

• 中枢神经影像学 •

多 b 值 DWI 在儿童脑肿瘤中的初步研究

李玉华, 陆建平, 段秀杰, 张忠阳

【摘要】 目的:探讨多 b 值 DWI 在儿童脑肿瘤中的应用价值。**方法:**对 31 例脑肿瘤患儿行 EPI-DWI 扫描, 采用 0~4000 s/mm² 之间的 12 个 b 值。按照单指数模型计算低 b 值 ADC (ADC_{low}) ($b \leq 200$ s/mm²)、高 b 值 ADC (ADC_{high}, $200 \text{ s/mm}^2 < b \leq 4000 \text{ s/mm}^2$) 和标准 ADC (ADC_{standard}, $0 \text{ s/mm}^2 < b \leq 4000 \text{ s/mm}^2$); 按照双指数模型计算快 ADC (ADC_{fast})、慢 ADC (ADC_{slow}) 和 ADC_{fast} 所占比例; 用传统的单指数衰减模型计算 $b=800 \text{ s/mm}^2$ 时的 ADC 值。全部病例均经病理证实, 分为低级别肿瘤组和高级别肿瘤组, 比较这些参数在两组肿瘤中的鉴别诊断价值。**结果:**ADC_{low}、ADC_{high}、ADC_{standard}、传统的 ADC、ADC_{fast} 和 ADC_{slow} 在儿童高、低级别脑肿瘤间的差异均具有显著性意义 (P 均 < 0.05)。ADC_{slow} 在高、低级别脑肿瘤间的差异最大。**结论:**当 b 值在较大范围取值时, 双指数模型能反映更多儿童脑肿瘤的组织特征, 代表细胞内水分子扩散的 ADC_{slow} 值在儿童高、低级别脑肿瘤间差异最大, 此结论尚需大样本进一步验证。

【关键词】 磁共振成像; 扩散加权成像; 脑肿瘤; 儿童; 表观扩散系数

【中图分类号】 R445.2; R729 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)02-0159-05

A preliminary study of pediatric brain tumors using multi-component diffusion weighted imaging LI Yu-hua, LU Jian-ping, DUAN Xiu-jie, et al. Department of Radiology, the Affiliated Changhai Hospital, the Second Military Medical University, Shanghai 200093, P. R. China

【Abstract】 Objective: The aim of this study was to explore the value of multi-component apparent diffusion coefficients in pediatric brain tumors. **Methods:** 31 children with brain tumors underwent brain MR scan by adopting twelve b-factors from 0 to 4000s/mm² using EPI sequence. Firstly, using monoexponential model on three different b-factor ranges, we got low b ADC (ADC_{low}, $b \leq 200 \text{ s/mm}^2$), high b ADC (ADC_{high}, $200 \text{ s/mm}^2 < b \leq 4000 \text{ s/mm}^2$) and the standard ADC (ADC_{standard}, $0 \text{ s/mm}^2 < b \leq 4000 \text{ s/mm}^2$). Secondly, using biexponential model, we got fast ADC (ADC_{fast}), slow ADC (ADC_{slow}) and the fraction of fast diffusion component. The traditional single ADC with $b=800 \text{ s/mm}^2$ was also computed. All cases were confirmed by pathology and were divided into low-grade tumors and high-grade tumors. The parameters were compared between the two groups in order to evaluate their significance in differential diagnosis. **Results:** ADC_{low}, ADC_{high}, ADC_{standard}, the traditional ADC, ADC_{fast} and ADC_{slow} between low grade and high grade brain tumors in children had significant differences ($P < 0.05$). The difference of ADC_{slow} between two groups was more prominent than other parameters. **Conclusion:** When sampled over an extended b-factor ranges, biexponential model can provide additional tissue characteristics of pediatric brain tumors. The difference of ADC_{slow} between the high and low grade pediatric brain tumors is the most prominent. This conclusion needs to be further proved by a large sample study.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Diffusion weighted imaging; Brain neoplasms; Child; Apparent diffusion coefficient

