

乳房部分切除術時の
適切な切除範囲の決定に必要な画像診断
(MRI, US, PET等の最新情報)

注) 「乳房トモシンセシスの最新情報と実地臨床への応用」を内容に含める

関西電力病院 放射線診断科

本田 菜也

本発表の内容に関連する
利益相反事項はありません

出典の記載のない画像はすべて、関西電力病院または
京都大学医学部附属病院の自験例です

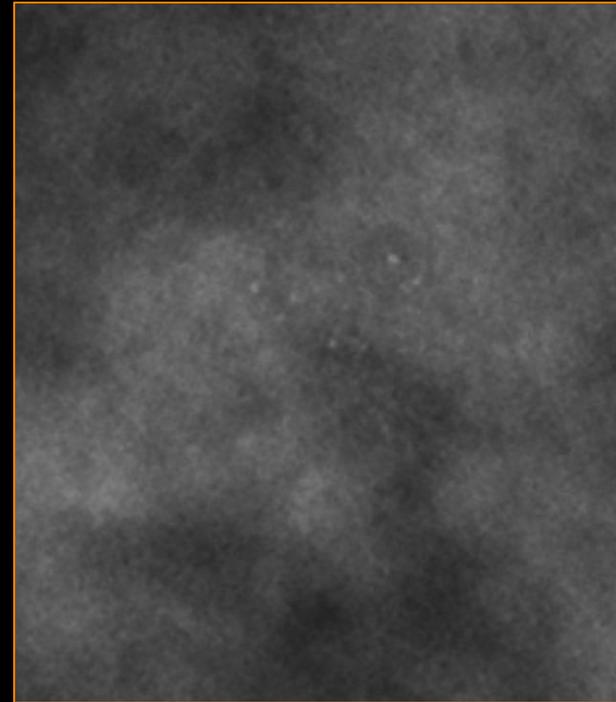
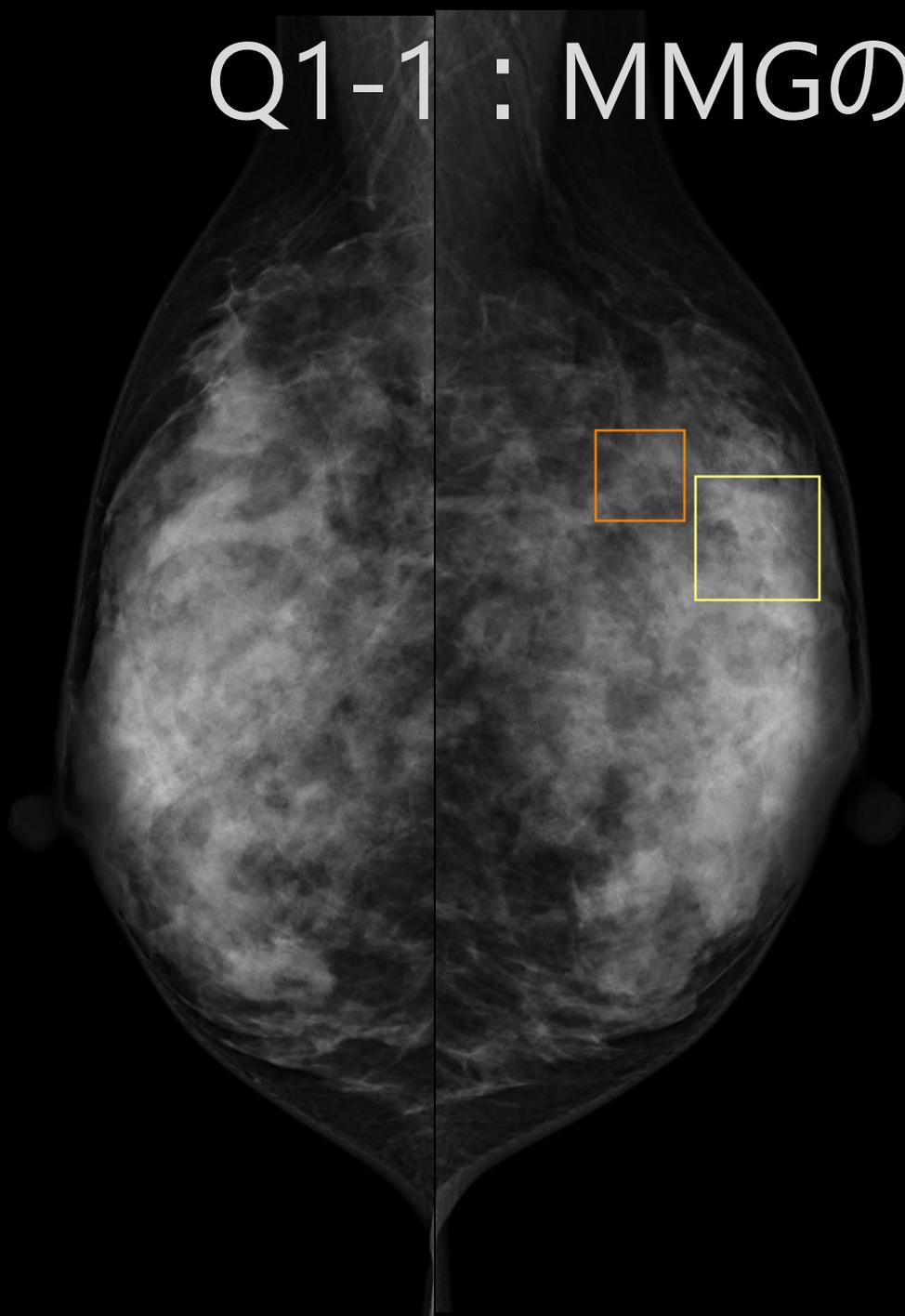
Case 1 : 50代女性 検診USで腫瘍指摘

