

## 论 著

## 基于人工智能的3D自动定位技术在大脑MRI扫描中的应用研究

王忠良<sup>1</sup> 沈雄杰<sup>2</sup> 钟俊杰<sup>2</sup>  
梁斯俊<sup>1</sup> 朱高杰<sup>2</sup> 孙治国<sup>2</sup>  
陈志刚<sup>2</sup> 宋子龙<sup>2</sup> 卢珊珊<sup>2</sup>  
梁 杨<sup>2</sup> 王宇轩<sup>2</sup> 李牡兰<sup>2,\*</sup>

1.深圳市大鹏新区南澳人民医院  
医学影像科

2.深圳安科高技术股份有限公司  
(广东 深圳 518000)

**【摘要】目的** 探讨基于AI的3D自动定位技术在大脑MRI不同体位、多次扫描的对比研究价值。**方法** 使用深圳安科SuperMark 1.5T磁共振成像仪扫描49名志愿者,在头部正位、抬头、低头、左斜、右斜5种摆位下采集T1 FLAIR 轴位, T2 FLAIR轴位, T1 FLAIR 冠状位和T2WI 矢状位头部MRI图像。根据不同体位下采集的图像与正位的差异度打分,并统计得分情况。**结果** 头部冠状位和轴位扫描图像,在四种不同摆位下有82.14~96.43%的图像满足与正位的同一层面的对比观察。矢状位图像只有51.85~85.6%的图像满足与正位的同一层面的对比观察。四种不同摆位下T1 FLAIR 冠状位, T1 FLAIR 轴位和T2 FLAIR 轴位与正位的图像对比得分没有明显差异,尤其是在抬头和低头体位图像与正位图像高度相似。**结论** 基于AI的3D自动定位方法相比传统的手动定位,能保证多次扫描的层面保持一致,有利于临床对大脑病变的追踪评估和研究。

**【关键词】** 人工智能; 核磁共振;  
3D自动定位; 头部MRI;

**【中图分类号】** R445.2

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.04.016

## A Comparative Study of AI-based 3D Automatic Localization Technology in Brain MRI

WANG Zhong-liang<sup>1</sup>, SHEN Xiong-jie<sup>2</sup>, ZHONG Jun-jie<sup>2</sup>, LIANG Si-jun<sup>1</sup>, ZHU Gao-jie<sup>2</sup>, SUN Zhi-guo<sup>2</sup>, CHEN Zhi-gang<sup>2</sup>, SONG Zi-long<sup>2</sup>, LU Shan-shan<sup>2</sup>, LIANG Yang<sup>2</sup>, WANG Yu-xuan<sup>2</sup>, LI Mu-lan<sup>2,\*</sup>.

1.Department of Radiology, Nanao People's Hospital of Dapeng New District, Shenzhen 518000, Guangdong Province, China

2.Shenzhen Anke High-Tech co.,Ltd, Shenzhen 518000, Guangdong Province, China

## ABSTRACT

**Objective** Investigate the usefulness of AI-based 3D automatic localization system for comparing brain MRI data obtained from various body positions, **Methods** Anke SuperMark 1.5T MRI was used to scan 49 subjects. The T1 FLAIR axial, T2 FLAIR axial, T1 FLAIR coronal, and T2WI sagittal brain MRI images were scanned using five different head positions: standard, upward, lower, left oblique, and right oblique. The degree of deviation from the orthostatic position was used to grade the images taken in various positions, and the scores were tallied, **Results** 82.14~96.43 percent of the head's coronal and axial scanning images in each of the four positions met the same standard of comparison observation with the orthostatic posture. The dislocation images only met the same degree of comparison observation with the orthostatic position in 51.85~85.6 percent of the cases. The T1 FLAIR coronal, T1 FLAIR axial, and T2 FLAIR axial positions and the orthostatic position in the four different poses did not significantly differ in their image comparison scores. This was especially true for the images of the superior elevation and inferior hypostatic positions, which exhibited a high degree of similarity with the orthostatic images, **Conclusion** Compared to traditional manual localization, the AI-based 3D automated localization method guarantees that the dimensions of numerous scans can be kept consistently. This is advantageous for clinical follow-up assessment and research on brain lesions.

