

肝脏灌注成像的 CT 扫描方法及应用价值

谢红波, 江利, 杨建勇, 杨旭锋, 严超贵, 李子平

【摘要】 目的:探讨单层 CT 动态增强扫描测定肝硬化肝脏血流量的扫描方法及其应用价值。**方法:**15 例经临床、实验室及 B 超检查诊断为肝硬化的患者,其中 Child B 级患者 10 例,Child C 级患者 5 例。对照组为 13 例无肝脏疾病的患者。所有患者均选取同时含有肝脏、脾脏、主动脉和门静脉的层面进行单层 CT 动态增强扫描,绘制感兴趣区时间-密度曲线,计算各血流灌注参数。**结果:**单层 CT 动态增强扫描测量肝组织的肝动脉灌注量(HAP)、门静脉灌注量(PVP)、总肝血流量(THBF)和肝动脉灌注指数(HPI)。正常组的 HAP、PVP、THBF 和 HPI 分别为 $(0.28 \pm 0.10) \text{ ml/min} \cdot \text{ml}$ 、 $(1.18 \pm 0.40) \text{ ml/min} \cdot \text{ml}$ 、 $(1.46 \pm 0.44) \text{ ml/min} \cdot \text{ml}$ 和 $(19.73 \pm 5.81) \%$;肝硬化组的 HAP、PVP、THBF 和 HPI 分别为 $(0.23 \pm 0.11) \text{ ml/min} \cdot \text{ml}$ 、 $(0.61 \pm 0.25) \text{ ml/min} \cdot \text{ml}$ 、 $(0.84 \pm 0.32) \text{ ml/min} \cdot \text{ml}$ 和 $(27.16 \pm 12.75) \%$ 。**结论:**肝脏单层 CT 灌注成像,可定量测定各项肝脏血流灌注参数,对肝硬化患者的量化诊断有一定的参考价值。

【关键词】 肝脏;灌注;体层摄影术,X 线计算机

【中图分类号】 R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2005)08-0673-03

The Method and Application of Hepatic Perfusion Imaging with Helical CT XIE Hong-bo, JIANG Li, YANG Jian-yong, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510080, P. R. China

【Abstract】 Objective: To estimate hepatic perfusion parameters with helical CT. **Methods:** Dynamic single-section computed tomography (CT) of liver was performed in 15 liver cirrhosis patients and 13 normal subjects. In accordance with the Child-Pugh classification, 10 with Child B, and 5 classified with Child C. CT scans were obtained at a single level to include the liver, spleen, aorta, and portal vein. On each CT scan, time-density curves were described to calculate the hepatic perfusion parameters. **Results:** Hepatic perfusion parameters including hepatic artery perfusion, portal venous perfusion, total hepatic blood flow and hepatic perfusion index could be measured with dynamic single-section helical CT. **Conclusion:** Dynamic single-section CT shows potential in quantifying hepatic perfusion parameters.

【Key words】 Liver; Perfusion; Tomography, X-ray computed

一直以来,无创性测量肝脏灌注的主要方法是核素显像。1980 年 Axel^[1]首先报道了采用 CT 动态成像评价组织血流灌注的方法来测量脑血流量,起初,这一方法的焦点放在平均通过时间上。后来, Miles^[2]扩展了这一理论,采用时间-密度曲线最大上升斜率来计算脏器的血流灌注,这一方法简单、检查时间短,既可用于测量脑血流量,也可用于测量脏器血流量。Blomley 等^[3]继续发展了这一技术,从而这一非侵入性技术可用于分别测量肝实质的肝动脉和门静脉灌注量。本文介绍了 CT 灌注成像的 CT 扫描方法,并初步探讨了其在肝硬化中的应用价值。

材料与方法

1. 病例资料

肝硬化组:15 例肝硬化患者,男 13 例,女 2 例,平

均年龄 49.9 岁。其中为酒精性肝硬化 1 例,既往有乙肝或丙肝病史 10 例,有门脉高压上消化道出血病史 6 例,3 例为 Buddi-Chiari 综合征。根据 Child-Pugh 肝功能分级标准,Child B 级患者 10 例,Child C 级患者 5 例。所有患者均经临床病史、体检、实验室检查及 B 超检查诊断为肝硬化,并经 B 超证实无门静脉血栓形成,其中 4 例经肝脏活检证实。

