

综述

脊髓型颈椎病脊髓 MRI 信号改变与临床预后关系的研究进展

Advancement of relationship between MRI signal intensity and clinical prognosis for cervical spondylosis myelopathy

边 帅,唐成林,柳万国

(吉林大学第二医院骨外科 130041 吉林省长春市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.01.14

中图分类号:R681.5,R445.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-01-0066-04

脊髓型颈椎病 (cervical spondylotic myelopathy, CSM) 是脊柱外科常见的颈椎退变性疾病,是颈髓长期受压变性所引发的一系列脊髓功能受损的临床症候群。磁共振 (magnetic resonance imaging, MRI) 因可清楚地显示脊髓受压程度和髓内信号改变,已广泛应用于 CSM 的临床影像诊断。CSM 脊髓 MRI 信号改变是指 CSM 患者颈椎 MRI 中,在颈髓受压部位和(或)相邻部位, T2WI 出现一个或多个边缘模糊或清晰的高信号区 (increased signal intensity, ISI), 可同时伴有 T1WI 低信号 (low signal intensity, LSI)。自 Takahashi 等^[1]于 1987 年首先报道 CSM 患者颈椎 MRI 出现髓内 ISI 至今, CSM 脊髓 MRI 信号改变得到越来越多学者的关注和研究,但其临床意义尚存在较大争议,尤其体现在脊髓 MRI 信号改变与临床预后关系方面。现将近年来关于此方面的研究进展综述如下。

1 CSM 脊髓 MRI 信号改变的发生率

由于不同研究在研究类型、病例纳入标准及病例数、随访时间等方面缺乏较好一致性,因此文献中 ISI 发生率、LSI 发生率、多节段 ISI 发生率及治疗后 ISI 改善率存在较大的差异。T2WI 出现 ISI 的发生率为 30.8%~97.1%^[2-3]; T1WI 的 LSI 仅出现在 T2WI 有 ISI 的患者中, 发生率较低, 约为 1.9%~55.5%^[4-5]; 多节段 ISI 发生率为 16.1%~45.7%^[3-6]; 治疗后 ISI 改善率为 11.1%~52.9%^[3-4]。总体上 ISI 发生率高于 LSI 和多节段 ISI 的发生率, 治疗后 ISI 可有不同程度的恢复。

2 CSM 脊髓 MRI 信号改变与预后的关系

2.1 T2WI 髓内 ISI 有无与预后的关系

早期研究大多根据髓内 ISI 有无来探讨其与临床预后的关系。有学者^[7,8]认为脊髓信号改变与临床预后有关, 有 ISI 的患者往往临床预后差。但有些学者^[4,9]认为脊髓信

号改变与临床预后无关。Yone 等^[9]回顾性分析 64 例行减压术的 CSM 患者, 结果显示 ISI 是否存在与 CSM 术前症状的严重程度及术后疗效均无关。Okais 等^[4]也认为 ISI 并不意味术后疗效差。在早期研究中关于 ISI 是否可以预测 CSM 临床预后尚存较大争议, 可能与早期研究中缺乏 ISI 强度或范围的分类标准有关。

