

• 脑功能成像影像学专题 •

偏瘫型脑性瘫痪患儿皮质脊髓束的 MR 扩散张量成像

张俊成, 赵相胜, 陈艳娟, 王秀河

【摘要】 目的:探讨磁共振扩散张量成像(DTI)及白质纤维束成像(FT)技术对评价偏瘫型脑性瘫痪患儿皮质脊髓束损伤的临床应用价值。**方法:**选取 12 例临床确诊为偏瘫型脑性瘫痪患儿和 12 例年龄匹配的健康婴幼儿进行常规 MRI 和 DTI 检查,重建皮质脊髓束图,采用 Peabody 运动发育量表总运动商(TMQ)对患儿运动功能进行评分,按轻、中、重度功能障碍对患儿进行分组。分析大脑脚、内囊后肢、放射冠及半卵圆中心的部分各向异性值(FA),计算左右两侧皮质脊髓束 FA 值的不对称差异度(Δ FA)并进行统计学分析。**结果:**纤维束成像图显示偏瘫患侧皮质脊髓束稀疏、受压变形、移位和部分中断;配对资料 t 检验显示偏瘫组患侧各兴趣区 FA 值均较健侧对应部位显著减低($P < 0.01$)。偏瘫组各部位 Δ FA 与正常对照组比较差异有统计学意义($P < 0.05$),Pearson 相关分析显示皮质脊髓束两侧的 Δ FA 均数与总运动商(TMQ)评分呈负相关($r = -0.764, P = 0.004$)。患侧皮质脊髓束在示踪图上的损伤分级与总运动商(TMQ)分组间具有相关性($\chi^2 = 6.942, P = 0.018$)。**结论:**扩散张量成像和白质纤维束成像在评价偏瘫型脑性瘫痪患儿脑内皮质脊髓束的变化方面具有较高的应用价值。

【关键词】 扩散张量成像; 婴幼儿; 皮质脊髓束; 偏瘫; 脑性瘫痪

【中图分类号】 R445.2; R742.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)03-0268-04

A study of diffusion tensor MR imaging of the corticospinal tract in hemiparetic infants with cerebral palsy ZHANG Jun-cheng, ZHAO Xiang-sheng, CHEN Yan-juan, et al. Department of Radiology, Jiangmen Wuyi TCM Hospital, Guangdong 529031, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the value of diffusion tensor imaging (DTI) and fiber tractography (FT) for evaluating the injury of the corticospinal tract (CST) in hemiparetic infants with cerebral palsy (CP). **Methods:** Twelve hemiparetic infants with CP and 12 age-matched healthy infants underwent routine MRI and DTI. Peabody Developmental Motor Scales 2 (PDMS-2) TMQ of all cases were recorded and classified into mild, moderate and severe types by PDMS-2 (TMQ). 3D tractography of bilateral CST of all patients were created. Fractional anisotropy (FA) values were measured in cerebral peduncle, the posterior limb of internal capsule corona radiate and centrum semiovale. The asymmetric anisotropy index (Δ FA) between right and left corticospinal tracts was estimated. **Results:** Compared with the unaffected CST in hemiparetic infants with CP, visual investigation of WM fiber tracts showed that the affected CST were sparsed, compressed, displaced and partial broken. All cases of the affected CST showed a significant FA reduction in all ROIs ($P < 0.01$). Compared with the age-matched controls, all patients showed significant asymmetric anisotropy (Δ FA) in all ROIs ($P < 0.01$). Average Δ FA of CST was correlated negatively with score of TMQ ($r = -0.764, P = 0.004$). Difference between injured classification of CST and the degree of TMQ was statistically significant by Fisher's Exact Test ($\chi^2 = 6.942, P = 0.018$). **Conclusion:** DTI and FT have a high application value in the assessment of the corticospinal tract in hemiparetic infants with cerebral palsy.

