

论 著

基于TSE-XD-MV的鼻咽部扩散加权成像

王 坤¹ 于雨洁¹ 王茂雪¹
 奚 鑫¹ 周 楠¹ 张记磊²
 李 茗^{1,*}

1.南京大学医学院附属南京鼓楼医院
 (江苏 南京 210008)

2.飞利浦医疗保健事业部 (上海 200072)

【摘要】目的 比较快速自旋回波扩散加权成像(TSE-DWI)、TSE-XD-DWI及TSE-XD-MV-DWI在鼻咽部成像中的图像质量。方法 回顾性收集2021年1月至2021年5月在南京鼓楼医院进行鼻咽部磁共振检查的55例患者,男性34例,女性21例,年龄54.65岁±14.73,其中25例鼻咽癌患者,30例鼻咽部粘膜正常患者。采用配对样本t检验比较TSE-DWI、TSE-XD-DWI及TSE-XD-MV-DWI三组鼻咽部DWI图像的信噪比(SNR)及对比噪声比(CNR)的差异。采用Wilcoxon配对符号秩检验定性分析三组DWI图像的质量。结果 SNR结果显示MV组(6.29±3.30)图像优于其他两组,但与XD组(5.90±2.46)无统计学差异(P=0.237)。MV组图像的CNR明显高于其他两组(TSE: 19.08±10.67, XD: 25.70±10.64, MV: 35.74±16.35),差异在每两组间均存在统计学意义(P值均<0.001)。定性结果显示MV组(4.75分±0.52)的图像质量多为4分及5分,明显优于其余两组(TSE: 1.85分±0.49; XD: 3.23分±0.67),结果有统计学差异(P值均<0.001)。结论 TSE-XD-MV-DWI在鼻咽部成像可以明显提高DWI图像质量。

【关键词】扩散加权成像;快速自旋回波;风车技术;鼻咽癌

【中图分类号】R766.3

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.02.015

Diffusion Weighted Imaging of Nasopharynx Based on TSE-XD-MV

WANG Kun¹, YU Yu-jie¹, WANG Mao-xue¹, DOU Xin¹, ZHOU Nan¹, ZHANG Ji-lei², LI Ming^{1,*}.

1.The Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, Jiangsu Province, China

2.Philips Healthcare, Shanghai 200072, China

ABSTRACT

Objective To compare the image quality of turbo spin echo diffusion weighted imaging (TSE-DWI), TSE-XD-DWI and TSE-XD-MV-DWI in nasopharynx imaging. **Methods** From January 2021 to May 2021, 55 patients with confirmed or suspected nasopharyngeal carcinoma underwent nasopharyngeal MR examination in Nanjing Drum Tower Hospital were retrospectively collected. There were 34 males and 21 females, aged 54.65 ± 14.73 years. There were 25 patients with nasopharyngeal carcinoma and 30 patients with normal nasopharyngeal mucosa. SNR and CNR of nasopharyngeal DWI images in TSE, TSE-XD and TSE-XD-MV groups were assessed using paired sample t test. Qualitative assessment were evaluated using Wilcoxon paired sign rank test. **Results** SNR in MV group (6.29 ± 3.30) was better than the other two groups, but there was no statistical difference between the TSE-XD group (5.90 ± 2.46) and TSE-XD-MV group (P = 0.237). CNR in the MV group was significantly higher than that in the other two groups (TSE: 19.08 ± 10.67, XD: 25.70 ± 10.64, MV: 35.74 ± 16.35), and the differences were statistically significant between each two groups (P < 0.001). Qualitative results showed that the image quality of the MV group (4.75 ± 0.52) was also significantly better than that of the other two groups (TSE: 1.85 ± 0.49; XD: 3.23 ± 0.67), the results were statistically different (all P < 0.001). **Conclusion** DWI based on TSE-XD-MV in nasopharynx can significantly improve the image quality.