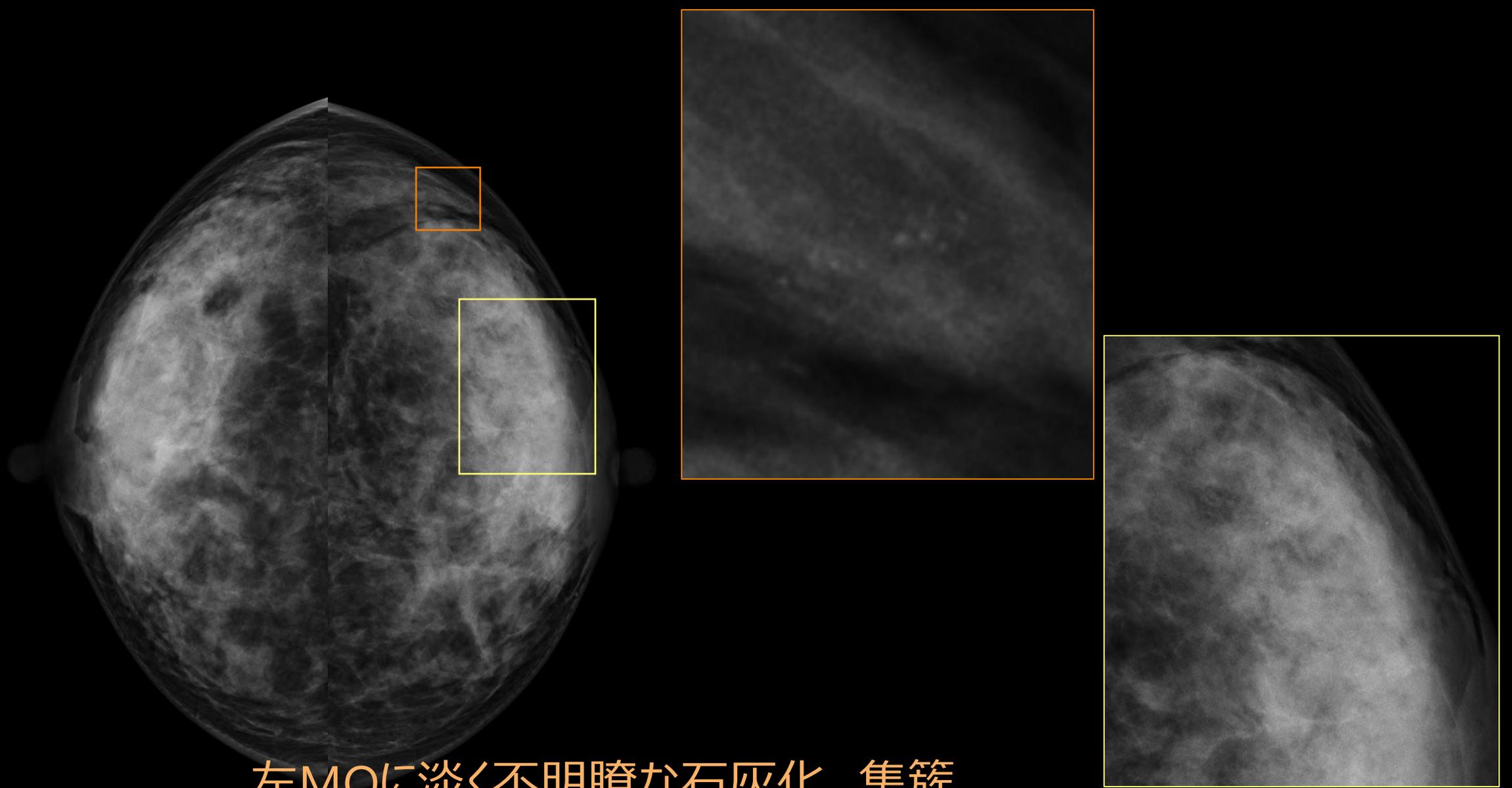
- 既往歴：乳腺炎
- HBOC家族歴：なし
- 未閉経、妊娠2回、出産1回



- Q1-1 : MMGの所見を述べてください。
- Q1-2 : MRI早期相MIPでBPEを判定してください。
- Q1-3 : MRI早期相MIPで病変を指摘してください。
- Q1-4 : 温存手術の可否を判断するため、次にすべきことは何でしょうか？

