DOI:10.16016/j.1000-5404.2002.06.017
第24卷第6期 第三军医大学学报 Vol. 24, No. 6
670 2002年6月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Jun. 2002

论著

文章编号:1000-5404(2002)06-0670-04

正常肝脏CT灌注的研究

文 利, 丁仕义, 周代全, 吴光明, 陈 洁, 王成波 (第三军医大学附属西南医院放射科, 重庆 400038)

提 要:目的 探讨CT测量肝脏的血流灌流量的方法。方法 以肝门作为靶层面对23例正常肝行CT灌注扫描,从开始注射造影剂(总量为35~40 ml,速度5~6.7 ml/s)后7 s或9 s开始连续扫描41或41.25 s,1 s(或0.75 s)/层。利用所得图像形成时间-密度曲线,根据曲线参数计算灌流量参数。结果 正常肝的肝动脉灌流量为0.378 ml·min^{-1}·ml^{-1},门静脉灌流量1.125 ml·min^{-1}·ml^{-1},肝总灌流量1.505 ml·min^{-1}·ml^{-1}肝动脉灌注指数为0.25,门静脉灌注指数为0.75。结论 利用本研究的扫描及计算方法可更简便、可靠地测得肝脏的血流灌流量。

关键词:体层摄影术;X线计算机;肝脏;灌注
中图法分类号:R322.47;R814.42 文献标识码:A

Study of CT perfusion of normal liver

WEN Li, DING Shi-yi, ZHOU Dai-quan, WU Guang-ming, CHEN Jie, WANG Cheng-bo (Department of Radiology, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To explore a reliable way to calculate the blood flow of liver with spiral CT. Methods Twenty-three patients (17 male, 6 female, mean age of 41 years) without any obvious hepatic disorder and malignant tumor after clinical confirmation were included. After plain CT scanning of the whole liver, a single slice through the portal hepatis was repeatedly scanned for 42 s after intravenous bolus injection of 35~40 ml nonionic contrast media at a rate of 5—6.7 ml/s. Time-density curves (TDCs) of portal vein, liver, spleen, aorta and/or hepatic artery were obtained and analyzed. Hepatic arterial perfusion (HAP) was calculated by dividing the peak gradient of the liver TDC by the peak hepatic arterial enhancement before the splenic peak. Hepatic portal perfusion (HPP) was calculated by dividing the peak gradient of the portal TDC by the peak portal vein enhancement. HAP plus HPP was the total liver perfusion (TLP). Hepatic arterial perfusion index (HAI) was obtained by dividing HAP by TLP, and hepatic portal perfusion index (PPI) by dividing HPP by TLP. Results The mean HAP, HPP, and TLP were 0.378, 1.125, and 1.505 ml·min^{-1}·ml^{-1} repectively, HAI and PPI of liver were 0.25, and 0.75 respectively. Conclusion It's practical to obtain liver perfusion with the CT perfusion method in our study, which has more accurate TDC and simpler portal perfusion calculation than that described in the some literatures and review.

Key words: tomography; X-ray computed; liver; perfusion

肝脏因为具有双重血供,需要区分其动、静脉成分而使其血流动力学测量相当困难。螺旋CT出现,使扫描能完全区分动脉期、静脉期而使其灌流计算成为可能。肝内病变常引起血供的改变,因此如能够测量其血流,不仅有助于病灶的定性诊断,且能定量发现其血流动力学改变。本研究对文献所述的CT灌注的扫描方法进行改进,并简化了门静脉灌流量的计算方法,使肝脏血流量的CT测量更简便、可靠。

1 材料与方法

1.1 一般资料

1.1.1 病例选择标准 纳入标准:经过综合影像学检查(至少有B超及CT)或其他检查,临床证实未发现明显肝脏疾患及其他部位恶性肿瘤者,均行CT灌注扫描。排除标准:若扫描时由于病人屏气欠佳产生伪影,或其它原因影响(比如扫描层面内未包括计算所需的器官),不能满足灌注测量及计算的要求,则排除于研究之外。