**Keywords:** AI; MRI; 3D Automatic Localization; Brain MRI

精准和一致的核磁共振(MRI)扫描定位有助于医生对同一病灶多次扫描的随访分析,尤其在脑微小病变和多发病变的追踪评估中,一致的扫描定位能让医生更直观、准确的评估病情发展和治疗效果<sup>[1]</sup>。目前,磁共振定位在临床上主要由技师手动完成,同一患者多次扫描时很难做到完全一致的体位和定位。因此,手动定位的方法碰到不少问题和挑战,手动定位需要操作人员具备专业的解剖知识和经验,耗时长、效率低;手动定位一般基于2D图像,预扫描的定位相可能缺失重要的解剖结构,影响定位效率和准确性;手动定位容易受到人为因素的影响,一致性和重复性很难得到保障,不利于病灶的追踪评估。如果能实现以客观解剖学指标为标准的自动化的定位方法,手动定位的诸多问题将有效解决。

基于人工智能(artificial intelligence, AI)的3D头部自动定位技术通过训练模型识别出头部定位的关键点,实现无需手动干预的快速扫描自动定位。其操作简便、大大提高了工作效率,且能保证多次扫描的一致性和可重复性<sup>[2]</sup>。相比传统的2D手动定位,基于AI的3D自动定位可全脑扫描和重建定位相,对病变的定位扫描更精准,其随访的一致性和准确性也将大大提高。本研究通过用基于AI的3D头部自动定位技术对同一受检者在不同体位下多次扫描,探讨在不同体位下、不同时期的多次扫描能否获取相同解剖层面的扫描结果,进而评估3D头部自动定位的随访诊断的一致性和精准度。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究共扫描49名志愿者,男性23名,女性26名,年龄范围22-60岁。所有志愿者均签订核磁共振自愿扫描协议,并经过了医院伦理委员会的审核批准。

## 1.2 方法

**1.2.1 扫描条件:** 使用深圳安科SuperMark 1.5T磁共振成像仪,选择16通道头颈联合线圈,行常规头部MRI扫描。扫描参数包括常规T1 FLAIR 轴位序列: TR 2200ms, TE 9.0ms,层厚6mm,FOV 230×230mm,矩阵288; T2 FLAIR轴位序列: TR 7500ms, TE 86.0ms,层厚 6mm,FOV 230×230mm,矩阵 320; T1 FLAIR冠状位序列: TR 2211ms, TE 9.0ms,层厚6mm,FOV 230×230mm,矩阵288; T2WI矢状位序列: TR 3600ms, TE 97.0ms,层厚 6mm,FOV 230×230mm,矩阵 384。

**1.2.2 扫描方法:** 11名志愿者在头部正位、抬头、低头、左斜、右斜5种摆位下采集T1 FLAIR轴位(transverse, tra)、T2 FLAIR 轴位、T1 FLAIR 冠状位(coronal, cor)和T2WI矢状位(sagittal, sag)图像。38名志愿者扫描头部正位、抬头或低头选一、左斜或右斜选一,3种摆位下扫描上述4种序列,详见表1。

**1.2.3 影像评估:** 首先,使用李克特(Likert)5分量表对正位图像的图像质量做评估,选出脑实质、脑室、脑沟、垂体显示清楚,颈内动脉虹吸部、大脑中动脉、大脑前动脉、椎动脉、基底动脉、大脑后动脉及一级分支显示清晰,达到诊断标准的正位图像,不达标的

**【第一作者】** 王忠良,男,主治医师,主要研究方向:头部MRI。E-mail: wangzhongliang320@163.com

沈雄杰,男,主要研究方向:核磁共振图像算法。E-mail: 398272398@qq.com

**【通讯作者】** 李牡兰,女,医学博士,主要研究方向:医学影像。E-mail: 80332189@qq.com

正位图像以及同一志愿者的其他体位图像数据从评估统计中剔除。

表1 受检者不同摆位下各序列采集数

序列	正位	抬头	低头	右斜	左斜	总计
T1 FLAIR tra	49	28	32	32	28	169
T2 FLAIR tra	49	28	32	31	28	168
T1 FLAIR cor	49	28	32	32	28	169
T2WI sag	49	27	30	30	27	163
总计	196	111	126	125	111	669

其次, 图像以选好的正位图像为参照, 对比抬头、低头、右斜、左斜四种摆位采集的图像。根据不同体位下采集的图像与正位的差异度打1-5分。具体评分标准为: 5分: 每个层面与正位图像完全一致; 4分: 部分层面有轻微不一致, 但不影响与正位的同一层面的图像对比观察; 3分: 部分层面有明显不一致, 在一定程度上影响与正位的同一层面的图像对比观察; 2分: 大部分层面有明显不一致, 非常影响与正位的同一层面的图像对比观察; 1分: 图像层面完全不一致, 无法与正位图像做对比。所有图像均由2名10年以上工作经验的影像科医师进行评价, 若发生分歧时由两位医师讨论取得一致。

