



电子、语音版

·论著·

## 磁共振三维稳态进动快速成像序列在内镜下第三脑室底造瘘术后早期疗效评估中的应用

谢国强<sup>1,2</sup>, 肖学谦<sup>1,2</sup>, 吴东飞<sup>1,2</sup>, 马京库<sup>1</sup>, 张辉<sup>1,2</sup>, 魏安<sup>1,2</sup>, 赵永强<sup>1</sup>, 王宏飞<sup>1</sup>

1. 陕西省核工业二一五医院脑神经重症医学科, 陕西 咸阳 712000

2. 咸阳市脑神经功能研究重点实验室, 陕西 咸阳 712000

**摘要:**目的 探讨磁共振三维稳态进动快速成像(3D FIESTA)序列在脑积水内镜下第三脑室底造瘘术后早期疗效评估的应用价值。方法 分析陕西省核工业二一五医院2020年1月至2023年12月收治的内镜下第三脑室底造瘘术17例症状性脑积水患者临床资料,术前及术后早期(1个月内)常规行磁共振平扫(T1WI、T2WI、T2 Flair序列)及3D FIESTA序列检查,分别根据手术前后脑室系统大小变化(Evans指数)、脑室周围间质水肿程度及第三脑室底部和终板结构移位等指标将病例分为治疗有效组和治疗无效组。结果 早期磁共振平扫显示脑积水脑积水治疗有效组7例(41.2%)、治疗无效组10例(58.8%);3D FIESTA序列扫描显示治疗有效组15例(88.2%),治疗无效组2例(11.8%),两者在梗阻性脑积水行第三脑室底造瘘术后早期评估方面有统计学差异( $P=0.010$ )。结论 磁共振3D FIESTA序列检查可以为梗阻性脑积水的第三脑室底造瘘术后早期疗效评估提供客观精准影像指导。

**关键词:**梗阻性脑积水;常规磁共振扫描;磁共振三维稳态进动快速成像;第三脑室底造瘘术;预后评估

中图分类号:R742.7;R445.2

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2025.01.006

### Application of three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition in prognostic evaluation in the early stage after endoscopic third ventriculostomy

XIE Guoqiang<sup>1,2</sup>, XIAO Xueqian<sup>1,2</sup>, WU Dongfei<sup>1,2</sup>, MA Jingku<sup>1</sup>, ZHANG Hui<sup>1,2</sup>, WEI An<sup>1,2</sup>, ZHAO Yongqiang<sup>1</sup>, Wang Hongfei<sup>1</sup>

1. Department of Neurosurgical Critical Care Medicine, No. 215 Hospital of Shaanxi Nuclear Industry, Xianyang, Shaanxi 712000, China

2. Xianyang Key Laboratory of Brain and Cranial Nerve Functions, Xianyang, Shaanxi 712000, China

Corresponding author: XIE Guoqiang, Email: 522802876@qq.com

**Abstract:** **Objective** To investigate the application value of three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition (3D FIESTA) in prognostic evaluation in the early stage after endoscopic third ventriculostomy for hydrocephalus. **Methods** A retrospective analysis was performed for the clinical data of 17 patients with symptomatic hydrocephalus who underwent endoscopic third ventriculostomy in No. 215 Hospital of Shaanxi Nuclear Industry from January 2020 to December 2023. Routine magnetic resonance (MR) imaging (T1WI, T2WI, and T2 Flair sequences) and 3D FIESTA were performed before surgery and in the early stage after surgery (within 1 month), and the patients were divided into response group and non-response group according to the change in the size of the cerebral ventricular system after surgery (Evans index), the degree of periventricular interstitial edema, and the displacement of the base and lamina terminalis of the third ventricle. **Results** Routine MR imaging showed that there were 7 patients (41.2%) in the response group and 10 patients (58.8%) in the non-response group; 3D FIESTA sequence showed 15 patients (88.2%) in the response group and 2 patients (11.8%) in the non-response group, and there were significant differences between routine

收稿日期:2024-08-06;修回日期:2024-10-10

作者简介:谢国强,主任医师,Email: 522802876@qq.com。

MR imaging and 3D FIEATS in prognostic evaluation in the early stage after endoscopic third ventriculostomy for obstructive hydrocephalus ( $P = 0.010$ ). **Conclusions** Perioperative MR imaging and 3D FIESTA sequence can provide objective and accurate imaging guidance for prognostic evaluation in the early stage after endoscopic third ventriculostomy for obstructive hydrocephalus.

