

• 骨骼肌肉影像学 •

膝关节交叉韧带及软骨损伤:3D-SPACE 与常规序列 MRI 的对比研究

戴灼南,袁建华,司建荣,吴颖仪,杜洁嫦

【摘要】 目的:比较三维各向同性脂肪抑制快速自旋回波(SPACE)序列与常规二维序列 MRI 对膝关节交叉韧带及软骨损伤的诊断价值。**方法:**回顾性分析 46 例经关节镜证实的膝关节外伤患者的 MR 图像,比较常规二维序列和 SPACE 序列对交叉韧带及软骨损伤的诊断效能。**结果:**常规二维序列与 SPACE 序列对前交叉韧带损伤的诊断敏感度分别为 94.12%(32/34)和 97.06%(33/34),特异度分别为 91.67%(11/12)和 91.67%(11/12),符合率分别为 93.48%(43/46)及 95.65%(44/46);两个序列对后交叉韧带损伤的诊断敏感度均为 100%(8/8),特异度分别为 94.74%(36/38)和 97.37%(37/38),符合率分别为 95.65%(44/46)及 97.83%(45/46)。SPACE 序列与常规二维序列对交叉韧带损伤的诊断效能的差异无统计学意义($P>0.05$)。常规二维序列和 SPACE 序列对软骨损伤的诊断敏感度分别为 49.60%(62/125)及 68.80%(86/125),特异度分别为 58.94%(89/151)及 72.19%(109/151),符合率分别为 54.71%(151/276)及 70.65%(195/276)。SPACE 序列对软骨损伤的诊断效能优于常规二维序列,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**SPACE 序列能准确可靠地评价膝关节交叉韧带及软骨损伤,尤其是在评价膝关节软骨损伤方面明显优于常规二维序列。

【关键词】 膝关节;交叉韧带;软骨损伤;磁共振成像

【中图分类号】 R445.2;R686.5;R684.3 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2018)12-1312-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.12.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative analysis of 3D-SPACE and conventional 2D-FS-TSE-PDWI sequences in the diagnosis of cruciate ligament and cartilage injury of knee DAI Zhuo-nan, YUAN Jian-hua, SI Jian-rong, et al. Department of Radiology, Guangdong Provincial Hospital of Integrated Traditional Chinese Medicine and Western Medicine (Nanhai Traditional Chinese Medicine Hospital), Guangdong 528000, China

【Abstract】 Objective: To evaluate and compare the value of three-dimensional isotropic fat-suppressed turbo spin-echo (3D-FS-TSE-SPACE) sequence and conventional (2D-FS-TSE-PDWI) sequence in the diagnosis of cruciate ligament and cartilage injury of the knee joint. **Methods:** 3D-SPACE sequence and conventional 2D-PDWI sequence were performed in 46 patients with knee joint trauma confirmed by knee arthroscopy. All MRI data was analyzed by two radiologists independently. The sensitivity, specificity and accuracy of SPACE sequence and conventional 2D sequence for detecting cruciate ligament and cartilage injury were calculated and compared. **Results:** There was no statistical difference between conventional 2D-PDWI sequence and 3D-SPACE sequence regarding the sensitivity (94.12% and 97.06%), specificity (91.67% and 91.67%) and accuracy (93.48% and 95.65%) in diagnosing anterior cruciate ligament (ACL) injury. There was no statistical difference between the two sequences regarding the sensitivity (both 100%), specificity (94.74% and 97.37%) and accuracy (95.65% and 97.83%) in diagnosing posterior cruciate ligament (PCL) injury. However, there was statistical difference regarding the sensitivity (49.60% and 68.80%), specificity (58.94% and 72.19%) and accuracy (54.71% and 70.65%) in diagnosing cartilage injury. **Conclusion:** 3D-FS-TSE-SPACE sequence is an accurate and reliable method to evaluate cruciate ligament and cartilage injury

作者单位:528000 广东,广东省中西医结合医院(佛山市南海区中医院)放射科

作者简介:戴灼南(1978—),男,广东梅州人,副主任医师,主要从事 CT 和 MRI 诊断工作。

基金项目:佛山市医学科技攻关立项项目(2015AB000912)

of knee. It is superior to conventional 2D-FS-TSE-PDWI sequence in evaluation of cartilage injury.

