论著

文章编号:1000-5404(2012)19-2002-03

SWI序列诊断膝关节半月板撕裂的可行性研究

赵 骏[1*],陈 伟[1*],周代全[1],王 健[1],彭 旭[2],段小军[2],黎 川[1],文亚名[1] (400038 重庆,第三军医大学西南医院:放射科[1],关节外科中心[2])

[摘要] **目的** 探讨磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)技术诊断膝关节半月板撕裂的可行性。**方法** 对40名临床怀疑半月板损伤患者,行MRI T_1WI和T_2WI-FS、SWI序列扫描,以膝关节镜为金标准对照,比较SWI与T_1WI及T_2WI-FS诊断半月板撕裂的敏感性、特异性、准确性和诊断效果。**结果** T_1WI序列敏感性为76.3%,特异性为50.0%,准确性为75.0%;T_2WI-FS序列敏感性为71.1%,特异性为100.0%,准确性为72.5%;SWI序列敏感性为94.7%,特异性为50.0%,准确性为92.5%。T_1WI序列和T_2WI-FS序列与SWI相比一致性较差,Kappa值分别为0.391和0.288,诊断效果有显著性差异($P<0.05$)。**结论** SWI序列能够应用于膝关节半月板撕裂的诊断,且敏感性和准确性优于T_1WI序列和T_2WI-FS序列。

[关键词] 磁敏感加权成像;半月板;关节镜

[中图法分类号] R445.2; R684; R814 [文献标志码] A

Diagnosis of meniscal tear of knee joint by SWI sequence: a feasibility study

Zhao Jun[1*], Chen Wei[1*], Zhou Daiquan[1], Wang Jian[1], Peng Xu[2], Duan Xiaojun[2], Li Chuan[1], Wen Yaming[1] ([1]Department of Radiology, [2]Centre of Joint Surgery, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

[**Abstract**] **Objective** To study the feasibility of susceptibility weighted imaging in diagnosis of meniscus tear of knee joint. **Methods** Forty patients with suspected meniscus tear of knee joint underwent MRI scanning of T_1WI, T_2WI-FS and SWI sequences. The sensitivity, specificity, accuracy and diagnostic outcome of T_1WI, T_2WI-FS and SWI sequences were compared with arthroscopy as the golden standards. **Results** The sensitivity, specificity and accuracy of T_1WI, T_2WI-FS and SWI sequences were 76.3%, 50.0% and 75.0%, respectively; 71.1%, 100.0% and 72.5%, respectively; and 94.7%, 50.0% and 92.5%, respectively, for the diagnosis of meniscus tear of knee joint. The consistency of T_1WI and T_2WI-FS sequences was poorer than that of SWI sequence in diagnosis of meniscus tear of knee joint ($P<0.05$). The Kappa value was 0.391 and 0.288, respectively, for T_2WI-FS and SWI sequences. The diagnostic outcomes of meniscus tear of knee joint were significantly different between T_2WI-FS and SWI sequences ($P<0.05$). **Conclusion** The SWI sequence can be used in diagnosis of meniscus tear of knee joint, and its sensitivity and accuracy are better than the T_1WI and T_2WI-FS sequences.

[**Key words**] susceptibility weighted imaging; meniscus; arthroscopy

Zhao Jun and Chen Wei are first authors who contributed equally to the article. Corresponding author: Zhou Daiquan, Tel: 86-23-68754423, E-mail: zhoudq77@sina.com

膝关节半月板撕裂是由于外伤或者半月板退变,使得股骨和胫骨之间出现剪切力,患者可出现剧烈疼痛、肿胀,或合并感染、卡压及弹响,导致膝关节深度弯曲或局部伸屈困难[1]。病理上可出现纤维软骨纤维素样变性,脂肪细胞浸润,无血管区出现血管增生,使得MRI信号改变[2]。MRI被认为是诊断半月板损伤的首选检查技术[3-4]。磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)是一种空间高分辨率的MRI成像技术,主要检测磁场不均匀所致的磁敏感效应。SWI对于显示静脉血管、血液成分(如出血后各种代谢产物)、钙化以及铁沉积等非常敏感,在脑出血、脑肿瘤、脑外伤、帕金森等疾病的临床诊断中具有重要的应用价值。SWI序列在骨关节疾病的应用中尚无定论,本研究通过SWI与T_1WI和T_2WI-FS序列比较,初

