

CT 增强扫描评估肝硬化患者早期肾功能损伤的初步研究

张玉玲, 褚志强, 李婧瑶, 季倩

【摘要】 目的:探讨 CT 增强扫描评估肝硬化患者早期肾功能损伤的临床价值。**方法:**对 53 例经临床确诊的肝硬化患者及 55 例健康被试者(对照组)行腹部 CT 平扫及增强扫描,依据肝功能 Child-Pugh 分级,将肝硬化患者分为代偿组及失代偿组。分别测量和计算双肾实质体积和高度、皮质厚度、实质厚度、皮质-实质厚度比及动脉期、静脉期和延迟期肾皮质强化程度。采用独立样本 t 检验或 χ^2 检验比较肝硬化组与对照组间血肌酐、尿素氮和肾小球滤过率(eGFR)等临床指标及肾脏测量指标的差异;采用配对样本 t 检验比较左右侧肾脏各项测量指标的差异;采用单因素方差分析比较肝硬化代偿组、失代偿组及对照组间各项肾脏测量指标的差异。**结果:**肝硬化组与对照组间各项临床指标的差异无统计学意义($P>0.05$)。肝硬化组中肾实质体积、高度、皮质厚度、皮质-实质厚度比及肾皮质动脉期、静脉期和延迟期强化程度均低于对照组(P 值分别为 0.000、0.001、0.000、0.000、0.017、0.000 和 0.000)。对肝硬化代偿组、失代偿组及对照组的肾实质体积、高度、皮质厚度、皮质-实质厚度比及静脉期、延迟期强化程度进行比较,差异均有统计学意义($P<0.01$);进一步进行两两比较,结果显示代偿组的肾皮质厚度、皮质-实质厚度比及静脉期、延迟期强化程度均低于对照组(P 值分别为 0.004、0.000、0.037 和 0.041);失代偿组的肾实质体积、高度、皮质厚度、皮质-实质厚度比及静脉期、延迟期强化程度均低于对照组($P<0.001$);失代偿组的肾实质体积及静脉期、延迟期强化程度低于代偿组(P 值分别为 0.003、0.001 和 0.031)。肾实质体积($r=0.428, P=0.000$)、高度($r=0.401, P=0.000$)、皮质厚度($r=0.378, P=0.000$)、实质厚度($r=0.409, P=0.000$)和动脉期($r=0.236, P=0.014$)、延迟期($r=0.291, P=0.002$)强化程度均与肾小球滤过率(eGFR)呈正相关。**结论:**CT 在诊断肝硬化的同时,也能提供患者肾脏形态学信息及评估肝硬化继发早期肾功能损伤。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 对比增强扫描; 肝硬化; 肾小球滤过率; 肾功能

【中图分类号】 R814.42; R692.5; R575.2 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2019)12-1364-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.12.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Preliminary study of CT enhanced scan in evaluating early renal function injury in patients with liver cirrhosis ZHANG Yu-ling, CHU Zhi-qiang, LI Jing-yao, et al. The First Central Clinical College, Tianjin Medical University, Tianjin 300192, China

【Abstract】 Objective: The purpose of this study was to investigate the clinical value of CT enhanced scan in evaluating early renal function injury in patients with liver cirrhosis. **Methods:** A total of 53 patients with liver cirrhosis and 55 healthy control subjects underwent abdominal plain and enhanced CT scan. According to the Child-Pugh classification of liver function, the patients were divided into compensatory group and decompensated group. Two-sample Student's t test or Chi-square test were used to compare the difference of the clinical data and measured values of renal indexes between the cirrhosis group and control group. Paired sample t test was used to compare the measured values of renal indexes between the left and right kidney. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the differences of the measured values of indexes among the compensatory group, decompensated group and control group. Pearson correlation analysis was used to evaluate the correlation between eGFR and the measured values of renal indexes. **Results:** There was no significant difference in

作者单位: 300192 天津, 天津医科大学一中心临床学院(张玉玲, 李婧瑶); 300192 天津市第一中心医院移植科(褚志强), 放射科(季倩)