儿童脑肿瘤的发生率在儿童肿瘤中仅次于白血病而居第二位^[1], 术前及时正确的诊断, 对手术成功至关重要。神经影像学已从单纯提供肿瘤解剖信息发展到提供肿瘤的病理生理变化, 进而对脑肿瘤进行诊断和分级, 监测和评估疗效及预后。

近年来, DWI 已经普遍应用于肿瘤的诊断与鉴别诊断, 它是基于对两个不同 b 值图像信号变化的分析。最新研究发现活体脑内水信号的衰减和快 ADC 及慢 ADC 相关^[2,3]。快、慢两种扩散成分分别代表细胞外和细胞内水分子, 它可能比传统 DWI 更有意义。

目前国内尚未见相关研究, 国外也仅少量文献报道^[2,4]。本研究尝试利用多 b 值 DWI 的双指数及单指数模型的参数分析儿童不同级别脑肿瘤的变化规律, 探讨多 b 值 DWI 在儿童脑肿瘤中的临床应用前景。

材料与方法

1. 临床资料

搜集经病理证实的儿童脑肿瘤 31 例, 男 20 例, 女 11 例, 年龄 4 个月~10 岁, 平均 (3.16 ± 2.31) 岁。其中髓母细胞瘤 6 例、松果体母细胞瘤 2 例、非典型畸胎样/横纹肌样肿瘤(AT/RT) 2 例、原始神经外胚层肿瘤(PNET) 1 例、胶质母细胞瘤 1 例、室管膜母细胞瘤 1 例、生殖细胞瘤 1 例、室管膜瘤 2 例、毛细胞型星形细胞瘤 6 例、Ⅱ级星形细胞瘤 5 例、胚胎发育不良性神

作者单位: 200433 上海, 第二军医大学附属长海医院放射科(李玉华、陆建平); 上海交通大学医学院附属新华医院放射科(段秀杰、张忠阳)

作者简介: 李玉华(1962—), 女, 上海人, 硕士, 主任医师, 主要从事小儿神经系统影像诊断工作。

通讯作者: 陆建平, E-mail: cjr.lujianping@vip.163.com

经上皮肿瘤 2 例、脉络膜丛乳头状瘤 2 例。按照 WHO 标准分为低级别肿瘤组(n=17)和高级别肿瘤组(n=14)。

2. 仪器与检查方法

采用 GE 公司 Signa HDxt 3T MR 成像系统,所有患儿均行 MR 常规序列扫描,包括横轴面 T₁ FLAIR(TR 2663 ms, TE 24. 0 ms, TI 750 ms)、T₂ FLAIR(TR 9002 ms, TE 152. 9 ms, TI 2250 ms)、矢状面 T₂ FSE(TR 2240 ms, TE 116. 4 ms)和增强扫描(序列及参数同 T₁)。DWI 采用 EPI,选取以病灶为中心的连续 5 层进行扫描(b 值取 0~4000 s/mm² 之间的 12 个数值)。经 HDX AW 工作站后处理得出各参数,按照单指数衰减模型得出低 b 值 ADC(ADC_{low})(b≤200 s/mm²)、高 b 值 ADC(ADC_{high})(200 s/mm²<b≤4000 s/mm²)和标准 ADC(ADC_{standard})(0 s/mm²<b≤4000 s/mm²);按照双指数模型得出快 ADC(ADC_{fast})、慢 ADC(ADC_{slow})和 ADC_{fast} 所占比例[f_{fast}=A_{fast}/(A_{fast}+A_{slow})],双指数模型的公式为:

$$S=A_{fast} \exp(-ADC_{fast} b)+A_{slow} \exp(-ADC_{slow} b) \quad (1)$$

其中 S 为信号强度, b 为扩散梯度因子, A_{fast}、A_{slow} 分别为快、慢扩散部分的振幅, ADC_{fast}、ADC_{slow} 分别为快 ADC 值、慢 ADC 值;利用单指数衰减模型计算传统 ADC 值(b=800 s/mm²)。比较两组肿瘤中不同模型所得的不同参数。

