.
- [7] 杜飞舟,顾明,关静,等.320 排容积 CT 上腹部一站式检查初步探讨[J].临床放射学杂志,2011,30(8):1206-1210.

- [8] 郝辉,万娅敏,高剑波.一站式 CT 灌注成像联合增强扫描用于胰腺神经内分泌肿瘤[J].中国医学影像技术,2020,36(1):91-95.
- [9] 邓锡佳,刘爱连,刘静红,等.宽体探测器 CT 胰腺轴位灌注“一站式”成像的可行性[J].中国医学影像技术,2017,33(6):938-943.
- [10] YAMAMIYA A, KITAMURA K, YOSHIDA H, *et al.* Prediction of the progression of walled-off necrosis in patients with acute pancreatitis on whole pancreatic perfusion CT[J]. J Hepatobiliary Pancreat, 2020, 27(10):739-746.
- [11] PAMIES-GUILABERT J, DEL VAL ANTONANA A, COL-LADO JJ, *et al.* Pancreatic necrosis volume - A new imaging biomarker of acute pancreatitis severity[J]. Eur J Radiol, 2020, 130:109193.
- [12] 覃岭,赵微,何峰,等.介入栓塞治疗重症急性胰腺炎伴假性动脉瘤破裂出血[J].西部医学,2021,33(7):1005-1009,1015.
- [13] 马晓璇,时惠平.CT 灌注成像用于胰腺癌研究进展[J].中国医学影像技术,2020,36(7):1101-1104.
- [14] 陈昉铭,吴文娟,张雷,等.多排螺旋 CT 检查多种成像技术联合血管侵犯三级评价法在胰腺癌术前评估中的应用价值[J].中华消化外科杂志,2018,17(7):752-758.
- [15] 李娟,陈新月,徐凯,等.灌注 CT 诊断胰岛素瘤最佳融合期相数目[J].中国医学科学院学报,2021,43(1):47-52.
- [16] 梁冬云,曾蒙苏,吴东,等.肝硬化 640 层 CT 肝灌注容积扫描肝血管成像的临床应用研究[J].放射学实践,2016,31(12):1205-1209.
- [17] LI P, DENG W, XUE H, *et al.* Weight-adapted ultra-low-dose pancreatic perfusion CT: radiation dose, image quality, and perfusion parameters [J]. Abdom Radiol (NY), 2019, 44(6):2196-2204.
- [18] 余鑫,陆泓宇,郑兴菊,等.第 3 代双源 CT 低剂量胰腺 CT 灌注成像初探[J].放射学实践,2019,34(5):518-524.
- [19] KALARAKIS G, PERISINAKIS K, AKOUMIANAKIS E, *et al.* CT liver perfusion in patients with hepatocellular carcinoma: can we modify acquisition protocol to reduce patient exposure? [J]. Eur Radiol, 2021, 31(3):1410-1419.
- [20] 卞佳,姜兴岳,殷志杰,等.双源 CT 降低时间分辨率对灌注图像影响的研究[J].中国医学计算机成像杂志,2012,18(6):553-556.

(收稿日期:2021-12-23;修回日期:2022-03-30;编辑:王小菊)

(上接第 286 页)

- [14] TAYLAN S B, BARISKANER H. Effects of dexmedetomidine and dexketoprofen on the conduction block of rat sciatic nerve [J]. Neural Regen Res, 2020, 15(5):929-935.
- [15] VANHAUWAERT D J, COUVREUR T, VANDEBROEK A, *et al.* Conscious Sedation Using Dexmedetomidine During Surgical Paddle Lead Placement Improves Outcome in Spinal Cord Stimulation: A Case Series of 25 Consecutive Patients[J]. Neuromodulation, 2021, 24(8):1347-1350.
- [16] 张健,涂青,钱江,等.右美托咪定用于脊柱手术中唤醒试验:一项基于随机、安慰剂对照试验的 Meta 分析[J].国际麻醉学与复苏杂志,2019,40(10):944-950.
- [17] 李亚明,李学婷.瑞芬太尼复合吸入不同浓度七氟烷对脊柱侧弯矫正术中唤醒试验的影响[J].中国校医,2019,33(8):613-615.
- [18] ZHAO J, LIAO C, WU Q, *et al.* Evaluation of ropivacaine combined with dexmedetomidine versus ropivacaine alone for epidural anesthesia: A meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(14):e25272.
- [19] LI J, LI Y, HUANG Z. Effect of dexmedetomidine on analgesia and sedation of sufentanil during anesthesia induction period of gynecological surgery[J]. Pak J Pharm Sci, 2020, 33(1):429-432.
- [20] 刘倩,祖翠华.右美托咪定联合羟考酮多模式镇痛在脊柱侧弯矫正术中的应用价值[J].现代中西医结合杂志,2019,28(35):3956-3959.
- [21] 胡丽君,吴瑶,孙玉娥,等.右美托咪定复合丙泊酚与舒芬太尼麻醉在脊柱侧弯矫正术后应用价值分析[J].临床军医杂志,2020,48(4):411-412.
- [22] 张琦,张修德.右美托咪定对老年腹部手术患者血流动力学、应激反应以及苏醒质量的影响[J].中国现代普通外科进展,2021,24(8):657-659.
- [23] 何旭秀,曲宁,范文娟.纳布啡联合舒芬太尼对西宁地区老年髋关节置换术患者围术期应激反应和苏醒期躁动的影响[J].川北医学院学报,2022,37(1):67-70.
- [24] 邓雪峰,常其敏,朱延浩.舒芬太尼联合盐酸右美托咪定对脊椎手术术后应激反应的影响[J].中国临床药理学杂志,2019,35(17):1851-1853,1857.

(收稿日期:2022-02-25;修回日期:2022-04-11;编辑:王小菊)