

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

赵凌云,刘琴,谈晓飞,刘栋

【摘要】 目的:探讨优化MRI重T₂ 3D-SPACE-STIR序列在臂丛神经显示方面的可行性及临床应用价值。方法:回顾性分析行磁共振臂丛神经扫描的50例患者的临床及影像资料,所有患者均行常规臂丛神经平扫(方法A)、增强扫描(方法B)及优化MRI重T₂ 3D-SPACE-STIR序列(方法C)扫描。比较三种成像方法的图像质量、图像背景抑制、信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)和臂丛神经锁骨上、下段的显示率,并进行统计学分析。结果:三种成像方法的图像质量评分分别为 3.51 ± 0.42 、 3.76 ± 0.47 、 3.75 ± 0.43 ,方法B和C明显优于方法A,差异有统计学意义(方法A与C比较 $P=0.024$,方法A与B比较 $P=0.043$),但B与C之间差异无统计学意义。方法B的背景抑制效果最佳,三种成像方法两两之间差异均有统计学意义(方法A与B比较 $P=0.000$,方法A与C比较 $P=0.024$,方法B与C比较 $P=0.010$)。方法A与C之间的SNR和CNR差异均有统计学意义(P 值均 $=0.000$)。三种成像方法对锁骨上段的显示率分别为66.0%、88.0%、84.0%,方法A与C之间差异有统计学意义($P=0.035$),方法B与C之间差异无统计学意义($P=0.727$);三种成像方法对锁骨下段的显示率分别为52.0%、80.0%、74.0%,方法A与C之间差异有统计学意义($P=0.027$),方法B与C之间差异无统计学意义($P=0.607$)。结论:优化MRI重T₂ 3D-SPACE-STIR序列与常规增强扫描在臂丛神经的显示上无明显差异,且均优于常规臂丛神经平扫。优化MRI重T₂ 3D-SPACE-STIR序列不需要注射对比剂,对不适合使用对比剂的患者具有较高的临床应用价值。

【关键词】 3D-SPACE-STIR序列;磁共振成像;磁共振增强扫描;臂丛神经;图像质量

【中图分类号】 R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)05-0560-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.05.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Feasibility study of optimized heavy T₂ 3D-SPACE-STIR MRI sequence in brachial plexus scanning

ZHAO Ling-yun, LIU Qin, TAN Xiao-fei, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective: To investigate the feasibility and clinical application of optimized heavy T₂ 3D-SPACE-STIR MRI sequence in display of brachial plexus. **Methods:** The clinical data from January 2016 to June 2017 for MRI brachial plexus scan of 50 patients were retrospectively analyzed. All patients underwent conventional brachial plexus plain scan (hereinafter referred to as method A), enhancement scan on the basis of conventional plain scan (hereinafter referred to as method B) and heavy T₂ 3D-SPACE-STIR sequence scan (hereinafter referred to as method C). The image quality scores, image background suppression, the neural signal-to-noise ratio (SNR) and the contrast-to-noise ratio (CNR) of three different scanning methods were compared. The display rate of upper and lower clavicular segments of the brachial plexus nerve also were compared. **Results:** The image quality scores of three methods were 3.51 ± 0.42 , 3.76 ± 0.47 and 3.75 ± 0.43 , respectively. The image quality scores of method B and C were significantly better than that of method A (method A vs. C $P=0.024$, method A vs. B $P=0.043$), while there was no significant difference between method B and C. The background inhibition effect of method B was the best, and there was significant difference between the three methods (method A vs. B $P=0.000$, method A vs. C $P=0.024$, method B vs. C $P=0.010$).