* 同等贡献者

[通信作者] 周代全,电话:(023)68754423,E-mail: zhoudq77@sina.com

步探讨 SWI 技术对膝关节半月板撕裂的患者进行影像学诊断及其在骨关节系统中应用的可行性。

1 资料与方法

1.1 病例资料

对本院 2011 年 12 月至 2012 年 6 月怀疑膝关节半月板损伤患者 40 例行术前 MRI 检查，其中男性 12 例，女性 28 例，年龄 14～67(37.8±15.2)岁。左膝关节损伤 17 例，右膝关节损伤 23 例。40 例均有患侧膝关节疼痛不适，下蹲、起立或长时间行走或运动量稍大时疼痛加重，33 例休息后有所缓解。查体，浮髌试验(+)7 例，压髌、磨髌试验(+)28 例，过伸痛(+)37 例，过屈痛(+)29 例，内侧关节间室压痛、麦氏征(+)13 例，碾磨征(+)5 例，外侧间室压痛、麦氏征(+)27 例，关节弹响 1 例。

1.2 方法

患者均行 MRI 扫描，使用 Siemens Trio 3.0T 超导型磁共振扫描仪，线圈为八通道专用膝关节线圈，行矢状位、冠状位和横断位扫描，扫描序列为磁敏感加权成像(SWI)：FOV 130 mm，TR 23 ms，TE 15.6 ms，flip 15°，矩阵 320×320，SNR=1；快速自旋回波(TSE)T_2WI-FS(脂肪抑制)：FOV 130 mm，TR 4 000 ms，TE 85 ms，flip 125°，矩阵 307×384，SNR=1；快速自旋回波(TSE)T_1WI：FOV 150 mm，TR 765 ms，TE 16 ms，flip 150°，矩阵 240×384，SNR=1。扫描结束后由 2 名从事放射工作 15 年以上的高级职称医师进行影像诊断分析(均不知关节镜诊断结果)。MRI 各序列诊断结果与关节镜进行比较。

1.3 判断标准

1.3.1 膝关节半月板 MRI 诊断标准　根据 Stoller 法[5]分级，低信号，且形态规则为 0 级；半月板内出现球状或不规则高信号为Ⅰ级；半月板内水平状、线状信号增高影，可延伸至半月板的关节囊缘，但未达到关节面缘为Ⅱ级；半月板内的高信号累积关节面，为Ⅲ级损伤，即半月板撕裂。

1.3.2 Kappa 分析结果评价　$\kappa=-1$ 时，表明不完全一致；$-1<\kappa<0$ 时，表明观察一致性小于机遇一致性，无意义；$\kappa=0$ 时，表明一致性完全由机遇造成；$\kappa=1$ 时，表明 2 次分类结果完全一致；$\kappa\leq0.4$ 时，表明一致性较差；$0.6<\kappa\leq0.8$ 时，表明有高度一致性；$\kappa>0.8$ 时，表明有极好的一致性[6]。

1.4 统计学分析

联立关节镜和 T_1WI、T_2WI-FS 及 SWI 四格表计算各序列的敏感性、特异性和准确性；联立 SWI 和 T_1WI 及 T_2WI-FS 四格表，采用 SPSS 18.0 进行 Kappa 分析和 Fisher 确切概率法分析，分别比较 T_1WI 和 T_2WI-FS 序列与 SWI 序列诊断膝关节半月板撕裂的结果一致性和诊断效果。

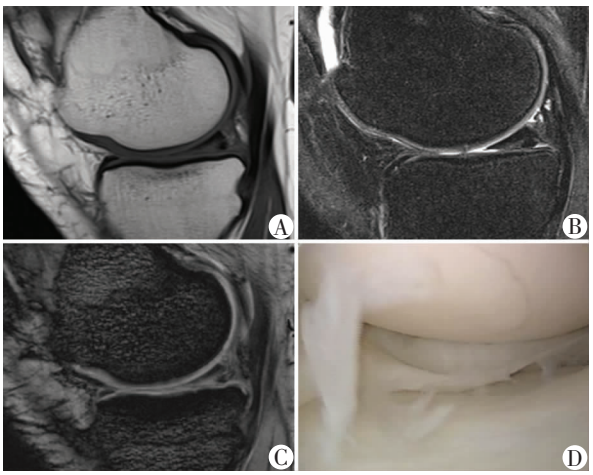
2 结果

2.1 半月板损伤 MRI 和关节镜分级

对患者损伤较重半月板部分进行诊断，将半月板撕裂的患者归为阳性，其余三级非撕裂的患者归为阴性。T_1WI、T_2WI-FS、SWI 和关节镜诊断结果见表 1。从图 1 可见 T_1WI 序列、T_2WI-FS 序列与 SWI 序列中内侧半月板信号增高，且累及关节面。