**1.3 统计学分析** 采用SPSS 24.0软件对数据进行统计学分析, 计量资料( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用独立样本t检验, 多组间比较使用

多因素方差分析。以 $P < 0.05$ 为结果表示有统计学意义的显著差异。

## 2 结果

**2.1 不同体位下各序列之间得分对比** 头部抬头体位4分及以上与正位的图像对比得分百分比为T1 FLAIR cor 96.43%, T1 FLAIR tra 96.43%, T2 FLAIR tra 96.43%, T2WI sag 66.67%; 低头体位4分及以上得分百分比为T1 FLAIR cor 93.75%, T1 FLAIR tra 93.75%, T2 FLAIR tra 93.75%, T2WI sag 66.66%; 右斜体位4分及以上得分百分比为T1 FLAIR cor 84.38%, T1 FLAIR tra 96.88%, T2 FLAIR tra 93.55%, T2WI sag 85.6%; 左斜体位4分及以上得分百分比为T1 FLAIR cor 82.14%, T1 FLAIR tra 89.29%, T2 FLAIR tra 85.72%, T2WI sag 51.85%, 且4组序列之间显示显著差异 $P < 0.05$ , 见表2。

其中, T1 FLAIR cor, T1 FLAIR tra和T2 FLAIR tra与正位的图像对比得分没有明显差异 $P > 0.05$ , 尤其是在抬头和低头体位图像与正位图像呈现高度相似 $P = 1$ , 见表3。

**2.2 Z轴方向不同体位(抬头和低头)得分对比** 抬头和低头体位得分百分比没有明显差异 $P > 0.05$ , 见表4。

**2.3 X轴方向不同体位(右斜和左斜)得分对比** 右斜和左斜体位得分百分比没有明显差异 $P > 0.05$ , 见表5。

**2.4 四种体位(抬头、低头、右斜和左斜)得分对比** 抬头、低头、右斜和左斜四种体位之间得分百分比没有明显差异 $P > 0.05$ , 见表6。

表2 不同体位四个序列得分情况

体位	得分	序列名称(%)				总计	$\chi^2$	P
		T1 FLAIR cor	T1 FLAIR tra	T2 FLAIR tra	T2WI sag			
抬头	2	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	4(14.81)	4(3.60)	24.913	0.003**
	3	1(3.57)	1(3.57)	1(3.57)	5(18.52)	8(7.21)		
	4	15(53.57)	9(32.14)	15(53.57)	10(37.04)	49(44.14)		
	5	12(42.86)	18(64.29)	12(42.86)	8(29.63)	50(45.05)		
	总计	28	28	28	27	111		
低头	2	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	3(10.00)	3(2.38)	29.824	0.000**
	3	2(6.25)	2(6.25)	2(6.25)	7(23.33)	13(10.32)		
	4	19(59.38)	8(25.00)	18(56.25)	13(43.33)	58(46.03)		
	5	11(34.38)	22(68.75)	12(37.50)	7(23.33)	52(41.27)		
	总计	32	32	32	30	126		
右斜	2	0(0.00)	1(3.13)	1(3.23)	2(6.67)	4(3.20)	19.455	0.022*
	3	5(15.63)	0(0.00)	1(3.23)	8(26.67)	14(11.20)		
	4	14(43.75)	17(53.13)	19(61.29)	15(50.00)	65(52.00)		
	5	13(40.63)	14(43.75)	10(32.26)	5(16.67)	42(33.60)		
	总计	32	32	31	30	125		
左斜	2	1(3.57)	0(0.00)	1(3.57)	7(25.93)	9(8.11)	24.989	0.003**
	3	4(14.29)	3(10.71)	3(10.71)	6(22.22)	16(14.41)		
	4	15(53.57)	12(42.86)	19(67.86)	8(29.63)	54(48.65)		
	5	8(28.57)	13(46.43)	5(17.86)	6(22.22)	32(28.83)		
	总计	28	28	28	27	111		