**Keywords:** obstructive hydrocephalus; routine magnetic resonance imaging; three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition; third ventriculostomy; prognostic evaluation

内镜下第三脑室底造瘘术(endoscopic third ventriculostomy, ETV)因在脑积水外科治疗中具有医疗花费较低、手术操作简单、并发症发生率低等明显优势,成为梗阻性脑积水外科治疗首选方案的观点已经得到国内外诸多学者的普遍认可,而在术后早期常规影像学复查,脑室系统大小情况及脑室周围间质水肿范围变化多不显著,故疗效评估大多是根据患者颅高压和脑积水相关症状的缓解程度,缺乏一定的客观性和可靠性。三维稳态进动快速成像(three-dimensional fast imaging employing steady state acquisition, 3D FIESTA)作为一种新的快速成像梯度回波序列,能增强T2/T1高比率组织的信号,可以使神经、血管等实体组织与脑脊液信号形成鲜明对比,又不受脑脊液波动的影响,有助于脑脊液通路上的解剖结构进行精细分辨,从而发现常规序列难以识别脑脊液循环通路中的细微病变,提高梗阻性脑积水的诊断率。因此,本研究分析该序列在ETV术后早期疗效评估中的应用价值。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

回顾性研究2020年1月—2023年12月在陕西省核工业二一五医院通过ETV治疗的梗阻性脑积水患者共17例。其中,男性10例,女性7例;年龄1.8~85岁,平均(56.75±13.54)岁;大多表现为头痛、头晕、恶心、呕吐、步态不稳、小便异常等颅内压增高和脑积水相关症状。

### 1.2 影像学检查

#### 1.2.1 磁共振扫描参数

所有患者术前使用3.0 T超导磁共振机(Discovery

MR750, GE, 密尔沃基, 美国)8通道头部线圈检查,进行常规头颅磁共振T1W、T2W、T2 Flair扫描及3D FIESTA序列检查,其中3D FIESTA序列的扫描范围为矢状位相上以中脑导水管为中心包含整个第四脑室范围的区域。各序列扫描详细参数见表1。

表1 头颅磁共振T1W、T2W、T2 Flair平扫及3D FIESTA序列检查相关参数

序列	平面	TR/ ms	TE /ms	体素 /mm <sup>3</sup>	间距 /mm	切片厚 度/mm
T1W	Axial	1750	24	288×224	0.6	6.0
T1W	Sagittal	1750	24	288×224	0.6	6.0
T2W	Axial	8100	145	320×320	0.6	6.0
T2 Flair	Axial	8100	145	320×320	0.6	6.0
3D FIESTA	Sagittal	5.6	2.6	384×256	0.0	0.8

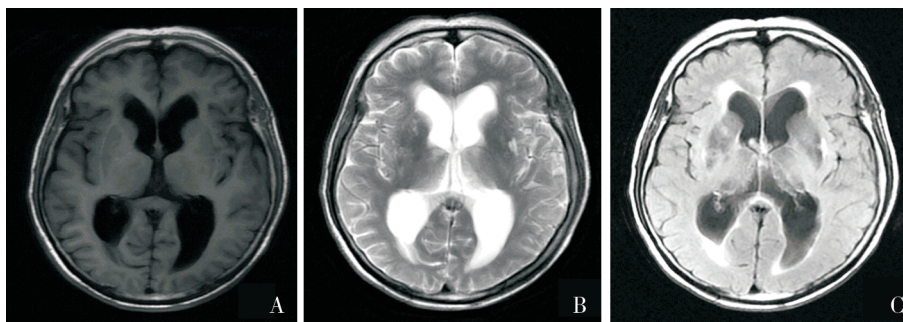
#### 1.2.2 梗阻性脑积水诊断指标

①基于患者脑积水相关症状,如意识状态改变、认知功能障碍、步态不稳、记忆力下降或尿失禁等。

②依据磁共振平扫检查显示脑室系统扩张,脑室周围间质水肿(图1)、Evans指数>0.3及3D FIESTA序列检查矢状位图像显示的第三脑室底部变平、下陷、终板池外突、中脑导水管狭窄或闭塞等征象(图2)进行诊断。

