

多层螺旋 CT 对肝移植术后肝动脉灌注的研究

沈文, 尹建忠, 陈光, 王鹏辉, 邵立军, 郭文梅, 祁吉

【摘要】 目的: 利用单层动态 CT 对原位肝移植术后肝灌注与未行肝移植且无肝脏病变者进行比较。方法: 对 30 例肝移植术后围手术期、临床无术后并发症的病例进行动态单层 CT 扫描, 对照组为 20 例无肝脏病变者。单层动态 CT 扫描选取肝门(包括肝、门静脉、主动脉和脾)的层面。用高压注射器经肘静脉注入非离子型对比剂欧乃派克 40ml, 注射流率 3ml/s, 注入对比剂后, 每间隔 1s 扫描一层, 共扫描 35 层。通过每一层面选定的 ROI 测量 CT 值, 绘制出时间-密度曲线, 计算出肝动脉和门静脉的灌注值。同时对 12 例围手术期后(2~3 个月)、临床无术后并发症的患者也进行了动态单层 CT 扫描。结果: 肝移植术后围手术期患者及对照组肝动脉灌注分别为 0.27 和 0.16ml/min ($P < 0.05$); 门静脉灌注分别为 1.31 和 1.13ml/min ($P > 0.05$); 全肝灌注分别为 1.68 和 1.28ml/min ($P < 0.05$); 平均肝动脉灌注指数为 0.19 和 0.13 ($P < 0.05$); 肝移植术后围手术期后(2~3 个月)肝动脉及门静脉灌注分别为 0.16 ($P < 0.05$) 和 1.21ml/min ($P < 0.05$); 全肝及肝动脉灌注指数分别为 1.20ml/min ($P > 0.05$) 及 0.13 ($P > 0.05$)。结论: 肝移植术后围手术期内肝动脉灌注和全肝灌注、肝动脉灌注指数明显增加, 但门静脉灌注无显著变化。围手术期后肝动脉灌注无显著变化, 而门静脉灌注增加。

【关键词】 多层螺旋 CT; 灌注; 肝移植

【中图分类号】 R657.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2003)11-0816-03

The study of hepatic perfusion after liver transplantation on MSCT SHEN Wen, YIN Jian-zhong, CHEN Guang, et al. Department of Radiology, Tianjin First Central Hospital of Tianjin Medical University, Tianjin 300192, P. R. China

【Abstract】 Objective: To compare hepatic perfusion values after orthotopic liver transplantation with those without hepatic diseases using dynamic single slice CT scanning. **Methods:** 30 patients during perioperation with no complications and 20 normal volunteers were performed dynamic single slice CT scanning. ROIs were in hepatic hilus including liver, portal vein, aorta and spleen. CT scan was obtained over 50 seconds (one baseline scan followed by 35 scans every 1 second) beginning with the injection of 40ml of contrast agent (flow rate 3ml/sec). On each scan, the attenuation of these organs was measured in regions of interest to provide for time attenuation curves and the value of perfusion. 12 patients after perioperation (2~3 months) with no complications were also performed single-slice dynamic CT scanning. **Results:** Of the control subjects and perioperational patients, hepatic artery perfusion was 0.16 and 0.27ml/min, respectively ($P < 0.05$); portal vein perfusion was 1.13 and 1.31ml/min, respectively ($P > 0.05$); total liver perfusion was 1.28 and 1.68ml/min ($P < 0.05$); and mean hepatic artery perfusion index 0.19 and 0.13 respectively ($P < 0.05$). Hepatic artery perfusion and portal vein perfusion after perioperation was 0.16ml/min ($P > 0.05$) and 1.21ml/min, respectively ($P < 0.05$). Total liver perfusion index and artery perfusion index was 1.20ml/min ($P > 0.05$) and 0.13ml/min ($P > 0.05$), respectively. **Conclusion:** Hepatic artery perfusion, total hepatic perfusion and hepatic artery perfusion index increase significantly during perioperation, but portal vein perfusion has no obvious changes. After perioperation, hepatic artery perfusion remains unchanged, but portal vein perfusion increases. It is helpful for evaluating posttransplantation hepatic perfusion using dynamic single slice MSCT.

