

3D MERGE 与 3D SPACE STIR 序列在腰椎间盘突出症检查中的应用比较

李兰¹, 殷小丹², 李旭雪¹, 吴海燕¹, 张滔¹

1. 四川省骨科医院医学影像科, 四川 成都 610041; 2. 成都市成华区中医医院放射科, 四川 成都 610051

【摘要】目的:对比三维多回波恢复梯度回波(3D MERGE)、三维可变反转角快速自旋回波(3D SPACE STIR)序列在腰椎间盘突出症(LDH)检查中的应用效果。**方法:**选择2020年1月~2022年11月收治的135例LDH患者,回顾性分析患者临床和磁共振成像(MRI)资料,所有患者均接受常规MRI扫描及3D MERGE、3D SPACE STIR序列扫描,对比3D MERGE、3D SPACE STIR序列测量神经根直径的一致性,评价两种序列的图像质量参数[信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)]、图像清晰度评分。**结果:**3D MERGE和3D SPACE STIR序列测量的L3~S1神经根直径比较差异无统计学意义($P>0.05$),且两组序列测量的L3、L4、L5和S1直径均显示出较高相关性($r=0.957, 0.986, 0.975, 0.972, P<0.05$);3D MERGE序列的SNR及CNR均高于3D SPACE STIR序列,神经根显示分级、图像清晰度评分优于3D SPACE STIR序列,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**3D MERGE、3D SPACE STIR序列在LDH神经根直径测量中具有极高一致性,3D MERGE序列较3D SPACE STIR序列能够更清晰显示神经根的解剖形态,图像质量更好。

【关键词】腰椎间盘突出症;3D MERGE;3D SPACE STIR;神经根直径;图像质量

【中图分类号】R445.2;R681.5

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2024)01-0027-05

Application of 3D MERGE sequence versus 3D SPACE STIR sequence in the examination of lumbar disc herniation

LI Lan¹, YIN Xiaodan², LI Xuxue¹, WU Haiyan¹, ZHANG Tao¹

1. Department of Medical Imaging, Sichuan Province Orthopedic Hospital, Chengdu 610041, China; 2. Department of Radiology, Chenghua District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610051, China

Abstract: Objective To compare the performances of 3D MERGE sequence and 3D SPACE STIR sequence in detecting lumbar disc herniation (LDH). **Methods** The clinical data and MRI data of 135 LDH patients admitted between January 2020 and November 2022 were analyzed retrospectively. All patients were examined using conventional MRI, 3D MERGE sequence and 3D SPACE STIR sequence. The consistency of 3D MERGE sequence and 3D SPACE STIR sequence in measuring the diameter of nerve root was analyzed, and the image quality parameters [signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR)] and image definition score of the two sequences were evaluated. **Results** There were no statistically significant differences in L3-S1 nerve root diameters measured by 3D MERGE sequence and 3D SPACE STIR sequence ($P>0.05$), and the diameters of L3, L4, L5 and S1 measured by the two sequences showed high correlations ($r=0.957, 0.986, 0.975, 0.972, P<0.05$). Compared with 3D SPACE STIR sequence, 3D MERGE sequence had higher SNR and CNR, scored better on image definition, and displayed nerve root more clearly ($P<0.05$). **Conclusion** 3D MERGE sequence and 3D SPACE STIR sequence have high consistency in the measurement of LDH nerve root diameter. 3D MERGE sequence can display the anatomical morphology of nerve root more clearly as compared with 3D SPACE STIR sequence, and the former one has higher image quality.