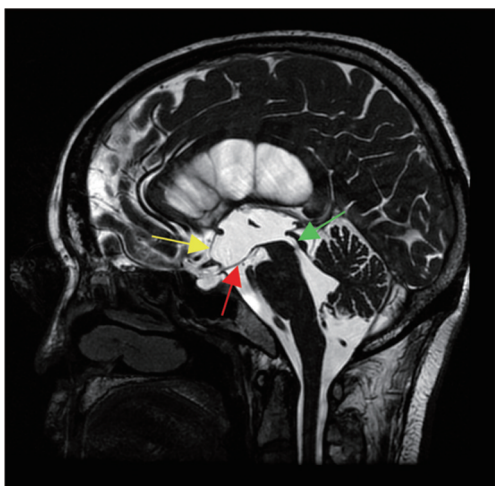
### 1.3 ETV治疗过程

气管插管全身麻醉后,患者取仰卧位,常规选右额部脑室穿刺处Koch孔切口,根据脑室体部脉络丛、隔静脉、丘纹静脉、室间孔等典型解剖标志进入第三脑室,于漏斗隐窝与双侧乳头体之间的中心位置造瘘,将瘘口钝性扩



A:T1W序列; B:T2W序列; C:T2 Flair序列。

图1 脑积水患者头颅磁共振常规扫描检查图像



第三脑室底变薄和下沉(红色箭头),终末板向外移位(黄色箭头)和导水管狭窄或梗阻(绿色箭头)。

图2 脑积水患者3D FIESTA序列矢状位图像

大至直径6 mm以上,并确保Liliequist膜打开、基底动脉清晰可见(图3)、第三脑室底随脑脊液搏动,手术后予以常规治疗及护理。

1.4 术后影像学复查

所有患者术后1个月内行影像学复查随访,仍采用磁共振T1W、T2W、T2 Flair扫描及3D FIESTA序列检查,分别观察脑室系统大小、脑室周围间质水肿及第三脑室底部及终板结构位置变化情况,并依据以上指标将病例分

为治疗有效组(扩大脑室系统缩小、脑室周围间质水肿缓解、第三脑室底上抬、终板结构后移)和治疗无效组(脑室系统大小、间质水肿范围、第三脑室底及终板结构均无明显变化)。

1.5 手术疗效评估

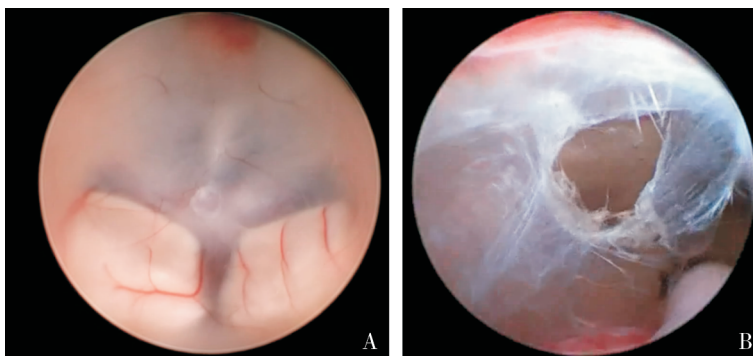
内镜下第三脑室底造瘘术疗效评估(①+③或②+③)对比术前有改善可认为手术有效):①患者脑积水相关症状对比术前有无改善;②术后早期(1个月内)常规行磁共振平扫(T1W、T2W、T2 Flair序列)对比术前脑室周围间质水肿、Evans指数有无变化;③术后早期(1个月内)行3D FIESTA序列检查对比术前第三脑室底部变平、下陷、终板池外突、中脑导水管狭窄或闭塞有无变化。

1.6 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行统计学分析,计数资料采用例(%)表示,比较采用Fisher确切概率法检验,  $P < 0.05$  为有统计学意义。