【Key words】 Multislice CT; Perfusion; Liver transplantation

由于外科技术、免疫抑制及术后监护水平的不断提高, 目前, 肝移植患者的 5 年存活率是 65%~70%。然而, 肝移植术后并发症发生率和病死率的原因, 如急性排异反应、术后血管并发症(如肝动脉和门静脉血栓形成或狭窄)仍存在, 相应肝灌注亦会有改变, 进而肝功能会有相应变化。因此, 肝移植后肝灌注的测量已日益受到重视。增强动态单层 CT 扫描提供一种无创性方法测量肝血液灌注, 能够区分动脉和门静脉灌注^[1-3]。本研究的目的在于利用这种方法对原位肝移植术后肝灌注与未行肝移植且无肝脏病变者进行比较。

材料与方法

30 例原位肝移植术后且无临床术后并发症的患者, 男 28 例, 女 2 例, 年龄 31~58 岁, 平均 42.3 岁。均都有完整的肝功能检测资料结果, 无需机械通气, 彩色多普勒超声示肝动脉、门静脉、下腔静脉血流正常。所有被检查者均为移植术后 1 个月内。对照组包括 20 例行其它部位检查、无肝脏疾病病史者, 所有对照组病例超声检查均显示正常。同时还对 12 例围手术期后(2~3 个月)的原位肝移植肝脏灌注进行了研究。

横断面动态 CT 扫描方法是选取包括肝、门静脉、动脉和脾层面(120kV、230mAs)。扫描层厚 10mm, 每间隔 1s 扫描 1 层, 共扫描 35 层。采用 GE LightSpeed Qx/I 多层螺旋 CT 扫描机及高压注射器, 经肘前静脉注入非离子型对比剂欧乃派克,

作者单位: 300192 天津, 第一中心医院放射科

作者简介: 沈文(1966~), 女, 天津人, 硕士, 主要从事腹部影像诊断研究工作。

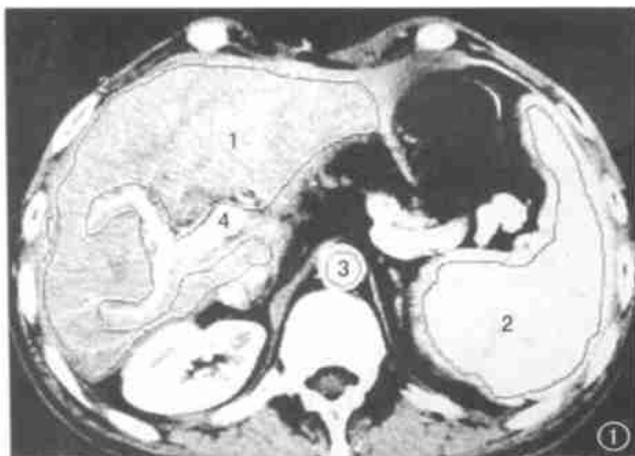


图 1 肝横断面图。1 肝、2 脾、3 腹主动脉、4 门静脉兴趣区的选择。

注射流率 3ml/s, 注药剂量 40ml, 注射对比剂后即开始第一次扫描每间隔 1s 扫描一层, 共扫描 35 层, 要求受检者尽可能长时间屏气。

每次扫描后均测量肝、脾、动脉、门静脉的衰减值(HU), 为了测量肝、脾的衰减值, 使用不规则兴趣区来包括实质, 且在兴趣区内不包括大的血管。对于主动脉和门静脉的测量采用大的兴趣区, 但不要太接近器官边缘, 以避免部分容积效应(图 1)。每个器官强化 CT 值减去未强化的首次扫描 CT 值, 得出增强扫描的相对测量值, 绘制出肝、脾、主动脉和门静脉的相对增强的时间-密度曲线(TDC)(图 2、3)。根据以下公式计算出肝灌注(P)。

$$P = G/E \quad (1)$$

G 是时间-密度曲线最大斜率(HU), E 是供血动脉的最大增强峰值(HU)。对主动脉和门静脉的时间-密度曲线行 γ 函数拟合, 从这些曲线中获取斜率。计算肝动脉灌注时, 使用动脉期的最大斜率(脾增强峰值前的时间-密度曲线), 在公式(1)中, 动脉期肝脏最大斜率作为分子, 动脉增强峰值作为分母。计算门静脉灌注(脾增强峰值后的时间-密度曲线)的公式(1)中, 分子为门静脉的时间-密度曲线最大斜率, 分母由门静脉最大增强峰值取代。肝脏灌注指数(HPI)利用下述公式计算。