Keywords: lumbar disc herniation; 3D MERGE; 3D SPACE STIR; nerve root diameter; image quality

前言

腰椎间盘突出症(Lumbar Disc Herniation, LDH)是因腰椎间盘退行性病变或各部分组织髓核出现损伤导致相邻神经组织受压,进而引起下腰及腰腿疼的常见骨病,多数患者经保守治疗即可缓解症状或

【收稿日期】2023-07-12

【基金项目】四川省中医药管理局科研课题(2020LC0174)

【作者简介】李兰,技师,研究方向:骨肌影像技术探查诊断, E-mail: topsking8728@163.com

治愈,但仍存在少部分患者经保守治疗无效而需行手术治疗^[1-2]。为判定神经根受压情况及合理选择治疗方式,医师需了解患者的腰骶神经根形态及其与周围组织的解剖关系。目前临床主要通过影像学方法显示神经根,但X线平片、电子计算机断层扫描、椎管造影等常见方法无法全程显示神经根及其受压后的细微改变^[3-4]。磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)技术中常规扫描即可较好显示腰椎及脊髓,但难以完整、清晰显示腰骶丛神经根^[5]。随着近年来MRI硬件及软件的不断更新改进,临床研究显示通过三维多回波恢复梯度回波(3 Dimensional Multiple Echo Recalled Gradient Echo, 3D MERGE)序列、三维可变反转角快速自旋回波(3 Dimensional Sampling Perfection With Application Optimized Contrast Using Different Flip Angle Evolution, 3D SPACE STIR)序列可清晰显示血管、臂丛神经及腰骶丛神经根等解剖信息,但缺乏对比二者在腰骶丛神经根成像方面的报道^[6-9]。基于此,本研究对比3D MERGE、3D SPACE STIR序列在LDH患者神经根直径测量中的应用及图像质量差异,为临床筛选优质序列提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2020年1月~2022年11月四川省骨科医院、成都市成华区中医医院收治的135例LDH患者临床及MRI资料。其中,男74例,女61例;年龄28~70岁,平均 (56.28 ± 9.84) 岁;病程1~7年,平均 (3.49 ± 1.26) 年;病变节段,L3-4有18例,L4-5有69例,L5-S1有48例;所有患者均为单椎间隙患者,Pfirrmann分级标准:I级0例、II级32例、III级41例、IV级62例、V级0例。

诊断标准:参照《腰椎间盘突出症诊疗指南》^[10]内容,患者存在腰痛、神经根性疼痛、下肢麻木无力等症状,经CT或MRI检查可见髓核、纤维环或终板组织超越相邻椎体边缘造成的椎间盘局部外形异常。纳入标准:①确诊为LDH;②年龄 ≥ 18 岁;③经6个月保守治疗无效或治疗期间症状加重;④病变节段已接受手术治疗,且均为初次手术治疗;⑤术前接受MRI常规扫描及3D MERGE、3D SPACE STIR序列扫描;⑥临床及MRI资料完整。排除标准:①多节段LDH或腰椎椎管狭窄;②腰椎畸形、腰椎不稳;③合并严重骨质疏松、骨软化症等骨病;④椎间盘源性腰疼或椎体终板炎腰疼。

1.2 方法

1.2.1 MRI检查

检查仪器为GE SIGNA Architect

3.0T、SIGNA Explorer 1.5T MR成像仪,脊柱线圈。检查时患者取仰卧位,保持平静呼吸,头先进,取胸12椎体上缘至盆腔下缘范围扫描,序列及参数如下:(1) T_1 WI:重复时间803 ms,回波时间8.5 ms,矩阵 320×192 ,层厚4.0 mm,层间距0.5 mm,层数11,激励次数2;(2)矢状位 T_2 WI:重复时间2 566 ms,回波时间121 ms,矩阵 352×256 ,层厚3.5 mm,层间距0.5 mm,层数11,激励次数2;(3)轴位 T_2 WI:重复时间4 837 ms,回波时间120 ms,矩阵 320×224 ,层厚3.5 mm,层间距0.5 mm,层数23,激励次数2;(4)冠状位3D-MERGE:重复时间30 ms,回波时间12 ms,矩阵 256×256 ,层数96,层厚2 mm,层间距1 mm,激励次数0.70,翻转角 5° ,梯度回波采集5个,图像层数76,采集时间278 s;(5)冠状位 T_2 3D SPACE STIR:重复时间6 000 ms,回波时间47 ms,反转时间180 ms,矩阵 320×224 ,层厚1.8 mm,图像层数32,激励次数1.5,扫描时间692 s。