2 结果

17例患者术后颅高压及脑积水症状不同程度缓解,其中2例于术后3个月内脑积水症状复发,脑室镜探查证实造瘘口闭塞,再次行脑室镜下第三脑室底造瘘术后症状消失。所有患者术后1个月常规行头颅磁共振扫描复查随访,依据常规序列平扫检查结果判定有效组7例(表2)、无效组10例(图4);依据3D FIESTA序列检查判定治疗有效组15例(图5)、无效组2例,两种检查方法在梗阻



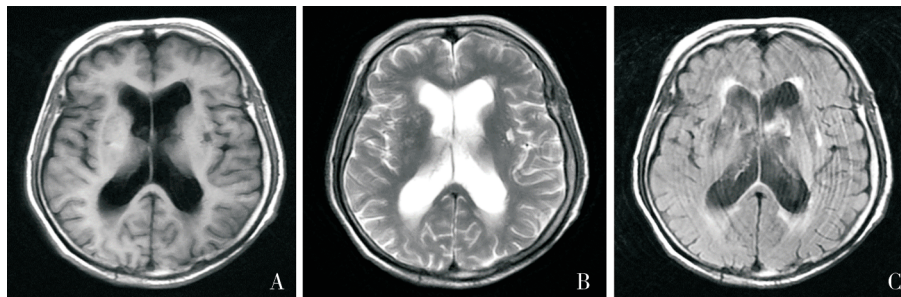
A:穿刺部位选择在漏斗凹和双侧乳头体之间的中心; B:Liliequist膜在基底动脉前方开放。

图3 脑室镜下第三脑室底造瘘术中影像

表2 17例梗阻性脑积水患者临床资料及术前与术后evans指数

性别	年龄/岁	术前 evans 指数	术后 evans 指数	性别	年龄/岁	术前 evans 指数	术后 evans 指数
女	70	0.515	0.515	女	67	0.443	0.426
女	85	0.314	0.308	男	56	0.338	0.330
男	54	0.307	0.294	男	52	0.428	0.428
男	39	0.286	0.248	女	18	0.364	0.326
男	39	0.305	0.286	男	53	0.331	0.275
男	54	0.303	0.293	男	66	0.365	0.308
男	46	0.494	0.491	女	45	0.367	0.346
男	75	0.312	0.281	女	69	0.305	0.291
女	1.8	0.375	0.347				

性脑积水 ETV 术后早期疗效评估方面的结果比较,差异有统计学意义( $P=0.010$ )(表3)。



A:T1; B:T2; C:T2 Flair。

图4 术后1个月磁共振常规扫描检查提示脑室扩大程度及脑室周围间质水肿范围无明显改变



终板的退缩(黄色箭头)、第三脑室底的抬高和脑脊液通过瘘管的空流(红色箭头)。

图5 术后1个月磁共振3D FIESTA 序列检查

表3 常规磁共振序列与3D FIESTA 序列在梗阻性脑积水术后早期疗效评估应用对照

效果	3D FIESTA	常规MRI	P 值
有效	15(68.2%)	7(31.8%)	0.010
无效	2(16.7%)	10(83.3%)	

### 3 讨论

脑积水的内镜下第三脑室底造瘘术最早 William Mixer 于1932年完成<sup>[1]</sup>,虽成功治疗了9个月大小的非交通性脑积水患儿,但因内镜设备条件的限制、操作技术的不成熟,加之各种分流系统装置的出现,使得脑积水内镜治疗技术发展受到了很大的制约。近年来,随着神经内镜设备的快速更新、内镜技术的飞速进步、医学影像检查手段的多样化及分流手术后并发症的高发生率,使得脑积水的神经内镜治疗优势逐渐凸显<sup>[2-3]</sup>,尤其对于成人梗阻性脑积水及中脑导水管狭窄或闭塞的儿童脑积水,首次成功率可达72%~92.4%<sup>[4-7]</sup>。ETV作为成人及儿童梗阻性脑积水外科治疗的首选方案已得到国内外学者的普