【Key words】 Diffusion tensor imaging; Infant; Corticospinal tract; Hemiparesis; Cerebral palsy

常规磁共振成像可为脑性瘫痪患儿提供客观的脑损伤形态学信息,而扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)在一定程度上可以无创性地反映活体脑白质纤维束的完整程度,有利于确立康复治疗计划^[1]。皮质脊髓束被认为是与脑瘫患儿出现运动功能障碍相关的传导通路。本研究利用扩散张量成像及白质纤维束成像(fiber tractography, FT)技术评估偏瘫

型脑瘫患儿脑内皮质脊髓束的受损情况,分析患侧皮质脊髓束损伤与运动功能障碍程度的相关性,旨在为临床诊疗提供客观的参考依据。

材料与方法

1. 一般资料

搜集 2010 年—2012 年符合 2004 年中华医学会儿科学分会神经学组通过的脑瘫诊断及分型标准的痉挛性偏瘫型脑性瘫痪患儿 12 例,男 7 例,女 5 例;左侧偏瘫 9 例,右侧偏瘫 3 例;年龄 20~28 个月,平均为 24 个月;早产儿 8 例,足月儿 4 例。入选标准:半侧肢

作者单位: 529031 广东,江门市五邑中医院放射科(张俊成,赵相胜); 529020 广东,江门市妇幼保健院康复科(陈艳娟); 510630 广州,暨南大学附属第一医院放射科(王秀河)

作者简介:张俊成(1977—),男,广东江门人,主治医师,主要从事 MRI 诊断工作。

通讯作者:赵相胜, E-mail: wszhxs@vip.sina.com

基金项目:江门市科技计划项目(江科 201191-21)

体受累,患侧肢体感觉、协调及手精细活动功能障碍,并伴随至少一个瘫痪侧肌张力增高、腱反射亢进、浅放射消失或出现“病理反射”等上运动神经元瘫痪表现。由具有副高职称的儿科康复专业医师进行诊断。另外选取 12 例年龄匹配、运动功能正常、神经系统检查阴性的因其他原因就诊的婴幼儿作为正常对照组。

2. 运动功能评估

所有患儿采用 Peabody 运动发育量表(Peabody developmental motor scales-2, PDMS-2)进行运动功能评分。PDMS-2 提供的总运动商(total motor quotient, TMQ)是由粗大运动商(gross motor quotient, GMQ)及精细运动商(fine motor quotient, FMQ)综合分析得出,能客观评价婴幼儿神经运动功能情况。根据患儿的 TMQ 值进行分组,80~89 为轻度组,70~79 中度组,35~69 为重度组。

3. 检查方法

扫描前患儿均采用 10%水合氯醛溶液口服或灌肠,剂量为 0.5~1.0 ml/kg,熟睡后进行颅脑磁共振扫描,采用 GE Signa HDxt 1.5T 磁共振扫描仪,梯度场强 33 mT/m,梯度场切换率 130 mT/(m·s),8 通道头颈联合线圈,扫描序列包括横轴面 T₁ FLAIR、T₂ WI、T₂ FLAIR 及 DTI,矢状面 T₁ FLAIR。DTI 检查采用 SE-EPI 序列,扫描参数:TR 8000,TE 97 ms,矩阵 128×128,视野 22 cm×22 cm,扫描层面平行于前后联合连线,采集次数 1,b 值 1000 s/mm²,15 个扩散敏感梯度方向。

4. 数据处理

利用 GE ADW4.4 工作站 Functool 2 软件对 DTI 图像进行后处理,用种子法先标记大脑脚的皮质脊髓束,进行双侧皮质脊髓束追踪,获得三维皮质脊髓束示踪图像,相关参数:角阈值 45°,各向异性阈值 0.18,纤维束为 FA 加权色。兴趣区在彩色张量图上选定,分别在双侧鞍上池层面大脑脚、基底节层面的内囊后肢、放射冠、中央前回对应的半卵圆中心进行部分各向异性值(fractional anisotropy, FA)测量(图 1)。所有兴趣区大小 15~30 mm²。上述各兴趣区取 3~5 个取样点,所测量的指标均取平均值。皮质脊髓束左右两侧 FA 值的不对称差异度(ΔFA)采用公式(1)计算:

$$\Delta FA = 100\% \times \frac{|L-R| \times 2}{(L+R)} \tag{1}$$

皮质脊髓束ΔFA 的均数为大脑脚、内囊后肢、放射冠及半卵圆中心ΔFA 值之和的平均值。

5. 统计学分析

使用 SPSS 16.0 软件进行统计学分析,皮质脊髓束各兴趣区 FA 值和ΔFA 的比较采用配对资料 *t* 检

验,皮质脊髓束ΔFA 的均数与 TMQ 评分的相关性采用 Pearson 相关分析法。患侧皮质脊髓束损伤分级与 TMQ 评分分组间的关系采用行×列表资料 Fisher's 精确概率法。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

