

脊髓转移瘤的影像学诊断与治疗研究进展

王丽丽 张洪明 李险峰

030001 太原, 山西医科大学第一临床医学院(王丽丽); 030001 太原, 山西医科大学第一医院放疗科(张洪明、李险峰)

通信作者: 李险峰, Email: Lixianfeng-lxf@263.net

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2017.05.013

【摘要】 脊髓转移瘤(ISC M)是肿瘤晚期患者癌灶转移至脊髓, 压迫脊髓或神经根引起躯体疼痛、感觉减退或麻木的一种危险的转移性疾病, 严重者可导致机体瘫痪, 患者的生活质量显著降低。随着肿瘤发病率的上升以及新型影像诊断技术在临床中的应用, ISCM 的检出率明显提高。但遗憾的是, 针对 ISCM 的治疗目前尚无统一的共识。虽然在以往的 ISCM 治疗中放疗的作用较为局限, 但随着放疗技术的发展与提高, 对于存在手术禁忌证或化疗效果较差的患者, 放疗已成为其主要的治疗方式。笔者就近年来 ISCM 的影像学诊断与治疗研究进展做一综述。

【关键词】 脊髓; 肿瘤转移; 磁共振成像; 体层摄影术, X 线计算机; 放射疗法

Progress in imaging diagnosis and treatment of intramedullary spinal cord metastases Wang Lili, Zhang Hongming, Li Xianfeng

The First Clinical Medical College of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China(Wang LL); Department of Radiotherapy, the First Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China (Zhang HM, Li XF)

Corresponding author: Li Xianfeng, Email: lixianfeng-lxf@263.net

【Abstract】 Intramedullary spinal cord metastasis (ISC M) is a dangerous metastatic disease among advanced cancer patients with tumor metastases in the spinal cord because it compresses the spinal cord or nerve root. This phenomenon can cause pain, hypoesthesia, or numbness, especially in severe cases, leading to paralysis of the body and significantly reduced quality of life. With the increase in tumor morbidity and the application of new imaging diagnostic techniques in clinical practice, the detection rate of ISCM has significantly improved. Unfortunately, a consensus on ISCM treatment remains lacking to date. In addition, the role of radiotherapy in previous ISCM treatment strategies is limited. However, the development and improvement of radiotherapy have rendered this technology the main treatment for patients who cannot be treated surgically or are insensitive to chemotherapy. This article reviews the progress in imaging diagnosis and treatment of ISCM.

【Key words】 Spinal cord; Neoplasm metastasis; Magnetic resonance imaging; Tomography, X-ray computed; Radiotherapy

脊髓转移瘤(intramedullary spinal cord metastases, ISCM)是恶性肿瘤发展过程中危害性最大的一种转移性疾病, 它常常压迫脊髓或神经根, 导致机体瘫痪等神经损害, 使患者的生活质量显著降低。ISCM 临床表现缺乏特异性, 且患者大多处于疾病进展期, 病情发展迅速, 因此, 如何尽早地明确诊断, 及时给予患者有效的治疗是临床医生目前面临的难题。本文主要就近年来 ISCM 的影像学

诊断与治疗的研究进展进行综述。

1 ISCM 的发生机制

ISCM 的发病率很低, 在肿瘤患者中仅为 0.1% ~ 0.4%^[1], 肺癌是其最常见的原发肿瘤, 其次是乳腺癌, 也可见于黑色素瘤、结直肠癌、淋巴瘤等^[2-3]。一般认为 ISCM 的发生有以下 3 种机制^[3-4]: ①血行转移, 是最常见的转移途径, 肿瘤细胞从瘤周血管

沿动脉途径侵袭脊髓,另外,肿瘤细胞也可通过骨盆到颅内静脉窦的椎体静脉丛发生转移;②经软脑膜转移,恶性肿瘤细胞种植于软脑(脊)膜后进入血管周围间隙,侵入脊髓,累及脊髓实质细胞,进而导致脊髓结构和功能的缺失;③直接侵犯,癌细胞通过硬膜外间隙、脑脊液、神经根等直接侵袭,破坏脊髓,引起神经功能的损害。

