

•非血管介入 Non-vascular intervention•

0.4T 全开放式和 1.5T MR 引导下乳腺
病灶徒手穿刺定位法的临床应用

张 庆, 庄治国, 许建荣, 华 佳, 张丹丹, 李 岚

【摘要】目的 评估 EMT-100 辅助下 0.4T 全开放式 MR 引导与 1.5T MR 引导乳腺病灶两种徒手穿刺定位法的临床应用价值。方法 回顾分析 322 例 EMT-100 辅助下 0.4T 全开放式 MR 引导以及 43 例 1.5T MR 引导乳腺病灶两种徒手穿刺定位法的定位准确性及手术耗时。结果 322 例采用 0.4T MR 引导下穿刺定位法患者中 294 例(91.3%)定位成功, 26 例(8.1%)定位失败, 手术耗时 16~52 min(平均 (28.20 ± 6.11) min); 43 例采用 1.5T MR 引导下穿刺定位法患者中 40 例(93%)定位成功, 1 例(2.3%)定位失败, 手术耗时 8~46 min, 平均 (17.19 ± 6.64) min; 两者定位准确性差异无统计学意义(P 值=0.179); 1.5T MR 引导手术耗时明显短于 0.4T MR 引导($P<0.01$)。结论 两种 MR 引导下乳腺病灶徒手穿刺定位法定位准确性均高, 手术时间短, 并可定位靠近腋尾区、乳晕区及胸壁的特殊区域病灶。

【关键词】磁共振引导; 徒手穿刺; 低场强全开放磁共振; 乳腺病灶

中图分类号: R737.9 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2018)-04-0334-06

Clinical application of 1.5T and 0.4T MRI-guided needle localization of breast lesions with bare-handed puncture technique ZHANG Qing, ZHUANG Zhiguo, XU Jianrong, HUA Jia, ZHANG Dandan, LI Lan. Department of Radiology, Affiliated Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, China

Corresponding author: ZHUANG Zhiguo, E-mail: zhiguozhuang@163.com

【Abstract】Objective To evaluate the clinical application of MRI-guided needle localization of suspicious breast lesions by using two bare-handed methods: EMT-100 assisted 0.4T fully-opened MR-guided technique and 1.5T MR-guided technique. Methods A total of 322 patients who received bare-handed puncture for suspicious breast lesions by using EMT-100 assisted 0.4T fully-opened MR-guided needle localization technique and 43 patients who received bare-handed puncture for suspicious breast lesions by using 1.5T MR-guided needle localization technique were included in this study. The clinical data were retrospectively analyzed. The localization accuracy and time spent for the procedure were compared between the two methods. Results EMT-100 assisted 0.4T fully-opened MR-guided needle localization technique was employed in 322 patients, successful localization of the lesion was achieved in 294 patients (91.3%) and failure of localization occurred in 26 patients (8.1%). The time spent for the procedure ranged from 16 min to 52 min, with a mean of (28.20 ± 6.11) min. 1.5T MR-guided needle localization technique was adopted in 43 patients, successful localization of the lesion was obtained in 40 patients (93.0%) and failure of localization occurred in one patient (2.3%). The time spent for the procedure varied from 8 min to 46 min, with a mean of (17.19 ± 6.64) min. No statistically significant difference in localization accuracy existed between the two methods ($P=0.179$). The time spent for the procedure in 1.5T MR-guided needle localization group was obviously longer than that in 0.4T fully-opened MR-guided needle localization group ($P<0.01$). Conclusion Both MR-guided bare-handed needle localization techniques for suspicious breast lesions have higher localization accuracy, and the time spent for the procedure is short. The lesions that are located at axillary

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2018.04.010

基金项目: 上海市科委生物医药领域科技支撑项目(17441902700)、上海交通大学医工交叉基金(YG2014ZD05)

作者单位: 200127 上海交通大学医学院附属仁济医院放射科

通信作者: 庄治国 E-mail: zhiguozhuang@163.com

region of breast and areola area, as well as at the special area near the chest wall can be precisely localized.