Q1-1 : MMGの所見を述べてください





左MOに淡く不明瞭な石灰化 集簇

左MO (内側より) に構築の乱れ疑い+淡く不明瞭な石灰化

カテゴリー4

早期相 MIP

Q1-2 : BPEは？

→ Minimal

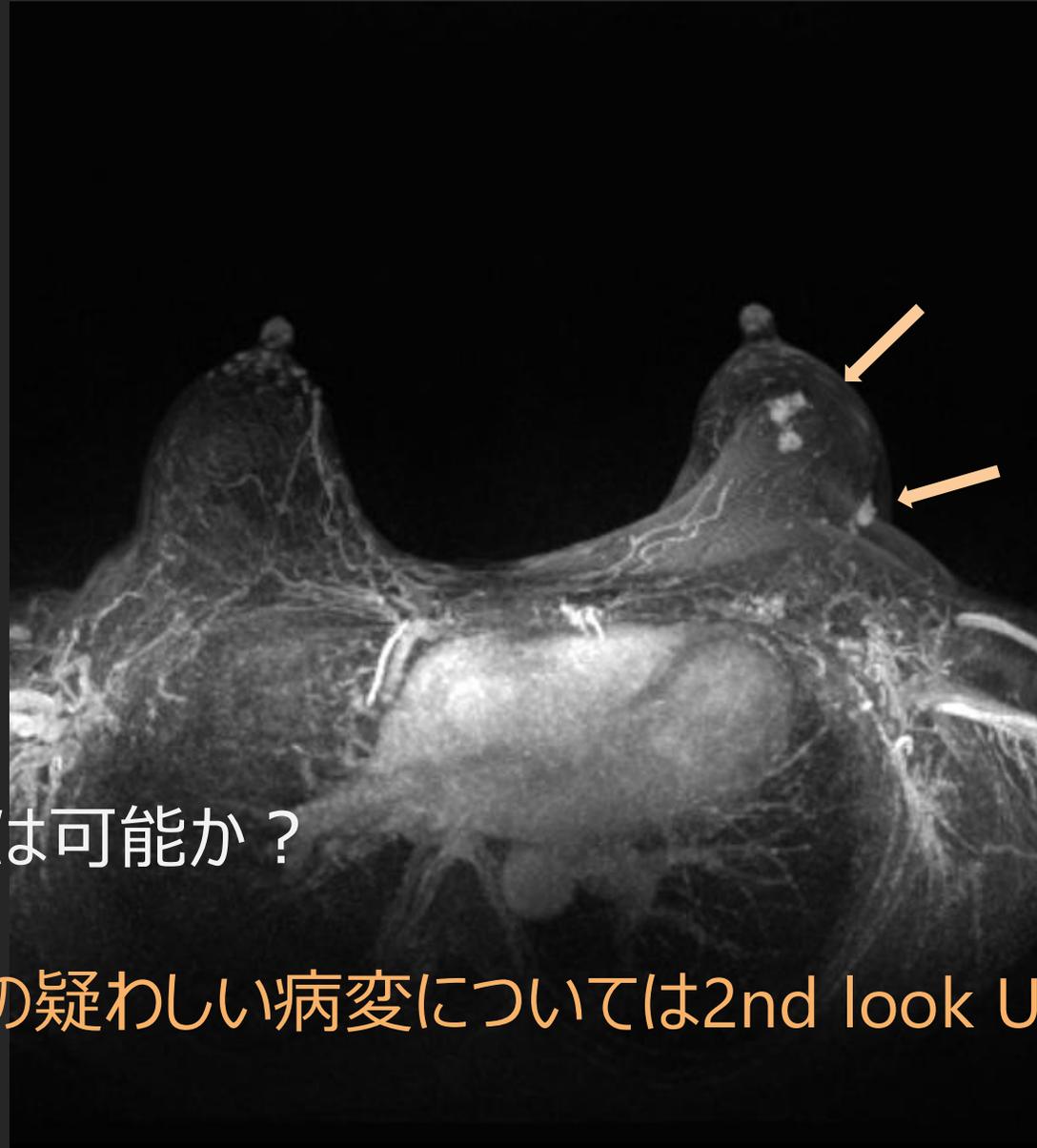
