

# การตรวจวินิจฉัยเต้านม ด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า: การใช้งานทางคลินิกในปัจจุบัน และทิศทางในอนาคต (current clinical applications and future direction of breast magnetic resonance imaging)

สมชนินท์ พิพัฒน์ผจง

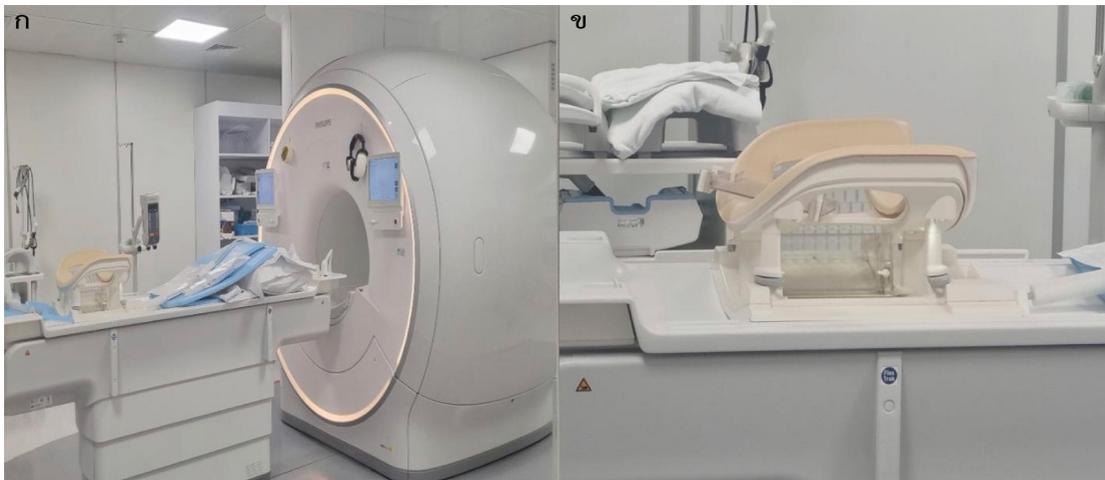
## บทนำ

ปัจจุบันมะเร็งเต้านมยังคงเป็นมะเร็งในผู้หญิงที่พบมากเป็นอันดับหนึ่งทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก รวมถึงมีอัตราการเสียชีวิตเป็นอันดับสองรองจากมะเร็งปอด โดยอัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเต้านมลดต่ำลงมากกว่าร้อยละ 40 เนื่องจากการตรวจคัดกรองวินิจฉัยโรคที่แม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น รวมถึงการพัฒนาของเทคโนโลยีในด้านการรักษาที่ทันสมัยและมีการรักษาแบบมุ่งเป้า (targeted therapy) มากขึ้น<sup>(1)</sup>

สำหรับการตรวจทางรังสีวินิจฉัยเต้านมในปัจจุบันประกอบด้วยแมมโมแกรม อัลตราซาวด์ และการตรวจด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แม้ว่าการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์จะเป็นการตรวจวินิจฉัยหลัก แต่ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้มีบทบาทและข้อบ่งชี้ในการใช้ทางคลินิกมากขึ้นเนื่องจากการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความไวในการตรวจพบมะเร็งเต้านมมากที่สุดเมื่อเทียบกับการตรวจชนิดอื่น<sup>(2)</sup> แต่อย่างไรก็ตามการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ายังคงมีข้อจำกัดในการตรวจบางประการ

## การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การศึกษาเกี่ยวกับการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศเยอรมันโดยใช้อุปกรณ์ body coil ในการตรวจ<sup>(3, 4)</sup> หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาการตรวจเพื่อให้จำเพาะเจาะจงกับการตรวจวินิจฉัยเต้านมมากขึ้นโดยใช้อุปกรณ์ dedicated breast coil (รูปที่ 1) ผู้ป่วยจะต้องอยู่ในท่านอนคว่ำในขณะที่ตรวจโดยให้เต้านมอยู่ในบริเวณช่องของ dedicated breast coil ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อให้เนื้อเต้านมสามารถแผ่กระจายได้ดีช่วยให้เห็นความผิดปกติได้ชัดเจนมากขึ้นและลดการรบกวนความคมชัดของภาพจากการเคลื่อนไหวโดยการหายใจ (respiratory motion artifact)<sup>(5)</sup>



**รูปที่ 1.** ก. เป็นภาพเครื่องตรวจด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging, MRI) ข. เป็นภาพแสดงอุปกรณ์ dedicated breast coil ที่มีลักษณะเป็นช่องสองช่องเพื่อให้เต้านมสองข้างเข้าไปอยู่ด้านในเวลาที่ผู้ป่วยนอนคว่ำขณะตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (ภาพถ่ายโดย อ.พญ.สมชนินท์ พิพัฒน์ผจง)

เครื่องตรวจด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic resonance imaging-MRI) ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยเต้านมควรมีความเข้มสนามแม่เหล็ก (field strength) อย่างน้อย 1.5 เทสลา (tesla) เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีเพียงพอ<sup>(6)</sup>

ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นการตรวจแบบที่ใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการแปลผล (multiparametric protocol and assessment) เพื่อให้การแปลผลมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ประกอบด้วยภาพ T1-weighted ภาพ T2-weighted การประเมินเชิงปริมาณของการแพร่ซึมของสารทึบรังสี (quantitative assessment of contrast material enhancement) ภาพ diffusion-weighted (DWI sequences) และภาพ spectroscopy (spectroscopic imaging) ทำให้เทคนิคการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการตรวจแบบ functional technique<sup>(7)</sup>

## การใช้งานทางคลินิกในปัจจุบันของการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (current clinical applications of breast MRI)

### 1. การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม

ปัจจุบัน american college of radiology (ACR) ได้แนะนำให้ผู้หญิงทุกคนควรจะได้รับ การประเมินความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งเต้านมที่อายุ 30 ปี<sup>(6)</sup> เพื่อที่จะประเมินระดับความเสี่ยงและได้รับ คำแนะนำเกี่ยวกับโอกาสการเป็นมะเร็งเต้านมรวมถึงรูปแบบของการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมที่ควรได้รับ ในปัจจุบันมีรูปแบบการประเมินความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งเต้านมอยู่หลายรูปแบบ<sup>(9)</sup> สำหรับรูปแบบที่ประเมิน ได้ครอบคลุมมากที่สุดในปัจจุบัน คือ Tyrer-Cuzick model<sup>(7)</sup> และในอนาคตมีการคิดค้นวิธีใหม่โดยมี การนำ deep-learning-based system มาใช้ซึ่งยังอยู่ในระหว่างการศึกษา<sup>(10)</sup> แต่อย่างไรก็ตามความหนา แน่นของเนื้อเต้านม (breast density) ยังไม่ได้นำมาเป็นปัจจัยในการประเมินในรูปแบบการประเมิน ความเสี่ยงที่มีอยู่ในปัจจุบัน<sup>(8)</sup>

#### 1.1 การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมในกลุ่มผู้หญิงที่มีความเสี่ยงสูง (high-risk women) (ตารางที่ 1<sup>(7)</sup>)

The american cancer society and the american college of radiology ได้แบ่งกลุ่ม ผู้หญิงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมสูงกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 (lifetime risk of breast cancer  $\geq$  ร้อยละ 20) เป็นผู้หญิงที่มีความเสี่ยงสูงและแนะนำให้มีการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็ก ไฟฟ้าร่วมกับการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยแมมโมแกรมทุกปี<sup>(7, 8, 11)</sup> ผู้หญิงที่มีความเสี่ยงสูงประกอบด้วย ผู้หญิงที่มีการกลายพันธุ์ของยีนบางชนิดที่ทำให้มีโอกาสในการเป็นมะเร็งเต้านมสูงกว่าคนทั่วไป (genetic predisposition to breast cancer) ตัวอย่างเช่น ยีน *BRCA1*, *BRCA2*, *PALPB2*, *TP53*, *PTEN*, *CHECK2*, *CDH1*, *ATM* และ *STK11* ซึ่งอาจตรวจพบจากการตรวจยีนหรือเป็นญาติสายตรงกับผู้ที่ได้รับการ ตรวจพบการกลายพันธุ์ของยีนดังกล่าว โดยการกลายพันธุ์ของยีนที่มีการกล่าวถึงมากที่สุด คือ *BRCA1* และ *BRCA2* ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมในผู้หญิงที่มีการกลายพันธุ์ของยีน *BRCA1* และ *BRCA2* สูงประมาณร้อยละ 50-85 และร้อยละ 45 ตามลำดับ<sup>(8, 12)</sup> จึงแนะนำให้มีการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม ด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในผู้หญิงที่มีการกลายพันธุ์ของยีน *BRCA* ตั้งแต่อายุ 25 ปี และเริ่มตรวจคัดกรอง มะเร็งเต้านมด้วยแมมโมแกรมควบคู่กับการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่อายุ 30 ปีเป็นต้นไป<sup>(8)</sup> แต่อย่างไรก็ตามบางการศึกษาพบว่า การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วย แมมโมแกรมในผู้หญิงอายุต่ำกว่า 40 ปีที่มีการกลายพันธุ์ของยีน *BRCA1* อาจให้ประโยชน์เพิ่มเติม เพียงเล็กน้อยจากการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจึงควรพิจารณา เปรียบเทียบความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับประโยชน์ที่จะได้รับ เนื่องจากผู้หญิงที่มีการกลายพันธุ์ของยีน *BRCA1* จะมีความไวต่อผลกระทบจากปริมาณรังสีที่มากกว่าผู้หญิงทั่วไป<sup>(13-15)</sup>

ผู้หญิงที่ได้รับการฉายรังสีรักษาบริเวณหน้าอกหรือการฉายรังสีรักษาแบบ mantle ก่อนอายุ 30 ปี โดยส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยโรคมะเร็งต่อมน้ำเหลือง (Hodgkin lymphoma) แนะนำให้เริ่มตรวจคัดกรองมะเร็ง เต้านมหลังจากการฉายรังสีรักษาครบเป็นเวลา 8 ปีแต่จะต้องไม่ต่ำกว่าอายุ 25 ปี จากการศึกษาพบว่าการ

ตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยแมมโมแกรมเพิ่มความไวในการตรวจคัดกรองจากร้อยละ 94 เป็นร้อยละ 100 และเพิ่มอัตราการตรวจพบมะเร็งเต้านม (cancer detection rate) ได้ถึงร้อยละ 4.1 ในผู้ป่วยกลุ่มนี้<sup>(16, 17)</sup>

1.2 การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมในกลุ่มผู้หญิงที่มีความเสี่ยงปานกลาง (intermediate-risk women)

The american cancer society and the american college of radiology ได้แบ่งกลุ่มผู้หญิงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมระหว่างร้อยละ 15-20 (lifetime risk of breast cancer ร้อยละ 15-20) เป็นผู้หญิงที่มีความเสี่ยงปานกลาง ในกลุ่มนี้อาจจะประกอบด้วย