(J Intervent Radiol, 2018, 27: 334-339)

【Key words】 MRI guidance; bare-handed puncture; low-field fully-opened MR unit; breast lesion

MR 是乳腺癌诊断的重要影像检查方法^[1-3],其对乳腺癌诊断的敏感性高达 92.3%,明显高于乳腺 X 线和超声^[4-5];其特异性亦较高,可达 95%^[6]。MR 成像已成为分析乳腺病灶性质、保守治疗乳腺病变随访和乳腺癌疗效评估的最主要的影像学技术^[1,5]。随着 MRI 的广泛应用,越来越多触诊、超声、X 线均阴性的乳腺病灶被检出^[6-12],其中不少病灶根据 2013 版美国放射学会(American College of Radiology, ACR)乳腺影像报告和数据系统(Breast Imaging Reporting and Data System, BI-RADS)的诊断标准被评价为 BI-RADS 4 类或 4 类以上的均需要病理明确^[13],MR 引导下穿刺钩针定位是此类病变获取病理诊断的重要方法^[10]。目前国际上应用最多的 MR 导航下乳腺病灶定位技术主要为立体定位和徒手穿刺定位,并以前者居多^[10-17],所采用的 MR 大多为高场强半开放式 MR,仅有一小部分报道是低场强 MR 引导下定位^[14-15]。本研究分别采用 EMT-100 导航技术辅助下 0.4T 全开放式 MR 和 1.5T MR 引导下两种徒手穿刺定位法,比较分析其临床应用价值。

1 材料与方法

1.1 患者资料

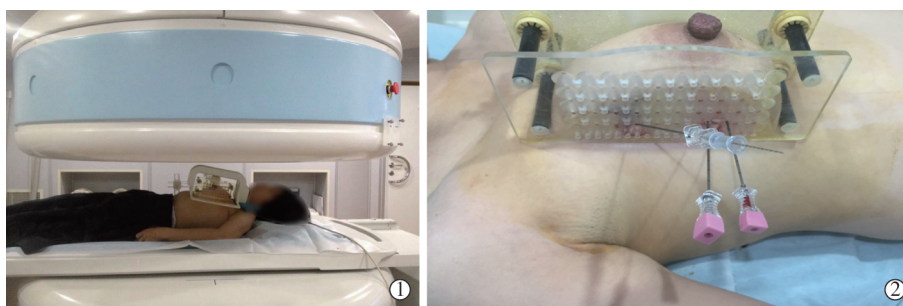
我院 2014 年 7 月—2016 年 4 月,共连续 322 例患者采用 EMT-100 引导技术辅助下 0.4T 全开放式 MR 引导下乳腺病灶徒手穿刺定位法(方法 A),其中 20 例患者为双病灶,2 例患者为 3 病灶,299 例为单病灶。322 例患者年龄 17~76 岁,平均(46.2±10.7)岁。腋尾区病灶及靠近胸壁病灶共 56 例,31 例病灶拟 BI-RADS 5 类,208 例 BI-RADS 4 类,79 例 BI-RADS 3 类,4 例为 BI-RADS 2 类。我院 2017 年 1—3 月,共连续 43 例患者采用 1.5T MR 引导下乳腺病灶徒手穿刺定位法(方法 B),其中 4 例患者为双病灶,39 例为单病灶,年龄 17~71 岁,平均(45.9±11.0)岁,腋尾区病灶及靠近胸壁病灶共 5 例,34 例病灶拟 BI-RADS 4 类,9 例 BI-RADS 3 类。

1.2 方法

1.2.1 穿刺定位步骤及方法 所有患者术前均已行乳腺 MR 扫描(3.0T Philip MR 成像仪或 3.0T GEMR 成像仪),扫描序列包括 T1WI, T2WI, DWI, SPAIR, DCE。MRI 平扫序列包括:横轴位 T1WI: TR/TE =