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介:赵凌云(1985-),男,山西人,硕士,主治医师,主要从事中枢神经系统疾病影像诊断、放射介入诊断及治疗工作。

通讯作者:刘栋, E-mail: liudongshole@163.com

SNR and CNR measurement levels were significantly different between method A and C ($P=0.000$). The display rates of the upper clavicle were 66.0%, 88.0%, and 84.0%, respectively, with significant difference between method A and C ($P=0.035$) and no significant difference between method B and C ($P=0.727$). The display rate of the lower clavicle was 52.0%, 80.0%, 74.0%, respectively, with significant difference between method A and C ($P=0.027$) and no significant difference between method B and C ($P=0.607$). **Conclusion:** There is no significant difference in display of brachial plexus between optimized heavy T₂ 3D-SPACE-STIR sequence and conventional enhancement scan, and they are both superior to conventional brachial plexus scan. The optimized heavy T₂ 3D-SPACE-STIR MRI sequence does not require the injection of contrast agent, which can expand the scope of application, especially for patients who are not suitable for contrast enhancement.

【Key words】 3D-SPACE-STIR sequence; Magnetic resonance imaging; Magnetic resonance enhanced scan; Brachial plexus; Image quality

臂丛神经由第5至第8对颈神经的前支与第1胸神经前支的大部分纤维所交织汇集而形成,解剖结构极其复杂,且神经丛的走行曲折,相毗邻结构重要,因此临床检查非常棘手^[1]。临床上针对疑似臂丛神经损伤患者, MRI成为首选检查方法^[2,3]。目前,三维短时反转恢复快速自旋回波成像(three-dimensional sampling perfection optimized contrasts by using different flip angle evolution, 3D-SPACE-STIR)平扫及增强序列是臂丛神经成像的常用方法^[4],但平扫图像对比度往往会受到神经周围伴行呈高信号的静脉和淋巴结的影响;3D-SPACE-STIR增强扫描可提高神经与周围组织的对比,但需要注射对比剂,对于肾功能不良或其他不适合使用对比剂的患者不适用。本研究旨在探讨仅通过优化3D-SPACE-STIR扫描参数,不使用对比剂进行臂丛神经成像,从而扩大臂丛神经MRI的适用范围,并与常规3D-SPACE-STIR增强扫描图像质量进行对比。

材料与方 法

1. 病例资料

搜集2016年1月~2017年6月间因背部疼痛、肿瘤、外伤而导致存在不同程度上肢运动或感觉障碍,临床疑诊臂丛神经损伤在我院接受磁共振臂丛神经检查的50例患者,其中男33例,女17例,年龄23~69岁,平均(47.42±13.42)岁。7例患者肩部肿块致上肢活动受限,19例肩部外伤,24例颈肩部疼痛。病例纳入标准:①所有患者均经临床诊断为臂丛神经受损;②所有患者检查前均进行肾功能检查且结果正常;③所有患者均被告知并签署知情同意书。病例排除标准:①严重心、肝、肾疾病者;②严重精神系统疾病无法正常沟通交流者;③存在磁共振检查禁忌证或检查过程不配合者;④自愿放弃或拒绝研究者。

2. 检查方法

所有患者均在检查前接受MRI相关检查的知识宣教,进行平静均匀呼吸训练,并完善相关检查,最后确定检查日期。所有患者均使用MR Skyra 3.0 T磁共振扫描仪(西门子,德国)行MRI检查,配套提供颈部线圈、脊柱线圈及体部线圈。嘱患者取常规仰卧位、头先进体位,并在上肢背侧以海绵软垫(或沙袋)进行适当填塞以确保上肢和颈椎保持与躯体冠状面相平行的平直姿态,同时尽量保证上肢与躯体紧贴;固定头部后要求患者保持均匀呼吸,提醒患者在检查时尽量维持体位不动并暂停吞咽动作。对患者进行颈胸段冠状面扫描,以C₆为中心,扫描范围为椎体前缘至椎管后缘,所有患者均行常规臂丛神经平扫(以下简称方法A)、增强扫描(以下简称方法B)及优化MRI重T₂ 3D-SPACE-STIR序列扫描(以下简称方法C)。方法A扫描参数:TR 3400 ms, TE 220 ms, 回波链长度136, 层厚1.0 mm, 层间距0, 层数60~80层, 采用短TI时间反转恢复抑脂技术, TI 220 ms, 视野400 mm×384 mm, 矩阵400×384, 激励次数1.8, SPACE并行采集方式为GRAPPA, 并行采集因子2。增强扫描经肘静脉注射对比剂钆贝葡胺, 剂量0.15 mmol/kg, 流率控制在2.0 mL/s, 待注射完毕后保持方法A的扫描参数不变延迟3 min后扫描。方法C扫描参数:TR 6000 ms, TE 307 ms, 回波链长度为160, TI 240 ms, 并联合频率选择脂肪抑制技术(即SPAIR技术), 增加绝热脉冲, 施加局部匀场, 其他扫描参数同方法A。

