

• CT 灌注成像专题 •

基于 PC 机的 CT 肝脏灌注成像和定量测量方法初探

邹诚实

【摘要】 目的:初步探讨基于 PC 机的 CT 肝脏灌注成像和定量测量方法的可行性。**方法:**以 10 例行肝脏动态增强扫描的患者为研究对象,合理建立双输入单隔室模型,通过卷积运算,获得肝脏灌注参数,并绘出肝脏灌注图像。**结果:**基于 PC 机的肝脏灌注成像和定量测量可真实反映肝组织血流灌注量的变化。**结论:**基于 PC 机的 CT 肝脏灌注成像和定量测量方法的初步研究有临床应用价值。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 灌注; 图像处理, 计算机辅助; 肝肿瘤

【中图分类号】 R814.42; R735.7 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2005)10-0861-03

A Preliminary Study of Liver CT Perfusion Mapping and Quantitative Measurement Programs for PC ZOU Cheng-shi, Department of Radiology, Cixi Traditional Chinese Medical Hospital, Zhejiang 315300, P. R. China

【Abstract】 Objective: To determine the feasibility of liver CT perfusion mapping and quantitative measurement programs for PC. **Methods:** Ten patients underwent dynamic contrast enhanced liver CT. A dual-input one-compartment model of blood flow was established to compute related parameters of liver hemodynamics and draw the CT perfusion images through deconvolution. **Results:** The liver CT perfusion mapping and quantitative measurement programs for PC reflected the changes in liver tissue perfusion amount and figured out the related parameters of liver hemodynamics. **Conclusion:** This study based on the idea of computer aided diagnosis is worth being used in clinical practice.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Image processing, computer assisted; Deconvolution; Liver neoplasms

近年来,有关 CT 脑灌注成像和定量测量的临床应用报道日益增多^[1,2]。但肝脏具有双重血供,其血供模式较复杂,与 CT 脑灌注成像相比,肝脏 CT 灌注成像则更困难。本文借鉴了其他学者的一些经验和方法,进行了基于 PC 机的 CT 肝脏灌注成像和定量测量方法的初步研究,报道如下。

材料与方法

1. 图像取得

对 10 例患者行肝脏单层动态 CT 增强扫描。使用 GE Sytec SRI CT 机,扫描参数 120 kV, 100 mA, 矩阵 512×512, 扫描时间 1.5 s, 层厚 10 mm。扫描层面包含肝脏(含病灶)、腹主动脉(最好为肝动脉,但腹主动脉容易寻找,且肝动脉为腹主动脉分支,两者显影时间基本同步)以及门静脉主干。扫描方案:前 12 次扫描(I 期、II 期)每次间隔时间 2 s,后 8 次扫描每次间隔 7 s,总扫描时间约 98 s。患者在前 30 s 时间内(I 期扫描)一次屏气完成,在后部分(II 期扫描)分 3 次屏气完成。对比剂碘佛醇 80 ml(320 mg/ml),经患者肘静脉注入,注射流率 5 ml/s,对比剂注入 30 ml 时开始

扫描。

2. 隔室模型

肝脏为双重血供,其中肝动脉约占肝脏血供的 25%,门静脉约占肝脏血供的 75%。因此,肝脏的灌注与单血供器官的灌注存在一定的差异。常用的肝脏灌注参数:①肝动脉灌注量(hepatic arterial perfusion, HAP)单位为 ml/(min·ml);②门静脉灌注量(portal venous perfusion, PVP)单位为 ml/(min·ml);③总肝灌注量(total liver perfusion, TLP)为肝动脉灌注量与门静脉灌注量之和,即 $TLP = HAP + PVP$;④肝动脉灌注指数(hepatic perfusion index, HPI)表示肝动脉灌注量在总肝灌注量中所占的比例,常以百分比表示;⑤分布容积(distribution volume, DV)为组织内对比剂所分布空间的体积与组织体积之比,多以百分比表示;⑥平均通过时间(mean transit time, MTT)为对比剂通过感兴趣区毛细血管网所需的时间。