[Key words] Knee; Cruciate ligament; Cartilage injury; Magnetic resonance imaging

膝关节结构复杂、功能重要,是人体最易损伤的关节。膝关节韧带及软骨损伤常见,是导致膝关节疼痛、活动及功能障碍的常见原因。早期准确评估膝关节韧带及软骨损伤的程度并及时采取相应的治疗措施,对提高患者的生活质量及延长运动生命十分重要。临床上通常采用二维 MRI 序列进行膝关节检查,其缺点是对某些解剖结构不能完全连续的显示,且扫描层厚较大,受到部分容积效应的影响较大,影响诊断效能。三维各向同性脂肪抑制快速自旋回波序列(three-dimensional isotropic fat-suppressed turbo spin-echo sequence, 3D-FS-TSE-SPACE)具有高信噪比、高空间分辨率、薄层和无间隔扫描的特点,能够更加清晰地观察关节内复杂的解剖结构^[1]。本研究旨在对比分析常规二维序列及 SPACE 序列对膝关节韧带及关节软骨损伤的诊断价值。

材料与方法

搜集 2016 年 1 月—2018 年 4 月经本院骨科专科门诊收治的疑为膝关节前、后交叉韧带及关节软骨损伤并经关节镜或手术证实的 46 例患者的病例资料。纳入标准:①有明确膝关节外伤史;②年龄小于 65 岁;③术前行 MRI 检查,且与关节镜手术的间隔时间不超过 2 周、期间膝关节未再次受伤;④既往有膝关节手术及关节镜诊治史。本研究中共纳入 46 例患者,男 32 例,女 14 例,年龄 15~64 岁,平均(34.2±16.5)岁。

2. 影像检查方法

使用 Siemens Avanto 1.5T 磁共振扫描仪和柔性表面线圈。受检者取仰卧位,膝关节保持自然伸直体位。分别行横断面、冠状面及矢状面 2D-FS-TSE-PDWI 和矢状面 3D-FS-TSE-SPACE 序列扫描,扫描参数见表 1。

表 1 两种序列主要扫描参数

参数	2D-FS-TSE-PDWI			3D-TSE-SPACE
	横轴面	矢状面	冠状面	矢状面
TR(ms)	2300	3080	3000	1300
TE(ms)	39	32	39	39
翻转角(°)	150	150	150	160
矩阵	320×240	256×256	320×240	320×275
视野(mm)	160×160	170×170	170×170	170×170
层厚(mm)	3.5	3	3	0.6
层距(mm)	0.7	0.6	0.6	0
带宽(Hz/Pixel)	193	190	193	558
激励次数	2	2	2	1
扫描时间(s)	167	180	152	366

扫描完成后对 3D-FS-TSE-SPACE 序列图像进行矢状面、横轴面及冠状面重建,重建层厚为 1 mm、层距为 0 mm。2 位观察者结合原始薄层图像和多平面重

建图像综合分析 3D-FS-TSE-SPACE 序列图像。

3. 影像资料分析

由 2 位放射诊断副主任医师分别对两个序列的膝关节 MR 图像进行分析,观察交叉韧带的形态及信号特点,评估膝关节前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)及后交叉韧带(posterior cruciate ligament, PCL)的损伤情况;观察膝关节内股骨滑车、髌骨关节面,股骨内侧髁、股骨外侧髁、胫骨内侧平台及胫骨外侧平台共 6 个区域的软骨损伤情况并进行分级。先由两位医师独立完成分析评估,意见不统一时由第 3 位更高年资的主任医师确定最终诊断结果。

膝关节软骨损伤的 MRI 分级标准如下。0 级:关节软骨的形态及信号正常,厚薄均匀;Ⅰ级:关节软骨局部信号异常,但软骨表面光滑、未见缺损;Ⅱ级:关节软骨表面出现缺损,深度不超过软骨全层的 50%;Ⅲ级:关节软骨缺损深度超过软骨全层的 50%但未达全层;Ⅳ级:软骨全层缺损,可伴有软骨下骨质水肿或损伤。同一区域软骨同时存在不同级别损伤时,以最高级别为准。