3. 图像后处理

待扫描结束后,将扫描所得的原始数据上传至Syngo VE40B数据处理工作站,并利用3D Viewer进行图像观察及测量相关参数,使用3D Viewer对图像进行最大强度投影(maximum intensity projection, MIP)和多平面重组(multiplanar reformation, MPR)等后处理,其中MIP层厚为15 mm,层间距为2 mm。将重组后的图像传至PACS工作站。

4. 图像评价

对三种不同方法下所获取的臂丛神经图像进行质量评价,邀请2位专门从事中枢神经系统诊断工作的医师依据格氏解剖学图谱对图像中臂丛神经根、干、股、束、支的显示情况进行单独评价:①仅显示神经根,边缘清晰计为1.0分,边缘模糊计为0.5分;②能显示神经根和神经干,边缘清晰计为2.0分,边缘模糊计为1.0分;③神经根、干、股均可显示,边缘清晰计为3.0分,边缘模糊计为1.5分;④神经根、干、股、束均可显示,边缘清晰计为4.0分,边缘模糊计为2.0分;⑤神经根、干、股、束、支均可显示,边缘清晰计为5.0分,边缘模糊计为2.5分^[5]。

图像背景抑制情况评价采用4等级评分标准进行评分:I为非常好,干扰背景(如淋巴结、小血管、骨髓等)同周围脂肪信号相比为等或低信号;II为好,干扰背景同周围脂肪信号相比为稍高信号;III为差,干扰背景同周围脂肪信号相比为高信号;IV为非常差,干扰背景同周围脂肪信号相比为极高信号^[6]。

上述所有诊断结果中若2位医师出现意见不一致时,可通过协商统一意见,并对两种结果取平均值为最终结果。

图像中C₆和C₇神经干信噪比(signal to noise ratio, SNR)和对比噪声比(signal to noise ratio, CNR)的测量:SNR=SI_{神经}/SD_{背景};CNR=(SI_{神经}-SI_{软组织})/SD_{背景}。其中SI为信号强度,在冠状面选出最清晰的臂丛神经,在最大程度避开血管和淋巴的前提下,测量臂丛神经神经干及毗邻肌肉组织的信号强度,SD为背景信号强度的标准差^[7],在相位编码方向扫描野内选3个ROI信号强度的平均值表示背景随机噪声。

5. 统计学分析

采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。三种成像方法对臂丛神经的显示图像质量评分、背景高信号抑制结果的组间比较采用Friedman检验,SNR、CNR的组间比较采用方差分析(ANOVA)和重复测量试验,对臂丛神经锁骨上、下段的显示率采用McNemar检验进行组间两两比较。以P<0.05为差异有统计学意义。

结 果

1. 三种成像方法的图像质量评分比较

A、B、C三种成像方法的图像质量评分分别为3.51±0.42、3.76±0.47、3.75±0.43,三种成像方法评分结果总体差异有统计学意义($\chi^2=13.197, P=0.001$),经两两比较,方法A与C之间($P=0.024$)、A与B之间($P=0.043$)差异有统计学意义,方法B与C之间差异无统计学差异($P=1.000$,图1)。

2. 三种成像方法对背景高信号的抑制结果评价

三种成像方法对背景高信号均有一定程度的抑制,三种方法的评分分别为3.0、2.2、2.6(图2),但方法A扫描图像的背景高信号较多,主要是与神经伴行的小静脉和淋巴结,使得神经的显示受血管的影响较大;而方法B和C对背景高信号的抑制明显优于方法A(图3)。经Friedman检验,三种成像方式对背景高信号的抑制总体差异有统计学意义($\chi^2=56.054, P=0.000$),三种方法之间两两比较差异均有统计学意义(方法A、B比较 $P=0.000$,方法A、C比较 $P=0.024$,方法B、C比较 $P=0.010$)。

