

第 3 代双源 CT 低剂量胰腺 CT 灌注成像初探

余鑫, 陆泓宇, 郑兴菊, 王玉权, 张小勇, 唐滢, 张媛, 王荣品

【摘要】 目的:探讨第 3 代双源 CT 低剂量胰腺灌注成像的参数特点及可靠性。**方法:**前瞻性收集 24 例正常胰腺受检者,行上腹部增强 CT 及 CT 胰腺灌注检查,按不同低剂量扫描方案,将受检者随机分成两组(A 组:管电压 70 kV,管电流 100 mA,进行 27 次连续动态数据采集;B 组:管电压 80 kV,管电流 80 mA,进行 29 次连续动态数据采集),每组 12 例。由两位放射科医师独立测量胰腺头部、体部、尾部的血流量(BF)、血容量(BV)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)和表面通透性(PS),记录、计算辐射剂量并进行统计学分析。**结果:**两位观察者测得各部位所有灌注参数的一致性良好(ICC 均 >0.75);A 组各参数值的 ICC 分别为:BF(0.949~0.968)、BV(0.941~0.977)、MTT(0.843~0.873)、PS(0.857~0.944)、TTP(0.859~0.897);B 组各参数值的 ICC 分别为:BF(0.908~0.984)、BV(0.858~0.974)、MTT(0.837~0.955)、PS(0.909~0.964)、TTP(0.783~0.944)。正常胰腺头部、体部和尾部的不同参数之间及 A、B 两组的胰腺组织血流灌注参数之间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05);各灌注参数的测量值及统计学分析结果:BF:139.36~155.43 mL/(100 mL·min), $F=0.417$, $P=0.835$;BV:16.86~18.90 mL/100 mL, $F=0.308$, $P=0.906$;MTT:7.27~8.41 s, $F=1.819$, $P=0.121$;PS:66.76~77.32 mL/(100 mL·min), $F=0.430$, $P=0.826$;TTP:7.41~8.51 s, $F=2.293$, $P=0.055$ 。两个年龄组(<60 岁组、 ≥ 60 岁组)的胰腺组织灌注参数差异无统计学意义($P>0.05$);两个年龄组各灌注参数的测量值及统计学分析结果:BF:(138.39 $\pm$ 41.43)vs(143.30 $\pm$ 43.69) mL/(100 mL·min), $P=0.106$;BV:(17.52 $\pm$ 5.08)vs(18.44 $\pm$ 4.59) mL/100 mL, $P=0.647$;MTT:(7.92 $\pm$ 0.99)vs(7.76 $\pm$ 1.71) s, $P=0.784$;PS:(67.70 $\pm$ 23.16)vs(72.61 $\pm$ 17.46) mL/(100 mL·min), $P=0.569$;TTP:(8.08 $\pm$ 0.77)vs(7.97 $\pm$ 1.42) s, $P=0.819$ 。不同性别间胰腺组织灌注参数除 MTT[女性为(7.33 $\pm$ 1.20) s,男性为(8.69 $\pm$ 1.17) s, $P=0.013$]差异有统计学意义外,其余参数差异均无统计学意义($P>0.05$);两组间各灌注参数的测量值及统计学分析结果:BF:(133.01 $\pm$ 29.53)vs(145.23 $\pm$ 39.32) mL/(100 mL·min), $P=0.341$;BV:(19.01 $\pm$ 4.76)vs(17.31 $\pm$ 4.83) mL/100 mL, $P=0.411$;PS:(71.40 $\pm$ 27.70)vs(69.08 $\pm$ 15.72) mL/(100 mL·min), $P=0.795$;TTP:(8.58 $\pm$ 1.08)vs(7.70 $\pm$ 0.99) s, $P=0.053$ 。灌注期有效辐射剂量:A 组 DLP 为 616.7 mGy·cm,有效辐射剂量为 9.25 mSv;B 组 DLP 为 871.7 mGy·cm,有效辐射剂量为 13.07 mSv。**结论:**第 3 代双源 CT 可实现胰腺低剂量灌注扫描,并能获得稳定、重复性好的灌注参数值。

【关键词】 第 3 代双源 CT; 胰腺; CT 灌注; 低剂量; 体层摄影术, X 线计算机; 辐射剂量

【中图分类号】 R576; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)05-0518-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.05.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The preliminary study of low dose pancreatic perfusion CT on third-generation dual-source CT YU Xin, LU Hong-yu, ZHENG Xing-ju, et al. Department of Radiology, Guizhou Provincial People's Hospital, Key Laboratory of Intelligent Medical Imaging Analysis and Accurate Diagnosis, Guiyang 550002, China

【Abstract】 Objective: To study the characteristics of the normal pancreas measured by low-dose pancreatic CT perfusion on a third-generation dual-source CT, and to evaluate the reliability of CT perfusion parameters. **Methods:** Twenty-four subjects with normal pancreas underwent upper abdominal CT enhanced scan and low-dose whole pancreas CT perfusion scan. The subjects were randomly divid-