对照组:13 例因其它疾病而行 CT 检查患者,男 6 例,女 7 例,平均年龄 40.3 岁,经病史及临床检查证实无肝、肾及脾脏病变。

2. CT 灌注成像技术

采用日本东芝 Xpress 螺旋 CT 进行单层 CT 动态增强扫描。在 CT 平扫的基础上,选取同时含有肝脏、脾脏、主动脉和门静脉的层面作为扫描层面。扫描参数:电压 120 kV,电流 150 mA,层厚 7 mm,层距 0 mm,扫描时间 1 s。对比剂为优维显(Ultravist 300),以 21G 头皮针穿刺肘静脉建立静脉通道,经高压注射器注射对比剂 50 ml,注射速率 5 ml/s。注射对比剂前

扫描一次作为基础层面,注射对比剂后 7~39 s 期间每 2 秒扫描一次,39~88 s 期间每 7 秒扫描一次,共扫描 25 次。注射对比剂后 7~39 s 扫描时要求患者屏气,这点非常重要,因为肝脏的扫描层面受呼吸影响较大,扫描前要训练患者屏气;39~88 s 扫描时嘱患者平静呼吸。

3. 数据分析

采用随机功能软件分析图像。舍弃那些因患者呼吸运动和技术因素引起的伪影较大或层面不一致的图像,分别在主动脉、门静脉、肝脏和脾脏上取感兴趣区,将不同强化时间的 CT 值减去增强前 CT 值作为不同时间点组织强化值(ΔHU),获得各感兴趣区的时间-密度曲线(time density curve, TDC)。其中主动脉和门静脉感兴趣区,直径略小于血管管径;肝脏和脾脏的感兴趣区沿脏器边缘绘制,并距脏器边缘 1 cm 左右以避免部分容积效应。肝脏的感兴趣区包括扫描层面肝叶的大部分,并避开肝内的大血管影;脾脏的感兴趣区包含每一层面的整个脾脏。对主动脉和门静脉曲线进行 γ 拟合,并采用相关软件(Excel 2000)作进一步分析。

根据肝脏和脾脏的 TDC,确定脾脏的峰值强化时间,并按如下公式计算肝脏的血流灌注:

$$p = \frac{\text{组织 TDC 的最大斜率}}{\text{动脉 TDC 曲线的强化峰值}} \quad (1)$$

式中 p 为单位体积肝组织每分钟灌注量,单位为 $\text{ml}/(\text{min} \cdot \text{ml})$ 。

因肝脏为肝动脉和门静脉双重供血,处理时取脾脏的峰值强化时间为肝动脉相结束时间和门静脉相开始时间,从肝脏的原始 TDC 中减去脾脏 TDC 乘以肝动脉/脾脏灌注之比得到修正后的门静脉曲线。肝动脉灌注量(hepatic artery perfusion, HAP)以肝动脉相的最大强化速率除以主动脉的强化峰值(housefield unit, HU)后再乘以 60 即得每分钟血流量值。门静脉灌注量(portal venous perfusion, PVP)以修正后的门静脉相 TDC 的最大强化速率除以门脉的强化峰值然后乘以 60。

肝动脉灌注指数(hepatic perfusion index, HPI)及总肝血流量(total hepatic blood flow, THBF)依据以下公式计算:

$$\text{HPI} = \frac{\text{HAP}}{\text{HAP} + \text{PVP}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{THBF} = \text{HAP} + \text{PVP} \quad (3)$$