作者简介: 张玉玲(1987-), 女, 陕西西安人, 硕士研究生, 主治医师, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 季倩, E-mail: jiqianq@aliyun.com

the clinical data between the cirrhosis group and control group ($P>0.05$). The volume of renal parenchyma, height, cortical thickness, cortical to parenchymal thickness, and enhancement of cortex on arterial phase, venous phase and delayed phase were lower in the cirrhosis group than those in the control group ($P=0.000, 0.001, 0.000, 0.000, 0.017, 0.000$ and 0.000 , respectively). The overall differences of renal parenchyma volume, height, cortical thickness, cortical to parenchymal thickness, venous and delayed phase enhancement among the compensatory, decompensated and control group were statistically significant ($P<0.01$). The renal cortical thickness, cortical to parenchymal thickness, venous phase and delayed phase enhancement in the compensatory group were lower than those in the control group ($P=0.004, 0.000, 0.037$ and 0.041 , respectively), the volume of renal parenchyma, height, cortical thickness, cortical to parenchyma thickness, venous phase and delayed phase enhancement were lower in the decompensated group than those in the control group ($P=0.000$). The volume of renal parenchyma, enhancement of venous phase and delayed phase in the decompensated group were lower than those in the compensatory group ($P=0.003, 0.001$ and 0.031 , respectively). The volume of renal parenchyma ($r=0.428, P=0.000$), height ($r=0.401, P=0.000$), cortical thickness ($r=0.378, P=0.000$), parenchymal thickness ($r=0.409, P=0.000$), and enhancement of renal cortex in arterial ($r=0.236, P=0.014$), delayed phase ($r=0.291, P=0.002$) were positively correlated with eGFR.

Conclusion: Enhanced CT scan can provide renal morphological information and evaluate early renal dysfunction secondary to liver cirrhosis at the mean time when used in diagnosis of liver cirrhosis.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Contrast enhanced scan; Liver cirrhosis; Glomerular filtration rate; Renal function

近年来,我国肝硬化患者的发病率及死亡率日益升高,其中急性肾功能损伤是肝硬化的常见并发症,也是患者高死亡率的独立危险因素^[1]。目前,基于血清肌酐水平计算的肾小球滤过率估计值(estimated glomerular filtration rate, eGFR)是临床评价肾功能损伤最常用、最简单的指标,但肾脏代谢功能强,即使存在肾功能减低时,血液肌酐浓度也可能正常或仅轻度升高,对早期肾功能损伤的诊断能力有限^[2]。

已有研究证实,CT 增强扫描采用的碘对比剂的生理特性与菊粉相似,不被肾小管分泌或重吸收,故可通过评估肾脏对碘对比剂的滤过情况来反映肾功能的变化^[3-5],但探讨其在评估肝硬化所致早期肾功能损伤中的价值和意义的研究尚鲜有报道。本研究通过定量测量肾实质体积、高度、皮质厚度、实质厚度、皮质-实质厚度比及肾皮质强化程度等指标,旨在探讨 CT 增强扫描在评估肝硬化患者早期肾功能损伤中的临床应用价值。

材料与方法

1. 一般资料

连续搜集本院 2018 年 1 月—2018 年 12 月经临床确诊的无慢性和原发性肾脏疾病的肝硬化患者 53 例及同时期内无肝肾功能障碍或服用肝肾损害药物史的对照组受试者 55 例。肝硬化组:男 28 例,女 25 例,年龄 27~77 岁,平均(53.89 ± 12.71)岁;根据患者的

肝功能 Child-Pugh 分级,分为肝硬化代偿期(Child-Pugh A 级)21 例及肝硬化失代偿期 32 例(Child-Pugh B 级者 21 例和 Child-Pugh C 级者 11 例)。对照组:男 33 例,女 22 例,年龄 21~79 岁,平均(50.80 ± 15.99)岁。纳入标准:①腹部 CT 平扫及增强检查图像质量良好;②CT 扫描前 48h 内行血肌酐和尿素氮检查。排除标准:①eGFR <80 mL/min $\cdot$ 1.73m²;②CT 扫描发现肝肾占位性病变、肾积水、多囊肾、肾萎缩及发育异常等。

