

· 述评 ·

重视腹部 CT 和 MR 新技术的量化研究和临床应用

严福华

随着软、硬件技术的发展和完善,CT 和 MR 在腹部疾病的诊断和疗效评价中均发挥了重要作用。随着 CT 技术的不断进步,量化指标的研究越来越受到关注,如 CT 灌注成像,通过测量组织和器官的血流量、血容量、平均通过时间等指标可反映病变的血流动力学特征。能量 CT 的应用丰富了诊断手段,不仅能显示形态的改变,而且能提供诸多量化的反映病灶本质特征参数进行综合分析,如能谱曲线、碘基值、有效原子序数等参数,在鉴别诊断方面有潜在的应用价值,值得深入研究。MR 作为一种无辐射风险、组织分辨率高、多参数、多序列的成像方法,在腹部的应用越来越广泛。除了反映形态学和血供的改变以外,MR 各种功能成像技术是量化反映疾病特征的新方法,为疾病诊断和鉴别提供重要的补充信息。而经肝细胞吸收、胆道排泄的肝胆细胞特异性对比剂的应用,不仅可以提高 MR 对肝脏占位性病变诊断和鉴别的能力,而且还有助于量化研究肝功能的储备情况,为肝脏一站式的形态检查和功能判断奠定基础。

一、多参数量化 CT 在腹部疾病诊断中的应用

(一) 常规 CT

CT 检查在腹部疾病诊断中的作用越来越受到重视,如 CT 双期动态增强扫描已成为腹部检查的常规技术,对于富血供的肝脏或胰腺小病灶来说,动脉期扫描尤为重要,其“速升速降”的强化特征已成为肝癌诊断的临床标准^[1-2]。CT 还可以提供其他信息,如 CTA 可在术前了解血管解剖和变异、血管有无侵犯,特别是用于肝移植、肾移植术前评估和术后血管并发症的检测等^[3-4]。但常规 CT 仍以形态学的显示为主要目的,对小病灶的检出率仍比较低,病灶的强化特征有交叉重叠,如肝癌和局灶性结节增生、退变结节和肝细胞性肝癌等。另外,CT 值是 CT 检查中常用的量化指标,但由于机器设备不同以及

扫描条件的变化,使得 CT 值的测量会产生一定误差,不同设备间也无可比性,在诊断过程中更多的是依据观察者的个人经验以及病灶和背景密度比较来判断病灶的强化程度,给一些血供不太丰富的肿瘤诊断带来一定困难。

(二) CT 灌注成像

CT 全脏器灌注成像可反映器官和病变的血流动力学特征,实现了从形态学检查到功能性成像的飞跃^[5]。恶性肿瘤的发生和发展过程中均伴随着新生血管的形成和血流动力学的变化,而某些良性病变如肝纤维化、肝硬化的发展过程中也同样伴随着血流动力学的改变,因此,全肝灌注成像为良恶性疾病的研究和诊治提供了新的方法^[6],而且量化指标的分析为诊断和鉴别、治疗后疗效评价以及随访监测都提供了客观的信息^[7]。但目前 CT 全肝灌注成像尚未广泛开展,一是受到 CT 设备时间分辨率的限制;二是 CT 辐射剂量仍较高。相信随着各种降低辐射剂量的技术,特别是第二代迭代重建技术的完善和推广应用,会为 CT 全肝灌注的广泛开展奠定基础。

(三) 能谱 CT

随着 CT 技术的发展,双能量 CT 逐步完善并运用于临床,最具代表性的是单源能谱 CT 和双源 CT。能量 CT 是不仅能显示形态学的改变,而且可以提供诸多反映病灶本质特征的量化指标,如病灶内碘的浓度、不同组织成分的含量测定等,丰富了诊断手段,在鉴别诊断方面也已显示出潜在的应用价值^[8]。

1. 虚拟平扫:双能量 CT 能够利用增强扫描后的图像生成去碘图,获得和平扫相仿的不含碘图像称为虚拟平扫。虚拟平扫可以代替真实的 CT 平扫,以减少患者的辐射剂量^[9-10]。另外,基于虚拟平扫的物质分离技术可量化测定组织成分,如铁含量测定、脂肪肝的准确测定、结石成分量化分析等,能敏感地鉴别病灶内的成分,如钙、铁、脂肪和出血等,