9 例偏瘫型患儿常规 MRI 上表现为脑发育不良、脑萎缩、局部脑白质体积减少、脑室扩大及脑软化灶形成。3 例常规 MRI 未见明显形态学异常表现。

偏瘫组患侧各兴趣区 FA 值均较健侧相应部位显著减低(表 1),差异有统计学意义(*P*<0.01)。

表 1 患儿组皮质脊髓束各兴趣区 FA 值

部位	患侧	健侧	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
大脑脚	0.251±0.078	0.343±0.099	-4.816	0.001
内囊后肢	0.359±0.065	0.450±0.084	-5.064	<0.001
放射冠	0.332±0.061	0.473±0.120	-6.295	<0.001
半卵圆中心	0.344±0.082	0.453±0.080	-5.278	<0.001

偏瘫组皮质脊髓束各兴趣区的ΔFA 均显著高于正常对照组,差异有统计学意义(*P*<0.01,表 2)。Pearson 相关分析显示皮质脊髓束两侧ΔFA 的均数与总运动商(TMQ)评分呈负相关关系(*r*=-0.764,*P*=0.004),ΔFA 值越高、TMQ 商值越低。

表 2 偏瘫组与对照组皮质脊髓束各兴趣区ΔFA

感兴趣区	偏瘫组	对照组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
大脑脚	30.92±21.91	2.53±2.43	4.497	0.001
内囊后肢	21.92±14.72	2.00±1.86	4.785	0.001
放射冠	27.00±12.23	2.00±1.46	7.012	0.000
半卵圆中心	28.08±19.51	4.75±6.12	4.441	0.001

示踪图示双侧皮质脊髓束自中央前回下行放射冠、内囊后肢、大脑脚并延续至脑桥。患侧皮质脊髓束损伤情况分为 2 级。Ⅰ级(图 1):皮质脊髓束患侧相对于对侧纤维束稀疏纤细,纤维条数量显著少于对侧,走行不规则,但无中断破坏表现,本组共 3 例;Ⅱ级(图 2):除Ⅰ级表现外合并患侧皮质脊髓束大脑软化灶附近纤维束中断或破坏,本组共 9 例,其中 2 例患侧皮质脊髓束无法成像(图 3)。患侧皮质脊髓束损伤分级与总运动商(TMQ)评分间具有相关性($\chi^2=6.942$,*P*=0.018),患侧皮质脊髓束损伤越重、TMQ 评分越低。

讨 论

脑性瘫痪是导致儿童残障的主要成因,痉挛性偏瘫型患儿约占所用脑瘫类型的 1/3,其主要表现为患侧肢体运动功能障碍和异常姿势。皮质脊髓束是连接皮质和皮质下中枢的投射纤维,它起始于中央前回,经过半卵圆、放射冠,进入介于丘脑、豆状核之间的内囊后肢部分,下行至大脑脚直达脑桥、延髓,途中参与多条神经的传导环路。一侧的皮质脊髓束传导通路的受损会导致对侧肢体的运动功能障碍及肌力下降。