作者单位: 550002 贵阳, 贵州省人民医院放射科, 贵州省智能医学影像分析与精准诊断重点实验室

作者简介: 余鑫(1991-), 男, 贵阳人, 硕士, 主治医师, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 王荣品, E-mail: wangrongpin@126.com

ed into two groups according to different scanning schemes (group A:70kV,100mA;group B:80kV,80mA). In addition, they were grouped according to age and sex. Blood flow (BF), blood volume (BV), mean transit time (MTT), time to peak (TTP) and permeability of surface (PS) in the head, body and tail of pancreas were measured independently by two radiologists. Effective radiation dose was calculated and statistically analyzed. **Results:** The good consistency was observed in all perfusion parameters between two groups (all ICC>0.75):BF [(139.36±38.53)mL/(100mL·min)~(155.43±23.27)mL/(100mL·min), $F=0.417$, $P=0.835$],BV[(16.86±3.03)mL/100mL~(18.90±5.94)mL/100mL, $F=0.308$, $P=0.906$],MTT[(7.27±1.41)s~(8.41±1.03)s, $F=1.819$, $P=0.121$],PS[(66.76±17.10)mL/(100mL·min)~(77.32±23.19)mL/(100mL·min), $F=0.430$, $P=0.826$],TTP[(7.41±1.00)s~(8.51±0.96)s, $F=2.293$, $P=0.055$]. There was no significant statistical difference for BF、BV、MTT、TTP and PS of the head, body and tail of the normal pancreas, and no significant difference on CT perfusion parameters between group A and group B ($P>0.05$): BF [(139.36±38.53)mL/(100mL·min)~(155.43±23.27)mL/(100mL·min), $F=0.417$, $P=0.835$],BV[(16.86±3.03)mL/100mL~(18.90±5.94)mL/100mL, $F=0.308$, $P=0.906$],MTT[(7.27±1.41)s~(8.41±1.03)s, $F=1.819$, $P=0.121$],PS[(66.76±17.10)mL/(100mL·min)~(77.32±23.19)mL/(100mL·min), $F=0.430$, $P=0.826$],TTP[(7.41±1.00)s~(8.51±0.96)s, $F=2.293$, $P=0.055$]. There was no statistical difference in all perfusion parameters between different age groups (≥ 60 years old, < 60 years old) ($P>0.05$):BF[(138.39±41.43)mL/(100mL·min) vs (143.30±43.69)mL/(100mL·min), $P=0.106$],BV[(17.52±5.08)mL/100mL vs (18.44±4.59)mL/100mL, $P=0.647$],MTT[(7.92±0.99)s vs (7.76±1.71)s, $P=0.784$],PS[(67.70±23.16)mL/(100mL·min) vs (72.61±17.46)mL/(100mL·min), $P=0.569$],TTP[(8.08±0.77)s vs (7.97±1.42)s, $P=0.819$]. No statistically significant differences in all perfusion parameters were noted between male and female groups ($P>0.05$): BF[(133.01±29.53)mL/(100mL·min) vs (145.23±39.32)mL/(100mL·min), $P=0.341$],BV[(19.01±4.76)mL/100mL vs (17.31±4.83)mL/100mL, $P=0.411$],PS[(71.40±27.70)mL/(100mL·min) vs (69.08±15.72)mL/(100mL·min), $P=0.795$],TTP[(8.58±1.08)s vs (7.70±0.99)s, $P=0.053$], except for the MTT between male (8.69±1.17s) and female (7.33±1.20s). The effective radiation dose of the whole pancreas CT perfusion of Group A and Group B were 9.25 and 13.07mSv (DLP 616.7 and 871.7mGy·cm), respectively. **Conclusion:** Low-dose pCTP is feasible on third-generation dual-source CT, which can obtain stable and reproducible perfusion parameters.

[Key words] Third-generation dual-source CT; Pancreas; CT perfusion; Low dose; Tomography, X-ray computed; Radiation dosage

CT灌注成像(CT Perfusion, CTP)是一种快速发展的定性评价组织器官血流灌注的影像学技术。对于胰腺疾病的患者,CTP可用于早期疾病的诊断,肿瘤疗效和预后评估等^[1-3]。尽管CTP有着良好的应用前景,但因辐射剂量及可重复性等因素的影响,使得胰腺CTP的临床应用受限。随着CT技术的发展,第3代双源CT可完成全器官灌注扫描和动态血流的评估,配合低管电压及迭代重建等技术,可减少图像噪声,提高诊断符合率^[4]。本研究通过评估不同低剂量模式扫描下正常胰腺的灌注特点、各组灌注参数之间的差异性以及组间的一致性,旨在探讨第3代双源CT低剂量胰腺CT灌注成像的可行性,为以后胰腺疾病CT灌注的诊断和评估提供对照和基础依据。

