

臂丛神经损伤的影像诊断进展

马梦优, 叶春涛, 嵇鸣

【摘要】 臂丛神经解剖复杂, 而臂丛神经损伤的患者在临床上却日益增多。既往临床上对臂丛神经损伤的诊断主要根据病史、查体和肌电图检查等, 近年来影像技术迅速发展(如超声及 MRI), 尤其磁共振神经成像在臂丛神经方面的运用取得了较好的效果, 能够安全、清晰地显示臂丛神经损伤, 为臂丛神经损伤的诊断、分型及治疗提供有力依据。本文主要对臂丛神经损伤的影像诊断进展进行综述。

【关键词】 臂丛神经; 神经损伤; 磁共振成像; 超声; 诊断

【中图分类号】R 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2015)12-1232-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.12.018

近年来由于交通事故呈逐年上升的趋势, 临床上臂丛神经损伤(brachia plexus injury, BPI)的患者也呈逐年上升趋势, 既往临床上主要依据体格检查、临床病史、肌电图及其它电生理检查进行诊断, 但通过这些方法临床医师并不能清楚了解神经解剖结构及病变区域的情况。多层螺旋 CT 脊髓造影(computed tomography myelography, CTM)结合多平面重组(multiplanar reformation, MPR)能清晰显示臂丛神经节前损伤以及位于蛛网膜下腔内的臂丛神经的情况, 但对节后臂丛的显示较困难^[1]。高频超声(ultrasound, US)在一定程度上提高了臂丛神经损伤的检出率, 但其操作者依赖性较强。高场强 MRI 的临床应用, 尤其是各种脉冲序列及后处理技术的不断发展, 磁共振神经成像(magnetic resonance neurography, MRN)不仅能直观显示解剖结构及病变, 而且能够明确损伤分型, 为临床诊断及进一步制订手术方案提供有价值的信息。本文针对近年来臂丛神经损伤的影像诊断进展进行综述。

臂丛神经解剖及损伤后表现

作为外周神经丛中最重要的一组, 臂丛神经由 C₅~C₈ 神经和 Th₁ 神经前支组成, C₄ 和 Th₂ 神经的分支也可参与其构成^[2], 含有运动和感觉两种神经纤维, 分为根、干、股、束、支共 5 个部分。解剖上, 改良后将臂丛损伤分为了四区: I 区即神经根自脊柱处撕脱; II a 区指神经节孔内的损伤, II b 区指自神经根至神经干分叉区域的损伤; III 区指受伤的区域涉及到了神经股; IV 区指损伤中心在神经束^[3]。II a 区损伤也就是所说的节后神经损伤, 实际表现与神经根撕脱相似^[4]。

临床上, 臂丛神经损伤一般分为 4 类: 上臂丛损伤、下臂丛损伤、全臂丛神经损伤和根部撕脱伤。上臂丛(C₅~C₇)损伤的主要临床表现为肩关节上举、外展受限, 肘关节屈曲受限, 腕关节肌力不同程度减弱; 下臂丛(C₈~Th₁)损伤的主要临床表现: 手的生理功能出现障碍或者功能丧失, 手内肌萎缩, 手指屈伸受限, 甚至出现拇指掌侧外展受限、前臂及手部尺侧的感觉缺失; 全臂丛(C₅~Th₁)损伤: 最早会出现上肢迟缓性麻痹, 整个手臂各关节主动运动受限、被动运动正常^[2]。

超声应用及进展

神经的超声检查(ultrasound of nerve, USN)自首次报道至今, 经过不断的发展, 目前的高频、宽频线阵探头配合软组织聚焦软件, 在距离皮肤 0.5~1.5cm 深度仍具有超高分辨率^[5], 好的超声设备甚至可以探及至距离皮肤 2.5cm 深度的部位。USN 是一种临床应用广泛、经济便宜的检查方法, 有利于一次性、动态观察整个神经束的形态变化^[6]。高频超声能够及时检测出部分或完全离断的神经根、椎间孔外臂丛神经根的损伤状况(如: 神经根的形态变化、走行是否连续、是否增粗水肿)^[7]。