3. 三种成像方法所得图像的CNR、SNR值

A、B、C三种成像方法所得图像C₆和C₇的CNR值分别为18.11±1.81、19.40±1.58、19.06±1.55,SNR值分别为14.70±1.79、16.57±1.36、17.25±1.79(图4)。CNR结果比较:方法A与C之间差异有统计学意义($P=0.000$),方法B与C之间差异无统计学意义($P=0.787$);SNR结果比较:方法A与C之间差异有统计学意义($P=0.000$),方法B与C之间差异无统计学意义($P=0.194$)。

4. 三种成像方法对臂丛神经锁骨上、下段的显示情况

A、B、C三种成像方法对锁骨上段的显示率分别为66.0%、88.0%、84.0%,方法A与C之间差异有统计学意义($P=0.035$),方法B与C之间差异无统计学意义($P=0.727$);A、B、C三种成像方法对锁骨下段的显示率分别为52.0%、80.0%、74.0%,方法A与C之间差异有统计学意义($P=0.027$),方法B与C之间差异无统计学意义($P=0.607$,图5)。

讨 论

臂丛神经由于位置表浅且结构复杂,因此一旦损伤后会致患者出现较为明显且严重的症状,影响患者的生活质量。MRI是目前临床上臂丛神经成像的首选检查方法^[8],随着磁共振技术的发展,臂丛神经的检查方法也在逐步改进,近几年临床应用较多的序列为T₂ 3D-SPACE-STIR平扫及增强^[2]。基于T₂ 3D-SPACE-STIR的对比增强技术在临床应用方面也较成熟^[9],其成像的基本原理是静脉团注可同时缩短组织T₁和T₂弛豫时间的顺磁性对比剂,使得臂丛神经周围富含顺磁性对比剂的组织T₂值缩短;但由于血液神经屏障的作用^[10],对比剂不容易进入神经鞘膜,故正常的臂丛神经信号基本不受影响,进一步提高了组织与神经的对比^[11]。但是,增强扫描也存在一定的局限性。首先,某些炎症或肿瘤性病变可破坏正常的神经鞘膜结构,使神经失去屏障作用,对比剂同样可以