2 ISCM 的临床表现

ISCM 在脊髓各段均可发生,可表现为单发病灶或多发病灶。有多个研究显示颈段是转移瘤的高发部位,这可能与颈髓丰富的血供有关^[4-5]。因转移瘤压迫神经根,首发症状常以疼痛多见,多数表现为根性疼痛,少数为病变节段的胀痛不适或束带感,其次表现为不同程度的运动障碍,四肢肌力减退或完全丧失。另外,括约肌功能障碍亦为髓内肿瘤常见症状,晚期常表现为大小便功能障碍^[6]。肿瘤位于脊髓不同节段时临床表现各有不同:病变位于颈段时可有上下肢麻痹症状;病变位于胸段时下肢呈不同程度的感觉或运动障碍,且均为下肢痉挛性硬瘫或呈椎体束受损的下肢病理反射阳性、肌张力增高的表现;病变位于腰骶部则下肢感觉或运动障碍,呈弛缓性软瘫,即肌张力低下,缺乏病理征,腱反射减弱或消失,因此,肿瘤患者出现上述神经系统症状时要首先考虑 ISCM 的可能。

3 ISCM 的影像学诊断

3.1 X 线检查

X 线检查能够清楚地显示骨质的连续性和完整性,但对于癌性转移瘤等软组织的分辨能力较差,由于 ISCM 是一种快速增长的肿瘤,极少侵犯周围脊柱骨性结构,不会引起骨质破坏^[7],故 X 线检查在 ISCM 诊断方面极少用到。

3.2 脊髓造影术

MRI 运用于临床之前,脊髓造影术是诊断 ISCM 的主要手段,它能够清晰地显示脊髓病变处膨大增粗的病灶。但 Kalayci 等^[8]的一项回顾性研究发现,脊髓造影术的假阴性率过高,可达 40%。由于其属于有创性检查,且漏诊率太高,已逐渐被 MRI 替代。

3.3 CT、CT 脊髓造影(post-myelography computerized tomography, CTM)

CT 扫描可以直接观察椎管内软组织的结构,

但由于它是断层显像,扫描范围局限,因此可能遗漏有病变的节段,而且 CT 很难发现较小的肿瘤。CTM 可以更清楚地显示椎管内细微的结构,有利于发现早期病变,而且在显示脊髓多发转移病灶方面,CTM 要优于单纯脊髓造影术^[9]。CTM 是 CT 和脊髓造影术相结合的产物,也是一种有创性检查,已逐渐被 MRI 替代。

3.4 MRI

MRI 以其无创性和较高的灵敏度成为目前诊断 ISCM 最有效的检查手段,其对脊髓软组织病灶的显示尤为清晰。ISCM 在 MRI 图像上常表现为:T1WI 呈等信号,T2WI 呈高信号且不均匀。由于转移瘤周围水肿区也呈高信号,因此在 T2WI 上肿瘤与周围水肿区往往不易区分^[8-10];另外,一些原发肿瘤不明确的病变,尤其是单发病变,如胶质瘤(如星型细胞瘤、室管膜细胞瘤)和血管母细胞瘤,常常难以与脊髓原发性肿瘤相鉴别。近年来,动态增强 MRI 在临床上广泛应用,通过提高组织对比度,MRI 能够准确地区分转移瘤及周围水肿区。在增强 MRI 图像上,ISCM 多表现为环形、斑片状、结节状及斑点状强化^[11]。Rykken 等^[12]在研究中发现,在增强 MRI 图像上,“边缘征”和“火焰征”在 ISCM 诊断中具有很高的特异性,这两个征象可以作为脊髓原发性肿瘤与非中枢神经系统源性 ISCM 的鉴别特点。Rykken 等^[12]将“边缘征”定义为围绕在强化病灶周边的明显强化的薄边缘;“火焰征”定义为肿瘤上/下边缘处强化不明显的火焰形区域,为早期明确诊断 ISCM 提供了可靠的依据。

3.5 PET

PET 在恶性肿瘤的诊断中发挥重要作用,能够在早期发现肿瘤及远处转移病灶,对 ISCM 诊断的特异度和灵敏度均优于 MRI,具有良好的解剖与功能代谢显像特点,可以确定肿瘤的原发病灶及其部位、范围、大小等。通过 ¹⁸F-FDG 的摄取形态(梭形或圆形)和脊髓肿瘤的 SUV_{max},PET 在确诊 ISCM 病灶的同时还可通过全身扫描发现原发肿瘤,提高了诊断的特异度,在鉴别肿瘤的良恶性中扮演重要角色^[13]。Flanagan 等^[14]研究发现脊髓肿瘤病变中 81%的病灶均表现为代谢亢进,且平均 SUV 为 3.3。因此,对无法明确良恶性的可疑脊髓病变 PET 就成为替代 MRI 最有效的检查手段^[13]。但因其检查费用较高,临床应用受到了