Q1-3 : 病変は？

→ 左に複数

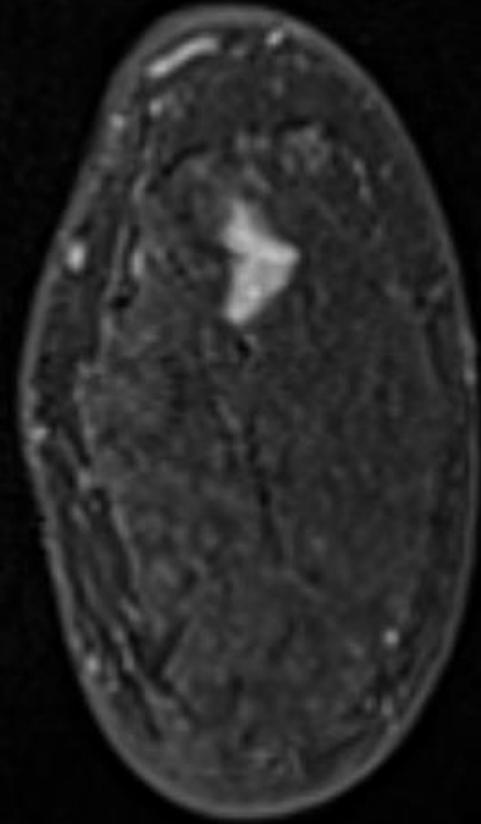
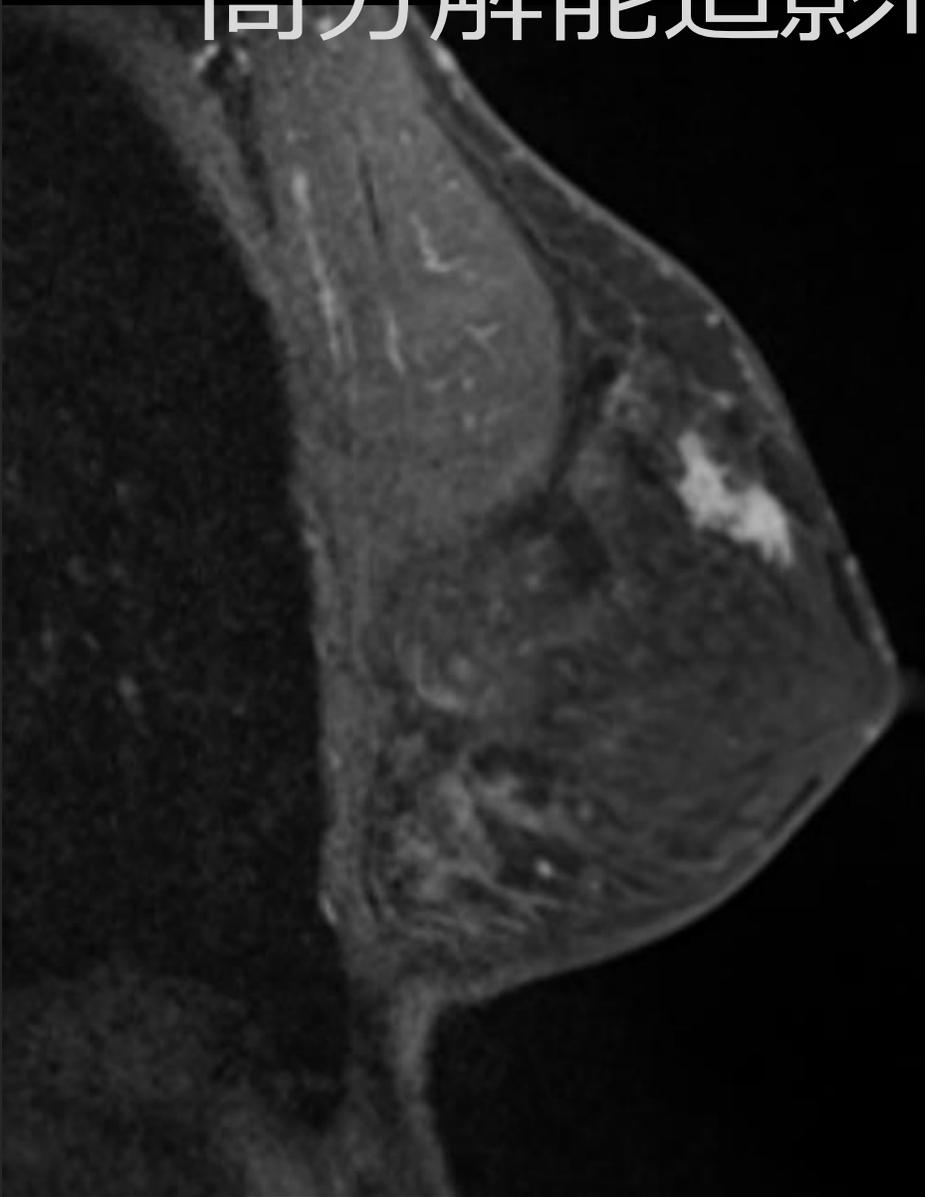
Q1-4 : 温存手術は可能か？

