

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.11.013

View this article at: <https://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2021.11.013>

## 多b值弥散加权成像对非小细胞肺癌脑转移放射治疗的疗效分析价值

沙冠宇<sup>1,2,3</sup>, 李绍东<sup>1,2,3</sup>, 金松<sup>1,2,3</sup>, 张畅<sup>1,2,3</sup>

(1. 徐州医科大学医学影像学院, 江苏 徐州 221000; 2. 徐州医科大学附属宿迁医院放疗中心, 江苏 徐州 223800;  
3. 徐州医科大学附属医院影像科, 江苏 徐州 221000)

**[摘要]** 目的: 探讨分析多b值磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)在全脑放射治疗(以下简称放疗)(whole-brain radiotherapy, WBRT)联合立体定向消融放疗(stereotactic radiation therapy, SRT)治疗非小细胞肺癌(non-small cell lung carcinoma, NSCLC)脑转移瘤疗效评价中的价值和应用。方法: 收集2017年2月至2019年2月于徐州医科大学附属宿迁医院进行WBRT联合SRT治疗的NSCLC脑转移患者46例, 分别于放疗前1周和治疗后6个月行MRI功能成像扫描, 根据扫描结果并参照实体瘤反应评价标准1.1版(Response Evaluation Criteria in Solid Tumors version 1.1, RECIST 1.1)标准进行评价, 根据治疗结束后肿块最大直径的变化, 将病例分为I组有效组和II组无效组。采用Kolmogorov-Smirnov检验对所有参数进行正态分布假设检验。符合正态分布的样本组间比较采用独立样本t检验, 偏态分布的样本组间比较采用Kruskal-Wallis H检验, 对两组的各项数值进行差异分析。应用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线评估放疗前后瘤周区多b值表现观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)的变化量在放疗疗效评价中的应用价值。结果: I组瘤体区和瘤周区放疗6个月后的ADC平均值均明显高于放疗前1周, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。II组放疗前后瘤周区ADC的数值差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ), 瘤体区的差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。b=1 000 s/mm<sup>2</sup>时瘤周区相应的ADC变化量对放疗疗效的评价最优。结论: 在b=1 000 s/mm<sup>2</sup>时DWI可以快速给出临床建议, 为患者的疗效评估提供更好的依据, 在NSCLC脑转移患者放疗后的临床应用中的价值值得进一步研究。

**[关键词]** 非小细胞肺癌脑转移; 放射治疗; 弥散加权成像; 表现观弥散系数

## Value of efficacy analysis of multi-b value diffusion weighted imaging on non-small cell lung carcinoma brain metastasis radiotherapy

SHA Guanyu<sup>1,2,3</sup>, LI Shaodong<sup>1,2,3</sup>, JIN Song<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Chang<sup>1,2,3</sup>

(1. School of Medical Imaging, Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 221000; 2. Radiation Treatment Center, Suqian Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 223800; 3. Department of Imaging, Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 221000, China)

**Abstract Objective:** To study the value and application of analyzing multi-b-value magnetic resonance imaging

收稿日期 (Date of reception): 2021-06-07

通信作者 (Corresponding author): 李绍东, Email: 13852003378@163.com

(MRI) diffusion-weighted imaging (DWI) in the evaluation of the efficacy of whole-brain radiotherapy (WBRT) combined with stereotactic radiation therapy (SRT) in treatment of non-small cell lung carcinoma (NSCLC) brain metastases. **Methods:** Forty-six patients with NSCLC brain metastases treated with WBRT combined with SRT in Suqian Hospital Affiliated to Xuzhou Medical University between February 2017 and February 2019 were collected. MRI functional imaging scans were performed 1 week before radiotherapy and 6 months after treatment. The cases were evaluated according to the scan results and with reference to Response Evaluation Criteria in Solid Tumors version 1.1 (RECIST1.1) criteria, and were divided into group I (effective group) and group II (ineffective group) according to the change in the maximum diameter of the tumor mass at the end of the treatment. The Kolmogorov-Smirnov test was used to test the hypothesis of normal distribution for all parameters. Between-group analysis was performed by independent sample *t*-test for normally distributed samples and Kruskal-Wallis *H* test for skewed samples to analyse the differences between the two groups. The receiver operator characteristic (ROC) curve was applied to assess the application value of the change in multiple b-value apparent diffusion coefficient (ADC) values in the peri-tumoral region before and after radiotherapy in the evaluation of the efficacy of radiotherapy. **Results:** In group I, the mean ADC values in both the tumour and peri-tumour areas 6 months after radiotherapy were significantly higher than that of 1 week before radiotherapy, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). In group II, the difference of ADC values in the peri-tumoral area before and after radiotherapy was statistically significant ( $P < 0.05$ ), while the difference in the tumoral area was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). The change in ADC values in the peri-tumoral area at  $b = 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$  is the best for the efficacy evaluation of radiotherapy. **Conclusion:** DWI at  $b = 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$  can give rapid clinical advice and provide a better basis for the assessment of patient outcomes, and its clinical application after radiotherapy in patients with NSCLC brain metastases deserves further study.