肝脏有双重血供,故可以采用双输入单室模型(dual-input one-compartmental model)^[3]来分别获得 HAP、PVP。其基本原理是将肝脏(包括肝细胞、肝窦、间质成分)看作是一个隔室,有肝动脉和门静脉两个输入,其流入率常数分别为 k_a 、 k_p ;肝静脉一个输出,其流出率常数为 k_v (图 1)。

作者单位:315300 浙江,慈溪市中医医院放射科

作者简介:邹诚实(1977-),男,浙江慈溪人,主要从事腹部影像诊断工作。

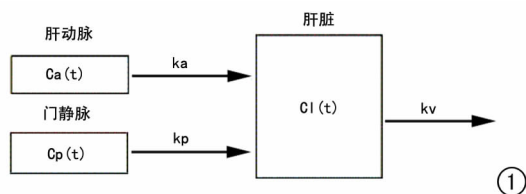


图 1 肝脏双输入单隔室模型。

根据双输入单室模型有如下微分方程：

$$\frac{dCl(t)}{dt} = kaCa(t) + kpCp(t) - kvCl(t) \quad (1)$$

式中 $Ca(t)$ 、 $Cp(t)$ 、 $Cl(t)$ 分别代表主动脉、门静脉和肝脏的时间-密度曲线 (time-density curve, TDC)。当灌注开始后, 对比剂通过肝动脉和门静脉, 经过一定的时间到达肝内兴趣区, 即公式 (1) 可以写为:

$$\frac{dCl(t)}{dt} = kaCa(t - \tau_a) + kpCp(t - \tau_p) - kvCl(t) \quad (2)$$

式中 τ_a 、 τ_p 分别为对比剂从主动脉和门静脉到肝内兴趣区所耗的时间。

扫描后可根据把腹主动脉以及门静脉的 TDC 获得 $Ca(t - \tau_a)$ 、 $Cp(t - \tau_p)$, 代入以上公式, 通过去卷积运算可以求出 ka 、 kp 和 kv 。由于 $ka + kp = F \times E$ (F 为肝脏灌注量, E 为摄取分数, 在肝脏可假定其为 1.0), 因而

$$TLP = ka + kp; HAP = ka; PVP = kp; DV = (ka + kp) / kv \times \% ; MTT = 1 / kv$$

3. 图像处理

把 CT 扫描获得的图像数据输入 PC 机, 在 Windows 2000 Professional 操作系统下运用 C++ Bulider 6 Professional 编写灌注程序。分别在腹主动脉、门静脉主干以及肝癌病灶 (也可是正常肝组织) 设置兴趣区 (region of interest, ROI) (图 2), 即可得到 ROI 区一系列按时间变化的 CT 值, 即时间-密度曲线 (time-density curve, TDC) (图 3)。然后运用隔室模型理论即可计算出常用的肝脏灌注参数值, 并绘制出 256 色阶的伪彩肝脏动脉灌注图像、门静脉灌注图像以及平均通过时间图像。

结 果

本组 10 例, 肝细胞癌 5 例, 结肠癌肝转移 3 例, 肝实质未见异常者 2 例。正常肝脏灌注图像 (图 4) 表现为均一色调, HAP 均值为 $0.83 \text{ ml}/(\text{min} \cdot \text{ml})$; 肝细胞癌病灶 HAP 均值最高, 约 $1.24 \text{ ml}/(\text{min} \cdot \text{ml})$, 结肠癌肝转移灶的 HAP 均值为 $0.99 \text{ ml}/(\text{min} \cdot \text{ml})$ 。本组中 HAP 数据较 Miles 等^[2]应用卷积算法测得的值明显偏高, 这与本研究运用去卷积算法有关。其中有 1 例肝细胞癌 HAP 为 $0.65 \text{ ml}/(\text{min} \cdot \text{ml})$, 可能与该肿瘤主要为低密度坏死区有关。