Keywords: Diffusion weighted imaging; Turbo Spin Echo; MultiVane; Nasopharynx

扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)可以在活体上对水分子运动进行测量成像,通过计算表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)对组织进行定量评估^[1]。在磁共振各系统的鉴别中都有重要的价值,尤其对于恶性肿瘤的发现及鉴别诊断^[2-3],但扩散加权成像受磁场均匀性的影响,在部分结构中的成像效果欠佳,尤其在鼻咽部检查中,受颅骨、气体及软组织结构差异的影响^[4],传统的常规回波平面成像(echoplanar imaging, EPI)序列DWI几何变形严重,常常不能满足诊断需求,快速自旋回波(turbo spin echo, TSE)序列DWI可有效改善几何变形的问题^[5],但信噪比下降明显,背景抑制较差,影响一些微小病灶的诊断^[6],同时鼻咽癌作为我国常见的肿瘤之一,其早诊断早治疗对于预后影响很大^[7-8],TSE-XD-DWI可有效提高常规TSE-DWI的信噪比,TSE-XD-MV-DWI通过增加风车技术(MultiVane, MV)可改善鼻咽部的无意识运动(如吞咽及呼吸,血管搏动等)产生的磁敏感伪影,进一步提高图像信噪比。本研究主要目的是对比分析常规TSE-DWI、TSE-XD-DWI及TSE-XD-MV-DWI三组图像在鼻咽部成像中图像质量的差异。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2021年1月至5月期间在南京鼓楼医院医学影像科进行鼻咽部磁共振检查的55例患者(男34例,女21例),年龄54.65岁±14.73,其中25例鼻咽癌患者,30例鼻咽部正常。

纳入标准:一次检查同时采集TSE-DWI、TSE-XD-DWI及TSE-XD-MV-DWI;无磁共振检查禁忌症;排除标准:图像存在明显运动伪影。

1.2 检查方法 采用philips ingenia CX 3.0T磁共振超导扫描仪,头颈16通道相控阵线圈,受检者仰卧位,扫描基线平行于硬腭,范围从颅底窝至喉腔上界,并嘱患者检查过程中不要移动,扫描序列包括鼻咽部常规T₂WI-mdixon、T₁WI、TSE-DWI、TSE-XD-DWI、TSE-XD-MV-DWI,其中三种扩散加权成像b值数为2, b 值分别选择0及800s/mm²。具体参数如下。

T₂WI: FOV220x220, 矩阵232x178, 层厚5mm, 层数20层, TR/TE 2500/80s, 扫描时间1min55s。三种DWI序列的具体参数见表1。

1.3 图像分析 所有图像均上传至飞利浦星云工作站(Intellispace Portal)进行分析。

1.3.1 定量分析 由一位高年资影像医生选择鼻咽部黏膜显示最大区域层面作为测量层面,感兴趣区(region of interest, ROI)位于黏膜及颞骨,分别测量三组图像同一位置的DWI信号强度,见图1,黏膜区ROI大小15~25mm²,颞骨区ROI大小45~55mm²。计算图像的信噪比(signal to noise ratio, SNR)及对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR),计算公式如下: CNR=(DWI黏膜-DWI颞骨)/SD颞骨, SNR=DWI黏膜/SD黏膜。

1.3.2 定性分析 三组图像的定性评估按以下标准进行评分: 1.颞骨区背景抑制清晰; 2.无吞咽运动伪影; 3.鼻咽部图像无变形显示清晰; 4.黏膜信号与肌肉界限清晰; 5.咽后壁黏

【第一作者】王 坤,男,主管技师,主要研究方向:磁共振成像技术。E-mail: akun512@163.com

【通讯作者】李 茗,男,副主任技师,主要研究方向:磁共振脑功能,磁共振成像技术。E-mail: lm06939@163.com

膜显示清晰完整。满足任意一条得1分，满分5分。图像定性分析由2位高年资影像科医生分别进行，意见不一致时协商解决。

2 统计

采用SPSS 26统计软件，图像的CNR及SNR值符合正太分布，以($\bar{x} \pm s$)表示；对三组图像的SNR及CNR差异采用配对样本T检验。采用频数描述图像的定性分析结果，采用 χ^2 检验判断两名医生对于图像定性分析的可重复性：0~0.20表示极低的一致性，0.21-0.40一般的一致性，0.41-0.60中等的一致性，0.61-0.80高度的一致性，0.81~1几乎完全一致。应用Wilcoxon配对符号秩检验判断三组DWI图像定性分析的差异。双侧检验，检验水准 $\alpha=0.05$ 。