2.2 T2WI 髓内 ISI 强度分类与预后的关系

自 Mehalic 等^[10]于 1990 年首次提出 T2WI 髓内 ISI 分级标准以来, 很多学者根据 MRI 矢状位 T2WI 的 ISI 强度进行分类^[3,11-13], 进一步分析颈髓内 MRI 信号改变与 CSM 患者术后疗效的相关性。Chen 等^[11]根据 T2WI 的 ISI 强度及边界是否清晰, 对 64 例接受椎板切除减压手术的 CSM 患者的术前 MRI 脊髓信号改变进行分型: 0 型 (T2WI 无 ISI) 20 例, 1 型 (T2WI 边界模糊不清的中等强度 ISI) 23 例, 2 型 (T2WI 边界清晰的高强度 ISI) 21 例; 此三型患者的年龄、性别、颈椎生理曲度及术前 JOA 评分均无显著性差异, 结果表明 0 型与 1 型 ISI 患者的术后效果较 2 型 ISI 患者好, 但 0 型与 1 型 ISI 患者的预后无明显差异。Shin 等^[12]前瞻性研究 70 例行前路颈椎间盘切除融合术的 CSM 患者, 单节段 43 例, 双节段 27 例, 将 ISI 分为 3 级: 0 级 (无 ISI)、1 级 (边界模糊的微弱 ISI)、2 级 (边界清晰的高强度 ISI), 各 ISI 级别患者的年龄、病程、颈椎曲度、颈椎管狭窄程度及颈髓受压程度无显著性差异, 0 级改善率为 (81.5±17.0)%, 1 级改善率为 (70.1±17.3)%, 2 级改善率为 (60.7±20.9)%, 各级的 JOA 改善率存在明显差异, 2 级 ISI 患者术后神经功能恢复最差。Vedantam 等^[13]回顾分析 197 例行椎体中部切除术的 CSM 患者, ISI 分型同 Chen 等^[11], 0 型为 30 例, 1 型为 104 例, 2 型为 63 例; 3 个类型患者的年龄、病程及术前 Nurick 分级无显著性差异; 术前 Nurick 分级为 4 或 5 (OR 0.23, $P<0.001$) 和 2 型 ISI (OR 0.48, $P=0.04$) 与术后疗效均存在明显的负相关。

但有学者并不认为高亮 ISI 是预后差的因素, Avadhani 等^[14]将 35 例行颈椎椎板切除术的 CSM 患者基于 ISI 分为: 0 级 (无信号改变)、1 级 (朦胧亮)、2 级 (高亮); 结果显示: 0 级 1 例, 1 级 13 例, 2 级 21 例; 1 级 ISI 和 2 级

第一作者简介: 男 (1987-), 医学硕士研究生, 研究方向: 脊柱退变性疾病

电话: (0431)88796168 E-mail: shrekbian@gmail.com

通讯作者: 柳万国 E-mail: liuwanguo6016@163.com

ISI 患者的年龄、病程、颈髓轴位面积、随访时间、术前及术后 Nurick 分级、术前及术后改良的 Nurick 分级均无显著性差异,提示单独基于 T2WI 高信号改变的分类系统对预后的预测价值并不确定。

通过 MRI 矢状位 ISI 强度进行分类是目前常用且方便的研究方法,上述大多数文献支持高亮 ISI 是预后差的因素,但上述研究仅考虑 MRI 矢状位的 ISI 强度改变而忽略了脊髓横断面上的变化,髓内 ISI 在灰质和白质的分布不同很可能影响到 CSM 的临床表现和预后,这也可以解释一些研究认为 ISI 与 CSM 预后无关联的原因。