曲线的最大强化速率,即曲线最大斜率。通过对

曲线升支采用最小二乘法进行线性拟合计算,拟合时至少取三点以上,并摒弃变异较大的数据点,要求拟合曲线的 r^2 值达 0.9 以上。

统计分析:采用 SPSS 统计软件对肝硬化组及对照组的 HAP、PVP、THBF、HPI 分别进行 t 检验。

结 果

1. 曲线形式

所有病例均取得了较满意的主动脉曲线,主动脉 TDC 可分为 4 段:基线、升段、降段及水平段,多数在水平段前可见到再循环峰,主动脉 TDC 均为锐峰,上升期约 $(8.99 \pm 1.76) \text{ s}$,平均通过时间为 $(8.61 \pm 1.69) \text{ s}$ 。

正常组:脾脏 TDC 形式与主动脉类似,只是脾脏曲线的峰时较主动脉峰时延迟 $(7.39 \pm 1.19) \text{ s}$ 。肝脏曲线一般只可分为 3 段:基线、缓慢的升段和水平段,升段和水平段之间部分可有小的降段。在脾脏 TDC 达峰值后开始下降时,肝脏曲线仍呈上升趋势。

肝硬化组:脾脏 TDC 根据瘀血情况不同表现为正常形式、降段平缓或无降段而仅可见到基线、升段和水平段。其肝脏 TDC 形式与正常组相似,但上升速率减慢(图 1)。

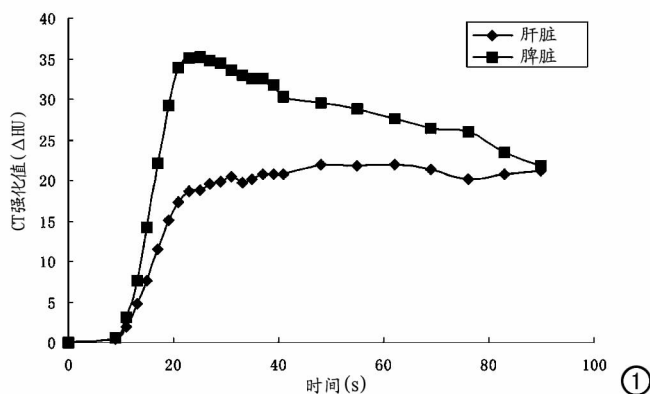


图 1 肝硬化组肝脏和脾脏的时间-密度曲线。

与正常组相比,肝硬化患者的 PVP 和 THBF 均下降,差异有显著性意义($P < 0.001$);HAP 与正常组相比无明显变化,HPI 较正常组略有升高,但差异无显著性意义(表 1)。

表 1 肝硬化患者的肝脏血流量参数

血流参数	正常组	肝硬化组	t	P
HAP	0.28 ± 0.10	0.23 ± 0.11	1.28	0.212
PVP	1.18 ± 0.40	0.61 ± 0.25	4.53	< 0.001
THBF	1.46 ± 0.44	0.84 ± 0.32	4.22	< 0.001
HPI	19.73 ± 5.81	27.16 ± 12.75	1.93	0.065

讨 论

1. CT 灌注成像原理

螺旋 CT 成像有较高的时间分辨力和空间分辨力,动态扫描可对某一感兴趣区绘制时间-密度曲线(TDC),从而反映注入对比剂后组织器官内对比剂浓度随时间的改变,可用来反映脏器的血流灌注^[2-5]。

CT 灌注成像的原理主要依据核医学计算器官血流量的数据处理技术。核医学研究组织灌注的机理在于自静脉团注示踪剂后,示踪剂自左心室射出,随血流到达所观察组织,其浓度不断升高,最终达到峰值。因此,组织血流量(organ blood flow, OBF)与心输出量(cardiac output, CO)之间存在如下关系:

$$\frac{\text{OBF}}{\text{CO}} = g_{\text{organ}} \times A \times \frac{\alpha}{g_a} \times D$$

式中 g_{organ} 为组织时间-放射活性曲线(time activity curve, TAC)的最大斜率; g_a 为动脉 TAC 的最大峰值; 为除外组织对示踪剂再循环的影响,使用 γ 函数校正时间-放射活性曲线, A 为动脉 TAC 的曲线下面积; α 为 γ 相机计数与放射活性间的转换常数。

