

· 头颈部影像学 ·

部分傅立叶技术在鼻咽癌磁共振 RESOLVE-IVIM 成像中的初步研究

陈浩, 贺瑶瑶, 张会婷, 陈迢, 袁子龙

【摘要】 目的:探讨读出方向部分傅立叶技术(RPF)对鼻咽癌磁共振基于分段读出技术体素内不相关运动(RESOLVE-IVIM)成像的影响。**方法:**前瞻性搜集经病理证实为鼻咽癌的患者共 38 例。所有患者均于治疗前行磁共振常规序列、带 6/8 RPF(A 组)和不带 RPF(B 组)的 RESOLVE-IVIM 序列检查,经后处理得到两组 RESOLVE-IVIM 序列定量参数值:表观扩散系数(ADC)、真实扩散系数(D)、灌注相关扩散系数(D^*)和灌注分数(f),并对两组参数值进行 Bland-Altman 分析。客观图像质量评价分别于肿瘤最大层面测量两组图像的肿瘤、对侧翼外肌及背景的平均值(Mean)及标准偏差(SD),计算出 SNR 和 CNR 并进行非参数 t 检验。主观图像质量评价采用两位不同年资的影像医师根据双盲四分法对两组 RESOLVE-IVIM 图像进行打分,评分结果进行加权 Kappa 检验。**结果:**两组定量参数 Bland-Altman 分析结果显示,ADC 的差异平均值为 5.70%,标准偏差为 10.88%,95% LOA 为 -15.62%~27.03%;f 的差异平均值为 5.08%,标准偏差为 35.14%,95% LOA 为 -63.80%~73.96%;D 的差异平均值为 7.64%,标准偏差为 20.15%,95% LOA 为 -31.85%~47.13%; D^* 的差异平均值为 0.79%,标准偏差为 30.36%,95% LOA 为 -58.72%~60.30%。两组客观图像质量的平均 SNR 和 CNR 值差异没有统计学意义($P=0.46, 0.18$),但 B 组 SNR 和 CNR 的平均值(252.9 ± 77.7 和 5.8 ± 2.8)均略高于 A 组($247.3 \pm 85.5, 5.3 \pm 2.3$)。主观评价得分两组在图像清晰度、失真、伪影、病灶明显度和总得分之间没有显著差异($P>0.05$)。**结论:**RPF 为 6/8 不仅可以缩短 RESOLVE-IVIM 序列的扫描时间,同时定量参数具有一定的稳定性,还保证了图像质量满足诊断需求。

【关键词】鼻咽肿瘤;磁共振成像;部分傅立叶技术;体素内不相干运动

【中图分类号】R445.2;R739.6 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1000-0313(2022)07-0824-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.07.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A pilot study on application of readout partial fourier technique in RESOLVE-IVIM imaging of nasopharyngeal carcinoma CHEN Hao, HE Yao-yao, CHEN Tiao, et al. Department of Radiology, Hubei Cancer Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430079, China

【Abstract】 Objective: To explore the affection of readout partial fourier (RPF) technique on RESOLVE-IVIM imaging of nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods:** A total of 38 NPC patients confirmed by pathology were collected and underwent conventional magnetic resonance sequence before treatment. According to the application of 6/8 RPF in RESOLVE-IVIM or not, these patients were divided into group A (with 6/8 RPF) and group B (without RPF). After post-processing, some parameters derived from RESOLVE-IVIM sequence were obtained, including apparent diffusion coefficient (ADC), true diffusion coefficient (D), perfusion-related diffusion coefficient (D^*) and perfusion fraction (f), and compared by the Bland-Altman analysis. The SNR and CNR were calculated by the mean and standard deviation (SD) of the tumor, the lateral muscles and the background at the largest level of the tumor, and compared by non-parametric *t*-test. The RESOLVE-IVIM images quality were blindly evaluated by two imaging physicians and the scores were assessed by weighted Kappa test. **Results:** Bland-Altman analysis showed that the average difference, SD, and 95% LOA of ADC were

作者单位:430079 武汉,湖北省肿瘤医院放射科(陈浩、贺瑶瑶、陈迢、袁子龙);430079 武汉,西门子医疗系统有限公司磁共振事业部(张会婷)

