

## 氢质子磁共振波谱对胰腺癌诊断的临床运用与进展

方旭, 边云, 王莉

### 背景资料

大多数胰腺癌诊断明确时已属中晚期。大量的文献资料表明, 手术切除率<20%, 大多患者确诊时已失去手术机会, 多于诊断后1年内死亡, 术后5年生存率<5%, 平均生存期仅15-19 mo。由此可见, 早期诊断、早期手术治疗是改善预后的关键。

方旭, 边云, 王莉, 中国人民解放军第二军医大学第一附属医院影像医学科 上海市 200433

方旭, 在读硕士, 主要从事腹部影像诊断的研究。

上海市科学技术委员会医学引导类科技计划基金资助项目, No. 14411960100

作者贡献分布: 文献检索、论文撰写由方旭完成; 论文修改由边云完成; 审阅由王莉完成。

通讯作者: 王莉, 教授, 主任医师, 200433, 上海市杨浦区长海路168号, 中国人民解放军第二军医大学第一附属医院影像医学科. wangli\_changhai@163.com  
电话: 021-31162147

收稿日期: 2015-11-12

修回日期: 2015-12-03

接受日期: 2015-12-14

在线出版日期: 2016-01-28

Accepted: 2015-12-14

Published online: 2016-01-28

### Abstract

Pancreatic cancer (PC) is one of the most frequent malignant tumors of the digestive system, which is difficultly detected and highly aggressive. More than 80% of patients with PC present with advanced disease that is incurable by surgery. Thus, early diagnosis and surgery before frank invasion occurs are critical for improving PC patients' outcomes. Magnetic resonance spectroscopy (MRS) is conducive to screening, early diagnosis and differential diagnosis of PC. Nowadays, MRS is preeminently a tool for nondestructive chemical analysis and metabolic profiling. MRS is expected to be a sensitive and accurate method for PC diagnosis and differential diagnosis, for tracking tumor change and for assessing treatment response.

© 2016 Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

Key Words: Pancreas; Pancreatic cancer; Magnetic resonance spectroscopy

Fang X, Bian Y, Wang L. Clinical application of magnetic resonance spectroscopy in diagnosis of pancreatic cancer. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2016; 24(3): 368-374 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/24/368.asp> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v24.i3.368>

### Clinical application of magnetic resonance spectroscopy in diagnosis of pancreatic cancer

Xu Fang, Yun Bian, Li Wang

Xu Fang, Yun Bian, Li Wang, Department of Medical Imaging, the First Affiliated Hospital of the Second Military Medical University of PLA, Shanghai 200433, China

Supported by: Medical Guide Project of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality, No. 14411960100

Correspondence to: Li Wang, Professor, Chief Physician, Department of Medical Imaging, the First Affiliated Hospital of the Second Military Medical University of PLA, 168 Changhai Road, Yangpu District, Shanghai 200433, China. wangli\_changhai@163.com

Received: 2015-11-12

Revised: 2015-12-03

### 同行评议者

任小军, 副主任医师, 西安西电集团医院影像科

### 摘要

胰腺癌(pancreatic cancer, PC)是一种临床表现隐匿, 早期诊断困难, 发展迅速和

预后极差的消化系恶性肿瘤, 大约80%的PC患者确诊时已不可手术切除。由此可见, 早期发现、早期手术治疗是改善预后的关键。磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy, MRS)有助于PC的筛选、早期诊断及鉴别诊断, 是目前唯一能无创性观察活体组织代谢及生化变化的技术, 有望成为早期诊断PC、跟踪肿瘤的变化、观察治疗效果的一种全新、敏感、准确的诊断方法。

© 2016年版权归百世登出版集团有限公司所有。

**关键词:** 胰腺; 胰腺癌; 磁共振波谱分析

**核心提示:** 胰腺癌临床表现隐匿且早期诊断困难, 早期发现是改善预后的关键。磁共振波谱有助于胰腺癌的筛选、早期诊断及鉴别诊断, 是目前唯一能无创性观察活体组织代谢及生化变化的技术, 分析出胰腺癌所具有的特征性标志物。

方旭, 边云, 王莉. 氢质子磁共振波谱对胰腺癌诊断的临床运用与进展. 世界华人消化杂志 2016; 24(3): 368-374 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/24/368.asp> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v24.i3.368>

## 0 引言

胰腺癌(pancreatic cancer, PC)是一种临床表现隐匿, 早期诊断困难、发展迅速和预后极差的消化系恶性肿瘤, 大多数PC诊断明确时已属中晚期, 并且其发病率在全球范围内呈上升趋势<sup>[1,2]</sup>。大量的文献资料表明, PC的手术切除率<20%, 大多患者确诊时已失去手术机会, 多于诊断后1年内死亡, 术后5年生存率<5%<sup>[3,4]</sup>, 术后85%的患者会复发和肝转移, 平均生存期仅15-19 mo<sup>[5-7]</sup>。由此可见, 早期发现、早期手术治疗是改善预后的关键。