3. 图像观察与数据分析

ADC 值的测量在 HDX AW 工作站进行,ROI 选取肿瘤实质区(面积 20~35 mm²),测量 3 个不同区域 ADC 值,取其平均值。

4. 统计学分析

采用 SPSS 13. 0 统计学软件比较儿童高、低级别脑肿瘤间各参数值差异,对于正态分布数据(ADC_{low}、ADC_{fast}、ADC_{fast}所占百分比和传统 ADC)采用独立样本 t 检验,偏态分布数据(ADC_{high}、ADC_{standard}、ADC_{slow})采用独立样本秩和检验,P<0. 05 为差异有显著性意义。

结 果

按照单指数模型得出的 ADC_{low}、ADC_{high}、ADC_{standard}、传统 ADC(b=800 s/mm²)及双指数模型得出的 ADC_{fast}、ADC_{slow}、ADC_{fast} 所占比例在两组脑肿瘤中的平均值比较见表 1。高、低级别肿瘤组扫描所得各参数图见图 1、2。

ADC_{low}、ADC_{high}、ADC_{standard}、ADC_{fast}、ADC_{slow} 和传统 ADC 在两组肿瘤间差异均具有显著性意义(P 均<0. 05)。低级别肿瘤和高级别肿瘤的 ADC_{low}、ADC_{high}、ADC_{standard}、ADC_{fast}、ADC_{slow}、传统 ADC 平均值比值分

表 1 两组肿瘤多 b 值 DWI 各参数及传统 ADC 值比较

参数	低级别肿瘤 (I~II, n=17)	高级别肿瘤 (III~IV, n=14)	t 值	P 值
ADC _{low} *	1. 47±0. 35	0. 83±0. 35	5. 512	<0. 001
ADC _{high} *	1. 07±0. 61	0. 41±0. 08	4. 168	<0. 001
ADC _{standard} *	1. 08±0. 61	0. 41±0. 09	4. 247	<0. 001
ADC _{fast} *	2. 20±0. 84	1. 30±0. 66	3. 279	0. 003
ADC _{slow} *	0. 50±0. 19	0. 15±0. 09	4. 485	<0. 001
ADC _{fast} 所占比例(%)	0. 71±0. 16	0. 63±0. 10	1. 503	0. 144
传统 ADC*	1. 31±0. 39	0. 64±0. 17	6. 634	<0. 001

注: * 单位为×10⁻³mm²/s。

别约为 1. 77、2. 60、2. 60、1. 71、3. 33、2. 04, 其中 ADC_{slow} 在两组肿瘤间差异最大。

讨 论

DWI 能显示活体组织细胞内外水分子的微观运动,水分子在活体组织内的扩散与组织的空间结构有关,细胞膜、基底膜等膜结构的分布、核浆比及胞浆内大分子物质如蛋白质的分布均可影响组织内水分子的扩散。病理情况下细胞内外的大分子分布发生变化,膜结构的完整性遭到破坏,导致水分子的扩散速度发生改变,从而形成 DWI 上信号的变化。

DWI 的扩散敏感度用 b 值来表示, b 值的选择可以影响 ADC 值的准确性及 DWI 的图像质量。取较低 b 值时, DWI 图像质量较好, 图像变形及伪影较少, 但 ADC 值的准确性较差, 且受组织微循环灌注的影响较大; 而取较高 b 值时, DWI 图像噪声大, 但 ADC 值测量更为准确。能获得更多的不同于 b=1000 s/mm² 的组织扩散信息, 可能为肿瘤评级、鉴别肿瘤坏死与复发、肿瘤放、化疗早期前瞻性疗效评价等方面提供新的观测指标。