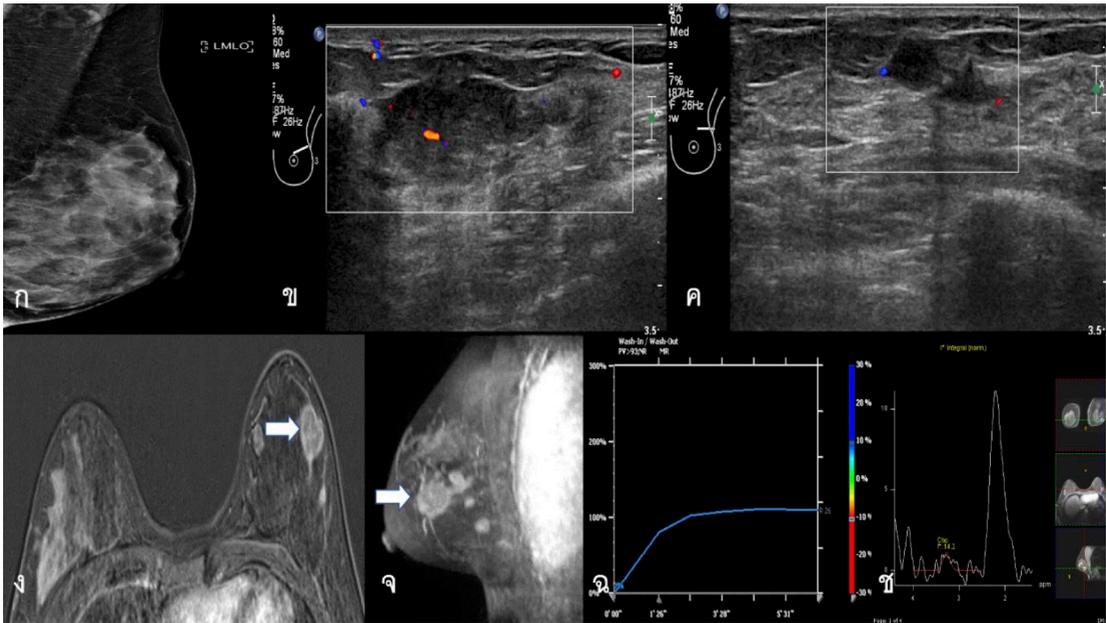
ผู้ที่มีประวัติการเป็นมะเร็งเต้านมมาก่อน (personal history of breast cancer) โดยพบว่าผู้หญิงกลุ่มนี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมสูงกว่าผู้หญิงที่มีประวัติคนในครอบครัวเป็นมะเร็งเต้านมที่ไม่ได้มีการตรวจพบการกลายพันธุ์ของยีน<sup>(8)</sup> จากการศึกษาพบว่า การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความไวในการตรวจพบมะเร็งเต้านมที่มากกว่า การตรวจด้วยแมมโมแกรมและมีอัตราการตรวจพบมะเร็งเต้านมที่สูง (high cancer detection rate) ในผู้หญิงกลุ่มนี้<sup>(18)</sup> จึงแนะนำให้มีการตรวจติดตามด้วยการตรวจคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในผู้หญิงที่ได้รับการวินิจฉัยมะเร็งเต้านมก่อนอายุ 50 ปี<sup>(7, 8)</sup>

ผู้หญิงที่มีความหนาแน่นของเนื้อเยื่อเต้านมสูง (heterogeneously or extremely dense breasts, ACR category A or B) ผู้หญิงในกลุ่มนี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมมากกว่าผู้หญิงทั่วไปประมาณ 4.6 เท่า<sup>(19)</sup>

ผู้หญิงที่มีประวัติการตรวจชิ้นเนื้อที่เต้านมพบรอยโรคที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดมะเร็งเต้านม (high-risk lesions) เช่น atypical ductal hyperplasia, atypical lobular hyperplasia และ lobular carcinoma in situ (LCIS)

1.3 การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมในกลุ่มผู้หญิงที่มีความเสี่ยงทั่วไป (average-risk women)

แม้ว่าจะมีการศึกษาพบว่า การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในกลุ่มผู้หญิงที่มีความเสี่ยงทั่วไปที่ผลการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ไม่พบความผิดปกติ สามารถตรวจพบมะเร็งเต้านมเพิ่มเติมได้ถึง 22.6 จาก 1,000 การตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม<sup>(20)</sup> แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานอ้างอิงเพียงพอที่จะสนับสนุนการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มเติมในผู้หญิงที่มีความเสี่ยงทั่วไป<sup>(21)</sup>



**รูปที่ 2.** ผู้ป่วยหญิงอายุ 27 ปี มาด้วยคลำได้ก้อนที่เต้านมข้างซ้าย ก. เป็นภาพแมมโมแกรมในท่า MLO ไม่พบความผิดปกติชัดเจน ข. และ ค. เป็นภาพอัลตราซาวด์แสดง two irregular indistinct hypoechoic masses at left upper outer quadrant with internal vascularity ง. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI และ จ. เป็นภาพ MIP แสดงให้เห็น a few irregular rim enhancing masses involving outer part of the left breast จากภาพ MRI จะเห็นว่ารอยโรคทั้งหมดรวมกันมีขนาดใหญ่กว่า การประเมินจากอัลตราซาวด์ค่อนข้างมาก และสงสัยว่าน่าจะมี multicentric cancer ฉ. เป็นภาพแสดง type II kinetic curve enhancement ของ index mass และ ช. เป็นภาพ MR spectroscopy แสดงถึงความผิดปกติด้วย high choline peak ในผู้ป่วยรายนี้ได้รับการวินิจฉัยเป็น invasive ductal carcinoma grade 3 with multicentric lesion เนื่องจากผู้ป่วยอายุน้อยได้รับการตรวจทางพันธุกรรมเพิ่มเติมพบ TP53 gene mutation

## 2. การประเมินระยะและขอบเขตของโรคมะเร็งเต้านม (staging in women with known breast cancer and evaluation of extent of disease)

จากการศึกษาพบว่า การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถตรวจพบ มะเร็งเต้านมเพิ่มเติมจากการตรวจด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ได้ถึงร้อยละ 33 ในผู้ป่วยใหม่ที่ได้รับการวินิจฉัยมะเร็งเต้านม<sup>(22, 23)</sup> นอกจากนี้การศึกษาส่วนใหญ่พบว่า การวัดขนาดของมะเร็งเต้านม จากการตรวจด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความแม่นยำมากกว่าการตรวจด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์<sup>(24)</sup> แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำอาจลดลงในกรณีที่รอยโรคเป็นลักษณะ non-mass enhancement (NME) และ low-grade ductal carcinoma in situ ซึ่งอาจจะเห็นได้ชัดกว่าจากแมมโมแกรมในรูปแบบของหินปูน<sup>(25-26)</sup>

สำหรับการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัด มักจะตรวจพบรอยโรคเพิ่มเติมจากการตรวจด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ได้ จากการศึกษาพบว่าสองในสามของรอยโรคที่พบเพิ่มเติมเป็นมะเร็งและประมาณร้อยละ 20 ของผู้ป่วยที่พบรอยโรคเพิ่มเติมส่งผลต่อการรักษา ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการตรวจชิ้นเนื้อเพิ่มเติมหากรอยโรคนั้นมีผลต่อการวางแผนในการผ่าตัด<sup>(27)</sup> นอกจากนี้ การตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้พบมะเร็งเต้านมที่หลบซ่อนอีกข้าง (occult contralateral disease) ได้ร้อยละ 5.5-9.3 ของผู้หญิงที่ได้รับการวินิจฉัยมะเร็งเต้านม<sup>(27, 28)</sup>

การตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการตรวจที่มีความแม่นยำสูงในการประเมินการลุกลามของมะเร็งไปยังกล้ามเนื้อ pectoralis, กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ intercostal รวมถึงยังช่วยประเมินระยะห่างของมะเร็งเต้านมจากหัวนมได้แม่นยำทำให้เป็นประโยชน์ต่อการเลือกวิธีการผ่าตัดแบบสงวนหัวนมได้หากมะเร็งเต้านมห่างจากหัวนมมากกว่า 1 ซม.<sup>(29, 30)</sup>

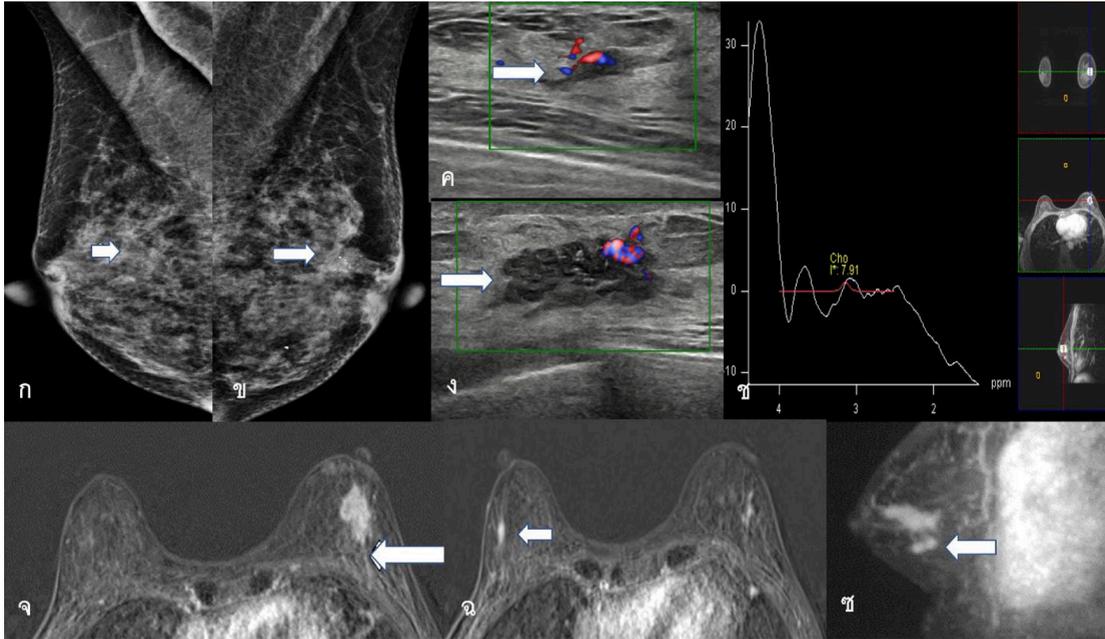
ถึงแม้ว่าปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลชัดเจนว่าการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัดทำให้ผลลัพธ์จากการผ่าตัดหรืออัตราการรอดชีวิตดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมีบางการศึกษาพบว่า การตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัด ทำให้เพิ่มอัตราการผ่าตัดแบบ mastectomy มากขึ้น<sup>(31)</sup> แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสาเหตุส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการตัดชิ้นเนื้อโดยใช้การตรวจคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้านำทางอาจยังทำได้ไม่มากนัก<sup>(7)</sup> จึงทำให้ไม่มีการยืนยันว่ารอยโรคที่พบเพิ่มเติมนั้นเป็นมะเร็งหรือไม่ นอกจากนี้บางการศึกษาพบว่า การตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัดช่วยลดอัตราการผ่าตัดซ้ำ (re excision rate) จากร้อยละ 15 เป็นร้อยละ 5<sup>(32)</sup> โดยเฉพาะในกลุ่มมะเร็งแบบ lobular (lobular cancer) มีหลักฐานรองรับชัดเจนว่าการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัดช่วยลดอัตราการผ่าตัดซ้ำโดยไม่เพิ่มอัตราการผ่าตัดแบบ mastectomy<sup>(33)</sup>

ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัด ในผู้ป่วยที่มีเนื้อเต้านมหนาแน่น ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งชนิด lobular (invasive lobular carcinoma) หรือผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่อายุน้อยกว่า 50 ปี<sup>(34)</sup>

**ตารางที่ 1.** ตารางแสดงคำแนะนำจากองค์กรหรือหน่วยงานต่าง ๆ ในการเลือกผู้ป่วยที่ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการผ่าตัด<sup>(7)</sup>

ACR: American college of radiology, DCIS: ductal carcinoma in situ, EUSOBI: European society of breast imaging, EUSOMA: European society of breast cancer specialists, NCCN: national comprehensive cancer network

องค์กรหรือหน่วยงาน	แนะนำให้ตรวจในกลุ่มผู้ป่วยดังต่อไปนี้
EUSOBI (2008)	ผู้ป่วยที่มีเนื้อเต้านมหนาแน่น ผู้ป่วยมะเร็งชนิด lobular ตรวจดูเต้านมอีกข้างในผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งเต้านม
EUSOMA (2010)	ผู้ป่วยมะเร็งชนิด lobular ผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมสูง ผู้ป่วยอายุน้อยกว่า 60 ปีที่ขนาดของมะเร็งในภาพแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ต่างกันมากกว่า 1 ซม. ผู้ป่วยที่สามารถรักษาได้ด้วยวิธี partial breast radiation
ACR practice guideline (2018)	ไม่ได้ระบุกลุ่มผู้ป่วยชัดเจน แต่กล่าวว่าการตรวจวินิจฉัยด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีประโยชน์ในการประเมินขอบเขตของตัวโรคและช่วยในการประเมินความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อหรือ fascia ที่อยู่ใกล้เคียงรวมถึงประเมินเต้านมอีกข้างด้วย (screening of the contralateral breast)
NCCN breast cancer guideline (2018)	ไม่ได้ระบุกลุ่มผู้ป่วยชัดเจน
Dutch breast cancer guideline (2018)	ผู้ป่วยที่มีขนาดของมะเร็งแตกต่างกันทั้งจากการตรวจร่างกาย แมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ ผู้ป่วยมะเร็งชนิด lobular ที่ต้องการผ่าตัดแบบสงวนเต้านม high-grade DCIS ที่มีขอบเขตไม่ชัดเจนและ DCIS with microinvasion



รูปที่ 3. ผู้ป่วยหญิงอายุ 53 ปี มาด้วยคลำได้ก้อนที่เต้านมข้างซ้าย ก. และ ข. เป็นภาพแมมโมแกรมในท่า MLO ของเต้านมข้างขวาและข้างซ้ายแสดงให้เห็น a small irregular indistinct isodense mass at mid part of the right breast and an irregular indistinct hyperdense mass contained pleomorphic microcalcifications at central part of the left breast ค. และ ง. เป็นภาพอัลตราซาวด์ แสดงลักษณะของ irregular indistinct hypoechoic masses with internal vascularity at right 9 o'clock and left 12 o'clock ฉ. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI แสดง irregular indistinct heterogeneous enhancing mass with linear enhancement strand to underneath pectoralis muscle (ลูกศร) ช. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI แสดงให้เห็น linear enhancement at right 9 o'clock (ลูกศร) ซ. เป็นภาพ MR spectroscopy แสดงให้เห็นว่ามี high choline peak ของตัวก้อน ซ. เป็นภาพ sagittal MIP แสดงให้เห็น multifocal lesion (ลูกศร) ที่บริเวณเต้านมข้างซ้ายในผู้ป่วยรายนี้ผลการตรวจชิ้นเนื้อที่เต้านมข้างซ้ายเป็น invasive lobular carcinoma และ เต้านมข้างขวาเป็น ductal carcinoma in situ แสดงให้เห็นประโยชน์ของ MRI breast ในการประเมินขอบเขตของโรค multifocal and multicentric lesions และ contralateral breast cancer

### 3. การประเมินการตอบสนองต่อการรักษามะเร็งเต้านมด้วยการรักษาก่อนผ่าตัด (evaluation of women treated with neoadjuvant therapy)

ปัจจุบันการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัดมีการใช้แพร่หลายมากขึ้นในกลุ่มผู้ป่วยมะเร็งเต้านมระยะแรกเริ่มชนิด triple-negative และ human epidermal growth factor 2-overexpression รวมถึงกลุ่มผู้ป่วย locally advanced and inflammatory breast cancer โดยพบว่าการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัดทำให้เกิด pathologic complete response (pCR) ได้มากในกลุ่มผู้ป่วยที่มี human

epidermal growth factor receptor 2 (HER2)-enriched cancer, triple-negative cancer และ luminal-B cancer

แม้ว่าอัตราการรอดชีวิตโดยรวมและการลุกลามของโรคระหว่างการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัด (neoadjuvant chemotherapy) กับหลังการผ่าตัด (adjuvant chemotherapy) ไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ<sup>(35)</sup> แต่อย่างไรก็ตามผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัดมีโอกาสที่จะได้รับการผ่าตัดแบบสงวนเต้านมได้มากขึ้นและอาจจะสามารถหลีกเลี่ยงการทำ axillary lymph node dissection ได้ ดังนั้นการประเมินการตอบสนองต่อการรักษาเพื่อการวางแผนในการรักษาอย่างแม่นยำจึงมีความสำคัญ<sup>(36)</sup>

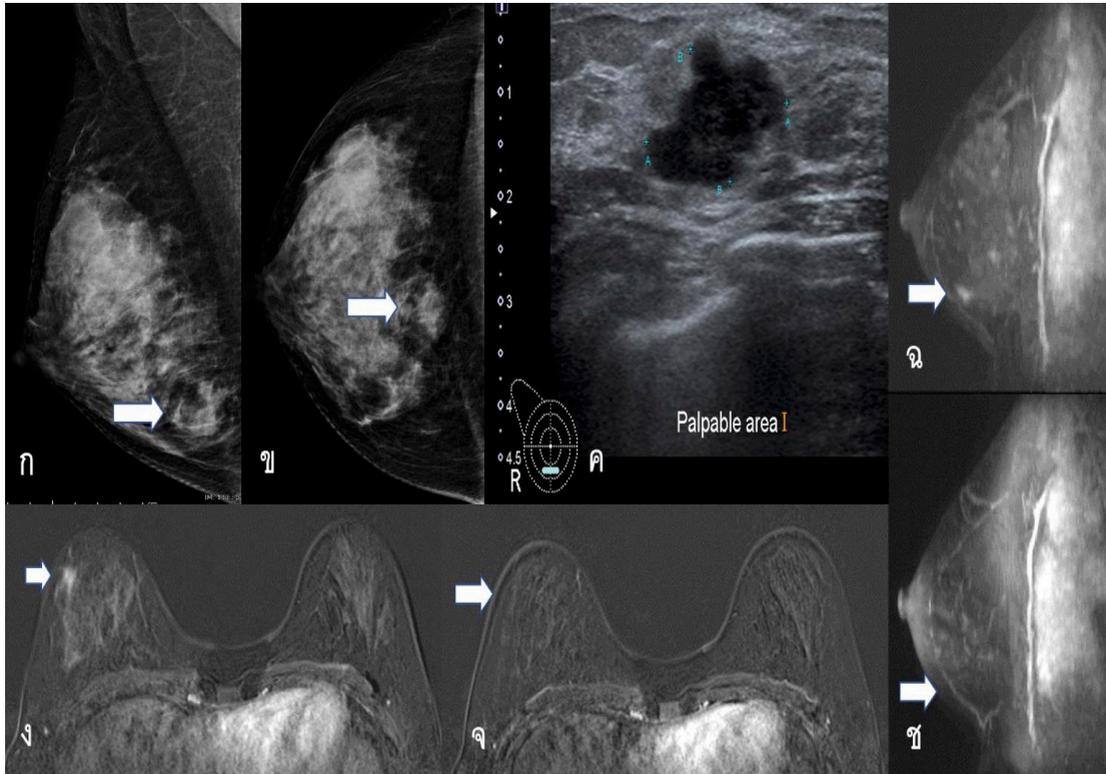
การตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการตรวจเพื่อประเมินการตอบสนองได้แม่นยำที่สุดเนื่องจากการตรวจชนิดอื่นอาจจะแยกพังผืดที่เกิดหลังการรักษา การเปลี่ยนแปลงหลังการเจาะชิ้นเนื้อจากมะเร็งที่เหลืออยู่ได้ยาก<sup>(37, 38)</sup> อย่างไรก็ตามความสามารถในการประเมินการตอบสนองต่อการรักษาด้วยการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของมะเร็ง (tumor subtype) โดยพบว่าผลการตรวจจะมีความแม่นยำมากกว่าในมะเร็งชนิด triple-negative และ HER-2 positive และมีความแม่นยำน้อยลงในมะเร็งชนิด Luminal<sup>(39)</sup> รวมถึงชนิดของยาที่ใช้รักษา โดยพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยา antiandrogenic และยาเคมีบำบัด Taxane มีโอกาสที่จะพบการประเมินมะเร็งที่เหลือน้อยกว่าความเป็นจริงได้มากกว่ายาชนิดอื่น<sup>(40, 41)</sup> และช่วงเวลาในการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

ในการประเมินการตอบสนองต่อการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัดด้วยการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้านั้นควรที่จะมีการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนเริ่มการรักษาเพื่อช่วยให้การประเมินการตอบสนองต่อการรักษาทำได้ง่ายและแม่นยำมากขึ้น<sup>(31)</sup>