作者简介:文 利(1972—),女,永川市人,硕士,医师,主要从事肝癌CT灌注方面的研究。电话:(023)68755114-74676

收稿日期:2002-03-17;修回日期:2002-05-17

1.1.2 临床资料 23例中,正常肝6例,血管瘤10例,小囊肿1例,血管瘤并小囊肿2例,胰腺炎2例,肾囊肿2例。男17例,女6例,年龄20~57岁,平均41岁。

1.2 CT扫描方法

扫描:采用SIEMENS PLUS4螺旋CT机行常规全肝平扫后,以肝门作为靶层面用Multiscan序列中的Perfusion程序扫描。从开始注射造影剂后7~9 s开始连续扫描41 s(或41.25 s),扫描时间为1 s(或0.75 s)/层,图像重建时间为1 s(或0.75 s),其间病人屏气,扫描参数为120 KV,110 mA,层厚10 mm。用LF CT 9000型高压注射器,18 G或19 G静脉头皮针,经前臂静脉一次性快速团注非离子型造影剂35~40 ml,速度5.0~6.7 ml/s,于7 s内注完。在灌注扫描结束5 min后开始常规增强扫描。

1.3 CT图像分析及灌流量计算

将灌注扫描图像传到图像工作站进行处理。应用CT机配套工作站的Perfusion处理软件CBF加以适当调整,对所得原始图像进行图像数据处理,根据所选兴趣区(ROI)自动生成时间-密度曲线(Time-density curve, TDC),门静脉、肝、脾、主动脉或肝动脉的时间-密度曲线(TDC)。记录TDC参数以便计算灌流量参数。

1.3.1 TDC参数 峰值(Peak of value, PV)即组织器官增强后的最大CT值,单位为Hu。强化峰值(ΔPV)为组织、器官增强后所增加的最大CT值,即ΔPV = PV—增强前CT值。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

峰值时间(Time to peak, TP)为从注射造影剂开始到组织、器官达强化峰值所需时间, 单位为 s, 强化峰值时间(ΔTP)为从开始强化到强化峰值所需时间, 即 ΔTP= TP— 开始强化时间, 斜率(Slope, S)为某段时间内 TDC 的变化率, 等于该时段内的 CT 增加值(ΔHu)与时间增加值(Δs)的比值, 即 S = ΔHu/ Δs, 单位为 Hu/ s

1.3.2　灌流量参数　　肝脏为双重血供, 其中由肝动脉供给的血量为肝动脉灌流量(Hepatic arterial perfusion, HAP)。由门静脉供给肝的血量为门静脉灌流量(Hepatic portal perfusion, HPP)。两者之和即为肝总灌流量(Total liver perfusion, TLP)。

$$\text{肝动脉灌流量}=\frac{\text{肝动脉灌流 TDC 最大斜率}}{\text{肝动脉强化峰值}}$$

$$\text{门静脉灌流量}=\frac{\text{门脉灌流 TDC 最大斜率}}{\text{门静脉强化峰值}}$$

肝动脉灌注指数(Hepatic arterial perfusion index, HAI)与门静脉灌注指数(Portal perfusion index, PPI)分别为 HAP、HPP 占 TLP 的比例[1,2], 即 HAI= HAP/ TLP, PPI= HPP/ TLP

1.4　结果评价

所有数据均用统计软件包 SPSS 10.0 处理。计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2　结果

2.1　TDC 形态

主动脉 TDC 形态呈骤升骤降型, 肝动脉 TDC 呈速升速降型, 形态与主动脉相似, 幅度约为其 1/2。门静脉 TDC 呈速升速降型, 出现时间远比主动脉迟, 幅度比主动脉小。正常肝脏 TDC 动脉期上升缓慢, 于门静脉期上升较快并达峰值。正常脾脏速升缓降, 峰值时间位于主动脉与门静脉之间, 达峰值后缓慢下降, 见图 1~5。