4. 关节镜手术

46 例患者行膝关节镜手术。术中观察交叉韧带及关节软骨损伤情况。关节镜软骨损伤分级:0 级为正常软骨;Ⅰ级为软骨软化,厚薄不均匀;Ⅱ级为软骨受侵蚀变薄,出现浅表裂隙样溃疡,深度不超过软骨全层的 50%;Ⅲ级为软骨受侵蚀或出现裂隙,深度超过软骨全层的 50%但未达全层,无软骨下骨暴露;Ⅳ级为软骨全层缺失,软骨下骨暴露,可伴有关节腔游离骨软骨碎片。

5. 数据分析

使用 SPSS 20.0 统计分析软件进行数据分析。以膝关节镜的诊断结果作为金标准,计算 2D-FS-TSE-PDWI 和 3D-FS-TSE-SPACE 序列诊断膝关节 ACL 和 PCL 损伤及软骨损伤的敏感度、特异度及诊断符合率。采用随机设计四格表资料卡方检验比较两个序列对膝关节交叉韧带及软骨损伤的诊断价值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

46 例行膝关节镜检查的患者中,关节镜证实为 ACL 损伤 34 例(完全撕裂 26 例,部分撕裂 8 例),PCL 损伤 8 例(完全撕裂 6 例,部分撕裂 2 例)。三维 SPACE 序列及常规二维序列对膝关节交叉韧带损伤的诊断结果见表 2、图 1。

表 2 两个序列对膝关节交叉韧带损伤的诊断效能

指标	2D-FS-TSE-PDWI	3D-TSE-SPACE	P 值
ACL 损伤			
敏感度	94.12%(32/34)	97.06%(33/34)	1.000
特异度	91.67%(11/12)	91.67%(11/12)	1.000
符合率	93.48%(43/46)	95.65%(44/46)	1.000
PCL 损伤			
敏感度	100%(8/8)	100%(8/8)	—
特异度	94.74%(36/38)	97.37%(37/38)	1.000
符合率	95.65%(44/46)	97.83%(45/46)	1.000

随机设计四格表卡方检验显示,两个序列对膝关节交叉韧带损伤的诊断敏感度、特异度及符合率的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

关节镜证实正常关节软骨(0 级)151 处,Ⅰ级 60 处,Ⅱ级 44 处,Ⅲ级 9 处,Ⅳ级 12 处。放射诊断医师基于 2D 和 3D 序列对膝关节软骨损伤的诊断结果见表 3~4、图 2~3。随机设计四格表卡方检验 χ^2 显示,基于 3D-FS-TSE-SPACE 序列诊断膝关节软骨损伤的敏感度、特异度及符合率均高于 2D-FS-TSE-PDWI 序列($P<0.05$)。

讨 论

1. 3D-SPACE 序列的特点

近年来,SPACE 序列作为一种新的 MRI 技术,在颅脑、骨关节、脊柱、腹部、水成像及血管成像等方面均有研究和临床应用^[2-3]。SPACE 序列综合应用了自旋回波、脂肪抑制、梯度回波、薄层扫描及水激励技术,实现了各向同性三维信息的采集。通过一次激发采集若干个回波,获得快速自旋回波的对比度,加之三维采集和无间隔容积成像,能获得高空间分辨率的影像信息;同时,采用可变翻转角的超长回波链采集,优化的可变翻转角模式避免了长回波链导致的模糊效应,从而能获得高信噪比的图像^[4]。SPACE 序列具有高空间分辨率、高信噪比及三维重建图像后处理功能,提高了对细微解剖结构的显示能力。本研究中 3D-TSE-SPACE 序列的扫描时间虽然需 6 分 6 秒,但较常规二维序列进行三个方位扫描的用时(8 分 19 秒)还是要短,做到了在保证图像高分辨率的前提下扫描时间的缩短,提高了检查效率。