การประเมินการตอบสนองต่อการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัดนั้นจะมีการประเมินทั้งการเปลี่ยนแปลงของขนาดของก้อนมะเร็งด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางที่มากที่สุด (maximum diameter), ปริมาตรของก้อนมะเร็ง (tumor volume), การประเมิน kinetic enhancement และการประเมินด้วยเทคนิค functional รวมถึง diffusion-weighted imaging (DWI) โดยพบว่า การประเมินด้วยปริมาตรของก้อนมะเร็งมีความแม่นยำมากกว่าการประเมินด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางที่มากที่สุด<sup>(42)</sup> และการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรของก้อนมะเร็งมีความสัมพันธ์กับอัตราชีพรอดอย่างปราศจากโรค (recurrence-free survival) มากกว่าปัจจัยอื่น ๆ รวมถึงยังเป็นปัจจัยที่ใช้ในการทำนายการเกิด pathologic complete response (pCR) หลังการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดรอบแรกได้เป็นอย่างดี<sup>(43)</sup> นอกจากนี้ปัจจัยอื่น ๆ ที่ช่วยบ่งบอกถึงการตอบสนองต่อการรักษาและการทำนายการเกิด pCR ได้เช่นกัน คือ การลดลงของ early enhancement ของก้อนมะเร็งและการที่มีก้อนมะเร็งมีค่า apparent diffusion coefficient (ADC) เพิ่มมากขึ้น<sup>(43-45)</sup>

บางครั้งการประเมินมะเร็งที่เหลือนั้นอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าความเป็นจริงได้โดยพบว่าการประเมินพังผืดหรือการเปลี่ยนแปลงหลังการรักษา (fibrosis/post treatment change), necrotic tumor หรือ residual benign mass ร่วมด้วยอาจทำให้การประเมินมะเร็งที่เหลือนั้นมากกว่าความเป็นจริง ในทางตรงกัน

ข้ามมะเร็งที่มีลักษณะไม่ได้เป็นก้อนชัดเจน (nonmass morphology), มะเร็งที่มีการตอบสนองแบบ nonconcentric shrinkage และผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยา antiandrogenic มักจะพบมีการประเมินมะเร็งที่เหลือน้อยกว่าความเป็นจริง<sup>(42)</sup>

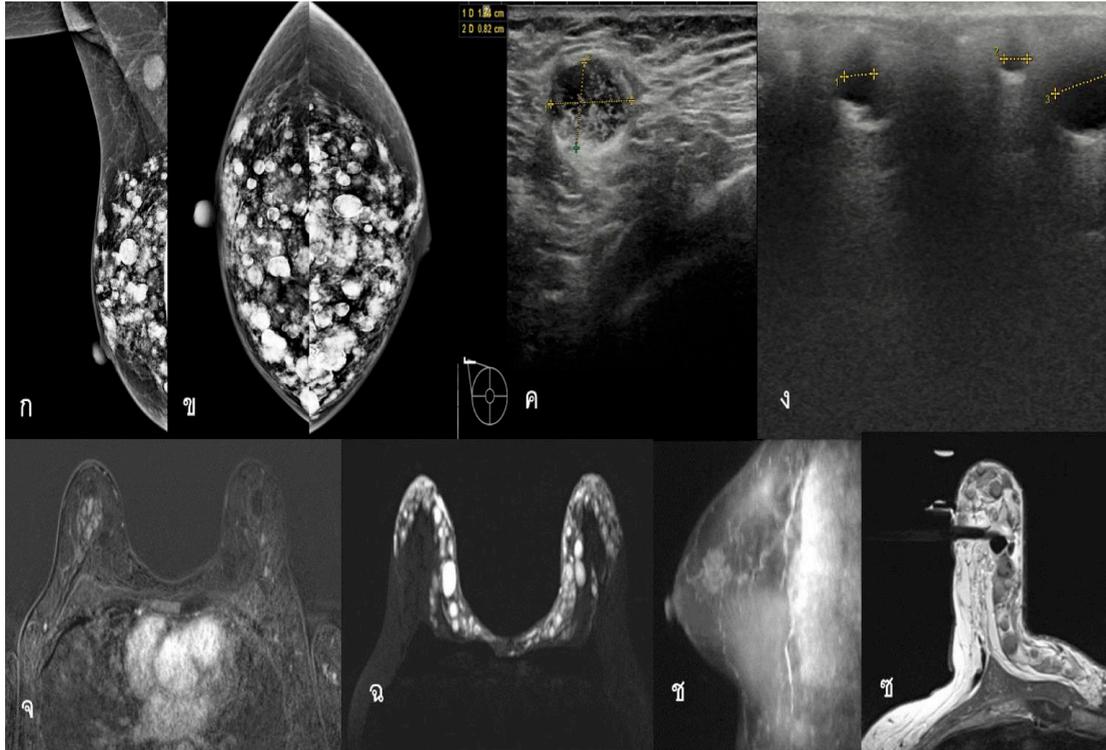


รูปที่ 4. ผู้หญิงอายุ 34 ปี มาด้วยคลำได้ก้อนที่เต้านมข้างขวา ก. และ ข. เป็นภาพแมมโมแกรมในท่า MLO และ CC แสดงลักษณะของ irregular shaped indistinct isodense mass at right lower mid part (ลูกศร) ค. เป็นภาพอัลตราซาวด์แสดง irregular shaped indistinct hypoechoic mass at right lower mid part ตรงกับตำแหน่งที่พบในแมมโมแกรม จากนั้นมีการเจาะตรวจชิ้นเนื้อทางพยาธิวิทยาพบว่าเป็น invasive ductal carcinoma ผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยยาเคมีบำบัดก่อนการผ่าตัด ง. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI และ ฉ. เป็นภาพ MIP หลังจากได้ยาเคมีบำบัด AC 4 cycles พบว่าก้อนมีขนาดเล็กลง (ลูกศร) จ. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI และ ช. เป็นภาพ MIP หลังจากได้ยา Docetaxel ต่ออีก 3 cycles ไม่พบ abnormal enhancement แสดงให้เห็นว่ามี radiologic complete response ผลทางพยาธิวิทยาพบ fibrotic scar และไม่พบ residual invasive carcinoma consistent with pathologic complete response แสดงถึงการพยากรณ์โรคที่ดีในการรักษา

#### 4. ใช้ในการค้นหามะเร็งที่มีการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นๆหรือต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้และสงสัยว่ามาจากมะเร็งเต้านม (occult breast cancer or carcinoma of unknown primary origin)

ในกรณีของผู้ป่วยที่ตรวจพบการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่น ๆ หรือต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้และสงสัยว่ามาจากมะเร็งเต้านมนั้น การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีประโยชน์ในกรณีที่การตรวจร่างกาย การตรวจแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์เต้านมไม่พบมะเร็งเต้านม โดยพบว่าการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถตรวจพบมะเร็งเต้านมในผู้ป่วยเหล่านี้ได้มากถึงร้อยละ 60 ของผู้ป่วยทั้งหมด<sup>(46, 47)</sup>

การรักษาบริเวณเต้านมในผู้ป่วยกลุ่มนี้มีความสำคัญเพราะสามารถลดอัตราการกลับเป็นซ้ำบริเวณเต้านมและเพิ่มอัตราการรอดชีวิตได้<sup>(48)</sup> หากการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่พบมะเร็งในเต้านมที่ชัดเจนการรักษาด้วยการฉายรังสีบริเวณเต้านมข้างเดียวกับที่มีการแพร่กระจายของต่อมน้ำเหลืองนั้นปลอดภัยและได้ประสิทธิภาพในการรักษาเทียบเท่ากับการผ่าตัดเอาเต้านมออกทั้งหมด (mastectomy) ดังนั้นการตรวจวินิจฉัยมะเร็งเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจจะทำให้ไม่ต้องผ่าตัดเต้านมออกทั้งหมดโดยไม่จำเป็น<sup>(46, 47)</sup>



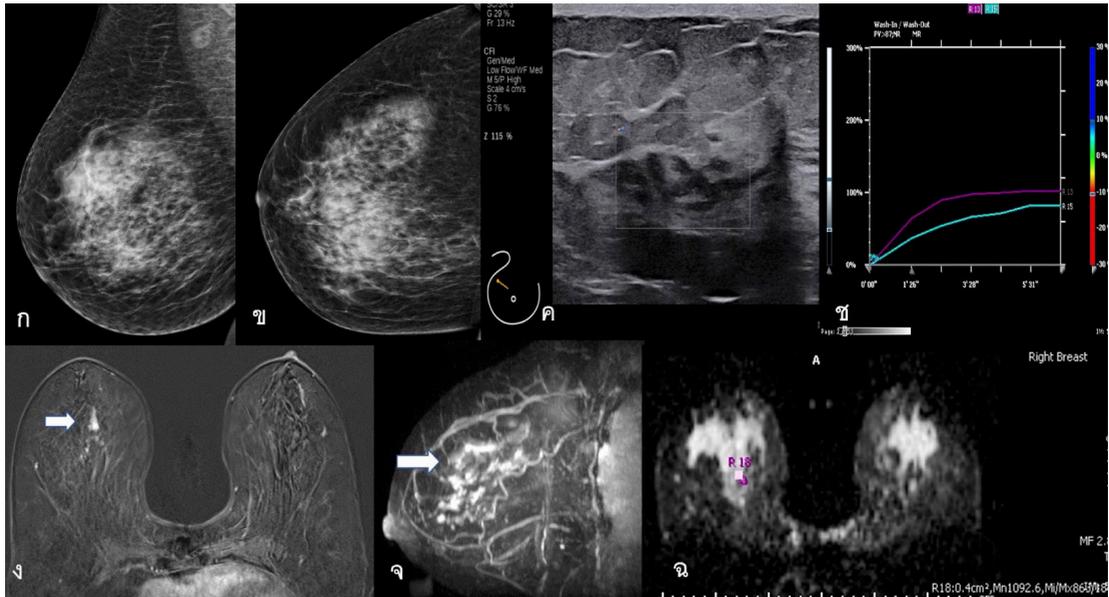
**รูปที่ 5.** ผู้ป่วยหญิงอายุ 46 ปี มีประวัติฉีดซิลิโคนเข้าเนื้อเต้านมเป็นเวลา 10 ปี มาตรวจด้วยคลำได้ก้อนที่รักแร้ขวาภาพ ก. เป็นภาพแมมโมแกรมท่า MLO แสดงลักษณะของต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ขวามีลักษณะกลมโต ข. เป็นภาพแมมโมแกรมท่า CC แสดงลักษณะของ multiple siliconomas in both breasts ค. เป็นภาพอัลตราซาวด์บริเวณรักแร้ข้างขวาแสดงลักษณะของ pathologic node ง. เป็นภาพอัลตราซาวด์แสดงลักษณะของ multiple siliconomas with snowstorm appearance ทำให้ไม่สามารถประเมินรอยโรคในเต้านมได้ชัดเจน หลังจากผู้ป่วยได้ตรวจทางพยาธิวิทยาของต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้ข้างขวาพบว่า เป็น metastatic adenocarcinoma favored breast in origin จึงต้องหา primary breast cancer โดยใช้ในการตรวจคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จ. และ ช. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI และภาพ MIP แสดงลักษณะของ focal area of heterogeneous non-mass enhancement อยู่ที่บริเวณ right upper mid part ฉ. เป็นภาพ silicone bright sequence แสดงให้เห็น multiple siliconomas บริเวณด้านหน้าของเต้านมทั้งสองข้าง และ ซ. เป็นภาพการตรวจชิ้นเนื้อบริเวณเต้านมข้างขวาโดยใช้ MRI guidance ผลพยาธิวิทยาพบว่า เป็น high grade ductal carcinoma in situ ผู้ป่วยจึงได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดเต้านมข้างขวาแบบ modified radical mastectomy