有利于病灶的定性诊断,在囊性占位的鉴别、尿路结石成分的分析、腹主动脉瘤修补术后内漏的评估和肾上腺腺瘤密度的准确测定中都有较高的诊断价值^[11-13]。

2. 单能量图像:行双能量 CT 扫描后经过数学解析可得到超过 100 个(能谱 CT 为 101 个、双源 CT 为 151 个)单能量图像。低能量图像(一般为 50 ~ 80 keV)上碘的 CT 值较高,增加了含碘病灶和背景组织的密度差异,从而对富血供病灶的检出更加敏感。因此通过调节能量水平,会增加不同性质病变的检出敏感度^[14-15]。叶晓华等^[16]的研究结果显示,能谱 CT 70 keV 单能量图像通过改善图像质量并增加肿瘤与肝实质的对比,有利于肝脏肿瘤的检出,对小病灶的检出更敏感。其他学者应用能谱 CT 对肝脏肿瘤进行研究,结论为能谱 CT 可能提高富血供小肿瘤的检出率^[17]。因而单能模式重建图像的质量评价优于混合能量重建模式。腹部以实质脏器为主,正常结构及病变多为软组织密度,自然对比差,通过重建模式提高组织器官间的对比,无疑对影像诊断具有较大价值。

3. 增强扫描碘图分析:伪彩的碘图可直观显示碘分布并进行碘浓度的定量测定。双能 CT 还可以敏感地检测少血供病灶的轻微强化,因而有助于鉴别恶性肿瘤和囊性病^[18]。另外,在肿瘤治疗后疗效的监测方面,双能 CT 具有重要作用。原发或转移性肝癌可采用射频消融或抗血管生成靶向治疗达到杀死肿瘤细胞的目的,这些治疗可以改变肿瘤的灌注,而双能 CT 的碘图可反映出这些变化^[19]。另外,肝癌经导管化疗栓塞术后采用双能量 CT 检查,不仅可在碘图上直观显示碘分布,同时可量化测定碘油在病灶中的百分比,为判断其疗效以及制订下一步治疗方案的提供更多依据^[20]。双能量 CT 目前尚无肿瘤和正常组织物质成分区分的客观评判标准,但其在肿瘤来源判断、病理分型及术前分期等方面有着巨大潜力,随着该项技术的广泛应用和评价标准的建立,必定会给肿瘤的早期诊断、治疗和随访带来很大帮助。

二、MR 功能成像的量化分析方法和在腹部疾病诊断中的应用

(一)DWI

DWI 已成为较成熟的技术,可常规应用于腹部脏器检查,不仅在小病灶检出方面有很大价值,而且量化指标表现弥散系数(ADC 值)的定量分析在良性占位病变的鉴别、恶性肿瘤侵袭性的判断等方

面提供了重要的补充信息^[21-22]。以往的研究多集中于较大 b 值(500 ~ 1000 s/mm²)的成像,近年来有学者报道基于体素不相干运动成像的小 b 值 DWI 可以反映器官和组织的灌注^[23],因组织内血流灌注的运动速度明显快于水分子的布朗运动,小 b 值的 DWI 测得的分子运动主要是来自较快的血液运动,因此可反映组织和病变的灌注状态。Chow 等^[24]的研究结果显示,体素不相干运动分析作为一种无创性方法,在肝纤维化早期诊断方面极具价值,也有利于疾病进展的监测。

(二)水脂分离和磁敏感成像

MR 新序列的开发和应用为疾病的诊断和研究提供了一个技术平台,如各种水脂分离技术不仅可以更加准确和方便地定量测定脂肪含量,还可定量测定铁含量,并能消除铁对脂肪测定的影响,同时减少肝脏穿刺活检的应用,对弥漫性肝病的诊断和相关病理特征的研究有重要意义^[25-26]。磁敏感成像技术(susceptibility weighted MR imaging, SWI)在神经系统的临床应用已经较为成熟,在腹部的应用较晚。初步的应用研究结果表明,与以往常用的 MR 检测铁沉积的技术(T₂WI、T₂*WI)相比,SWI 序列可以更敏感地检测肝脏铁沉积的存在^[27]。Lv 等^[28]对 327 例慢性乙型病毒性肝炎患者肝脏 SWI 的研究结果显示,铁过负荷也可发生于慢性乙型肝炎患者中,相比血清铁标志物预测肝脏铁沉积而言,腹部 SWI 序列是无创性检测和定量测定肝脏铁含量的有效方法。通过相位值的测量可以定量反映肝脏铁浓度的变化。