2. 3D-SPACE 序列对膝关节韧带损伤的诊断价值

交叉韧带在维持膝关节稳定性方面起到重要作用。运动损伤或外伤是交叉韧带损伤的主要原因,可导致膝关节不稳及功能障碍。ACL 和 PCL 的走行方向及形态不同,常规二维序列很难实现在同一层面上连续完整的显示 ACL 和 PCL,扫描层厚较厚时还因部分容积效应的影响,使得对交叉韧带的损伤及其程度的诊断存在一定困难。本研究中对于交叉韧带部分撕裂,仅有 2 例 SPACE 序列未能准确判断韧带撕裂程度,明显优于常规二维序列(误判 5 例),与文献报道的三维成像技术可提高交叉韧带部分撕裂的诊断符合率的结论一致^[5-6]。本研究中统计学分析结果显示,3D-FS-TSE-SPACE 和 2D-TSE-PDWI 序列对膝关节交叉韧带损伤的诊断结果间差异无统计学意义,分析原因可能是本研究对象为经关节镜检查证实的交叉韧带损伤患者,其交叉韧带损伤程度较未行关节镜而仅做保守治疗的患者严重,大部分为完全撕裂,部分撕裂的病例数较少。

3. 3D-SPACE 序列在膝关节软骨损伤中的价值
膝关节软骨具有分散及缓解关节内压力、减少摩

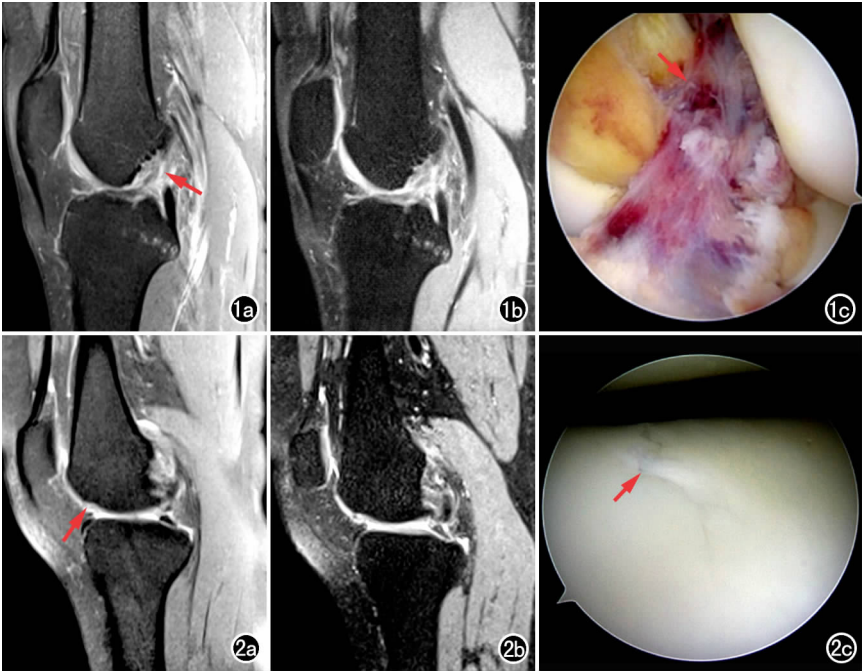


图 1 男,27 岁,右膝关节 ACL 损伤。a) 矢状面 2D-FS-PDWI 序列显示 ACL 的连续性部分中断,局部肿胀、信号增高(箭); b) 3D-FS-SPACE 序列矢状面重建图像,显示 ACL 的连续性部分中断,局部肿胀及信号增高; c) 关节镜下可见 ACL 部分撕裂(箭)。

图 2 男,35 岁,左膝关节股骨滑车关节面软骨损伤。a) 矢状面 2D-FS-PDWI 序列显示关节软骨表面局部缺损(箭),深度未超过软骨全层的 50%; b) 3D-FS-SPACE 序列矢状面原始图像更加清晰地显示了软骨局部缺损的细节,深度未超过软骨全层的 50%; c) 关节镜下显示软骨受侵蚀、局部变薄,可见浅表裂隙样溃疡(箭),深度未超过软骨全层的 50%,为软骨Ⅱ级损伤。