作者简介:陈浩(1990—),男,湖北枣阳人,技师,主要从事磁共振影像技术工作。

通讯作者:袁子龙, E-mail: yuanzilong0213@126.com

5.70%, 10.88%, and $-15.62\% \sim 27.03\%$; the average difference, SD, and 95% LOA of f were 5.08%, 35.14%, and $-63.80\% \sim 73.96\%$; the difference average, SD, 95% LOA of D were 7.64%, 20.15%, and $-31.85\% \sim 47.13\%$; the average difference, SD, and 95% LOA of the D^* were 0.79%, 30.36%, and $-58.72\% \sim 60.30\%$, respectively. There was no significant difference in the average SNR and CNR values between groups ($P=0.46$ and $P=0.18$, respectively), but the average SNR and CNR values of group B (252.9 ± 77.7 and 5.9 ± 2.8) were higher than those of group A (247.3 ± 85.5 , 5.4 ± 2.3). There was no significant difference in image clarity, distortion, artifacts, focus obviousness and total score between groups ($P>0.05$). **Conclusion:** 6/8 RPF technology not only shortens the scanning time of RESOLVE-IVIM sequence, but also maintain the stability for the derived parameters and the image quality.

【Key words】 Nasopharyngeal neoplasms; Magnetic resonance imaging; Partial fourier technique; Intravoxel incoherent motion

鼻咽癌(nasopharyngeal carcinoma, NPC)是我国常见头颈部恶性肿瘤之一, 其在我国发病率和死亡率分别为 3.26/10 万和 1.77/10 万, 高于世界平均水平^[1]。体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)能反映肿瘤内水分子运动的微循环灌注成分和扩散运动成分, 可用于鼻咽癌的鉴别诊断^[2]、疗效评估^[3]及临床分期^[4]等。但传统的 IVIM 序列多是基于单次激发平面回波成像序列(single-shot echo-planar-imaging, ss-EPI)成像, 其应用于复杂结构时易产生磁敏感伪影、图像变形等^[5], 从而导致 IVIM 定量参数的不准确性; 而分段读出平面回波成像技术(readout segmentation of long variable echo-trains, RESOLVE)是一种 K 空间读出方向上分段采集信号的成像技术, 通过分割缩短了回波间距, 从而减少了图像的伪影^[6], 较好的解决了上述问题, 故近年来基于 RESOLVE 的磁共振功能成像成为鼻咽部等较复杂部位的研究热点^[7-9], 然而 RESOLVE 存在分段采集导致成像时间增加的缺点^[6]; 而读出方向部分傅立叶(readout partial fourier, RPF)技术是通过减少 K 空间读出方向的采集率来缩短成像时间^[10], 可弥补上述缺点, 但 RPF 技术对 RESOLVE-IVIM 序列的影响尚未见研究报道, 因此本研究将前瞻性探讨 RPF 技术对鼻咽癌 RESOLVE-IVIM 序列成像时间、定量参数和图像质量的影响。

材料与方法

1. 一般资料

收集本院 2018 年 3 月—2019 年 12 月期间首诊为鼻咽癌的 50 名患者。纳入标准: ①经病理证实为鼻咽癌; ②无其他肿瘤史或严重合并症; ③患者尚未接受任何治疗; ④术前进行了 MRI 检查, 包括 RESOLVE-IVIM 序列。排除标准: ①已经进行了肿瘤对症治疗; ②患者有 MRI 禁忌症; ③ IVIM 序列未扫描; ④由于

较为明显运动伪影导致的图像质量差。最后, 本研究纳入了患者 38 例, 其中男 25 例, 女 13 例, 年龄 27~71 岁, 平均 53 岁。根据第八版 AJCC 癌症分期手册, 纳入病例中 II 期 3 例, III 期 16 例, IV 期 19 例。本前瞻性研究已获得了医院伦理委员会批准, 所有患者签署均知情同意书。