材料与方法

1. 病例资料

前瞻性搜集我院2016年8月—2017年10月行正常胰腺第3代双源CT灌注扫描的24例患者,将24例受检者按剂量扫描方案不同,随机分成A、B两组(每组12例),A组:管电压70kV,管电流100mA,进行27次连续动态数据采集;B组:管电压80kV,管电流80mA,进行29次连续动态数据采集。病例排除标准为严重心、肾功能不全、体质指数(Body Mass Index, BMI)>28 kg/m²及不能配合检查者。24例受检者中男15例,女9例,年龄35~73岁,平均(55.75±13.69)岁。将24例受检者按年龄分为两组:<60岁

组 13 例及 ≥ 60 岁组 11 例。本研究经医院伦理委员会批准,所有受检者均签订知情同意书。

2. 检查方法

CT 检查采用西门子第 3 代双源 CT (Somatom Definition Force; Siemens Healthcare, Forchheim, Germany)。所有受检者于检查前 3~6 h 禁食,检查前 30 min 嘱其饮清水 600~800 mL,使胃腔充盈,减少气体伪影干扰。检查开始前对受检者进行浅慢呼吸及屏气训练,并应用加压腹带以减少患者呼吸运动伪影。先行上腹部平扫,扫描范围从横膈至双肾下。平扫完成后根据平扫所示确定胰腺灌注扫描范围。灌注扫描采用 DynMulti 4D 模式, A 组扫描参数:管电压 70 kV,管电流 100 mA,进行 27 次连续动态数据采集,每 1.5 s 间隔采集 1 次,总灌注扫描时间为 40.91 s; B 组扫描参数:管电压 80 kV,管电流 80 mA,进行 29 次连续动态数据采集,每 1.5 s 间隔采集 1 次获得 26 期图像,然后每 6 s 间隔采集一次,获得 3 期图像;总灌注扫描时间为 53.03 s。两组扫描范围均为 176 mm,开启 CARE Dose 模式,扫描层厚为 3 mm (准直 192×0.6 mm),重建层厚 3 mm,重建层间距 3 mm。采用双筒高压注射器经肘前静脉注射非离子型对比剂碘帕醇 (浓度 370 mg I/mL,剂量 50 mL,流率 5 mL/s) 和生理盐水 (剂量 40 mL,流率 5 mL/s)。在对比剂注射 10 s 后开始行灌注扫描。灌注结束后 30 min 行上腹部诊断性常规增强扫描,扫描参数:管电压 120 kV,管电流

250 mAs,层厚 5.0 mm,分别于注射对比剂后 25~30 s 和 70~75 s 采集动脉期和门脉期图像。

3. 图像处理与分析

将所有受检者的灌注扫描图像传入西门子 Syngo-via 工作站,应用 Body Perfusion 软件体部灌注模式进行后处理。输入动脉选择胰腺层面腹主动脉,经过工作站后处理获得各灌注参数图。测量时分别选取胰头、体及尾部的最大横轴面作为兴趣区 (region of interest, ROI),并避开胰管、血管及边缘部分,分别计算各 ROI 的时间-密度曲线 (time density curve, TDC) 和灌注参数,包括血流量 (blood flow, BF)、血容量 (blood volume, BV)、平均通过时间 (mean transit time, MTT)、表面通透性 (permeability surface, PS) 和达峰时间 (time to peak, TTP),每部分重复测量 3 次,取平均值以减少测量误差 (图 1、2)。最后记录每例受检者的 CT 容积剂量指数 (CT dose index volume, CTDIvol) 和剂量长度乘积 (dose-length product, DLP),并计算相应的有效剂量 (effective dose, ED)。

4. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。计量数据以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 分析 2 位观察者间测量 CTP 参数的一致性, $ICC > 0.75$ 为一致性良好。各组胰腺内各部位灌注测量值及不同组间胰腺各部位