次にすべきことは？

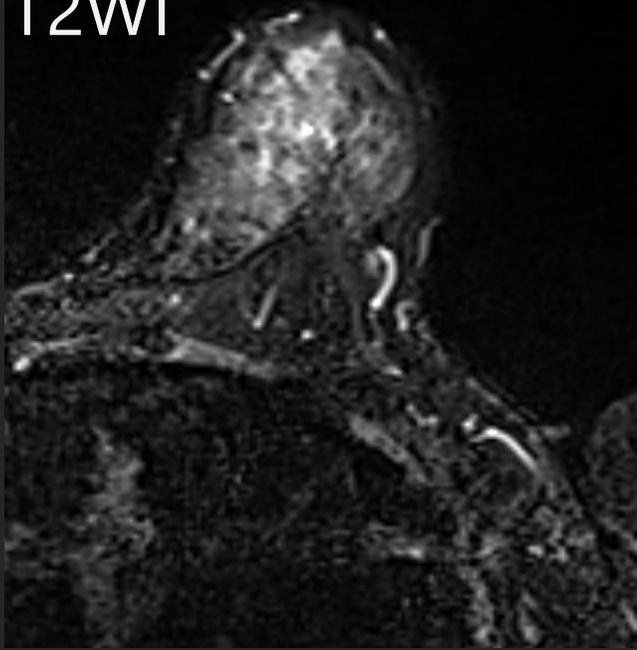
→ MRI指摘の疑わしい病変については2nd look USで確認



高分解能造影MRI (造影後2-5分)