**Keywords** non-small cell lung carcinoma brain metastases; radiotherapy; diffusion weighted imaging; apparent diffusion coefficient

肺癌是发病率和病死率增长最快, 对人群健康和生命威胁最大的恶性肿瘤之一。肺癌中80%为非小细胞肺癌(non-small cell lung carcinoma, NSCLC), 其中就诊时发现脑转移者约占1/3, 常见多灶型转移<sup>[1]</sup>。进行正确的临床评估, 选择最适合的治疗方案是提高总生存期(overall survival, OS)的关键。目前, 放射治疗(以下简称放疗)在NSCLC脑转移瘤的治疗中获得了很好的疗效且具有不良反应少的优点, 已经进行了大量的临床经验。目前, 全脑放疗(whole-brain radiotherapy, WBRT)、立体定向消融放疗(stereotactic radiation therapy, SRT)及调强放疗(intensity-modulated radiation therapy, IMRT)是脑转移瘤的常用放疗技术<sup>[2]</sup>。

放疗属于肿瘤的局部治疗手段, 一般通过常规平扫横轴位T1加权成像(T1-weighted imaging, T1WI)、T2加权成像(T2-weighted imaging, T2WI)以及增强核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)分析形态学的改变并结合临床表现进行疗效评估。但是放疗后影像形态学的改变在肿瘤进展的评估上会出现假阳性, 同时无法观察瘤床的内部特征。随着MRI梯度技术以及数据分

析能力的发展和提升, MRI功能成像开始在临床检查中被广泛关注。已有研究<sup>[3]</sup>表明: 弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)在脑肿瘤的肿瘤、淋巴结、转移(tumor, node, metastasis, TNM)分期中起到很好的作用, 但其在NSCLC脑转移瘤放疗的疗效评估中的应用鲜有报道。本研究主要在保证检查设备以及各成像参数不变的基础上探讨多b值DWI的ADC值在整个治疗以及复诊过程中的走向并结合形态学的改变, 分析其与疗效是否具有相关性, 能否为临床提供合理有效的诊断依据, 从而为医师拟定临床治疗方案提供参考。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

选取2017年2月至2019年2月期间于徐州医科大学附属宿迁医院进行WBRT联合SRT治疗并进行随访的脑转移瘤患者46例, 所有病例均通过临床病理检测证实为NSCLC脑转移, 其中单发病例29例, 多发病例17例, 男性26例, 女性20例, 年龄( $54.2 \pm 3.9$ )岁。病例纳入标准: 影像示瘤区实质均

匀, 直径大于5 mm, 瘤周水肿带清晰。由此获得符合标准的瘤体57个。本研究获得徐州医科大学附属宿迁医院医学伦理委员会批准。

## 1.2 方法

### 1.2.1 放疗方案

WBRT联合SRT: 进行四维计算机X线断层照相技术(four-dimensional computed tomography, 4DCT)定位, 将扫描后的计算机X线断层照相技术(computed tomography, CT)图像以DICOM形式传输到计划系统与之前的MRI图像进行融合, 勾画肿瘤靶区(gross target volume, GTV)、计划靶区(planning target volume, PTV)、内靶区(internal target volume, ITV)。放疗处方剂量为给予全脑40 Gy(20 f/4 w)后局部加量20 Gy(10 f/2 w), 采用调强放疗(intensity-modulated radiation therapy, IMRT)作为治疗方式。