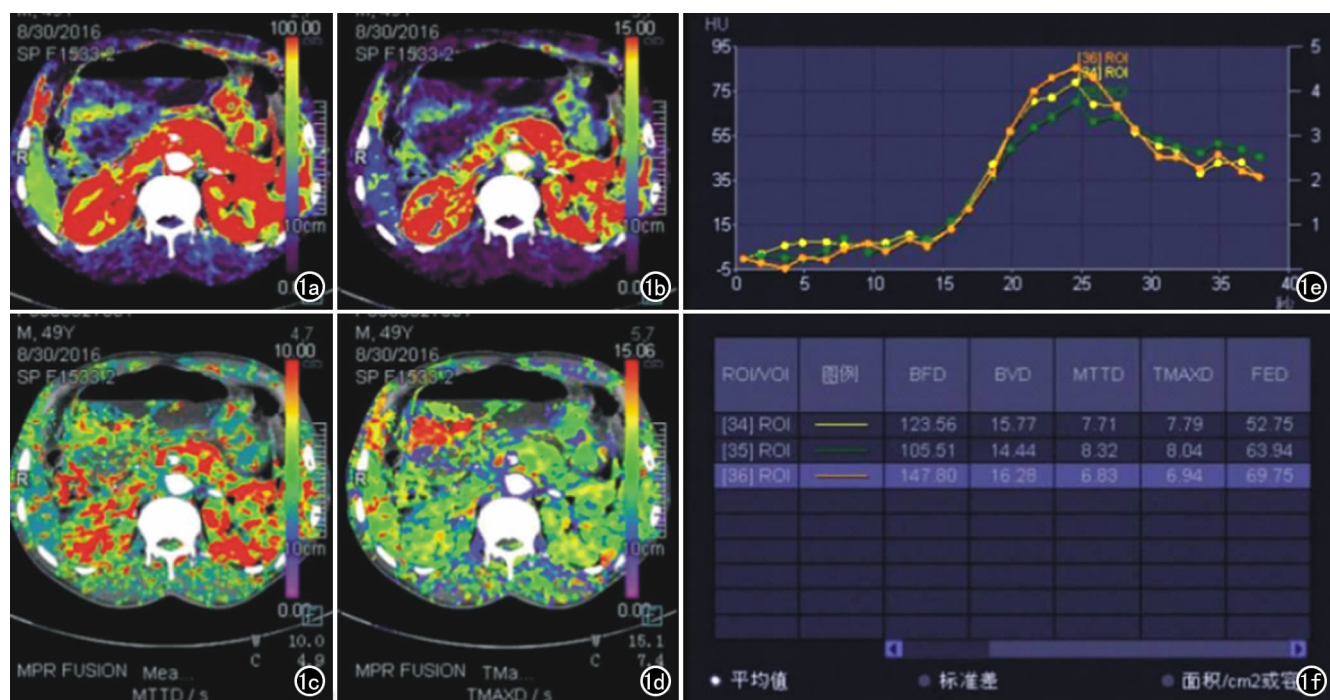


图 1 男, 49 岁。低剂量正常胰腺扫描参数: 管电压 70 kV, 管电流 100 mA, 1a~1d 为灌注伪彩图及灌注参数。1e~1f 为胰腺 TDC 图及灌注参数。a) 正常胰腺 BF 伪彩图; b) 正常胰腺 BV 伪彩图; c) 正常胰腺 MTT 伪彩图; d) 正常胰腺 TTP 伪彩图; e) 正常胰腺 TDC 曲线; f) 正常胰腺灌注参数值。

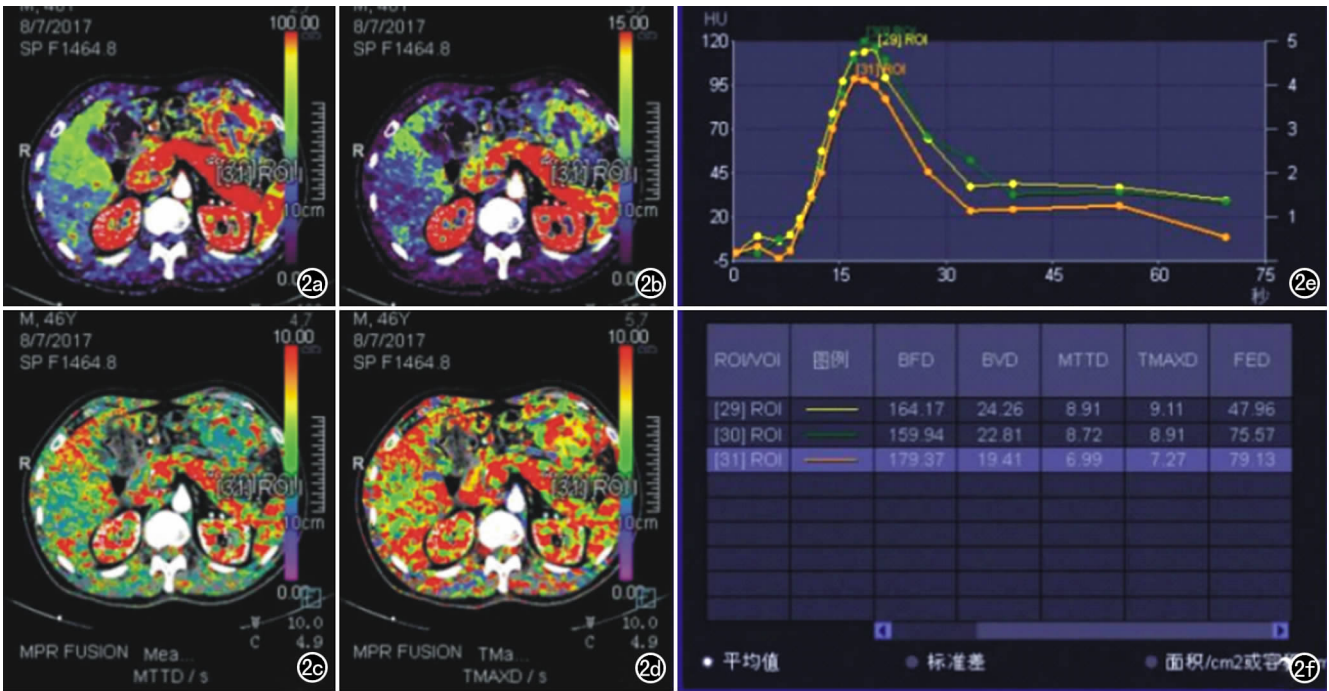


图 2 男,46 岁。低剂量正常胰腺扫描参数:管电压 80 kV,管电流 80mA,2a~2d 为灌注伪彩图及灌注参数。2e~2f 为胰腺 TDC 图及灌注参数。a)正常胰腺 BF 伪彩图;b)正常胰腺 BV 伪彩图;c)正常胰腺 MTT 伪彩图;d)正常胰腺 TTP 伪彩图;e)正常胰腺 TDC 曲线;f)正常胰腺灌注参数值。