1.2.2 图像处理 MRI检查获得的3D MERGE序列和3D SPACE STIR序列原始图像均导入GE ADW4.6工作站进行图像分析处理(图1),对图像进行10 mm厚度最大信号投影重建和曲面重建处理,显示腰骶丛神经及其分支,于重建好的最大信号投影重建图像上测量L3至S1神经根直径、信噪比(Signal To Noise Ratio, SNR)、对比噪声比(Contrast to Noise Ratio, CNR)^[11],神经根测量以L4-L5为例,于重建好的最大信号投影重建图像上,定位L4-L5椎间盘中心,椎体上下缘作水平平行线并双向延长至与双侧L4神经内侧缘相交,以交点为起点,终点取神经走行方向的直线至L4-L5神经外侧缘垂直线为终点,起点-终点距离即L4神经直径,分别由两位医师重复测量3次,取两者平均值。

1.2.3 神经根显示分级和图像清晰度 由两位年资 ≥ 10 年的影像医师评估3D MERGE序列和3D SPACE STIR序列对腰骶丛神经解剖的显示程度和完整性^[12]:1级,可清晰显示神经各部分,神经节前、节后部分边缘锐利;2级,神经各部分边缘模糊或形态扭曲,但结构可辨认;3级,神经显示不良,难以辨认。图像清晰度采用4等级评分标准评估^[13]:0分,无法观察神经;1级,可观察到部分神经,但受周围组织干扰大;2分,中等程度显示神经解剖,受周围组织干扰小,不影响观察;3分,充分、清楚、完整显示神经根与周围组织关系。

1.3 统计学方法

采用统计学软件SPSS22.0分析数据,服从或近似服从正态分布的计量资料用均数 \pm 标准差表示,采用配对 t 检验;等级分类资料描述为例(n)或百分比(%)形式,采用秩和检验。采用组内相关系数(ICC)

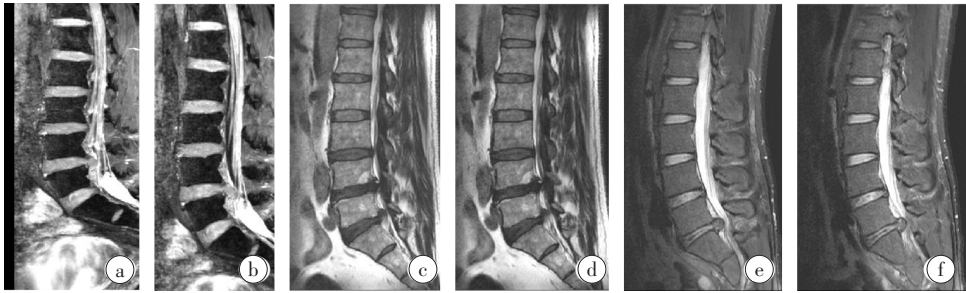


图1 3D MERGE序列和3D SPACE STIR序列神经根显示情况

Figure 1 Display of nerve roots in 3D MERGE sequence and 3D SPACE STIR sequence

图a、b:3D MERGE序列显示L4-5椎体终板毛糙,可见小片状压脂稍高信号影;L4-5椎间盘向左后下方脱出,硬膜囊受压,L5、S1左侧神经根明显受压,相应椎间孔变窄。图c、d:3D MERGE序列显示L4-5-S1椎体相对终板毛糙,L5/S1椎间盘向左后下方脱垂,左侧神经根明显受压,左侧椎间孔及侧隐窝变窄;L4-5椎间盘向后上方脱出,相应椎管狭窄,马尾神经受压冗余。图e、f:3D SPACE STIR序列显示腰椎曲度变浅,部分椎缘骨质稍增生;L4-5椎间盘膨出,硬膜囊略受压;L5/S1椎间盘向右后方突出,硬膜囊及右侧神经根似受压