3 结果

3.1 定量分析结果 TSE-XD-MV组图像的CNR明显高于其他两组(TSE: 19.08 ± 10.67 , XD: 25.70 ± 10.64 , MV: 35.74 ± 16.35)，差异在每两组间均存在统计学意义(P值均<0.001)。SNR结果显示TSE-XD-MV组(6.29 ± 3.30)图像优于其他两组，但与TSE-XD组(5.90 ± 2.46)无统计学差异(P=0.237)，TSE-XD-MV组及TSE-XD组

图像SNR结果均优于TSE组(5.09 ± 1.66)，结果均有明显统计学差异(P=0.001)，结果见表2~图2。

3.2 定性分析结果 定性结果显示TSE-XD-MV组(4.75 ± 0.52)的图像质量多为4分及5分，明显优于其余两组(TSE: 1.85 ± 0.49 ; TSE-XD: 3.23 ± 0.67)，结果有统计学差异(P值均<0.001)，结果见表2~表3。

两名医生对于三组DWI图像定性分析的结果具有很好的可重复性($kappa_{TSE}=0.765$, $kappa_{XD}=0.776$, $kappa_{MV}=0.717$)。

表1 三种DWI序列的具体参数

参数	TSE	XD	MV
相位敏感模式	MX elimination模式	SPLICE模式	SPLICE模式
TR/TE(s)	5652/123	6023/139	3000/117
FOV	220x220	220x220	220x220
矩阵	112x100	112x100	112x112
层数	20	20	20
层厚(mm)	5	5	5
TSE factor	35	35	16
MV percentage	-	-	130%
采集时间	2min38s	2min48s	2min54s

表2 三组DWI图像定性及定量分析结果

	TSE	XD	MV	P		
				TSE-XD	TSE-MV	XD-MV
CNR	9.08 ± 10.67	25.70 ± 10.64	35.74 ± 16.35	<0.001	<0.001	<0.001
SNR	5.09 ± 1.66	5.90 ± 2.46	6.29 ± 3.30	0.001	0.001	0.237
定性分析(分)	1.85 ± 0.49	3.33 ± 0.67	4.75 ± 0.52	<0.001	<0.001	<0.001

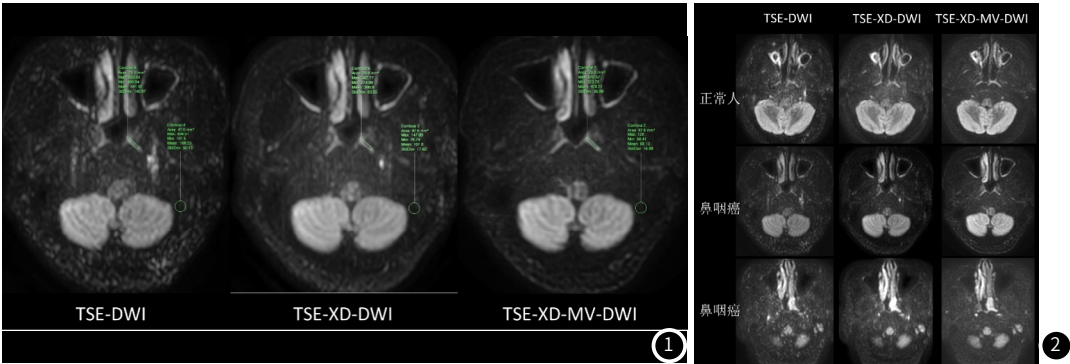


图1 感兴趣区选择示意图。三组DWI图像中感兴趣区位于鼻咽部黏膜及颞骨的同一位置。图2 一例正常人及两例鼻咽癌患者。TSE-XD-MV-DWI图像信噪比明显提高，背景抑制更干净。

表3 三组DWI图像定性分析结果分布

主观评分	TSE	XD	MV
1	23	0	0
2	83	6	0
3	4	50	4
4	0	52	17
5	0	2	89

4 讨论

目前鼻咽部DWI扫描，为解决EPI-DWI的变形伪影问题，常规采用TSE-DWI的采集模式，在Mikayama等的研究中，证实TSE-DWI图像SNR及CNR均优于EPI-DWI(右侧颌下腺CNR: 22.3 ± 5.7 vs 9.35 ± 4.7 , $P<0.001$)，同时图像的变形伪影明显减少^[5-9]，从本研究中也证实了这一点，常规TSE-DWI在定性评估中基本都为1~2分，基本满足无变形及运动伪影，但是背景抑制及图像信噪比在本研究中比较差。

