

◆ 综述

Application of intravoxel incoherent motion imaging in tumors

DU Siyao, SUN Hongzan*

(Department of Radiology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, China)

[Abstract] Intravoxel incoherent motion (IVIM) imaging is an extension of DWI, and can take advantage of its simultaneous access to tissue diffusion and perfusion information to evaluate the benign and malignant lesions as well as different histological types and pathological grades of the lesion. So it is helpful for the diagnosis and differential diagnosis of malignant tumors. In this paper, the principle of IVIM and its application in tumor diagnosis were reviewed.

[Key words] Neoplasms; Diagnostic imaging; Intravoxel incoherent motion imaging; Diffusion magnetic resonance imaging; Biexponential and monoexponential model

DOI:10.13929/j.1003-3289.201607046

体素内不相干运动成像在肿瘤诊断中的应用

杜思瑶, 孙洪赞*

(中国医科大学附属盛京医院放射科, 辽宁 沈阳 110004)

[摘要] 体素内不相干运动(IVIM)成像技术是在 DWI 基础上的扩展,其可同时获得组织扩散和灌注信息以评估良性病灶、不同组织学类型和不同病理级别病灶的扩散灌注情况,从而有助于恶性肿瘤的定性诊断和鉴别诊断。本文将对 IVIM 的原理及其在肿瘤诊断中的应用进展进行综述。

[关键词] 肿瘤;诊断显像;体素内不相干运动成像;扩散磁共振成像;单双指数模型

[中图分类号] R73; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2017)01-0145-04

传统的 DWI 技术通过单指数模型拟合获得 ADC 值来描述组织扩散的特点,但很大程度上受所选择的扩散敏感系数(b 值)的影响,往往高估肿瘤组织的扩散成分。而体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)技术的特点在于采用多个高 b 值和低 b 值获取系列 DWI 影像,利用双指数模型拟合获得组织的纯扩散系数(D)、伪扩散系数(D^*)和灌注分数(f),可为临床提供更精细的肿瘤相关信息,有助于病

灶的定性诊断和鉴别诊断,提高对恶性肿瘤的诊断准确率。目前,在临床上 IVIM 已经广泛用于对多个脏器病变的诊断。本文对 IVIM 的原理及其在肿瘤诊断中的应用进展做一综述。

1 IVIM 的基本原理

IVIM 理论假设生物体的微观运动分为两种,一种为缓慢运动,采用 D 描述,代表血管外(非血液)产生的自旋及细胞间液的运动,即扩散;另一种是快速运动,采用 D^* 描述,从宏观角度描述血液在血液循环网络中的随机分布^[1]。相比于 DWI,IVIM 的优势在于可定量评估两种微观运动形式的成分比率,不受 b 值选取的影响,从而可更准确、真实地反应肿瘤组织的扩散灌注情况。

除 D 值和 D^* 值,其原理中还涉及 f 值和 b 值, f 值和 D^* 均属于灌注参数,均可反映肿瘤血管的丰富程度。 b 值作为扩散敏感梯度因子,对其选取适当与

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金(81401438)、辽宁省教育厅科学研究一般项目(L2014308)。

[第一作者] 杜思瑶(1992—),女,辽宁葫芦岛人,在读硕士。研究方向:磁共振成像新技术。E-mail: 15566016231@163.com

[通信作者] 孙洪赞,中国医科大学附属盛京医院放射科,110004。

E-mail: sunhongzan@126.com

[收稿日期] 2016-07-10 **[修回日期]** 2016-11-07

否可直接对 IVIM 图像产生重大影响, Grant 等^[2]的研究发现 $b=2\,000\text{ s/mm}^2$ 相比于 $b=1\,000\text{ s/mm}^2$, 可更敏感地显示更多病灶, 但 $b=1\,000\text{ s/mm}^2$ 时的图像质量最佳, 且图像质量随着 b 值的增加而下降。Guiu 等^[3]认为采用低 b 值 ($<20\text{ s/mm}^2$) 可使拟合曲线的初始部分更准确, 以保证可靠的 D^* 值; 采用高 b 值 ($b>1\,000\text{ s/mm}^2$) DWI 既可使水分子扩散相对自由的正常组织的 DWI 信号显著降低, 又可使水分子扩散受限组织呈较高信号, 进而提高 DWI 诊断高级别肿瘤的特异度, 但高 b 值可使 DWI 图像的信噪比降低、图像质量下降。总之, IVIM 技术可通过综合分析高、低 b 值图像获取更多病灶的信息。