2. 仪器与方法

采用德国 Siemens MAGNETOM Skyra 3.0T 超导型 MRI 成像仪, 20 通道头部线圈。扫描协议包括常规平扫轴位 T_1 WI、冠状位 T_2 WI、轴位压脂 T_2 WI、带 RPF(RPF=6/8)和不带 RPF 的 RESOLVE-IVIM 序列、增强轴位和冠状位压脂 T_1 WI。定义带 RPF 的 RESOLVE-IVIM 图像为 A 组, 不带 RPF 的 RESOLVE-IVIM 图像为 B 组。RESOLVE-IVIM 序列参数如下: b 值包括 0、10、20、40、80、150、200、400、800 s/mm^2 , 三个正交方向, TR 3960 ms, TE1 68 ms, TE2 98 ms, 层厚 4 mm, 层间因子 10%, 矩阵 134×134 ; 视野(FOV)=258 mm $\times$ 246 mm。两组的扫描时间分别为 6 分钟 8 秒(A 组)及为 10 分钟 6 秒(B 组)。

3. 图像分析

两组 RESOLVE-IVIM 图像后处理在 MR Body Diffusion Toolbox (Siemens Healthcare, Erlangen, Germany)软件上进行(图 1、2), 由一名具有 5 年影像诊断经验的放射医师在不带 RPF 且 $b=800 s/mm^2$ 的 RESOLVE-IVIM 图上勾画肿瘤最大层面及上下两层共计三个兴趣区(region of interest, ROI), 勾画要求参考常规平扫及增强图像尽可能多的覆盖肿瘤实体部分, 同时尽量避开囊变、出血、坏死及颅底骨质等非肿瘤部分(图 1a), 并由另一名具有 10 年影像诊断经验的放射医师确认。然后按公式(1)和(2)计算出 IVIM 定量参数: 表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC), 真实扩散系数(pure molecular diffusion, D), 灌注相关扩散系数(perfusion-related diffu-

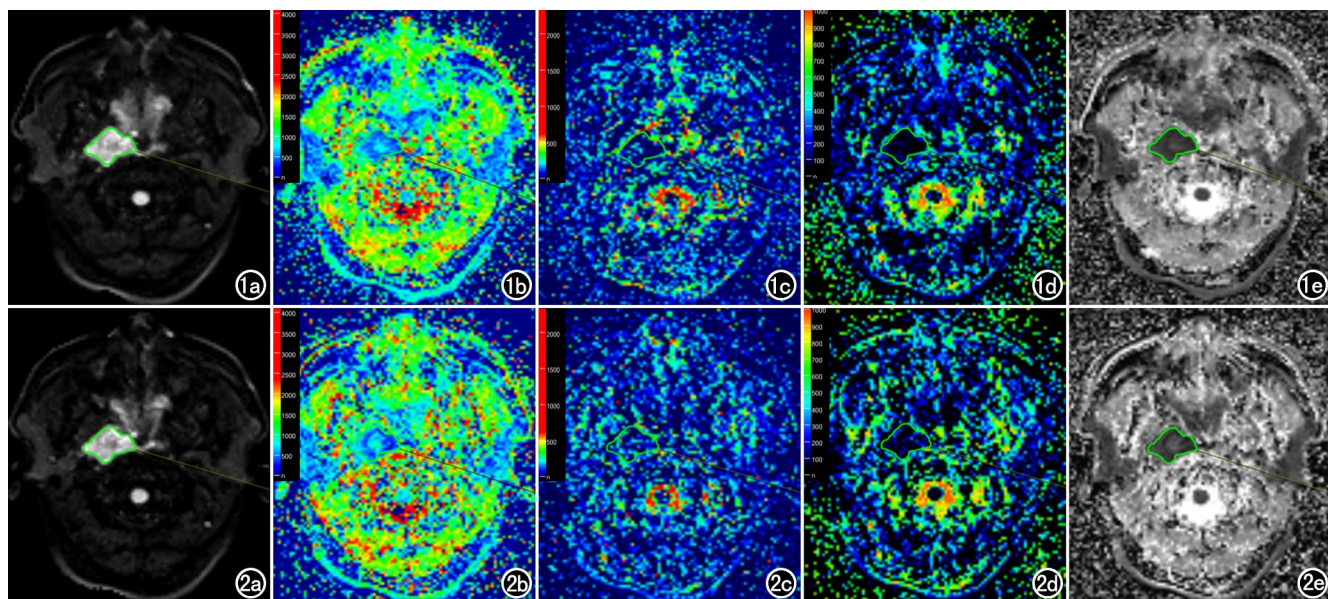


图 1 A 组病灶勾画及定量参数图示例,不带 RPF 的 RESOLVE-IVIM 图像。男,52 岁,病理非角化性型未分化癌,T3N3M0,临床分期Ⅳ期。a) $b=800\text{s/mm}^2$ 的 DWI 图;b)D 图;c) D^* 图;d)f 图;e)ADC 图。