### 1.2.2 DWI 扫描参数

采用Philips Ingenia 3.0T超导磁共振扫描仪(Royal PHILIPS Electric Co., 荷兰)及高分辨率32通道头部相控阵线圈进行数据采集。常规MR成像序列及参数: 横断位T2WI序列[重复时间(repetition time, TR) 3 000 ms, 回声时间(echo time, TE) 800 ms, 视野(field of view, FOV) 230 mm × 230 mm], 横断位T1WI序列(TR 2 000 ms, TE 20 ms, FOV 230 mm × 230 mm), 上述序列层厚5.0 mm, 扫描范围从颅顶至枕骨大孔。采集多b值DWI扫描参数: 单次激发自旋回波-平面回波序列TR 2 787 ms, TE 98 ms, FOV 230 mm × 230 mm, 层厚5.0 mm。b值取1 000、2 000、4 000和8 000 s/mm<sup>2</sup>共4个值。

### 1.2.3 分组评估方案

放射治疗前1周以及治疗结束6个月后对57个瘤体横轴位T2WI图像上肿块最大直径的变化进行记录。治疗结束6个月后的测量结果参照实体瘤反应评价标准1.1版(Response Evaluation Criteria in Solid Tumors version 1.1, RECIST1.1)标准, 将病例分为两组: I组为有效组, 包含了部分缓解(partial response, PR; 肿瘤体积缩小)和完全缓解(complete response, CR; 病灶完全消失或增强消失), 符合入组标准的瘤体个数为34; II组为无效组, 包含了疾病进展(progressive disease, PD; 肿瘤增大或出现新病灶)和疾病稳定(stable disease, SD; 病灶体积无改变或改变不明显), 瘤体个数为23。

### 1.3 DWI 扫描后的 ADC 值

由2位经验丰富的放射诊断医师对MRI图像进

行独立评测, 在横断面T2WI图像上选择最大肿瘤层面, 并测量出瘤区的最大直径。扫描DWI序列前, 选择自动模式生成4个b值的ADC图像, 将获取的ADC图像信息使用自带软件进行分析。根据情况避开囊性结构、坏死以及空洞区域, 选择合理的瘤体区、瘤周区(瘤体区近旁10 mm以内区域)的体素作为感兴趣区域(region of interest, ROI)。将b=1 000 s/mm<sup>2</sup>对应的ROI复制到余下3个b值对应的ADC图上, 将结果取平均值进行统计学分析。

## 1.4 统计学处理

应用SPSS 23.0统计学软件进行数据分析。采用Kolmogorov-Smirnov检验对所有参数进行正态分布假设检验。对符合正态分布的样本组间比较采用独立样本t检验, 偏态分布的样本组间比较采用Kruskal-Wallis H检验, 对两组的各项数值进行差异分析。应用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线评估放疗前后瘤周区多b值ADC的参数值变化量的疗效分析价值。P<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 ADC 值评价放疗疗效的价值

b值取1 000、2 000、4 000和8 000 s/mm<sup>2</sup> 4个值时, I组无论是瘤体区还是瘤周区放疗6个月后的ADC平均值均明显高于放疗前1周, 差异具有统计学意义(P<0.05; 表1, 2)。II组放疗前后瘤周区ADC的数值差异有统计学意义(P<0.05, 表2), 瘤体区的差异无统计学意义(P>0.05, 表1)。

### 2.2 瘤周区与瘤体区 ADC 变化量的比较

分别对两组瘤体区和瘤周区放疗前后的ADC变化量进行比较。在b值取4个值时, 两组瘤体区的变化量差异均无统计学意义(P>0.05, 表3)。而在瘤周区, 同一b值下, I组的变化量均大于II组, 差异具有统计学意义(P<0.05, 表3)。

### 2.3 多 b 值 DWI 在放疗效果评价中的应用价值

通过ROC曲线分析放疗前后瘤周区ADC的变化量在两组间放疗效果评价中的应用价值, b=1 000 s/mm<sup>2</sup>时相应的ADC变化量对放疗效果的评价最优, 诊断阈值为 $0.457 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , AUC为89.6%, 敏感度和特异性为46.57%和78.61%(图1)。

