综計。

# 三维 CT 脑灌注血容量成像研究

卢洁 综述 李坤成 审校

【中图分类号】R814.42; R743 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2006)10:1069-03

动态 CT 脑灌注成像(computed tomography perfusion, CT P) 能够反映脑内血流灌注情况, 快速、可靠的评价血流动力学改变, 在诊断急性脑缺血方面一直是研究热点[1,2]。由于CT P是二维技术, 且检查范围受到限制, 即使采用 64 排螺旋CT 也仅能进行 40 mm 扫描, 通常无法显示全脑灌注情况<sup>[3,4]</sup>。三维 CT 脑灌注血容量(perfused blood volume, PBV)成像主要是利用增强 CT 血管造影(CT angiography, CTA)图像获得, 能够多方位显示脑灌注异常范围[57]。本文对其概念、成像和后处理方法、初步临床应用作一介绍。

#### 脑灌注血容量

CTP具有多个脑灌注参数,可以反映微循环水平的灌注情况,常用指标有脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)和平均通过时间(mean transit time, MTT)。根据中心容积原理:

$$CBF = \frac{CBV}{MTT}$$

按照 CBF 自动调节机制, 当发生脑缺血时, 脑内动脉代偿性扩张, CBV 增加, 以维持 CBF 在正常范围。随病情加重, 血管最大程度扩张, 自动调节失代偿, CBF 开始下降。

PBV 与 CBV 不同,主要根据图像减影和对比剂稀释原理,是通过增强和平扫的图像减影获得, Hamberg 等<sup>[5]</sup> 的动物实验研究根据血管内对比剂稀释理论,减影图像上体素的密度与对比剂浓度呈线性关系,通过测量 CT 值改变确定组织血容量分数,从而计算% PBV 和绝对 PBV,公式为:

$$\% PBV = 100 \times \Delta HU_{brain} / \Delta HU_{blood}$$
 (1)

$$PBV = 100 \times \Delta HU_{brain} / \Delta HU_{blood} \times V_{voxel} \times N$$
 (2)

注: PBV 的单位为 ml/100g 组织,  $V_{wasel}$  为体素的容积, N 为 100~g 组织中的体素数, N=  $100~g/V_{wasel}$ , 脑组织 N 值为 1.05~g/ml, 大血管和小血管的容积校正率为 0.85。

由于上矢状窦、横窦、乙状窦内充满血液,无其它组织的容积效应,可作为血管内对比剂浓度参考值,而无需有创性进行测量 $^{[5,6]}$ 。 Hamberg 等 $^{[5]}$  通过动物实验计算正常和缺血兔脑组织的 PBV 值,包括 7 例正常和 3 例缺血新西兰大白兔,结果显示平均正常 PBV 值为 $(3.3\pm0.4)$  m $^{1}/100$  g( n= 7),皮层灰质为 $(4.5\pm0.6)$  m $^{1}/100$  g, 白质为 $(2.5\pm0.6)$  m $^{1}/100$  g, 基底节为 $(3.7\pm0.4)$  m $^{1}/100$  g; 对应缺血区 PBV 值分别为 $(1.5\pm0.4)$ 、 $(0.7\pm0.7)$ 和 $(1.8\pm0.9)$  m $^{1}/100$  g。

脑缺血区血管虽然最大扩张,但运输对比剂到达血管主要

依靠脑血流, CBF 下降导致对比剂运输减少, 图像上观察到的密度降低, 因此测量的不是真正的 CBV, 而称为灌注血容量 (perfusion blood volumn, PBV)。PBV 与 CBF 成正比, CBF 减少, PBV 降低, 所以 PBV 反映的生理变化对脑灌注更有价值。

#### 成像和后处理方法

早期研究通常进行平扫和增强 CTA 减影获得 PBV, 两次扫描范围相同, 由枕大孔至颅顶, 扫描参数为管电压 120 kV,管电流 240 mA,矩阵  $512 \times 512$ ,视野 25 cm,螺距 1: 1。以后研究使用常规平扫和增强 CTA 减影获得 PBV, 从而减少了扫描时间和患者的辐射量, 但由于螺距不同容易导致部分容积不匹配, 造成图像伪影<sup>[4,5]</sup>。目前 16 层、64 层螺旋 CT 能克服这一缺点, 使扫描螺距相同, 图像能有效匹配。扫描参数为头颅 CT平扫管电压 120 kV,管电流 380 mA,层厚 0.6 mm,间隔 0.4 mm,矩阵  $512 \times 512$ ,视野 20 cm;增强 CTA 管电压 120 kV,管电流 100 mA,层厚 0.6 mm,间隔 0.4 mm,矩阵  $512 \times 512$ ,视野 20 cm。注射对比剂 100 ml,延迟 25 s 后扫描,流率  $3 \text{ ml/s}^{[6,7]}$ 。