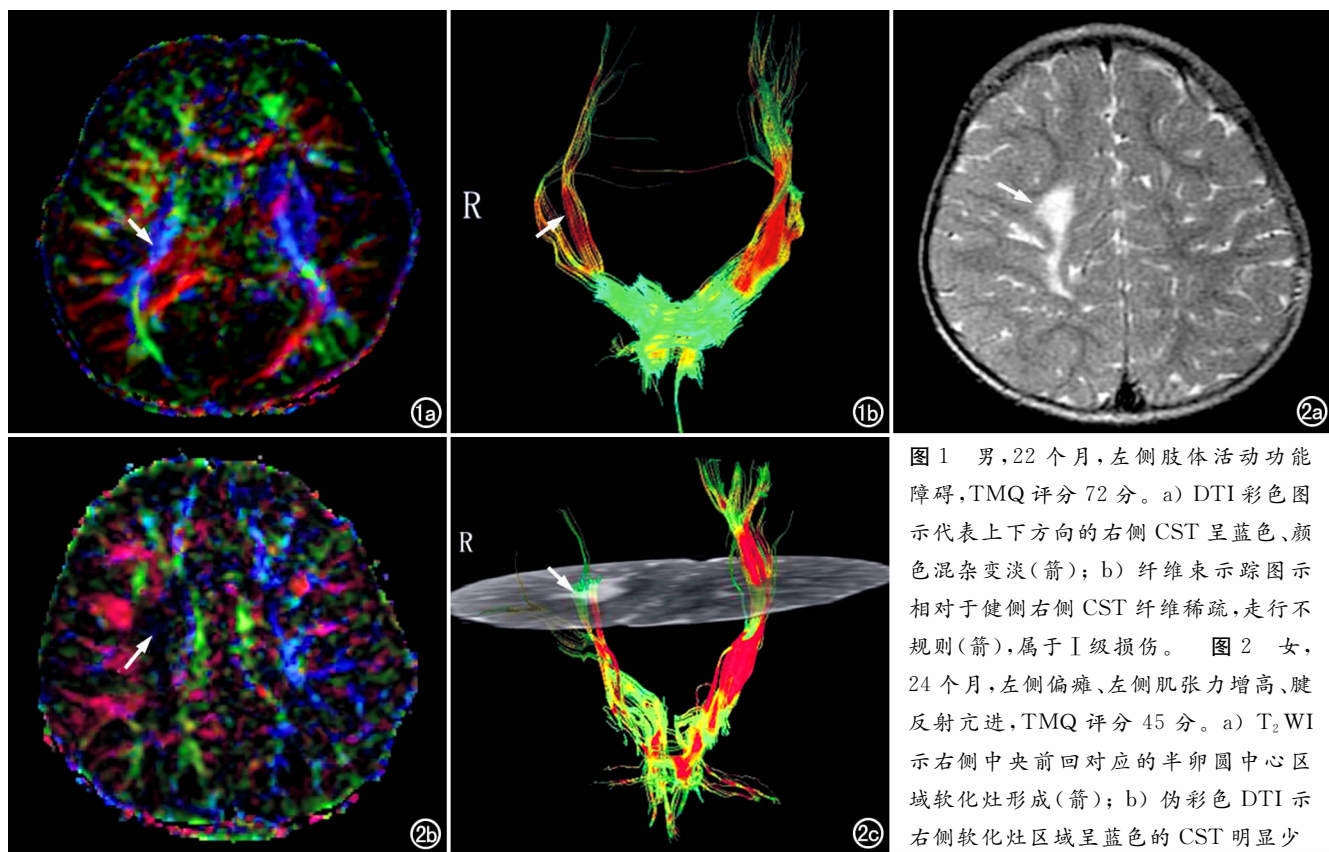


图 1 男, 22 个月, 左侧肢体活动功能障碍, TMQ 评分 72 分。a) DTI 彩色图指示代表上下方向的右侧 CST 呈蓝色、颜色混杂变淡(箭); b) 纤维束示踪图指示相对于健侧右侧 CST 纤维稀疏, 走行不规则(箭), 属于 I 级损伤。图 2 女, 24 个月, 左侧偏瘫、左侧肌张力增高、腱反射亢进, TMQ 评分 45 分。a) T₂WI 示右侧中央前回对应的半卵圆中心区域软化灶形成(箭); b) 伪彩色 DTI 示右侧软化灶区域呈蓝色的 CST 明显少

于健侧镜像区域(箭); c) 纤维束示踪图指示右侧 CST 纤维束稀疏, 并于软化灶处中断破坏(箭), 属于 II 级损伤。

1. 偏瘫患儿皮质脊髓束损伤与 FA 值关系

研究髓鞘包裹的白质纤维组织主要量化指标是各向异性值(FA)。FA 值是反映组织扩散各向异性的一种系数。脑白质内水分子的扩散属于各向异性扩散; 正常婴幼儿随着年龄增大, 髓鞘形成, 水含量减少, 各向异性增加, 平均扩散度降低。脑损伤后引致轴突完整性破坏, 髓鞘发育落后, 导致水分子扩散各向异性减少^[2]。测量 FA 值为脑瘫患儿白质纤维束研究提供量化支持依据。围生期前及围生期时低氧引起中央前回及旁小叶前部的锥体细胞损伤或脑室周围动脉边缘区

域缺血, 脑白质发生水肿和坏死, 形成软化灶是痉挛性脑瘫形成的原发性病因^[3]。皮质脊髓束下行经过区域如内囊后肢、大脑脚的损害则是继发性改变, 即神经元胞体或病变上段轴突完整性破坏致皮质脊髓束远段轴突发生 Wallerian 变性。本研究中发现偏瘫患儿患侧皮质脊髓束走行区各兴趣区的 FA 值均较健侧降低, 此结果与有关报道一致^[4]。