测量值的比较采用单因素方差分析。不同性别、年龄组间数据的比较采用独立样本 *t* 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

两位观察者对胰腺各部位(胰头、体、尾部)测得各灌注参数值(BF、BV、MTT、PS、TTP)的一致性良好($ICC>0.75$),A 组各测量值的 ICC 分别为:BF(0.949~0.968)、BV(0.941~0.977)、MTT(0.843~0.873)、PS(0.857~0.944)、TTP(0.859~0.897);B 组各测量值的 ICC 分别为:BF(0.908~0.984)、BV(0.858~0.974)、MTT(0.837~0.955)、PS(0.909~0.964)、TTP(0.783~0.944,表 1)。

表 1 胰腺各部位 CTP 参数的 ICC 值

灌注参数	胰头	胰体	胰尾
A 组			
BF	0.967	0.968	0.949
BV	0.941	0.977	0.959
MTT	0.843	0.868	0.873
PS	0.857	0.944	0.878
TTP(s)	0.889	0.897	0.859
B 组			
BF	0.952	0.984	0.908
BV	0.951	0.976	0.858
MTT	0.837	0.845	0.955
PS	0.917	0.964	0.909
TTP	0.783	0.791	0.944

取两位观察者的平均值进行后续统计分析。正常

胰腺头部、体部和尾部的不同参数之间及 A、B 两组的胰腺组织血流灌注参数之间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05 ,表 2)。各灌注参数的测量值及统计学分析结果:BF:139.36~155.43 mL/(100 mL·min), $F=0.417$, $P=0.835$;BV:16.86~18.90 mL/100 mL, $F=0.308$, $P=0.906$;MTT:7.27~8.41 s, $F=1.819$, $P=0.121$;PS:66.76~77.32 mL/(100 mL·min), $F=0.430$, $P=0.826$;TTP:7.41~8.51 s, $F=2.293$, $P=0.055$ 。

再取胰体部灌注参数进行不同性别组与年龄组的统计分析: <60 岁组的平均年龄为(45.38±9.14)岁,≥60 岁组的平均年龄为(68.0±5.12)岁,两个年龄组的胰腺组织灌注参数差异均无统计学意义($P>0.05$,表 3)。 <60 岁组和 ≥60 岁组各灌注参数的测量值及统计学分析结果:BF:(138.39±41.43) vs (143.30±43.69) mL/(100 mL·min), $P=0.106$;BV:(17.52±5.08) vs (18.44±4.59) mL/100 mL, $P=0.647$;MTT:(7.92±0.99) vs (7.76±1.71) s, $P=0.784$;PS:(67.70±23.16) vs (72.61±17.46) mL/(100 mL·min), $P=0.569$;TTP:(8.08±0.77) vs (7.97±1.42) s, $P=0.819$ 。

不同性别间胰腺组织灌注参数除 MTT[女性为(7.33±1.20) s,男性为(8.69±1.17) s, $P=0.013$]差异有统计学意义外,其余参数差异均无统计学意义($P>0.05$,表 4)。两组间各灌注参数的测量值及统

表 2 胰腺不同部位及不同低剂量扫描模式的灌注参数比较

灌注参数	A 组			B 组			F 值	P 值
	胰头	胰体	胰尾	胰头	胰体	胰尾		
BF[mL/(100 mL·min)]	144.00±23.16	142.09±32.95	155.43±23.27	139.51±38.53	139.20±39.84	139.36±38.95	0.417	0.835
BV(mL/100 mL)	16.86±3.03	16.99±3.24	17.54±3.98	17.64±4.73	18.90±5.94	17.73±5.39	0.308	0.906
MTT(s)	7.46±1.00	7.27±1.41	7.36±1.03	8.23±1.33	8.41±1.03	7.73±1.40	1.819	0.121
TTP(s)	7.52±1.08	7.53±1.02	7.41±1.00	8.43±1.41	8.51±0.96	7.93±1.11	2.293	0.055
PS[mL/(100 mL·min)]	73.57±16.81	66.76±17.10	70.17±12.43	77.32±23.19	73.13±23.67	75.23±22.91	0.430	0.826

表 3 不同年龄组胰腺组织的 CTP 参数比较

灌注参数	<60 岁组(n=13)	≥60 岁组(n=11)	t 值	P 值
BF[mL/(100 mL·min)]	138.39±41.43	143.30±43.69	-1.67	0.106
BV(mL/100 mL)	17.52±5.08	18.44±4.59	-0.46	0.647
MTT(s)	7.92±0.99	7.76±1.71	0.277	0.784
PS[mL/(100 mL·min)]	67.70±23.16	72.61±17.46	-0.578	0.569
TTP(s)	8.08±0.77	7.97±1.42	0.232	0.819