对常规平扫和增强 CT A 图像后处理, 首先使用表面骨自动配准, 然后进行图像减影; 从图像中去除骨和脑脊液; 对血管进行分割; 使用非线性低滤过法; 获得伪彩色 PBV 图, 可行横轴面、矢状面和冠状面三维显示(图 1)。 Siemens 公司开发的3D PBV 软件整个后处理过程仅需 3~5 min, 适于评价急性脑卒中患者。

影响三维 CT P 研究的两个主要因素是图像体素和空间分辨率。单个体素内的量子噪声数量与体素大小有关, 也受扫描射线因素和重建算法的影响, 噪声决定 PBV 和 CTA。CTA需要高空间分辨率, 但空间分辨率提高, 信噪比下降, 虽然可以通过增加扫描条件解决, 但又受 X 球管热容量的限制, 另一方法就是增加对比剂的注射量和流率。平面内的空间分辨率降低为 1 mm, 软组织过滤重建 256× 256 矩阵图像, 减影图像没有移动就可以产生高质量的 PBV 图, 但有时轻微体位变动不可避免, 必须通过匹配消除运动份影<sup>[6.8]</sup>。

### 临床应用

急性缺血性脑卒中是临床常见的脑血管疾病, CT 常规平扫只能排除脑出血,对早期缺血性梗死敏感性很低,难以早期发现和诊断。早期溶栓治疗能够挽救缺血半暗带,所以早期发现灌注异常区域,区分可逆与不可逆缺血组织,对指导临床治疗有极其重要的价值。CTP 检查快速简便,对脑灌注损伤敏感,但不能三维显示缺血范围,因此获得灌注的容积信息一直是研究的热点之一。

1998 年 Hunter 等[6] 进行三维功能 CT 评价超急性期卒中患者. 研究分三组: 无卒中病史的正常志愿者: 明确诊断的卒中

作者单位: 100053 北京, 首都医科大学宣武医院医学影像学部放射科作者简介: 卢洁(1975-), 女, 河北邢台人, 博士研究生, 主要从事神经影像学诊断工作

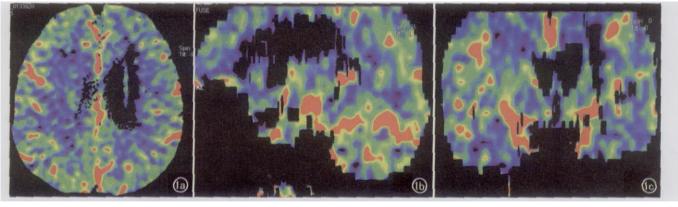


图 1 三维 PBV 图示左侧脑室旁条状灌注减低区。a) 横轴面;b) 矢状面;c) 冠状面。

患者: 超急性期卒中(< 3 h) 患者。分别干增强前后行轴面 CT A 扫描. 获得 PBV 图像。9 例无卒中病史的正常志愿者. % PBV 正常值为灰质(4.6±0.15)%、白质(1.75±0.09)%、尾状 核(3.18 ± 0.10) %、売核(2.84 ± 0.23) %、丘脑(2.92 ± 0.29) %、小脑(2.91±0.20) %、脑干(1.66±0.03) %。 超急性 和慢性卒中患者 PBV 图明确显示了低灌注的面积和容积。 2003 年 Ditt 等[7] 报道计算三维 PBV 的研究, 使用 Siemens Somatom 对 20 例急性脑卒中患者进行扫描,扫描包括常规平扫、 CTP、增强CTA, 扫描时间约15 min。使用Siemens专门后处 理软件.3~5 min 即可得到三维伪彩色 PBV 图像.结果显示 PBV 图的缺血范围与 CTP 的 CBV 图有很好的一致性,可作为 急性卒中的常规检查。另一研究对 28 例急性脑卒中(> 6 h) 患 者行 PBV 检查, 通过回归分析做局部脑梗死的 PBV 函数曲线 (%),结果显示梗死灶和半暗带区内侧、外侧的 PBV 值,分别为 (24.5 ± 2.3) %、(36.3 ± 2.4) %和(72.1 ± 2.4) %,发生梗死的 可能性为 0.99、0.96 和 0.11: PBV 函数曲线的敏感 度、特异度 和诊断符合率分别为 90.5%、89.5% 和 90.0% [9]。