2.3 T2WI 髓内 ISI 范围、部位与预后的关系

有学者按 T2WI 髓内 ISI 范围、部位进行分类^[3,6,14-18]并探讨其与 CSM 患者预后的相关性。大多数学者认为多节段 ISI 的 CSM 患者预后差。Wada 等^[14]回顾性分析 50 例行后路椎板成形术治疗的 CSM 患者,局限 ISI 组 (ISI 限于一个椎间盘节段) 18 例,多节段 ISI 组 (ISI 大于一个椎间盘节段) 17 例,无 ISI 组 15 例,结果表明多节段 ISI 组的 JOA 评分改善率明显低于无 ISI 组与局限 ISI 组,但无 ISI 组与 ISI 组的预后无明显差异,认为多节段 ISI 患者术后效果差,神经功能恢复不佳。Papadopoulos 等^[15]为探究 MRI T2WI 髓内 ISI 是否与预后相关,将 42 例接受减压手术的 CSM 患者 ISI 分为 0 型 (无 ISI)、1 型 (ISI 只累及 1 个节段)、2 型 (ISI 累及 2 个节段及以上),统计术后 JOA 评分改善率,得出 0 型、1 型预后较 2 型好的结论。Fernández 等^[16]回顾性分析 67 例行前路或后路减压手术治疗的 CSM 患者,多节段 ISI 的发生率为 20.8%,明显高于 T1WI 髓内 LSI 改变的发生率 10.4%,认为多节段 ISI 比 T1WI 髓内 LSI 更能敏感地预测手术的疗效,多节段 ISI 往往预后差,结论与 Wada 等^[14]一致。Chatley 等^[17]前瞻性研究 64 例行前路减压手术治疗的 CSM 患者,无 ISI 组 22 例,局限 ISI 组 31 例,多节段 ISI 组 11 例,多节段 ISI 组的术后 JOA 评分及 JOA 评分改善率明显低于局限 ISI 组,ISI 组 (包括局限 ISI 组和多节段 ISI 组) 与无 ISI 组患者在年龄、病程、术前及术后 JOA 评分、JOA 评分改善率均无明显差异,结论为多节段 ISI 预示差的预后,而局限 ISI 并不意味神经功能恢复差。

有些学者对多节段 ISI 患者的预后差持反对态度。Wada 等^[14]回顾性分析 31 例行手术治疗的 CSM 患者,局限 ISI 组 18 例,多节段 ISI 组 5 例,无 ISI 组 8 例,结果表明无 ISI 组与 ISI 组、多节段 ISI 组与局限 ISI 组在患者年龄、病程、术前及术后 JOA 评分及改善率均无显著性差异。Avadhani 等^[18]研究发现局限 ISI 组和多节段 ISI 组患者的年龄、病程、颈髓轴位面积、随访时间、术前及术后 Nurick 分级、术前及术后改良的 Nurick 分级均无显著性差异,提示基于 T2WI 高信号改变范围的分类系统对预后的预测价值并不确定。

目前大多数研究集中在 ISI 强度和范围上,而对 ISI 在脊髓横断面上累及的位置研究较少。Shen 等^[18]认为 CSM

患者脊髓灰质受损引起较轻的症状如上肢局限性肌肉无力,而白质受损引起较严重症状如长传导束征 (long tract sign),正因为如此,灰质髓内 ISI 的患者难以客观观察到术后残留的神经功能障碍,这可能也是一些学者的研究认为髓内 ISI 与 CSM 预后无关的原因。Shen 等^[18]回顾性研究髓内信号改变的位置与接受手术治疗的 64 例 CSM 患者预后的关系,根据 ISI 的位置分为 3 组:无 ISI 组 37 例,ISI 仅位于灰质组 16 例,ISI 位于灰质和白质组 11 例;结果显示无 ISI 组在术后 104 周的 JOA 改善率与 ISI 仅位于灰质组的无显著性差异,而 ISI 位于灰质和白质组相比 ISI 仅位于灰质组的预后则较差。

2.4 综合 T2WI 和 T1WI 信号改变与预后的关系

1989 年 Ramanauskas 等^[19]将 CSM 脊髓病理改变分为三期:早期代表脊髓水肿;中期代表中央灰质不同程度囊性坏死;晚期代表中央灰质痙管形成和萎缩;早期和中期在 MRI 可表现为单纯 T2WI 的 ISI,晚期则表现为 T2WI 的 ISI 伴 T1WI 的 LSI。Ohshio 等^[20]通过 CSM 尸体的脊髓组织病理学特点与 MRI 之间关系的研究也证实了上述观点。因此有些学者认为单纯通过 T2WI 的 ISI 来分类研究是不全面的,应当考虑到 T1WI 上 LSI 改变^[3,5,21-23],他们综合 T2WI 和 T1WI 信号改变将术前 MRI 改变分为 3 种类型: T1WI 正常/T2WI 正常 (N/N 组)、T1WI 正常/T2WI 上 ISI (N/Hi 组)、T1WI 上 LSI/T2WI 上 ISI (Lo/Hi 组),进一步探讨 MRI 信号改变与术后疗效的相关性。