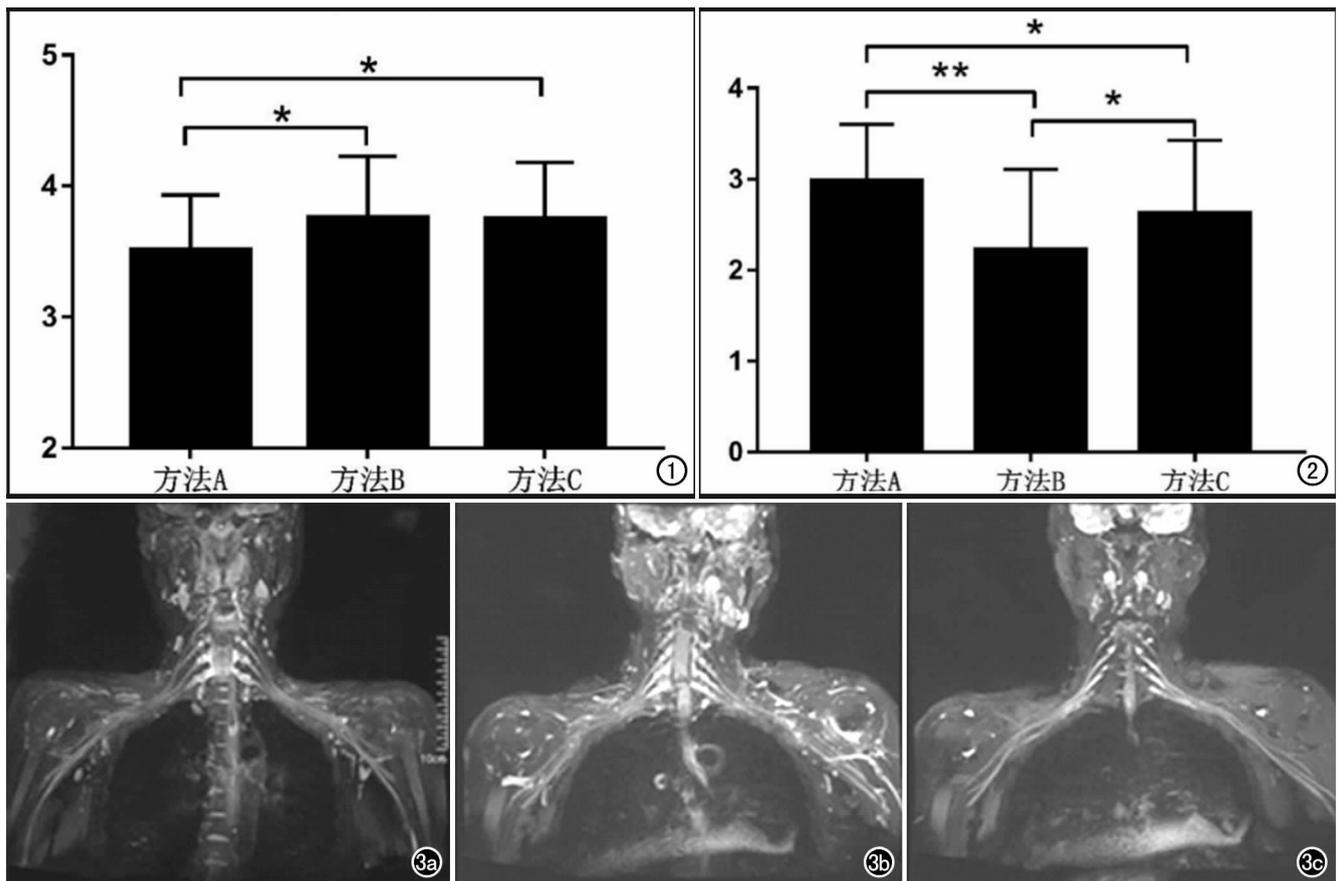


图1 三种成像方法所得图像质量评分比较结果。经统计学检验, * $P < 0.05$ 。图2 三种成像方法背景高信号的抑制情况比较结果。经统计学检验, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。图3 a) 采用优化MRI重 T_2 3D-SPACE-STIR 序列扫描, 臂丛神经全段显示清晰, 小血管, 淋巴结部分仍可显示, 但基本不影响臂丛神经的显示; b) 采用常规 3D-SPACE-STIR 平扫, 图中可见大量小血管, 淋巴结等组织信号抑制效果不理想, 对臂丛神经的显示形成干扰; c) 采用常规 3D-SPACE-STIR 增强扫描, 图中可见背景组织被均匀抑制, 突出显示臂丛神经的走行。

缩短鞘膜内组织的 T_2 值, 使得神经也显示低信号; 其次, 有研究显示对于患有糖尿病、高血压等基础疾病或严重肾功能不良者建议慎用对比剂^[12]。同时钆特酸葡胺注射液使用说明书显示, 对于肾功能受损患者、1岁以内的孩子、65岁以上的老人、孕妇、哺乳期妇女、哮喘患者以及对比剂过敏患者均属于慎用甚至禁用范围。

本研究采用超长 TR、超长 TE 的重 T_2 3D-SPACE-STIR 序列进行成像, 由于水的长 T_2 弛豫时间特性, 人体中水样组织的 T_2 值远大于其他组织, 如采用权重很高的 T_2 WI 序列, 其他组织的横向磁化矢量几乎完全衰减, 因而信号强度很低甚至几乎没有信号, 而水样结构由于 T_2 值很长仍保持较大的横向磁化矢量, 呈明显的高信号^[13]。Viallon 等^[14] 也认为 T_2 3D-SPACE-STIR 是通过重 T_2 效应使神经纤维束膜内的低蛋白液体显示为高信号, 周围肌肉等为短 T_2 弛豫时间显示为低信号; 此研究中 TR 为 2000 ms, TE 为 149 ms。考虑到含水组织的 T_2 弛豫时间很长, 为进一步提高对比, 本研究中 TR 采用 6000 ms, TE 为