检验评估观察者间各数据结果的一致性,ICC>0.75为一致性好,0.5≤ICC≤0.75为一致性一般,ICC<0.5为一致性差;采用Pearson进行相关性分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 神经根直径测量结果对比

一致性检验结果显示,对于神经根直径测量结果,观察者内ICC值为0.80~0.94,观察者间ICC值为0.79~0.93,一致性好。3D MERGE和3D SPACE STIR序列测量的L3~S1神经根直径比较差异无统计学意义($P>0.05$),两组序列测量的L3、L4、L5和S1直径均显示出较高相关性(r 分别为0.957、0.986、0.975、0.972, $P<0.05$),见表1。

表1 神经根直径测量结果对比(mm, $\bar{x}\pm s$)
Table 1 Comparison of nerve root diameter measurements (mm, $Mean\pm SD$)

扫描序列	<i>n</i>	L3	L4	L5	S1
3D MERGE	135	4.81±0.92	5.08±1.02	5.23±1.09	5.48±1.24
3D SPACE STIR	135	4.72±0.87	5.27±1.12	5.36±1.14	5.54±1.36
<i>t</i> 值		0.826	1.457	0.958	0.379
<i>P</i> 值		0.410	0.146	0.339	0.705

2.2 图像质量对比

一致性检验结果显示,对于SNR、CNR结果,观察者内ICC值为0.84~0.96,观察者间ICC值为0.81~0.94,一致性好。3D MERGE序列的SNR及CNR均高于3D SPACE STIR序列,差异有统计学意义($P<0.05$),见表2。

表2 图像质量对比(dB, $\bar{x}\pm s$)
Table 2 Comparison of image quality (dB, $Mean\pm SD$)

扫描序列	<i>n</i>	SNR	CNR
3D MERGE	135	112.26±14.47	72.84±11.98
3D SPACE STIR	135	92.73±16.26	55.41±15.32
<i>t</i> 值		11.965	10.413
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001

2.3 神经根显示分级和图像清晰度评分对比

一致性检验结果显示,对于神经根显示分级和图像清晰度评分结果,观察者内ICC值为0.76~0.88,观察者间ICC值为0.75~0.84,一致性好。3D MERGE序列的神经根显示分级、图像清晰度评分优于3D SPACE STIR序列,差异有统计学意义($P<0.05$),见表3。

3 讨论

腰骶丛是支配下肢及其信息传导的重要神经通路,位置深,走行迂曲,在不同椎间盘平面上具有不同的前突角度,解剖复杂,神经根周围包裹有大量的动静脉和淋巴组织结构,与周围的神经很难形成对比,难以直接观察及诊断其病变^[14]。MRI腰骶丛成

表3 神经根显示分级和图像清晰度评分对比[例(%)]
Table 3 Comparison of nerve root display grading and image definition score [cases (%)]

扫描序列	n	神经根显示分级			图像清晰度评分			
		1级	2级	3级	0分	1分	2分	3分
3D MERGE	135	82(60.74)	43(31.85)	10(7.41)	0(0.00)	2(1.48)	15(11.11)	118(87.41)
3D SPACE STIR	135	61(45.19)	57(42.22)	17(12.59)	0(0.00)	6(4.44)	27(20.00)	102(75.56)
Z值		6.818			6.434			
P值		0.009			0.011			

像在直接观察腰骶神经病变中具有重要的临床价值,但常规扫描获得的图像在显示神经根时往往会受到周围组织的干扰,难以清晰显示神经细微结构和走行,仍需选择其他优质序列进行扫描^[15]。