表 4 不同性别胰腺组织的 CTP 参数比较

灌注参数	女性(n=9)	男性(n=15)	t 值	P 值
BF[mL/(100 mL·min)]	133.01±29.53	145.23±39.32	0.803	0.431
BV(mL/100 mL)	19.01±4.76	17.31±4.83	-0.839	0.411
MTT(s)	8.69±1.17	7.33±1.20	-2.711	0.013
PS[mL/(100 mL·min)]	71.40±27.70	69.08±15.72	-0.264	0.795
TTP(s)	8.58±1.08	7.70±0.99	-2.05	0.053

计学分析结果:BF:(133.01±29.53)vs(145.23±39.32) mL/(100 mL·min), $P=0.341$;BV:(19.01±4.76)vs(17.31±4.83) mL/100 mL, $P=0.411$;PS:(71.40±27.70)vs(69.08±15.72) mL/(100 mL·min), $P=0.795$;TTP:(8.58±1.08)vs(7.70±0.99) s, $P=0.053$ 。

灌注期有效辐射剂量分别为:A 组 DLP 为 616.7 mGy·cm,有效辐射剂量为 9.25 mSv;B 组 DLP 为 871.7 mGy·cm,有效辐射剂量为 13.07 mSv。

讨 论

1. 低剂量 CTP 的研究价值及应用现状

CTP 是一种无创的影像学功能成像技术,既可反映组织器官的形态结构变化,又可通过测量兴趣区的灌注参数来反映靶器官的血流动力学改变^[5]。随着 Miles 等^[6]在 1995 年首次将这种技术应用于胰腺中,已有许多关于胰腺 CTP 的研究报道^[7-11],目前对胰腺灌注的研究主要集中于胰腺肿瘤良恶性诊断及鉴别诊断、预后评估及胰腺疾病的早期诊断,其临床价值已经逐渐被认可。

根据辐射防护最优化原则(as low as reasonable achievable,ALARA)的要求,在进行 CT 检查时要尽可能降低受检者所接受的辐射剂量。由于 CT 灌注是一个多期动态扫描的过程,患者在检查过程中所接受的辐射剂量会较常规增强 CT 明显增加,其潜在的危害(主要是辐射致癌)引起各方关注。

CT 灌注的辐射剂量与以下 3 个因素有关:扫描

时间、管电压、管电流。在 CT 灌注扫描过程中通过增加间隔时间,限制扫描次数,可在降低辐射剂量的同时减少运动伪影,间接增加 CTP 的可重复性^[12]。由于辐射剂量与管电压的平方成正比,因此降低管电压能最有效地降低辐射剂量。尽管降低管电压会降低 X 线辐射剂量,导致图像噪声增加,但也提高了图像中组织的对比度,在使用对比剂后,病灶与正常组织间的对比更明显,更有利于病变的检出。有学者将管电压从 120 kV 降到 80 kV,进行腹部低剂量 CT 研究,结果表明低管电压组噪声增加,但不影响图像的信噪比和整体质量,辐射剂量降低了 37%~42%^[13-14]。但是,降低管电压可能会导致组织器官 CT 值的改变,从而影响灌注参数计算的准确性,而降低管电流不会影响 CT 值^[15]。第 3 代双源 CT 采用高级模拟迭代重建(advanced modeled iterative reconstruction, ADMIRE)技术,综合了原始数据域、图像域和模型域 3 个方面的统计数据,可提高图像信噪比,保证图像的空间分辨率和原始结构,对于微小病变的边缘显示更具优势。因此,在 CT 灌注检查中使用迭代重建算法与低管电压、管电流相结合的扫描方式,在保证图像质量的同时还可大幅降低辐射剂量^[16-17]。

对于肿瘤放化疗疗效目前常使用实体瘤疗效标准(Response Evaluation Criteria in Solid Tumors,RECIST)进行评估,但这些标准仅将肿瘤形态学变化作为观察指标,而目前新兴的抗肿瘤化疗药(如靶向药),其主要作用于肿瘤的新生血管,在治疗初期其体积变化不明显甚至变大,这就为通过影像学来正确评估肿

瘤治疗疗效带来了挑战^[18]。CT 灌注作为一种无创性的评价组织器官血管灌注状态的影像学方法,其在治疗早期即可敏感反映血流情况的变化,对肿瘤疗效及预后评估有很大的帮助。但 CTP 参数测量误差与抗肿瘤药物疗效的参数变化存在一定程度的重叠,这就需要对参数基线值的变异性即可重复性进行评价^[19]。以往的 CT 灌注在长轴方向上覆盖的范围有限,无法将整个胰腺或者较大的胰腺占位完整扫描,导致其测量参数的可重复性存在差异。CT 灌注参数的基线值变异性应尽可能小,这样任何灌注参数上的微小变化都能被敏感地用来反映肿瘤疗效。第 3 代双源 CT 灌注扫描其长轴扫描范围最大覆盖 80 cm,可完成全器官灌注扫描和动态血流评估,同时采用了个性化的低剂量扫描参数及最新的图像后处理技术,可在获得稳定的参数基线值的同时有效降低辐射剂量^[20]。