2. CT 扫描参数及图像后处理

使用 GE Revolution CT 扫描仪。常规腹部 CT 平扫后行增强扫描,扫描范围自膈上至双肾下极水平。扫描参数:120 kV,管电流采用自动毫安技术,重建层厚 1.25 mm。使用高压注射器经肘前静脉团注对比剂碘海醇注射液(350 mg I/mL),总量 70 mL,注射流率 3 mL/s,之后以相同流率注射生理盐水 20 mL。采用阈值触发扫描,选取双侧肾门水平的腹主动脉为监测点,触发阈值设为 150 HU,当腹主动脉腔内 CT 值达到 150 HU 后启动动脉期扫描,动脉期扫描结束后 30 和 300 s 分别启动静脉期及延迟期扫描。

将原始数据传输至 GE ADW 4.2 工作站进行重建,由一位经验丰富的放射科医师采用层切法进行肾实质体积测量,具体方法:①在工作站调出动脉期肾脏横轴面图像;②逐层手动勾画肾脏边界的轮廓,剔除肾门血管、脂肪组织及囊肿等结构;③得到满意的肾脏轮

廓后点击“应用”按钮,软件自动计算肾实质体积。

选择肾门大血管层面的肾脏横轴面图像,分别在肾脏的内、外及后侧皮质区测量内外缘的最短距离,取其平均值作为肾皮质厚度;以平行于肾静脉的直线为长轴,与其垂直的直线为短轴,两线相交于肾盂中点,分别测量轴线两侧肾盂内脂肪外缘到肾皮质外缘的距离,取其平均值为肾实质厚度;在重建后的冠状面图像上测量肾门水平肾脏上下极间的最长径线作为肾脏的高度(图 1)。

分别在平扫、动脉期、静脉期和延迟期图像上以肾门水平为中心连续选取 3 层图像,分别在双肾皮质及腹主动脉内绘制 ROI 测量其 CT 值,每层图像上每个部位分别放置 4 个圆形 ROI,ROI 面积为 4~15 mm²,避开肾脏边缘、大血管、集合系统及腹主动脉管壁钙化部分,取 4 次的平均值为最终测量值,记为 CT_{基线}和 CT_{增强},计算各期图像上肾皮质的强化率:

$$\text{强化率} = \frac{\text{肾皮质 CT}_{\text{增强}} - \text{肾皮质 CT}_{\text{基线}}}{\text{腹主动脉 CT}_{\text{增强}} - \text{腹主动脉 CT}_{\text{基线}}}$$

(1)

3. 临床指标的计算

记录每例患者的身高(H,单位:m)、体重(W,单位:kg),计算体质指数(body mass index,BMI)和体表面积(body surface area,BSA),并根据简化肾脏病膳食改善(modification of diet in renal disease,MDRD)公式^[6]计算 eGFR,具体计算公式如下:

$$\text{eGFR}[\text{ml}/\text{min} \cdot 1.73\text{m}^2] = 186 \times \text{肌酐}^{-1.154} \times \text{年龄}^{-0.203} \times$$

(女性×0.742)

(2)

$$\text{BMI} = \frac{W}{H^2}$$

(3)

$$\text{BSA(女)} = H \times 0.586 + W \times 0.0126 - 0.0461$$

(4)

$$\text{BSA(男)} = H \times 0.607 + W \times 0.0127 - 0.0698$$

(5)

其中,肌酐单位为 mg/dL,1μmol/L=84.41mg/dL。

4. 统计分析

使用 SPSS 24.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示,计数资料以

构成比表示。采用独立样本 *t* 检验或 χ^2 检验比较肝硬化组与对照组间临床资料、肾实质体积、高度、皮质厚度、实质厚度、皮质-实质厚度比及肾皮质强化程度的差异;采用配对 *t* 检验比较肝硬化组及对照组左右侧肾脏测量指标的差异;采用单因素方差分析比较肝硬化代偿组、失代偿组及对照组间肾脏测量指标的差异,两两比较采用 Dunnett's T3 检验;应用 Pearson 相关性检验比较各测量指标与 eGFR 间的相关性。相关系数 *r*>0.5 为显著相关,以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 肝硬化组与对照组各指标的比较

肝硬化组与对照组的基本临床资料及组间比较结果见表 1。两组间各临床指标的差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