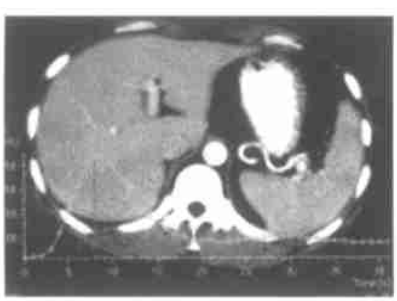


图 1　主动脉的时间-密度曲线
Fig 1　TDC of aorta

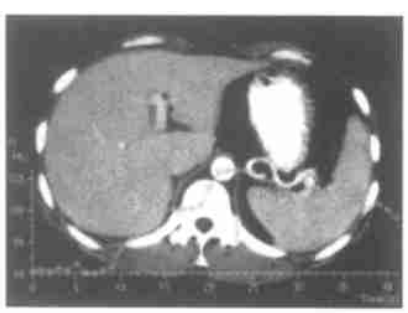


图 2　肝动脉的时间-密度曲线
Fig 2　TDC of hepatic artery



图 3　门静脉的时间密度曲线
Fig 3　TDC of portal vein

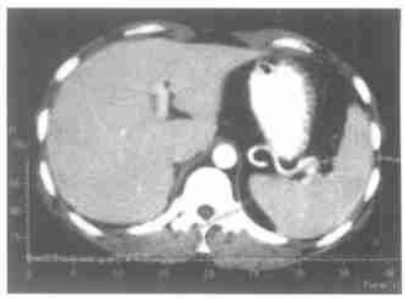


图 4　肝脏的时间-密度曲线
Fig 4　TDC of liver

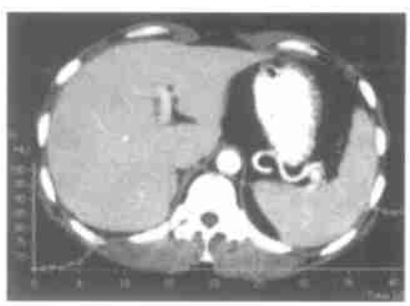


图 5　脾脏的时间-密度曲线
Fig 5　TDC of spleen

2.2　灌注值结果

肝脏的 HAP、HPP、TLP、HAI、PPI 分别为 0.378 $ml\cdot min^{-1}\cdot ml^{-1}$、1.125 $ml\cdot min^{-1}\cdot ml^{-1}$、1.505 $ml\cdot min^{-1}\cdot ml^{-1}$、0.25、0.75。

3　讨论

3.1　CT 灌注中灌流量的计算方法

CT 灌注根据核医学的原理来计算灌流量。Miles 等[3~5]认为, 放射性核素计算器官血流量的示踪原理可用于放射学造影剂, 因此:

$$\text{组织灌流量}(ml\cdot min^{-1}\cdot ml^{-1})=\frac{\text{组织 TDC 的最大斜率(Hu/min)}}{\text{供血动脉 TDC 的强化峰值(Hu)}}$$

肝脏的血供特殊, 为双重血供, 其灌流计算较其它器官复杂。当造影剂经前臂静脉注入后, 肝脏强化首先源于肝动脉的血供, 此期即为动脉期。由于在动脉期肝脏内造影剂主要来于肝动脉, 门静脉灌流可以忽略, 因此可用肝 TDC 代替肝动脉灌流 TDC 计算肝动脉灌流量。文献中以主动脉代替肝动脉作为肝的供血动脉计算肝动脉灌流量, 由于主动脉 TDC 峰值远高于肝

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

动脉峰值而所得结果必然偏小[11]。但肝动脉细小，难以每例都包括在靶层面中，且不易进行准确测量。本课题根据 10 例（正常肝及肝癌共 136 例）主动脉与肝动脉的峰值之比为 2.195，以此作为主动脉 TDC 代替肝动脉 TDC 计算灌流量的校正系数，即：

$$\text{肝动脉灌流量(HAP)}=\frac{\text{动脉期肝 TDC 最大斜率}}{\text{主动脉强化峰值}}\times 2.195$$

（注：由于灌流量的单位为 $ml\cdot min^{-1}\cdot ml^{-1}$，而 SL 单位为 Hu / s，因此需×60，换算为 Hu/ min[9]，后同）