569 ms/8 ms, FOV = 280 mm × 341 mm × 160 mm, 矩阵 = 512 × 512, 层厚/层距 = 4 mm/0 mm; 横轴位 T2WI: TR/TE = 3655 ms/120 ms, FOV = 280 mm × 341 mm × 160 mm, 矩阵 = 432 × 432, 层厚/层距 = 4 mm/0 mm; 增强扫描 THRIVE: TR/TE = 4.5 ms/2.2 ms, FOV = 280 mm × 340 mm × 150 mm, 矩阵 = 480 × 480, 层厚/层距 = 3.33 mm/0.67 mm。对比剂采用钆喷酸葡胺注射液(Gd-DTPA),剂量 0.2 mmol/kg,注射速率 2.0 mL/s,注射后追加 20 ml 0.9% NaCl 冲洗注射管,注射 15 s 后开始扫描,扫描 4 个动态。并与乳腺外科医师共同确定所需手术定位病灶。

方法 A:手术在 0.4T 全开放式 MR 介入手术室内进行,采用单通道乳腺专用线圈;患者取仰卧位,患侧乳房常规消毒后以乳腺穿刺专用固定夹板固定(图 1);扫描采用 FLASH-2D 快扫序列(层厚 5 mm,每层采集时间 5 s),扫描范围通过术前 MR 诊断图像对比选取,以确定能将病灶包全为准;平扫分别采集横断位、矢状位及冠状位图像,其中横断位及矢状位图像用以发现和确定病灶,拟定穿刺计划时需用到冠状位图像;绝大多数患者($n=284$)需注入钆喷酸葡胺注射液(Gd-DTPA),剂量 0.2 mmol/kg,注射速率 2.0 mL/s,注射 15 s 后开始动态增强扫描,由乳腺影像诊断经验丰富的放射科医师通过与术前 MR 诊断图像对比确定所需定位病灶,确定病灶后停止扫描,将病灶所在层面横断位和冠状位图像发送至导航系统,并以 3D 定位系统拟定穿刺计划,通过 EMT-100 导航系统实时追踪穿刺针,于乳腺穿刺专用固定夹板上选取路径最短、倾斜角度最小的进针孔位,56 例腋尾区及贴近胸壁病灶,进针点选取固定夹板下方区域、水平进针至病灶路径最短处。所有手术进针角度及深度均根据术前拟定的穿刺计划及 EMT-100 导航系统对穿刺针的实时追踪确定,采用徒手穿刺法,穿刺针采用 18 G/10 cm MR 专用穿刺针。穿刺针到位后,扫描横断位 T1-FSE 序列,评估穿刺针与病灶位置关系,并根据需要调整进针角度与深度,以达到乳腺外科手术定位要求。在 0.4T 全开放式 MR 内进行穿刺定位,整个手术过程无需移动患者。穿刺完成后,将患者移出磁体,拔出穿刺针针芯,以穿刺针为鞘,置入 hookwire 定位钩针(型号:LW0077、LW0107)。