Suri 等^[21]回顾性分析行减压手术治疗的 146 例 CSM 患者,N/N 组 25 例,N/Hi 组 50 例,Lo/Hi 组 81 例,N/N 组和 N/Hi 组患者的手术预后明显好于 Lo/Hi 组。Mastronardi 等^[24]前瞻性研究 47 例行颈椎前路减压手术的 CSM 患者,N/N 组 10 例,N/Hi 组 14 例,Lo/Hi 组 23 例,N/N 组预后最好,N/Hi 组次之,Lo/Hi 组最差。Alafifi 等^[22]回顾性研究接受减压手术的 76 例 CSM 患者,N/N 组 45 例,N/Hi 组 23 例,Lo/Hi 组 8 例,N/N、N/Hi 组不伴痉挛症状的患者术后效果好、MRI 异常可逆转;Lo/Hi 组伴痉挛症状预示术后效果欠佳。Yagi 等^[23]回顾性研究行后路椎板扩大成形术的 71 例患者,信号改变分为 4 级:0 级无信号改变 (21 例),1 级 T2WI 上局限 ISI (10 例),2 级 T2WI 上多节段 ISI (19 例),3 级 T2WI 上 ISI 伴 T1WI 上 LSI (21 例);随着级别增加,术后 JOA 评分改善率呈显著性下降;认为 MRI 信号改变预示差的临床疗效。Avadhani 等^[18]对各种 MRI 分类系统对术后效果的预测价值作比较,分析 MRI 信号改变与术后效果的关系,认为综合 T1WI 和 T2WI MRI 信号改变的分类系统相比单独根据 T2WI 上 ISI 的分类系统 (根据高信号的强度和范围) 预测价值更高,术后 MRI 发现神经功能差的患者可能出现延迟性 T1WI 信号改变。综合 T2WI 和 T1WI 信号改变分类系统相对于单纯 T2WI 上 ISI 改变分类系统更为全面。上述文献均支持 T1WI 上 LSI/T2WI 上 ISI 是预后差的因素。

2.5 术前信号改变定量分析与预后的关系

近年来一些学者^[2,24]为了更好地研究术前 MRI 脊髓信号改变与预后的关系,对术前脊髓信号的强度进行定量分析。Zhang 等^[24]认为每例患者受压脊髓 T2WI 髓内信号强度值不同,其正常脊髓在 T2WI 上髓内信号强度值也不同,所以单纯通过 T2WI 高信号有无或分类不能准确反映患者的个体差异;为探讨 T2WI 信号强度(SI)比值是否可估计 CSM 预后,选取 73 例 CSM 患者,T2WI 矢状位高信号区选取 0.05cm² 区域计算 SI 值,矢状位 C7~T1 水平正常脊髓选取 0.3cm² 区域计算 SI 值,SI 比值为髓内高信号区 SI 值与 C7~T1 水平正常脊髓 SI 值之比;根据 SI 比值将患者分为 3 组:组 1(低 SI 比,<1.32),组 2(中 SI 比,≥1.32 和<1.68),组 3(高 SI 比,≥1.68);这 3 组患者在年龄、病程、Babinski 征、术前及术后 JOA 评分、JOA 评分改善率均存在显著性差异,并认为低 SI 比且病程短、年龄小的患者往往预后好,而高 SI 比伴病理反射出现的患者往往预后差。Zhang 等^[2]认为其前期工作^[24]未考虑到 T1WI 上信号改变可能对预后的影响,为进一步探寻信号强度比值是否可预测 CSM 患者的手术效果,对 52 例 CSM 患者 MRI 计算相同脊髓水平、相似区域 T2WI 与 T1WI 信号强度比(T2:T1 比值),术前及术后 JOA 评分和 JOA 评分改善率在以下三组中有明显差异:T2WI 无 ISI 的患者、T2:T1 为 1.18~1.74 的患者、T2:T1 为 1.79~2.77 的患者;伴有 ISI 的患者通常术前 JOA 评分低、术后神经功能改善小,T2:T1 比值可用来预测术后效果。