目前国内外大部分研究主要基于两个不同 b 值图像信号变化的分析。最近研究发现当取较低 b 值时, 脑组织的扩散信号强度与 b 值呈直线关系, 直线的斜率即为 ADC。当 b>1000 s/mm² 时, 脑组织的信号强度与 b 值呈曲线关系, 用经典的单指数模型不能合理解释, 需采用双指数模型^[2, 3]。最近研究发现活体脑内水信号的衰减和 ADC_{fast} 及 ADC_{slow} 相关。快、慢两种扩散成分分别代表细胞外和细胞内水分子, 其生理基础尚需进一步研究^[2-7]。

正常人脑细胞内的水分子体积远超过细胞外间隙体积, 脑细胞内、外水分子的体积比约为 0. 8/0. 2。由于肿瘤组织细胞较致密, 特别是高级别恶性肿瘤细胞, 其细胞内水含量相对高于细胞外间隙水含量。因此, 笔者推测对于恶性肿瘤, 代表细胞内水的 ADC_{slow} 应该比代表细胞外水的 ADC_{fast} 扩散受限更显著, ADC_{slow} 随肿瘤级别的增加变化可能更显著。本研究得出 ADC_{slow} 在儿童高低级别脑肿瘤间的均值差异最大, 代表细胞外水的 ADC_{fast} 在高、低级别脑肿瘤中所占比例