本研究将以上因素均纳入考虑范畴,调整优化了扫描参数,通过对比两不同低剂量扫描组胰腺灌注参数的差异性、一致性来评估低剂量灌注成像的可行性及可重复性。

2. 低剂量胰腺 CTP 结果分析

胰头部主要由胰十二指肠上动脉、胰十二指肠下动脉供血,两者在胰头的前后部形成动脉弓;胰体尾部的血液供应主要来自胰背动脉、胰横动脉、胰大动脉及胰尾动脉。CTP 成像经多次同层连续动态扫描后可获得该层面内每一像素的时间-密度曲线,其反映了对比剂在扫描器官中浓度的变化,也间接反映了该组织器官血流灌注的变化。本研究对两不同低剂量组共 24 例正常胰腺的灌注特点进行了研究,结果显示两组间的灌注参数差异无统计学意义,且胰头、体、尾间各参数的差异亦无统计学意义(P 值均 >0.05)。本研究采用去卷积法测得正常胰腺实质的灌注参数:BF 为 $139.5 \sim 155.43 \text{ mL}/(100 \text{ mL} \cdot \text{min})$,BV 为 $16.86 \sim 18.90 \text{ mL}/100 \text{ mL}$,MTT 为 $7.27 \sim 8.41 \text{ s}$,TTP 为 $7.41 \sim 8.51 \text{ mL}/(100 \text{ mL} \cdot \text{min})$,PS 为 $66.76 \sim 77.32 \text{ s}$,所得测量值与既往报道相近^[3,9,21,22]。本研究结果同时说明了胰腺各供血动脉间的吻合丰富,胰腺各部血供灌注均匀;另一方面也间接说明了低剂量 CT 灌注成像在胰腺中的可行性,这是因为 CT 灌注反映的是对比剂在组织器官中浓度的变化,低剂量扫描仅会降低原始图像质量,但不会影响灌注参数值。本研究对两位观察者的一致性进行检验,结果显示两位观察者对同一组数据进行测量得到的测量值的一致性良好,可重复性高。年龄和性别的差异可能导致个体间胰腺生理机能的改变,本组研究对象中不同年龄组胰腺组织灌注参数的差异无统计学意义($P>0.05$);不同性别的胰腺组织灌注参数中除 MTT 差异有统计

学意义($P<0.05$)外,其余参数差异均无统计学意义($P>0.05$),这与邓锡佳等^[23]的研究结果一致。

本研究两低剂量组灌注扫描的辐射剂量分别为: A 组 DLP 为 $616.7 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$,有效辐射剂量为 9.25 mSv ,B 组 DLP 为 $871.7 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$,有效辐射剂量为 13.07 mSv 。与以往的研究相比,辐射剂量降低了 $40\% \sim 55\%$ ^[4,22]。

正常胰腺 CTP 的扫描方案、参数范围尚有争议,不同文献其研究结果的差异可能源于研究条件、研究对象的不同。本研究中胰腺低剂量 CT 灌注使用第 3 代双源 CT,未考虑到不同机型对灌注参数、后处理软件对胰腺灌注最终结果的影响。由此看来,对灌注扫描参数标准的统一,将势在必行。

综上所述,第 3 代双源 CT 低剂量胰腺灌注成像,使用不同低剂量扫描模式得到的胰腺不同部位的灌注参数差异无统计学意义,且可重复性高,为以后更多关于低剂量胰腺病变灌注的研究提供了数据基础。

参考文献:

- [1] Zhu L, Wu WM, Xue HD, et al. Sporadic insulinomas on volume perfusion CT: dynamic enhancement patterns and timing of optimal tumour-parenchyma contrast[J]. Eur Radiol, 2017, 27(8): 1-8.
- [2] Kim DW, Kim HJ, Kim KW, et al. Prognostic value of CT findings to predict survival outcomes in patients with pancreatic neuroendocrine neoplasms: a single institutional study of 161 patients[J]. Eur Radiol, 2016, 26(5): 1320-1329.
- [3] Yadav AK, Sharma R, Kandasamy D, et al. Perfusion CT: can it predict the development of pancreatic necrosis in early stage of severe acute pancreatitis? [J]. Abdom Imaging, 2015, 40(3): 488-499.
- [4] Wang X, Henzler 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 cancers[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(11): 2104-2110.
- [5] Miles KA, Hayball M, Dixon AK, et al. Colour perfusion imaging: a new application of computed tomography[J]. Lancet, 1991, 337(8742): 643-645.
- [6] Miles KA, Hayball MP, Dixon AK. Measurement of human pancreatic perfusion using dynamic computed tomography with perfusion imaging[J]. Br J Radiol, 1995, 68(809): 471-475.
- [7] Li HO, Sun C, Xu ZD, et al. Low-dose whole organ CT perfusion of the pancreas: preliminary study[J]. Abdom Imaging, 2014, 39(1): 40-47.
- [8] Pieńkowska J, Gwodziwicz K, Skrobisz-Balandowska K, et al. Perfusion-CT - can we predict acute pancreatitis outcome within the first 24 hours from the onset of symptoms? [J]. Plos One, 2016, 11(1): e0146965.
- [9] 芦军涛, 李剑, 李娜, 等. 正常胰腺双源 CT 灌注成像定量分析及应用研究[J]. 实用放射学杂志, 2015, 30(5): 755-758.
- [10] 赵常红, 郝粉娥, 刘挨师, 等. 胰腺癌定量双能 CT 碘图与 CT 灌