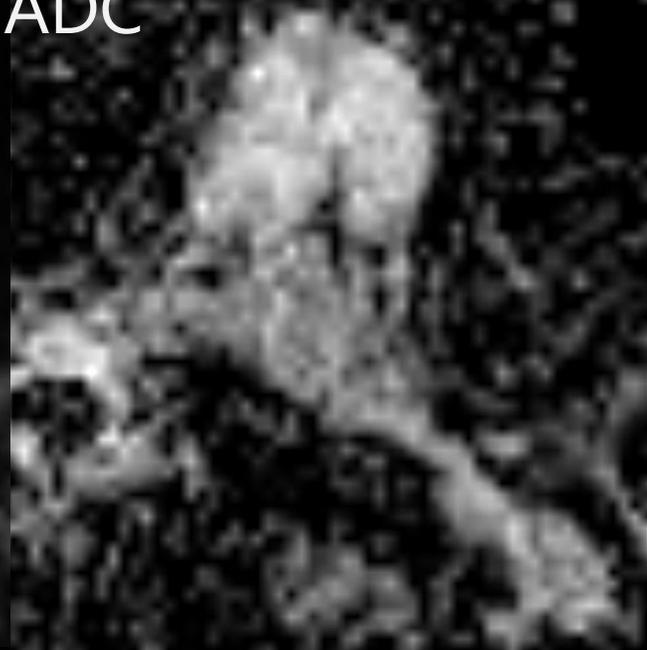
T2WI



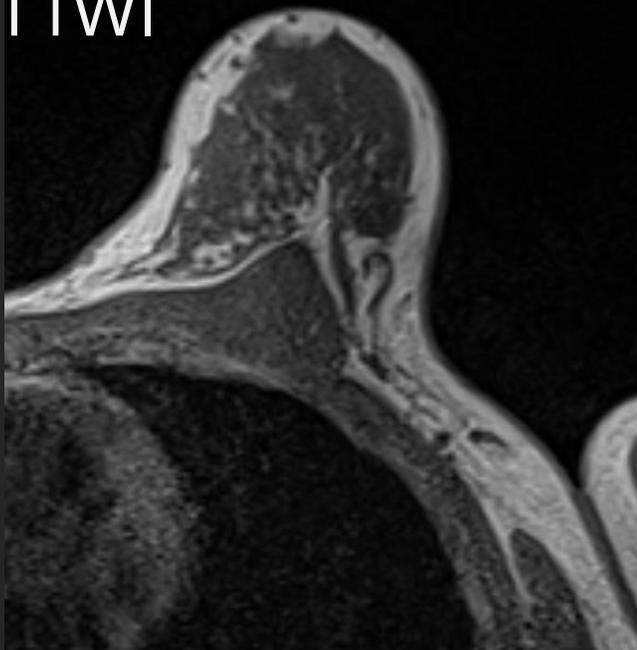
DWI



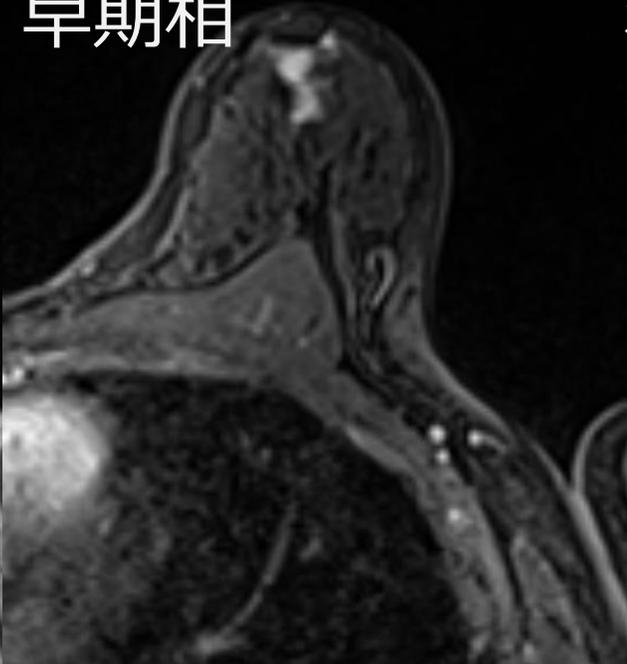
ADC