2 单双指数模型的比较

对单双指数模型参数的比较, 不但可为病灶良恶性的区分和治疗反应预测寻找一种量化标记物, 也可避免在恶性肿瘤的诊断中使用对比剂。有学者^[4]认为在肾脏病变的诊断中, IVIM 双指数模型参数比传统 ADC 值的准确率更高, 是因为双指数模型可更精确地描述组织信号衰减与 b 值间的关系, 分别获取反映组织扩散和微循环毛细血管灌注效应的参数; 但也有研究^[5]发现在区分肝脏恶性病灶和血管瘤方面, ADC 值比 IVIM 参数更具优势, 主要是由于肝脏肿瘤血供类型的多样化, 使灌注参数 D^* 和 f 值的标准差过大, 肝癌动脉的血供增加也使 D 值的准确性降低。因此, 单双指数模型的选择需要综合考虑多种因素, 如肿瘤血供类型等, 不能认为双指数模型在所有病变组织的应用均优于单指数模型。

3 IVIM 在肿瘤中的应用

3.1 中枢神经系统肿瘤 目前, IVIM 在中枢神经系统的研究较多, 尤其在对胶质瘤的诊断方面的优势较为突出。Bisdas 等^[6]对胶质瘤的研究中指出高级别肿瘤的 D 、 D^* 和 f 值与正常脑白质显著不同, 且在不同级别的肿瘤间, 3 个参数也有一定的差异, 表明 IVIM 技术可为胶质瘤的良恶性评价提供相关依据。其次, IVIM 可提供脑组织的灌注信息, 利用这一特征可区分胶质瘤和中枢神经系统淋巴瘤^[7], 而在常规 MR 扫描中则难以鉴别两者。尽管 IVIM 技术在胶质瘤的诊断和鉴别诊断方面有很大潜力, 但由于脑脊液的存在, ROI 的选取至关重要, 因为脑脊液的流动会对 IVIM 参数的测量产生污染, 减低其可重复性。还可通过变换扫描序列减少脑脊液流动对测量值的影响, 以提高 IVIM 技术对中枢神经系统肿瘤诊断的准确性。

3.2 头颈部肿瘤 目前, IVIM 参数在头颈部肿瘤中

的研究已取得了一些进展。首先, IVIM 参数可作为一种无创的诊断头颈部肿瘤的方法, Sumi 等^[8]研究发现 IVIM 参数 (主要是 D 和 f 值) 联合时间-信号强度曲线可鉴别头颈部鳞状细胞癌、淋巴瘤、恶性唾液腺瘤、沃辛瘤、多形性腺瘤以及雪旺细胞瘤, 其联合诊断良恶性病灶的准确率达 96.74%, 联合鉴别肿瘤组织类型的准确率达 89.13%; 其次, IVIM 参数还可用于头颈部原发肿瘤和转移淋巴结的鉴别诊断^[9], 有助于优化治疗方案和改善患者预后。

鼻咽部肿瘤在头颈部肿瘤中较为常见, IVIM 对鼻咽肿瘤具有较高的鉴别诊断价值, 且具有良好的可重复性^[10]。在鉴别头颈部肿瘤的组织学类型方面, IVIM 弥补了动态增强 MRI (dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI) 仅能提供灌注信息的不足, 提高了头颈部肿瘤的诊断准确率。