307 ms, 而相应的回波链也可以升到 160, 超长 TR 和超长 TE 使得富含水的组织的磁化矢量能够充分恢复, 同时其他含水少的组织完全衰减, 提高了图像的对比。臂丛神经周围含量最多的为中等弛豫时间的脂肪, 临床上多采用短时翻转技术来抑制束膜和神经周围的脂肪, 从而提高神经与周围组织的对比。本研究将短时反转脂肪抑制技术 (STIR) 和频率选择脂肪抑制技术相结合, 同时采用了绝热射频脉冲增加 B1 场的均匀性。短时反转脂肪抑制技术 TI 值为 240 ms, 因为组织的 TI 值与梯度场场强和人体的组织成分有关, 目前相关文献显示 3.0T 机型多采用 220 ms^[15], 本研究所用机器上发现 240 ms 能更好地抑制背景脂肪组织, 扫描过程中 B0 选择了专门的颈部标准匀场, 并额外添加局部匀场技术, 这些扫描参数都有利于增加脂肪抑制的均匀性, 提高神经与周围组织的对比。由于臂丛神经特殊的解剖位置, 经斜角肌间隙穿出, 走行于锁骨下动脉后上方, 经锁骨后方进入腋窝, 锁骨下段一般难以清楚地显示。本研究结果显示, 方法 B 与 C 对 C_6 和 C_7 神经的显示差异无统计学意义, 表明仅

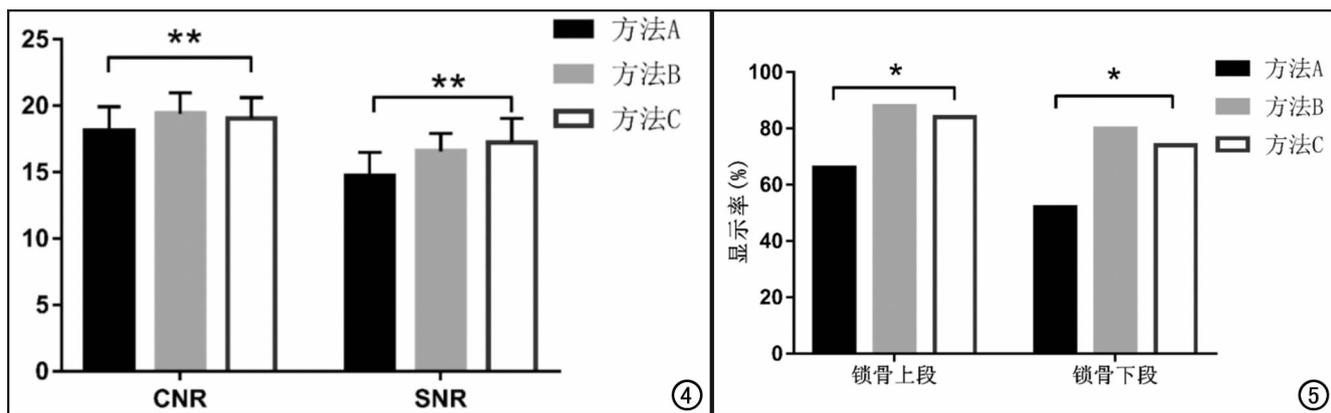


图4 三种成像方式 CNR、SNR 值比较结果。经统计学检验, ** $P < 0.01$ 。图5 三种成像方法对臂丛神经锁骨上、下段的显示率比较结果。经统计学检验, * $P < 0.05$ 。

通过优化参数,不注射对比剂的重 T_2 3D-SPACE-STIR 序列与对比增强的 T_2 3D-SPACE-STIR 序列相比,两者获得图像的 SNR 和 CNR 无明显差异,臂丛神经锁骨上、下段的显示也均能达到临床诊断的较高水平。