## 5. ใช้ในการแก้ปัญหาในการวินิจฉัยโรคเต้านมในบางกรณีที่การตรวจชนิดอื่นให้ข้อมูลได้ไม่เพียงพอ (diagnostic problem-solving breast MRI)

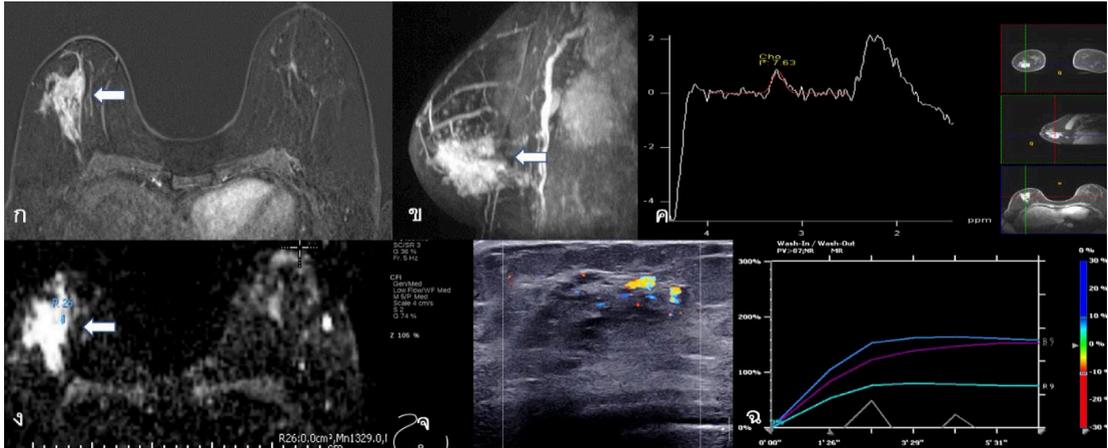
เนื่องจากการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าทำนายผลลบ (negative predictive value, NPV) ที่สูงมาก ทำให้มีการนำมาช่วยในการวินิจฉัยโรคเต้านมกรณีที่การตรวจด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ให้ข้อมูลได้ไม่เพียงพอ เช่น รอยโรคชนิด architectural distortion ที่ไม่ชัดเจน รอยโรคที่น่าสงสัยที่ตรวจพบในท่าเดียวของการตรวจแมมโมแกรมทั้งสองมิติและสามมิติ ผู้ป่วยที่มาด้วยอาการมีของเหลวผิดปกติออกจากหัวนม (pathologic nipple discharge) ที่การตรวจด้วยวิธีอื่นได้ผลไม่ชัดเจน สุดท้ายใช้ช่วยแยกการเปลี่ยนแปลงหลังการรักษากับการเกิดรอยโรคซ้ำเฉพาะที่ซึ่งแยกได้ยากด้วยวิธีการตรวจชนิดอื่น<sup>(34)</sup>

จากการศึกษาของ Bennani-Baiti และคณะ พบว่าความไวและการทำนายผลลบของการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในการประเมินรอยโรคที่ไม่มีหินปูนนั้นสูงถึงร้อยละ 99 และร้อยละ 100 ตามลำดับ<sup>(49)</sup> ในขณะที่ค่าการทำนายผลลบสำหรับรอยโรคที่เป็นหินปูนจากแมมโมแกรมนั้นไม่สูงเพียงพอที่จะแยกมะเร็งออกจากภาวะอื่นได้ โดยพบว่ากรณีที่ไม่มี enhancement บริเวณที่ตรวจพบหินปูนที่น่าสงสัยนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าทำนายลบเพียงร้อยละ 93<sup>(50)</sup> ดังนั้นในกรณีที่ตรวจพบหินปูนที่น่าสงสัยการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไม่สามารถแทนที่การตรวจชิ้นเนื้อได้

สำหรับการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในกรณีของผู้ป่วยที่มาด้วย pathologic nipple discharge นั้นมีความไวในการตรวจหาสาเหตุได้ถึงร้อยละ 92 เมื่อเทียบกับการตรวจด้วยการฉีดสารทึบรังสีในท่อน้ำนม (galactography) ซึ่งมีความไวในการตรวจหาสาเหตุเพียงร้อยละ 69 โดยการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในผู้ป่วยกลุ่มนี้มีความไวในการตรวจ (sensitivity) และความจำเพาะเจาะจงในการตรวจ (specificity) สูงถึงร้อยละ 97<sup>(51)</sup>



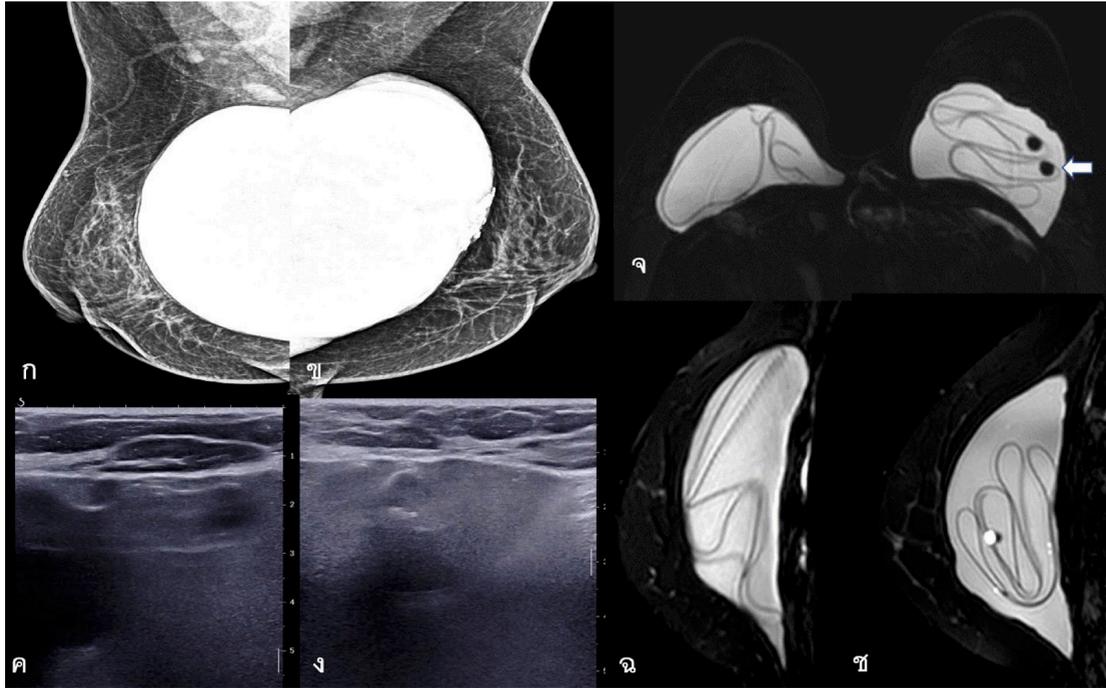
รูปที่ 6. ผู้ป่วยหญิงอายุ 62 ปี มาด้วยมีเลือดออกจากหัวนมข้างขวา ก. และ ข. เป็นภาพแมมโมแกรมในท่า MLO และ CC ตรวจไม่พบความผิดปกติชัดเจน ค. เป็นภาพอัลตราซาวด์บริเวณ right upper outer quadrant พบเป็น focal dilated duct without internal vascularity ง. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI แสดงให้เห็นลักษณะของ clumped non mass enhancement at right upper mid part (ลูกศร) จ. เป็นภาพ MIP แสดงให้เห็นลักษณะเป็น segmental clumped NME at right upper mid part (ลูกศร) ซึ่งจะเห็นว่าขนาดของรอยโรคมีขนาดใหญ่กว่าที่เห็นจากอัลตราซาวด์ค่อนข้างมาก ฉ. เป็นภาพแสดง apparent diffusion coefficient (ADC) พบว่ามี borderline restricted diffusion และ ช. เป็นภาพแสดงลักษณะของ type II kinetic curve enhancement ของรอยโรค จากภาพทางรังสีวินิจฉัยผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยเป็น ACR BI-RADS 4C จากนั้นได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดแบบ right microdochoectomy ผลการตรวจทางพยาธิวิทยาออกมาเป็น intraductal papilloma with ductal carcinoma in situ grade 1



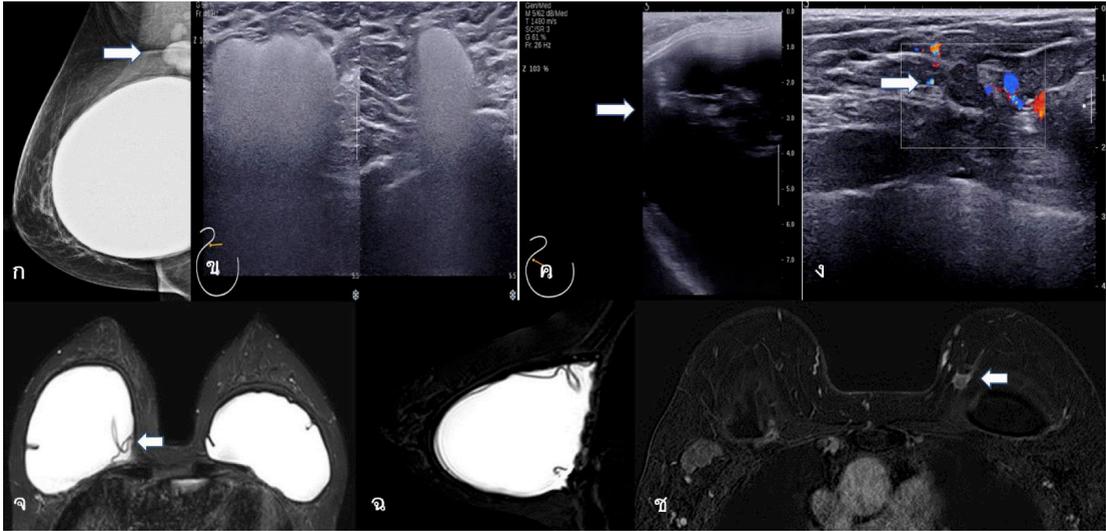
รูปที่ 7. ผู้ป่วยหญิงอายุ 63 ปี เคยผ่าตัดเนื้องอกที่เต้านมข้างขวามาตรวจด้วยคล้ำได้ก้อนที่เต้านมข้างขวา บริเวณใกล้กับรอยผ่าตัดเดิม หลังจากตรวจด้วยแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ไม่พบความผิดปกติที่ชัดเจน จึงได้มาตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มเติม ก. ภาพ subtracted contrast enhanced MRI และ ข. ภาพ MIP แสดงให้เห็น segmental non-mass enhancement (NME) at right outer mid part (ลูกศร) ค. เป็นภาพ MR spectroscopy แสดงให้เห็น increased choline peak of suspicious NME ง. เป็นภาพ diffusion weighted image (DWI) แสดงให้เห็น borderline restricted diffusion of NME ฉ. เป็นภาพแสดง type 2 kinetic curve enhancement of NME ได้รับการวินิจฉัยเป็น ACR BI-RADS 4c จากนั้นผู้ป่วยได้รับการตรวจอัลตราซาวด์เฉพาะจุดเพื่อประเมินอีกครั้ง จ. เป็นภาพอัลตราซาวด์แสดงลักษณะของ focal dilated duct with hypervascularity at right outer mid part จากนั้นผู้ป่วยได้รับการตรวจชิ้นเนื้อทางพยาธิวิทยา พบว่าเป็น ductal carcinoma in situ