迄今为止, 仍未找到对PC特别是早期PC有效的筛查方法。近年来, 国内外学者一直致力于探索一种敏感、特异的早期诊断及疗效评价方法, 其中氢质子(<sup>1</sup>H)磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy, MRS)分析是最具潜力的方法之一<sup>[8,9]</sup>。MRS分析是一种利用核磁共振现象和化学位移作用对一系列特定原子核及其化合物进行分析的方法, 能无创的研究活体器官、组织能量代谢、生化改变及化合物定量分析, 是检测活体组织器官生理或病理过程

中的化学变化的一种无创的技术, 是生物代谢研究的重要工具<sup>[10]</sup>。在临床应用中, MRS已在非肿瘤病变的鉴别, 评价肿瘤的浸润、进展和治疗反应、肿瘤的分级诊断等方面广泛运用于中枢神经系统和前列腺疾病, 并且取得一定研究成果<sup>[11-14]</sup>。由于胰腺位置深, 磁共振(magnetic resonance, MR)扫描时易受到呼吸运动、心脏和大血管的影响, 因此对代谢产物信息的获取有一定难度。胰腺在体<sup>1</sup>H MRS分析在临床运用尚处于起步阶段, 目前主要运用于正常人胰腺波谱成像方法比较研究<sup>[15,16]</sup>。但是, 由于<sup>1</sup>H MRS分析灵敏度高, 即便是穿刺活检组织块也能探测到其代谢变化, 评价人体组织肿瘤的发生和发展具有很高的灵敏度和特异度, 有望成为早期PC诊断和鉴别较为可靠的无创新技术。由于<sup>1</sup>H在人体含量最多, 所以目前最常运用于临床<sup>[17]</sup>, 本文就<sup>1</sup>H MRS对PC诊断现状作一综述。

## 1 在体<sup>1</sup>H MRS技术

**1.1 检查前的准备** 要获得高质量的<sup>1</sup>H MRS图像, 检查前的准备工作非常重要。检查前受检者需空腹并禁食禁水6 h。扫描前20-30 min, 需对受检者进行呼吸训练, 如有条件, 可让患者注射少许解痉剂(如Buscopan)来防止肠道的过度蠕动产生气体而影响图像质量。扫描时, 将呼吸门控置于呼吸幅度最强处, 线圈中心对准胸骨剑突下, 三平面定位图像上观察胰腺, 确保胰腺位于线圈中央。

**1.2 <sup>1</sup>H MRS容积选择序列** 扫描时, 胰腺<sup>1</sup>H MRS易受到磁共振静磁场场强的高低和均匀性、射频脉冲的稳定性、回波时间(time of echo, TE)、重复时间(time of repetition, TR)、刺激次数、感兴趣区容积(volume of interest, VOI)的采集、呼吸运动等诸多因素影响。其中较为重要的影响因素有VOI的采集序列的选取、VOI的设置、TE、TR时间。

准确的采集VOI, 而不被VOI以外的信号污染, 是<sup>1</sup>H MRS成功的关键和前提。主要包括活体影像选择波谱(image selected in-vivo spectroscopy, ISIS)、点分辨波谱(point-resolved spectroscopy, PRESS)和激励回波采集模式(stimulated-echo acquisition method, STEAM)。ISIS序列主要运用于射频场不均匀的表面线圈, 并且磁化矢量全部反应在Z轴上, 缺点是

## ■ 研究前沿

如何对胰腺癌做出早期诊断及鉴别诊断仍是研究的热点和难点。到目前为止, 除了多层螺旋计算机断层扫描(computed tomography, CT)、常规磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)序列、正电子发射断层扫描仪(positron emission tomography CT, PET-CT)、超声内镜等检查对胰腺癌早期诊断及鉴别诊断仍有较大局限性, 因此探索新的诊断方法是今后面临的挑战。

### ■ 相关报道

近年来磁共振波谱已在中枢神经系统 and 前列腺疾病等方面广泛运用, 并且取得一定研究成果, 在胰腺疾病诊断的相关研究报道也越来越多, 并得出具有特征性的代谢产物。

费时, 对运动伪影敏感, 主要运用于 $^{31}\text{P}$  MRS<sup>[18]</sup>。STEAM的优点是一次激发就可采集, 不需要相位再循环, 水抑制充分, 缺点是近50%信号丢失。PRESS优点是减少了STEAM序列信号的丢失, 但当TE时间长时会导致短T2代谢产物的丢失, 图像信噪比(signal noise ratio, SNR)下降<sup>[19]</sup>。

1.3 回波时间的设定 波谱信息依赖于扫描状态, 特别是所应用的TR时间和TE时间。最常运用于胰腺疾病诊断的代谢物为胆碱(choline, Cho)和脂质(lipids, Lip)。Cho应用长, 短TE确定, 而Lip应用短TE确定。运用于PC诊断常用中等TE(144 ms)。