限制。

4 ISCM 的治疗

4.1 外科手术

Wostrack 等^[15]回顾性分析了 9 例 ISCM 患者, 以评估减压手术对 ISCM 的疗效, 结果提示 67% 的患者疼痛缓解并且部分功能恢复, 44% 的患者实现了麦考密克评定量表得分的提高。有研究报道, 相比于保守治疗, 采取减压手术治疗后, 患者的生存期更长^[4, 16]。但是, 考虑到这些相关研究均为回顾性分析, 手术治疗后生存期延长可能是由于此类患者一般情况较好、无多发远处转移的选择性偏倚缘故所致。另外, 也有研究报道行外科手术切除 ISCM 后神经功能受损率极高^[7], 而且对于一般情况差、伴有其他部位的转移或中枢神经系统转移、年龄大的患者, 通常不建议进行手术治疗^[5], 但对于神经压迫症状进行性加重或需要明确病理诊断的患者, 可把手术治疗作为首选^[8]。

4.2 化疗

单纯化疗很少用于 ISCM 的治疗, 只有当放疗后患者病情复发或患者不再适合进行放疗或手术时可考虑化疗, 但预后很差^[9]。目前, 对 ISCM 患者行鞘内甲氨蝶呤或阿糖胞苷化疗一直备受争议, 有研究报道鞘内化疗可以改善患者的预后^[20], 但 de Azevedo 等^[21]和 Orlando 等^[22]发现化疗对于提高患者生存时间和改善生活质量是无益的。因此, 针对 ISCM 的化疗, 有必要进一步研究。

4.3 激素

激素冲击治疗常作为外科手术前后或放疗时的一种辅助性治疗, 主要用于减轻瘤周水肿, 很少单独应用于 ISCM 的治疗。由于转移瘤周边常伴有严重的水肿, 大剂量激素冲击脱水治疗可以减轻水肿, 明显改善患者的症状, 提高患者对手术或放疗的耐受性。

4.4 放疗

手术治疗可作为神经压迫症状进行性加重或需要明确病理诊断患者的首选, 但对于存在手术禁忌证的患者, 放疗可以起到与之相似的效果。Conill 等^[23]采用传统外照射技术治疗 6 例 ISCM 患者, 剂量为 27~40 Gy, 分割次数 6~20 次, 治疗结束后, 5 例患者神经系统功能得到明显改善, 中位生存时间达到 5 个月。Endo 等^[24]研究发现 ISCM 患者接受总剂

量 25~40 Gy 的照射后, 神经系统症状改善的有效率可达 84.2%。有研究认为 ISCM 患者放疗后的主要死亡原因是局部复发, 且复发者的照射剂量多数在 40 Gy 以下^[25-26]。也有文献报道放疗剂量 > 45 Gy 患者的生存期要长于剂量 < 45 Gy 的患者^[27], 适当提高剂量以控制肿瘤复发, 放疗效果还可得到进一步提高。以上研究结果均肯定了放疗对 ISCM 的治疗效果。

虽然放疗对 ISCM 的治疗效果是肯定的, 但其治疗后相应的并发症也较多。由于瘤周正常脊髓组织对单次高剂量的射线非常敏感, 所以如果放疗剂量超过脊髓的耐受量, 就可能导致脊髓水肿、组织黏连, 严重者可出现脊髓坏死、截瘫。一般认为脊髓对射线的耐受量为 45~50 Gy, 脊髓受到 50 Gy 照射时, 放射性脊髓病的发病率仅为 0.2%, 但当剂量增加到 60 Gy 时, 放射性脊髓病的发病率可增至 6%^[27]。对于单次大剂量放疗, 脊髓的耐受量尚不明确。有研究人员认为, 脊髓单次照射剂量不超过 8~10 Gy 是相对安全的^[28]; 也有研究指出, 采用 5 次分割照射, 脊髓最大单次剂量为 10 Gy 和 14 Gy 时, 放射性脊髓病的发病率分别为 0.4% 和 0.6%^[29]。

