

## Application of MRI three-dimensional radial volume interpolated body examination in fetus nervous system examination

ZHUANG Xiamei<sup>1,2</sup>, JIN Ke<sup>2\*</sup>, WANG Hai<sup>2</sup>,

WU Guangchun<sup>2</sup>, LI Xiaoming<sup>2</sup>, YIN Yan<sup>2</sup>, DENG Min<sup>2</sup>

(1. Department of Pediatrics, University of South China, Hengyang 421001, China;

2. Department of Radiology, Hunan Children's Hospital, Changsha 410007, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the application value of MRI three-dimensional radial volume interpolated body examination (3D-Radial-VIBE) sequence in fetus nervous system examination. **Methods** Totally 20 middle and late pregnant women who were diagnosed or suspected fetal brain abnormality by ultrasound were collected. Two-dimensional fast low angle shot (2D-FLASH) sequence and 3D-Radial-VIBE sequence were carried out respectively. The twenty-six normal structures of fetus brain on collected images of the 2 sequences were evaluated and analyzed statistically. **Results** In twenty six structures, the differences of the score of twenty-two structures between 3D-Radial-VIBE and 2D-FLASH sequence were all statistically significant (all  $P < 0.05$ ). Compared with 2D-FLASH sequence, the motion artifact of 3D-Radial-VIBE sequence was less, and then fetal head, placenta and internal organs were shown preferably, especially fetal head structure, gray matter and myelination process were clearly shown. Normal posterior fossa sinus area in 20 fetus was low signal in 3D-Radial-VIBE sequence, but 15 fetus were high signal in 2D-FLASH sequence, and the false positive rate was 75.00% (15/20). Compared with 2D-FLASH sequence, the ranges of hemorrhage lesion was more clear in 3D-Radial-VIBE sequence. The contrast ratio of gray matter and white matter in parietal lobe and temporal lobe, gray matter and subplate in temporal lobe were higher in 3D-Radial-VIBE sequence than those of 2D-FLASH (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** 3D-Radial-VIBE sequence scan is without hold breath, better in resistance to motion artifact, and it has obvious advantages in showing nerve nuclei, myelination process and hemorrhage lesion.

**[Key words]** Fetus; Central nervous system; Magnetic resonance imaging; Three-dimensional radial volume interpolated body examination; Fast low angle shot

DOI:10.13929/j.1003-3289.2016.07.034

## MRI 优化的三维容积内插快速扰相梯度回波序列 在胎儿神经系统检查中的应用

庄霞梅<sup>1,2</sup>, 金科<sup>2\*</sup>, 王海<sup>2</sup>, 伍光春<sup>2</sup>, 李晓明<sup>2</sup>, 尹燕<sup>2</sup>, 邓敏<sup>2</sup>

(1. 南华大学儿科学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 湖南省儿童医院放射科, 湖南 长沙 410007)

**[摘要]** **目的** 探讨 MRI 优化的三维容积内插快速扰相梯度回波(3D-Radial-VIBE)序列在胎儿神经系统检查中的应用价值。**方法** 收集超声诊断或疑似胎儿颅脑异常的中晚期妊娠妇女 20 名, 对其分别行二维快速小角度激励扰相梯度回波序列(2D-FLASH)和 3D-Radial-VIBE 序列扫描, 然后对 2 个序列图像显示的胎儿颅脑 26 个正常解剖结构分别进行

**[基金项目]** 湖南省科技计划项目基金(2014RS4012)。

**[第一作者]** 庄霞梅(1987—), 女, 湖南怀化人, 在读硕士。研究方向: 神经系统 MRI。E-mail: 346033882@qq.com

**[通信作者]** 金科, 湖南省儿童医院放射科, 410007。E-mail: jinke001@sina.com

**[收稿日期]** 2015-10-12 **[修回日期]** 2016-04-24

评分,并进行统计学分析。**结果** 26 个胎儿颅脑解剖结构中,22 个结构的 3D-Radial-VIBE 序列与 2D-FLASH 序列评分的差异有统计学意义( $P$ 均 $<0.05$ )。与 2D-FLASH 序列比较,3D-Radial-VIBE 序列运动伪影较小,胎头、胎盘、内脏等均显示较好,尤其可清晰显示胎头结构以及灰白质、髓鞘化过程。3D-Radial-VIBE 序列示 20 胎正常颅后窝静脉窦区均呈低信号,而 2D-FLASH 示 15 胎呈高信号,假阳性率为 75.00%(15/20)。与 2D-FLASH 序列比较,3D-Radial-VIBE 序列显示的出血灶更清晰。3D-Radial-VIBE 序列显示顶叶灰质与白质的信号对比度、颞叶灰质与白质的信号对比度及颞叶灰质与板障的信号对比度均高于 2D-FLASH 序列( $P$ 均 $<0.05$ )。**结论** 3D-Radial-VIBE 序列扫描过程中无需屏气,抗运动伪影效果好,对神经核团、髓鞘化过程及出血灶的显示具有明显优势。