## 6. ใช้ในผู้ป่วยที่เสริมเต้านมทั้งในกลุ่มที่เสริมแบบชนิดถุงหรือชนิดฉีต

การประเมินความสมบูรณ์ของเต้านมเทียม (silicone breast implant integrity evaluation) นั้น การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความไวและความจำเพาะเจาะจงในการตรวจพบ เต้านมเทียมแตกมากกว่าการตรวจด้วยอัลตราซาวด์และแมมโมแกรมโดยมีความไวและความจำเพาะเจาะจง อยู่ในช่วงร้อยละ 78-99<sup>(52)</sup> โดยลักษณะภาพทางรังสีวิทยาของการตรวจเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่จำเพาะเจาะจงกับการแตกภายในของเต้านมเทียม (intracapsular rupture) นั้นประกอบด้วย linguine และ keyhole signs<sup>(53)</sup> โดยการประเมินความสมบูรณ์ของเต้านมเทียมไม่จำเป็นต้องฉีดสารทึบรังสี ในการตรวจแต่จะมีการใช้เทคนิค silicone-specific sequence ซึ่งจะทำให้การประเมินความสมบูรณ์ของ เต้านมเทียมชัดเจนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ที่ตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยแมมโมแกรมแล้ว ผลไม่ชัดเจนโดยเฉพาะกลุ่มที่เสริมเต้านมแบบฉีต การฉีดสารทึบรังสีร่วมด้วยเพื่อตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม จึงมีความจำเป็น



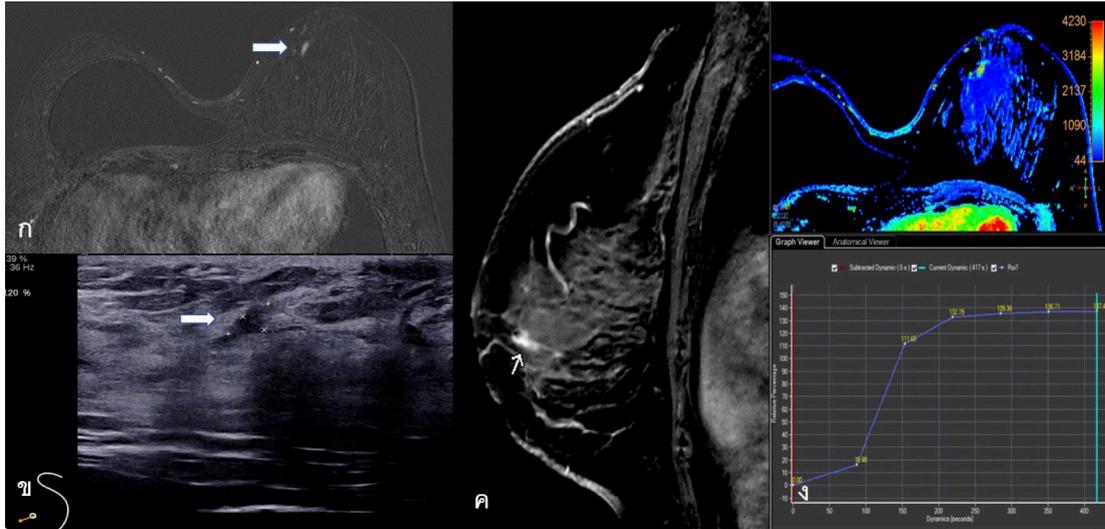
รูปที่ 8. ผู้ป่วยหญิงอายุ 65 ปี ได้รับการผ่าตัดเสริมเต้านมเป็นเวลา 10 ปี มาตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านม ก. และ ข. เป็นภาพแมมโมแกรมในท่า MLO ของเต้านมข้างขวาและข้างซ้าย แสดงให้เห็น lobulated contour of left retroglandular silicone implant with calcified capsule and normal contour of right retroglandular silicone implant ค. และ ง. เป็นภาพอัลตราซาวด์ของเต้านมทั้งสองข้าง พบลักษณะเป็น stepladder pattern และสงสัย intracapsular rupture of bilateral retroglandular silicone implants จากนั้นมีการส่งประเมินความสมบูรณ์ของเต้านมเทียม (implant integrity) ด้วยการตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จ. ฉ. และ ช. เป็นภาพ silicone bright sequence MRI แสดงลักษณะของ linguine signs of bilateral retroglandular silicone implants และ salad oil sign at left retroglandular silicone implsnt (ลูกศร) ซึ่งบ่งบอกว่ามี intracapsular rupture of bilateral retroglandular silicone implants



รูปที่ 9. ผู้ป่วยหญิงอายุ 64 ปีเสริมเต้านมเทียมทั้งสองข้างมาด้วยคล้ำได้ก่อนที่รักแร้ข้างขวา ก. เป็นภาพแมมโมแกรมแสดงลักษณะของ dense enlarged right axillary node ข. เป็นภาพอัลตราซาวด์แสดงลักษณะของ silicone deposition at right axillary node ค. เป็นภาพอัลตราซาวด์สงสัย intracapsular rupture of right subpectoral implant จึงมีการตรวจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มเติม จ. และ ฉ. เป็นภาพ silicone bright sequence แสดงลักษณะของ keyhole sign (ลูกศร) ซึ่งบ่งบอกถึง intracapsular rupture of right subpectoral implant ช. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI แสดงให้เห็น enlarged right axillary node แบบเดียวกับที่พบในแมมโมแกรมและอัลตราซาวด์ร่วมกับมี a small irregular rim enhancing mass at periphery of left upper inner quadrant (ลูกศร) ได้รับการวินิจฉัย ACR BIRADS 4c จากนั้นมีการทำอัลตราซาวด์เฉพาะจุดเพื่อหารอยโรคที่พบใน MRI พบเป็น an irregular indistincted isoechoic mass at left upper inner quadrant ซึ่งตรงกับที่พบใน MRI จากนั้นผู้ป่วยได้รับการตรวจชิ้นเนื้อทางพยาธิวิทยาพบว่า เป็น invasive ductal carcinoma

#### 7. ใช้ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดมาแล้วและพบว่ามียรอยโรคเหลือที่ขอบของก้อน (positive margin) หรือ รอยโรคใกล้กับรอยแผลผ่าตัด (close margin) หรือเป็นมะเร็งกลับซ้ำ (recurrence)

การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจทำให้ตรวจพบรอยโรค multicentric หรือ multifocal ที่ไม่คาดคิดในระดับ 5 มม. หรือมากกว่านั้น อย่างไรก็ตามการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในผู้ป่วยกลุ่มนี้การแยกการเปลี่ยนแปลงหลังการผ่าตัดกับมะเร็งที่เหลืออยู่ค่อนข้างยากและมีค่าทำนายลบต่ำประมาณร้อยละ 45 โดยเฉพาะการที่มี enhancement บริเวณรอยหรือโพรงผ่าตัด (surgical cavity)<sup>(54)</sup>



**รูปที่ 10.** ผู้ป่วยหญิงอายุ 57 ปีมีประวัติเป็นมะเร็งเต้านมข้างขวาได้รับการผ่าตัดแบบ skin sparing right mastectomy with implant reconstruction มาตรวจ MRI breast surveillance ก. เป็นภาพ subtracted contrast enhanced MRI และ ค. เป็นภาพ MIP พบลักษณะของ linear ductal enhancement at left inner mid part (ลูกศร) ง. แสดงลักษณะของ type 2 kinetic curve enhancement ของ ductal enhancement ได้รับการวินิจฉัย ACR BI-RADS 4b จากนั้นจึงตรวจด้วยอัลตราซาวด์เฉพาะจุดเพื่อหารอยโรคในตำแหน่งที่สงสัยพบเป็น focal dilated duct at left inner mid part (ลูกศร) หลังจากนั้นผู้ป่วยได้รับการผ่าตัดผลการตรวจทางพยาธิวิทยาพบว่าเป็น ductal carcinoma in situ

### ข้อควรระวังสำหรับการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีความไวในการตรวจสูง อาจทำให้ตรวจพบรอยโรคที่อาจจะไม่มีนัยสำคัญทางคลินิกหรือก่อให้เกิดผลบวกложง (false positive) ซึ่งนำไปสู่การตรวจติดตามหรือการตรวจชิ้นเนื้อทางพยาธิวิทยาได้ ดังนั้นการเลือกระยะเวลาในการตรวจสำหรับผู้ป่วยก่อนวัยหมดประจำเดือนจึงมีความสำคัญเพื่อหลีกเลี่ยง benign hormone related enhancement และลดผลบวกложงดังกล่าว จึงควรนัดตรวจช่วง 7-14 วันหลังจากมีประจำเดือนวันแรก แต่ในกรณีที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นมะเร็งเต้านมและต้องการตรวจเพื่อประเมินระยะของโรคสามารถทำได้เลยโดยไม่ต้องคำนึงถึงประจำเดือนเพราะอาจจะทำให้การรักษาล่าช้าไปได้

ข้อจำกัดในการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า<sup>(55)</sup> เช่น ผู้ป่วยที่ใส่อุปกรณ์ทางการแพทย์ชนิดโลหะ (metallic implants) บางชนิด จึงต้องมีการสอบถามเรื่องของวัสดุที่ใช้ให้ชัดเจนว่าสามารถเข้าตรวจได้หรือไม่ ผู้ป่วยที่กลัวที่แคบ (claustrophobia) และผู้ป่วยที่มีรอยสักหรือเสริมความงามบริเวณผิวหนังบางรายอาจเกิดการระคายเคืองได้ นอกจากนี้การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการฉีดยาทึบรังสีจึงต้องระมัดระวังในการตรวจในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับการทำงานของไต และในผู้ป่วยที่ตั้งครรภ์และให้นมบุตร ดังนั้นจึงควรคำนึงถึงความจำเป็นในการตรวจร่วมด้วย