①患侧乳房固定完成后患者取仰卧位平躺于 0.4T 全开放式 MR 检查床;②患侧乳房采用乳腺专用固定夹板固定,3 处病灶完成穿刺定位

图 1 方法 A 操作过程

方法 B:采用 GE(Optima MR360 1.5T)MR 扫描仪,采用乳腺表面相控阵线圈,患者取俯卧位,嘱患者扫描及手术过程中保持不动,自由呼吸状态下扫描图像。扫描范围包括双侧全部乳腺组织及腋窝软组织。平扫扫描序列采用横轴位 Vibrant,对比剂采用钆喷酸葡胺注射液(Gd-DTPA),剂量 0.2 mmol/kg,注射速率 2.0 mL/s,注射 15 s 后开始动态增强扫描,确定病灶后停止扫描。打开 MR 扫描定位线,将病灶中心所在层面移至定位线处,用以确定穿刺点所在头脚方向(Y 轴)位置,测量病灶至该层面垂直方向体表皮肤距离确定前后方向(X 轴)位置,确定体表进针点后,穿刺深度(Z 轴)则通过测量进针点至病灶中心水平深度确定,该方法类似于 CT 引导下肺结节穿刺定位法^[17]。患侧乳房自然下垂,常规消毒、2%利多卡因局部麻醉,穿刺针采用巴德公司 MR 专用穿刺针(型号:479201),穿刺针沿之前确定的 Z 轴方向水平进针,到达深度后扫描横轴位图像,评估穿刺针与病灶位置关系,并根据需要进行调整,穿刺针到达理想位置后,释放钩针,并扫描横轴位图像,确定钩针与病灶位置关系,供乳腺外科手术参考。

1.2.2 分析 术前 MR 诊断图像根据 BI-RADS 分类标准进行分类,由乳腺外科医师与放射科医师共同讨论确定所需手术病灶;方法 A 定位准确性通过扫描 T1-FSE 图像测量穿刺鞘位置与病灶距离评估,方法 B 定位准确性通过在手术最后扫描的横轴位 Vibrant 序列图像上测量钩针与病灶距离评估;根据我院乳腺诊治中心外科与放射科医师的临床经验,和便于统计分析,将 2 cm 范围作为本研究定位准确的评价标准,并定义分类为:“1”,穿刺针直接穿过病灶,“2”,穿刺针位于病灶周围 5 mm 以内,“3”,5~10 mm 范围内,“4”,11~20 mm 范围内,“5”,20 mm 以外,其中“5”类视为定位失败。两种 MR 引导乳腺病灶穿刺定位方法的应用价值除对定位准

确性评估外,在平均手术耗时、安全性、便捷性上亦可得到体现,所有数据结果统计分析采用统计软件 SPSS for mac 23.0。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

方法 A 患者共 322 例,其中 20 例双病灶,2 例 3 病灶,其余均为单病灶;腋尾区病灶及靠近胸壁病灶共 56 例。方法 B 患者共 43 例,其中 4 例为双病灶,其余均为单病灶;腋尾区病灶及靠近胸壁病灶共 5 例。两种 MR 引导下穿刺定位法所有患者定位后行外科手术切除病灶,术后病理结果分类差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。方法 A 手术耗时(自开始扫描图像至释放钩针为止)16~52 min,平均(28.20 ± 6.11) min,我院 2014 年 7 月开始探索该穿刺方法时的 10 例患者手术时间均较长(> 1 h),故在计算手术耗时时除外了此 10 例手术;方法 B 手术耗时 8~46 min,平均(17.19 ± 6.64) min,方法 B 手术平均耗时明显短于方法 A,差异有统计学意义($P < 0.01$),见表 2。

表 1 两种方法术后病理结果

参数	方法 A	方法 B	P 值 [#]	P 值 [*]	n
恶性病灶	49 (15.2%)	8 (18.6%)			
浸润性导管癌	29	5			
导管内癌	14	2			
导管内乳头状癌	0	1	0.336		
黏液腺癌	4	0			
淋巴瘤	2	0			
高危病灶	46 (14.3%)	6 (14%)		0.925	
不典型增生	11	2			
导管内乳头状瘤	35	4	1.000		
良性病灶	201 (62.4%)	29 (67.4%)			
纤维腺瘤	99	13			
小叶增生	80	14	0.615		
炎性病变	22	2			

备注: [#] 为子病理亚型显著水平; ^{*} 为总体良恶性显著水平

方法 A 定位准确性结果分类“1”类患者 117 例,“2”类 90 例,“3”类 52 例,“4”类 29 例,“5”类 0

表 2 两种方法定位成功率及手术耗时比较

结果	定位方法		P 值
	方法 A	方法 B	
定位成功/%	91.30(294/322)	93.02(40/43)	0.929
定位耗时/min	17.19±6.64	28.20±6.11	<0.001