表 1 两组的基本临床资料的比较

指标	肝硬化组 (n=53)	对照组 (n=55)	χ^2/t 值	<i>P</i> 值
性别(男/女)	28/25	33/22	0.564	0.452
年龄(岁)	53.89±12.71	50.80±15.99	-1.113	0.269
身高(cm)	166.81±7.91	166.41±7.49	-0.265	0.791
体重(kg)	64.56±11.26	68.08±12.40	1.544	0.126
BMI(kg/m ²)	23.15±3.46	24.51±3.83	1.941	0.055
BSA(m ²)	1.74±0.20	1.79±0.18	1.547	0.125
血肌酐(μmol/L)	60.43±10.67	61.15±11.08	0.346	0.730
尿素氮(mmol/L)	5.36±2.16	4.69±1.23	-1.970	0.052
eGFR[ml/min·1.73m ²]	115.38±20.18	118.43±22.88	0.734	0.465

肝硬化组与对照组中左、右侧肾脏的各项测量指标及比较结果见表 2。两组中左、右侧肾脏的各项指标测量结果的差异均无统计学差异(*P*>0.05)。故本研究中各指标均以双肾测量值的平均值作为最终测量结果。

肝硬化组患者肾实质体积、高度、皮质厚度、皮-实质厚度比和增强各期肾皮质强化程度均低于对照组,差异均有统计学意义(*P*<0.05),详见表 3。

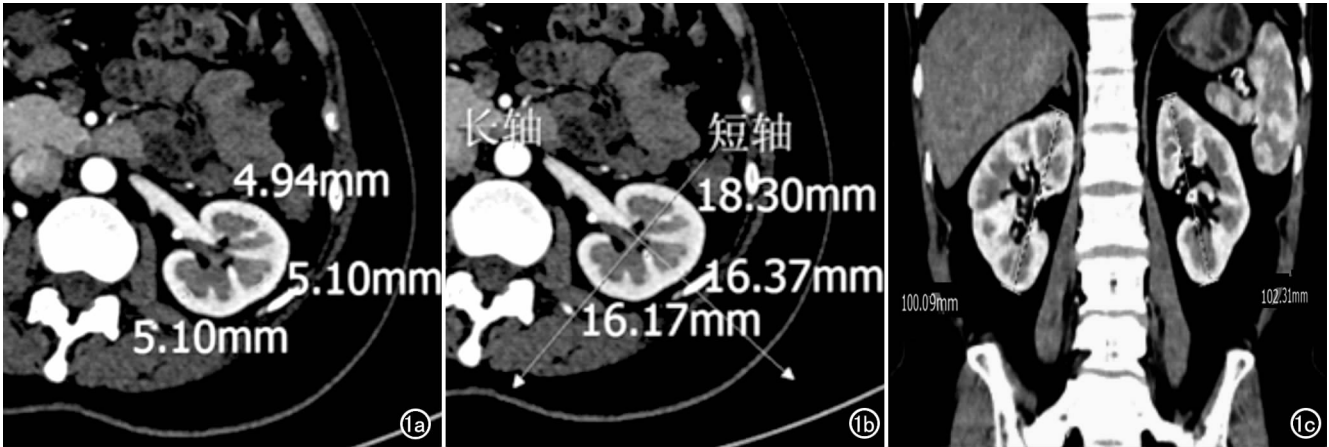


图 1 在 CT 增强图像上测量各项肾脏指标。a) 肾皮质厚度测量方法;b) 肾实质厚度测量方法;c) 肾脏高度的测量方法。

表 2 肝硬化组与对照组左右侧肾脏测量指标比较结果

指标	肝硬化组(n=53)				对照组(n=55)			
	左肾	右肾	t 值	P 值	左肾	右肾	t 值	P 值
体积(cm ³)	144.08±25.32	143.37±27.59	-0.375	0.709	172.82±43.37	170.14±45.42	-1.467	0.148
高度(mm)	97.73±7.36	96.76±7.38	-0.876	0.385	103.70±11.56	102.15±10.84	-1.408	0.165
皮质厚度(mm)	5.54±1.14	5.56±1.03	0.078	0.938	6.61±1.11	6.65±1.15	0.434	0.666
实质厚度(mm)	18.49±2.51	18.95±2.20	1.702	0.095	18.91±2.47	19.01±2.52	0.371	0.712
皮-实质厚度比	0.30±0.05	0.29±0.05	-0.374	0.710	0.35±0.06	0.35±0.05	-0.170	0.865
动脉期强化程度	0.43±0.09	0.44±0.10	0.888	0.379	0.47±0.09	0.48±0.08	0.891	0.377
静脉期强化程度	1.17±0.23	1.19±0.23	1.547	0.128	1.44±0.24	1.43±0.24	-0.469	0.641
延迟期强化程度	1.60±0.31	1.59±0.35	-0.632	0.530	2.01±0.45	1.96±0.40	-1.799	0.078