1.4 体素定位 无论采用上述哪种VOI扫描序列,  $^1\text{H}$  MRS都可以选择单体素(single voxel, SV)或多体素技术(multivoxel, MV)。单体素技术采用三个互相垂直的层面选择脉冲, 而采集的仅为与三个平面相交的体素的回波信号, 通常需要3-5 min。选取肿块内部相对均匀的部分作为VOI, 在进行三平面VOI选取时需结合胰腺T1WI、T2WI图像, 并且避开肿瘤坏死囊变区和周围血管、肠管和胰胆管区。文献报道<sup>[20]</sup>VOI勾绘的体积通常采用20 mm×20 mm×20 mm, VOI过小会导致组织信息过少, 使谱线SNR降低, VOI过大会覆盖周围组织, 产生容积效应, 使匀场困难, 谱线分辨率下降。为了避免周围组织对VOI的影响, 我们还需加上、下、前、后、左、右共计六个方向的饱和带, 如图1。该技术的所覆盖的病灶范围有限, 一次扫描只能分析一个区域, 因此体素定位应该准确。

多体素技术又称化学位移成像或磁共振波谱成像, 分为二维和三维多体素采集。优点是一次采集覆盖范围大, 在选定的VOI内可得到多个体素的代谢物谱线, 相对单体素采集而言效率有所提高。但是, 该技术对硬件和软件要求均较高, 需要较大的相位梯度编码, 反复多次采集, 需要在空间和谱线两个领域进行傅立叶转换, 较为耗时, 所得谱线质量不如单体素可靠<sup>[10]</sup>。随着3T场强以上的磁共振在临床的广泛运用, 大部分 $^1\text{H}$  MRS的研究均采用单体素PRESS序列, 因为PRESS序列可以提高双倍的SNR, 优于其他序列。

1.5 水脂抑制 胰腺 $^1\text{H}$  MRS采集前必须水脂抑制。因为波谱的信号与所测物质的浓度成正比,

水的浓度是其他代谢产物浓度的10000-100000倍, 因此在 $^1\text{H}$  MRS检查时如果不采用水抑制, 其他代谢产物的共振峰会被掩盖。脂肪抑制的目的是在多体素和容积采集时, 避免周围脂肪信号的影响。水和脂肪抑制的不充分均会导致波谱基线变形。胰腺 $^1\text{H}$  MRS常用的水抑制序列为化学位移饱和脉冲(chemical shift selective saturation, CHESS), 脂肪抑制序列为脂肪抑制反转回复序列(short time inversion recovery, STIR)。

1.6 数据后处理  $^1\text{H}$  MRS的数据含有多个代谢物的信号, 因此 $^1\text{H}$  MRS的数据处理与磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)数据处理不同, 并较MRI处理复杂许多。MRS数据处理需要去卷积, 计算出每一代谢物的信号强度。 $^1\text{H}$  MRS处理步骤包括时间域的预处理, 傅立叶转化, 频率域的预处理和谱线的定量计算<sup>[21]</sup>。在定量计算上分为相对定量和绝对定量。临床上以相对定量计算较常用。在 $^1\text{H}$  MRS相对定量计算上, 通常以肌酸(Cr)的峰为参照物, 其他个各代谢物峰值的高度或峰下面积与之比较的比值进行定量分析。值得注意的是, 谱线后处理方式有多种, 不同的处理方法数据不具有可比性, 不可以进行直接比较。目前,  $^1\text{H}$  MRS后处理软件有SAGE软件包、LC Model软件包、MRUI软件包等。

1.7  $^1\text{H}$  MRS伪影 在所获得的 $^1\text{H}$  MRS图像中常会出现各种伪影, 这种伪影与MRI普通图像伪影不同, 较难识别。 $^1\text{H}$  MRS伪影包括化学位移伪影、磁敏感伪影、运动伪影。这些伪影多由于硬件的诸多因素造成的, 因此很难识别, 即便是专家也可能在最终的谱线上无法确定是何种原因造成的。

MRS技术目前主要运用于中枢神经系统和前列腺疾病的诊断, 在胰腺疾病诊断中还未广泛运用。限制MRS广泛运用于临床的因素较多, 如体素大小、代谢物浓度、患者配合、图像信噪比等。为了提高MRS技术的成功率, 检查前受试者需禁食禁水6 h, 扫描前注射解痉剂来防止肠道的蠕动, 扫描时我们采用呼吸触发技术而不采用屏气技术, 为了保证较高的SNR, 要求选取直径2 cm以上的肿块, VOI大小至少需8 cm<sup>3</sup>, 周边施加多重饱和带。通过上述技术参数的优化, 可大大提升MRS的成功率。