表 1　MRI 不同序列和关节镜诊断膝关节半月板损伤的分级(例)

方法	Ⅲ级(撕裂)	Ⅱ级	Ⅰ级	0 级
T_1WI	30	8	1	1
T_2WI-FS	27	8	0	5
SWI	37	2	0	1
关节镜	38	1	0	1



A：T_1WI；B：T_2WI；C：SWI；D：关节镜

图 1　左膝内侧半月板Ⅲ级损伤(撕裂)MRI 矢状位和关节镜表现

2.2 统计学分析

各序列的敏感性、特异性和准确性比较见表 2，“+”表示诊断为半月板撕裂患者，“-”表示诊断为非半月板撕裂患者。T_1WI 序列敏感性为 76.3%，特异性为 50.0%，准确性为 75.0%；T_2WI-FS 序列敏感性为 71.1%，特异性为 100.0%，准确性为 72.5%；SWI 序列敏感性为 94.7%，特异性为 50.0%，准确性为 92.5%。

表 2　T_1WI、T_2WI-FS、SWI 与关节镜诊断半月板撕裂比较(例)

序列	诊断结果	关节镜	
		+	-
T_1WI	+	29	1
	-	9	1
T_2WI-FS	+	27	0
	-	11	2
SWI	+	36	1
	-	2	1

T_1WI 和 T_2WI-FS 序列与 SWI 序列诊断膝关节半月板撕裂的结果一致性和诊断效果比较结果见表 3。SWI 与 T_1WI 相比诊断膝关节半月板撕裂的一致性较差($\kappa=0.391$)，诊断结果有显著性差异($P<0.05$)；SWI 与 T_2WI-FS 相比诊断膝关节半月板撕裂的一致性较差($\kappa=0.288$)，诊断结果差异有显著性($P<0.05$)。

表 3　T_1WI、T_2WI-FS 与 SWI 诊断半月板撕裂患者比较(例)

序列	诊断结果	SWI	
		+	-
T_1WI[a]	+	30	0
	-	7	3
T_2WI-FS[a]	+	27	0
	-	10	3

a：$P<0.05$，与 SWI 比较

3 讨论

MRI 为诊断半月板损伤的首选检查技术。过去的研究表明，短 TE 序列显示半月板撕裂敏感[7]，包括自

旋回波序列(FS)或者快速自旋回波序列(FSE)、质子密度加权序列(PDW)和梯度回波序列(GRE)。目前常用的膝关节MR成像序列包括冠状位T_1W、冠状位PDW+脂肪抑制,短TE序列的TE采用15~20 ms[8-10]。

SWI技术本质是一种T_2^*梯度回波,利用磁场内组织与梯度回波中所产生的相位信息成像,依据组织之间磁敏感性差异所致的相位差产生对比,能够保证静止和运动的质子同时重聚,毫米级三维薄层扫描获得高分辨力成像以减小伪影,观察细微的血管结构[11-12]。磁场的不均匀性是SWI成像的基础,主要是因为磁场内具有不同磁敏感性的各种组织,而每种物质在磁场内的表现具有顺磁性和逆磁性之分。SWI在保证信噪比和空间分辨力的前提下,采集后分别得到磁矩图(magnitude images)和相位图(phase images)。通过高通滤波得到校正相位图(corrected phase images),对相位<0的体素进行抑制。最后将磁矩图中的每个像素与相位掩模对应的相位值进行多次相乘,达到加权顺磁性物质相位信息的目的[13-15]。为此SWI能够提取例如脱氧血红蛋白、含铁血黄素、血凝块、钙化和铁蛋白这些与周围组织存在磁敏感性差异的物质,并且具有较高的敏感性,在脑出血、脑肿瘤、脑外伤、帕金森等疾病中具有重要的价值,但在骨关节系统中的应用尚无定论,本研究尝试将该技术应用到骨关节系统中。