3.3 胸部肿瘤 目前, IVIM 技术在胸部肿瘤方面主要应用于乳腺和肺。传统乳腺癌的诊断主要依靠钼靶和超声检查, 随着 IVIM 技术在影像诊断中的逐步发展, 联合使用 IVIM 技术可以在一定程度上提高对良恶性病灶的诊断准确率。郭吉敏等^[11]采用 IVIM 技术对乳腺良恶性病变和正常乳腺腺体的对照研究发现, 对照组、良性组和恶性组间 D 、 f 、 D^* 及 ADC 值的差异均有统计学意义, 表明 IVIM 技术可真实反映乳腺肿块水分子的扩散情况。

肺部 IVIM 参数主要用于肺癌与其他炎性病灶的鉴别, Wang 等^[12]发现 ADC、 D 和 f 值 (无 D^*) 可作为鉴别肺癌和阻塞性肺实变的独立指标; 而 Deng 等^[13]研究认为 f 值与 ADC 值在鉴别肺癌和炎症方面有一定的诊断价值; 以上两个研究中肺癌的 f 值相近, 但由于炎症病灶常伴血管舒张、血管渗透性增加及血流量增多等, 其 f 值常增大, 有时甚至大于肿瘤组织的 f 值。因此, 在鉴别肿瘤和炎症时, 不能仅根据 f 值, 还需考虑到其他影响 f 值的多种因素, 同时密切结合临床及其他相关影像学检查。

3.4 腹部肿瘤 随着 MR 技术的发展, IVIM 技术更多地被应用于腹部各脏器肿瘤的鉴别与评估, 常见脏器主要包括肝脏、胰腺和肾脏等。肝癌作为腹部最常见的恶性肿瘤之一, 近些年其发病率呈逐渐上升趋势。IVIM 参数在一定程度上可替代组织学检查对肝细胞癌进行更精准的评价, 李玉博等^[14]发现 ADC 值、 D 值、 D^* 值可用于高低级别肝细胞癌的鉴别诊断, 有助于治疗方案的制定。但肝脏 IVIM 参数的可重复性还有待提高。Chen 等^[15]发现左肝的 D 、 D^* 和 f 值较右

肝高,但可重复性较右肝差,D值的可重复性最好。

同样,IVIM 参数对胰腺肿瘤也存在一定的诊断价值。Kang 等^[16]发现胰腺癌的 D 值及 f 值明显低于正常胰腺组织、慢性胰腺炎及神经内分泌肿瘤;与良性肿瘤相比,具有恶性倾向的导管内乳头状黏液性肿瘤的 D 值及 f 值明显升高,表明 IVIM 参数不仅可鉴别良恶性胰腺肿瘤,而且可分辨导管内乳头状黏液性肿瘤的良恶性倾向;最新的研究^[17]发现胰腺导管腺癌与胰腺神经内分泌肿瘤相比 f 值较低,但 D 值却相对较高,从而证明 IVIM 参数可作为区分胰腺肿瘤组织学类型的非侵入性标记物。

相比于肝脏和胰腺,IVIM 应用于肾脏的相关报道较少,其对于肾脏病变的 IVIM 参数研究还较少。Rheinheimer 等^[18]的研究发现,D 值可较好地地区分肾肿瘤与肾脏正常组织,f 值可对病理组织亚型的鉴别提供有价值的信息。有学者^[19]进一步的研究发现,D 值在鉴别透明细胞癌和血管平滑肌脂肪瘤、透明细胞癌和非透明细胞癌中有一定价值,而 D^* 值在鉴别血管平滑肌脂肪瘤和非透明细胞癌中有一定价值,两者的联合应用可为肾脏肿瘤的定性诊断提供依据。

3.5 盆腔肿瘤 目前,有关前列腺癌的研究^[20]证明 D 值在肿瘤组织与健康组织间的差异有统计学意义,且 D 值的降低程度与肿瘤的恶性程度呈正相关,可用于前列腺肿瘤的诊断和治疗效果的预测。