由于 CT P 检查简单、快速,能提供定量脑灌注信息,可早期显示缺血半暗带,国内外已经有较多报道,但其扫描范围的局限性不能全面了解脑组织灌注情况,易造成小病灶的漏诊,此外不能同时进行 CTA 检查,无法 了解供血血 管情况  $^{[10-12]}$ 。 CT P 强调对比剂团注和高时间分辨率这两个技术问题,团注对比剂通常超过 5~ml/s,流率越快越好  $^{[13,14]}$ 。 三维 CT P 与 CT P 不同,利用 CT A 图像获得,对对比剂注射时间和流率要求不严格,临床安全性和成功率较高;不仅可获得全脑组织灌注信息,而且能同时获得 CT A 源图像,明确低灌区相应供血动脉的情况,对于诊断早期脑梗死,判断半暗带和指导临床溶栓治疗有重要意义  $^{[9,15]}$ 。

综上所述, 发现可恢复的缺血组织一直是影像学的"圣杯", PBV 能三维评价缺血范围, 可定量测量, 提供血流动力学信息, 预测可存活的脑组织, 获得 PBV 图像不需要行额外的扫描和对比剂注射, 后处理简单、快速, CTA 可以提供血管的狭窄和闭塞情况, 有利于临床进行全面评价。此外与单光子发射计算机体层成像、吸入性氙气 CT 扫描、正电子发射体层成像及MRI 灌注成像等检查相比, PBV 更适用于卒中患者的急诊检查[16-18]。目前 PBV 已初步应用于临床, 显示出巨大的临床应

用潜能,随着软件的进一步开发,有可能替代 CTP 检查,但对于PBV 的定量分析及其与 CTP 的相关性,尚需进一步研究证实。

### 参考文献:

- [1] Schaefer PW, Roccatagliata L, Ledezma C, et al. Firstpass Quantitative CT Perfusion Identifies Thresholds for Salvageable Penumbra in Acute Stroke Patients Treated with Intra-arterial Therapy
  [J]. AJNR, 2006, 27(1): 20-25.
- [2] Teksam M, Cakir B, Coskun M. CT Perfusion Imaging in the Early Diagnosis of A cute Stroke [J]. Diagn Interv Radiol, 2005, 11(4): 202-205
- [3] Konig M. Brain Perfusion CT in Acute Stroke: Current Status[J]. Eur J Radiol, 2003, 45(Suppl 1): S11-22.
- [4] Chawla S. Advances in Multidetector Computed Tomography: Applications in Neuroradiology[J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28(Suppl 1): S12-16.
- [5] Hamberg LM, Hunter GJ, Kierstead D, et al. Measurement of Cerebral Blood Volume with Subtraction Three dimensional Functional CT[J]. AJNR, 1996, 17(10): 1861-1869.
- [6] Hunter GJ, Hamberg LM, Ponzo JA, et al. Assessment of Cerebral Perfusion and Arterial Anatomy in Hyperacute Stroke with Three dimensional Functional CT: Early Clinical Results [J]. AJNR, 1998, 19(1): 29-37.
- [7] Lell M, Anders K, Klotz E, et al. Clinical Evaluation of Bone-subtraction CT Angiography (BSCTA) in Head and Neck Imaging
  [J]. Eur Radiol, 2006, 16(4): 889-897.
- [8] Alpert NM, Berdichevsky D, Levin Z, et al. Performance Evaluation of an Automated System for Registration and Postprocessing of CT Scans J. J. Comput Assist Tomogr, 2001, 25(5): 747-752.
- [9] Hunter GJ, Silvennoinen HM, Hamberg LM, et al. Whole-brain CT Perfusion Measurement of Perfused Cerebral Blood Volume in Acute Ischemic Stroke: Probability Curve for Regional Infarction [J]. Radiology, 2003, 227(3):725-730.
- [10] Koenig M, Kraus M, Theek C, et al. Quantitative Assessment of the Ischemic Brain by Means of Perfusion related Parameters Derived from Perfusion CT[J]. Stroke, 2001, 32(2): 431-437.
- [11] Nabavi DG, Kloska SP, Nam EM, et al. MOSAIC: Multimodal Stroke Assessment Using Computed Tomography: Novel Diagnostic Approach for the Prediction of Infarction Size and Clinical

Outcom el II. Strok e. 2002, 33(12): 2819-2826.

- [12] Lev MH, Segal AZ, Farkas J, et al. Utility of Perfusion-weighted CT Imaging in Acute Middle Cerebral Artery Stroke Treated with Intra-arterial Thrombolysis: Prediction of Final Infarct Volume and Clinical Outcome [J]. Stroke, 2001, 32(9): 2021-2028.
- [13] 卢洁, 李坤成, 杜祥颖. CT 脑灌注成像在短暂性脑缺血发作的初步研究[J]. 中华放射学杂志. 2002. 36(4): 330-334.
- [14] 卢洁, 李坤成. 脑灌注成像研究[J]. 国外医学: 临床放射学分册, 2002, 25(3):149-151.
- [15] Schramm P, Schellinger PD, Fiebach JB, et al. Comparison of CT and CT Angiography Source Images with Diffusion weighted Im-