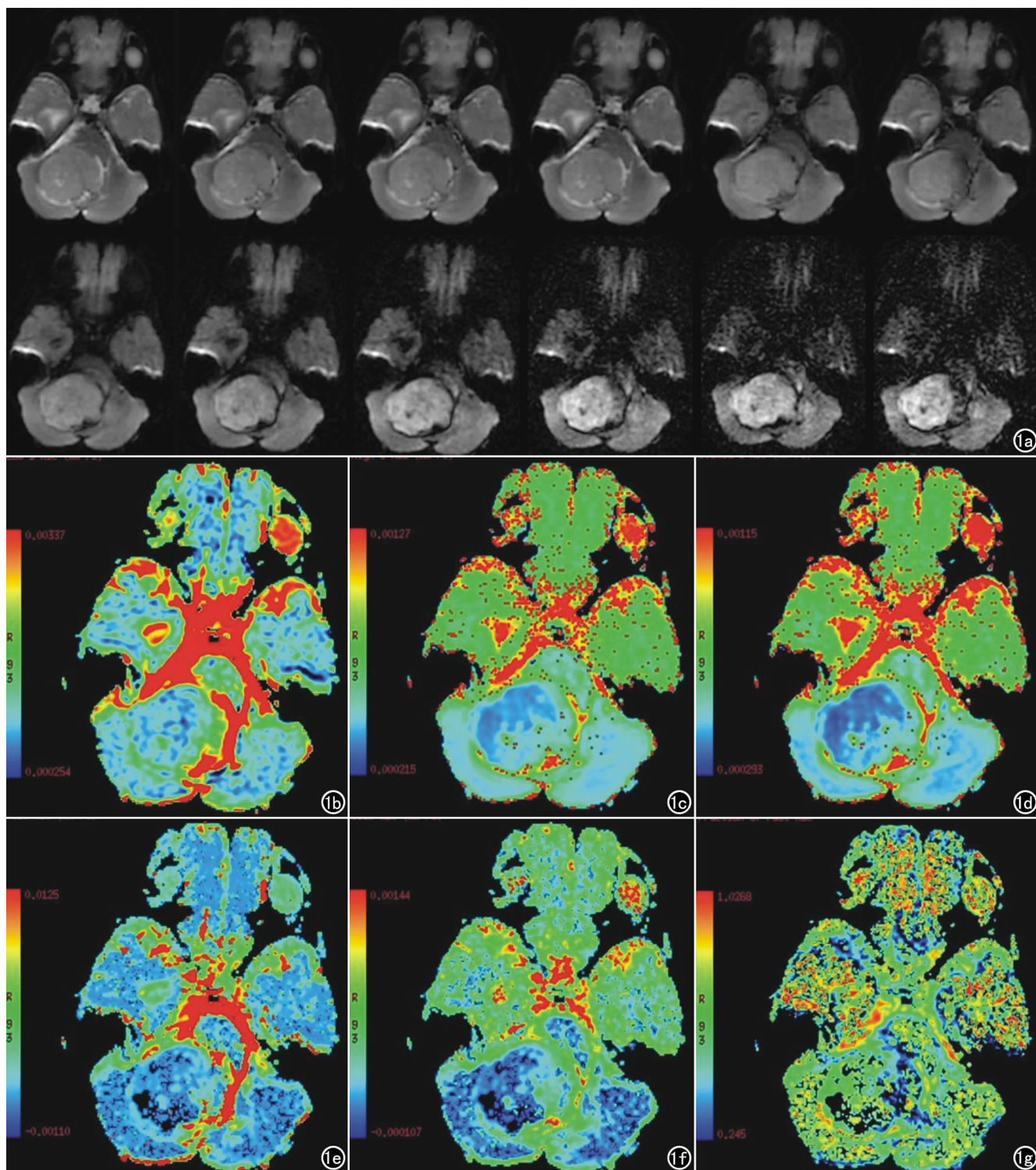


图 1 女, 2 岁, 髓母细胞瘤。a) DWI 示随着 b 值逐渐增大, 肿瘤信号越来越高; b) ADC_{low} 对应伪彩图; c) ADC_{high} 对应伪彩图; d) $ADC_{standard}$ 对应伪彩图; e) ADC_{fast} 对应伪彩图; f) ADC_{slow} 对应伪彩图; g) ADC_{fast} 所占比例对应伪彩图。

分别约为 0.63 和 0.71, 说明低级别脑肿瘤组织细胞外水占比重大。因此, 用细胞内、外水解释慢、快 ADC 两种成分应该是合理的。

恶性肿瘤组织的高细胞构成比和降低的 ADC_{fast} 及降低的快扩散成分所占比例是对应的。高细胞构成比导致扩散受限和细胞外水体积分数降低, 也引起更多的水和细胞膜结合。Shinmoto 等^[8] 研究显示前列

腺癌组织的 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 及 ADC_{fast} 所占比例都比正常前列腺组织低, 与本研究结果一致。

本研究显示 ADC_{low} 、 ADC_{high} 、 $ADC_{standard}$ 、 ADC_{fast} 和 ADC_{slow} 在儿童高、低级别脑肿瘤间的差异都具有统计学意义 ($P < 0.05$)。低 b 值 ADC 主要反映 ADC_{fast} ^[8], 即细胞外水, 本研究结果显示儿童脑肿瘤的 ADC_{high} 和 $ADC_{standard}$ 值基本相同, 即随 b 值的增高,