宫颈癌是女性生殖系统最常见的恶性肿瘤之一,其浸润程度及淋巴结转移情况与治疗方案的选择及患者预后密切相关。与正常宫颈组织相比,宫颈癌病灶在 DWI 上具有低灌注、低扩散的特点^[21],可能是由于肿瘤生长过快而自身血供不足,以致肿瘤中心的微血管密度相对减少,这一特性对于良恶性病灶的鉴别有一定作用。此外,宫颈癌组织的 IVIM 参数与 DCE-MRI 参数间存在较好的相关性^[22],表明 IVIM 技术不仅在一定程度上可替代 DCE-MRI,而且其拥有无需对比剂、可进行灌注与扩散的同步分析等更多优势。

4 小结

IVIM 技术利用其可以区分灌注和扩散成分的特点,对显示全身各脏器病变组织的细微结构变化较传统 DWI 技术更为精细、准确,有利于病灶的诊断和鉴别诊断。虽然 IVIM 参数具有快捷、灵敏、无创、可量化分析等优势,但对于临床的广泛应用仍存在很多挑战,如最佳 b 值的选择,如何提高信噪比以确保获得高质量的扫描图像,如何选择最优数据拟合模型及测量数据的准确性等问题仍亟待进一步解决。随着 MRI

相关技术的发展与更新,IVIM 技术对全身各系统疾病的诊断、治疗及预后将提供更重要的价值。

[参考文献]

- [1] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. MR imaging of intravoxel incoherent motions: Application to diffusion and perfusion in neurologic disorder. *Radiology*, 1986,161(2):401-407.
- [2] Grant KB, Agarwal HK, Shih JH, et al. Comparison of calculated and acquired high b value diffusion-weighted imaging in prostate cancer. *Abdom Imaging*, 2015,40(3):578-586.
- [3] Guio B, Cercueil JP. Liver diffusion weighted MR imaging: The tower of Babel? *Eur Radiol*, 2011,21(3):463-467.
- [4] Chandarana H, Lee VS, Hecht E, et al. Comparison of biexponential and monoexponential model of diffusion weighted imaging in evaluation of renal lesions. *Invest Radiol*, 2011, 46 (5): 285-291.
- [5] Zhu L, Cheng Q, Luo W, et al. A comparative study of apparent diffusion coefficient and intravoxel incoherent motion-derived parameters for the characterization of common solid hepatic tumors. *Acta Radiologica*, 2015,56(12):1411-1418.
- [6] Bisdas S, Koh TS, Roder C, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging of gliomas: Feasibility of the method and initial results. *Neuroradiology*, 2013, 55 (10): 1189-1196.
- [7] Suh CH, Kim HS, Lee SS, et al. Atypical imaging features of primary central nervous system lymphoma that mimics glioblastoma: Utility of intravoxel incoherent motion MR imaging. *Radiology*, 2014,272(2):504-513.
- [8] Sumi M, Nakamura T. Head and neck tumours: Combined MRI assessment based on IVIM and TIC analyses for the differentiation of tumors of different histological types. *Eur Radiol*, 2014, 24(1):223-231.
- [9] Lu Y, Jansen JF, Stambuk HE, et al. Comparing primary tumors and metastatic nodes in head and neck cancer using intravoxel incoherent motion imaging: A preliminary experience. *J Comput Assist Tomogr*, 2013,37(3):346-352.
- [10] 肖有平,陈韵彬,潘建基,等.体素内不相干运动扩散加权成像技术在鼻咽肿瘤的可重复性和诊断应用. *中国医学影像技术*, 2015,31(12):1801-1805.
- [11] 郭吉敏,刘春霖,曹满瑞,等.体素内不相干运动双指数模型评价乳腺肿块样病变. *中国医学影像技术*, 2015,31(7):1037-1040.
- [12] Wang LL, Lin J, Liu K, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging in differentiation of lung cancer from obstructive lung consolidation: Comparison and correlation with pharmacokinetic analysis from dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Eur Radiol*, 2014,24(8):1914-1922.
- [13] Deng Y, Li X, Lei Y, et al. Use of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to distinguish between lung cancer and focal inflammatory lesions: A comparison of intravoxel incoherent mo-