$$HPI = Pa/Pa + Pv \times 100\% \quad (2)$$

Pa 是指动脉灌注, Pa+ Pv 是动脉+ 门静脉灌注, 两组灌注进

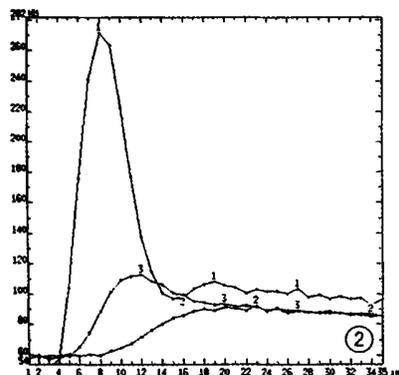
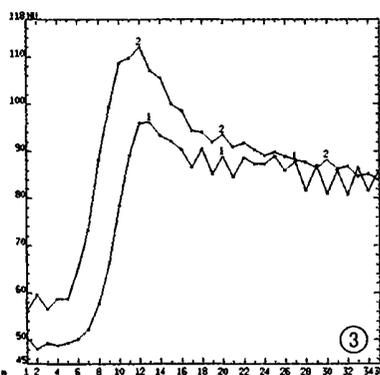


图 2 1 动脉时间-密度曲线; 2 肝时间-密度曲线; 3 脾时间-密度曲线。

图 3 1 门静脉时间-密度曲线; 2 脾时间-密度曲线



行统计学分析(t 检验)。

结 果

肝脏动脉灌注在对照组和研究组中分别是 0.16ml/min 和 0.27ml/min, 两组间差异有显著性意义($t = 3.65, P < 0.05$)。门静脉灌注在对照组和研究组分别为 1.13 和 1.31ml/min, 差异无显著性意义($t = 1.125, P > 0.05$)。肝脏总灌注在对照组和研究组中分别为 1.28 和 1.68ml/min 差异有显著性意义($t = 2.5, P < 0.05$)。肝脏灌注指数在对照组和研究组分别为 0.13 和 0.19 差异有显著性意义($t = 2.6, P < 0.05$) (表 1)。对围手术期后的患者(12 例)进行灌注测量, 肝动脉灌注($t = 0.22, P > 0.05$)、全肝灌注($t = 0.47, P > 0.05$)及肝动脉灌注指数($t = 0, P > 0.05$)在对照组和研究组间差异无显著性意义, 但研究组和对照组间的门静脉灌注($t = 4.25, P < 0.05$)差异有显著性意义(表 2)。

表 1 术后 1 个月内肝灌注测量结果

| 分组和灌注 | $\bar{x} \pm s$ | 范围 |
|--------|-----------------|------------|
| 对照组 | | |
| 肝动脉 | 0.16 ± 0.02 | 0.12~ 0.21 |
| 门静脉 | 1.13 ± 0.4 | 0.8~ 2.01 |
| 全肝 | 1.28 ± 0.39 | 0.97~ 2.19 |
| 动脉灌注指数 | 0.13 ± 0.04 | 0.07~ 0.21 |
| 研究组 | | |
| 肝动脉 | 0.27 ± 0.12 | 0.10~ 0.58 |
| 门静脉 | 1.31 ± 0.39 | 0.78~ 1.93 |
| 全肝 | 1.31 ± 0.40 | 1.18~ 2.28 |
| 动脉灌注指数 | 0.19 ± 0.07 | 0.05~ 0.28 |

表 2 围手术期后肝灌注测量

| 分组和灌注 | $\bar{x} \pm s$ | 范围 |
|---------|-----------------|------------|
| 对照组 | | |
| 肝动脉 | 0.15 ± 0.06 | 0.09~ 0.27 |
| 门静脉 | 1.13 ± 0.4 | 0.8~ 2.01 |
| 全肝 | 1.28 ± 0.39 | 0.97~ 2.19 |
| 肝动脉灌注指数 | 0.13 ± 0.05 | 0.06~ 0.19 |
| 研究组 | | |
| 肝动脉 | 0.16 ± 0.02 | 0.12~ 0.21 |
| 门静脉 | 1.21 ± 0.30 | 0.62~ 1.78 |
| 全肝 | 1.20 ± 0.19 | 1.04~ 1.55 |
| 肝动脉灌注指数 | 0.13 ± 0.05 | 0.06~ 0.19 |