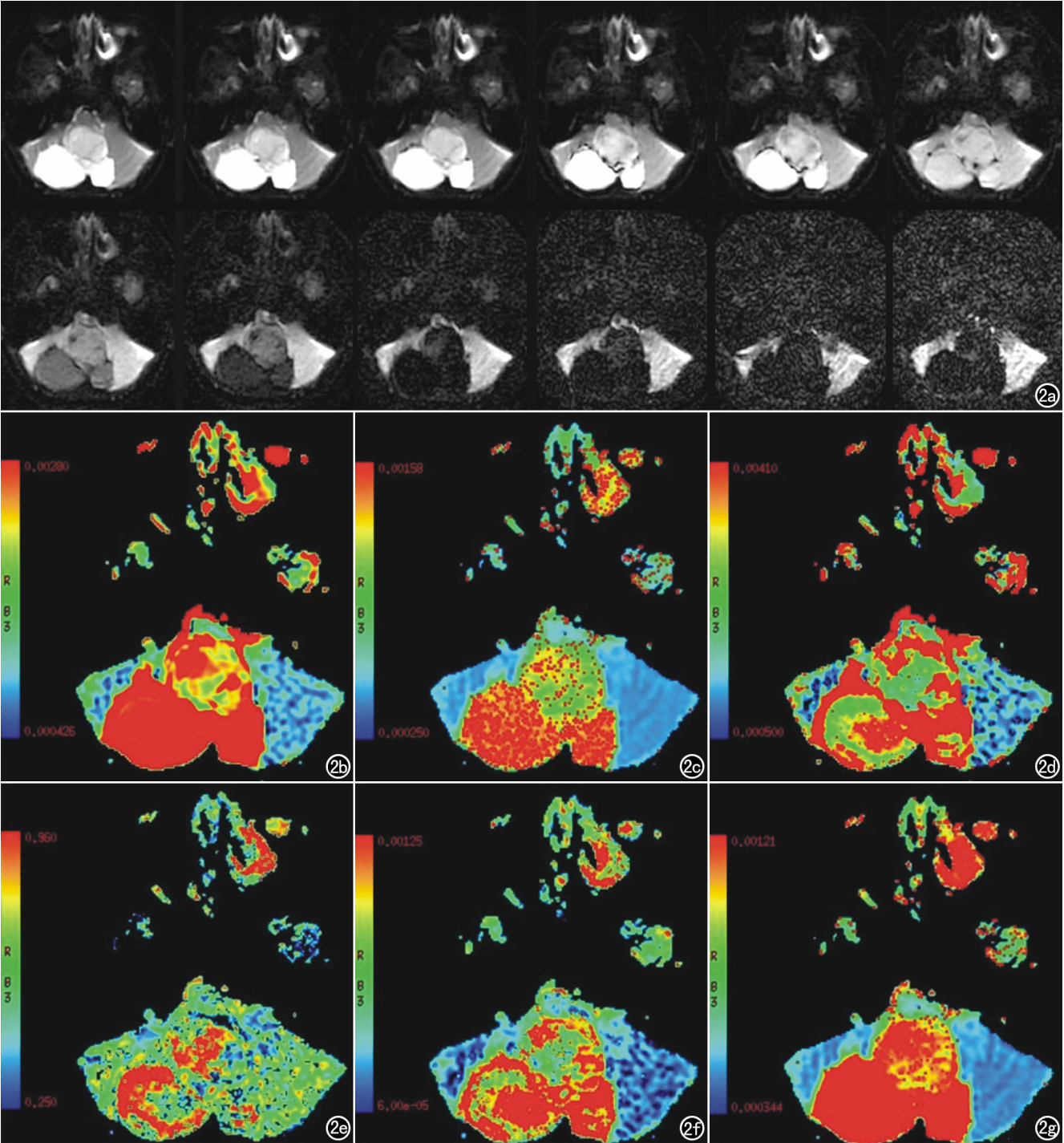


图 2 女,4 岁,小脑毛细细胞型星形细胞瘤。a) DWI 示随着 b 值逐渐增大,肿瘤实性部分信号越来越低; b) ADC_{low} 对应伪彩图; c) ADC_{high} 对应伪彩图; d) $ADC_{standard}$ 对应伪彩图; e) ADC_{fast} 对应伪彩图; f) ADC_{slow} 对应伪彩图; g) ADC_{fast} 所占比例对应伪彩图。

细胞外水的比重可以忽略,高 b 值 ADC 主要反映细胞内水。

总之,当 b 值在较大范围取值时,采用双指数衰减模型计算的高级别脑肿瘤的 ADC_{fast} 、 ADC_{slow} 显著低于低级别脑肿瘤,且组间差异具有统计学意义, ADC_{slow} 在儿童高、低级别脑肿瘤间的差异最显著。低级别脑肿瘤中 ADC_{fast} 所占比例高于高级别脑肿瘤。多 b 值 DWI 采用双指数衰减曲线所测的参数,可提供

儿童脑肿瘤新的、独特的信息。由于样本量有限加上数据后处理较复杂,这种研究方法进一步推广到临床尚需时日。

参考文献:

[1] 叶劲,钟书,梁有明,等. 儿童脑肿瘤的临床治疗及病理特点研究[J]. 中华小儿外科杂志,2007,28(6):286-289.
[2] Clark CA, Hedehus M, Moseley ME. In vivo mapping of the fast and slow diffusion tensors in human brain[J]. Magn Reson Med,

2002;47(4):623-628.