**[关键词]** 胎儿;中枢神经系统;磁共振成像;三维容积内插快速扰相梯度回波序列;扰相梯度回波序列

**[中图分类号]** R322.81; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2016)07-1119-05

胎儿 MRI 技术在胎儿疾病的诊断与研究中越来越受重视,因可多切面、直观、清晰地显示颅脑结构,已成为超声检查后一项重要的辅助检查,MR 快速成像技术的成熟使得胎儿脑部 MRI 技术向前迈进一大步<sup>[1-2]</sup>。胎儿与孕妇呼吸伪影与运动伪影一直是胎儿脑部 MRI 的难题。传统的 T1WI 需要孕妇屏气配合扫描,且对胎动及孕妇的心脏、血管搏动较敏感,运动伪影往往成为影响图像质量的最重要因素。目前 T2WI 多采用半傅立叶单激励快速自旋回波序列(half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, HASTE),可在孕妇自由呼吸的状态下获得满足诊断要求的图像。由于三维容积内插快速扰相梯度回波序列(volume interpolated body examination, VIBE)已广泛应用于成人自由呼吸状态下腹部扫描,本研究采用优化的 VIBE 扫描技术(3D-Radial-VIBE)行胎儿 T1WI 成像,通过对比不同序列胎儿脑部 MRI 图像,探讨 3D-Radial-VIBE 序列在妊娠中晚期检查中的应用价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2015 年 4 月—2015 年 10 月本院经超声诊断或疑似胎儿颅脑异常后 24 h 内接受 MR 检查的孕妇 20 名,年龄 18~37 岁,中位年龄 24.5 岁,胎龄 20~37 周,均为单胎,其中侧脑室扩张 9 胎,大枕大池 5 胎,脑室内出血 3 胎,室管膜下囊肿 3 胎。

**1.2 仪器与方法** 采用 Siemens Skyra 3.0T 超导 MR 扫描仪,18 通道相控阵体线圈。嘱孕妇取仰卧位或侧卧位,对中下腹进行扫描。采用 HASTE 序列,TR 1 400 ms,TE 92 ms,FOV 240 mm,NEX 1,激发角度 180°。嘱孕妇配合屏气,采用二维快速小角度激励扰相梯度回波序列(fast low angle shot, 2D-FLASH),TR 140 ms,TE 2.46 ms,扫描时间 29 s,层厚 4.0 mm,层数 20,体素 1.1 mm×1.1 mm,NEX 2,激发角度 70°,以笛卡尔轨迹采集信号。嘱受检孕妇自由呼吸,采用 3D-Radial-VIBE 序列,TE 2.02 ms,

TR 4.08 ms,扫描时间 89 s,层厚 3.0 mm,层数 30,体素 0.9 mm×0.9 mm,NEX 1,激发角度 12°,以放射状轨迹采集信号。整个扫描过程中吸收率值 $<1.8$  W/kg 体质量。

### 1.3 图像分析

**1.3.1 定性分析** 由 2 名经验丰富的 MRI 诊断医师采用双盲法对各序列图像中胎儿颅脑 26 个正常解剖结构(表 1)进行评分<sup>[3]</sup>:①显示不清(胎儿脑部结构不能分辨,运动伪影大,影响观察),记 1 分;②可显示、较模糊(胎儿脑部结构可辨别,但无法显示细微结构,有运动伪影),记 2 分;③显示清晰(胎儿脑部结构显示清晰,细微结构可辨别,无明显运动伪影),记 3 分。