本组平均通过时间是指血流自动脉流入到从静脉流出的平均时间。本研究中正常组 MTT 为 $(13 \pm 2) \text{ s}$, 肿瘤组为 $(8.2 \pm 4) \text{ s}$, 明显低于正常组。这与肿瘤

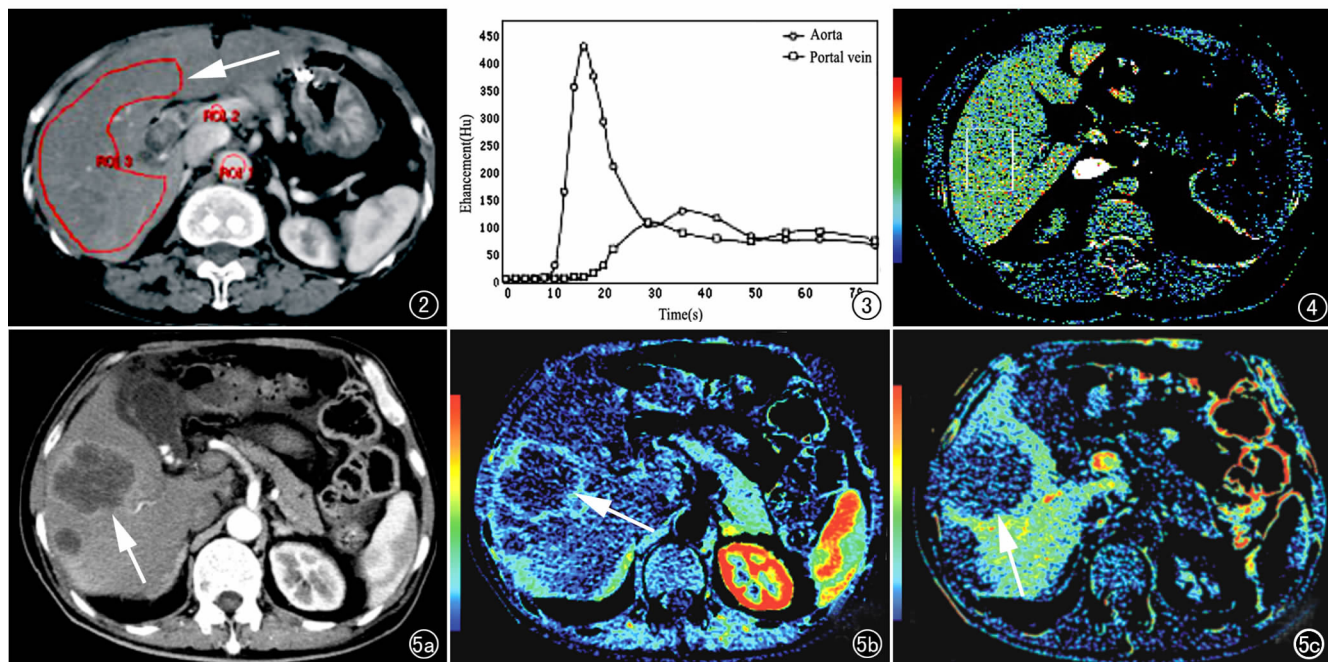


图 2 在关键层面描出 ROI (箭)。图 3 动脉与门静脉的时间-密度曲线 (TDC)。图 4 正常肝脏动脉灌注图像显示成一个比较均匀的中间色调。图 5 a) 结肠癌肝转移, CT 增强示病灶周边环状强化, 中心未见强化 (箭); b) 动脉灌注像病灶周围环状亮带区 (箭); c) 门脉灌注像示病灶暗色调 (箭)。