图 2 RPF=6/8 的 RESOLVE-IVIM 图像。a) $b=800\text{s/mm}^2$ 的 DWI 图;b)D 图;c) D^* 图;d)f 图;e)ADC 图。伪彩图中颜色越红代表数值越高,越蓝代表数值越低。

sion, D^*)和灌注分数(perfusion fraction, f)。

$$S_b/S_0 = f \times e^{-(b \times D^*)} + (1-f) \times e^{-(b \times D)} \quad (1)$$

$$S_b/S_0 = e^{-(b \times \text{ADC})} \quad (2)$$

其中 b 为扩散加权因子, S_b 为 b 值所对应的信号强度, S_0 为 $b=0\text{s/mm}^2$ 时的信号强度。再导入同一病例带 RPF 的 IVIM 图像同时复制上述三个 ROI, 计算其定量参数, 三个 ROI 所得参数分别进行点对点比较。

4. 图像质量评价

客观图像质量评价:采用测量肿瘤最大层面肿瘤、对侧翼内肌及背景的信号强度(signal intensity, SI)和标准偏差(standard deviation, SD),重复测量三次取平均值(Mean),如公式(3)、(4)所示,计算信噪比和对比噪声比客观评价两组 RESOLVE-IVIM 图像质量。

$$\text{SNR} = \frac{SI_{\text{肿瘤}}}{SD_{\text{背景}}} \quad (3)$$

$$\text{CNR} = \frac{|SI_{\text{肿瘤}} - SI_{\text{肌肉}}|}{\sqrt{SD_{\text{肿瘤}}^2 + SD_{\text{肌肉}}^2}} \quad (4)$$

其中 $SI_{\text{肿瘤}}$ 、 $SI_{\text{肌肉}}$ 分别代表肿瘤和对侧翼内肌的平均信号强度, $SD_{\text{肿瘤}}$ 、 $SD_{\text{肌肉}}$ 和 $SD_{\text{背景}}$ 分别代表肿瘤、对侧翼内肌和背景的平均标准偏差。

主观图像质量评价:由两名不同年资(5 年和 10 年)放射诊断医师对 A、B 两组图像质量采用双盲四分法进行打分,评分标准包括图像清晰度、失真、伪影和病灶明显度四部分。其中,1 分表示图像模糊,伪影很多,变形严重,难以发现病变;2 分表示图像有较多伪影并且已变形,但能区分出一些病灶;3 分表示图像中

有少许伪影和轻度变形,但可以区分病灶;4 分表示图像清晰,无失真,基本无伪影且病灶显示良好。

5 统计学分析

采用 Graph Pad Prism v5.0 软件对 AB 两组三个 ROI 所得定量参数(D 、 D^* 、 f 和 ADC)进行点对点 Bland-Altman 分析,用于评估两组参数在带 RPF 和不带 RPF 之间的一致性,定义 $\text{Mean} \pm 1.96\text{SD}$ 为 95% 一致性极限(limits of agreement, LOA)。采用 SPSS 22.0 软件包中 Kolmogorov-Smirnov 检验验证 SNR、CNR 和主观图像质量评分(即图像清晰度、失真、伪影和病灶明显度)是否符合正态分布,不符合正态分布则使用 Wilcoxon 检验评估其平均值的差异,且 $P < 0.05$ 时差异有统计学意义;同时采用 Kappa 检验评估两名医师主观图像质量评分的一致性(Kappa 值为 0.00~0.20 时两者之间无一致性,0.21~0.40 一致性较差,0.41~0.60 一致性中等;0.61~0.80 一致性良好,0.81~1.00 一致性极好)。

结 果

1. 定量参数的 Bland-Altman 分析

A、B 两组定量参数 Bland-Altman 分析结果见图 3。其中差异平均值最低的是 D^* , 为 0.79%, 其标准偏差为 30.36%, 95% LOA 为 -58.72%~60.30%; 差异平均值最高的是 D , 为 7.64%, 其标准偏差为 20.15%, 95% LOA 为 -31.85%~47.13%; 另外 f 的差异平均值为 5.08%, 标准偏差为 35.14%, 95%