遍认可<sup>[8-12]</sup>。虽然ETV在其他类型脑积水,诸如交通性脑积水、感染或出血后继发性脑积水、后颅窝病变导致的脑积水及分流后脑积水等类型治疗中具有一定的效果,但其有效率明显低于梗阻性脑积水<sup>[13]</sup>。究其原因,主要在于梗阻性脑积水的准确诊断、手术适应证的正确把握和手术效果的有效性评估。

脑积水的诊断、鉴别诊断及疗效评估临床上多依据患者颅高压和脑积水症状缓解程度及头部影像学检查(CT及MRI),对脑室扩大程度、脑室轮廓光整度、脑室旁低密度区大小及Evans指数等方面的显示和测量<sup>[14]</sup>。患者临床症状变化不可避免存在一定的主观性和不确定性,而在影像学检查方面,磁共振常规扫描对脑组织结构的显示相比CT具有明显的优势,但对于脑脊液循环通路中的膜性结构及微小占位性病变,磁共振常规序列检查常常难以明确及鉴别<sup>[15]</sup>。再者,对于大部分非急性梗阻性脑积水,由于脑室系统长时间受压扩张导致顺应性降低,术后早期脑室形态变化及脑室周围间质水肿消散进程往往缓慢,常规磁共振序列检查较难明确脑积水缓解程度<sup>[16]</sup>。

磁共振3D FIESTA序列作为水成像的一种,因TR、TE时间很短,使磁化率伪影达到最小化,具有增强T2/T1高比率组织(如脑脊液、水和脂肪)信号,使不同组织结构信号对比明显增强,同时提高组织空间分辨率、可进行多平面重建等优势,且不受脑脊液波动的影响,已被广泛应用于颅神经病变诊断、脑脊液鼻漏定位、内耳结构分析、颞下颌关节功能评定、颅内大血管闭塞及关节软骨韧带分析等诸多方面<sup>[17-25]</sup>。作者于2016年研究证实<sup>[15]</sup>,磁共振3D FIESTA序列覆盖中脑导水管和第四脑室区域矢状位扫描,可以发现脑脊液循环通路中尤其是中脑导水管狭窄或膜性堵塞、四脑室流出道狭窄等细微病变,能提高梗阻性脑积水的诊断率,为脑积水治疗策略的个体化制定提供客观、精确的影像学指导(表4)。

表4 头颅磁共振3D FIESTA序列相关研究文献复习

序号	作者信息及发表年份	研究结论
1	程哲,等 <sup>[18]</sup> . 2023	基于磁共振3D TOF及3D FIESTA序列,应用3D Slicer软件三维重建可以清晰显示责任血管形态及走形,提高面肌痉挛和三叉神经痛诊断率
2	郝淑珍,王林省 <sup>[19]</sup> . 2023	磁共振3D FIESTA序列可以较为清晰显示脑脊液耳漏及鼻漏情况
3	韩晓伊,刘兆会 <sup>[20]</sup> . 2023	对于搏动性耳鸣,内耳磁共振3D FIESTA序列可以成为明确血管压迫神经的重要方法
4	Xie Haipeng, et al <sup>[21]</sup> . 2023	头颅磁共振3D FIESTA序列联合3D TOF、SWI可以准确显示三叉神经与岩上静脉复合体解剖关系
5	卢醒,等 <sup>[22]</sup> . 2022	CT脑池造影联合3D FIESTA序列对脑脊液鼻漏的正确治疗及预后评价有重要的指导意义
6	Aksoy Secil, et al <sup>[23]</sup> . 2021	3D FIESTA序列联合常规磁共振扫描可以为颞下颌关节解剖结构提供高分辨率磁共振图像
7	Sato Kimitoshi, et al <sup>[24]</sup> . 2021	在前循环大血管闭塞患者急性机械取栓治疗中,3D FIESTA序列可以为栓塞的大脑中动脉和颈内动脉提供路径预测
8	Akatsuka Yoshihiro, et al <sup>[25]</sup> . 2019	踝关节磁共振3D FIESTA序列在跟腓韧带的显示中具有明显优势