2.6 术后信号转归与预后的关系

CSM 脊髓 MRI 信号改变的临床意义之所以存在较大争议,某种程度上与 CSM 患者术后 MRI 信号改变是否可逆及恢复有关,因此有学者^[5,11,21,23,25]通过随访术后 MRI 信号及神经功能恢复情况来进一步研究信号改变与预后的关系,将术后 MRI 信号改变分为改善组(信号分级降低)、无改变组(信号分级不变)和加重组(信号分级上升),大多数学者认为术后信号的转归与预后有关。Chen 等^[11]对 64 例接受减压手术的 CSM 患者在术后 6 个月行 MRI 检查及 JOA 评分,44 例术前髓内存在 ISI 的患者中 7 例 ISI (6 例术前为 1 型 ISI,1 例术前为 2 型 ISI) 有改善,37 例 ISI 无改善;信号改善组 JOA 评分改善率[(75.43±20.77)%]明显高于信号无改变组[(44.97±27.75)%]。Suri 等^[9]回顾性分析行减压术治疗的 44 例 CSM 患者的术后 MRI,结果显示信号改善 14 例,信号无改变 30 例,信号改善组的手术预后明显好于信号无改变组,影响术后 MRI 信号转归的因素包括病程、病变节段数目、术后是否持续受压等。Mastroradi 等^[21]前瞻性研究 23 例 CSM 患者,在术中、术后第 3 个月及第 6 个月行 MRI 检查,术后 6 个月 MRI 信号改善 12 例,信号无改变 11 例;术后 T2WI 高信号减退的患者预后好,T1WI 低信号代表不可逆损伤,预后最差。Yagi 等^[23]回顾性研究 50 例行后路椎板扩大成形术的患者,末次随访 MRI(平均随访 60.6 个月)ISI 无改变 33 例,ISI 加重 17 例,ISI 加重组的 JOA 评分改善率(31.3%)明显

低于 ISI 无改变组(54.9%),认为术后 ISI 加重预示差的临床疗效。Arvin 等^[25]前瞻性研究术后第 6 个月 MRI 是否可预测 CSM 患者 1 年后的恢复情况,对 52 例 CSM 患者于术前和术后 6 个月行 MRI 检查,测定颈髓在 T1WI 和 T2WI 改变(面积、高度、节段数)和脊髓再扩张情况,结果显示术后第 6 个月脊髓 MRI 信号改变与术后 1 年的功能恢复明显相关,认为术后第 6 个月行 MRI 检查对 CSM 患者的预后预测价值;持续存在 T2WI 信号改变及术后脊髓缺少再扩张与预后不佳相关,反映脊髓不可逆的结构改变。

上述研究均支持术后信号改善患者的预后较好,术后信号无改变和/或信号加重预示差的预后,但上述各研究的术后 MRI 复查时间缺乏较好的一致性,术后 MRI 信号是否改善的界定时间尚无定论,需进一步研究探讨。

2.7 MRI 信号改变与预后关系存在争议的可能原因

①MRI 信号改变代表脊髓缺血、水肿、软化、胶质增生、脱髓鞘和微空洞形成等一系列病理改变,尤其 ISI 所反映的脊髓实际的病理改变是非特异的,目前大多数研究的 MRI 信号改变分类方法仅考虑信号改变的强度、范围或位置^[11,15,18],尚缺乏与 CSM 患者脊髓组织病理学吻合较好的 MRI 信号改变分类标准。②影响 CSM 手术预后因素可能包括患者年龄、病程和术前神经功能、颈椎生理曲度、脊髓受压迫比率、手术方式等^[26-28],所以在研究脊髓 MRI 信号改变与临床预后关系之前排除这些干扰因素很重要,但目前大多数研究对这些干扰因素控制并不理想^[5,16,21]。③目前大多数文献为回顾性研究^[3,14,15],仅少数是前瞻性研究^[11,12],这可能也是导致研究结论尚存在较大争议的原因之一。④各文献中的临床资料如患者纳入标准、病例数、随访时间及疗效的评价标准等缺乏较好的一致性。