应用校正系数前计算结果为 HAP 0.182 ml/min/ml，HAI 0.16，校正计算后 HAP 为 0.378 ml/min/ml，HAI 0.25，与生理值更接近（一般认为门脉血供占全肝供血 70%～75%，肝动脉占 25%～30%）。但是同样由于肝动脉细小，其 CT 值测量易受部分容积效应的影响，导致该校正系数可能偏大，因此尚需进一步探讨。

门静脉灌流量的计算较为复杂。根据文献，假定造影剂经肘静脉注入后到达肝脾的时间及流过时间相同，因此用脾 TDC 峰值作为动静脉期的分界；将肝 TDC 最大斜率（SL）除以脾 TDC 最大斜率（SS），得到肝、脾灌流之比率（R）；将脾 TDC 按比率 R 绘制，得到肝动脉灌流 TDC。

在门静脉期，由于肝脏强化主要有肝动脉和门静脉带来的造影剂，因此肝 TDC 主要由肝动脉灌流 TDC 和门静脉灌流 TDC 构成，因此门静脉灌流 TDC 等于肝 TDC 减去肝动脉灌流 TDC。由此可将肝强化的肝动脉和门静脉灌流区分开来计算[7]，但同时也可看出，其门脉灌流 TDC 的斜率（SP）计算是通过多次 TDC 转换进行的，而 TDC 是随时间不断变化的曲线，计算过程非常复杂。通过分析，我们发现没必要进行 TDC 转换，而可以通过求得关键点，就可求得其斜率进而计算灌流量。因此在此讨论门静脉灌流量的计算公式的推导过程。具体步骤如下：

① 令 x_1 为 TDC 开始强化的时间，x_2、x_3 分别为脾、肝峰值强化时间；设肝 TDC 中三关键点为 $a_1(x_1, y_1)$，$b_1(x_2, y_2)$，$c_1(x_3, y_3)$，S_{L1}、S_{I2} 分别为脾峰值前、后肝 TDC 最大斜率，则

$S_{L1}=(y_2-y_1)/(x_2-x_1)$，$S_{I2}=(y_3-y_2)/(x_3-x_2)$

②设脾 TDC 中三点 $a_2(x_1, y_4)$，$b_2(x_2, y_5)$，$c_2(x_3, y_6)$，S_{S1}、S_{S2} 分别为脾峰值前、后脾斜率，则

$S_{S1}=(y_5-y_4)/(x_2-x_1)$，$S_{S2}=(y_5-y_6)/(x_3-x_2)$

③设肝动脉灌流 TDC 中三点 $a_3(x_1, y_7)$，$b_3(x_2, y_8)$，$c_3(x_3, y_9)$，y_7、y_8、y_9 为 x_1、x_2、x_3 相对应之 CT 值；令 ΔHu_a 为主动脉最大强化值，则

肝脾灌流比 $R=(S_{L1}/\Delta Hu_a)/(S_{S1}/\Delta Hu_a)=S_{L1}/S_{S1}=(y_2-y_1)/(y_5-y_4)$

又 ∵ 肝动脉灌流 TDC 由脾 TDC 按比率 R 绘制可得，则 $y_7=y_4\cdot R$ $y_8=y_5\cdot R$ $y_9=y_6\cdot R$

④设门静脉灌流 TDC 中 $b_4(x_2, y_{11})$，$c_4(x_3, y_{12})$，SP 为门静脉灌流 TDC 斜率

∵ 门静脉灌流 TDC＝肝 TDC－肝动脉灌流 TDC，

∴ $yL_1=b\cdot h=y_2-y_8$，$y_{12}=c\cdot i=y_3-y_9$

$SP=(y_{11}-y_{10})/(x_3-x_2)=[(y_{11}-y_9)-(y_2-y_8)]/(x_3-x_2)$

$=[(y_3-y_2)+(y_8-y_9)]/(x_3-x_2)$

$=(y_3-y_2)/(x_3-x_2)+(y_5-y_6)R/(x_3-x_2)$

$=S_{L2}+S_{S2}\cdot R=S_{L2}+S_{S2}\cdot S_{L1}/S_{S1}$

⑤ ∵ 组织灌流量（ml/min/ml）

$=\frac{\text{组织 TDC 的最大斜率(Hu/min)}}{\text{供血动脉 TDC 的峰值(Hu)}}$

∴ 门静脉的灌流为：门静脉灌流量（HPP）＝$\frac{\text{门静脉灌流 TDC 最大斜率(SP)}}{\text{最大门静脉 CT 增加值}(\Delta Hup)}$