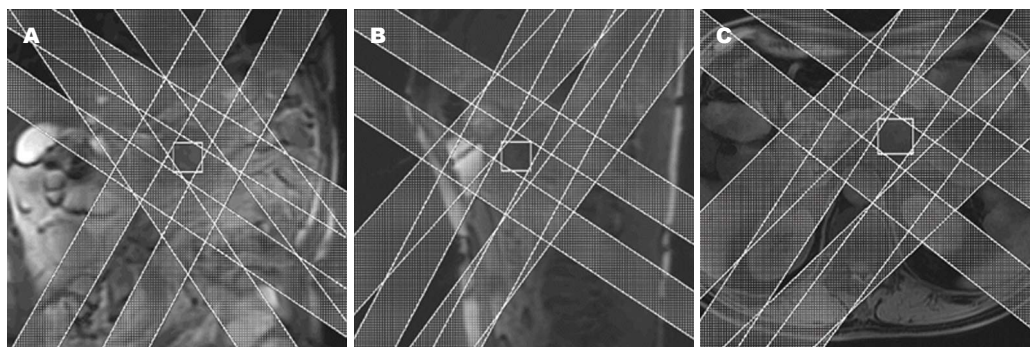


图1 胰腺癌在体<sup>1</sup>H MRS分析三平面VOI定位. A: 冠状面; B: 矢状面; C: 横断面. <sup>1</sup>H MRS: 氢质子磁共振波谱; VOI: 感兴趣区容积.

#### 创新盘点

本研究是目前唯一能无创性观察胰腺癌组织代谢及生化变化的技术, 是生物代谢研究的重要工具, 有望成为早期诊断胰腺癌、跟踪肿瘤的变化、观察治疗效果的一种全新、敏感、准确的诊断方法, 对胰腺癌做更深层次的影像学评估.

## 2 <sup>1</sup>H MRS分析对PC的诊断现状及运用价值

MRI现已广泛的运用于PC的诊断. T1加权是一个重点显示胰腺解剖形态的序列, T2加权是一个对水非常敏感的序列. 胰腺发生肿瘤时, 通常T1加权信号减低, T2加权信号较正常胰腺组织略高. 磁共振胰胆管成像(magnetic resonance cholangiopancreatography, MRCP)可以清晰地显示胰管和胆管系统的细微结构, 明确胰腺肿瘤与胰管的位置关系. 磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是能够检测活体组织中水分子扩散运动方法, PC在DWI图像上常常表现为高信号. 结合压脂多期动态增强MRI可以提高胰腺肿瘤的诊断准确率. 多种MRI序列的联合运用使得其对小胰癌和早期胰腺癌的检测优于常规计算机断层扫描(computed tomography, CT). Meta分析显示常规MRI诊断PC的敏感性为84%, 特异性为82%, 但仍有部分PC存在漏诊、误诊等问题. 随着MR技术的飞跃发展, MRS从生物代谢组学角度为PC的诊断提供了更多有价值的信息, 从而使PC的早期诊断成为可能<sup>[22-24]</sup>.

由于<sup>1</sup>H的旋磁比最大(42.58 MHz/T), 在生物体内最丰富, 因此产生的MRS信号最强, 并且与常规MRI所用的激发和接收频率一致, 因此临床应用技术最成熟和广泛<sup>[19]</sup>. 用<sup>1</sup>H MRS观察胰腺的特征性代谢为胆碱. 胆碱是细胞膜代谢产物之一, 而胆碱是细胞膜磷脂合成(如肿瘤细胞增殖)的重要代谢成分, 胆碱含量升高反应了细胞膜成分增加和细胞增殖加快<sup>[25]</sup>. 目前在前列腺、乳腺、脑等研究中被认为是恶性肿瘤的标志物<sup>[26-28]</sup>, 在评价肿瘤细胞增殖活性和恶性度中起首要作用<sup>[29]</sup>. 何新红等<sup>[30]</sup>在大鼠正常胰腺组织和PC比较研究中, 发现大鼠

PC的Cho峰强度比正常胰腺组织增加. Kaplan等<sup>[31]</sup>利用高分辨率魔角MRS技术发现牛磺酸(Taurine)增高是PC恶性转化的特征, 乳酸峰(Lactate)和胆碱峰(Cho)在胰腺癌中含量增高. 但是, 马霄虹等<sup>[32]</sup>选取经病理证实的33例PC组和正常胰腺30例对照组, 通过在体<sup>1</sup>H MRS分析对PC代谢特征的半定量研究, 发现PC的脂肪酸(FA, 5.4 ppm)、总胆碱复合物(t-Cho, 3.2 ppm)、Lip(1.3 ppm)均在病变区减低. 其从PC的病理特点考虑<sup>[33]</sup>, PC的肿瘤区域以大量纤维结缔组织增生性间质反应为主, 散在分布小的细胞或细胞团, 此病理特点表明PC的肿瘤区域的肿瘤细胞密度比正常区域的胰腺导管细胞密度低, 所以肿瘤区域的胆碱量较正常胰腺组织低. 以上研究结论则出现较大差异性, 我们推测PC中Cho峰升高或降低取决于病灶区域肿瘤组织和炎症所致的纤维组织所占的比例, 若以肿瘤组织成分为主, 则Cho峰升高, 若以纤维成分为主, 则Cho峰降低. 这仍需日后大样本数据并结合病理结果来证实.