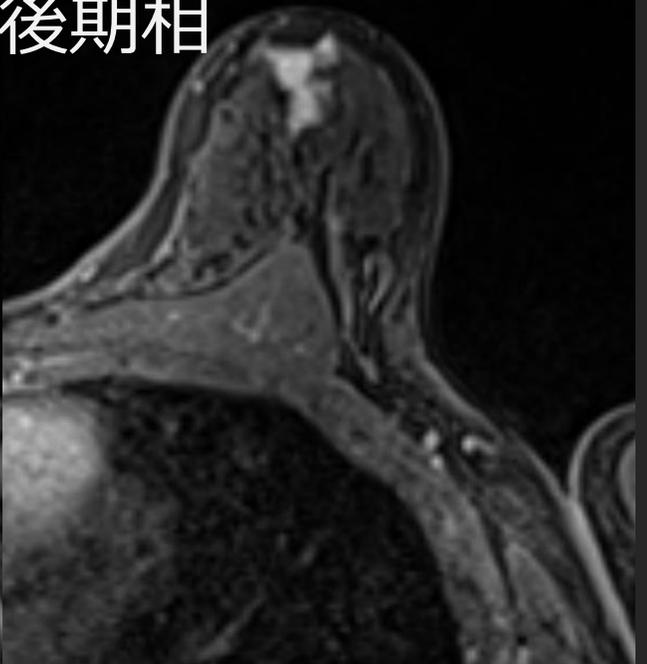
T1WI



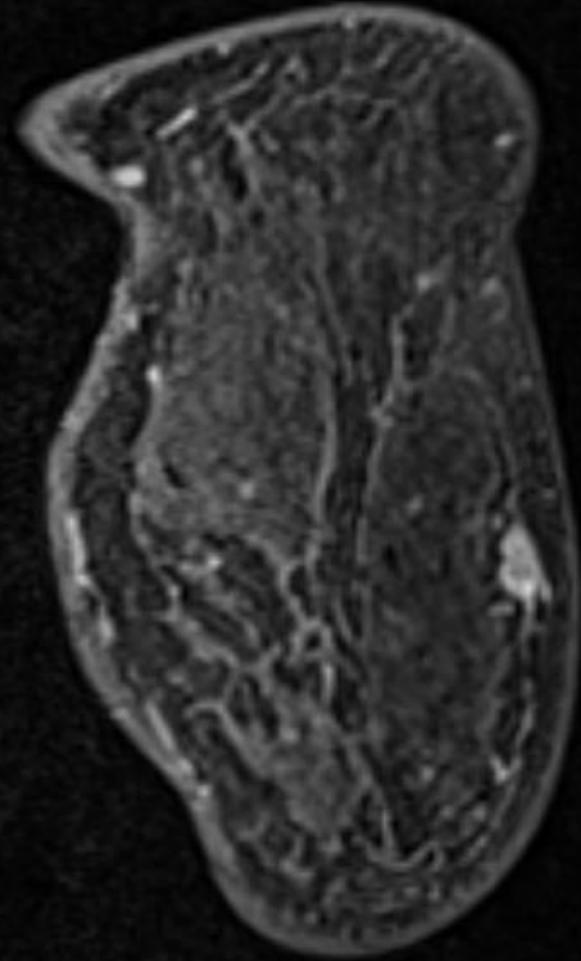
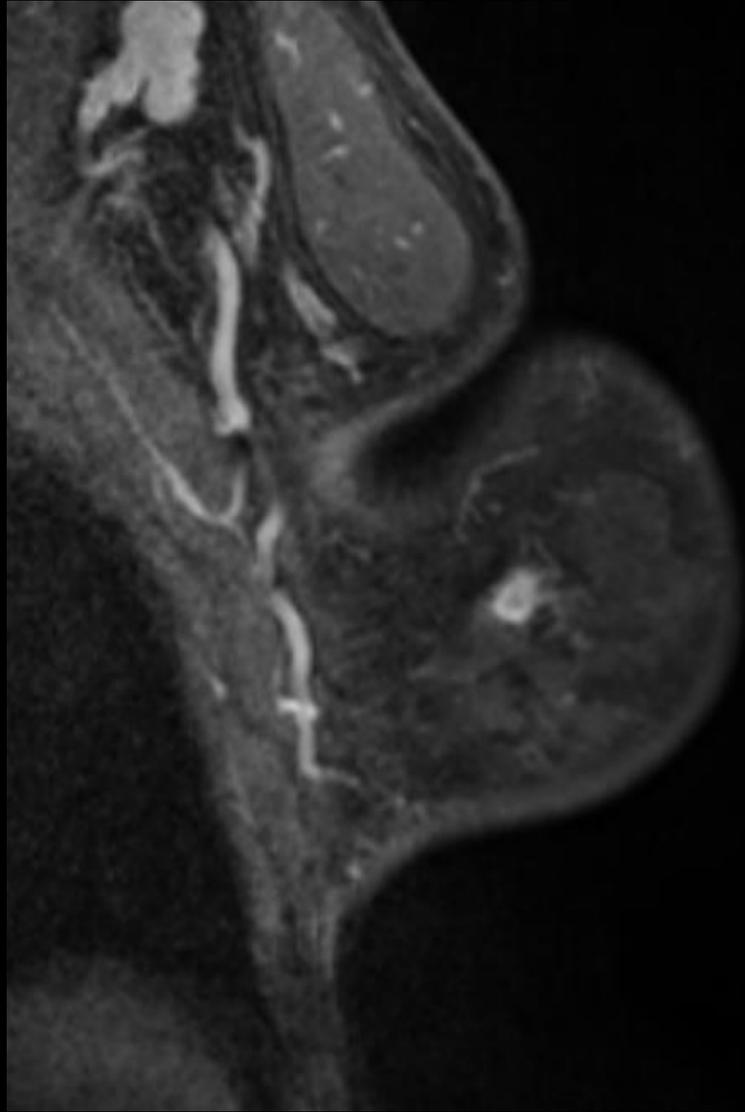
早期相



後期相



高分解能造影MRI (造影後2-5分)