本次选择测量的时间点也是在放疗结束6个月后, 典型病例肺腺癌脑转移图像见图2。

表1 瘤体区治疗前1周以及治疗结束6个月后ADC的变化量比较

Table 1 Comparison of ADC change in the tumour area 1 week before and 6 months after treatment

组别	n	ADC变化量/( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )			
		b=1 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=2 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=4 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=8 000 s·mm <sup>-2</sup>
I组	30				
治疗前1周		0.783 ± 0.194	0.701 ± 0.062	0.606 ± 0.134	0.382 ± 0.210
6个月后		1.102 ± 0.085	0.953 ± 0.071	0.798 ± 0.120	0.402 ± 0.088
t		-2.025	-1.026	0.852	0.763
P		0.001	0.002	0.036	0.033
II组	23				
治疗前1周		0.856 ± 0.093	0.692 ± 0.184	0.615 ± 0.037	0.309 ± 0.152
6个月后		0.920 ± 0.036	0.673 ± 0.172	0.583 ± 0.160	0.401 ± 0.057
t		2.369	2.015	1.276	2.335
P		0.130	0.094	0.200	0.140

表2 瘤周区治疗前1周以及治疗结束6个月后ADC的变化量比较

Table 2 Comparison of ADC change in the peri-tumoral area 1 week before and 6 months after treatment

组别	n	ADC变化量/( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )			
		b=1 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=2 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=4 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=8 000 s·mm <sup>-2</sup>
I组	30				
治疗前1周		1.310 ± 0.161	1.086 ± 0.205	0.747 ± 0.175	0.392 ± 0.086
6个月后		1.813 ± 0.126	1.451 ± 0.207	1.022 ± 0.039	0.497 ± 0.168
t		-2.154	-3.176	-2.086	-2.433
P		0.036	0.008	0.020	0.019
II组	23				
治疗前1周		1.268 ± 0.179	1.105 ± 0.083	0.762 ± 0.147	0.435 ± 0.091
6个月后		1.596 ± 0.173	1.398 ± 0.246	0.907 ± 0.109	0.692 ± 0.224
t		0.816	0.846	-2.044	1.175
P		0.043	0.006	0.001	0.037

表3 不同b值下ADC的变化量的组间差异

Table 3 Differences of ADC change at different b values between groups

组别	ADC变化量/( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )			
	b=1 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=2 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=4 000 s·mm <sup>-2</sup>	b=8 000 s·mm <sup>-2</sup>
瘤体区				
I组	0.294 ± 0.106	0.206 ± 0.095	0.132 ± 0.058	0.079 ± 0.046
II组	0.074 ± 0.011	-0.021 ± 0.196	-0.056 ± 0.073	0.095 ± 0.062
t	2.021	1.005	1.742	1.220
P	0.084	0.200	0.233	0.070
瘤周区				
I组	0.509 ± 0.093	0.404 ± 0.072	0.295 ± 0.128	0.117 ± 0.092
II组	0.296 ± 0.133	0.278 ± 0.095	0.176 ± 0.038	0.173 ± 0.027
t	-1.050	-1.200	0.096	1.037
P	0.001	0.030	0.001	0.022

取不同b值时, ADC治疗前后的变化量以及各组间的差异分析。

ADC change before and after treatment at different b values and the differences between groups.

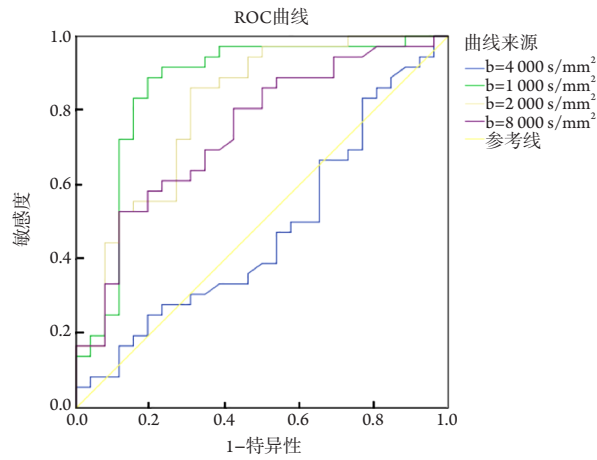


图1 多b值时瘤周区治疗前后ADC变化量的ROC曲线

Figure 1 ROC curves of ADC changes in the peri-tumoral area at multiple b values before and after treatment