另外, 胰腺腺体内含有较多的脂肪组织, 在谱线上可见到高而宽大的波峰, 可作为对照的波峰. <sup>1</sup>H MRS运用于PC的诊断已经在临床多个机构开展, 尤其与肿块型胰腺炎(mass forming pancreatitis, MFP)之间的鉴别一直以来是难点和热点. 苏天昊等<sup>[34]</sup>发现PC组中胆固醇和不饱和脂肪酸的混合峰/脂肪峰(Chol+Unsat/Lip)较正常人明显增高. 黄文才等<sup>[35]</sup>发现PC的脂质峰降低, 残留水峰增加为特征, 胰腺脂质成分定量分析对PC定性诊断有潜在价值. 姚秀忠等<sup>[36]</sup>对28例正常志愿者的胰头与25例由手术病理证实的胰头癌的<sup>1</sup>H MRS研究结果表明PC的脂水比及胆碱比均较

### 应用要点

胰腺癌诊断现今常规使用多层螺旋CT或者常规MRI, 但是对于胰腺癌早期诊断及鉴别诊断仍有一定局限性. 本文介绍的磁共振波谱从生化代谢组学角度诊断及鉴别胰腺癌, 为临床诊断提供更精准的检查方式, 值得推广.

正常胰腺组织小, 而脂肪酸与脂肪之比较正常胰腺组织高. Wang等<sup>[37]</sup>发现PC较MFP及正常组织的Lip含量低, 乳酸及牛磺酸(lactate and taurine)含量高. Cho等<sup>[38]</sup>采用在体<sup>1</sup>H MRS技术用于鉴别PC与MFP, 研究发现MFP较正常组织及癌组织Lip显著减少, 认为PC和MFP因广泛的纤维化造成脂质含量减低, 而PC基质的纤维化程度更重, 因此脂质含量较MFP更低.

### 3 其他影像学手段对早期PC诊断的价值比较

PC的早期诊断主要依赖于各种影像学检查, 目前用于PC早期诊断的主要影像学手段有超声内镜(endoscopic ultrasonography, EUS)、胰管内超声、胰管镜、正电子发射断层扫描仪(positron emission tomography computed tomography, PET-CT)、多层螺旋CT(multislice computed tomography, MSCT)和磁共振多序列和功能成像扫描等, 对PC的早期诊断有一定帮助, 将PC诊断的敏感性、特异性提高到71.8%-88.4%、84.6%-92.3%左右<sup>[39-42]</sup>. EUS可排除了肠道气体的干扰, 探头可清晰显示胰腺组织, 对于胰腺实质或胰管内5 mm大小的肿块敏感性为95%-100%, 准确率超过90%<sup>[43]</sup>. 此外, EUS引导下细针穿刺活检术对早期PC检出率较高. 内镜逆行胰胆管造影术(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)可显示胆管和胰管近壶腹侧影像或肿瘤以远的胆、胰管扩张的影像, 并可通过胰管刷检或活检获取细胞学检查结果. 但是, EUS和ERCP均为有创检查, 但对操作者技术依赖性大, 可能引起急性胰腺炎、胰瘘等并发症<sup>[44-46]</sup>, 不作为胰腺常规检查. 胰管镜是一种子母镜系统, 他以十二指肠镜作为母镜, 而以细的内镜作为子镜通过十二指肠镜的操作孔插入胰管直接进行检查. 从某种意义上来说他是ERCP技术的一种发展与延伸. 胰管镜最大的适应症就是ERCP诊断不明的病变, 如不明原因的胰管扩张或狭窄, 临床上怀疑PC或MFP者而ERCP又不能确诊者; 胰管镜的风险较ERCP小, 主要是易并发急性胰腺炎. PET-CT检查对PC定性诊断的敏感度和特异性高于其他影像学检查方法, 但由于PET-CT对器官肿瘤准确定位和大小测量存在偏差, 因此多用于CT和MRI难以定性的肿瘤性质的鉴别以及对是否存在远处

转移的判断<sup>[24,47]</sup>. MSCT通过获取薄层(甚至几毫米), 轴向, 胰腺和门静脉期对比强化获得双时相胰腺成像, 目前认为是胰腺影像学首选的成像手段<sup>[23,47,48]</sup>, 对判定肿瘤可切除性有重要意义, 但对于MFP与PC不易鉴别. 随着影像技术的飞速发展, 磁共振多序列联合诊断PC成为继MSCT后又一主流检查. 以T1WI、T2WI为主体, 结合特殊序列或功能成像序列如MRCP、磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)、磁共振扩散加权成像(DWI)、磁共振灌注成像(perfusion weighted imaging, PWI)等大大提高早期PC的检出率. 但是, MRI对于钙化的检出有局限, 部分成像序列对机器硬件要求较高, 此外对于体内安装心脏起搏器、金属异物、幽闭恐惧的患者均不适宜MR检查. 以上的各种检查手段虽然使得早期PC检出成为可能, 但均没有突破性进展, 对于早期PC、小胰癌以及与MFP的鉴别诊断仍较困难<sup>[49,50]</sup>.