表 3 肝硬化组与对照组肾脏测量指标的比较

指标	肝硬化组 (n=53)	对照组 (n=55)	χ ² /t 值	P 值
体积(cm ³)	143.72±25.57	171.48±43.89	4.032	0.000
高度(mm)	97.25±6.15	102.93±10.44	3.457	0.001
皮质厚度(mm)	5.59±0.95	6.62±1.06	5.277	0.000
实质厚度(mm)	18.73±2.14	18.96±2.30	0.547	0.586
皮-实质厚度比	0.30±0.04	0.35±0.05	5.654	0.000
动脉期强化程度	0.44±0.09	0.48±0.09	2.417	0.017
静脉期强化程度	1.17±0.23	1.44±0.23	5.816	0.000
延迟期强化程度	1.60±0.32	1.99±0.41	5.437	0.000

2. 肝硬化代偿组、失代偿组及对照组间比较结果

肝硬化代偿组、失代偿组及对照组肾脏各指标的测量值及 3 组间比较结果见表 4。肾实质体积、高度、皮质厚度、皮-实质厚度比、静脉期及延迟期强化程度在各组间的总体差异均具有统计学意义($P<0.01$)。进一步行组间两两比较(图 2):代偿组肾皮质厚度、皮-实质厚度比、静脉期及延迟期强化程度低于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$);失代偿组肾实质体积、高度、皮质厚度、皮-实质厚度比、静脉期及延迟期强化程度均低于对照组($P=0.000$);失代偿组肾实质体积、静脉期及延迟期强化程度低于代偿组(P 值分别为 0.003、0.001 和 0.031)。

3. 肾脏测量指标与 eGFR 间的相关性

本研究中所测肾实质体积、高度、皮质厚度、实质厚度、动脉期和延迟期肾皮质强化程度与 eGFR 均呈正相关($P<0.05$),详见表 5。

讨 论

肾脏大小、形态及功能改变是临床对急慢性肾病患者病情评估及随访的重要观察指标。肝硬化患者易合并肾功能损伤且预后不良^[7],损伤机制与肝功能异常导致的肾脏血流重新分布密切相关,此类肾损伤早期多为功能性,经药物治疗可逆转,如干预不及时,可逐渐发展为肝肾综合征或急慢性肾功能衰竭而危及生命^[2],因此,探究肝硬化患者肾功能间的相互作用对临床治疗决策的选择及患者的预后意义重大。目前,临床评价肾功能的金标准是肾核素显像,但核素显像的分辨率较低,不能清晰显示肾实质及其周围组织的解剖结构。近年来国内外研究结果显示,CT 增强扫描所用碘对比剂的血浆清除率同核素显像所测量的肾小球滤过率具有显著的相关性^[8-9],这为 CT 增强扫描评价肾功能奠定了基础。

本研究发现,肝硬化组肾皮质强化程度较对照组减低,提示肝硬化患者存在一定程度的肾功能损伤。肝硬化代偿组、失代偿组静脉期及延迟期强化程度显著低于对照组,且失代偿组强化程度最低,说明肝脏代偿能力越弱,肾功能损伤越显著。推测原因为肝硬化患者内源性血管活性物质的比例失调及继发的神经体液调节,促使肾脏血管痉挛、收缩,皮质血流灌注减低,同时肾小球硬化、系膜细胞增生及基底膜增厚,导致肾

表 4 肝硬化代偿组、失代偿组及对照组间肾脏测量指标比较结果

指标	代偿组 (n=21)	失代偿组 (n=32)	对照组 (n=55)	F 值	P 值
体积(cm ³)	157.11±20.41	134.93±25.04	171.48±43.89	10.764	0.000
高度(mm)	99.74±6.72	95.61±5.23	102.93±10.44	7.465	0.001
皮质厚度(mm)	5.81±0.86	5.44±1.00	6.62±1.06	14.883	0.000
实质厚度(mm)	19.34±1.98	18.31±2.17	18.96±2.30	1.526	0.222
皮-实质厚度比	0.30±0.03	0.29±0.05	0.35±0.05	15.966	0.000
动脉期强化程度	0.44±0.05	0.43±0.10	0.48±0.09	2.913	0.059
静脉期强化程度	1.31±0.17	1.09±0.22	1.44±0.23	24.877	0.000
延迟期强化程度	1.74±0.35	1.50±0.27	1.99±0.41	18.251	0.000