本研究在脑积水的诊断和鉴别诊断方面,充分利用磁共振平扫及3D FIESTA序列扫描的各自优势,结合患者脑积水相关临床症状,依据磁共振平扫检查显示的脑室系统扩大、脑室周围间质水肿诊断为脑积水。通过3D FIESTA序列检查矢状位图像显示第三脑室底部变薄、变平、下陷、终板外突、中脑导水管狭窄或闭塞等征象,大多提示脑脊液循环通路中脑室系统与蛛网膜下腔间存在压力差,即梗阻性部位在第三脑室与皮质蛛网膜下腔之间,则诊断为梗阻性脑积水,制定有效治疗策略即ETV。同时,在ETV后早期疗效评估方面,因依据患者表述颅高压和脑积水相关症状的缓解程度,存在一定的主观性和不确定性。加之对于大多非急性梗阻性脑积水病例,因脑室系统长时间受压扩张,脑室系统的顺应性明显降低,即便颅高压得到缓解,脑室形态大小、脑室周围间质水肿等情况在早期1个月内大多变化不明显,磁共振常规扫描难以评定脑积水缓解程度,往往与患者临床症状间存在一定的差异。本研究应用术后早期磁共振平扫及3D FIESTA序列检查结果对比发现,在磁共振平扫图像上脑室系统大小、脑室周围间质水肿变化不明显的8例患者(图4),3D FIESTA序列矢状位图像上可以显示第三脑室底部上抬、终板结构归位及造瘘口缺损存在,同时可发现因瘘口脑脊液流动形成的低信号流空影(图5),进而在术后早期证实梗阻性脑积水ETV治疗的明显效果,并经统计分析,磁共振平扫及3D FIESTA序列检查在ETV后早期对疗效评估具有统计学差异,因此,对于梗阻性脑积水ETV治疗,3D FIESTA序列可以为治疗有效率早期评估提供客观准确影像学依据。

本研究虽然证实磁共振平扫及3D FIESTA序列在ETV围手术期具有一定的应用价值,还存在一些不足之处:如病例数量较少、随访时间较短(术后1个月磁共振扫描结果),缺乏与其他相关磁共振模式对比,如三维可变反转角快速自旋回波(3D SPACE)、三维稳态构成干扰序列(3D CISS)、相位对比磁共振(PC-MRI)等<sup>[26]</sup>。因此,还需要大样本、随机对照等研究探索进一步证实其应用

优势。

总之,相对于磁共振平扫检查,3D FIESTA序列检查可以为梗阻性脑积水ETV治疗后早期疗效评估提供客观精准影像指导,具有很好的临床应用前景。

#### 参 考 文 献

- [1] STACHURA K, LIBIONKA W. Zarys historii neuroendoskopii [An outline of the history of neuroendoscopy][J]. Przegl Lek, 2007, 64(2): 118-120.
- [2] 漆松涛,刘华,彭玉平,等. 南方医院脑积水临床诊疗路径[J]. 中国临床神经外科杂志, 2017, 22(11): 795-798.
- [3] TAMBER MS, KESTLE JRW, REEDER RW, et al. Temporal trends in surgical procedures for pediatric hydrocephalus: an analysis of the hydrocephalus clinical research network core data project[J]. J Neurosurg Pediatr, 2021, 27(3): 269-276.
- [4] ARSLAN A, OLGUNER SK, ACIK V, et al. The outcomes of endoscopic third ventriculostomy in the treatment of hydrocephalus: 317 pediatric and adult cases[J]. Turk Neurosurg, 2021, 31(5): 686-693.
- [5] PRANATA R, YONAS E, VANIA R, et al. Preoperative third ventricle floor bowing is associated with increased surgical success rate in patients undergoing endoscopic third ventriculostomy - a systematic review and meta-analysis[J]. Neurol India, 2022, 70(2): 664-669.
- [6] 甘武,周东,詹升全,等. 神经内镜下第三脑室底造瘘术治疗梗阻性脑积水的长期疗效分析(附142例报道)[J]. 中国临床神经外科杂志, 2023, 28(10): 609-612.
- [7] BEURIAT PA, PUGET S, CINALLI G, et al. Hydrocephalus treatment in children: long-term outcome in 975 consecutive patients[J]. J Neurosurg Pediatr, 2017, 20(1): 10-18.
- [8] RAHMAN MM, SALAM MA, UDDIN K, et al. Early surgical outcome of endoscopic third ventriculostomy in the management of obstructive hydrocephalus: a randomized control trial[J]. Asian J Neurosurg, 2018, 13(4): 1001-1004.
- [9] 王向辉,杨继学,李东明,等. 神经内镜第三脑室底造瘘术治疗2岁以下梗阻性脑积水患儿的效果及其对术后神经发育状态的影响[J]. 中国医学工程, 2021, 29(9): 64-67.
- [10] 马继伟,王良卫,闫东明,等. 内镜下第三脑室底造瘘治疗小