总之, 尽管<sup>1</sup>H MRS对PC的诊断尚处于起步阶段, 但其所检测出的PC生化改变及化合物信息, 不但有助于PC的筛选、早期诊断及鉴别诊断, 而且可对放化疗患者提供个性化信息. <sup>1</sup>H MRS是目前唯一能无创性观察活体组织代谢及生化变化的技术, 有望成为早期诊断PC, 跟踪肿瘤的变化, 观察治疗效果的一种全新、敏感、准确的诊断方法.

### 4 结论

MRS是检测活体组织器官生理或病理过程中的化学变化的一种无创的技术, 是生物代谢研究的重要工具. 胰腺MRS仍处于研究阶段, 还需要大量实验验证, 但MRS已展现出其巨大的潜力, 为PC的诊断及鉴别诊断开辟了新的视角. 随着影像设备和成像技术的发展, MRS在胰腺疾病应用中必将发挥越来越重要的作用.

### 5 参考文献

- 赵平, 王成峰. 胰腺癌分册. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 24-56
- 谢德荣, 马林, 林显敢. 胰腺癌临床实践-争论与共识. 广州: 广东科技出版社, 2009: 371-373
- DeSantis CE, Lin CC, Mariotto AB, Siegel RL, Stein KD, Kramer JL, Alteri R, Robbins AS, Jemal A. Cancer treatment and survivorship statistics, 2014. *CA Cancer J Clin* 2014; 64: 252-271 [PMID: 24890451 DOI: 10.3322/caac.21235]
- Schnelldorfer T, Ware AL, Sarr MG, Smyrk TC,