注: \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ 。

**表3 不同体位三种序列得分情况**

体位	得分	序列名称(%)			总计	x <sup>2</sup>	P
		T1 FLAIR cor	T1 FLAIR tra	T2 FLAIR tra			
抬头	3	1(3.57)	1(3.57)	1(3.57)	3(3.57)	0	1
	4	15(53.57)	9(32.14)	15(53.57)	39(46.41)		
	5	12(42.86)	18(64.29)	12(42.86)	42(50.00)		
总计		28	28	28	84		
低头	3	2(6.25)	2(6.25)	2(6.25)	6(6.25)	0	1
	4	19(59.38)	8(25.00)	18(56.25)	45(46.88)		
	5	11(34.38)	22(68.75)	12(37.50)	45(46.88)		
总计		32	32	32	96		
右斜	2	0(0.00)	1(3.13)	1(3.23)	2(2.11)	8.19	0.085
	3	5(15.63)	0(0.00)	1(3.23)	6(6.32)		
	4	14(43.75)	17(53.13)	19(61.29)	50(52.72)		
	5	13(40.63)	14(43.75)	10(32.26)	37(38.88)		
总计		32	32	31	95		
左斜	2	1(3.57)	0(0.00)	1(3.57)	2(2.38)	1.283	0.864
	3	4(14.29)	3(10.71)	3(10.71)	10(11.90)		
	4	15(53.57)	12(42.86)	19(67.86)	46(54.76)		
	5	8(28.57)	13(46.43)	5(17.86)	26(30.95)		
	总计		28	28	28		

注: \*P<0.05, \*\*P<0.01。

**表4 Z轴方向运动得分对比**

得分	分组(%)		总计	x <sup>2</sup>	P
	抬头	低头			
2	4(3.60)	3(2.38)	7(2.95)	1.185	0.757
3	8(7.21)	13(10.32)	21(8.86)		
4	49(44.14)	58(46.03)	107(45.15)		
5	50(45.05)	52(41.27)	102(43.04)		
总计	111	126	237		

注: \*P<0.05, \*\*P<0.01。

**表5 X轴方向运动得分对比**

得分	分组(%)		总计	x <sup>2</sup>	P
	右斜	左斜			
2	4(3.20)	9(8.11)	13(5.51)	3.607	0.307
3	14(11.20)	16(14.41)	30(12.71)		
4	65(52.00)	54(48.65)	119(50.42)		
5	42(33.60)	32(28.83)	74(31.36)		
总计	125	111	236		

注: \*P<0.05, \*\*P<0.01。

**表6 四种方向运动得分对比**

得分	分组(%)				总计	x <sup>2</sup>	P
	抬头	低头	右斜	左斜			
2	4(3.60)	3(2.38)	4(3.20)	9(8.11)	20(4.23)	13.897	0.126
3	8(7.21)	13(10.32)	14(11.20)	16(14.41)	51(10.78)		
4	49(44.14)	58(46.03)	65(52.00)	54(48.65)	226(47.78)		
5	50(45.05)	52(41.27)	42(33.60)	32(28.83)	176(37.21)		
总计	111	126	125	111	473		