LOA 为 $-63.80\% \sim 73.96\%$; ADC 的差异平均值为 5.70% , 标准偏差为 10.88% , 95% LOA 为 $-15.62\% \sim 27.03\%$ 。两组定量参数的百分偏差最大的仅为 7.64% , 说明两组定量参数具有一定的一致性; BA 分析散点图中大多数病例的波动性在 95% LOA 一致性界限以内, 只有少数病例在 95% LOA 界限以外, 表明两组定量参数波动性较小。

2. 图像质量分析

A、B 两组的平均 SNR 和 CNR 值差异无统计学意义 ($P=0.46、0.18$), 但不带 RPF 的 B 组 SNR 和 CNR 的平均值 (252.9 ± 77.7 和 5.8 ± 2.8) 均略高于带 RPF 的 A 组 ($247.3 \pm 85.5、5.3 \pm 2.3$), 见表 1。主观评价结果显示, A、B 两组在图像清晰度、失真、伪影、病灶明显度和总得分之间差异均没有统计学意义 ($P>0.05$, 表 1)。两名医师主观评分一致性分析结果显示, A、B 两组在图像清晰度一致性极好 (K 为 $0.91、0.81$), 病灶明显度一致性较好 (K 均为 0.73), 而在失真、伪影及总分方面一致性中等 (K 为 $0.56 \sim 0.67$), 见表 2。

表 1 A、B 两组客观和主观图像质量评价结果

图像质量	A 组	B 组	Z/t	P
SNR	252.9 ± 77.7	247.3 ± 85.5	0.75^*	0.46
CNR	5.8 ± 2.8	5.3 ± 2.3	-1.34	0.18
图像清晰度	3.1 ± 0.4	3.1 ± 0.4	-1.00	0.32
失真	3.2 ± 0.4	3.2 ± 0.4	-1.41	0.16
伪影	2.8 ± 0.5	2.8 ± 0.5	0.00	1.00
病灶明显度	3.3 ± 0.4	3.3 ± 0.4	0.00	1.00
总分	12.3 ± 1.1	12.3 ± 1.1	-1.73	0.08

注: * 为配对 t 检验。

表 2 两组主观评分一致性比较 Kappa 值

图像质量	A 组	B 组
图像清晰度	0.91	0.81
失真	0.56	0.67
伪影	0.58	0.61
病灶明显度	0.73	0.73
总分	0.56	0.59