高频彩色多普勒超声显示的正常臂丛神经在纵切面图像上呈条索状, 在束状低回声周围包绕着数条平行排列的高回声, 并且邻近有动静脉伴行; 横切面图像上表现为丛状分布的类椭圆形蜂窝状低回声, 边界清楚, 走行平直。臂丛神经损伤后, 神经连续性中断, 束状低回声及包绕的高回声结构消失, 神经纤维肿胀、回声增强, 与周围组织分界欠清。根据超声表现可将臂丛神经损伤分为以下 3 型。①卡压损伤型: 神经外膜连续性依然存在, 仅见神经节段性增粗, 可见周围的卡压组织或者压迹; ②炎性损伤型: 整个臂丛神经增粗, 回声减低, 与周围组织分界不清, 而神经外膜回声增强; ③牵拉损伤型: 神经外膜连续性存在, 仅见神经节段性缩窄, 缩窄远端的神经增粗、回声减低^[8]。

周围神经在肌肉和软组织内走行, 大多与血管相伴, 很难将其与肌腱筋膜等区分, 臂丛神经超声显像很容易受到患者体型、肌肉肥厚程度、探头频率高低等的影响; 此外, 超声检查的准确性还与操作者是否熟练掌握外周神经的走行特征及解剖变异, 能否精准运用各项超声检查技术等有重要关系。

MRI 应用及进展

1992 年 Howe 等^[9]首先报道了 MRN。常规 MRI 技术和近年来出现的 MRI 新技术, 如神经成像、扩散张量成像和纤维束成像等, 对于神经根成像尤其是深部神经或神经中央病变的诊断有非常高的诊断价值^[6]。结合三维薄层成像技术, 周围神经 MRN 主要采用两种方法: 重 T₂ 脂肪抑制成像和扩散加权成像^[10]。

1. 三维及脂肪抑制 MRI 技术

三维多回波数据图像融合序列(three-dimensional multiple

作者单位: 200040 上海, 复旦大学附属华东医院磁共振室

作者简介: 马梦优(1989—), 女, 河南漯河人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事神经系统磁共振成像研究。

通讯作者: 嵇鸣, E-mail: jiming@sh163.net

echo data image combination, 3D-MEDIC); MEDIC 序列是 Siemens 公司的命名, GE 公司根据 2D、3D 采集模式分别命名为 MERGE(multiple echo recalled gradient echo)和 COSMIC(coherent oscillatory state acquisition for the manipulation imaging contrast)。此序列采集速度快、图像信噪比高、伪影少,对周围神经纤维及其髓鞘均能很好地显示^[10]。

三维扰相梯度脉冲序列(three-dimensional spoiled gradient-recalled, 3D SPGR):此序列能较清晰地显示脊神经的全貌,结合频率选择反转脉冲脂肪抑制技术和 MIP、MPR 等后处理方法,可清晰显示脊神经根节内段、神经节、部分节后段的形态及走行^[11]。

三维循环相位稳态采集快速成像序列(three-dimensional fast imaging employing steady state acquisition with cycled phases, 3D FIESTA-C):此名称为 GE 公司的商用命名, Siemens 公司称其为三维稳态进动结构相干(3D constructive inference in the steady state, 3D-CISS)序列。此该序列对臂丛节前神经节损伤有很好的显示效果^[4],在脑脊液的背景环境下,可 100% 的显示椎管内段臂丛神经的前根和后根,但这项技术对无脑脊液包绕的神经则几乎为盲区^[12]。

2. 脂肪抑制技术

三维短 TI 反转恢复序列(three-dimensional short inversion time inversion recover, 3D STIR):3D STIR 序列一般应用于节后神经损伤^[13],增强扫描条件下,采用 3D-STIR 序列结合图像后处理获得的 MRN 图像,不仅能清晰显示臂丛神经的走行,还能直观地显示臂丛神经损伤的位置,从而准确判断神经损伤的类型及程度。