本研究结果显示:T_1WI序列的敏感性为76.3%,特异性为50.0%,准确性为75.0%;T_2WI-FS序列敏感性为71.1%,特异性为100.0%,准确性为72.5%;SWI序列敏感性为94.7%,特异性为50.0%,准确性为92.5%。T_2WI-FS序列敏感性不佳可能和TE过大有关。SWI序列可以强化显示由于铁沉积、出血和钙化等原因引起的磁化率改变的信息[16],敏感性高的特点在本实验中得到了验证,由于敏感性过高是否可能引起过高的假阳性率,因为样本量不是很大还不能下定论,需要进一步验证。T_1WI序列和T_2WI-FS序列两种MRI成像技术与SWI序列相比诊断结果的一致性较差,诊断效果有显著性差异($P<0.05$),通过Kappa分析和Fisher确切概率法分析我们得到SWI序列在诊断膝关节半月板撕裂的效果上均高于T_1WI序列和T_2WI-FS序列,体现在高敏感性和准确性中。但是SWI的特异性在本实验中不高,由于阴性病例不多,在特异性的探讨中还需增加病例来进一步研究。由图1我们发现SWI图能够更好地显示软骨的分层,软骨与软骨下骨的界限更为清晰,且骨小梁结构更为真实清晰,原因有待进一步探讨。

本研究样本量不够还不足以判断SWI技术诊断膝关节半月板撕裂的预测值和阳性检出率。根据实验结果和SWI原理推断,过高的MRI信号对于骨骼未发育成熟儿童的半月板损伤、半月板挫伤以及半月板囊肿等病变,SWI技术可能出现假阳性。这些问题以及上述假设都值得进一步研究。

综上所述,MRI-SWI成像技术可用于诊断膝关节半月板撕裂,敏感性、准确性和诊断效果均优于常规的T_1WI和T_2WI-FS序列。

参考文献:

[1] Shiraev T, Anderson S E, Hope N. Meniscal tear-presentation, diagnosis and management[J]. Aust Fam Physician, 2012, 41(4): 182-187.

[2] 孙金霜, 徐 波, 王万里, 等. 膝关节半月板MRI与病理学对照研究[J]. 中华放射学杂志, 1998, 32(12): 851-854.

[3] Jarit G, Bosco J A 3rd. Meniscal repair and reconstruction[J]. Bull NYU Hosp Jt Dis, 2010, 68(2): 84-90.

[4] Vincken P W, ter-Braak A P, van-Erkel A R, *et al*. MR imaging: effectiveness and costs at triage of patients with nonacute knee symptoms [J]. Radiology, 2007, 242(1): 85 93.

[5] Stoller D W, Martin C, Crues J V 3rd, *et al*. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging[J]. Radiology, 1987, 163(3): 731-735.

[6] 颜虹. 医学统计学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 214.

[7] Helms C A. The meniscus: recent advances in MR imaging of the knee [J]. AJR Am J Roentgenol, 2002, 179(5): 1115-1122.

[8] De-Smet A A, Mukherjee R. Clinical, MRI, and arthroscopic findings associated with failure to diagnose a lateral meniscal tear on knee MRI [J]. AJR Am J Roentgenol, 2008, 190(1): 22-26.

[9] Magee T, Williams D. 3.0-T MRI of meniscal tears[J]. AJR Am J Roentgenol, 2006, 187(2): 371-375.

[10] Grossman J W, De-Smet A A, Shinki K. Comparison of the accuracy rates of 3-T and 1.5- T MRI of the knee in the diagnosis of meniscal tear[J]. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(2): 509-514.

[11] Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, *et al*. Susceptibility-weighted imaging: technical aspects and clinical applications, part 2[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30(2): 232-252.

[12] Fernandez-Seara M A, Techawiboonwong A, Detre J A, *et al*. MR susceptometry for measuring global brain oxygen extraction[J]. Magn Reson Med, 2006, 55(5): 967-973.

[13] Chavhan G B, Babyn P S, Thomas B, *et al*. Principles, techniques, and applications of T_2^*-based MR imaging and its special applications [J]. Radiographics, 2009, 29(5): 1433-1449.

[14] Tong K A, Ashwal S, Obenaus A, *et al*. Susceptibility-weighted MR imaging: a review of clinical applications in children[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2008, 29(1): 9-17.

[15] Nandigam R N, Viswanathan A, Delgado P, *et al*. MR imaging detection of cerebral microbleeds: effect of susceptibility-weighted imaging, section thickness, and field strength[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30(2): 338-343.

[16] Gasparotti R, Pinelli, Liserre R. New MR sequences in daily practice: susceptibility weighted imaging. A pictorial essay[J]. Insights Imaging, 2011, 2(3): 335-347.

(**收稿**:2012-05-03;**修回**:2012-06-20)

(编辑 汪勤俭)