由于脊髓对射线的低耐受性, 使得传统的常规外照射放疗的治疗剂量往往低于最佳的肿瘤治疗剂量^[30-31], 而近年来出现的新型放疗技术, 如立体定向放射外科 (stereotactic radiosurgery, SRS) 和立体定向放射治疗 (stereotactic body radiotherapy, SBRT) 解决了一直困扰放疗界的难题。SRS 和 (或) SBRT 基于图像引导和精确放疗技术的发展, 利用专用设备通过立体定向技术, 实现大剂量低分割的精确放疗。SRS 和 (或) SBRT 也越来越多地应用于 ISCM 的治疗, 相比传统外照射放疗, SRS 和 (或) SBRT 能够通过高度适形的方式给予肿瘤更高的生物等效剂量, 尽可能地杀灭肿瘤细胞, 降低局部复发率。由于 ISCM 较罕见, 关于 SRS 和 (或) SBRT 治疗 ISCM 的文献尚少。Garcia 等^[29]报道了 1 例接受 SRS 治疗的 ISCM 患者, 放疗单次剂量为 14 Gy (在 74% 等剂量线上), 3 个月后 MRI 复查提示肿瘤体积缩小, 且无放射性脊髓病的发生。Parikh 等^[32]报道了 1 例接受 SBRT 的 ISCM 患者, 放疗剂量 15 Gy (3 次, 在 80% 等剂量线上), 治疗结束后影像学检查提示肿瘤体积明显缩小, 随访 26 个月, 患者神

经系统症状未出现进一步恶化,也未发生放射性脊髓病。关于SRS治疗ISCM的最新且病例最多的研究来自美国斯坦福医院,他们对9例患者的11处病灶进行了回顾性分析,发现病灶体积为0.12~0.64 cm³(中位体积0.48 cm³),给予患者12~27 Gy(中位剂量21 Gy)的剂量照射,分割次数1~5次(中位3次),随访时间14个月,结果表明1例患者的生存期为14个月,其余8例患者平均生存期为4个月,在随访期间所有患者均未出现局部复发和脊髓的放射性损伤。这9例患者在放疗前均存在神经系统功能缺陷和多发的远处转移,研究人员认为原发肿瘤的多系统转移是导致该项研究中患者生存期较短的根本原因^[5]。根据目前已报道的病例,SRS和(或)SBRT在治疗ISCM方面是安全、有效的。

因此,针对全身情况好、预期生存期长的ISCM患者,可行外照射长程放疗,延长患者生存期。由于绝大多数ISCM患者伴有多发脑转移、神经系统功能缺陷、一般情况差、预期生存期短的情况,因此在不超过脊髓耐受量的情况下,短程放疗SRS和(或)SBRT适用于大部分ISCM患者^[26]。放疗在ISCM的治疗中将会有更好的前景,值得进一步研究。

5 小结与展望

目前ISCM主要依靠MRI和PET进行诊断,增强MRI扫描中“边缘征”和“火焰征”具有极高的特异性。由于肿瘤患者多数年龄较大、晚期常为多发转移且身体情况较差,同时脊髓手术风险大,因此很少采用外科手术治疗ISCM。单纯化疗效果较差,一般也不建议使用。SRS和(或)SBRT等新型放疗技术的发展实现了对脊髓肿瘤的大剂量低分割的精确放疗,具有较好的前景。根据目前已报道的病例,SRS和(或)SBRT在治疗ISCM方面是安全、有效的。但有学者认为目前的报道中ISCM患者例数较少,生存期短,有限的随访时间可能掩盖SRS和(或)SBRT潜在的远期放射性脊髓损伤。相信随着技术的不断发展和完善,ISCM患者将得到早期诊断、早期治疗,从而延长患者的生存期,提高患者的生活质量。