3D MERGE序列由GE公司开发,其在一次小角度射频脉冲激发后,可在数个回波时间内多次、重复采集单个回波的梯度回波,相较于常规序列采集速度更快,信噪比、空间分辨力更强,并减少磁敏感伪影,可获得准确的图像信息^[16]。Tomasi等^[17]研究显示,3D MERGE序列可清晰显示大脑皮层解剖结构,帮助临床医师了解患者颅内神经病变情况,可为神经外科手术方案的制定提供有效的参考信息。李冲等^[18]研究也表明,3D MERGE序列能够清晰显示慢性进行性皮质脱髓鞘脑病患者腰骶丛神经形态用于疾病诊断。3D SPACE STIR序列为重T₂脂肪抑制序列,其利用小角度非选择性回聚脉冲可实现零间隔扫描,获得连续性、高分辨率的各向同性三维容积数据,可对血管和神经从任意方向进行重建观察,也是神经成像技术中一个较新的序列^[19]。Zhang等^[20]报道指出,3D SPACE STIR序列具有均匀、稳定的脂肪抑制和血管抑制效果,相较于常规序列可有效增加腰骶丛及其小分支的可视化效果,为腰骶病变患者的治疗决策提供指导。上述研究均表明3D MERGE序列、3D SPACE STIR序列在神经成像显示方面均具有优势,但二者在LDH腰骶丛神经显示方面的效果差异情况尚无定论。本研究比较3D MERGE、3D SPACE STIR序列在LDH患者腰椎成像中的差异发现,二者测量所得L3-S1神经根直径无明显差异,且二者所测直径具有较高相关性,表明两种序列均可准确测量LDH患者神经根直径。孔峥等^[21]研究显示,MRI中不同的3D扫描序列在测量腰椎病变患者神经根直径方面具有较高一致性,与本研究结果类似。针对图像质量方面,本研究结果显示,3D MERGE、3D SPACE STIR序列中,3D MERGE序列的SNR及CNR更高,神经根显示分级和图像清晰度

评分更好,表明在LDH患者腰骶丛神经成像中,3D MERGE序列较3D SPACE STIR序列的图像质量更高,可更清晰直观显示腰骶丛神经解剖结构及病变情况。3D MERGE序列扫描对采集的多个梯度回波使用相同相位编码进行多次编码并平均,回波均填充于K空间的同一相位编码线上,可提高图像SNR,增加神经显示率,更清晰地显示神经解剖结构^[22-23]。而国内外均有研究表明,3D SPACE STIR序列虽可有效抑制脂肪、血管信号,降低T₂衰减效应,减轻磁敏感伪影,但其血管信号抑制效果不如3D MERGE序列,且易受到周围肌肉、淋巴结等组织的干扰,会使神经根与周围组织对比度降低,影响成像质量,这也可能是本研究中3D SPACE STIR序列图像质量不如3D MERGE序列的原因^[24-25]。此外,3D MERGE序列扫描时间为5 min内,而3D SPACE STIR序列扫描时间超过10 min,针对存在腰部疼痛的LDH患者,显然用时短的序列更能避免减轻患者长时间制动的不适,提高检查效率。

综上所述,在LDH患者MRI检查中,3D MERGE、3D SPACE STIR序列均可准确测量神经根直径,而3D MERGE序列具有更高SNR,图像质量更好。但本研究为单中心回顾性分析,研究结论存在其局限性,有待改进。

【参考文献】

[1] 廖雪英,杜娟,曾兴玲,等. 椎间孔镜手术治疗腰椎间盘突出症疗效及对患者炎性因子的影响[J]. 西部医学, 2021, 33(11): 1679-1682.
Liao XY, Du J, Zeng XL, et al. Efficacy of intervertebral foraminal endoscopic surgery in the treatment of lumbar disc herniation and its influence on inflammatory factors[J]. Medical Journal of West China, 2021, 33(11): 1679-1682.

[2] Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications[J]. Pain Physician, 2020, 23(1): 49-56.