- [3] Maier SE, Bogner P, Bajzik G, et al. Normal brain and brain tumor: multi-component apparent diffusion coefficient line scan imaging[J]. Radiology, 2001, 219(3): 842-849.
- [4] Mulkern RV, Vajapeyam S, Robertson RL, et al. Biexponential apparent diffusion coefficient parametrization in adult vs newborn brain[J]. Magn Reson Imaging, 2001, 19(6): 659-668.
- [5] Mulkern RV, Gudbjartsson H, Westin CF, et al. Multi-component apparent diffusion coefficients in human brain[J]. NMR Biomed, 1999, 12(1): 51-62.
- [6] Mulkern RV, Zengingonul HP, Robertson RL, et al. Multi-compo-

nent apparent diffusion coefficients in human brain: relationship to spin-lattice relaxation[J]. Magn Reson Med, 2000, 44(2): 292-300.

- [7] Seo HS, Chang KH, Na DG. High b-value diffusion ($b = 3000 \text{ s/mm}^2$) MR imaging in cerebral gliomas at 3T: visual and quantitative comparisons with $b = 1000 \text{ s/mm}^2$ [J]. AJNR, 2008, 29(3): 458-463.
- [8] Shinmoto H, Oshio K, Tanimoto A, et al. Biexponential apparent diffusion coefficients in prostate cancer[J]. Magn Reson Imaging, 2009, 27(3): 355-359.

(收稿日期: 2011-07-25 修回日期: 2011-10-13)

艾滋病合并右胫骨上段骨髓炎一例

· 病例报道 ·

王青, 朱文科, 陆普选, 马威, 乐晓华, 叶如馨

【中图分类号】R814.42 【文献标识码】D 【文章编号】1000-0313(2012)02-0163-01

病例资料 患者, 男, 40 岁。因发现抗 HIV 阳性 8 周, 右膝关节痛 3 天入院。查体: 右侧胫骨上段呈阵发性疼痛, 未见明显红肿, 局部皮温稍高, 浮髌实验阴性; 全身皮肤见多枚陈旧性圆形、椭圆形色素沉着斑, 浅表淋巴结无肿大; 胸、腹部无异常。实验室检查: 白细胞 $4.94 \times 10^9/\text{l}$, 中性粒细胞 $2.32 \times 10^9/\text{l}$, 淋巴细胞 $1.61 \times 10^9/\text{l}$, CD_4^+ T 淋巴细胞 121 个/ l 。HIV-RNA < 500 拷贝/ ml 。X 线: 右侧胫骨上段见虫蚀样骨质破坏区, 伴轻微骨膜反应(图 1); CT: 右侧胫骨近段见长约 8 cm 骨皮质不同程度破坏区, 伴轻微骨膜反应, 周围软组织未见明显肿胀(图 2); CT 引导下经皮骨穿穿刺活检术: 取出红色骨组织行病理检查并将 COOK 多功能引流管置入骨髓腔抽出 100 ml 含血脓液送病原学培养(图 3); 病理检查: 病理组织为坏死骨、纤维组织及血块, 血块中可见少许中性粒细胞, 未见结核结节及恶性肿瘤细胞(图 4); 骨髓液培养: 兼有厌氧菌和嗜沫嗜血杆菌, 对头孢噻肟/三代指示敏感。临床考虑右侧胫骨上段骨髓炎, 采用 CT 引导下置管引流术, 并结合导管内生理盐水盥洗+庆大霉素注射治疗, 随后根据药敏结果换用复达欣+甲硝唑静脉抗炎治疗, 患肢制动, 半月后症状改善, 病情逐渐好转。