讨 论

实质器官的无创性灌注测量一直是核医学的领域。但放射性核素示踪法, 在时间-密度曲线上很难区分动脉和门静脉注入的示踪剂的重叠部分。在低的空间分辨率下, 仅能评价大的兴趣区, 这是由于 γ 照相机的分辨力有限。另外, 肝右叶灌注测量因高度强化的右肾重叠, 会影响其测量的准确性。

多普勒超声是评价肝移植后肝动脉和门静脉血供和发现血管并发症的常用方法, 但多普勒超声不能直接测量肝实质本身的血流量, 它只能测量大血管内的血流速度。而且, 因血管横断面准确测量有困难,

其容积流量的计算不精确,所以肝实质灌注的评价不可靠。动态单层 CT 提供一种无创性方法测量肝灌注,能够区分动脉和门静脉灌注。

用动态单层 CT 测量肝灌注是采用核医学计算机器官血流量的原理进行计算^[4]。CT 上的灌注量是指单位体积内的血流量,即每 ml 组织内的对比剂含量而不是器官总碘量,其单位为 ml/(min·ml)。

$$\text{组织灌注量}[\text{ml}/\text{min}\cdot\text{ml}] = \frac{\text{组织 TDC 的最大斜率}(\text{HU}/\text{min})}{\text{供血血管 TDC 的峰值}(\text{HU})}$$

$$\text{肝动脉灌注量}(\text{HAP}) = \frac{\text{脾峰值增强前的肝 TDC 最大斜率}}{\text{最大主动脉 CT 增加值}}$$

$$\text{门静脉灌注量}(\text{HPP}) = \frac{\text{脾增强峰值后门静脉 TDC 最大斜率}}{\text{最大门静脉 CT 增加值}}$$

$$\text{肝动脉灌注指数}(\text{HPI}) = \frac{\text{HAP}}{(\text{HAP} + \text{HPP})}^{[48]}$$

肝脏动脉指数表示动脉灌注对肝脏总灌注的作用。根据以往文献及本研究对 3 例肝动脉狭窄扩张前、后肝灌注量与肝功能变化关系的观察(肝动脉狭窄扩张前其酶学指标上升,肝灌注量低,扩张后肝灌注量上升,其酶学指标下降),及肝移植后肝动脉狭窄主要位于吻合口的特点,可以采用动态单层 CT 来反映全肝情况。每个测量部分强化 CT 值与未强化的首次扫描 CT 值均在一次扫描中获得,均为相对测量值,从而保持测量一致性。

对比剂的数量和流率是获取单层 CT 可靠结果的关键。Miles 和 Blomley^[9]指出,对比剂到达肝脏的时间应尽可能的快,这可通过小剂量的对比剂和高注入流率实现,然而对比剂剂量不能太小,否则动脉期的强化太轻微,确切的测量会受背景的噪声影响。Blomley 在研究中报道使用 25ml 对比剂时信噪比不太好,因而我们决定在 Miles 使用的 50ml 和 Blomley 使用的 25ml 对比剂中选择折中的对比剂的剂量,使用 40ml 对比剂。一般认为,对比剂剂量不变时,注药流率越快,峰值越高,峰值时间越快。但注射过快(> 5ml/s),易造成外周静脉短暂痉挛致回心血量减少及血管破裂等并发症,且注药流率 4ml/s 和 3ml/s,主动脉和肝实质强化程度无明显差异,结合肝移植患者的特点,本研究采用了 3ml/s 的注射流率。