- tion derived parameters and apparent diffusion coefficient. *Acta Radiologica*, 2015, May 13. [Epub ahead of print]
- [14] 李玉博, 高雪梅, 程敬亮, 等. 体素内不相干运动扩散加权成像在肝细胞癌术前分级中的应用. *中国医学影像技术*, 2014, 30(11): 1669-1673.
- [15] Chen X, Qin L, Pan D, et al. Liver diffusion-weighted MR imaging: Reproducibility comparison of ADC measurements obtained with multiple breath-hold, free-breathing, respiratory-triggered, and navigator-triggered techniques. *Radiology*, 2014, 271(1):113-125.
- [16] Kang KM, Lee JM, Yoon JH, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging for characterization of focal pancreatic lesions. *Radiology*, 2014, 270(2):444-453.
- [17] Klau M, Mayer P, Bergmann F, et al. Correlation of histological vessel characteristics and diffusion-weighted imaging intravoxel incoherent motion-derived parameters in pancreatic ductal adenocarcinomas and pancreatic neuroendocrine tumors. *Invest Radiol*, 2015, 50(11):792-797.
- [18] Rheinheimer S, Stieltjes B, Schneider F, et al. Investigation of renal lesions by diffusion-weighted magnetic resonance imaging applying intravoxel incoherent motion-derived parameters—initial experience. *Eur J Radiol*, 2011, 81(3):310-316.
- [19] 李璐, 王海屹, 潘晶晶, 等. 体素内不相干运动扩散加权成像在肾脏良恶性肿瘤鉴别诊断中的初步应用. *中华医学杂志*, 2015, 95(15):1153-1157.
- [20] Shinmoto H, Tamura C, Soga S, et al. An intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging study of prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol*, 2012, 199(4):496-500.
- [21] Lee EY, Yu X, Chu MM, et al. Perfusion and diffusion characteristics of cervical cancer based on intravoxel incoherent motion MR imaging—a pilot study. *Eur Radiol*, 2014, 24(7):1506-1513.
- [22] Zhu L, Zhu L, Shi H, et al. Evaluating early response of cervical cancer under concurrent chemo-radiotherapy by intravoxel incoherent motion MR imaging. *BMC Cancer*, 2016, 16:79.

《临床肝胆病杂志》2017 年征稿、征订启事

《临床肝胆病杂志》于 1985 年创刊, 中华人民共和国教育部主管, 吉林大学主办, 中华医学会肝病学会学术支持的医学专业期刊, 是我国首个肝胆胰疾病专业杂志。刊号 ISSN 1001-5256, CN 22-1108/R。在 2015 年《中国科技期刊引证报告(核心版)》中, 本刊影响因子为 1.127; 在扩展版中的影响因子为 1.428。在 15 种消化病学类核心期刊中, 影响因子和综合评价总分均位列第三。

杂志为“中国科技论文统计源期刊”(中国科技核心期刊)。被俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《化学文摘》(CA)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、波兰《哥白尼索引》(IC)、英国《农业与生物科学研究文摘》(CABA)等海内外二十家数据库收录。

杂志设述评、防治指南、专家论坛、论著、病例报告、综述、学术争鸣、临床病例讨论、国外期刊精品文章简介等栏目。

欢迎肝胆胰领域临床及基础(内外科及中西医、影像、介入、超声、检验等)工作人员为本刊热忱投稿。

本刊为月刊, 全年 12 期, 每期 200 页, 16 开本, 每月 20 日发行, 每期定价 20 元。杂志国内外公开发行人, 可从全国各地邮局订购, 邮发代号 12-80; 也可直接从本刊编辑部邮购。

通信地址: 吉林省长春市东民主大街 519 号《临床肝胆病杂志》编辑部 130061

联系电话: 0431-88782542/3542 电子信箱: lcgdbz@vip.163.com

官方网站: lcgdbzz.org(1985 年创刊至今的文章均可免费下载阅读)

官方微博: <http://weibo.com/lcgdbzz> 官方微信: lcgdbzz1985