例,另外 10 例病灶由于最后扫描 T1-FSE 图像时病灶增强效应已减退,病灶显示不清,测量存在困难故无法精确测量,术后 1 年通过随访,其中 6 例病灶未显示,视为病灶已切除、定位有效果,2 例病灶仍见显示,视为定位失败,2 例患者失访,暂不归为定位成功或失败;此外,24 例 0.4T 全开放式 MR 扫描图像后未显示目标病灶,故取消手术;所有患者中 2 例术后随访目标病灶未切除,24 例取消手术的患者视为定位失败,故方法 A 共 26 例(8.1%)定位失败。方法 B 定位准确性结果分类“1”类患者 23 例,“2”类 9 例,“3”类 4 例,“4”类 4 例,“5”类 1 例,另外 2 例病灶由于释放钩针后病灶增强效应已减退,病灶显示不清,测量存在困难故无法精确测量,

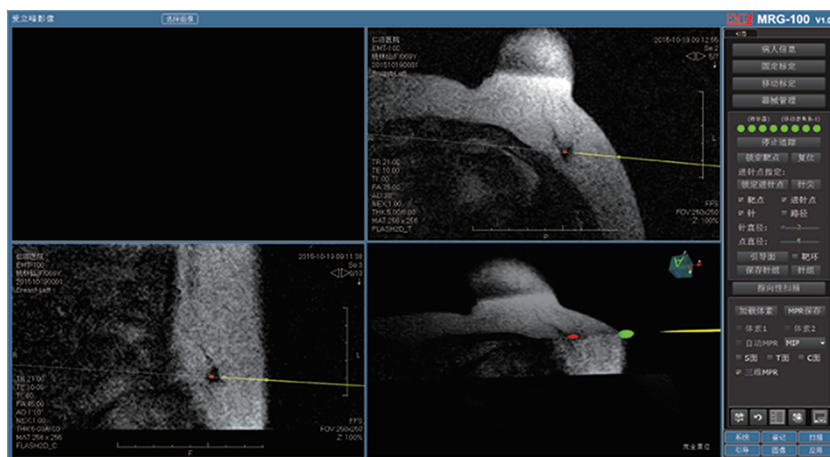
暂不归为定位成功或失败。方法 B 共 1 例(2.3%)“5”类患者视为定位失败,分析导致该例手术定位失败的原因为病灶周围乳腺以脂肪组织为主,释放钩针时无明显阻力,导致定位钩针释放位置过深。两种方法定位准确性结果比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 3。两种定位方法的准确性分类与病灶大小之间并无明确相关性($P>0.05$),见表 4、图 2~4。