∴门静脉灌流量（HPP）$=\frac{S_{I2}+S_{S2}\cdot S_{L1}/S_{S1}}{\text{门静脉强化峰值}(\Delta Hup)}$

（公式中 S_{I2}、S_{S2} 分别为门脉期肝、脾 TDC 斜率，S_{L1}、S_{S1} 为动脉期肝、脾 TDC 斜率。）

利用该公式计算门静脉灌流量比文献方法简便了许多。本课题应用该公式进行门脉灌流量计算，所得结果为对照肝 HPP 1.125 ml/min/ml，与文献[1, 2] 相近，表明应用该公式是可行的。

3.2 灌注值结果的影响因素

各灌流量参数是根据时间-密度曲线进行计算的，因此其关键在于形成准确的时间-密度曲线。首先是扫描时要求图像位于同一层面，因此对于不能很好配合的病人，则不适合。

3.2.1 扫描起始时间及扫描持续时间 造影剂从肘静脉到达腹主动脉的时间为 9～12 s，在此之前开始进行扫描，均可获得造影剂到达前的图像（蒙片）。如果从开始注射造影剂即开始扫描，必定能获得蒙片，但同时必将增加球管扫描的时间和病人屏气的时间。因此我们经过预实验后，将开始扫描时间定为开始注造影剂后 7～9 s。

文献[1～5] 报道中肝脏的灌注扫描为在注射造影剂同时开始扫描，0～45 s 间或 0～87 s 间扫描 10 次或 19～25 次，扫描间隔时间为 2～7 s 不等，其间病人多次屏气。由此看出，其扫描次数较少，所成 TDC 较粗糙；且病人多次屏气，难以保证每次屏气时扫描均在同一层面，如果某一次不在同一层面，则由于图像较少而对曲线形态影响较大，势必影响计算结果。因此本课题要求一次性屏气（多数病人经过训练后能配合），并采用连续扫描 41.25 s（或 42 s），共扫描 56 次（1 次/0.75 s）或 42 次（1 次/s）。显然，我们的方法所得时间－密度曲线更准确，从而为准确计算奠定了基础。

3.2.2 造影剂量及注射速度 文献中 CT 灌注扫描的造影剂用量为 25～50 ml，以 40 ml 应用较多，速度为 7～10 ml/s，要求造影剂在 7 s 内注完。将造影剂注射时间控制在 7 s 内非常重要，因为依照器官灌流量计算原理，其前提是造影剂仍在器官毛细血管内，而未进

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

入静脉系统[4~8]。而对于造影剂量及注射速度，不要求绝对一致，因为个体间心排血量及中央血管容积的差异对造影剂团流入主动脉的方式影响更大[8]。根据预实验，将剂量定为 35 ~ 40 ml，即使在 5 ml/s 的速度下亦能确保在 7 s 内注完。此外，所有病人均无不良反应发生，表明此速度病人可以耐受。

3.2.3　兴趣区选择　　尽可能大，以尽量全面代表组织，并能尽量减少量子噪声的影响（ROI 大于 50 个象素即可忽略量子噪声的影响[9]）。同时，兴趣区不达到靶区边缘，以免受部分容积效应影响。肝、脾、肿瘤兴趣区还应避开大血管，尤其是肝实质，因为肝实质在动脉期的强化非常少[9]，大血管对 CT 值影响较大，从而使结果偏差。此外，由于 ROI 的选择直接影响到 CT 值的测量，进而影响 TDC 的形态及其参数，因此每一个 ROI 至少选取 3 次，以确保其可重复性。

SCT 扫描速度快，操作简便，形成的图像分辨率高。运用 SCT 计算肝脏及肝癌的灌注参数值，能定量计算动、静脉血流，获得多个血流动力学参数，有助于临床了解肿瘤的血流动力学情况，从而有助于制定治疗措施、观察疗效及判断预后。

参考文献：

[1] Blomley M J K, Coulden R, Dawson P, *et al*. Liver perfusion studied with ultrafast CT[J]. J Compu Assis Tomo, 1995, 19(3): 424－433.