讨 论

RESOLVE 技术因其能够较好地解决鼻咽部图像

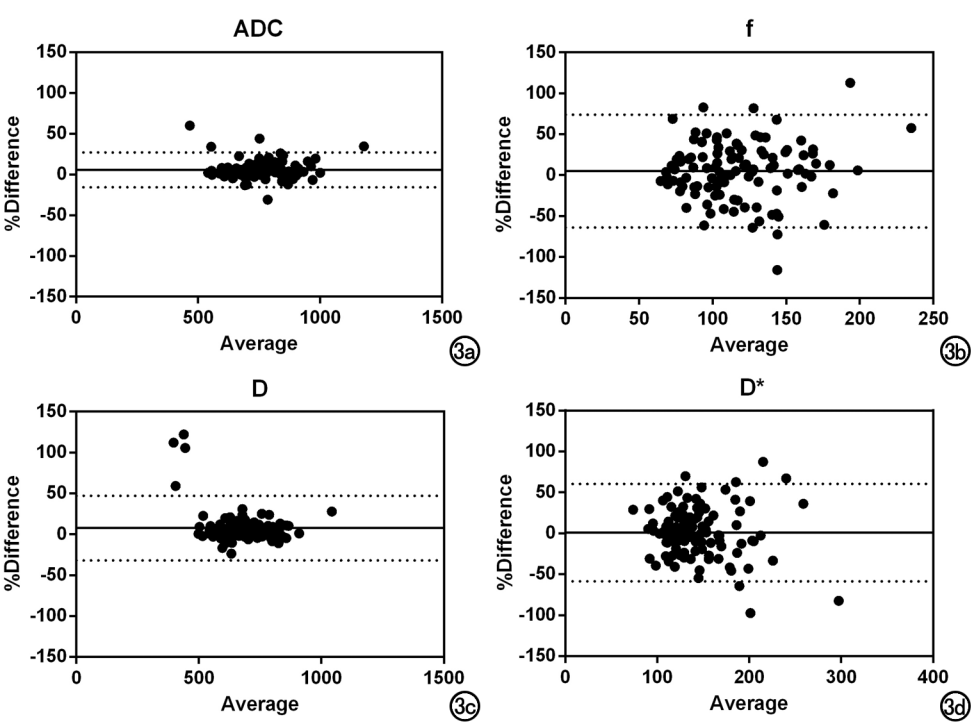


图 3 A、B 两组定量参数 Bland-Altman 分析结果图。横轴代表 A、B 组数据的平均值, 纵轴代表数据之间的差异百分数, 横实线是差异平均值, 横虚线是 95% LOA 的上下限。a) ADC 值分析结果图; b) f 值分析结果图; c) D 值分析结果图; d) D^* 值分析结果图。

变形及磁敏感伪影问题^[11], 因此将其应用于 IVIM 技术中时, 应该可以提供更为精准的定量参数; 但是两者的联合相比传统的基于 SS-EPI 序列的 IVIM 成像时间会更加延长, 在实际临床应用中往往会因为扫描时间过长、患者耐受差而不自运动, 导致图像会出现运动伪影等, 而 RPF 技术已被证实可以通过减少 K 空间读出方向的采集率成功缩短扫描时间^[6,10]。本研究前瞻性将 RPF 技术应用于 RESOLVE-IVIM 序列, 研究结果表明, 应用 RPF ($RPF=6/8$) 可缩短 RESOLVE-IVIM 成像序列 38.7% 的扫描时间, 且对图像质量并无明显的影响, 但仅对 IVIM 定量参数产生有限的影响 (百分偏差 $<7.64\%$)。

成像参数的修改必然会造成图像质量的变化。本研究中, 两组图像的平均 SNR 和 CNR 值差异无统计学意义 (P 分别为 0.46 和 0.18), 但不带 RPF 的 B 组 SNR 和 CNR 的平均值 (252.9 ± 77.7 和 5.9 ± 2.8) 均要略高于带 RPF 的 A 组 ($247.3 \pm 85.5、5.4 \pm 2.3$), 说明了虽然采用 RPF 技术会导致图像的 SNR 和 CNR 有所下降, 但是当 $RPF=6/8$ 时鼻咽部 RESOLVE-IVIM 序列客观图像质量下降程度较小, 且可以接受, 这一结果也得到了 Ariya 等^[6]、Yoshimura 等^[10] 研究结果的认证。图像 SNR 和 CNR 之所以下降, 与 RPF 技术导致了 K 空间读出方向的采集率下降有关; 当

RPF=1 时,即不带 RPF,K 空间读出方向数据 100% 采集;RPF=6/8 时,K 空间读出方向信息只采集 6/8, 该方向上的数据采集率降低,即总体图像信号值降低, 噪声随之增加,故信号与噪声的比值就会降低。因此 我们需要平衡扫描时间和图像质量的关系,从而达到 既满足图像诊断要求,又降低了扫描时间。主观图像 质量评价方面笔者发现 A、B 两组在图像清晰度、失 真、伪影、病灶明显度和总得分之间差异没有统计学 意义($P>0.05$),这说明了 RPF=6/8 时,并未明显增加 图像的变形和失真,且对病灶的显示并无明显影响,因 此采用 RPF(RPF=6/8)技术对图像诊断并无太大影 响。

目前越来越多的学者将 IVIM 定量参数所代表的 灌注及扩散信息应用于鼻咽癌临床相关研究^[12-14],然 而他们研究的重点均为定量参数与肿瘤疗效之间的相 关性,并未注意到定量参数内部的稳定性,而本研究同 时还评价了应用 RPF 对 RESOLVE-IVIM 定量参数 的影响,研究发现其对定量参数的影响相对较小(百分 偏差 $<7.64\%$),表明两组的定量参数具有一定的一致 性,因此采用 RPF=6/8 技术对鼻咽部 IVIM 模型中 的灌注及扩散信息并无明显影响;其次,笔者还发现各 定量参数中 D^* 的差异平均值最小,分析原因可能与 反映毛细血管灌注的 D^* 值主要是由低 b 值决定的有 关^[15],鼻咽癌属于富血供肿瘤、研究中设置了较多低 b 值且基于 RESOLVE 的 IVIM 图像信噪比较好^[11] 均 为 D^* 值的稳定提供了保障。最后,本研究 Bland-Alt- man 分析散点图中大多数病例在 95%LOA 一致性界 限以内,只有少数病例在 95%LOA 界限以外,这也说 明了采用了 RPF 技术后 IVIM 定量参数的波动性较 小,少数波动性较大的病例笔者分析原因可能与单个 病例扫描时间过长患者出现了肉眼无法分辨的轻微不 自主运动、手动勾画中无法避开非肿瘤部分等有关,剔 除这些点将得到更理想化的结果。