**1.3.2 定量分析** 将 2D-FLASH 序列和 3D-Radial-VIBE 序列所采集图像传至 syngo. via 后处理工作站,于同一层面上顶叶及颞叶的灰质(gray matter, GM)、板障(subplate, SP)、白质(white matter, WM)和脑脊液(cerebrospinal fluid, CSF)区域各勾划 1 个圆形 ROI,面积均为 0.01 cm<sup>2</sup>,获得各 ROI 的平均信号强度(mean signal intensities, SI)和标准差(standard deviations, SD),分别计算同一层面两种不同组织之间的信号强度比值(contrast ratio, CR),计算公式  $CR = \frac{SI_a - SI_b}{\sqrt{(SD_{a2} + SD_{b2})}}$ ,其中  $SI_a$ 、 $SI_b$  为两种不同组织的平均信号强度, $SD_{a2}$ 、 $SD_{b2}$  为各自的方差;获得  $CR_1$ (GM/WM)、 $CR_2$ (GM/SP)、 $CR_3$ (WM/SP),最终结果取 20 胎胎儿的平均值。

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS 18.0 统计分析软件,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。定性分析:采用 Wilcoxon 秩和检验判断 2 名医师评分的差异,如差异无统计学意义,取 2 名医师评分的平均值、行两个序列的配对样本资料 Wilcoxon 秩和检验。定量分析采用两独立样本  $t$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

两名医师对 2D-FLASH 序列和 3D-Radial-VIBE

序列显示的 26 个解剖结构评分差异无统计学意义 ( $P$  均  $>0.05$ ), 22 个结构的 3D-Radial-VIBE 序列与 2D-FLASH 序列评分的差异有统计学意义 ( $P$  均  $<0.05$ , 表 1)。与 2D-FLASH 序列比较, 3D-Radial-VIBE 序列运动伪影较小, 胎头、胎盘、内脏等均显示较好, 尤其可清晰显示胎头结构 (如基底核、丘脑) 以及灰白质、髓鞘化过程 (图 1、2)。3D-Radial-VIBE 序列示 20 胎正

常颅后窝静脉窦区均呈低信号, 而 2D-FLASH 示 15 胎正常静脉窦区呈高信号, 假阳性率为 75.00% (15/20, 图 3)。与 2D-FLASH 序列比较, 3D-Radial-VIBE 序列显示的出血灶更清晰 (图 4)。

3D-Radial-VIBE 序列图像顶叶  $CR_1$ 、颞叶  $CR_1$  及颞叶  $CR_3$  高于 2D-FLASH 序列, 差异均有统计学意义 ( $P$  均  $<0.05$ , 表 2)。

表 1 胎儿颅脑正常解剖结构的 MRI 图像分级评分结果 (胎,  $n=20$ )

结构	3D-Radial-VIBE 序列						2D-FLASH 序列						u 值	P 值
	医师 1			医师 2			医师 1			医师 2				
	1分	2分	3分	1分	2分	3分	1分	2分	3分	1分	2分	3分		
牙胚	5	14	1	5	14	1	12	8	0	8	8	4	1.22	$>0.05$
眼球	0	9	11	0	7	13	4	14	2	4	14	2	3.52	$<0.01$
视神经	10	8	2	6	8	6	12	6	2	12	6	2	1.33	$>0.05$
视交叉	1	11	8	1	11	8	12	6	2	12	6	2	3.55	$<0.01$
垂体	0	0	20	0	0	20	0	20	0	0	20	0	6.52	$<0.01$
颅骨	1	7	12	1	5	14	9	11	0	7	11	2	4.01	$<0.01$
脑外间隙	0	2	18	0	0	20	0	20	0	0	20	0	5.93	$<0.01$
脑池	2	2	16	0	0	20	0	14	6	2	16	2	4.09	$<0.01$
皮质	0	13	7	0	15	5	17	3	0	19	1	0	2.23	$<0.05$
晶状体	0	7	13	0	9	11	5	14	1	3	14	3	3.54	$<0.01$
白质	0	2	18	0	0	20	4	12	4	0	16	4	4.67	$<0.01$
基底核、丘脑	2	4	14	2	4	14	15	5	0	17	3	0	4.78	$<0.01$
脑室周白质	0	12	8	0	20	0	6	14	0	6	14	0	3.14	$<0.01$
板障	15	4	1	13	4	3	16	2	2	14	4	2	0.31	$>0.05$
生发基质	3	17	0	5	15	0	18	1	1	18	1	1	4.08	$<0.01$
透明隔	0	5	15	0	7	13	11	9	0	9	11	0	4.92	$<0.01$
侧脑室	0	1	19	0	3	17	4	16	0	0	20	0	5.54	$<0.01$
3 脑室	2	3	15	0	1	19	12	8	0	8	8	4	4.55	$<0.01$
4 脑室	1	2	17	1	2	17	5	13	2	3	11	6	8.05	$<0.01$
中脑导水管	4	8	8	0	8	12	16	4	0	16	4	0	4.47	$<0.01$
中脑	1	1	18	1	1	18	3	15	2	3	15	2	4.64	$<0.01$
脑桥	0	0	20	0	0	20	2	12	6	6	12	2	4.97	$<0.01$
小脑蚓部	0	2	18	0	2	18	7	13	0	13	7	0	7.66	$<0.01$
小脑半球	1	1	18	1	1	18	3	17	0	1	19	0	5.20	$<0.01$
齿状核	12	6	2	12	6	2	17	2	1	17	2	1	1.75	$>0.05$
髓鞘形成	1	12	7	1	10	9	10	8	2	14	4	2	3.14	$<0.01$