- Zhang L, Qin R, Gullerud RE, Donohue JH, Nagorney DM, Farnell MB. Long-term survival after pancreatoduodenectomy for pancreatic adenocarcinoma: is cure possible? *Ann Surg* 2008; 247: 456-462 [PMID: 18376190 DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181613142]
- 5 贾其稳, 李兆申. 胰腺癌早期诊断研究进展. *中华胰腺病杂志* 2011; 11: 151-154
  - 6 Wang L, Yang GH, Lu XH, Huang ZJ, Li H. Pancreatic cancer mortality in China (1991-2000). *World J Gastroenterol* 2003; 9: 1819-1823 [PMID: 12918128]
  - 7 Li D, Xie K, Wolff R, Abbruzzese JL. Pancreatic cancer. *Lancet* 2004; 363: 1049-1057 [PMID: 15051286 DOI: 10.1016/S0140-6736(04)15841-8]
  - 8 Condon B. Magnetic resonance imaging and spectroscopy: how useful is it for prediction and prognosis? *EPMA J* 2011; 2: 403-410 [PMID: 23199177 DOI: 10.1007/s13167-011-0086-x]
  - 9 An L, Willem van der Veen J, Li S, Thomasson DM, Shen J. Combination of multichannel single-voxel MRS signals using generalized least squares. *J Magn Reson Imaging* 2013; 37: 1445-1450 [PMID: 23172656 DOI: 10.1002/jmri.23941]
  - 10 Gilles FH, Bluml S, Panigraliy A. MR spectroscopy of pediatric brain disorders. New York: Springer, 2013
  - 11 Bulik M, Jancalck R, Vanicek J, Skoch A, Mechl M. Potential of MR spectroscopy for assessment of glioma grading. *Clin Neurol Neurosurg* 2013; 115: 146-153 [PMID: 23237636 DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.11.002]
  - 12 Levin BE, Katzen HL, Maudsley A, Post J, Myerson C, Govind V, Nahab F, Scanlon B, Mittel A. Whole-brain proton MR spectroscopic imaging in Parkinson's disease. *J Neuroimaging* 2014; 24: 39-44 [PMID: 23228009 DOI: 10.1111/j.1552-6569.2012.00733.x]
  - 13 Caivano R, Cirillo P, Balestra A, Lotumolo A, Fortunato G, Macarini L, Zandolino A, Vita G, Cammarota A. Prostate cancer in magnetic resonance imaging: diagnostic utilities of spectroscopic sequences. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2012; 56: 606-616 [PMID: 23210579 DOI: 10.1111/j.1754-9485.2012.02449.x]
  - 14 Tiwari P, Kurhanewicz J, Madabhushi A. Multi-kernel graph embedding for detection, Gleason grading of prostate cancer via MRI/MRS. *Med Image Anal* 2013; 17: 219-235 [PMID: 23294985 DOI: 10.1016/j.media.2012.10.004]
  - 15 Su TH, Jin EH, Shen H, Zhang Y, He W. In vivo proton MRS of normal pancreas metabolites during breath-holding and free-breathing. *Clin Radiol* 2012; 67: 633-637 [PMID: 22316597 DOI: 10.1016/j.crad.2011.05.018]
  - 16 Livingstone RS, Begovatz P, Kahl S, Nowotny B, Strassburger K, Giani G, Bunke J, Roden M, Hwang JH. Initial clinical application of modified Dixon with flexible echo times: hepatic and pancreatic fat assessments in comparison with (1)H MRS. *MAGMA* 2014; 27: 397-405 [PMID: 24306514 DOI: 10.1007/s10334-013-0421-4]
  - 17 马霄虹, 周纯武. 磁共振功能成像在胰腺癌诊断中的应用及新进展. *癌症进展* 2009; 7: 605-609
  - 18 Bakermans AJ, Abdurrachim D, van Nierop BJ, Koeman A, van der Kroon I, Baartscheer A, Schumacher CA, Strijkers GJ, Houten SM, Zuurbier CJ, Nicolay K, Prompers JJ. In vivo mouse myocardial (31)P MRS using three-dimensional image-selected in vivo spectroscopy (3D ISIS): technical considerations and biochemical validations. *NMR Biomed* 2015; 28: 1218-1227 [PMID: 26269430 DOI: 10.1002/nbm.3371]
  - 19 朱锡旭, 郑玲, 王俊鹏, 李林, 田建明. 磁共振氢质子波谱序列PRESS和STEAM比较. *放射学实践* 2003; 5: 359-360
  - 20 梁长虹, 徐莉, 刘再毅. 在体肝脏单体素3.0T质子MR波谱采集参数优化研究. *中华放射学杂志* 2009; 43: 1191-1195
  - 21 杨正汉, 冯逢, 王霄英. 磁共振成像技术指南. 北京: 人民军医出版社, 2010: 333-368
  - 22 金钢, 邵卓, 胡先贵, 张怡杰, 刘瑞, 周颖奇, 邵成浩, 何天霖, 李刚. 胰腺癌2061例外科手术的疗效与预后分析. *中华胰腺病杂志* 2013; 13: 1-4
  - 23 中国临床肿瘤学会胰腺癌专家委员会. 胰腺癌综合诊治中国专家共识(2014年版). *临床肝胆病杂志* 2014; 29: 970-980
  - 24 杨尹默, 刘子文, 廖泉, 赵玉沛. 《胰腺癌诊治指南(2014)》热点问题解读. *中华外科杂志* 2014; 52: 891-893
  - 25 Sardanelli F, Fausto A, Di Leo G, de Nijs R, Vorbuchner M, Podo F. In vivo proton MR spectroscopy of the breast using the total choline peak integral as a marker of malignancy. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 192: 1608-1617 [PMID: 19457825 DOI: 10.2214/AJR.07.3521]
  - 26 Bartella L, Huang W. Proton (1H) MR spectroscopy of the breast. *Radiographics* 2007; 27 Suppl 1: S241-S252 [PMID: 18180230 DOI: 10.1148/rg.27si075504]
  - 27 Faria JF, Goldman SM, Szejnfeld J, Melo H, Kater C, Kenney P, Huayllas MP, Demarchi G, Francisco VV, Andreoni C, Srougi M, Ortiz V, Abdalla N. Adrenal masses: characterization with in vivo proton MR spectroscopy--initial experience. *Radiology* 2007; 245: 788-797 [PMID: 18024453 DOI: 10.1148/radiol.2453061854]
  - 28 Loening NM, Chamberlin AM, Zepeda AG, Gonzalez RG, Cheng LL. Quantification of phosphocholine and glycerophosphocholine with 31P edited 1H NMR spectroscopy. *NMR Biomed* 2005; 18: 413-420 [PMID: 16075415 DOI: 10.1002/nbm.973]
  - 29 Qayyum A. MR spectroscopy of the liver: principles and clinical applications. *Radiographics* 2009; 29: 1653-1664 [PMID: 19959513 DOI: 10.1148/rg.296095520]
  - 30 何新红, 陆建平, 方芳, 廖专, 陆靖, 邓惠文, 余亦华, 汪剑, 李兆申. 大鼠慢性胰腺炎离体组织块高分辨氢质子磁共振波谱分析. *中华胰腺病杂志* 2008; 8: 393-396
  - 31 Kaplan O, Kushnir T, Askenazy N, Knubovets T, Navon G. Role of nuclear magnetic resonance spectroscopy (MRS) in cancer diagnosis and treatment: 31P, 23Na, and 1H MRS studies of three models of pancreatic cancer. *Cancer Res* 1997; 57: 1452-1459 [PMID: 9108445]
  - 32 马霄虹, 欧阳汉, 赵心明, 孙非, 张红梅, 周纯武, 申皓, 赵燕凤. 3.0TMR在体氢质子波谱分析对胰腺癌代谢特征的半定量研究. *实用放射学杂志* 2012; 28: 1040-1044

## ■名词解释

磁共振波谱: 是一种利用核磁共振现象和化学位移作用对一系列特定原子核及其化合物进行分析的方法, 能无创的研究活体器官、组织能量代谢、生化改变及化合物定量分析, 是检测活体组织器官生理或病理过程中的一种无创的技术, 是生物代谢研究的重要工具。



# 同行评价

作者选题新颖, 内容具有很强的先进性, 对将来的研究和临床应用起到很好的启示作用.