讨论 感染 HIV 的患者虽然处于免疫抑制状态, 但并发骨髓炎临床少见, 合并感染率约 0.6%^[1]。本例起病较缓, 无高热和明显中毒症状, 患肢活动障碍, 局部无明显红肿和压痛。急性化脓性骨髓炎在发病两周内的 X 线检查可无明显异常表现, 发病 10~14 d 后当细胞溶解酶引起明显骨膜反应时可呈骨改变^[2]。本例就诊时 X 线已有骨改变表现, 说明患者就诊前早已发病而未发觉。急性化脓性骨髓炎 CT 表现为感染区域软组织肿胀、骨膜反应、骨髓改变、局部皮质破坏或骨小梁增粗^[2]。本例周围软组织未见明显肿胀, 可能因其为血行感染所致。

尽管艾滋病患者免疫系统受到损害, 但条件致病菌在艾滋病合并骨髓炎中并不是主要致病菌, 金黄色葡萄球菌才是最常见的致病菌, 并且有相当比例是多种微生物感染^[1]。本例为嗜沫嗜血杆菌和厌氧菌两种条件致病菌感染, 与文献报道不太一

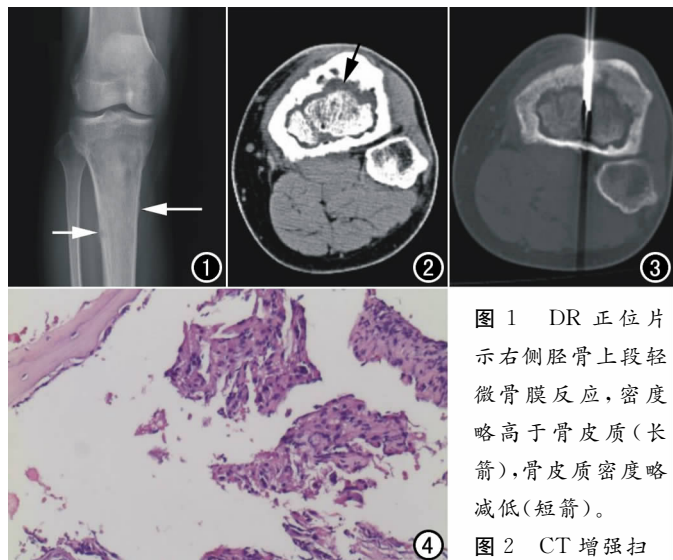


图 1 DR 正位片示右侧胫骨上段轻微骨膜反应, 密度略高于骨皮质(长箭), 骨皮质密度略减低(短箭)。

图 2 CT 增强扫

描示右侧胫骨骨髓腔内密度减低, 模糊, 骨皮质毛糙、缺损(箭)。图 3 CT 引导下经皮穿刺置管引流术, 抽出血性脓液约 100ml, 骨髓腔内见引流管。图 4 病理片镜下可见坏死骨、纤维组织、血块及少许中性粒细胞($\times 100$, HE)。

致。

本例采用经皮穿刺活检及病原学培养确诊, 通过 CT 引导下经皮穿刺置管灌洗引流, 避免进行钻孔引流或开窗减压创伤大等缺点, 是一种治疗艾滋病合并骨髓炎的有效方法。

参考文献:

- [1] Zalavras CG, Gupta N, Patzakis MJ, et al. Microbiology of osteomyelitis in patients infected with the human immunodeficiency virus[J]. Clin Orthop Relat Res, 2005, 10(439): 97-100.
- [2] Restrepo CS, Lemos DF, Gordillo H, et al. Imaging findings in musculoskeletal complications of AIDS[J]. Radio Graphics, 2004, 24(4): 1029-1049.

(收稿日期: 2011-02-24 修回日期: 2011-04-28)

作者单位: 518000 广东, 广东医学院附属深圳第三人民医院放射科

作者简介: 王青(1978—), 男, 山东武城人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事胸腹部影像诊断与介入治疗工作。

通讯作者: 陆普选, E-mail: lupuxuan@126.com