关于脑瘫的病因, 除部分患者在磁共振检查形态学上可明确显示病灶外, 相当一部分的脑瘫患儿常规 MRI 未见异常。本组 3 例常规 MRI 及白质纤维束成

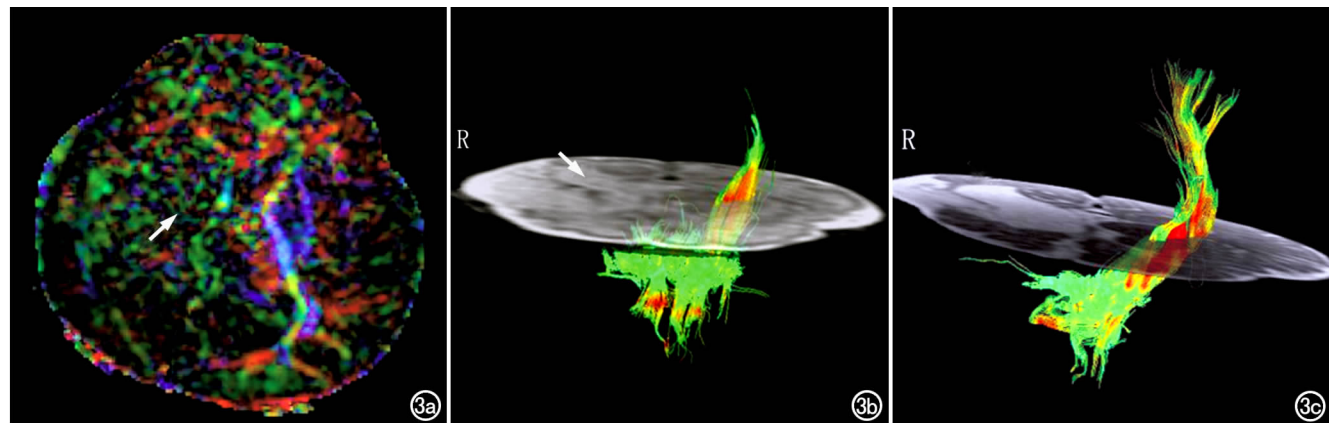


图 3 女, 20 个月, 左侧肢体无法活动, TMQ 评分 35 分。a) DTI 伪彩图指示右侧上下走行的呈蓝色的内囊后肢消失(箭); b) 6 个月时右侧大脑半球软化灶并发脑穿通畸形(箭), 纤维束示踪图指示右侧 CST 未见显示; c) 康复治疗 14 个月后复查, 纤维束示踪图指示右侧大脑半球 CST 仍未见显示, 患者肢体运动功能恢复较差。

像均未见异常的轻度偏瘫患儿,测量患侧皮质脊髓束 FA 值均发现较健侧下降。韩国学者 Son 等^[5]认为这类常规 MRI 未见异常的偏瘫患儿的病因灶则是偏瘫受损侧的脑室周围白质,因为此类患儿脑室周围白质 FA 值较对侧下降,而 ADC 值增高,表明此区域白质纤维束的轴突或(和)髓鞘变性受损。而且脑室旁白质是原发性局灶性受损区域,而不是继发性变性。因此,对于无明确病因解释的偏侧性运动功能障碍而常规 MRI 未见异常时,建议进行 DTI 检查了解白质纤维束情况。

2. 偏瘫患儿 Δ FA 值与运动功能障碍的关系

不同年龄段的小儿皮质脊髓束的各向异性差异较大,用 FA 值不对称性差异度(Δ FA)来评价偏瘫状态可消除由于年龄不同所致的 FA 绝对值的个体差异。Ludeman 等^[6]在对 21 例 30 个月以内有运动功能障碍的患儿和年龄相匹配的对照组婴幼儿的 DTI 对比研究中,提出 DTI 的部分参数指标与患儿的运动功能障碍程度有良好的相关性。而多数学者在评价偏瘫性运动功能障碍患者的白质纤维束的研究中均采用不对称性差异度(Δ FA)这一指标。Glen 等^[7]对不同偏瘫程度脑瘫患儿的 Δ FA 值进行比较,发现轻、中、重度组间 FA 的不均匀性差异度的差异均有统计学意义,其 Δ FA 值在轻、中、重度组间均呈线性升高趋势, Δ FA 值越大,偏瘫程度越严重,提出通过计算患侧与健侧的 Δ FA 可以评估偏瘫的严重程度。本研究结果显示,偏瘫患侧皮质脊髓束各兴趣区的 Δ FA 平均值与总运动商评分呈负相关关系。由此可见, Δ FA 是评价偏瘫患儿运动功能障碍程度有效的量化指标,对患儿的预后有一定预测价值。