3 小结

①目前 CSM 患者脊髓 MRI 信号改变常用的分类标准有 4 个:基于 ISI 强度分类系统、基于 ISI 范围分类系统、综合 T1WI 和 T2WI 的信号改变分类系统、术后信号转归分类系统;②一些学者对术前信号改变的强度进行定量分析是一种新的尝试,为研究 MRI 信号改变与预后的关系提供了一种新的思路;③虽然 CSM 患者脊髓 MRI 信号改变对预后的预测价值尚存争议,但“多节段信号改变、高亮 ISI、T1WI 上 LSI/T2WI 上 ISI、术后信号改变持续存在往往意味预后较差”的观点得到越来越多学者的认可。至于 CSM 患者 MRI 信号改变与临床预后的确切关系尚需进一步基础研究及大样本、多中心前瞻性队列研究证实。

4 参考文献

1. Takahashi M, Sakamoto Y, Miyawaki M, et al. Increased MR signal intensity secondary to chronic cervical cord compression[J]. *Neuroradiology*, 1987, 29(6): 550-556.
2. Zhang P, Shen Y, Zhang YZ, et al. Significance of increased

- signal intensity on MRI in prognosis after surgical intervention for cervical spondylotic myelopathy [J]. *J Clin Neurosci*, 2011, 18(8): 1080–1083.
3. Avadhani A, Rajasekaran S, Shetty AP. Comparison of prognostic value of different MRI classifications of signal intensity change in cervical spondylotic myelopathy[J]. *Spine*, 2010, 10(6): 475–485.
 4. Okais N, Moussa R, Hage P. Value of increased MRI signal intensity in cervical arthrosis in myelopathies [J]. *Neuro-chirurgie*, 1997, 43(5): 285–290.
 5. Suri A, Chhabra RP, Mehta VS, et al. Effect of intramedullary signal changes on the surgical outcome of patients with cervical spondylotic myelopathy[J]. *Spine J*, 2003, 3(1): 33–45.
 6. Wada E, Ohmura M, Yonenobu K. Intramedullary changes of the spinal cord in cervical spondylotic myelopathy [J]. *Spine*, 1995, 20(20): 2226–2232.
 7. Matsuda Y, Miyazaki K, Tada K, et al. Increased MR signal intensity due to cervical myelopathy: analysis of 29 surgical cases[J]. *J Neurosurg*, 1991, 74(6): 887–892.
 8. Takahashi M, Yamashita Y, Sakamoto Y, et al. Chronic cervical cord compression: clinical significance of increased signal intensity on MR images[J]. *Radiology*, 1989, 173(1): 219–224.
 9. Yone K, Sakou T, Yanase M, et al. Preoperative and postoperative magnetic resonance image evaluations of the spinal cord in cervical myelopathy[J]. *Spine*, 1992, 17(Suppl 10): 388–392.
 10. Mehalic TF, Pezzuti RT, Applebaum BI. Magnetic resonance imaging and cervical spondylotic myelopathy[J]. *Neurosurgery*, 1990, 26(2): 217–227.
 11. Chen CJ, Lyu RK, Lee ST, et al. Intramedullary high signal intensity on T2-weighted MR images in cervical spondylotic myelopathy: prediction of prognosis with type of intensity[J]. *Radiology*, 2001, 221(3): 789–794.
 12. Shin JJ, Jin BH, Kim KS, et al. Intramedullary high signal intensity and neurological status as prognostic factors in cervical spondylotic myelopathy[J]. *Acta Neurochir*, 2010, 152(10): 1687–1694.
 13. Vedantam A, Jonathan A, Rajshekhar V, et al. Association of magnetic resonance imaging signal changes and outcome prediction after surgery for cervical spondylotic myelopathy[J]. *J Neurosurg Spine*, 2011, 15(6): 660–666.
 14. Wada E, Yonenobu K, Suzuki S, et al. Can intramedullary signal change on magnetic resonance imaging predict surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy[J]? *Spine*, 1999, 24(5): 455–462.
 15. Papadopoulos CA, Katonis P, Papagelopoulos PJ, et al. Surgical decompression for cervical spondylotic myelopathy: correlation between operative outcomes and MRI of the spinal cord[J]. *Orthopedics*, 2004, 27(10): 1087–1091.