注: \*P<0.05, \*\*P<0.01。

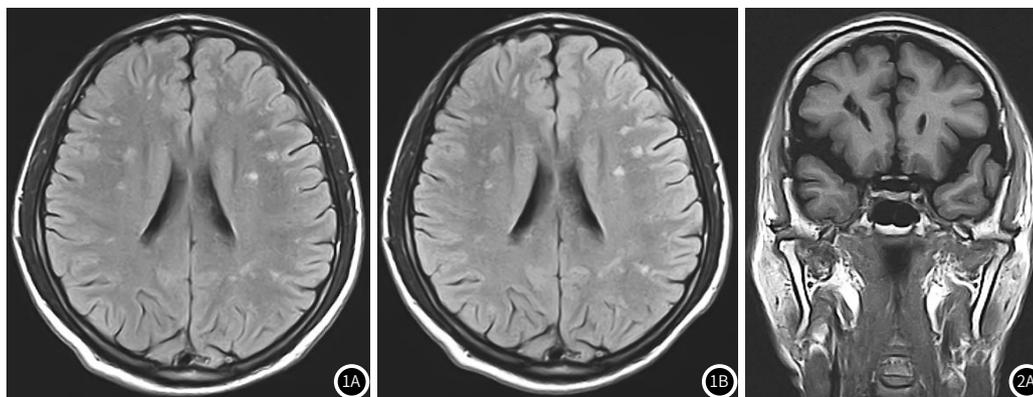


图1A-图1B 为大脑多发病变的正位(1A)和左斜(1B)T2 FLAIR tra图像,可见两侧侧脑室旁多发病变显示几乎一致,与正位的对比评价得分5分。

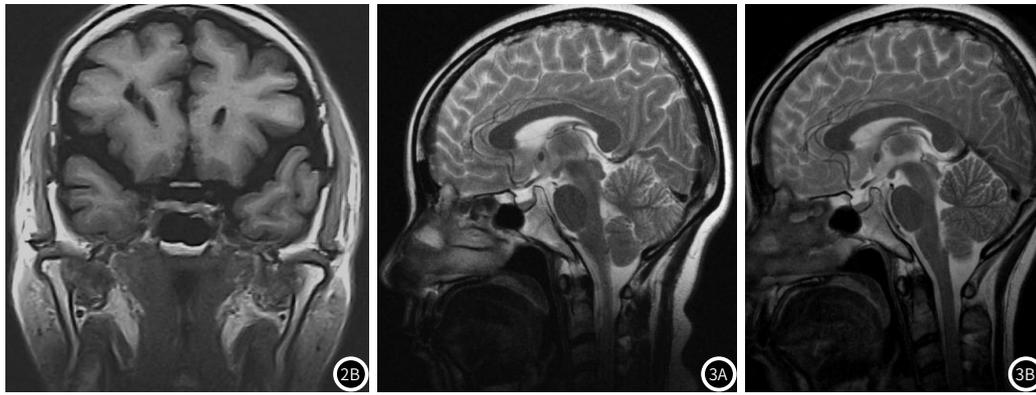


图2A-图2B 右侧侧脑室前角旁病变的正位(2A)和低头(2B)T1 FLAIR cor图像,可见病变切面和细节显示一致,与正位的对比评价得分4分。

图3A-图3B 正常志愿者正位(3A)和左斜(3B)T2WI sag图像,正位第21层与左斜位第19层解剖学结构显示一致,但因层面有偏差与正位的对比评价得分2分。

### 3 讨论

核磁共振无辐射可反复扫描,常用于头部慢性病变的追踪检查和治疗效果的评估,尤其是对大脑肿瘤的评估有重要的参考价值。核磁共振图像可非侵入性的提供大脑病变的详细信息,能让临床医生对肿瘤的位置、形状、数目和大小有正确的判断<sup>[3]</sup>,其进一步的血管成像(MR angiography, MRA)、弥散成像(diffusion weighted imaging, DWI)检查可评估肿瘤的血管性(vascularity)<sup>[4]</sup>、细胞性(cellularity)<sup>[5-6]</sup>在肿瘤的良恶性判断中有不可替代的诊断意义。在大脑病变的追踪分析中,传统的技师手动定位方法无法做到多次扫描的层面完全一致,而这些不一致会导致对病变的进展和预后的评价不准确<sup>[7-8]</sup>。本研究结果显示,头部冠状位和轴位扫描图像,在四种不同摆位下有82.14~96.43%的图像满足与正位的同一层面的对比观察。我们扫描到一些有大脑病变的志愿者,可直观的看到在不同体位的轴位和冠状位图像的病变数目和形状与正位图像一致,这与上述统计结果是一致的,见图1和2。但本研究结果中,矢状位图像只有51.85~85.6%的图像满足与正位的同一层面的对比观察,较冠状位和轴位偏差较大。原因可能是头部扫描时患者的运动伪影经常来自左右方向的头部运动<sup>[9]</sup>,而左右方向的运动对矢状位图像的层面偏差影响最大。而这种层面偏差表现为解剖学结构相同的层面,不一定是相同的扫描层,见图3。

本研究使用的基于AI的3D头部自动定位技术是采用TFE 3D序列快速扫描获得3D全脑定位图像,然后将图像输入经过训练的AI关键点监测模型,由模型识别出图像中的几个关键点,比如鼻根、桥中脑上缘点、延髓下缘中心点、胼胝体喙部端点、胼胝体压部端点等,再根据关键点的坐标计算出各个定位平面的三维空间中的方向和位置,然后使用多平面重建算法(MPR)得到定位平面的2D图像。相比Kouwe等人的基于图像配准的自动定位算法<sup>[10]</sup>,我们使用的算法在寻找关键点过程中,利用拓扑学的关系对不同的关键点进行了不同向量关系上的制约,比如胼胝体的特征点需有前后关系,且必须要在脑干上方,从而在不做部位分割计算的情况下,也能高效、准确的得到解剖学关键点的位置。我们的神经网络从导入数据到输出所有特征点位置信息预测结果的时间是1s以内。结合并行MPR重建,从输入重建好的3D定位相得到到标准的轴位、矢状位和冠状位定位相总耗时达到了3秒以内。相比Sharp等人<sup>[11]</sup>的半自动的定位方法,基于AI的3D头部自动定位算法,不需要手动提取标志性解剖结构,降低了对技师解剖学专业知识的要求,也缩短了技师的操作时间。