TSE-XD-DWI是传统TSE-DWI序列的升级版，二者的区别主要是相位敏感模式不同，此参数可改变TSE扩散序列处理磁共振信号初始相位误差的方式。常规TSE-DWI采用MX消除(MX elimination)模式：在回波序列中消除一个不受控制的受激回波信号，这种选择的缺点是信噪比降低了大约一倍；TSE-XD-DWI的相位敏感模式是SPLICE^[10-11]：在回波序列中利用该受激回波信号，而不是丢弃

它。同时对回波和受激回波进行采样，保持了信噪比^[12]。在本研究中和TSE-DWI相比，TSE-XD-DWI序列改善了图像质量，从表3定性分析结果中我们可以看出TSE-XD-DWI序列在常规TSE-DWI评分1~2分(1.无变形2.无运动伪影)的基础上，TSE-XD-DWI序列评分基本在3~4分，明显提高了图像信噪比及背景抑制，并且不同评估者之间的一致性较好；定量分析结果也显示TSE-XD-DWI图像在鼻咽部的CNR及SNR均明显高于传统TSE-DWI。

TSE-XD-MV-DWI是在TSE-XD-DWI序列基础上发展而来的，其的相位敏感模式与TSE-XD-DWI相同，但是K空间填充方式不同。常规TSE-DWI及TSE-XD-DWI采用笛卡尔(Cartesian)的填充方式：K空间的填充轨迹为平行线对称填充；TSE-XD-MV-DWI采用风车(Multivane)的填充方式：Kx - Ky平面使用由平行线组成的(旋转)条带(称为叶片)采样，它可视为笛卡尔和放射状采集的混合型。通过该技术可在采集一个或一组图像期间对运动不一致性进行内部校正。叶片百分比(MV percentage)为100%时，表示总采集时间等于相应笛卡尔式扫描中采集时间，多叶片百分率越大，信噪比越高，采集时间越长^[13]。本研究中MV percentage选择130%，总采集时间较TSE-XD-DWI增加6s，但SNR及CNR明显提高，并且定性评估基本为4~5分，对鼻咽部后壁粘膜的连续性显示更佳。TSE-XD-MV-DWI序列进一步改善了背景抑制，提高了图像信噪比。

(下转第 72 页)

表3 肺良恶性结节以远肺组织IC、Z及对侧同层水平肺组织IC、Z比较

组别	恶性结节(n=43)	良性结节(n=15)	P值
ICA患	0.64±0.59	0.99±0.31	0.044
ICA健	1.42±0.70	1.15±0.42	0.180
dICA	-0.38±0.31	-0.12±0.24	<0.001
ICV患	0.50±0.21	0.69±0.27	0.022
ICV健	0.78±0.26	0.73±0.24	0.575
dICV	-0.17±0.16	-0.02±0.27	<0.001
ZA患	9.35±0.49	10.33±0.63	<0.001
ZA健	10.42±0.43	10.81±0.74	0.081
dZA	-1.01±0.75	-0.56±0.76	0.007
ZV患	8.83±0.36	9.37±0.61	0.002
ZV健	9.46±0.61	9.33±0.39	0.560
dZV	-0.52±0.50	-0.08±0.49	<0.001

注：ICA患、ICV患(ZA患、ZV患)：动、静脉期病灶侧肺组织碘浓度(有效原子序数)，ICA健、ICV健(ZA健、ZV健)：动、静脉期对侧同水平肺组织碘浓度(有效原子序数)，dICA、dICV(dZA、dZV)：动静脉期病灶侧肺组织碘浓度与对侧肺组织碘浓度(有效原子序数)差值。

注减少。该研究基于双能CT碘图及有效原子序数图对肺结节周围肺组织进行定量分析，结果表明在肺良恶性结节之间对于肺组织的影响存在一定差异，对病灶定性诊断有一定价值。

该研究的局限性：(1)样本量有限，未对肺良恶性结节组进行细分比较；(2)对于碘浓度反映病灶周围肺组织的灌注缺损未与金标准肺灌注显像进行比较；(3)对于肺各项指标将来可在三维成像上测量，使结果更具客观性。

4 结 论

双能CT碘图及有效原子序数图因其对于物质较好的敏感性可以在一定程度上对于肺良恶性结节的鉴别提供一定的帮助。

参考文献

[1]Tanner N T,Dai L,Bade B C,et al.Assessing the generalizability of the national lung screening trial:comparison of patients with stage 1 disease[J]. Am J Respir Crit Care Med,2017, Sep, 1, 196 (5): 602-608.