- 儿梗阻性脑积水临床分析[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2019, 22(10): 1068-1073.
- [11] WANG QG, CHENG J, SI Z, et al. Third ventricle floor bowing: a useful measurement to predict endoscopic third ventriculostomy success in infantile hydrocephalus[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2020, 162(1): 31-37.
- [12] 高俣娉, 杨波, 宋云海, 等. 内镜第三脑室底造瘘术在儿童后颅窝肿瘤所致梗阻性脑积水中的应用分析[J]. 中华神经外科杂志, 2023, 39(6): 572-576.
- [13] MOORTHY RK, RAJSHEKHAR V. Endoscopic third ventriculostomy for hydrocephalus: a review of indications, outcomes, and complications[J]. *Neurol India*, 2011, 59(6): 848-854.
- [14] 刘佰运. 复杂脑积水的鉴别与治疗[J]. 中华神经创伤外科电子杂志, 2019, 5(6): 321-324.
- [15] 周小卫, 谢国强, 左毅, 等. 磁共振 3D-FIESTA 序列在脑积水中的诊断价值[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2016, 15(1): 46-49.
- [16] YADAV YR, BAJAJ J, RATRE S, et al. Endoscopic third ventriculostomy - a review[J]. *Neurol India*, 2021, 69 (Supplement): S502-S513.
- [17] 吴国庆, 王蕾, 尹卫宁, 等. 面神经 3D-TOF-MRA 及 3D-FIESTA 扫描对原发性面肌痉挛手术的指导价值[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(45): 3614-3616.
- [18] 程哲, 周星辰, 巢青, 等. 3D-slicer 基于 3D-FIESTA 及 3D-TOF 序列在面肌痉挛和原发性三叉神经痛责任血管的诊断及术前评估中的应用[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26(11): 1338-1342.
- [19] 郝淑珍, 王林省. 内耳畸形相关性脑脊液耳漏的临床和影像学表现[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(10): 1760-1764.
- [20] 韩晓伊, 刘兆会. 桥小脑角-内耳道小血管与搏动性耳鸣相关性的研究[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2023, 30(10): 633-636.
- [21] XIE HP, ZHANG YJ, WANG Y, et al. Effect of susceptibility-weighted imaging on preoperative evaluation of microvascular decompression in patients with trigeminal neuralgia[J]. *Am J Transl Res*, 2023, 15(5): 3267-3278.
- [22] 卢醒, 翟翔, 李海艳, 等. CT 脑池造影与核磁共振水成像对脑脊液鼻漏的诊断价值[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2022, 36 (11): 859-864.
- [23] AKSOY S, ORHAN K. Comparison of T2 weighted, fat-suppressed T2 weighted, and three-dimensional (3D) fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA-C) sequences in the temporomandibular joint (TMJ) evaluation[J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 6032559.
- [24] SATO K, HIJIKATA Y, OMURA N, et al. Usefulness of three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition MRI of large vessel occlusion for detecting occluded middle cerebral artery and internal carotid artery before acute mechanical thrombectomy[J]. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*, 2021, 23(3): 201-209.
- [25] AKATSUKA Y, TERAMOTO A, TAKASHIMA H, et al. Morphological evaluation of the calcaneofibular ligament in different ankle positions using a three-dimensional MRI sequence[J]. *Surg Radiol Anat*, 2019, 41(3): 307-311.
- [26] ELKAFRAWY F, REDA I, ELSIRAFY M, et al. Three-dimensional constructive interference in steady state sequences and phase-contrast magnetic resonance imaging of arrested hydrocephalus[J]. *World Neurosurg*, 2017, 98: 296-302.

责任编辑:王荣兵