- 注参数相关性研究[J]. 放射学实践, 2018, 33(6): 587-592.
- [11] 张喜荣, 黄小华, 董国礼, 等. 基于原发性肝癌血流再分布的胰腺灌注变化的 CT 研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(12): 1443-1447.
- [12] Kambadakone AR, Sharma A, Catalano OA, et al. Protocol modifications for CT perfusion (CTp) examinations of abdomen-pelvic tumors; impact on radiation dose and data processing time [J]. Eur Radiol, 2011, 21(6): 1293-1300.
- [13] Nakaura T, Kidoh M, Nakamura S, et al. Low -dose abdominal CT protocols with a tube voltage setting of 100kVp or 80kVp; performance of radiation dose reduction and influence on visual contrast[J]. Clin Radiol, 2014, 69(8): 804-811.
- [14] Tang K, Wang L, Li R, et al. Effect of low tube voltage on image quality, radiation dose, and low-contrast detectability at abdominal multidetector CT; phantom study[J]. J Biomed Biotechnol, 2012, 2012: 130-169.
- [15] Watanabe S, Katada Y, Gohkyu M, et al. Liver perfusion CT during hepatic arteriography for the hepatocellular carcinoma; dose reduction and quantitative evaluation for normal- and ultralow-dose protocol[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(12): 3993-3997.
- [16] Niesten JM, VD Schaaf IC, Riordan AJ, et al. Radiation dose reduction in cerebral CT perfusion imaging using iterative reconstruction[J]. Eur Radiol, 2014, 24(2): 484-493.
- [17] Prezzi D, Goh V, Viridi S. Adaptive statistical iterative reconstruction improves image quality without affecting perfusion CT quantitation in primary colorectal cancer[J]. Eur J Radiol Open, 2017, 4(1): 69-74.
- [18] Hayes SA, Pietanza MC, O'Driscoll D, et al. Comparison of CT volumetric measurement with RECIST response in patients with lung cancer[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(3): 524-533.
- [19] Sauter AW, Merkle A, Schulze M, et al. Intraobserver and inter-observer agreement of volume perfusion CT (VPCT) measurements in patients with lung lesions[J]. Eur J Radiol, 2012, 81(10): 2853-2859.
- [20] Gawlitza J, Haubenreisser H, Meyer M, et al. Comparison of organ-specific-radiation dose levels between 70kVp perfusion CT and standard tri-phasic liver CT in patients with hepatocellular carcinoma using a Monte-Carlo-Simulation-based analysis platform[J]. Eur J Radiol Open, 2016, 7(3): 95-99.
- [21] Xu J, Liang Z, Hao S, et al. Pancreatic adenocarcinoma; dynamic 64-slice helical CT with perfusion imaging[J]. Abdom Imaging, 2009, 34(6): 759-766.
- [22] d'Assignies G, Couvelard A, Bahrami S, et al. Pancreatic endocrine tumors; tumor blood flow assessed with perfusion CT reflects angiogenesis and correlates with prognostic factors[J]. Radiology, 2009, 250(2): 407-416.
- [23] 邓锡佳, 刘爱连, 刘静红, 等. 正常胰腺宽体探测器单源双能 CT 灌注成像初探[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(7): 988-992.

(收稿日期: 2018-08-28 修回日期: 2018-11-23)

下期要目

¹H-磁共振波谱成像诊断兔血吸虫肝纤维化
鼻咽癌放疗早期涎腺 DWI 变化及其与放疗后
口干程度相关性
年龄与性别对心脏形态学影响多排螺旋 CT 测量研究
乳腺癌的 MRI 间接征象与淋巴结转移相关性
全模型迭代重建对肝硬化门静脉图像质量的影响
卵巢甲状腺肿的 CT 和 MRI 表现
胎儿肺囊性病变的磁共振表现

辐射剂量和机型对瞬时 kVp 切换单源双能 CT 物质分离
技术肝脏铁与脂肪定量评估的影响
3.0T 磁共振 ADC 值及 DCE-MRI 定量分析对颈部良恶性
淋巴结鉴别诊断
多平面重组联合选择性后循环血管重建对原发性三叉神经
痛受累神经和责任血管的诊断价值
多种 MRI 参数联合诊断肿块型肉芽肿性乳腺炎的
Logistic 分析