(三)MR 肝胆细胞特异性对比剂

MR 肝胆细胞特异性对比剂的应用为肝胆疾病的诊断增加了有效的手段,特别是双功能的肝胆细胞特异性对比剂不仅能和常规细胞外间隙非特异性对比剂一样动态反映病灶的血供特征,而且肝细胞期的扫描在小病灶的检出、病灶性质的鉴别方面可提供有价值的信息^[29-30]。另外,MR 肝胆细胞特异性对比剂增强联合 DWI 的应用可以相互补充,全方位的量化分析和显示病变的病理基础,进一步提高小病灶的检查率和定性准确性。不仅可在等待肝细胞期扫描的时间段内进行 DWI 检查,优化了扫描方案,而且不影响 DWI 的图像质量和 ADC 值的测量^[31-32]。在经肝细胞吸收、胆道排泄的特性还有助于研究肝功能的储备情况,特别是肝段性肝功能的量化分析,对临床病情的全面评估和预后的判断有补充作用,也为肝脏“一站式”的形态学检查结合肝

功能评估奠定了基础^[33-34]。

相信随着设备硬件和后处理软件技术的不断完善,将会进一步拓展 CT 和 MR 的临床应用范围,真正实现形态和功能的综合评估、诊断和疗效全面评价的模式,多参数量化分析将会在疾病诊治中发挥更大的作用,有利于整体提升影像诊断的地位。