利益冲突 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,不涉及任何利益冲突。

作者贡献声明 王丽丽负责论文设计、文献的查阅并进行分析、论

文撰写工作;张洪明负责论文修改工作;李险峰负责论文的立题和审阅工作。

参 考 文 献

- [1] Lunardi P, Corinaldesi R, Lunardi T, et al. Solitary intramedullary spinal cord metastasis from colon carcinoma: a case report and literature review[J]. *Open J Modern Neurosurg*, 2014, 4(1): 47-51. DOI: 10.4236/ojmn.2014.41011.
- [2] Khoshnevisan A, Abdollahzade S, Jahanzad I, et al. Intramedullary spinal cord metastasis from endometrioid adenocarcinoma[J]. *Arch Iran Med*, 2014, 17(4): 293-296. DOI: 014174/AIM.0013.
- [3] Yang KH, Lee HR, Yi SY, et al. Intramedullary spinal cord metastasis from rectal cancer[J]. *Ann Coloproctol*, 2014, 30(5): 237-240. DOI: 10.3393/ac.2014.30.5.237.
- [4] Kalayci M, Çağavi F, Gül S, et al. Intramedullary spinal cord metastases: diagnosis and treatment—an illustrated review[J]. *Acta neurochirurgica(Wien)*, 2004, 146(12): 1347-1354. DOI: 10.1007/s00701-004-0386-1.
- [5] Veeravagu A, Lieberman RE, Mener A, et al. Cyber knife stereotactic radiosurgery for the treatment of intramedullary spinal cord metastases[J]. *J Clin Neurosci*, 2012, 19(9): 1273-1277. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.02.002.
- [6] 王真, 张建民. 脊髓髓内肿瘤的诊断及显微手术治疗[J]. *实用肿瘤杂志*, 2004, 19(4): 333-335. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1692.2004.04.022.
Wang Z, Zhang JM. Diagnosis and microsurgery of intramedullary tumors[J]. *J Prac Oncol*, 2004, 19(4): 333-335.
- [7] Sutter B, Arthur A, Laurent J, et al. Treatment options and time course for intramedullary spinal cord metastasis. Report of three cases and review of the literature[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 1998, 4(5): e3[2017-6-4]. <http://thejns.org/doi/pdf/10.3171/foc.1998.4.5.6>. DOI: 10.3171/foc.1998.4.5.6.
- [8] Diehn FE, Rykken JB, Wald JT, et al. Intramedullary spinal cord metastases: prognostic value of MRI and clinical features from a 13-year institutional case series[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015, 36(3): 587-593. DOI: 10.3174/ajnr.A4160.
- [9] Mechtler LL, Nandigam K. Spinal cord tumors: new views and future directions[J]. *Neurol Clin*, 2013, 31(1): 241-268. DOI: 10.1016/j.ncl.2012.09.011.
- [10] 邹杰, 李林, 许健. 脊髓转移瘤的MRI诊断[J]. *中华神经医学杂志*, 2009, 8(3): 288-290. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2009.03.021.
Zou J, Li L, Xu J. Magnetic resonance imaging-based diagnosis of intramedullary spinal cord metastases[J]. *Chin J Neuromed*, 2009, 8(3): 288-290.
- [11] 张静, 王培军, 袁小东, 等. 脊髓髓内转移性肿瘤的MRI诊断及鉴别诊断[J]. *中国医学影像技术*, 2007, 23(6): 852-854. DOI: 10.3321/j.issn:1003-3289.2007.06.020.
Zhang J, Wang PJ, Yuan XD, et al. MR imaging diagnosis and differential diagnosis of intramedullary spinal cord metastasis[J].