表 3 两种方法定位准确性分类结果

穿刺结果	穿刺方法		P 值
	方法 A	方法 B	
1	117	23	0.179
2	90	9	
3	52	4	
4	29	4	
5	0	1	

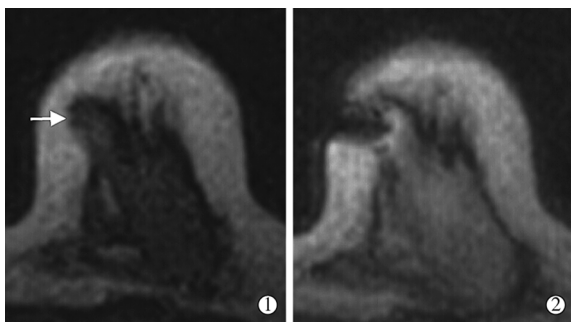
表 4 定位准确性分类与病灶大小之间的相关性分析

方法	R 值	P 值
方法 A	0.235	0.128
方法 B	0.147	0.258



黄线为实时追踪的穿刺针,绿点为所选取的进针点

图 2 EMT-100 导航系统实时穿刺瞄准图



①左红箭头所指处为目标病灶;②右穿刺针到达目标病灶。术后病理为“左乳”纤维腺瘤

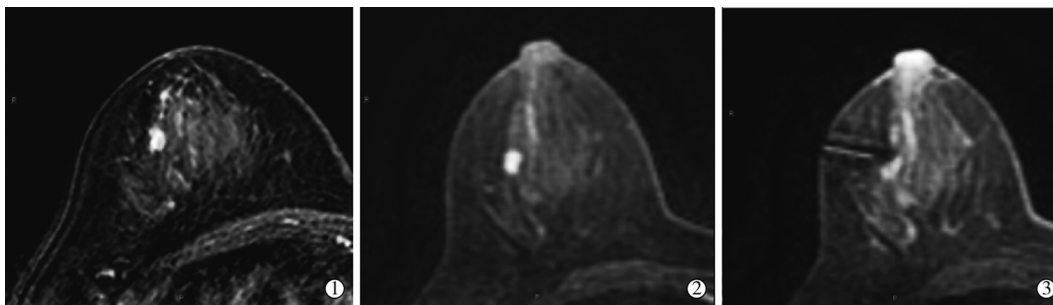
图 3 横断位 FLASH-2D 平扫图像

3 讨论

随着 MR 在临床上的广泛应用,更多查体、X

线、超声均阴性的乳腺病灶被发现^[6,10-12],随之而来的就是该如何解决这些病灶的手术或活检问题。在上述内容中我们已经给出本研究中两种乳腺病灶徒手穿刺定位方法,共 365 例病灶,穿刺过程中技术难点方法 A 主要取决于病灶的位置以及患者腺体的致密程度,方法 B 主要在于需克服乳房自然下垂无夹板固定状态下的移动性。

自 1992 年起,国际上就已经开始有 MR 引导下乳腺病灶穿刺活检或定位的报道^[7-16,18-23],大多数的报道均采用带孔固定夹板固定乳腺,而多位学者在既往的研究中已提到过采用该种技术所存在的不足,主要是靠近胸壁、腋窝、乳晕等区域的病灶难以穿刺,van den Bosch 等^[15]报道了徒手穿刺的方法,



①右乳病灶拟 BI-RADS.4 类;②GE (Optima MR360 1.5T) MR 术中图像, 见右乳目标病灶;③MR 定位专用钩针到达右乳目标病灶

图 4 Philip 3.0T MR 术前诊断图像

可以很好解决这一不足,我们的两种定位方法与之相似,均采用徒手穿刺法,故亦可对这些特殊区域病灶进行穿刺定位,本研究中方法 A 虽然也采用乳腺穿刺专用固定夹板的方法,但由于 EMT-100 导航系统的加入,使我们可在固定夹板以外的区域选取最短路径的水平进针点进针,或利用对穿刺针的实时导航功能调整进针角度以对这些特殊区域的病灶进行定位,并且在穿刺过程中,由于实时导航功能,可帮助我们避免损伤邻近的粗大血管及重要结构,更重要的是可避免在穿刺靠近胸壁的病灶时将穿刺针穿入胸腔。方法 A 所有患者中有 1 例体型肥胖且乳房较大的患者,其病灶靠近乳晕区,导致在磁体内未选取到合适的进针点,我们利用了 EMT-100 导航系统的移动标定功能,将患者移出磁体,从乳房正上方进针进行定位。

在既往国内外众多学者的研究中,无论是在高场强 MR 或是在低场强半开放式 MR 内进行穿刺,同样包括本研究的方法 B,俯卧位成为了几乎所有手术选取的体位^[7-16,18-21,23],虽然也有少数研究采取仰卧位^[22],对于平均 20 min~1 h,甚至更长的手术时间而言,患者始终保持俯卧位,势必会有不同程度的不适感。在我们的研究中,方法 A 手术在 0.4T 全开放式 MR 下进行,患者取仰卧位,可以最大限度减少手术过程中的不适感。另外,全开放式 MR 使得我们在整个手术过程中都不需要将患者移出磁体,遗憾的是在临床实际应用中,由于全开放式低场强 MR 的普及程度不够,限制了方法 A 在其他医院中的推广。

van den Bosch 等^[15]的研究中采用徒手穿刺方法手术耗时平均 20 min,邢宁等^[23]学者的报道每例手术耗时平均 30~65 min,本研究中我院采用的两种穿刺方法手术耗时分别约平均 (28.20 ± 6.11) min 和 (17.19 ± 6.64) min,其中方法 B 的手术时间与既