3. 皮质脊髓束示踪成像特点及其对运动功能康复的评估价值

皮质脊髓束由于具有纤维排列紧密和走行连续性的特点,特别适合扩散张量为基础的纤维束成像,能够直观立体地显示神经纤维束的走行分布及其完整性,并能显示损伤灶与受损纤维的关系。本研究通过 FT 图来分析患侧皮质脊髓束的完整性、形态及其走行情况,发现 TMQ 评分越低,患侧皮质脊髓束的纤维数量越少,完整性越差。追踪随访治疗效果,发现皮质脊髓束 I 级损伤者经康复治疗,运动功能恢复较好,说明早期发现白质损伤,及时进行干预治疗对减轻偏瘫的进展有重要意义;皮质脊髓束纤维断裂破坏者,肢体症状则无明显改善。本组资料中 2 例患儿因患侧脑白质太少,未能成功重组出患侧皮质脊髓束的示踪图,提示扩散方向性极差,神经纤维受损严重,经康复治疗

复查,患侧皮质脊髓束仍然无法重组而显示,患侧肢体运动功能恢复较差,可见 FT 对预测偏瘫患儿运动功能的康复可发挥一定作用。

本研究中偏瘫组健侧纤维束与正常对照组从肉眼上观察未发现有明显差异,但 Thomas 等^[8]研究中通过特殊软件计算发现偏瘫患儿皮质脊髓束健侧纤维束数量多于正常对照组,提示脑瘫患儿健侧纤维束发生组织代偿性改变。

4. 本研究不足之处

本研究样本量较少,且轻、重度组间样本比例失衡,轻度组数量相对偏少,今后还需扩大样本量,以得出更为可靠、更具统计学意义的结果;另外,偏瘫研究需注意性别的差异、利手及偏侧等问题,而且还需进行复查,以进一步确定 FA 值能否作为评价预后的良好指标。

总之,通过扩散张量和白质纤维束成像能客观评价偏瘫型脑性瘫痪患儿皮质脊髓束的损害情况,为偏瘫患儿的诊治及预后评价提供有价值的影像信息。

参考文献:

- [1] 丁忠祥,袁建华. 儿童脑性瘫痪的磁共振研究及进展[J]. 放射学实践,2008,23(11):1278-1279.
- [2] Provenzale JM, Isaacson J, Chen S, et al. Correlation of apparent diffusion coefficient and fractional anisotropy values in the developing infant brain[J]. AJR,2010,195(6):456-462.
- [3] Brissaud O, Amirault M, Villega F, et al. Efficiency of fractional anisotropy and apparent diffusion coefficient on diffusion tensor imaging in prognosis of neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy: a methodologic prospective pilot study[J]. AJNR,2010,31(2):282-287.
- [4] 王珊珊,范国光,王慈,等. MR 扩散张量成像评价脑室旁白质软化症脑性瘫痪患儿认知功能的研究[J]. 中华放射学杂志,2010,46(3):203-208.
- [5] Son SM, Ahn YH, Sakong J, et al. Diffusion tensor imaging demonstrates focal lesions of the corticospinal tract in hemiparetic patients with cerebral palsy[J]. Neurosci Lett,2007,420(1):34-38.
- [6] Ludeman NA, Berman JI, Wu, et al. Diffusion tensor imaging of the pyramidal tracts in infants with motor dysfunction[J]. Neurology,2008,71(21):1676-1682.
- [7] Glen OA, Ludeman NA, Berman JI, et al. Diffusion tensor MR imaging tractography of the corticospinal tracts correlates with clinical motor function in children with congenital hemiparesis[J]. AJNR,2007,28(9):1796-1802.
- [8] Thomas B, Eyssen M, Peeters R, et al. Quantitative diffusion tensor imaging in cerebral palsy due to periventricular white matter injury[J]. Brain,2005,128(11):2562-2577.

(收稿日期:2012-09-13 修回日期:2012-01-11)