表 3 关节镜及两个序列 MRI 对膝关节软骨损伤的分级结果 (处)

分级	2D-FS-TSE-PDWI					3D-TSE-SPACE				
	0 级	I 级	II 级	III 级	IV 级	0 级	I 级	II 级	III 级	IV 级
0 级 (151)	89	44	18	0	0	109	30	12	0	0
I 级 (60)	21	31	8	0	0	8	41	11	0	0
II 级 (44)	6	15	21	2	0	9	2	31	2	0
III 级 (9)	0	2	0	5	2	0	0	0	6	3
IV 级 (12)	0	2	3	2	5	0	0	0	4	8
合计	116	94	50	9	7	126	73	54	12	11

表 4 两个序列对膝关节软骨损伤的诊断效能

级别	敏感度 (%)				特异度 (%)				符合率 (%)			
	2D	3D	χ^2 值	P 值	2D	3D	χ^2 值	P 值	2D	3D	χ^2 值	P 值
I 级	51.67 (31/60)	68.33(41/60)	3.472	0.062	58.94(89/151)	72.19(109/151)	5.866	0.015	56.87(120/211)	71.09(150/211)	9.254	0.002
II 级	47.72(21/44)	70.45(31/44)	4.701	0.030	58.94(89/151)	72.19(109/151)	5.866	0.015	56.41(110/195)	71.79(140/195)	10.029	0.002
III 级	55.56(5/9)	66.67(6/9)	—	1.000 *	58.94(89/151)	72.19(109/151)	5.866	0.015	58.75(94/160)	71.88(115/160)	6.083	0.014
IV 级	41.67(5/12)	66.67(8/12)	—	0.414 *	58.94(89/151)	72.19(109/151)	5.866	0.015	57.67(94/163)	71.78(117/163)	7.107	0.008
总体	49.60(62/125)	68.80(86/125)	9.539	0.002	58.94(89/151)	72.19(109/151)	5.866	0.015	54.71(151/276)	70.65(195/276)	14.993	0.000

注: * 采用 Fisher 精确检验; 2D 代表 2D-FS-TSE-PDWI 序列; 3D 代表 3D-FS-TSE-SPACE 序列。

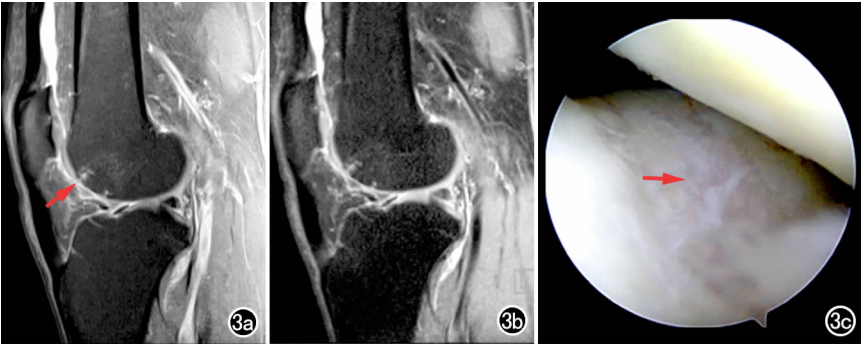


图 3 男,52 岁,右膝关节股骨滑车及髌骨关节面软骨损伤。a) 矢状面 2D-FS-PDWI 序列显示局部关节软骨全层缺损,伴有软骨下骨髓水肿; b) 3D-FS-SPACE 序列矢状面重建图像,更加清晰地显示了软骨缺损及软骨下骨髓水肿; c) 关节镜下可见股骨滑车关节面局部软骨全层缺失、软骨下骨暴露,为软骨 IV 级损伤。