[2]National Lung Screening Trial Research Team,Aberle DR,Adams AM,Berg CD,et al.Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening[J]. N Engl J Med,2011,Aug, 4, 365 (5): 395-409.

[3]Barnett P G,Ananth L,Gould M K.Veterans affairs positron emission tomography imaging in the management of patients with solitary pulmonary nodules (VA SNAP) cooperative study group.Cost and outcomes of patients with solitary pulmonary nodules managed with PET scans[J]. Chest,2010, Jan; 137 (1): 53-9.

[4]Snoeckx A,Reyntiens P,Desbuquoit D,et al.Evaluation of the solitary pulmonary nodule: size matters, but do not ignore the power of morphology[J]. Insights Imaging, 2018, Feb; 9 (1): 73-86.

[5] 双层探测器光谱CT临床应用中国专家共识(第一版) [J]. 中华放射学杂志, 2020, 54 (7): 635-643.

[6]Son J Y,Lee H Y,Kim J H,et al.Quantitative CT analysis of pulmonary ground-glass opacity nodules for distinguishing invasive adenocarcinoma from non-invasive or minimally invasive adenocarcinoma: the added value of using iodine mapping[J]. Eur Radiol, 2016, Jan; 26 (1): 43-54.

[7]Chu Z G,Li W J,Fu B J,et al.CT characteristics for predicting invasiveness in pulmonary pure ground-glass nodules[J]. AJR Am J Roentgenol, 2020 Aug; 215 (2): 351-358.

[8]Zegadko A,Zabicka M,Kania-Pudko M,et al.Assessment of solitary pulmonary nodules based on virtual monochrome images and iodine-dependent images using a single-source dual-energy CT with fast kVp switching[J]. J Clin Med, 2020 Aug 4; 9 (8): 2514.

[9]Sun Y S,Zhang X Y,Cui Y,et al.Spectral CT imaging as a new quantitative tool? Assessment of perfusion defects of pulmonary parenchyma in patients with lung cancer[J]. Chin J Cancer Res, 2013, Dec; 25 (6): 722-8.

[10]Zhang Y,Cheng J,Hua X,et al.Can spectral CT imaging improve the differentiation between malignant and benign solitary pulmonary nodules? [J]. PLoS One, 2016, Feb, 3; 11 (2): e0147537.

[11]傅文悦,朱广辉. Revolution CT能谱成像技术对不同性质肺结节鉴别诊断价值的应用研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19 (6): 58-61.

[12]Kargaltmcaba M,Aktaş A.Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications[J]. Diagn Interv Radiol, 2011 Sep; 17 (3): 181-94.

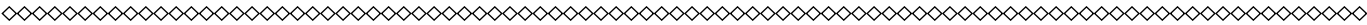
[13] 夏平,陈刚,郝敬明,等. 能谱CT扫描技术在肺良恶性病变鉴别诊断中的初步研究 [J]. 实用放射学杂志, 2015, 31 (3): 473-476.

[14] 宁先英,李浩,杨明,等. CT能谱定量分析对肺腺癌与鳞癌的鉴别诊断价值 [J]. 放射学实践, 2017, 32 (3): 237-241.

[15]Xiao H,Liu Y,Tan H,et al.A pilot study using low-dose spectral CT and ASIR(adaptive statistical iterative reconstruction)algorithm to diagnose solitary pulmonary nodules[J]. BMC Med Imaging, 2015, 15: 54.

[16]Zegadko A,Zabicka M,Kania-Pudko M,et al.Assessment of solitary pulmonary nodules based on virtual monochrome images and iodine-dependent images using a single-source dual-energy CT with fast kVp switching[J]. J Clin Med, 2020, Aug, 4; 9 (8): 2514.