แม้ว่าการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความไวในการตรวจสูงแต่มีเสียงข้างมากชนิดอาจตรวจไม่พบจากการตรวจด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ตรวจพบจากแมมโมแกรม ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการใช้โดยเฉพาะในแง่ของการแก้ปัญหาในการวินิจฉัยโรคเต้านม (diagnostic problem-solving breast MRI) และไม่ควรใช้การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแทนการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมด้วยแมมโมแกรม

## ทิศทางในอนาคตของการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (future direction of breast MRI)

เนื่องจากในปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ายังมีข้อจำกัดค่อนข้างมากด้วยเรื่องของราคาที่สูงและปริมาณเครื่องมือที่อยู่อย่างจำกัดรวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจผู้ป่วยแต่ละรายที่ค่อนข้างนานประมาณ 45-60 นาที จึงมีการศึกษาเพื่อลดขั้นตอนการตรวจลงบางส่วน เรียกว่า abbreviated MRI โดยจากการศึกษาพบว่า การปรับลดขั้นตอนการตรวจบางส่วนยังสามารถให้การวินิจฉัยได้แม่นยำเทียบเท่ากับการตรวจแบบเดิม (full protocol)<sup>(56, 57)</sup> ทำให้ในอนาคตอาจมีการนำ abbreviated MRI มาใช้เพิ่มมากขึ้นเพื่อลดระยะเวลาในการตรวจและการแปลผลรวมถึงอาจจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการตรวจลดลงและมีการใช้งานได้แพร่หลายมากขึ้น

การตรวจวินิจฉัยด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถตรวจพบมะเร็งเต้านมได้จากรูปแบบการ enhancement ที่แตกต่างจากเนื้อเต้านมปกติหลังจากที่มีการฉีดสารทึบรังสีเข้าทางหลอดเลือดดำ แต่อย่างไรก็ตามเนื้อเยื่อเต้านมปกติก็มี enhancement เช่นกันเรียกว่า background parenchymal enhancement (BPE) ซึ่งลักษณะของ BPE ที่พบนั้นมีการเปลี่ยนแปลงจากหลายปัจจัยทั้งในเรื่องของเส้นเลือดที่มาเลี้ยงและการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า BPE ที่มากมีความเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งเต้านมที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังนั้นรูปแบบของการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเต้านมในอนาคตอาจมีการนำ BPE เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความเสี่ยง<sup>(58)</sup>

ปัจจุบันการใช้ tamoxifen และยาในกลุ่ม estrogen receptor modulator ร่วมในการรักษา มะเร็งเต้านมกลุ่มที่มี estrogen receptor/progesterone receptor (ER/PR) positive แพร่หลายมากขึ้น มีการศึกษาพบว่า การใช้ยาในกลุ่มนี้สามารถช่วยลดโอกาสในการกลับเป็นซ้ำของมะเร็งเต้านมได้เกือบร้อยละ 50 แต่อย่างไรก็ตามผลข้างเคียงของการรักษาด้วย tamoxifen เช่น การแข็งตัวของเลือดผิดปกติ (deep vein thrombosis and pulmonary emboli) และมะเร็งเยื่อโพรงมดลูก ก็พบได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการพิจารณาในเรื่องของประโยชน์ที่ได้รับจากการรักษา กับผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นจึงมีความสำคัญ มีการศึกษาพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาในกลุ่มนี้จะตรวจพบ BPE น้อยลงในการตรวจวินิจฉัยด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตามพบผู้ป่วยถึงร้อยละ 32<sup>(59)</sup> ที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ BPE หลังจากได้รับการรักษาด้วย tamoxifen ซึ่งเป็นไปได้ว่าผู้ป่วยที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ BPE หลังจากการรักษาด้วย tamoxifen อาจจะได้รับประโยชน์จากการรักษาน้อยลง ยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำมาปรับใช้ในการปรับลดความเสี่ยงจากการรักษาด้วยยาในกลุ่มนี้<sup>(11)</sup>

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาที่นำข้อมูลจากการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ทั้งในเรื่องของปัญญาประดิษฐ์ (artificial Intelligence, AI), machine learning และ radiomic ซึ่งจะช่วยพัฒนาการดูแลรักษาให้กับผู้ป่วยได้ดียิ่งขึ้นรวมถึงเป็นการดูแลรักษาเฉพาะบุคคลมากขึ้น (personalized therapy) และในอนาคตอาจมีการใช้ deep contrast AI algorithm ในภาพการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบไม่ใช้สารทึบรังสี (gadolinium-free breast MR image) ที่สามารถให้ข้อมูลได้เทียบเท่าการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแบบใช้สารทึบรังสี<sup>(60-62)</sup>

## บทสรุป

ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการตรวจที่มีความไวในการตรวจพบมะเร็งเต้านมมากที่สุดเมื่อเทียบกับการตรวจชนิดอื่น ทำให้มีบทบาทและข้อบ่งชี้ในการใช้ทางคลินิกมากขึ้น (ตารางที่ 2) แต่อย่างไรก็ตามการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ายังคงมีข้อจำกัดบางประการดังนั้นการพิจารณาข้อบ่งชี้ในการตรวจที่เหมาะสม ระยะเวลาการตรวจที่เหมาะสมและการปรับเทคนิคในการตรวจที่จะทำให้การตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีประสิทธิภาพและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

**ตารางที่ 2.** แสดงการใช้งานทางคลินิกในปัจจุบันของการตรวจวินิจฉัยเต้านมด้วยคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า [current clinical application of breast magnetic resonance imaging (MRI)]

1. ใช้ในการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมโดยเฉพาะในกลุ่มผู้หญิงที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งเต้านมสูง (high risk patient)
2. ใช้ในการประเมินระยะและขอบเขตของโรคมะเร็งเต้านม (staging in women with known breast cancer and evaluation of extent of disease)
3. ใช้ในการประเมินการตอบสนองต่อการรักษามะเร็งเต้านมด้วยการรักษาก่อนผ่าตัด (evaluation of women treated with neoadjuvant therapy)
4. ใช้ในการค้นหามะเร็งที่มีการแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นหรือต่อมน้ำเหลืองบริเวณรักแร้และสงสัยว่ามาจากมะเร็งเต้านม (occult breast cancer or carcinoma of unknown primary origin)
5. ใช้ในการแก้ปัญหาในการวินิจฉัยโรคเต้านมในบางกรณีที่การตรวจชนิดอื่นให้ข้อมูลได้ไม่เพียงพอ (diagnostic problem-solving breast MRI)
6. ใช้ในผู้ป่วยที่เสริมเต้านมทั้งในกลุ่มที่เสริมแบบชนิดถุงหรือชนิดฉีด ทั้งในแง่ของการประเมินความสมบูรณ์ของเต้านมเทียมและการตรวจคัดกรองมะเร็งเต้านมบางกรณี
7. ใช้ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดมาแล้วและพบว่ามียารอยโรคเหลือที่ขอบของก้อน (positive margin) หรือรอยโรคใกล้กับรอยแผลผ่าตัด (close margin) หรือเป็นมะเร็งกลับซ้ำ (recurrence)

### เอกสารอ้างอิง

1. American Cancer Society. Cancer facts and figures. Atlanta, GA: American Cancer Society; 2022.
2. Baxter GC, Selamoglu A, Mackay JW, Bond S, Gray E, Gilbert FJ. A meta-analysis comparing the diagnostic performance of abbreviated MRI and a full diagnostic protocol in breast cancer. *Clin Radiol* 2021;76:154.e23-e32.
3. Heywang SH, Hahn D, Schmidt H, Krischke I, Eiermann W, Bassermann R, et al. MR imaging of the breast using gadolinium-DTPA. *J Comput Assist Tomogr* 1986;10:199-204.
4. Kaiser WA, Zeitler E. MR imaging of the breast: fast imaging sequences with and without Gd-DTPA. Preliminary observations. *Radiology* 1989;170:681-6.
5. Yeh ED, Georgian-Smith D, Raza S, Bussolari L, Pawlisz-Hoff J, Birdwell RL. Positioning in breast MR imaging to optimize image quality. *Radiographics* 2014;34:E1-17.
6. Sardanelli F, Boetes C, Borisch B, Decker T, Federico M, Gilbert FJ, et al. Magnetic resonance imaging of the breast: recommendations from the EUSOMA working group. *Eur J Cancer* 2010;46:1296-316.
7. Mann RM, Cho N, Moy L. Breast MRI: State of the Art. *Radiology* 2019;292:520-36.
8. Monticciolo DL, Newell MS, Moy L, Niell B, Monsees B, Sickles EA. Breast Cancer Screening in Women at Higher-Than-Average Risk: Recommendations From the ACR. *J Am Coll Radiol* 2018;15:408-14.
9. Lee CS, Sickles EA, Moy L. Risk Stratification for Screening Mammography: Benefits and Harms. *AJR Am J Roentgenol* 2019;212:250-8.
10. Yala A, Lehman C, Schuster T, Portnoi T, Barzilay R. A Deep Learning Mammography-based Model for Improved Breast Cancer Risk Prediction. *Radiology* 2019;292:60-6.
11. Houser M, Barreto D, Mehta A, Brem RF. Current and Future Directions of Breast MRI. *J Clin Med* 2021;10.
12. Levy-Lahad E, Friedman E. Cancer risks among BRCA1 and BRCA2 mutation carriers. *Br J Cancer* 2007;96:11-5.
13. Saadatmand S, Obdeijn IM, Rutgers EJ, Oosterwijk JC, Tollenaar RA, Woldringh GH, et al. Survival benefit in women with BRCA1 mutation or familial risk in the MRI screening study (MRISC). *Int J Cancer* 2015;137:1729-38.
14. Obdeijn IM, Heijnsdijk EA, Hunink MG, Tilanus-Linthorst MM, de Koning HJ. Mammographic screening in BRCA1 mutation carriers postponed until age 40: Evaluation of benefits, costs and radiation risks using models. *Eur J Cancer* 2016;63:135-42.