往国内外学者所采用的方法比较存在明显的优势,其中手术时间最短的仅仅耗费了 8 min,且手术平均耗时明显快于方法 A, $P < 0.01$,差异有统计学意义。

本研究中两种穿刺定位方法准确性分类与病灶大小相关性差异均无统计学意义, $P > 0.05$ 。我们分析可能原因为:①本研究中,两种定位方法当定位针到达预定深度后,我们会根据定位针与病灶的位置关系进行调整,以保证最后定位钩针释放在理想位置,故即使病灶较小时,通过调整后仍能使定位达到较高的准确性;②定位准确性可能与多种其他因素相关,比如病灶位置、患者乳房腺体致密程度等,对于相关内容,我们正在进行进一步研究。

当然,和其他研究相同,我们的定位方法也存在着不足之处,其中方法 A 的不足主要体现在:① 0.4T 的低场强 MR 图像质量不佳^[15],部分病灶显示不清,导致 24 例(7.5%)未发现病灶,使得手术取消;②由于研究期间我院缺少磁兼容的 hookwire 定位钩针,在最后释放定位钩针后,无法通过扫描图像来确定最终钩针与病灶的位置关系,仅凭借评估穿刺鞘与病灶位置关系可能会存在误差。方法 B 的不足主要在于乳房未使用固定夹板固定,需克服乳房摆动带来的干扰,对手术者的操作要求较高;另外方法 B 的患者数目前较少,还在继续收集中。此外,在本研究进行过程中,我们发现病灶定位准确性可能与多种因素相关,如病灶位置、患者乳房腺体致密程度,我们也正在进行对于相关内容的研究。

EMT-100 辅助下 0.4T 全开放式引导与 1.5T MR 引导两种乳腺病灶徒手穿刺定位方法均操作简便、定位准确性高,前者手术中选取仰卧位舒适度较好,而后者的耗时更短、图像更清晰,两种定位方法都能应用于靠近胸壁、腋窝区域及乳晕区域的病灶,对外科手术具有重要的指导价值和临床意义。

[参考文献]