 16. Fernández de Rota JJ, Meschian S, Fernández de Rota A, et al. Cervical spondylotic myelopathy due to chronic compression: the role of signal intensity changes in magnetic resonance images[J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 6(1): 17–22.
 17. Chatley A, Kumar R, Jain VK, et al. Effect of spinal cord signal intensity changes on clinical outcome after surgery for cervical spondylotic myelopathy[J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 11(5): 562–567.
 18. Shen HX, Li L, Yang ZG, et al. Position of increased signal intensity in the spinal cord on MR images: does it predict the outcome of cervical spondylotic myelopathy[J]? *Chin Med J*, 2009, 122(12): 1418–1422.
 19. Ramanauskas WL, Wilner HI, Metes JJ, et al. MR imaging of compressive myelomalacia [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 1989, 13(3): 399–404.
 20. Ohshio I, Hatayama A, Kaneda K, et al. Correlation between histopathologic features and magnetic resonance images of spinal cord lesions[J]. *Spine*, 1993, 18(9): 1140–1149.
 21. Mastroradi L, Elsawaf A, Roperto R, et al. Prognostic relevance of the postoperative evolution of intramedullary spinal cord changes in signal intensity on magnetic resonance imaging after anterior decompression for cervical spondylotic myelopathy [J]. *J Neurosurg Spine*, 2007, 7(6): 615–622.
 22. Alafifi T, Kern R, Fehlings M. Clinical and MRI predictors of outcome after surgical intervention for cervical spondylotic myelopathy[J]. *J Neuroimaging*, 2007, 17(4): 315–322.
 23. Yagi M, Ninomiya K, Kihara M, et al. Long-term surgical outcome and risk factors in patients with cervical myelopathy and a change in signal intensity of intramedullary spinal cord on Magnetic Resonance imaging[J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 12(1): 59–65.
 24. Zhang YZ, Shen Y, Wang LF, et al. Magnetic resonance T2 image signal intensity ratio and clinical manifestation predict prognosis after surgical intervention for cervical spondylotic myelopathy[J]. *Spine*, 2010, 35(10): 396–399.
 25. Arvin B, Kalsi-Ryan S, Karpova A, et al. Post-operative magnetic resonance imaging can predict neurological recovery following surgery for cervical spondylotic myelopathy: a prospective study with blinded assessments [J]. *Neurosurgery*, 2011, 69(2): 362–368.
 26. Takahashi M, Yamashita Y, Sakamoto Y, et al. Chronic cervical cord compression: clinical significance of increased signal intensity on MR images[J]. *Radiology*, 1989, 173(1): 219–224.
 27. Chiewvit P, Tritrakarn SO, Phawjinda A, et al. Predictive value of magnetic resonance imaging in cervical spondylotic myelopathy in prognostic surgical outcome [J]. *J Med Assoc Thai*, 2011, 94(3): 346–354.
 28. Oshima Y, Seichi A, Takeshita K, et al. Natural course and prognostic factors in patients with mild cervical spondylotic myelopathy with increased signal intensity on T2-weighted magnetic resonance imaging[J]. *Spine*, 2012, 37(22): 1909–1913.

(收稿日期: 2012-07-30 末次修回日期: 2012-11-09)

(本文编辑 李伟霞)