擦及缓冲运动震动的功能,随着年龄的增长,软骨抵抗变形的能力下降而易出现软骨损伤,导致膝关节疼痛及功能受限。MRI 是诊断软骨损伤的最佳影像学方法。对比常规二维序列,3D-SPACE 序列在诊断软骨损伤方面有一定优势^[7]: ①膝关节 SPACE 序列图像上软骨呈中等信号,而关节液表现为高信号,两者间的信号对比良好,使得软骨损伤的深度能清晰显示,提高了对软骨损伤的诊断敏感度。②常规二维序列由于扫描层厚较厚,部分容积效应的影响较明显,从而使得对软骨损伤的分级受到影响,而 SPACE 序列可进行无间隔容积扫描,且采集的信息能达到各向同性,因此能明显降低对软骨损伤的漏诊及误诊。③SPACE 序列采集的图像具有较高的空间分辨率,能更加清晰地显示软骨内的病灶。

本组研究结果显示,SPACE 序列诊断膝关节软骨损伤的敏感度和特异度均高于常规二维序列,差异有统计学意义($P<0.05$)。本研究中 SPACE 序列诊断

关节软骨损伤的特异度较文献报道的结果要高^[8],分析原因可能与以下因素有关:①随着 SPACE 序列的临床应用日益增多,观察者对 SPACE 序列的认识及累积的经验也不断增加,对该序列可能出现的软骨表面损伤假象的甄别能力亦有提高;②本组病例数有限,可能出现统计偏差。

4. 本研究存在的不足

本研究存在以下不足: ①研究对象以关节镜检查证实有膝关节损伤并拟行交叉韧带重建的患者为主,病情多比较严重,因此交叉韧带部分撕裂的轻症患者较少,软骨损伤中 III 级和 IV 级患者的例数少,有可能存在样本

选择偏倚,尚需搜集更多病例来全面评估其诊断价值; ②膝关节镜的判定结果与术者的经验密切相关,细微的软骨损伤在关节镜下仍有可能漏诊,尤其是在合并严重的交叉韧带损伤时有可能术中手术医师对软骨损伤情况的观察不够细致,因此可能影响最终诊断结果的判定。

综上所述,3D-SPACE 序列与常规二维 MRI 序列一样,都是评价膝关节交叉韧带及软骨损伤的可靠的影像学方法。3D-SPACE 序列具有各向同性数据采集、可进行任意方位图像重建的优点,使其在软骨损伤的分级诊断方面较常规二维序列更有优势。

参考文献:

[1] Lim D, Lee YH, Kim S, et al. Clinical value of fat-suppressed 3D volume isotropic spin-echo (VISTA) sequence compared to 2D sequence in evaluating internal structures of the knee [J]. Acta Radiol. 2016, 57(1): 66-73.

[2] Kalia V, Fritz B, Johnson R, et al. Caipirinha accelerated SPACE enables 10min isotropic 3D TSE MRI of the ankle for optimized

visualization of curved and oblique ligaments and tendons[J]. Eur Radiol, 2017, 27(9):3652-3661.

- [3] 王娟,张家雄,周守国. 3D-SPACE 序列在肩关节 MR 造影中评估上孟唇前后撕裂[J]. 放射学实践, 2014, 29(6):687-690.
- [4] 李国斌,张卫军. 三维快速自旋回波成像技术-SPACE[J]. 磁共振成像, 2010, 1(4):295-298.
- [5] Lefevre N, Naouri JF, Bohu Y, et al. Partial tears of the anterior cruciate ligament: diagnostic performance of isotropic three-dimensional fast spin echo (3D-FSE-Cube) MRI[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24(1):85-91.
- [6] 赵晓梅,黄耀渠,伍琼慧,等. 2D 与 3D MR 快速自旋回波序列对

膝关节交叉韧带及半月板损伤的诊断价值比较[J]. 放射学实践, 2017, 32(1):73-78.

- [7] Chen CA, Kijowski R, Shapiro LM, et al. Cartilage morphology at 3.0T: assessment of three-dimensional magnetic resonance imaging techniques[J]. J Magn Reson Imaging, 2010, 32(1):173-183.
- [8] Kijowski R, Davis KW, Woods MA, et al. Knee joint: comprehensive assessment with 3D isotropic resolution fast spin-echo MR imaging: diagnostic performance compared with that of conventional MR imaging at 3.0T[J]. Radiology, 2009, 252(2):486-495.

(收稿日期:2018-01-02)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

2015 年 6 月,《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999 年之后的第 4 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



期待您的加入!