表 5 肾脏测量指标与 eGFR 间的相关性

指标	体积	高度	皮质厚度	实质厚度	皮-实质厚度比	强化程度		
						动脉期	静脉期	延迟期
r 值	0.428	0.401	0.378	0.409	0.117	0.236	0.104	0.291
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.226	0.014	0.286	0.002

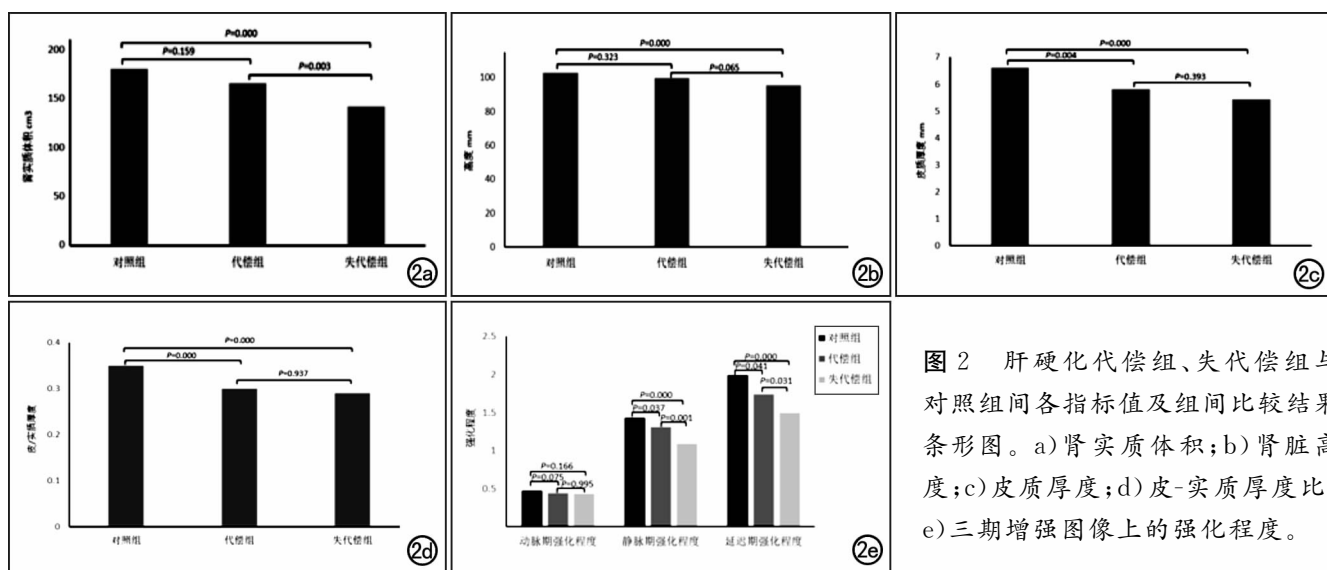


图2 肝硬化代偿组、失代偿组与对照组间各指标值及组间比较结果条形图。a)肾实质体积;b)肾脏高度;c)皮质厚度;d)皮-实质厚度比;e)三期增强图像上的强化程度。

脏对非离子型碘对比剂的滤过功能减低,肾实质内碘对比剂含量下降,肾皮质强化程度减低。这与蒙秋华等^[10]的研究结果一致,但是与周海鹰等^[11]的研究结果不一致。可能原因是两项研究中增强扫描时所采用的延迟扫描时间不同,其注射对比剂后 20~25s 开始行增强扫描,而本研究采用阈值触发技术,剔除了扫描技术及个体间血液循环差异等因素的影响,能更真实地反映肾脏的血流灌注状态。