本研究扫描的志愿者均为健康志愿者,尽管有少数头部病灶的但其头部解剖学结构并没有太大改变。因此,我们无法确定

基于AI的3D头部自动定位方法对中线结构偏移、脑部畸形等解剖学结构变化较大的患者,是否也能在多次扫描中获得相同扫描层面,而在其他类似研究中也尚未提到<sup>[12-15]</sup>。这也是我们在接下来的研究中需要论证和优化的方向。我们计划进一步增加多个体表特征的关键点,并设置颅内解剖学结构偏差较大无法正确计算的条件,对颅内结构变化较大的患者可根据体表特征点识别,保证扫描定位的准确性。

综上所述,基于AI的3D头部自动定位技术可实现同一患者多次扫描层面的一致性,有利于临床对大脑病变的追踪评估和精准对比。其全自动方式,可快速实现扫描定位、提高了扫描定位的准确性,大大提高了工作效率。

### 参考文献

- [1] Kouwe A J W, Benner T, Fischl B, et al. On-line automatic slice positioning for brain MR imaging[J]. Neuroimage, 2005, 27(1): 222-230.
- [2] Moenninghoff C, Umutlu L, Kloeters C, et al. Workflow efficiency of two 1.5 T MR scanners with and without an automated user interface for head examinations[J]. Acad Radiol, 2013, 20: 721-730.
- [3] 于虹, 王娜, 徐苗苗, 等. 脑胶质瘤的MRI诊断及预后影响因素分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(1): 12-14.
- [4] M E Ladd, H H Quick, J F Debatin. Interventional MRA and intravascular imaging[J]. J Magn Reson Imaging. 2000, 12(4): 534-46.
- [5] Joachim M Bachring, Robert K Fulbright. Diffusion-weighted MRI in neuro-oncology[J]. CNS Oncol. 2012 Nov; 1(2): 155-67.
- [6] 石锦, 张建军, 张睿. MRI-DWI诊断儿童后颅窝肿瘤的临床价值. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(7): 22-23.
- [7] Benner T, Wisco JJ, van der Kouwe AJ, et al. Comparison of manual and automatic section positioning of brain MR images[J]. Radiology, 2006, 239: 246-254.
- [8] GAO Jingjing, DU Min, XU Kai, LI Shaodong. Performance of Brain MR with On-line Automatic Slice Positioning in Metastatic Brain Tumors[J]. Chin Comput Med Imag, 2023, 29(1).
- [9] 严序, 周敏雄, 杨光, 等. 基于大脑模板的MRI扫描自动定位方法[J]. 波谱学杂志, 2014, 31(2): 196-204.
- [10] Kouwe A J W, Benner T, Fischl B, et al. On-line automatic slice positioning for brain MR imaging[J]. Neuroimage, 2005, 27(1): 222-230.
- [11] Sharp G C, Kollipara S, Madden T, et al. Anatomic feature-based registration for patient set-up in head and neck cancer radiotherapy[J]. Phys Med Biol, 2005, 50(19): 4667-4679.
- [12] Chen T, Zhan Y, Zhang S, et al. Automatic alignment of brain mr scout scans using data-adaptive multi-structural model[C]. MICCAI, 2011.
- [13] Welch E B, Manduca A, Grimm R C, et al. Inter-scan registration using navigator echoes[J]. Magn Reson Med, 2004, 52(6): 1448-1452.
- [14] Sébastien Tourbier, Clemente Velasco-Annisa, Vahid Taimouria, et al. Automated Template-based Brain Localization and Extraction for Fetal Brain MRI Reconstruction[J]. Neuroimage. 2017 July 15; 155: 460-472.
- [15] Moenninghoff C, Umutlu L, Kloeters C, et al. Workflow efficiency of two 1.5 T MR scanners with and without an automated user interface for head examinations[J]. Acad Radiol, 2013, 20: 721-730.