迭代最小二乘估算算法水-脂分离技术(iterative decomposition of water and fat with echo asymmetric and least-squares estimation, IDEAL):T₂-IDEAL 技术的优势在于脂肪抑制均匀,而且可以很好地在肌肉中显示去神经信号^[4],对臂丛节后神经的显示效果(准确性、清晰性)明显优于 3D STIR 序列,而且对节前神经也能较好地显示^[12]。

三维快速自旋回波成像技术(sampling perfection with application optimized contrasts using varying flip angle evolutions, SPACE):对 SPACE MRN 的研究中发现,可变翻转角回波脉冲使 SPACE 序列能够根据实际情况调整成 T₂W 质子密度加权成像(proton density weighted imaging, PDWI),实现周围神经三维高分辨率成像^[14]。T₂-SPACE 序列能够结合曲面重组(curved planar reformation, CPR)、MPR 以及 MIP 技术等使病变段神经根的长轴显示清晰^[15]。3D STIR SPACE 序列使得臂丛神经显像在更短的时间内获得更优质的图像^[16],且 T₂ 增强背景下的 3D STIR SPACE 技术更有利于准确显示臂丛神经的细微结构改变^[17]。

2. 基于扩散的检查技术

扩散加权成像通过检测水分子在活体内不同组织间的各向异性,间接反映组织结构及细胞功能的微观改变^[18]。表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)、扩散敏感因子(b 值)分别为 DWI 的量化分析指标和主要影响因素^[19]。DWI 可显示感觉神经节、节后神经根、干和淋巴结。并且通过 MIP 技术,可显示神经元的结构,同时抑制那些可能叠加在神经元结

构上的淋巴结影像^[4]。C₅ 以上或节前神经根在 DWI 上不能显示^[20]。近年来有两个新的模式, DWI 和 Bezier 曲面重组已用于诊断臂丛神经病变。研究表明 DWI 与 Bezier 曲面重组结合应用可以有效地评估臂丛神经节后病变,可以作为一种显示整个硬膜内神经根的影像方法^[21]。基于背景抑制扩散加权成像序列(diffusion weighted imaging with background body signal suppression, DWIBS)的磁共振扩散加权神经成像(DW-MRN)技术,能获得周围神经主干(臂丛、骶丛及四肢神经)的高分辨率图像。有研究表明,磁共振常规扫描序列、长 TE STIR 序列和 DWIBS 序列等 MRI 技术的综合应用,能够无创、安全、清晰、准确地对臂丛神经损伤做出定位及定性诊断^[22]。

扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是在 DWI 基础上发展而来的一种新的 MRI 技术^[23],多方向施加扩散敏感梯度使得 DTI 能更准确地反映活体组织内水分子扩散的各向异性,并运用示踪算法重建神经束走行^[24],反映组织的微观结构变化,评价神经组织结构及功能的完整性。近期有文献报道,使用 DTI 和纤维束成像(fiber-tracking, FT)能够 100% 完整显示 C₅~Th₁ 神经根, DWI 在诊断臂丛撕脱伤中的敏感度及特异度分别为 88.1% 和 98.8%^[25]。DTI 及 FT 技术的出现为外周神经细微结构的显示及定量分析提供了新的方法,不仅能为外周神经的解剖及病理诊断提供依据,而且可以弥补常规 MRI 扫描技术的不足,对周围神经损伤、修复及再生情况做出更好地评估^[26]。在选择性神经可视化的同时,还可利用 ADC、FA 等扩散参数进行定量测量,根据不同颜色显示的三维图像来评价纤维密度^[27]。DTI 及 FT 技术相结合,将会提供更多生理性、功能性信息,使 MRN 检测臂丛神经再生的敏感性和准确性显著提高。