本研究对图像质量和背景信号的抑制进行主观评分,方法 B 与 C 对臂丛神经的显示评分相近,且与方法 A 相比都处于较高水平,这与王龙胜等^[16]的研究结果相符,充分证明参数优化后的 3D-STIR-SPACE 序列具有较高的应用价值。本研究结果显示三种成像方式对背景组织如淋巴结、小血管、骨髓等的高信号都有一定程度地抑制,但方法 B 较方法 C 具有更好的抑制效果,对比剂对比增强后对背景高信号的抑制更好,这与 Chen 等^[9]的研究结果相符,符合对比剂对比增强缩短含对比剂组织 T_2 值的原理。本研究通过优化参数后,对背景高信号的抑制较常规参数的非对比剂增强扫描有了明显改善,能达到临床诊断的较高水平。

综上所述,优化 MRI 重 T_2 3D-SPACE-STIR 序列与常规增强扫描对臂丛神经的显示无明显差异,能达到符合临床诊断要求的较高水平,对不适合或禁止使用对比剂的患者具有较高的临床应用价值。但该序列的扫描时间较长,还需在以后的研究中进一步优化。

参考文献:

[1] Van Hoof T, Mabilde C, Leybaert L, et al. Technical note: the design of a stereotactic frame for direct MRI-anatomical correlation of the brachial plexus[J]. Surg Radiol Anat, 2005, 27(6): 548-556.

[2] Chhabra A, Thawait GK, Soldatos T, et al. High-resolution 3T MR neurography of the brachial plexus and its branches, with emphasis on 3D imaging[J]. Am J Neuroradiol, 2013, 34(3): 486-497.

[3] 邹彩云, 舒政. 扩散成像技术在周围神经病变的应用进展[J]. 放射学实践, 2016, 31(3): 278-280.

[4] 王溯源, 闻彩云, 许化致, 等. 3D-SPACE-STIR 序列增强扫描在臂丛

节后神经损伤中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2018, 34(3): 435-438.

[5] 田俊, 杨民, 翟华俊, 等. 1.5T 和 3.0T 磁共振正常节后臂丛神经 IDEAL 成像质量的评估[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(10): 1628-1630.

[6] 刘小明, 刘定西, 孔祥泉, 等. 基于 T_2 增强背景抑制技术在臂丛神经成像中的应用研究[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33(7): 1057-1060.

[7] 程子亮, 杨绮华, 毛家骥, 等. 高场强 MRI 对臂丛神经损伤的诊断及其应用价值[J]. 解剖学研究, 2015, 37(1): 43-49.

[8] 马梦优, 叶春涛, 嵇鸣. 臂丛神经损伤的影像诊断进展[J]. 放射学实践, 2015, 30(12): 1232-1234.

[9] Chen WC, Tsai YH, Weng HH, et al. Value of enhancement technique in 3D- T_2 -STIR images of the brachial plexus[J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38(3): 335-339.

[10] Palladino SP, Helton ES, Jain P, et al. The human blood-nerve barrier transcriptome[J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 17477.

[11] Wang L, Niu Y, Kong X, et al. The application of paramagnetic contrast-based T_2 effect to 3D heavily T_2 W high-resolution MR imaging of the brachial plexus and its branches[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(3): 578-584.

[12] 罗健, 刘婧, 王霄英, 等. 静脉注射对比剂钆喷替酸葡甲胺对肾功能正常及轻、中度异常者近期血清肌酐值的影响[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(12): 1253-1257.

[13] 杨正汉, 冯逢, 杨霄英. 磁共振成像技术指南-检查规范、临床策略及新技术应用[M]. 北京: 人民军医出版社, 2007: 253.

[14] Viallon M, Vargas MI, Jlassi H, et al. High-resolution and functional magnetic resonance imaging of the brachial plexus using an isotropic 3D T_2 STIR (short term inversion recovery) SPACE sequence and diffusion tensor[J]. Eur radiol, 2008, 18(5): 1018-1023.

[15] 王健, 王溯源, 余方正. MR(3.0T)3D-SPACE-STIR 增强扫描在臂丛节后神经源性肿瘤中的应用[J]. 中华手外科杂志, 2016, 32(2): 130-132.

[16] 王龙胜, 郑穗生, 李欢, 等. 增强三维短反转时间反转恢复变角激发 T_2 WI 快速自旋回波序列臂丛神经成像[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(5): 371-375.

(收稿日期: 2018-06-21 修回日期: 2018-08-25)