Miles 和 Blomley 等采用上述方法将 CT 灌注测量的结果与放射性核素示踪法测得结果相比较,证实两种方法具有很好的一致性。Bader 等^[9]采用这种方法对肝移植术后患者进行灌注测量,证明了这种方法是评价肝灌注有用及可靠的方法。本组研究结果显示对照组的肝灌注值 0.16 ml/(min·ml) 和 Miles、Blomley 等的正常值一致,动脉灌注分别为 0.17 和 0.19ml/(min·ml)。在本组的对照组中,门静脉灌注 1.13ml/(min·ml) 仅稍高于 Blomley 报道的(0.93ml/min·ml),明显高于 Miles 报道的值,因为 Miles 等在分析肝时间-密度曲线时没有从门静脉期中减去重叠的动脉期成分,产生了门静脉梯度平直,明显低估了门静脉灌注。

如表 1 中所示,研究组肝脏灌注明显不同于对照组,特别是肝移植术后患者的动脉灌注明显高于对照组。这在灌注指数中也表现出来,因此,移植患者肝脏灌注指数也明显高于对照组。这与 Bader 等^[10]对肝移植术后患者肝灌注结果一致。

肝移植早期肝动脉灌注的增加是缺血缺氧引起反应性血管扩张增加灌注及增加受影响组织的氧合作用。在本研究中证实的肝移植后肝动脉灌注的增加可能是肝移植过程中供肝的冷缺血反弹效应。冷缺血和再灌注不可避免地引起肝细胞不同程度的损伤,导致代谢物的聚积。研究中发现肝移植后仅肝动脉灌注明显增加,而门静脉灌注与对照组无明显差异。这可用肝动脉的缓冲反应来解释。这种机制发生于当门静脉血流不充足以至不能清除来于肝的某些代谢物(特别是腺苷)时,这些血管活性物质聚积并引起动脉扩张,动脉血流增加,即肝动脉对氧合和代谢物的反应能力高于门静脉。肝移植后,不仅动脉灌注增加,而且动脉灌注的变异也大于对照组。这可能是由于冷缺血的持续时间和对再灌注反应的个体变异。肝移植围手术期后肝动脉灌注和对照组无显著差异,而门静脉灌注增加,这可能是由于肝移植后门静脉压力下降引起的。

总之,动态单层 CT 是一种无创性方法,适合于肝脏灌注的评价,能分别提供肝动脉和门静脉灌注。用这种方法确定肝动脉或门静脉灌注,可诊断肝移植后的血管并发症。

参考文献:

- [1] Itai Y, Matsui O. Blood flow and liver imaging[J]. Radiology, 1997, 202(2): 306-314.
- [2] Mateme R, Van Beers BE, Smith AM, et al. Non-invasive quantification of liver perfusion with dynamic computed tomography and a dual input one compartment model[J]. Clin Sci, 2000, 99(6): 517-525.
- [3] Brix G, Bahner ML, Hoffman U, et al. Regional blood measurement with dynamic CT—initial experience[J]. Radiology, 1999, 210(1): 269-276.
- [4] Miles KA, Hayball MP, Dixon AK. Functional images of hepatic perfusion obtained with dynamic CT[J]. Radiology, 1993, 188(2): 405-411.
- [5] Van Beers BE, Leconte I, Materne R, et al. Hepatic perfusion parameters in chronic liver disease. Dynamic CT measurements correlated with disease severity[J]. AJR, 2001, 176(6): 667-673.
- [6] Ett DA, Kelley BB, Dawson P, et al. Colorectal cancer: diagnostic potential of CT measurements of hepatic perfusion and implications for contrast enhancement protocols[J]. Radiology, 1997, 205(3): 716-720.
- [7] Cui D, Kiuchi T, Egawa H, et al. Microcirculatory changes in right lobe grafts in liver donor transplantation: near infrared spectrometry study[J]. Transplantation, 2001, 72(2): 291-295.
- [8] Charles A, Cuenod IL, Nathalie S, et al. Early changes in liver perfusion caused by occult metastasis in rats: detection with quantitative CT[J]. Radiology, 2001, 218(2): 556-561.
- [9] Blomley M, Coulsen R, Bufkin C, et al. Contrast bolus dynamic computed tomography for the measurement of solid organ perfusion[J]. Invest Radiol, 1993, 28(suppl 5): 72-77.
- [10] Bader TR, Harneth AM, Blaicher W, et al. Hepatic perfusion after liver transplantation: noninvasive measurement with dynamic single-section CT[J]. Radiology, 1998, 209(1): 129-134.

(2003-04-14 收稿 2003-06-12 修回)