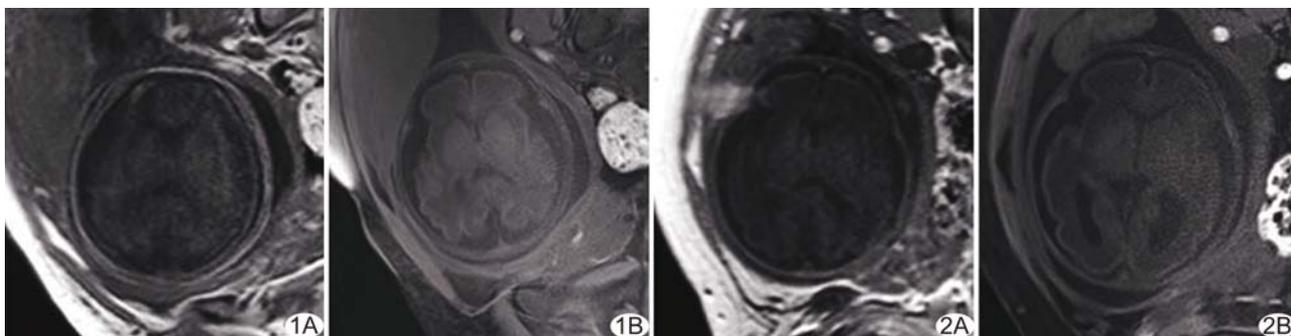


图 1 孕 25 周胎儿 MRI A. 2D-FLASH 序列; B. 3D-Radial-VIBE 序列, 基底核显示更清晰

图 2 孕 28 周胎儿 MRI A. 2D-FLASH 序列; B. 3D-Radial-VIBE 序列, 脑皮层及侧脑室显示更清晰

表 2 3D-Radial-VIBE 和 2D-FLASH 序列显示顶叶和颞叶的定量比较( $\bar{x} \pm s$ )

序列	顶叶			颞叶		
	CR <sub>1</sub>	CR <sub>2</sub>	CR <sub>3</sub>	CR <sub>1</sub>	CR <sub>2</sub>	CR <sub>3</sub>
3D-Radial-VIBE	1.39±0.22	1.17±0.75	0.32±0.14	3.62±0.19	0.19±0.09	2.25±0.20
2D-FLASH	0.31±0.14	1.81±0.55	0.29±0.06	1.45±0.11	3.59±0.91	0.13±0.08
t 值	22.58	-27.63	1.15	47.58	-190.85	53.99
P 值	<0.01	>0.05	>0.20	<0.01	>0.05	<0.01

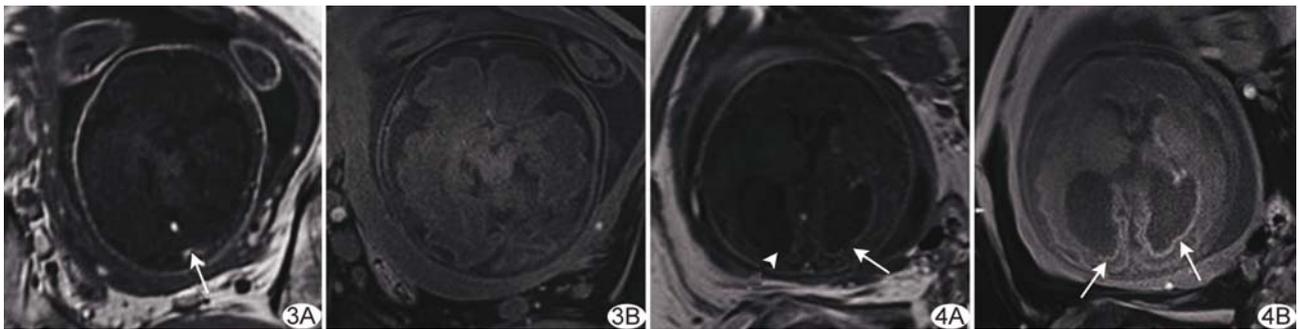


图 3 孕 31 周胎儿 MRI A. 2D-FLASH 序列,小脑幕及静脉窦内高信号(箭); B. 3D-Radial-VIBE 序列,未见异常信号 图 4 孕 32 周胎儿 MRI,双侧室管膜下出血 A. 2D-FLASH 序列,左侧室管膜下高信号带(箭),右侧显示不清(箭头); B. 3D-Radial-VIBE 序列,可见双侧侧脑室旁室管膜下条带状高信号(箭),较 2D-FLASH 序列更清晰