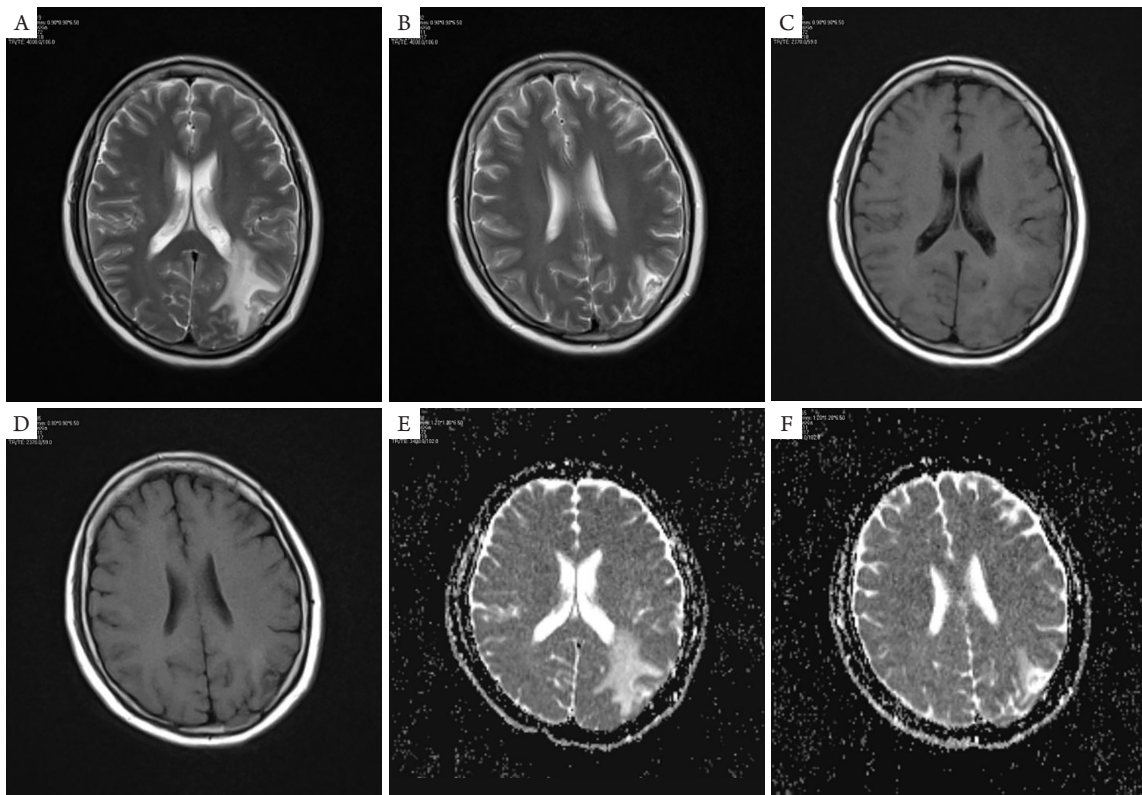


图2 女, 59岁, 肺腺癌脑转移

Figure 2 A 59-year-old female with brain metastasis from lung adenocarcinoma

(A)放疗前1周T2WI图像示左侧枕叶异常信号影, 周围可见片状稍长T2信号; (B)放疗6个月后T2WI图像可见异常信号明显缩小; (C、D)治疗前1周和放疗6个月后的T1WI图像。治疗后左侧枕叶区信号异常减小; (E、F) $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时的放疗前后ADC图像。

(A) T2WI image 1 week before radiotherapy showed a slice of slightly longer T2 signal around an abnormal signal shadow in the left occipital lobe; (B) 6 months after radiotherapy, T2WI image showed a significant reduction in the abnormal signal; (C,D) T1WI images of 1 week before treatment and 6 months after radiotherapy, with an reduction in abnormal signal in the left occipital region after treatment; (E,F) ADC images before and after radiotherapy at  $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ .

### 3 讨论

肿瘤细胞的细胞核较大,胞内与胞外的间隙较小,致密程度较高,水分子的流动性受到限制,因此放疗前DWI较高而ADC值处于较低的状态。WBRT联合SRT通过高能X线聚焦于肿瘤的靶区导致肿瘤细胞DNA单链或者双链的断裂,进而导致细胞凋亡,细胞膜的完整性消失,细胞密度减小,水分子扩散的障碍得到解除,DWI降低,ADC值上升<sup>[4]</sup>。I组中瘤体区和瘤周区ADC值的变化完全印证了此观点。肿瘤细胞坏死初期表现为坏死扩散受限,随着坏死区被吸收,限制逐渐解除,故测量时间的选择比较关键。通过DWI计算ADC值对放疗后NSCLC脑转移患者的肿瘤变化和预后都有很好的预测作用,且进行监测的时间最好在6个月之内<sup>[5]</sup>。II组治疗后瘤体区ADC值的上升不明显,有的还会轻微下降,除了治疗效果不佳和发生放射性坏死以外,另有两方面可能的原因。Trapani等<sup>[6]</sup>研究认为:肿瘤细胞主要靠细胞周围的毛细血管提供营养和能量,周围血管密度较高,高能X线在杀灭肿瘤细胞的同时会伤及毛细血管,引发轻微的出血启动凝血酶造成凝血,影响水分子的布朗运动,故得到的ADC值较低。另有研究<sup>[7]</sup>指出:脑转移瘤的病理类型与原发灶是一致的,可能有个别腺癌起源于支气管黏膜上皮或者大支气管的黏液腺,这些肿瘤细胞具有高黏性的特征,细胞凋亡后释放黏液,影响ADC值的变化。瘤周区因各种肿瘤因子(肿瘤坏死因子、血管内皮生长因子)及瘤体压迫静脉等因素引起水肿,表现为水分子含量增加,扩散加快,弥散度高,治疗后随着压迫的解除,水分子的运动进一步增加,ADC的改变量明显高于瘤体区<sup>[8]</sup>,本研究中可以明显观察到这一点。

人体内的水分子存在于细胞内和细胞外,水分子的运动可发生于胞内和胞外,同时也可以两个场所进行跨膜运动。细胞外液的流动性较大,因此水分子在细胞外的运动和扩散要比在细胞内相对快一些<sup>[9]</sup>,尤其在b值比较小的情况下( $b < 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ ),细胞外的水分子快扩散运动更容易被监测到<sup>[10]</sup>。而对于高b值来说,血流灌注对ADC测量值的影响较小,此时细胞内的慢扩散成分对ADC值的影响较大<sup>[11]</sup>。NSCLC的脑转移瘤瘤体区密度高,瘤周的水肿区也有肿瘤细胞浸润,大部分瘤周区主要为血管源性水肿,细胞外液的占比比瘤体区高<sup>[12]</sup>。放疗后,随着肿瘤细胞的密度降低,瘤周区ADC值上升明显,在低b值时

检测的敏感性和特异性更高<sup>[13]</sup>。本研究发现:在 $b = 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时,ADC的变化量明显高于其他b值,完全印证了此观点。另外,过高的b值会降低信噪比和对比度,从而影响图像的质量<sup>[14]</sup>。因此,选择合适的b值在疗效评价中尤为关键。

ADC值是在DWI高信号病灶区域中选取的区域内所有像素点的平均值,结果更侧重于弥散明显受限的区域,无法体现出整体病灶内细胞结构的异质性。可以通过多区域多方位选择ROI以减少测量值的偶然性偏差。

综上所述,随着放疗技术的进一步发展,NSCLC脑转移患者的预后得到明显改善,生存期得到了大幅度提高,因此需要一个强有力的影像学手段对患者进行预后监测。在 $b = 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时DWI可以快速给出临床建议,为患者的放疗疗效评估提供更好的依据。