3. 臂丛神经损伤后的 MRI 表现

有学者根据臂丛神经损伤的 MRI 表现,按照损伤部位将其分为 3 种类型:节前损伤型、节后损伤型和混合损伤型^[27]。①节前损伤型:神经根撕脱,可伴有创伤性脊膜囊肿形成;脊膜囊肿在 T₂WI 上表现为在椎间孔至臂丛走行区内有囊状高信号,这一征象对臂丛神经节前损伤的诊断具有较高特异性。节前损伤也可出现相应节段脊髓的形态异常、髓内水肿、脊髓空洞或软化、含铁血黄素沉着等,表现为 T₂WI 上低信号、黑线征等^[29]。另外,椎旁肌肉的去神经化异常也是节前神经根撕脱的一种表现,其中以多裂肌异常的诊断敏感性最高。②节后损伤型:包括牵拉性和撕脱性两种,目前只有 MRI 能检测出来。牵拉性损伤时,受损神经在 T₁WI 上呈低信号或等信号、T₂WI 上呈高信号;撕脱性损伤时,神经的连续性中断,断端挛缩形成创伤性假瘤。③混合损伤型:节前及节后同时受损,损伤严重。MRI 不仅可以明确诊断损伤类型,还可清晰显示损伤神经所支配区域内肌肉的去神经化改变。在损伤急性期,去神经化的肌肉在 T₁WI 无明显异常,在 STIR T₂WI 上出现明显高信号;在损伤慢性期,由于去神经化肌肉出现萎缩和脂肪变性,在 T₁WI 上可见信号异常。

臂丛神经损伤的主要影像技术比较

神经损伤后的修复手术最好在 6 个月内完成以获得良好的神经功能恢复效果。手术方式有两种:神经嫁接和神经移

植^[4]。一般而言,节上撕裂或损伤可以保守治疗,节内或远端撕裂可以通过微创吻合或移植^[30]。病史及体格检查、电生理及肌电图均无法满足快速、准确诊断的要求。超声能够发现损伤神经的形态学变化、以及周围软组织的改变,评判神经功能情况,对于损伤诊断以及治疗方案的确定有很大帮助^[5]。但其成像技术有限,不能显示神经细小分支以及椎管神经孔内的臂丛,而且操作者依赖性极强。

虽然 MRI 检查存在一些限制(如检查禁忌、检查时间较长、特殊线圈及特定体位等),但较高的软组织分辨率及多层面成像等优点,使得 MRI 技术成为检查臂丛神经损伤最有效的方法。根据 MRI 表现可将臂丛神经损伤分 4 种类型:正常、变性水肿型、瘢痕纤维化型和神经根撕脱伤,这将为手术方法的选择提供很大帮助^[31]。

综上所述,近年来 MRI 在臂丛神经损伤诊断中应用明显提升了临床诊断臂丛神经损伤的信心及依据,相信在不久的将来,越来越多针对神经损伤检测的 MRI 序列的开发, MRI 有望成为检测臂丛神经损伤的最可靠、最直观、最有价值的影像诊断方法。

参考文献:

- [1] 吕秀花,马婉玲,潘奇,等. 多层螺旋 CT 脊髓造影对臂丛神经节前损伤的诊断[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(1): 155-157.
- [2] 卢漫. 臂丛神经解剖基础及影像学方法研究[J]. 四川解剖学杂志, 2011, 19(4): 49-52.
- [3] Nagano A, Ochiai N, Sugioka H, et al. Usefulness of myelography in brachial plexus injuries[J]. J Hand Surg Br, 1989, 14(1): 59-64.
- [4] Silberman-Hoffman O, Teboul F. Post-traumatic brachial plexus MRI in practice[J]. Diagn Interv Imaging, 2013, 94(10): 925-943.
- [5] Kele H. Ultrasonography of the peripheral nervous system[J]. Cold Spring Harb Perspect Med, 2012, 1(1-12): 417-421.
- [6] Bignotti B, Tagliafico A, Martinoli C. Ultrasonography of peripheral nerves anatomy and pathology[J]. Ultrasound Clin, 2014, 9(3): 525-536.
- [7] 陈定章,郑敏娟,丛锐,等. 高频超声在臂丛椎间孔内神经根损伤及病变诊断中的应用[J]. 中华超声影像学杂志, 2011, 20(8): 699-702.
- [8] 李斯琴,红华. 高频超声在创伤性臂丛神经损伤中的应用[N]. 内蒙古医科大学学报, 2014, 36(2): 175-177.
- [9] Howe FA, Filler AG, Bell BA, et al. Magnetic resonance neurography[J]. Magn Reson Med, 1992, 28(2): 328-338.
- [10] 黄亚勇,李兵,孟俊,等. MRI 技术在脊神经的应用进展[J]. 临床放射学杂志, 2013, 32(10): 1527-1529.
- [11] 包雪平,顾美芳. 腰骶部神经根和神经节 MR 成像技术探讨[J]. 医学影像学杂志, 2012, 22(3): 417-420.
- [12] 夏吉凯,刘新疆,房清敏,等. IDEAL 序列在臂丛神经扫描方案中的对比研究[J]. 磁共振成像, 2014, 5(2): 107-110.