参 考 文 献

- [1] European Association For The Study of The Liver, European Organisation For Research And Treatment of Cancer. EASL-EORTC clinical practice guidelines: management of hepatocellular carcinoma. *J Hepatol*, 2012, 56:908-943.
- [2] Bruix J, Sherman M. American Association for the study of liver diseases. Management of hepatocellular carcinoma: an update. *Hepatology*, 2011, 53:1020-1022.
- [3] 丁莺, 严福华, 徐鹏举, 等. 多层螺旋 CT 肝动脉造影在肝移植受体术前评估中的应用. *复旦学报医学版*, 2008, 35:494-497.
- [4] 李清海, 严福华, 朱同玉, 等. 多层螺旋 CT 在活体肾移植供体术前综合评估中的价值. *中华放射学杂志*, 2008, 42:387-391.
- [5] Lee JM, Yoon JH, Kim KW. Diagnosis of hepatocellular carcinoma: newer radiological tools. *Semin Oncol*, 201, 39:399-409.
- [6] Motosugi U, Ichikawa T, Sou H, et al. Multi-organ perfusion CT in the abdomen using a 320-detector row CT scanner: preliminary results of perfusion changes in the liver, spleen, and pancreas of cirrhotic patients. *Eur J Radiol*, 2012, 81:2533-2537.
- [7] Ippolito D, Capraro C, Casiraghi A, et al. Quantitative assessment of tumour associated neovascularisation in patients with liver cirrhosis and hepatocellular carcinoma: role of dynamic-CT perfusion imaging. *Eur Radiol*, 2012, 22:803-811.
- [8] Johnson TR. Dual-energy CT: general principles. *AJR*, 2012, 199 (5 Suppl):S3-S8.
- [9] Mileto A, Mazziotti S, Gaeta M, et al. Pancreatic dual-source dual-energy CT: is it time to discard unenhanced imaging? . *Clin Radiol*, 2012, 67:334-339.
- [10] Barrett T, Bowden DJ, Shaida N, et al. Virtual unenhanced second generation dual-source CT of the liver: is it time to discard the conventional unenhanced phase? . *Eur Radiol*, 2012, 81: 1438-1445.
- [11] Joe E, Kim SH, Lee KB, et al. Feasibility and accuracy of dual-source dual-energy CT for noninvasive determination of hepatic iron accumulation. *Radiology*, 2012, 262:126-135.
- [12] Neville AM, Gupta RT, Miller CM, et al. Detection of renal lesion enhancement with dual-energy multidetector CT. *Radiology*, 2011, 259: 173-183.
- [13] 李小虎, 余永强, 王万勤, 等. CT 能谱成像对肾结石成分分析的初步研究. *中华放射学杂志*, 2011, 45:1216-1219.
- [14] Altenbernd J, Heusner TA, Ringelstein A, et al. Dual-energy-CT of hypervascular liver lesions in patients with HCC: investigation of image quality and sensitivity. *Eur Radiol*, 2011, 21:738-743.
- [15] Yamada Y, Jinzaki M, Tanami Y, et al. Virtual monochromatic spectral imaging for the evaluation of hypovascular hepatic metastases; the optimal monochromatic level with fast kilovoltage switching dual-energy computed tomography. *Invest Radiol*, 2012, 47:292-298.
- [16] 叶晓华, 周诚, 吴国庚, 等. CT 能谱单能量成像对不同肝脏肿瘤检出影响的初步探讨. *中华放射学杂志*, 2011, 45:8-10.
- [17] 张骁鹏. 探索的精神与乐趣:CT 能谱成像临床应用研究的思考. *中华放射学杂志*, 2011, 45:709-712.
- [18] Robinson E, Babb J, Chandarana H, et al. Dual source dual energy MDCT comparison of 80 kVp and weighted average 120 kVp data for conspicuity of hypo-vascular liver metastases. *Invest Radiol*, 2010, 45:413-418.
- [19] Lee SH, Lee JM, Kim KW, et al. Dual-energy computed tomography to assess tumor response to hepatic radiofrequency ablation: potential diagnostic value of virtual noncontrast images and iodine maps. *Invest Radiol*, 2011, 46: 77-84.
- [20] Liu YS, Chuang MT, Tsai YS, et al. Nitroglycerine use in transcatheter arterial (chemo) embolization in patients with hepatocellular carcinoma and dual-energy CT assessment of Lipiodol retention. *Eur Radiol*, 2012, 22: 2193-2220.
- [21] Xu PJ, Yan FH, Wang JH, et al. Contribution of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the characterization of hepatocellular carcinomas and dysplastic nodules in cirrhotic liver, *J Comput Assist Tomogr*, 2010, 34: 506-512.
- [22] 徐鹏举, 严福华, 曾蒙苏, 等. 局灶性结节增生与肝细胞癌 MR 扩散加权成像表现特征的比较. *中华放射学杂志*, 2011, 45: 747-751.
- [23] Takahara T, Kwee TC. Low b-value diffusion-weighted imaging: emerging applications in the body. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 35:1266-1273.
- [24] Chow AM, Gao DS, Fan SJ, et al. Liver fibrosis: an intravoxel incoherent motion (IVIM) study. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 36:159-167.
- [25] Kühn JP, Evert M, Friedrich N, et al. Noninvasive quantification of hepatic fat content using three-echo dixon magnetic resonance imaging with correction for T₂* relaxation effects. *Invest Radiol*, 2011, 46:783-789.
- [26] Joe E, Lee JM, Kim KW, et al. Quantification of hepatic macrosteatosis in living, related liver donors using T₁-independent, T₂*-corrected chemical shift MRI. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 36:1124-1130.
- [27] Dai Y, Zeng M, Li R, et al. Improving detection of siderotic nodules in cirrhotic liver with a multi-breath-hold susceptibility-weighted imaging technique. *J Magn Reson Imaging*, 2011, 34: 318-325.
- [28] Lv W, Yan F, Zeng M, et al. Value of abdominal susceptibility-weighted magnetic resonance imaging for quantitative assessment of hepatic iron deposition in patients with chronic hepatitis B: comparison with serum iron markers. *J Int Med Res*, 2012, 40: 1005-1015.
- [29] Onishi H, Kim T, Imai Y, et al. Hypervascular hepatocellular carcinomas: detection with gadoxetate disodium-enhanced MR imaging and multiphasic multidetector CT. *Eur Radiol*, 2012, 22: 845-854.
- [30] Frydrychowicz A, Lubner MG, Brown JJ, et al. Hepatobiliary MR imaging with gadolinium-based contrast agents. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 35: 492-511.
- [31] Song KD, Kim YK, Lee WJ, et al. Detection and characterization of small focal hepatic lesions (≤ 2.5 cm in diameter): a comparison of diffusion-weighted images before and after administration of gadoxetic acid disodium at 3.0 T. *Acta Radiol*, 2012, 53:485-493.
- [32] Kim YK, Kim CS, Han YM, et al. Detection of liver malignancy with gadoxetic acid-enhanced MRI: is addition of diffusion-weighted MRI beneficial? . *Clin Radiol*, 2011, 66:489-496.
- [33] Sourbron S, Sommer WH, Reiser MF, et al. Combined quantification of liver perfusion and function with dynamic gadoxetic acid-enhanced MR imaging. *Radiology*, 2012, 263:874-883.
- [34] Dahlqvist Leinhard O, Dahlström N, Kihlberg J, et al. Quantifying differences in hepatic uptake of the liver specific contrast agents Cd-EOB-DTPA and Cd-BOPTA: a pilot study. *Eur Radiol*, 2012, 22:642-653.

(收稿日期:2012-12-15)

(本文编辑:张骁冬)