- Chin J Med Imaging Technol, 2007, 23(6): 852–854.
- [12] Rykken JB, Diehn FE, Hunt CH, et al. Rim and flame signs: postgadolinium MRI findings specific for Non-CNS intramedullary spinal cord metastases[J]. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013, 34(4): 908–915. DOI: 10.3174/ajnr.A3292.
- [13] Mostardi PM, Diehn FE, Rykken JB, et al. Intramedullary spinal cord metastases: visibility on PET and correlation with MRI features[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014, 35(1): 196–201. DOI: 10.3174/ajnr.A3618.
- [14] Flanagan EP, Hunt CH, Lowe V, et al. ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose-positron emission tomography in patients with active myelopathy[J]. *Mayo Clin Proc*, 2013, 88(11): 1204–1212. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.07.019.
- [15] Wostrack M, Pape H, Kreutzer J, et al. Surgical treatment of spinal intradural carcinoma metastases[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2012, 154(2): 349–357. DOI: 10.1007/s00701-011-1204-1.
- [16] Dam-Hieu P, Seizeur R, Mineo JF, et al. Retrospective study of 19 patients with intramedullary spinal cord metastasis[J]. *Clin Neurol neurosurg*, 2009, 111(1): 10–17. DOI: 10.1016/j.clineuro.2008.06.019.
- [17] Mut M, Schiff D, Shaffrey ME. Metastasis to nervous system: spinal epidural and intramedullary metastases[J]. *J Neurooncol*, 2005, 75(1): 43–56. DOI: 10.1007/s11060-004-8097-2.
- [18] Lee SS, Kim MK, Sym SJ, et al. Intramedullary spinal cord metastases: a single-institution experience[J]. *J Neurooncol*, 2007, 84(1): 85–89. DOI:10.1007/s11060-007-9345-z.
- [19] Rades D, Abrahm JL. The role of radiotherapy for metastatic epidural spinal cord compression[J]. *Nat Rev Clin Oncol*, 2010, 7(10): 590–598. DOI: 10.1038/nrclinonc.2010.137.
- [20] Waki F, Ando M, Takashima A, et al. Prognostic factors and clinical outcomes in patients with leptomeningeal metastasis from solid tumors[J]. *J Neurooncol*, 2009, 93(2): 205–212. DOI:10.1007/s11060-008-9758-3.
- [21] de Azevedo CS, Cruz MR, Chinen LT, et al. Meningeal carcinomatosis in breast cancer: prognostic factors and outcome[J]. *J Neurooncol*, 2011, 104(2): 565–572. DOI: 10.1007/s11060-010-0524-y.
- [22] Orlando L, Curigliano G, Colleoni M, et al. Intrathecal chemotherapy in carcinomatous meningitis from breast cancer[J]. *Anticancer Res*, 2002, 22(5): 3057–3059.
- [23] Conill C, Marruecos J, Verger E, et al. Clinical outcome in patients with intramedullary spinal cord metastases from lung cancer[J]. *Clin Transl Oncol*, 2007, 9(3): 172–176. DOI: 10.1007/s12094-007-0031-6.
- [24] Endo S, Hida K, Yano S, et al. Intramedullary spinal cord metastasis treated with radiation therapy: report of 3 cases[J]. *No Shinkei Geka*, 2008, 36(4): 345–349.
- [25] 高耀明, 董天华. 脊髓肿瘤的放射治疗与脊髓耐受量的关系探讨[J]. *苏州医学院学报*, 1993, 13(1): 27–28.
Gao YM, Dong TH. The relationship between radiotherapy and spinal cord tolerance of spinal cord tumors[J]. *Acta Acad Med Suzhou*, 1993, 13(1): 27–28.
- [26] Hashii H, Mizumoto M, Kanemoto A, et al. Radiotherapy for patients with symptomatic intramedullary spinal cord metastasis[J]. *J Radiat Res*, 2011, 52(5): 641–645. DOI: 10.1269/jrr.10187.
- [27] Corradini S, Hadi I, Hankel V, et al. Radiotherapy of spinal cord gliomas: A retrospective mono-institutional analysis[J]. *Strahlenther Onkol*, 2016, 192(3): 139–145. DOI: 10.1007/s00066-015-0917-0.
- [28] Park HK, Chang JC. Review of stereotactic radiosurgery for intramedullary spinal lesions[J]. *Korean J Spine*, 2013, 10(1): 1–6. DOI: 10.14245/kjs.2013.10.1.1.
- [29] Garcia R, Sallabanda K, Santa-Olalla I, et al. Robotic radiosurgery for the treatment of intramedullary spinal cord metastases: a case report and literature review[J/OL]. *Cureus*, 2016, 8(5): e609[2017-3-11]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4905706/pdf/cureus-0008-000000000609.pdf>. DOI:10.7759/cureus.609.
- [30] Mori Y, Hashizume C, Shibamoto Y, et al. Stereotactic radiotherapy for spinal intradural metastases developing within or adjacent to the previous irradiation field. Report of three cases[J]. *Nagoya J Med Sci*, 2013, 75(3/4): 263–271.
- [31] Mori Y, Kawamura T, Ohshima Y, et al. Stereotactic radiotherapy for cervical spinal intramedullary metastasis and multiple brain metastases: a case report[J/OL]. *Cureus*, 2016, 8(4): e590[2017-3-11]. <http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC4889451&blobtype=pdf>. DOI:10.7759/cureus.590.
- [32] Parikh S, Heron DE. Fractionated radiosurgical management of intramedullary spinal cord metastasis: A case report and review of the literature[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2009, 111(10): 858–861. DOI: 10.1016/j.clineuro.2009.06.008.

(收稿日期:2017-03-12)