- 33 武忠弼译. 里德病理学. 上海: 上海科学技术出版社, 2007: 737-740
- 34 苏天昊, 申皓, 靳二虎等. 3.0T质子磁共振波谱在诊断胰腺癌中的初步应用. 临床和实验医学杂志 2011; 10: 964-966
- 35 黄文才, 陆建平. 磁共振波谱在胰腺癌诊断中的临床应用. 华南国防医学杂志 2012; 26: 488-491
- 36 姚秀忠, 曾蒙苏, 孙非, 王鹤, 饶圣祥, 周纯武. 3.0T 1H-MRS在胰头癌中的应用研究. 放射学实践 2010; 25: 1153-1156
- 37 Wang AS, Lodi A, Rivera LB, Izquierdo-Garcia JL, Firpo MA, Mulvihill SJ, Tempero MA, Bergers G, Ronen SM. HR-MAS MRS of the pancreas reveals reduced lipid and elevated lactate and taurine associated with early pancreatic cancer. *NMR Biomed* 2014; 27: 1361-1370 [PMID: 25199993 DOI: 10.1002/nbm.3198]
- 38 Cho SG, Lee DH, Lee KY, Ji H, Lee KH, Ros PR, Suh CH. Differentiation of chronic focal pancreatitis from pancreatic carcinoma by in vivo proton magnetic resonance spectroscopy. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29: 163-169 [PMID: 15772531]
- 39 Zhang Y, Huang J, Chen M, Jiao LR. Preoperative vascular evaluation with computed tomography and magnetic resonance imaging for pancreatic cancer: a meta-analysis. *Pancreatology* 2012; 12: 227-233 [PMID: 22687378 DOI: 10.1016/j.pan.2012.03.057]
- 40 Rao SX, Zeng MS, Cheng WZ, Yao XZ, Jin DY, Ji Y. Small solid tumors (< or = 2 cm) of the pancreas: relative accuracy and differentiation of CT and MR imaging. *Hepatogastroenterology* 2011; 58: 996-1001 [PMID: 21830431]
- 41 Takakura K, Sumiyama K, Munakata K, Ashida H, Arihiro S, Kakutani H, Tajiri H. Clinical usefulness of diffusion-weighted MR imaging for detection of pancreatic cancer: comparison with enhanced multidetector-row CT. *Abdom Imaging* 2011; 36: 457-462 [PMID: 21643939 DOI: 10.1007/s00261-011-9728-7]
- 42 Motosugi U, Ichikawa T, Morisaka H, Sou H, Muhi A, Kimura K, Sano K, Araki T. Detection of pancreatic carcinoma and liver metastases with gadoxetic acid-enhanced MR imaging: comparison with contrast-enhanced multi-detector row CT. *Radiology* 2011; 260: 446-453 [PMID: 21693662 DOI: 10.1148/radiol.11103548]
- 43 杨秀疆, 陈士葆. 内镜超声检查对胰腺癌的诊断价值. 中国新药与临床杂志 2004; 23: 54-56
- 44 于凤海, 张薇, 孙媛媛, 纪义梅, 胡冰, 王书智, 陆蕊. 治疗性ERCP并发症分析及其防治体会. 中华消化内镜杂志 2009; 26: 256-259
- 45 Liao Z, Hu LH, Xin L, Li ZS. ERCP service in China: results from a national survey. *Gastrointest Endosc* 2013; 77: 39-46.e1 [PMID: 23261093 DOI: 10.1016/j.gie.2012.08.035]
- 46 DiMaggio MJ, Spaete JP, Ballard DD, Wamsteker EJ, Saini SD. Risk models for post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis (PEP): smoking and chronic liver disease are predictors of protection against PEP. *Pancreas* 2013; 42: 996-1003 [PMID: 23532001 DOI: 10.1097/MPA.0b013e31827e95e9]
- 47 张太平, 曹喆, 赵玉沛. 《2015年美国国立综合癌症网络胰腺癌临床实践指南(V2版)》外科相关部分解读. 临床肝胆病杂志 2015; 30: 654-656
- 48 赵平, 田艳涛. 胰腺癌诊治的现状与展望. 中华肿瘤杂志 2010; 32: 161-163
- 49 杜云鹏. 128层螺旋CT增强检查及其后处理技术对胰腺癌的诊断价值. 中国医药指南 2015; 13: 22-23
- 50 杨文兵, 孟连英. CT在慢性胰腺炎与胰腺癌诊断中的临床价值. 中国医药指南 2014; 12: 229-230

编辑: 郭鹏 电编: 都珍珍





Published by **Baishideng Publishing Group Inc**  
8226 Regency Drive, Pleasanton,  
CA 94588, USA  
Fax: +1-925-223-8242  
Telephone: +1-925-223-8243  
E-mail: [bpgoffice@wjgnet.com](mailto:bpgoffice@wjgnet.com)  
<http://www.wjgnet.com>



ISSN 1009-3079