[2] Bader T R, Hemeth A M, Blaicher W, *et al*. Hepatic perfusion after liver transplantion: noninvasive measurement with dynamic single-section CT [J]. Radiology, 1998, 209(1): 129－134.

[3] Miles K A. Measurement of tissue perfusion by dynamic computed tomography[J]. Br J Radiol, 1991, 64(761): 409－412.

[4] Miles K A, Haybal M P, Dixon A K. Color perfusion imaging: a new application of computed tomography[J]. Lancet, 1991, 337(8 742): 643－645.

[5] Tsushima Y, Unno Y, Koizumi J, *et al*. Hepatic perfusion changes after transcatheter arterial embolization(TAE) of hepatocellular carcinoma: measurement by dynamic computed tomography(CT) [J]. Dig Dis Sci, 1998, 43(2): 317－322.

[6] Miles K A, Hayball M P, Dixon A K. Measurement of human pancreatic perfusion using dynamic computed tomography with perfusion imaging[J]. BJR, 1995, 68(809): 471－475.

[7] Tsushima Y, Blomley M J K, Kusano S, *et al*. The portal component hepatic perfusion mersured by dynamic CT. An indicator of hepatic parenchymal damage[J]. Dig Dis Sci, 1999, 44(8): 1 632－1 638.

[8] Chambers T P, Baron R L, Lush R M. Hepatic CT enhancement Part Ⅰ. Alterations in contrast material volume and rate of injection within the same patients[J]. Radiology, 1994, 193(2): 513－517.

[9] Taushima Y, Unno Y, Koizumi J, *et al*. Measurement of human hepatic and splenic perfusion using dynamic computed tomography: a preliminary report. Computer Methods and Programs in Biomedicine[J], 1998, 53(2): 143－146.

（编辑　郭建秀）

文章编号：1000-5404(2002)06-0673-02

个案与短篇

上消化道出血的季节变化规律及预防护理对策

The season changes of gastrointestinal hemorrhage and its nursing

张佳思[1]，唐　榕[2]，向国春[1]　（[1] 第三军医大学附属西南医院全军消化专科中心，重庆 400038；[2] 重庆建设医院内科，重庆 400050）

上消化道出血是消化性溃疡和肝硬化最常见的并发症，其发生可因季节的变化而波动。我们对我院近 10 年上消化道出血病例进行分析，探讨其出血与季节变化的规律，并采取相应的预防护理措施以减少其发病。

1　临床资料

1990－2000 年我科共收治上消化道出血病人 1 281 人，其中男 813 人，女 468 人，年龄 18~82 岁，平均 45 岁，主要症状有黑便(58%)、呕血(15%)、呕血伴黑便(27%)。将全部病例按出血发病月份进行统计，见表 1。

作者简介：张佳思(1974－)，女，四川省渠县人，护师，主要从事上消化道出血的护理方面的研究，发表论文 5 篇。电话：(023)65318311-73055。

收稿日期：2001-10-12；修回日期：2002-01-10

表 1　上消化道出血病人的发病月份分布

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
病例数	179	171	158	124*	79	57	33	31	44	81△	152	172	1281
构成比(%)	13.97	13.35	12.33	9.68	6.17	4.45	2.58	2.42	3.43	6.32	11.87	13.43	100.00

*：$P<0.05$，与 5 月份比较；△：$P<0.05$，与 11 月份比较

2　结果

从表 1 中可见：在寒冷的冬春季（11 月至 4 月）出血 956 例（占 75%），温热的夏秋季（5 月至 10 月）出血 325 例（占 25%）。两组经 χ^2 检验有显著性差异（$P<0.05$），说明急性上消化道出血的发生与季节的变化确有关，在冬春季节明显高于夏秋季。

（下转 682 页）

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net