- [13] 吴耀贤,杨帆,孔祥泉. 高分辨率磁共振周围神经成像在臂丛神经损伤中的应用[J]. 临床放射学杂志, 2013, 32(7): 1000-1002.
- [14] 费佳,翁得河,赵聪,等. SyngoMR 外周神经成像[J]. 磁共振成像, 2012, 3(6): 465-470.
- [15] 孟祥虹,王植,万业达. 上肢周围神经磁共振神经成像的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2014, 37(4): 351-354.
- [16] 萨日娜,王德杭,施海彬,等. 臂丛神经相关疾病的 3.0T MRI 诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30(2): 275-278.
- [17] 刘小明,刘定西,孔祥泉,等. 基于 T₂ 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.
- [18] 潘奇,候炜寰,李娜,等. 磁共振扩散加权成像在肝癌 TACE 术后疗效检测中的价值[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30(3): 450-454.
- [19] 蔡宋琪,强金伟. 磁共振扩散加权成像和磁共振波谱在卵巢肿瘤中的应用[J]. 放射学实践, 2013, 28(1): 102-104.
- [20] Vargas ML, Viallon M, Nguyen D, et al. New approaches in imaging of the brachial plexus[J]. Eur J Radiol, 2010, 74(2): 403-410.
- [21] Bhandari PS, Bhatore HS, Mukherjee MK, et al. Management strategy in post traumatic brachial plexus injuries[J]. Indian J Neurotr, 2012, 9(1): 19-29.
- [22] 宋宏伟. 磁共振成像技术应用于臂丛神经损伤的临床疗效[N]. 黑龙江医学, 2014, 38(9): 1030-1031.
- [23] 张飘尘,范光明,焦俊,等. MR 扩散张量成像对 Chiari 畸形脊髓损伤的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30(1): 39-43.
- [24] 孙翀鹏,李新春,许乙凯,等. 兔坐骨神经挤压伤后 FA 值与神经功能变化的相关性研究[J]. 放射学实践, 2013, 28(4): 366-369.
- [25] Gasparotti R, Lodoli G, Meoded A, et al. Feasibility of diffusion tensor tractography of brachial plexus injuries at 1.5T[J]. Invest Radiol, 2013, 48(2): 104-112.
- [26] 孙翀鹏,李新春,许乙凯,等. 扩散张量成像评估兔坐骨神经挤压伤[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(3): 325-330.
- [27] Iba K, Wada T, Tamakawa M, et al. Diffusion-Weighted magnetic resonance imaging of the ulnar nerve in cubital tunnel syndrome[J]. Hand Surg, 2010, 15(1): 11-15.
- [28] 耿明宾,王光彬. MRI 诊断臂丛神经及其疾病的研究进展[J]. 中国介入影像与治疗学, 2013, 10(4): 247-249.
- [29] yoshikawa T, Hayashi N, Yamamoto S, et al. Brachial plexus injury: clinical manifestations, conventional imaging findings, and the latest imaging techniques[J]. Radiographics, 2006, 26(suppl 1): S133-S143.
- [30] 周环,孔凡标. 臂丛神经损伤的 MRI 诊断及临床应用[J]. 解放军医学杂志, 2011, 36(3): 309-311.
- [31] 赵秋枫,王嵩,耿道颖,等. 臂丛神经损伤的磁共振诊断及分型[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2011, 17(6): 513-516.

(收稿日期:2015-06-04 修回日期:2015-08-30)