由于动脉期肾皮质强化程度可能会受到血流灌注效应的影响^[12],此时碘对比剂的血流动力学状态不稳定,推测为本研究肝硬化代偿组、失代偿组及对照组间动脉期强化程度无统计学差异的主要原因。Yuan 等^[13]以同位素肾图作为金标准采用 CT 增强扫描评估肾功能的研究结果显示,动脉期肾脏强化值和肾体积的乘积与肾功能的相关性较差,进一步提示本研究结果的可靠性。本研究中肝硬化患者血肌酐、尿素氮、eGFR 较对照组无明显差异,分析原因一是肾脏具有较强的代偿能力,二是肝硬化患者血肌酐水平受营养代谢状态、肌肉含量及血清胆红素等因素的影响较大,基于血肌酐浓度计算的 eGFR 可能会高估肝硬化患者的肾功能^[1,14]。虽然基于血肌酐计算的 eGFR 显示该组患者尚无肾功能损伤的表现,但是肾脏血流动力学实际上已经发生显著异常。因此,CT 增强扫描较实验室检查能更早、更敏感地发现肝硬化患者早期肾功能损伤,提醒临床医师早期干预,避免肝肾综合征的发生。

既往研究表明,肾脏的形态学指标在不同年龄个体及性别间存在统计学差异^[15,16]。本研究肝硬化组患者与对照组受试者间性别构成比、年龄、BMI、BSA 等均无明显差异,消除了上述混杂因素的影响。肝硬化组患者肾实质体积、高度、皮质厚度及皮质-实质厚

度比较对照组受试者明显减小,肝硬化代偿组患者肾脏的皮质厚度、皮质-实质厚度均较对照组显著减低,当肝硬化由代偿期进展为失代偿期后,肾实质体积、高度也相继减低。提示肝硬化患者肾脏存在一定程度萎缩,并且主要发生于皮质。分析原因是肾脏血流分布不均匀,其中肾皮质的血流量占整个肾脏血流的 90% 以上,且 94% 以上的肾小球位于皮质,随着肝硬化病情加剧,肝脏对血管活性物质的灭活能力减低,进而导致肾皮质血流灌注减少,肾脏缺血缺氧以及继发的肾小球硬化、萎缩,造成肾脏滤过膜面积及有效滤过压下降,肾功能减低,随着肝脏代偿能力的减弱,肾脏皮质变薄,体积萎缩程度加重。因此,肝硬化患者肾脏大小、形态及皮质厚度能够反映肾脏本身的生理和病理生理状态,在一定条件下还能反映全身的循环及代谢状态。

本研究中肾实质体积、高度、皮质厚度、实质厚度、动脉期、延迟期肾皮质强化程度与 eGFR 呈正相关,但相关性较低,分析原因一是肝硬化患者虽然已经发生肾脏形态及血流动力学的异常改变,但肾脏具有一定的储备能力,血肌酐含量可能正常或存在微小变化,其对肾功能改变的反应较为滞后,故 eGFR 的变化往往晚于早期肾功能损伤^[17,18]。二是本研究未纳入晚期肾功能损伤患者,可能是导致相关性较弱的原因之一。虽然基于血清肌酐的 eGFR 对肝硬化患者早期肾功能的评估具有一定局限性,但仍是目前诊断肾功能损伤常用的实验室指标。因此,临床医师对肾功能的评估需要综合考虑肾脏的形态、强化程度以及实验室检查结果。

本研究存在一定的局限性:首先,研究纳入的肝硬化患者例数较少,尚需增加样本量来进一步探讨肝功能 Child-Pugh A、B、C 级间肾脏的形态学指标及强化

程度是否存在差异;其次,本研究中无病理结果作为佐证,有待今后进一步完善和深入研究。

综上所述,CT 增强扫描在提供肝硬化患者肾脏解剖及形态学信息的同时,又能客观地反映肾脏的形态学信息及血流动力学状态,较实验室检查能更敏感地反应早期肾功能损伤,具有广泛的临床推广价值。

参考文献:

[1] 欧进军,韩焕钦,郑伟强.肝硬化并发急性肾损伤早期诊断生物标志物研究进展[J]. 肝脏,2018,23(3):260-262.

[2] 路丽芳,冯国和.肝硬化并发肾损伤早期检测指标的研究进展[J]. 临床肝胆病杂志,2016,32(9):1797-1800.

[3] Kwon SH,Saad A,Herrmann SM,et al. Determination of single-kidney glomerular filtration rate in human subjects by using CT[J]. Radiology,2015,276(2):490-498.