内存在不同途径、大小不一的动、静脉、动脉、门脉等直接通路有关,导致 MTT 缩短。

图 6a、7a 为肝细胞癌 (hepatocellular carcinoma, HCC) 的动脉灌注像。图 6a 中 HCC 的 HAP 最大为 $1.34\text{ml}/(\text{min}\cdot\text{ml})$; 图 7a 中肝左叶 HCC 的 HAP 最大为 $1.09\text{ml}/(\text{min}\cdot\text{ml})$, 肝右叶 HCC 的 HAP 最大为 $1.05\text{ml}/(\text{min}\cdot\text{ml})$; 这些 HCC 在动脉灌注像中被标记为明色调肿块。图 6b、7b 为 HCC 的门脉灌注像, HCC 被标记为暗色调缺损。图 5a 为结肠癌肝转移瘤的 CT 增强图像, 动脉期可见转移瘤周边部分增强较中央部分明显; 图 5b 为转移瘤的动脉灌注像; 图中转移瘤的 HAP 最大为 $0.97\text{ml}/(\text{min}\cdot\text{ml})$, 同时可见转移瘤周边有比瘤体中央部分灌注量更高的环状带区中肝转移瘤动脉灌注像瘤体周边环状带区表明转移瘤周边部分肝动脉灌注较中央部分高, 而其邻近的肝组织肝动脉灌注较低; 图 5c 为转移瘤的门脉灌注像, 瘤体在门脉期时灌注量较正常肝组织的灌注量明显减少, 表现为暗色调缺损。上述现象说明 HCC 和肝脏转移瘤的血供几乎均来自肝动脉, 这与 HCC 和肝脏转移瘤供血的实际情况相符。

讨 论

1. CT 灌注成像的基本原理

目前灌注参数的计算方法常见的有两种: 斜率法和去卷积算法。对器官灌注的流入动脉和流出静脉进行综合考虑, 计算出的灌注参数和图像更真实地反映

组织内部的血流情况。由于去卷积算法比起斜率法有明显的优势, 所以其临床应用已日益广泛, 本研究即采用此计算方法。

2. 隔室模型的建立和选择以及兴趣区的选取

人体中的各种组织器官有着不同的血供方式, 因而需要建立相应的算法模型。肝脏有肝动脉、门静脉双重血供, 所以采用双输入单输出单室模型。

本研究中输出静脉选取的是肝实质, 而未选取肝静脉。因为肝静脉起源于肝实质的终末肝微静脉, 对比剂到达肝静脉时已是对比剂流入静脉的末端。本研究把肝血窦、肝间质作为肝静脉的起始, 肝实质的强化表明对比剂进入肝血窦、肝间质, 即对比剂流入肝静脉起始处。在扫描层面选取 ROI 时选取肝实质区比较合理。

3. 灌注成像 CT 扫描层面的选择和扫描控制

由于隔室模型建立在正确的组织器官血流分析上, 所以所选择的扫描层面一定要同时显示组织器官的供血、引流血管, 才能获得完整的数据, 便于准确地计算各项灌注参数值。本研究采用呼气末屏气的方法控制因多次屏气而可能导致的肝脏关键层面位置移动。但呼气末屏气较吸气后屏气相对困难, 所以笔者采取先嘱患者快速深呼吸数次后再于呼气末屏气的方法, 效果比较满意。近年来多层 CT 技术的出现弥补了以往 CT 灌注成像仅能观察一个层面的缺点, 增大了组织器官的 Z 轴扫描范围, 同时也解决了反复屏气导致层面移动的难题。从而能选择血管显示清楚以及图像质量较好的一组图像进行分析, 使得到的灌注参数更准确。

4. 处理的难点以及尚待解决的问题

双输入单输出单室模型的输出问题, 是关系到肝脏灌注成像成败的关键点。对比剂输入的起始端, 即肝动脉和门静脉易于检测, 而输出血管的选择则较困难。如选择肝静脉, 因在肝静脉中尚未检测到对比剂时, 对比剂极有可能已进入终末肝微静脉以及肝静脉分支, 则在对比剂从终末肝微静脉到肝静脉的一段时间里实际上忽略了静脉流出, 这样往往造成对肝血流量、血容量的低估。