[3] Yin G, Wang C, Liu SQ. Comparative analysis of the therapeutic efficiency and radiographic measurement between the transforaminal approach and interlaminar approach in percutaneous endoscopic discectomy[J]. Turk Neurosurg, 2021, 31(6): 857-865.

[4] Jiang Y, Zuo R, Yuan S, et al. Prognosis evaluation of MRI combined with magnetic resonance myelography on lumbar disc herniation after transforaminal endoscopic discectomy[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 2895575.

- [5] 孙兵, 郭恒, 王乐凯, 等. 以完全性囊变为表现的椎管内神经鞘瘤1例[J]. 成都医学院学报, 2022, 17(4): 542-544.
Sun B, Guo H, Wang LK, et al. Spinal schwannoma presenting as complete cystic change: a case report[J]. Journal of Chengdu Medical College, 2022, 17(4): 542-544.
- [6] Li B, Li H, Dong L. Quantitative comparisons between relaxation enhanced compressed sensing 3D MERGE and conventional 3D MERGE for vessel wall imaging in equal scan time: preliminary studies[J]. Sci China Life Sci, 2019, 62(12): 1683-1691.
- [7] Cao X, Tang Y, Pan L, et al. Assessment of carotid atherosclerotic plaque using 3D motion-sensitized driven-equilibrium prepared rapid gradient echo: a comparative study[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(6): 2744-2755.
- [8] Lao Q, Jia Y, Zhao K, et al. Value of high-resolution MRI in the diagnosis of brachial plexus injury in infants and young children[J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 5673-5680.
- [9] 李强, 赵红金, 宋绪荣, 等. 3.0T MR 三维成像序列在腰骶神经根成像上的应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(8): 740-743.
Li Q, Zhao HJ, Song XR, et al. Application of 3.0T MR 3D imaging sequence for displaying lumbosacral nerve root[J]. Orthopedic Journal of China, 2019, 27(8): 740-743.
- [10] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组, 中华医学会骨科学分会骨科康复学组. 腰椎间盘突出症诊疗指南[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 477-487.
Chinese Orthopaedic Association of Spinal Surgery Group, Chinese Orthopaedic Association of Orthopaedic Rehabilitation Group. Clinical practice guideline for diagnosis and treatment of lumbar disc herniation[J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2020, 40(8): 477-487.
- [11] Bratke G, Rau R, Kabbasch C, et al. Speeding up the clinical routine: compressed sensing for 2D imaging of lumbar spine disc herniation[J]. Eur J Radiol, 2021, 140: 109738.
- [12] Nordberg CL, Boesen M, Fournier GL, et al. Positional changes in lumbar disc herniation during standing or lumbar extension: a cross-sectional weight-bearing MRI study[J]. Eur Radiol, 2021, 31(2): 804-812.
- [13] 张佳文, 黄斯灵, 刘扬, 等. 磁共振三维成像3D-SPACE-STIR、3D-SPACE-T₂WI序列及图像融合技术对复杂性肛瘘的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(3): 501-505.
Zhang JW, Huang SL, Liu Y, et al. The diagnostic value of MR 3D-SPACE-STIR, 3D-SPACE-T₂WI sequence and image fusion T₁-1 technology in complex anal fistula[J]. Journal of Clinical Radiology, 2020, 39(3): 501-505.
- [14] Berra LV, Di Rita A, Longhitano F, et al. Far lateral lumbar disc herniation part I: imaging, neurophysiology and clinical features[J]. World J Orthop, 2021, 12(12): 961-969.