[4] Yuan X,Tang W,Shi W,et al. Determination of glomerular filtration rate (GFR) from fractional renal accumulation of iodinated contrast material; a convenient and rapid single-kidney CT-GFR technique[J]. Eur radiol,2018,28(7):2763-2771.

[5] O'Reilly PH,Brooman PJ,Martin PJ,et al. Accuracy and reproducibility of a new contrast clearance method for the determination of glomerular filtration rate[J]. Br Med J (Clin Res Ed),1986,293(6541):234-236.

[6] 全国 eGFR 课题协作组. MDRD 方程在我国慢性肾脏病患者中的改良和评估[J]. 中华肾脏病杂志,2006,22(10):589-595.

[7] Umemura T,Joshita S,Shibata S,et al. Renal impairment is associated with increased risk of mortality in patients with cirrhosis; A retrospective cohort study[J/OL]. Medicine (Baltimore),2019,98(6):e14475. DOI:10. 1097/MD. 00000000000014475.

[8] 吴杰,朱小云.肾脏皮质厚度与皮质期分肾功能相关性的增强 CT

研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2013,11(4):72-74.

[9] Park J,Bae S,Seo S. Measurement of glomerular filtration rate using quantitative SPECT/CT and deep-learning-based kidney segmentation[J]. Sci Rep,2019,9(1):4223-4230.

[10] 蒙秋华,曾庆思,伍筱梅,等. MSCT 双期扫描对评价肝硬化患者肾脏血流动力学的可行性[J]. 实用医学影像杂志,2011,12(3):182-184,190.

[11] 周海鹰,银文杰,刘荣波,等. 肝硬化患者肾脏损害的 CT 表现及影响因素分析[J]. 四川大学学报(医学版),2009,40(6):1115-1118.

[12] 杨征宇,杨光,袁小东. 肾脏增强 CT 三期扫描用于测量肾功能的可行性和准确性初探[J]. 中国医疗设备,2018,33(10):79-82.

[13] Yuan X,Zhang J,Tang K,et al. Determination of glomerular filtration rate with CT measurement of renal clearance of iodinated contrast material versus ^{99m}Tc-DTPA dynamic imaging "gates" method; a validation study in asymmetrical renal disease[J]. Radiology,2017,282(2):552-560.

[14] Mac Donald AJ,Nadim MK,Durand F,et al. Acute kidney injury in cirrhosis; implications for liver transplantation[J]. Curr Opin Crit Care,2019,25(2):171-178.

[15] 钟建国,徐亮,龚建平,等. 肾脏体积与性别和年龄及体重参数的关系分析[J]. 放射学实践,2009,24(6):651-653.

[16] Gong IH,Hwang J,Choi DK,et al. Relationship among total kidney volume, renal function and age[J]. J Urol,2012,187(1):344-349.

[17] 沈斐斐,陆伦根. 肝硬化急性肾损伤的诊断与管理进展[J]. 中华消化杂志,2018,38(2):142-144.

[18] 张鑫,王艺,任克. 碘对比剂肾损伤的检测方法[J]. 放射学实践,2017,32(6):643-649.

(收稿日期:2019-05-08 修回日期:2019-07-10)

下期要目

- 兔颈总动脉血栓 MRI 定量评价的初步研究
- 胰腺癌影像学进展与思考
- 肺结核合并肺癌的 CT 表现
- 胰腺实性假乳头状肿瘤的影像特征分析
- 急性胰腺炎伴肺炎的 CT 表现及其与临床相关性分析
- 肩关节米粒体滑囊炎的影像学诊断
- 读出分段 DWI 鉴别下肢静脉急性血栓与慢性血栓的价值
- MR 3D-FIESTA 序列对肩部喙肱韧带增厚的诊断价值

- CT 肠道成像定量评分系统在回结肠克罗恩病活动性评估中的应用价值
- T₂-mapping 评估前交叉韧带重建术后膝关节软骨变性的定量研究
- 基于 CT 图像的纹理分析在鉴别高原肺水肿与急性心源性肺水肿中的价值
- 全容积直方图分析磁敏感信号强度对评估小儿脑肿瘤病理分级的价值
- 影响经皮椎体后凸成形术矫正骨折椎体后凸畸形的多元线性回归分析