从本实验的结果来看, CT 灌注成像能较好显示肝肿瘤的血供特点, 但对各种肝脏疾病的临床应用价值还有待于进一步研究。

计算机辅助诊断 (computer aided di-

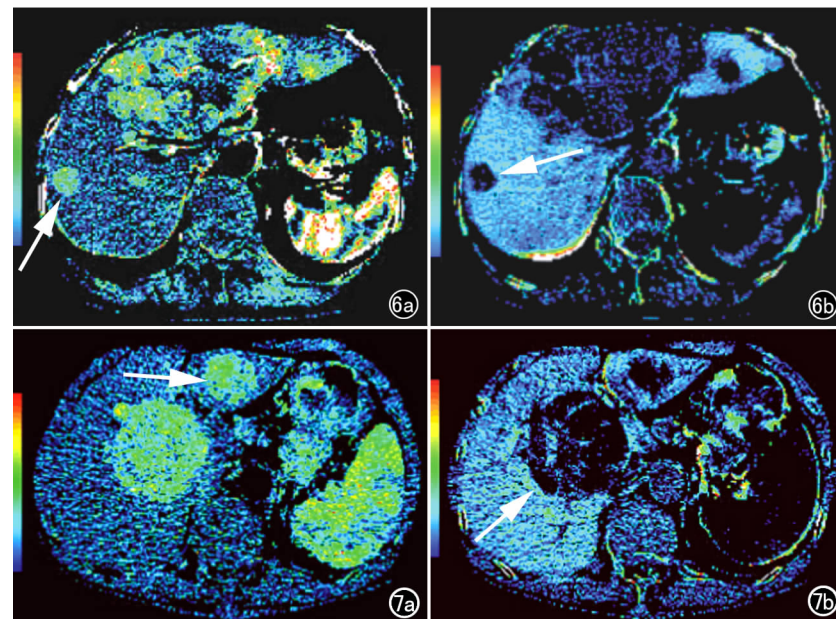


图 6 a) 肝细胞癌动脉灌注像示动脉期高灌注呈亮色调(箭); b) 肝细胞癌门脉期低灌注呈暗色调(箭)。 图 7 a) 肝细胞癌的动脉灌注像示动脉期高灌注呈亮色调(箭); b) 肝细胞癌门脉灌注像示门脉期低灌注呈暗色调(箭)。

agnosis, CAD) 可以提高医生诊断水平。CAD 在影像医学领域中应用的核心是将各种影像设备产生的图像进行定量分析, 找出医生诊断所需要的各种数据, 然后将其与人的生理参数测量数据一起进行综合分析, 最后根据医生的需求完成对图像数据的再显示, 从而达到提高诊断水平的目的。在上述过程中, 定量分析是实现计算机辅助影像诊断的核心。而基于 PC 机的 CT 肝脏灌注成像和定量测量方法的初步研究符合以上出发点, 有利于开展 CT 灌注方面的研究。

参考文献:

- [1] Cenic A, Nabavi DG, Craen RA, et al. Dynamic CT Measurement of Cerebral Blood Flow: A Validation[J]. AJNR, 1999, 20(1): 63-73.
- [2] Miles KA, Hayball M, Pixon AK. Functional Imaging of Hepatic Perfusion Obtained with Dynamic CT[J]. Radiology, 1993, 188(2): 405-411.
- [3] Materne R, Beers Bev, Smith AM, et al. Non-Invasive Quantification of Liver Perfusion with Dynamic Computed Tomography and a Dual-Input One-Compartmental Model[J]. Clin Sci, 2000, 99(6): 517-525.