15. Phi XA, Saadatmand S, De Bock GH, Warner E, Sardanelli F, Leach MO, et al. Contribution of mammography to MRI screening in BRCA mutation carriers by BRCA status and age: individual patient data meta-analysis. *Br J Cancer* 2016;114:631-7.
16. Tieu MT, Cigsar C, Ahmed S, Ng A, Diller L, Millar BA, et al. Breast cancer detection among young survivors of pediatric Hodgkin lymphoma with screening magnetic resonance imaging. *Cancer* 2014;120:2507-13.
17. Freitas V, Scaranelo A, Menezes R, Kulkarni S, Hodgson D, Crystal P. Added cancer yield of breast magnetic resonance imaging screening in women with a prior history of chest radiation therapy. *Cancer* 2013;119:495-503.
18. Weinstock C, Campassi C, Goloubeva O, Wooten K, Kesmodel S, Bellevance E, et al. Breast magnetic resonance imaging (MRI) surveillance in breast cancer survivors. *Springerplus* 2015;4:459.
19. McCormack VA, dos Santos Silva I. Breast density and parenchymal patterns as markers of breast cancer risk: a meta-analysis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2006;15:1159-69.
20. Kuhl CK, Strobel K, Bieling H, Leutner C, Schild HH, Schrading S. Supplemental Breast MR Imaging Screening of Women with Average Risk of Breast Cancer. *Radiology* 2017;283:361-70.
21. Monticciolo DL, Malak SF, Friedewald SM, Eby PR, Newell MS, Moy L, et al. Breast Cancer Screening Recommendations Inclusive of All Women at Average Risk: Update from the ACR and Society of Breast Imaging. *J Am Coll Radiol* 2021;18:1280-8.
22. Fischer U, Kopka L, Grabbe E. Breast carcinoma: effect of preoperative contrast-enhanced MR imaging on the therapeutic approach. *Radiology* 1999;213:881-8.
23. Orel SG, Schnall MD, Powell CM, Hochman MG, Solin LJ, Fowble BL, et al. Staging of suspected breast cancer: effect of MR imaging and MR-guided biopsy. *Radiology* 1995;196:115-22.
24. Rominger M, Berg D, Frauenfelder T, Ramaswamy A, Timmesfeld N. Which factors influence MRI-pathology concordance of tumour size measurements in breast cancer? *Eur Radiol* 2016;26:1457-65.
25. Kuhl CK, Schrading S, Bieling HB, Wardelmann E, Leutner CC, Koenig R, et al. MRI for diagnosis of pure ductal carcinoma in situ: a prospective observational study. *Lancet* 2007;370:485-92.
26. Sung JS, Stamler S, Brooks J, Kaplan J, Huang T, Dershaw DD, et al. Breast Cancers Detected at Screening MR Imaging and Mammography in Patients at High Risk: Method of

- Detection Reflects Tumor Histopathologic Results. *Radiology* 2016;280:716-22.
27. Plana MN, Carreira C, Muriel A, Chiva M, Abraira V, Emparanza JI, et al. Magnetic resonance imaging in the preoperative assessment of patients with primary breast cancer: systematic review of diagnostic accuracy and meta-analysis. *Eur Radiol* 2012;22:26-38.
  28. Brennan ME, Houssami N, Lord S, Macaskill P, Irwig L, Dixon JM, et al. Magnetic resonance imaging screening of the contralateral breast in women with newly diagnosed breast cancer: systematic review and meta-analysis of incremental cancer detection and impact on surgical management. *J Clin Oncol* 2009;27:5640-9.
  29. Dent BL, Miller JA, Eden DJ, Swistel A, Talmor M. Tumor-to-Nipple Distance as a Predictor of Nipple Involvement: Expanding the Inclusion Criteria for Nipple-Sparing Mastectomy. *Plast Reconstr Surg* 2017;140:1e-8e.
  30. Thompson JL, Wright GP. The role of breast MRI in newly diagnosed breast cancer: An evidence-based review. *Am J Surg* 2021;221:525-8.
  31. Houssami N, Turner RM, Morrow M. Meta-analysis of pre-operative magnetic resonance imaging (MRI) and surgical treatment for breast cancer. *Breast Cancer Res Treat* 2017;165:273-83.
  32. Gonzalez V, Sandelin K, Karlsson A, Åberg W, Löfgren L, Iliescu G, et al. Preoperative MRI of the breast (POMB) influences primary treatment in breast cancer: a prospective, randomized, multicenter study. *World J Surg* 2014;38:1685-93.
  33. Lobbes MB, Vriens IJ, van Bommel AC, Nieuwenhuijzen GA, Smidt ML, Boersma LJ, et al. Breast MRI increases the number of mastectomies for ductal cancers, but decreases them for lobular cancers. *Breast Cancer Res Treat* 2017;162:353-64.
  34. Scaranelo AM. What's Hot in Breast MRI. *Can Assoc Radiol J* 2022;73:125-40.
  35. Long-term outcomes for neoadjuvant versus adjuvant chemotherapy in early breast cancer: meta-analysis of individual patient data from ten randomised trials. *Lancet Oncol* 2018;19:27-39.
  36. Slanetz PJ, Moy L, Baron P, diFlorio RM, Green ED, Heller SL, et al. ACR Appropriateness Criteria(®) Monitoring Response to Neoadjuvant Systemic Therapy for Breast Cancer. *J Am Coll Radiol* 2017;14:S462-s75.
  37. Marinovich ML, Houssami N, Macaskill P, Sardanelli F, Irwig L, Mamounas EP, et al. Meta-analysis of magnetic resonance imaging in detecting residual breast cancer after neoadjuvant therapy. *J Natl Cancer Inst* 2013;105:321-33.
  38. Scheel JR, Kim E, Partridge SC, Lehman CD, Rosen MA, Bernreuter WK, et al. MRI, Clinical

- Examination, and Mammography for Preoperative Assessment of Residual Disease and Pathologic Complete Response After Neoadjuvant Chemotherapy for Breast Cancer: ACRIN 6657 Trial. *AJR Am J Roentgenol* 2018;210:1376-85.
39. Mukhtar RA, Yau C, Rosen M, Tandon VJ, Hylton N, Esserman LJ. Clinically meaningful tumor reduction rates vary by prechemotherapy MRI phenotype and tumor subtype in the I-SPY 1 TRIAL (CALGB 150007/150012; ACRIN 6657). *Ann Surg Oncol* 2013;20:3823-30.
  40. Denis F, Desbiez-Bourcier AV, Chapiron C, Arbion F, Body G, Brunereau L. Contrast enhanced magnetic resonance imaging underestimates residual disease following neoadjuvant docetaxel based chemotherapy for breast cancer. *Eur J Surg Oncol* 2004;30:1069-76.
  41. Schrading S, Kuhl CK. Breast Cancer: Influence of Taxanes on Response Assessment with Dynamic Contrast-enhanced MR Imaging. *Radiology* 2015;277:687-96.
  42. Reig B, Lewin AA, Du L, Heacock L, Toth HK, Heller SL, et al. Breast MRI for Evaluation of Response to Neoadjuvant Therapy. *Radiographics* 2021;41:665-79.
  43. Ah-See ML, Makris A, Taylor NJ, Harrison M, Richman PI, Burcombe RJ, et al. Early changes in functional dynamic magnetic resonance imaging predict for pathologic response to neoadjuvant chemotherapy in primary breast cancer. *Clin Cancer Res* 2008;14:6580-9.
  44. Partridge SC, Zhang Z, Newitt DC, Gibbs JE, Chenevert TL, Rosen MA, et al. Diffusion-weighted MRI Findings Predict Pathologic Response in Neoadjuvant Treatment of Breast Cancer: The ACRIN 6698 Multicenter Trial. *Radiology* 2018;289:618-27.
  45. Dogan BE, Yuan Q, Bassett R, Guvenc I, Jackson EF, Cristofanilli M, et al. Comparing the Performances of Magnetic Resonance Imaging Size vs Pharmacokinetic Parameters to Predict Response to Neoadjuvant Chemotherapy and Survival in Patients With Breast Cancer. *Curr Probl Diagn Radiol* 2019;48:235-40.
  46. McCartan DP, Zabor EC, Morrow M, Van Zee KJ, El-Tamer MB. Oncologic Outcomes After Treatment for MRI Occult Breast Cancer (pT0N+). *Ann Surg Oncol* 2017;24:3141-7.
  47. Olson JA, Jr., Morris EA, Van Zee KJ, Linehan DC, Borgen PI. Magnetic resonance imaging facilitates breast conservation for occult breast cancer. *Ann Surg Oncol* 2000;7:411-5.
  48. Pentheroudakis G, Lazaridis G, Pavlidis N. Axillary nodal metastases from carcinoma of unknown primary (CUPAX): a systematic review of published evidence. *Breast Cancer Res Treat* 2010;119:1-11.
  49. Bennani-Baiti B, Bennani-Baiti N, Baltzer PA. Diagnostic Performance of Breast Magnetic Resonance Imaging in Non-Calcified Equivocal Breast Findings: Results from a Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 2016;11:e0160346.

50. Bennani-Baiti B, Baltzer PA. MR Imaging for Diagnosis of Malignancy in Mammographic Microcalcifications: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiology* 2017;283:692-701.
51. Berger N, Luparia A, Di Leo G, Carbonaro LA, Trimboli RM, Ambrogi F, et al. Diagnostic Performance of MRI Versus Galactography in Women With Pathologic Nipple Discharge: A Systematic Review and Meta-Analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2017;209:465-71.
52. Goldammer F, Pinsolle V, Dissaux C, Pélissier P. Accuracy of mammography, sonography and magnetic resonance imaging for detecting silicone breast implant ruptures: A retrospective observational study of 367 cases. *Ann Chir Plast Esthet* 2021;66:25-41.
53. Gorczyca DP, Gorczyca SM, Gorczyca KL. The diagnosis of silicone breast implant rupture. *Plast Reconstr Surg* 2007;120:49s-61s.
54. Krammer J, Price ER, Jochelson MS, Watson E, Murray MP, Schoenberg SO, et al. Breast MR imaging for the assessment of residual disease following initial surgery for breast cancer with positive margins. *Eur Radiol* 2017;27:4812-8.
55. Sammet S. Magnetic resonance safety. *Abdom Radiol (NY)* 2016;41:444-51.
56. Kuhl CK, Schrading S, Strobel K, Schild HH, Hilgers RD, Bieling HB. Abbreviated breast magnetic resonance imaging (MRI): first postcontrast subtracted images and maximum-intensity projection-a novel approach to breast cancer screening with MRI. *J Clin Oncol* 2014;32:2304-10.
57. Leithner D, Moy L, Morris EA, Marino MA, Helbich TH, Pinker K. Abbreviated MRI of the Breast: Does It Provide Value? *J Magn Reson Imaging* 2019;49:e85-e100.
58. Arasu VA, Miglioretti DL, Sprague BL, Alsheik NH, Buist DSM, Henderson LM, et al. Population-Based Assessment of the Association Between Magnetic Resonance Imaging Background Parenchymal Enhancement and Future Primary Breast Cancer Risk. *J Clin Oncol* 2019;37:954-63.
59. King V, Kaplan J, Pike MC, Liberman L, David Dershaw D, Lee CH, et al. Impact of tamoxifen on amount of fibroglandular tissue, background parenchymal enhancement, and cysts on breast magnetic resonance imaging. *Breast J* 2012;18:527-34.
60. Sheth D, Giger ML. Artificial intelligence in the interpretation of breast cancer on MRI. *J Magn Reson Imaging* 2020;51:1310-24.
61. Jiang Y, Edwards AV, Newstead GM. Artificial Intelligence Applied to Breast MRI for Improved Diagnosis. *Radiology* 2021;298:38-46.
62. Yu X, Kang C, Guttery DS, Kadry S, Chen Y, Zhang YD. ResNet-SCDA-50 for Breast Abnormality Classification. *IEEE/ACM Trans Comput Biol Bioinform* 2021;18:94-102.