### 3 讨论

胎儿脑部 T2WI 多采用 HASTE 序列,一般情况下运动伪影较小,可获得较好的图像对比度,满足诊断要求<sup>[4]</sup>。应用快速扫描技术可于单次激发完成整个 K 空间的填充,进一步达到无需控制呼吸的目的。2D-FLASH 的 T1WI 需在屏气状态下扫描,孕妇呼吸运动及胎动、胎儿脑部灰白质对比度不高是影响图像质量的重要因素<sup>[5]</sup>,孕妇的耐受性及图像质量、SNR 均有待提高。T1WI 图像在出血、脂肪及髓鞘化等的诊断与鉴别中具有优势<sup>[6]</sup>,因此一个完整的胎儿影像需要 T1WI 图像<sup>[7]</sup>。传统的胎儿 T1WI 采集序列 2D-FLASH 为认同性较高的序列<sup>[8-9]</sup>,但仍存在不足,如需要孕妇配合屏气扫描、后颅窝静脉窦区出血假阳性及抗运动伪影较差等。

VIBE 序列是采用超短的 TR、TE 和较小角度的射频脉冲、多种快速采集技术相结合的一种快速 3D 图像扫描,已在成人不同部位的扫描中有较广范的应用。王晓辉等<sup>[10]</sup>研究认为 VIBE 序列对脑池内血管的显影及其来源有较高的分辨能力,对于空间结构和毗邻关系的显示较常规序列清晰,亦可为骨关节造影提供技术支持<sup>[11]</sup>。既往研究<sup>[12]</sup>认为 VIBE 序列在成人肝胆成像中的应用相对较成熟,一次屏气可进行多个时相的肝脏动态增强扫描,从而获得多期的动态图

像。在胎儿成像方面,VIBE 序列仅在胎儿腹部肠管成像中有尝试性的应用<sup>[13]</sup>;笔者曾尝试采用 VIBE 序列进行胎儿头部扫描,不仅胎儿脑部皮髓质显示模糊、结构亦显示不清,图像质量明显低于 2D-FLASH 序列。K 空间填充轨迹大致可分为 2 种:笛卡尔轨迹(即 K 空间线平行填充)和非笛卡尔轨迹(即 K 空间线不平行填充)。3D-Radial-VIBE 序列采用放射状轨迹(一种非笛卡尔轨迹)与 VIBE 结合,可获得较大的 K 空间信号重叠,进一步提高图像的 SNR、减少运动伪影,尤其对于无法控制的胎动伪影有较高的应用价值。

3D-Radial-VIBE 序列在胎儿脑部扫描中的优势:①图像质量高。本研究结果显示 3D-Radial-VIBE 序列图像顶叶 CR<sub>1</sub>、颞叶 CR<sub>1</sub>及颞叶 CR<sub>3</sub>均高于 2D-FLASH 序列,且差异均有统计学意义(P<0.05);②胎儿脑部解剖结构整体较清晰。本组 3D-Radial-VIBE 序列图像可较清晰地分辨大脑灰白质,清晰显示基底核与部分丘脑,胎儿脑部髓鞘化过程可见,抗运动伪影效果较好;③出血灶显示准确性较高。本研究中与常规 2D-FLASH 序列相比,3D-Radial-VIBE 序列显示的出血灶更清晰,无假阳性高信号;④孕妇舒适度高。因 3D-Radial-VIBE 序列无需屏气扫描,受检孕妇耐受性好,检查过程中舒适度较高。

3D-Radial-VIBE 序列在胎儿脑部扫描中的不足:

①对受检孕妇要求更高。3D-Radial-VIBE 序列虽可获得较高的图像质量和 SNR,但是对扫描区域的环境要求更高,如羊水过多、臀位胎儿等均对 3D-Radial-VIBE 序列的影响较大,所获图像质量欠佳;②扫描时间长。3D-Radial-VIBE 序列扫描时间为 89 s,约为 2D-FLASH 序列(29 s)的 3 倍;③胎粪及孕妇肠道内容物放射状高信号伪影。胎粪及孕妇肠道内容物在 3D-Radial-VIBE 序列与 2D-FLASH 中均显示为高信号,但因 3D-Radial-VIBE 序列采用放射状轨迹进行采集、易形成放射状伪影,影响对周围组织的观察。

本研究中部分序列图像质量欠佳,且 3D-Radial-VIBE 序列与 2D-FLASH 的效果均较差。在胎儿羊水过多时缩小 FOV 可提高图像质量。

综上所述,3D-Radial-VIBE 序列因无需孕妇屏气扫描,抗运动伪影效果好,对神经核团、髓鞘化过程及出血灶的显示具有明显优势,可作为胎儿 MR 检查常规 T1WI 序列的重要补充。

#### [参考文献]

- [1] Chen Q, Levine D. Fast fetal magnetic resonance imaging techniques. *Top Magn Reson Imaging*, 2001, 12(1):67-79.
- [2] Victoria T, Jaramillo D, Roberts TP, et al. Fetal magnetic resonance imaging: Jumping from 1.5 to 3.0 tesla (preliminary experience). *Pediatr Radiol*, 2014, 44(4):376-386.
- [3] Malamateniou C, McGuinness AK, Allsop JM, et al. Snapshot inversion recovery: An optimized single-shot T1-weighted inversion-recovery sequence for improved fetal brain anatomic delineation. *Radiology*, 2011, 258(2):229-235.
- [4] Huisman TA, Martin E, Kubik-Huch R, et al. Fetal magnetic resonance imaging of the brain: Technical considerations and normal brain development. *Eur Radiol*, 2002, 12(8):1941-1951.
- [5] Sandrasegaran K, Lall C, Aisen AA, et al. Fast fetal magnetic resonance imaging. *J Comput Assist Tomogr*, 2005, 29(4):487-498.
- [6] Rutherford M, Jiang S, Allsop J, et al. MR imaging methods for assessing fetal brain development. *Dev Neurobiol*, 2008, 68(6):700-711.
- [7] Rutherford MA. Magnetic resonance imaging of the fetal brain. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 2009, 21(2):180-186.
- [8] Messing-Jünger AM, Röhrig A, Stressig R, et al. Fetal MRI of the central nervous system: Clinical relevance. *Childs Nerv Syst*, 2009, 25(2):165-171.
- [9] Blondin D, Schaper J, Rlee D, et al. Evaluation of malformations of the fetal nervous system using fetal MRI. *Rofo*, 2008, 180(8):715-721.
- [10] 王晓辉,刘丹,于联芳,等.磁共振 3D-TSE 序列和 3D-VIBE 序列在诊断血管压迫性三叉神经痛中的价值. *医学影像学杂志*, 2014, 24(2):169-172.
- [11] 田春艳,郑卓擎.肩关节 MR 造影三维 VIBE 序列对肩袖撕裂的评价. *实用放射学杂志*, 2012, 28(8):1241-1261.
- [12] 戴兴社,杨晓彤,马强华,等. MR 3D-VIBE 序列对胆管癌的诊断价值及术前评估. *实用放射学杂志*, 2010, 26(2):203-206.
- [13] Inaoka T, Sugimori H, Sasaki Y, et al. VIBE MRI for evaluating the normal and abnormal gastrointestinal tract in fetuses. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 189(6):w303-w308.

## 《医学影像技术职称考试模拟试题及解析》出版发行

由王骏、王宗成、徐中华、黄福气主编的《医学影像技术职称考试模拟试题及解析》出版发行。该书严格按照我国从事医学影像技术学同仁职称考试内容,创造性地编写了各级别试题近 3000 道,涵盖基础知识、相关专业知识、专业知识、专业实践能力四门考试内容;题型有:最佳选择题、多选题、配伍题、共干题,在为试题给出答案的同时,加入了大量的解析;是 10 余所医学高等院校的 40 余位从事医学影像技术临床、教学、科研、管理的一线专家、学者的合力之作,为我国同类考试用书中最大的试题库,同时,也是在校学生考试、入院前准入制考试、三基考试、上岗考试等必备的考试类用书。

购书者请将 68 元(含包装费、寄费、挂号费)寄至:南京三牌楼新门口 4 号 7 幢 402 室王骏,邮编:210003,敬请在留言栏中注明书名及手机号。