(收稿日期: 2004-08-31 修回日期: 2004-11-08)

• 病例报道 •

隐睾伴未成熟畸胎瘤一例

路利军, 赵华, 张芳丽, 毕军刚, 李鹏

【中图分类号】R445.2; R737.21 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2005)10-0864-01

病例资料 患者, 男, 23 岁。自幼发现左侧阴囊空虚, 2 周前不明原因出现下腹部疼痛, 呈持续性胀痛, 不伴恶心、呕吐等。查体: 下腹部呈半球形隆起, 未见静脉曲张及胃肠形, 下腹部可触及约 20 cm × 10 cm 大小包块, 质韧, 表面光滑, 境界清楚, 有压痛, 活动度差。肝脾不大, 左侧阴囊未触及睾丸, 右侧睾丸位于阴囊内, 大小和质地如常。B 超检查报告盆腔实质性包块。MRI 检查见盆腔内膀胱上方巨大异常信号灶(图 1、2)。手术: 盆腔内见一巨大肿块被大网膜包裹, 肿块 20 cm × 10 cm × 10 cm 大小, 呈椭圆形, 欠规则, 有完整包膜, 表面呈结节状, 质韧。探查肿瘤实质呈烂鱼肉样组织, 松软, 有少量黄色囊液, 未见油脂、毛发及牙齿。病理诊断: 隐睾伴未成熟畸胎瘤。

讨论 畸胎瘤是睾丸生殖细胞肿瘤的一种, 约占睾丸肿瘤的 10%, 镜下可见各类组织, 最常见的是神经、软骨和上皮, 诊断成熟畸胎瘤要求所有组织分化是好的。有些部分也显示组织不成熟的区域, 可能位于间质、上皮和神经成分中, 不成熟可能从腺体成分周围间质细胞轻度增多到形成大灶的原始腺体、神经、上皮, 甚至见到类似于 Wilms 瘤表现的组织。WHO 分类称具有这些特征的畸胎瘤为不成熟畸胎瘤。睾丸肿瘤比较少见, 仅占全身肿瘤的 1%, 但确是 20~40 岁青壮年男性最常见的实体肿瘤, 几乎都属恶性。其确切病因不清楚, 但隐睾与之有关。有隐睾者, 发生肿瘤的机会是正常睾丸的 20~40 倍。睾丸肿瘤是泌尿生殖系肿瘤中成分最复杂, 组织学表现最多样, 肿瘤成分与治疗关系最为密切的肿瘤^[1]。检测 AFP 和 B-HCG 等肿瘤标记物, 有助于了解肿瘤组织学性质、临床分期、



图 1 矢状面 T_1 WI 病变相对于肌肉呈等信号, 内部见多发片状高信号区, 病灶边界清楚(箭)。图 2 矢状面 T_2 WI 病变呈明显高信号, 边缘可见线样低信号环绕(箭)。

术后有无复发及预后。影像学检查对睾丸肿瘤的诊断与鉴别、确定腹膜后淋巴结有无转移及转移的范围非常重要^[1]。因畸胎瘤含多种组织成分, 故肿瘤的 MRI 信号极其混杂, 通过 MRI 各种序列的信号强度变化, 可辨别畸胎瘤的不同成分, 如脂肪、钙化或牙齿及囊液等^[2]。本例肿瘤本身 MRI 信号无特征性, 术前定性诊断困难, 但结合患者有隐睾的病史, 应首先考虑睾丸肿瘤的可能性。

参考文献:

- [1] 吴在德, 吴肇汉. 外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003. 716-717.
- [2] 高元桂, 蔡幼铨, 蔡祖龙. 磁共振成像诊断学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2004. 578.

(收稿日期: 2005-06-20)

作者单位: 710300 西安, 陕西省户县森工医院 MRI 室

作者简介: 路利军 (1977-), 男, 陕西神木人, 住院医师, 主要从事 CT 和 MRI 临床应用工作。