- [15] 罗维斯, 董斐然, 刘志方. MR 3D-FIESTA 序列对腰椎间盘突出症腰骶神经根受压程度的评估价值[J]. 海南医学, 2022, 33(14): 1835-1838.
Luo WS, Dong FR, Liu ZF. Application value of MR 3D-FIESTA sequence in evaluating the compression degree of lumbosacral nerve root in lumbar disc herniation[J]. Hainan Medical Journal, 2022, 33(14): 1835-1838.
- [16] Zhang J, Ding S, Zhao H, et al. Evaluation of chronic carotid artery occlusion by non-contrast 3D-MERGE MR vessel wall imaging: comparison with 3D-TOF-MRA, contrast-enhanced MRA, and DSA[J]. Eur Radio, 2020, 30(11): 5805-5814.
- [17] Tomasi SO, Umana GE, Scalia G, et al. Importance of veins for neurosurgery as landmarks against brain shifting phenomenon: an anatomical and 3D-MPRAGE MR reconstruction of superficial cortical veins[J]. Front Neuroanat, 2020, 14: 596167.
- [18] 李冲, 杨杨, 朱恂, 等. 腰骶丛MRI形态学成像在诊断CIDP患者中的价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2017, 23(6): 549-552.
Li C, Yang Y, Zhu X, et al. Diagnostic value of magnetic resonance imaging in lumbosacral plexus of CIDP patients [J]. Chinese Computed Medical Imaging, 2017, 23(6): 549-552.
- [19] 毛丽娟, 何绍富, 王朝阳, 等. 对比增强3D STIR SPACE序列对子宫内膜异位症患者骶丛神经异常的显示[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2021, 42(1): 66-72.
Mao LJ, He SF, Wang CY, et al. Contrast enhanced 3D STIR SPACE sequence in displaying sacral nerve plexus abnormalities in pelvic endometriosis[J]. Journal of Sun Yat-sen University (Medical Science Edition), 2021, 42(1): 66-72.
- [20] Zhang Y, Kong X, Zhao Q, et al. Enhanced MR neurography of the lumbosacral plexus with robust vascular suppression and improved delineation of its small branches[J]. Eur J Radiol, 2020, 129: 109128.
- [21] 孔峥, 孔超, 鲁世保, 等. 3D MEDIC和3D SPACE磁共振神经成像在腰骶丛神经根的一致性对比研究[J]. 首都医科大学学报, 2021, 42(1): 131-137.
Kong Z, Kong C, Lu SB, et al. A comparative study on the consistency of 3D MEDIC and 3D SPACE magnetic resonance neurography imaging in lumbosacral plexus nerve roots[J]. Journal of Capital Medical University, 2021, 42(1): 131-137.
- [22] Higashihira S, Kobayashi N, Oishi T, et al. Comparison between 3-dimensional multiple-echo recombined gradient echo magnetic resonance imaging and arthroscopic findings for the evaluation of acetabular labrum tear[J]. Arthroscopy, 2019, 35(10): 2857-2865.
- [23] 黄国飏, 郑颖, 范先毅, 等. CS-3D MERGE技术评估急性脑梗死及颈动脉粥样硬化的价值观察[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(3): 540-544.
Huang GB, Zheng Y, Fan XY, et al. The value observation of acute cerebral infarction and carotid atherosclerosis by CS-3D MERGE technique assessment[J]. Imaging Science and Photochemistry, 2022, 40(3): 540-544.
- [24] Kinger NP, Chien LC, Sharma PS, et al. Comparison of 3D constructive interference in steady state (CISS) and T₂ sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolution MR imaging of the intracranial trigeminal nerve and central skull base neuroforamina[J]. Neuroradiol J, 2022, 35(6): 678-683.
- [25] 赵凌云, 刘琴, 谈晓飞, 等. 优化MRI重T₂ 3D-SPACE-STIR序列在臂丛神经扫描中的临床应用价值[J]. 放射学实践, 2019, 34(5): 560-564.
Zhao LY, Liu Q, Tan XF, et al. Feasibility study of optimized heavy T₂ 3D-SPACE-STIR MRI sequence in brachial plexus scanning [J]. Radiologic Practice, 2019, 34(5): 560-564.

(编辑:陈丽霞)