本组测得的 HAP 和 PVP 与 Bader 等^[6]报道的 HAP 值和 PVP 值相似,略高于 Miles 等^[7]和 Blomley 等^[5]报道的 HAP 值。总肝血流量与 Bader 等^[6]和 Blomley 等^[5]的报道一致。肝动脉血流量稍高于 Miles 和 Bader 等的报道,可能是因为本研究中对比剂的注射流率只有 5 ml/s,对比剂注射时间 10s;而在 Miles 和 Bader 等的报道中对比剂的注射时间仅为 2.5s 和 4s,注射流率小时会低估主动脉的峰值,从而高估组织血流量^[2]。

2. 肝硬化时肝血流量的变化

肝脏由肝动脉系统和门静脉系统双重供血,文献报道,正常人全肝血流量为 1500 ml/min,其中门静脉供血占 70%~80%,肝动脉供血占 20%~30%。肝硬化时由于肝脏结构及肝脏微循环的病理变化,肝脏血流量发生变化。本研究中肝硬化时 PVP、THBF 下降,与文献报道的关于肝硬化时全肝血流量下降的报道一致。肝脏血流量的内在调节除了肝动脉血流量在生理范围内可经“自身调节”以维持血流量的相对恒定,肝血管特有的代偿机能——流体力学相互作用也参与维持肝总血流量相对稳定。即当阻断肝动脉或门

静脉的入肝血流会导致未受阻的血管血流增加,从而维持肝总血流量相对稳定。肝硬化时由于其病理学的改变,肝硬化肝脏的血管阻力增加,从而门静脉灌注减少,而门静脉灌注的减少可由肝动脉灌注的增加进行缓冲,从而肝脏动脉灌注成分增加。研究中我们也发现,肝硬化时肝动脉灌注指数是增加的,提示肝动脉灌注对肝脏血流灌注的贡献增大。但由于肝动脉灌注的增加往往并不能完全代偿门静脉灌注的下降,因而总肝血流量会下降。

CT 灌注成像由于只能进行单层成像,不能评估整个脏器的灌注情况。在成像过程中误差主要来源于被检者的呼吸运动带来的层面移动,故在扫描过程中应嘱患者控制好呼吸。成像过程中的机器噪声也可导致误差。同时由于在处理中以脾脏的峰值时间来区分肝动脉灌注和门静脉灌注时相,如果脾脏峰值时间把握不准也会带来误差。但随着多层螺旋 CT 的发展和 CT 扫描速度的提高,误差会越来越小。

作为一种非侵入性测量肝血流量的有效方法,螺旋 CT 灌注成像具有安全、重复性好、操作简便等优点,为临床肝硬化患者提供一些量化的诊断数据。

参考文献:

- [1] Axel L. Cerebral Blood Flow Determination by Rapid-Sequence Computed Tomography[J]. Radiology, 1980, 137(3): 679-686.
- [2] Miles KA. Measurement of Tissue Perfusion by Dynamic Computed Tomography[J]. Br J Radiol, 1991, 64(761): 409-412.
- [3] Blomley MJK, Coulden R, Dawson P, et al. Liver Perfusion Studied with Ultrafast CT[J]. J Comput Assist Tomogr, 1995, 19(3): 424-433.
- [4] Bader TR, Herneth AM, Blaicher W, et al. Hepatic Perfusion after Liver Transplantation: Noninvasive Measurement with Dynamic Single-Section CT[J]. Radiology, 1998, 209(1): 129-134.
- [5] Blomley MJK, Dawson P. Bolus Dynamics: Theoretical and Experimental Aspects[J]. Br J Radiol, 1997, 70(832): 351-359.
- [6] Bader TR, Grabenwoeger F, Prokesch RW, et al. Measurement of Hepatic Perfusion with Dynamic Computed Tomography: Assessment of Normal Values and Comparison of Two Methods to Compensate for Motion Artifacts[J]. Invest Radiol, 2000, 35(9): 539-547.
- [7] Miles KA, Hayball MP, Dixon AK. Functional Images of Hepatic Perfusion Obtained with Dynamic CT[J]. Radiology, 1993, 188(2): 405-411.

(收稿日期: 2004-11-02 修回日期: 2005-01-05)