(收稿日期：2021-10-25)
(校对编辑：何镇喜)



(上接第 42 页)

本研究局限性，第一：未对鼻咽部较小病灶的检出进行评估；第二：未比较大病灶的显示范围在三个序列中的差异。后期我们将对病灶的检出及显示范围进行评估，同时结合动态增强图像对不同分期的鼻咽癌患者治疗疗效进行评价。

本研究对比了三组DWI序列在鼻咽部的成像，证明TSE-XD-MV-DWI序列可在消除鼻咽部几何变形伪影并且采集时间没有明显增加的基础上，大幅提高信噪比，使鼻咽部黏膜显示更加清晰，有助于鼻咽部微小结构的显示，为临床诊断提供了更加清晰的组织细节结构。

参考文献

[1]chenever T L,MeyerC R,MoffatB A,et al.Diffusion MRI:a new strategy for assessment of cancer therapeutic efficacy[J]. Mol Imaging, 2002, 1(4): 336-343.

[2]Huang M Q,Pickup S,Nelson D S,et al.Monitoring responseto chemotherapy of non-Hodgkin's lymphoma xenografts by T(2)-weighted and diffusion-weighted MRI[J]. NMR Biomed, 2008, 21 (10): 1021-1029.

[3]Charles-Edwards E M,deSouza N M.Diffusion-weightedmagnetic resonance imaging and its application to cancer[J]. Cancer Imaging, 2006, 6 (1): 135-143.

[4]Verhappen M H,Pouwels P J,Ljumanovic R,et al.Diffusion-weighted MRimaging in head and neck cancer:Comparison between half-fourier acquired single-shot turbo spin echo and EPI techniques[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2012, 33 (7): 1239-1246.

[5]Mikayama R,Yabuuchi H,Sonoda S,et al.Comparisonof intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging between turbo spin-echo and echo-planar imaging of the head andneck[J]. Eur Radiol, 2018, 28: 316-324.

[6] 许春苗,袁军辉,陈学军,等. 比较3.0T MRI读出方向上的分段扩散成像技术与平面回波扩散加权成像技术对鼻咽癌的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50 (8): 586 -589.

[7] 俱增武. 磁共振不同扫描方式对鼻咽癌早期诊断的临床价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (11): 33-35.

[8]Cao S M,Simons M J,Qian C N,et al.The prevalence andprevention of nasopharyngeal carcinoma in China[J]. Chin Jcancer, 2011, 30 (2): 114-119.

[9] 俞家熙,李新春,万齐,等. TSE-DW序列对鼻咽部病变的诊断价值 [J]. 现代医院, 2018, 18 (2): 301-304.

[10]Schick F.SPLICE:Sub-second diffusion-sensitive MR imaging using a modified fast spin-echo acquisition mode[J]. Magn Reson Med, 1997, 38 (4) 638-644.

[11]Zennaro M C,SouqueA,ViengchareunS,et al.A new human MR splice variant is a ligand-independent transactivator modulating corticosteroid action[J]. Mol Endocrinol, 2001, 15 (9) 1586-1598.

[12]JunichiroS,YoshinoNorio,OkochiKiyoshi,et al.Tissue characterization of head and neck lesions using diffusion-weighted MR imaging with SPLICE[J]. EEur J Radiol, 2009, 69 (2): 260-268.

[13]Tsuyoshi Ohshita.Basic examination of an imagecharacteristic in Multivane[J] Nihon Hoshasen Gakkai Zasshi, 2011, 67 (10): 1298-1303

[14]Thoeny H C,De Keyzer F,King A D.Diffusion-weighted MRimaging in the head and neck[J]. Radiology, 2012, 263 (1): 19-32.

[15]Yoshizako T,Wada A,Uchida K,et al.Apparent diffusioncoefficient of line scan diffusion image in normal prostate andprostate cancer—comparison with single-shot echo plannerimage[J]. MagnReson Imaging, 2011, 29 (1): 106-110.

[16]Vandecaveye V,Dirix P,De Keyzer F,et al.Diffusion-weighted magnetic resonance imaging early afterchemoradiotherapy to monitor treatment response inhead-and-neck squamous cell carcinoma[J]. Int J RadiatOncol BiolPhys, 2012, 82 (3): 1098-1107.

[17] 闫凤全,彭霞,李伟等. MRI弥散加权成像对鼻咽癌T分期的应用研究 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 11: 45-48.

(收稿日期：2021-08-11)
(校对编辑：阮 靖)