- aging in Patients with Acute Stroke within 6 Hours after Onset [II]. Stroke, 2002, 33(10): 2426-3210.
- [16] Wintermark M, Reichhart M, Cuisenaire O, et al. Comparison of Admission Perfusion Computed Tomography and Qualitative Diffusion—and Perfusion—weighted Magnetic Resonance Imaging in Acute Stroke Patients [J]. Stroke, 2002, 33(8): 2025-2031.
- [17] Sa de Camargo EC, Koroshetz WJ. Neuroimaging of Ischemia and Infarction[J]. Neuro Rx, 2005, 2(2): 265-276.
- [18] Markus H.S. Cerebral Perfusion and Stroke[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2004, 75(3): 353-361.

(收稿日期: 2005-11-29 修回日期: 2006-02-21)

## • 病例报道 •

# CT 诊断肺动静脉瘘一例

长青

【中图分类号】R814.42; R655.3 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2006)10-1071-01

病例资料 患者, 女, 33 岁, 体检胸透时发现"左肺尖阴影"。

CT 平扫: 左肺尖紧贴椎体及肋骨胸膜下一3.2 cm×2.2 cm 大小软组织肿块影(图 1),与胸膜交角呈锐角,上达肺尖顶, 肿块左外方及下后方与外缘平滑弯曲柱状影相连, 肿块下方有两条前后平行走行的柱状影向下分别汇入左上肺静脉及左肺动脉。肿块增强后见由与同层面左颈总动脉及左锁骨下动脉强化程度相近的管状影聚集而成,与前述左外方及下后方与外缘平滑强化程度相近的弯曲柱状影相连,矢状面及表面遮盖法三维重组示显著强化病灶与两条血管影相连(图 2)。CT 诊断: 肺动静脉瘘。

讨论 肺动静脉瘘又称肺动静脉瘤、肺动静脉畸形,是肺部动脉与静脉间直接交通形成的血流短路,大多为先天性,少数可由肝硬化、血吸虫病、甲状腺癌肺转移、胸部创伤累及血管等后天因素形成。先天性者 30%~40% 伴肺外动静脉畸形,为常染色体 eng 基因异常引起的显性遗传,称遗传性出血性毛细血管扩张症[1]。病理上末梢微血管发育缺陷,形成薄壁血管囊并与肺循环沟通,可分为肺动脉与肺静脉畸形交通及体循环与肺循环畸形交通两种类型。前者的输入动脉、输出静脉都属于病变所在肺叶的动静脉,血流动力学改变为心外右向左分流,以输入动脉、输出静脉均为单血管的单纯型最为多见。

本病男女均可发病,可有心悸、气短、咳血痰、口唇紫绀、杵 状指等,病变相应胸壁可听到血管杂音(收缩期明显)。临床症 状的出现取决于血液分流的程度,多发生于青年期,严重者可 在幼儿期或学龄前期出现症状。





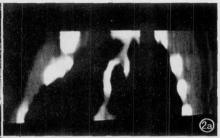


图 1 左肺尖紧贴椎体及肋骨胸膜下见软组织肿块影,与胸膜交角呈锐角, 上达肺尖顶。 图 2 a) 矢状面重建;b) 表面遮盖法三维重组示显著强 化病灶与两条血管影相连。

CT 可表现为单发或多发大小不等的结节或肿块影,呈圆形、椭圆形或分叶状,一般密度均匀,边缘清楚锐利,增粗的血管影与病变直接相连为 CT 平扫的直接征象。CT 增强动态扫描病变迅速强化,与病变相连的血管影更清晰,左心房提前显影,病变内对比剂排空延迟,至主动脉显影后仍持续显影,且密度高于邻近心脏密度,在肺动脉与病变强化显影期,左心房提前显影,表明肺动静脉存在血流短路,此为特征征象。螺旋 CT 三维重组可显示病变的供血动脉及引流静脉、病变的立体关系。应与肺动脉瘤、肺静脉曲张、肺结核球、良性肿瘤、肺癌等相鉴别。显著的血管性强化、有供血动脉及引流静脉易于与其它疾病鉴别。由于大多基层医院尚未将肺部增强扫描列为常规,应仔细分析平扫征象,怀疑本病时应行 CT 增强检查。

### 参考文献:

[1] 李铁一. 中华影像医学: 呼吸系统卷[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 104111.

(收稿日期: 2006-03-20 修回日期: 2006-05-08)

作者单位: 221700 江苏, 徐州市丰县人民医院影像科作者简介: 丁长青(1975-), 男, 江苏人, 主治医师, 主要 从事 CT 及 M RI 诊断工作。

<sup>© 1994-2012</sup> China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net