### 参考文献

1. Rieber J, Streblow J, Uhlmann L, et al. Stereotactic body radiotherapy (SBRT) for medically inoperable lung metastases-A pooled analysis of the German working group "stereotactic radiotherapy"[J]. *Lung Cancer*, 2016, 97: 51-58.
2. Fleckenstein J, Jelden M, Kremp S, et al. The impact of diffusion-weighted MRI on the definition of gross tumor volume in radiotherapy of non-small-cell lung cancer[J]. *PLoS One*, 2016, 11(9): e0162816.
3. 郁肖夫, 毛伟敏, 郑晓. 早期非小细胞肺癌SBRT应用进展[J]. *肿瘤学杂志*, 2018, 24(9): 915-921.  
YU Xiaofu, MAO Weijing, ZHENG Xiao, et al. Advances in the application of SRT for non-small cell lung cancer[J]. *Journal of Chinese Oncology*, 2018, 24(9): 915-921.
4. Usuda K, Iwai S, Funasaki A, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging is useful for the response evaluation of chemotherapy and/or radiotherapy to recurrent lesions of lung cancer[J]. *Transl Oncol*, 2019, 12(5): 699-704.
5. Lee CC, Wintermark M, Xu Z, et al. Application of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to predict the intracranial metastatic tumor response to gamma knife radiosurgery[J]. *J Neurooncol*, 2014, 118(2): 351-361.
6. Trapani S, Manicone M, Sikokis A, et al. Effectiveness and safety of "real" concurrent stereotactic radiotherapy and immunotherapy in metastatic solid tumors: A systematic review[J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2019, 142: 9-15.
7. Shen G, Hu S, Deng H, et al. Performance of DWI in the nodal characterization and assessment of lung cancer: A meta-analysis[J].

- AJR Am J Roentgenol, 2016, 206(2): 283-290.
8. Meyer HJ, Fiedler E, Kornhuber M, et al. Comparison of diffusion-weighted imaging findings in brain metastases of different origin[J]. Clin Imaging, 2015, 39(6): 965-969.
  9. 王卫东, 李晋娜. 近瘤周水肿区ADC值在脑转移瘤与脑白质疏松鉴别诊断中的价值探讨[J]. 基层医学论坛, 2020, 24(28): 4083-4084.  
WANG Weidong, LI Jinna. The value of ADC values in the differential diagnosis of brain metastases and cerebral white matter osteoporosis[J]. The Medical Forum, 2020, 24(28): 4083-4084.
  10. Lin NU, Lee EQ, Aoyama H, et al. Challenges relating to solid tumour brain metastases in clinical trials, part 1: Patient population, response, and progression. A report from the RANO group[J]. Lancet Oncol, 2013, 14(10): e396-e406.
  11. Sampath S, Rahmanuddin S, Sahoo P, et al. Change in apparent diffusion coefficient is associated with local failure after stereotactic body radiation therapy for non-small cell lung cancer: A prospective clinical trial[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2019, 105(3): 659-663.
  12. 罗旭琳, 彭俊红, 李雷, 等. MRS联合多b值DWI对高级别胶质瘤与单发脑转移瘤的鉴别诊断价值[J]. 放射学实践, 2020, 35(11): 1396-1402.  
LUO Xulin, PENG Junhong, LI Lei, et al. Differential diagnostic value of MRS combined with multi-b value DWI for high-grade glioma versus solitary brain metastases[J]. Radiologic Practice, 2020, 35(11): 1396-1402.
  13. 李妹, 乔鹏岗, 李功杰. 磁共振成像在晚期非小细胞肺癌疗效评估中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(11): 2101-2103.  
LI Mei, QIAO Penggang, LI Gongjie, et al. Application of magnetic resonance imaging in the assessment of the treatment evaluation of advanced non-small cell lung cancer[J]. Journal of Medical Imaging, 2016, 26(11): 2101-2103.
  14. 徐雄健, 程祖胜, 王亮, 等. 不同放射治疗分割方式对脑转移瘤患者放疗后的影响[J]. 重庆医学, 2019, 48(22): 3862-3865.  
XU Xiongjian, CHENG Zusheng, WANG Liang, et al. Effects of different radiation therapy segmentation modalities on patients with brain metastases after radiotherapy[J]. Chongqing Medicine, 2019, 48(22): 3862-3865.

**本文引用:** 沙冠宇, 李绍东, 金松, 张畅. 多b值弥散加权成像对非小细胞肺癌脑转移放射治疗的疗效分析价值[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41(11): 2573-2579. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.11.013  
**Cite this article as:** SHA Guanyu, LI Shaodong, JIN Song, ZHANG Chang. Value of efficacy analysis of multi-b value diffusion weighted imaging on non-small cell lung carcinoma brain metastasis radiotherapy[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2021, 41(11): 2573-2579. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.11.013