- [1] Iaconi C, Galman L, Zheng J, et al. Multicentric cancer detected at breast MR imaging and not at mammography: important or not? [J]. Radiology, 2016, 279: 378-384.
- [2] Woitek R, Spick C, Scherthaner M, et al. A simple classification system(the Tree flowchart) for breast MRI can reduce the number of unnecessary biopsies in MRI-only lesions[J]. Eur Radiol, 2017, 27: 3799-3809.
- [3] 成芳, 所世腾, 康记文, 等. MR 扩散峰度成像在浸润性乳腺癌分级及与预后因素的相关性应用研究[J]. 核磁共振成像, 2017, 8: 164-169.
- [4] 华小兰, 华佳, 所世腾, 等. 乳腺黏液瘤的 MRI 诊断[J]. 核磁共振成像, 2017, 8: 182-188.
- [5] Raikhlin A, Curpen B, Warner E, et al. Breast MRI as an adjunct to mammography for breast cancer screening in high-risk patients: retrospective review[J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, 204: 889-897.
- [6] Huzarski T, Gorecka-Szyld B, Huzarska J, et al. Screening with magnetic resonance imaging, mammography and ultrasound in women at average and intermediate risk of breast cancer [J]. Hered Cancer Clin Pract, 2017, 15: 4.
- [7] Saslow D, Boetes C, Burke W, et al. American Cancer Society guidelines for breast screening with MRI as an adjunct to mammography[J]. CA Cancer J Clin, 2007, 57: 75-89.
- [8] Li X, Arlinghaus LR, Ayers GD, et al. DCE-MRI analysis methods for predicting the response of breast cancer to neoadjuvant chemotherapy: pilot study findings[J]. Magn Reson Med, 2014, 71: 1592-1602.
- [9] Marinovich ML, Macaskill P, Irwig L, et al. Agreement between MRI and pathologic breast tumor size after neoadjuvant chemotherapy, and comparison with alternative tests: individual patient data meta-analysis[J]. BMC cancer, 2015, 15: 662.
- [10] Wang HY, Zhao YN, Wu JZ, et al. MRI-guided wire localization open biopsy is safe and effective for suspicious cancer on breast MRI[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2015, 16: 1715-1718.
- [11] Mastanduno MA, Xu J, El-Ghoussein F, et al. MR-guided near-infrared spectral tomography increases diagnostic performance of breast MRI[J]. Clin Cancer Res, 2015, 21: 3906-3912.
- [12] Imschweiler T, Haueisen H, Kampmann G, et al. MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy: comparison with stereotactically guided and ultrasound-guided techniques[J]. Eur Radiol, 2014, 24: 128-135.
- [13] Choi HY, Kim SM, Jang M, et al. MRI-guided intervention for breast lesions using the freehand technique in a 3.0-T closed-bore MRI scanner: feasibility and initial results[J]. Korean J Radiol, 2013, 14: 171-178.
- [14] Kinner S, Herbrink M, Maderwald S, et al. Preoperative MR-guided wire localization for suspicious breast lesions: comparison of manual and automated software calculated targeting[J]. Eur J Radiol, 2014, 83: e80-e83.
- [15] van den Bosch MA, Daniel BL, Pal S, et al. MRI-guided needle localization of suspicious breast lesions: results of a freehand technique[J]. Eur Radiol, 2006, 16: 1811-1817.
- [16] Krug KB, Ulhaas A, Hellmich M, et al. Impact of clinical and lesion characteristics on the results of MR-guided wire localizations of the breast using an open 1.0-T MRI system[J]. Invest Radiol, 2013, 48: 445-451.
- [17] 黄蔚, 吴志远, 陈克敏, 等. 多平面重建技术在 CT 引导肺磨玻璃结节带钩钢丝术前定位中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2016, 25: 863-867.
- [18] Lourenco AP, Khalil H, Sanford M, et al. High-risk lesions at MRI-guided breast biopsy: frequency and rate of underestimation [J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 203: 682-686.
- [19] Spick C, Pinker-Domenig K, Rudas M, et al. MRI-only lesions: application of diffusion-weighted imaging obviates unnecessary MR-guided breast biopsies[J]. Eur Radiol, 2014, 24: 1204-1210.
- [20] Johnson KS, Baker JA, Lee SS, et al. Cancellation of MRI guided breast biopsies for suspicious breast lesions identified at 3.0 T MRI: reasons, rates, and outcomes[J]. Acad Radiol, 2013, 20: 569-575.
- [21] Sreenivas M, Gaur V. MRI guided breast biopsy: initial experience of service expansion in West Midlands [J]. Breast Cancer Res, 2015, 17(Suppl 1): 12.
- [22] Pallone MJ, Poplack SP, Avutu HB, et al. Supine breast MRI and 3D optical scanning: a novel approach to improve tumor localization for breast conserving surgery [J]. Ann Surg Oncol, 2014, 21: 2203-2208.
- [23] 邢宁, 张爱莲, 王建东, 等. MRI 引导下乳腺病灶真空辅助穿刺活检技术的应用[J]. 中国介入影像与治疗学, 2014, 11: 136-140.

(收稿日期:2017-06-18)

(本文编辑:俞瑞纲)