本研究局限性:只研究了 RPF=6/8 对 IVIM 序 列的影响,未研究其它 RPF 值对定量参数的影响,有 待后续进一步研究补充;入组病例数较少,实验结果有 待进一步大数据验证。

综上所述,RPF=6/8 应用于 RESOLVE-IVIM 成像不仅缩短了序列的扫描时间,同时 IVIM 定量参 数具有一定的稳定性,还保证了图像质量满足诊断需 求。

参考文献:

- [1] 付振涛,郭晓雷,张思维,等.2014 年中国鼻咽癌发病与死亡分析[J].中华肿瘤杂志,2018,40(8):566-571.
- [2] Ai QY,King AD,Chan JSM,et al.Distinguishing early-stage naso-pharyngeal carcinoma from benign hyperplasia using intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MRI[J].Eur Radiol,2019,29(10):5627-5634.
- [3] 陈文波,蔡冠晖,张斌,等.体素内不相干运动 MRI 预测鼻咽癌放疗化疗敏感性的初步研究[J].中华放射学杂志,2019,53(7):549-554.
- [4] Li Y,Li X,Yu X,et al.Investigating the value of arterial spin labeling and intravoxel incoherent motion imaging on diagnosing naso-pharyngeal carcinoma in T_1 stage[J].Cancer Imaging,2020,20(1):62.
- [5] 李虹逸.3T MRI iShim,RESOLVE 及 ss-EPI 三弥散序列对膀胱癌病灶发现、图像质量及 T 分期比较[D].长春:吉林大学.
- [6] Ariya W,Suzuki R,Hasegawa T.The influence of the decrease in data acquisition ratio resulted from readout partial fourier during readout segmented EPI on ADC map:A phantom study[J].Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi,2019,75(2):133-142.
- [7] Song C,Cheng P,Cheng J,et al.Differential diagnosis of nasopharyngeal carcinoma and nasopharyngeal lymphoma based on DCE-MRI and RESOLVE-DWI[J].Eur Radiol,2020,30(1):110-118.
- [8] Wei Y,Huang MM,et al.In vivo imaging markers for prediction of radiotherapy response in patients with nasopharyngeal carcinoma: RESOLVE DWI versus DKI[J].Sci Rep,2018,8(1):15861.
- [9] 李雪,朱宏,孙琨,等.基于分段读出 DWI 序列 ADC 图的全肿瘤直方纹理分析参数与乳腺癌预后因子的相关性研究[J].放射学实践,2021,36(1):53-59.
- [10] Yoshimura Y,Suzuki D,Miyahara K.Evaluation of image quality of readout segmented EPI with readout partial fourier technique[J].Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi,2017,73(12):1244-1251.
- [11] 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.
- [12] Chen W,Cai G,Zhang B,et al.To investigate the sensitivity of chemoradiotherapy on nasopharyngeal carcinoma using intravoxel incoherent motion MRI (Article)[J].Chin J Radiol,2019,53(7):549-554.
- [13] Wu W,Jiang G,Xu Z,et al.Three-dimensional pulsed continuous arterial spin labeling and intravoxel incoherent motion imaging of nasopharyngeal carcinoma: correlations with Ki-67 proliferation status[J].Quant Imaging Med Surg,2021,11(4):1394-1405.
- [14] 黄琬云,龙莉玲,赵妍,等.MRI 小视野 IVIM-DWI 技术对鼻咽癌分期的初步探讨[J].放射学实践,2016,31(7):604-608.
- [15] 孟闫凯,张翀达,张红梅,等.直肠癌磁共振体素内不相干运动成像高 b 值优化的初步研究[J].临床放射学杂志,2017,36(6):822-826.

(收稿日期:2021-10-08 修回日期:2022-01-10)