T2WI



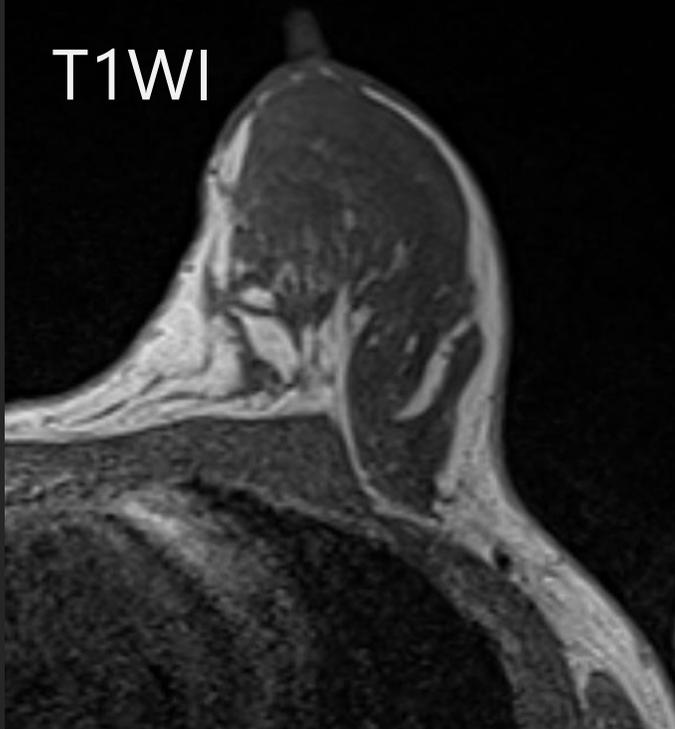
DWI



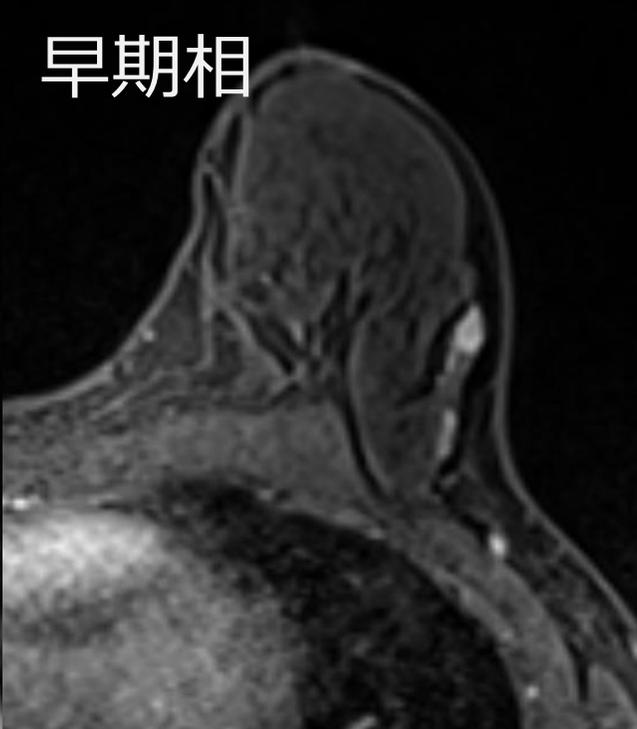
ADC



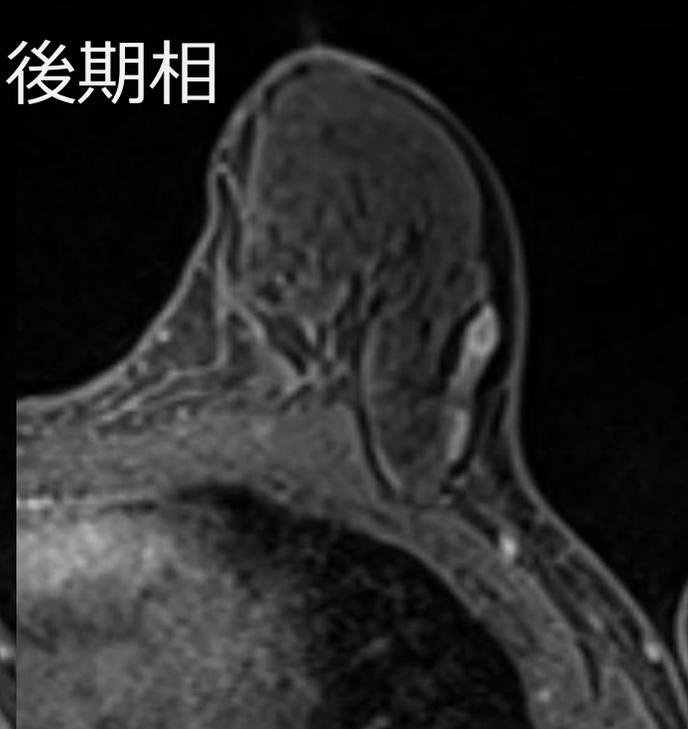
T1WI



早期相



後期相



2nd look US



Nipple sparing mastectomy施行



AC領域 : Invasive breast carcinoma of no special type

Histological grade: Grade 1 (2-2-1)

Tumor size: 4.0 mm in greatest dimension

ER: >95%, PR: >95%, HER2: score 1+, Ki-67: 10.4%

外側 : Invasive breast carcinoma of no special type

Histological grade: Grade 1 (1-2-1)

Tumor size: 2.6 mm in greatest dimension

ER: >95%, PR: >95%, HER2: score 1+, Ki-67: 3.4%

* 石灰化は合併するDCISに一致して存在

Case1 : MRI検出病変が術式に関わった一例

Point :

- 術前MRIの必要性
- 造影MRIの見方、BPEについて
- 温存手術に必要な条件

術前MRIの必要性

8 乳房

CQ 18

乳癌術前の治療方針決定において造影乳房 MRI は推奨されるか？

推奨

乳癌術前の治療方針決定において造影乳房 MRI を弱く推奨する。

[推奨の強さ：2, エビデンスの強さ：中 (B), 合意率：100% (10/10)]

画像診断ガイドライン2021年版

○広がり診断の精度について

- ・正診率：MRI (66-98%) > MMG、US (52-56%)
- ・MRIでは過小評価は少ないが、**過大評価が多い**傾向

○再手術率について

- ・以前の論文では有意差がないとするものが多いが、最近のコホート研究ではMRI施行群で有意に低下

「術者依存」は少ないが
適切な評価・マネジメントが必要

MRI検出病変の扱い

BQ1 術前造影乳房MRIで新たに検出される病変 (MRI-detected lesion) に対する精査は必要か？

3. 診断—①精密検査

ステートメント

- 術前造影乳房MRIで悪性が疑われるMRI-detected lesionに対しては、術式に影響がある場合には組織検査を行うことが望ましい。
- ただし、医療者は確実なMRI診断に基づき超音波等の追加検査を含めた集学的な情報を患者に提供し、組織検査の適応は患者の価値観や要望を反映することが望ましい。

術前MRIの13.7～41.4%にMRI検出病変あり

偽陽性：44～64.6%

乳癌診療ガイドライン2022年版

造影MRIの見方

ダイナミック造影 (脂肪抑制T1WI)

T2WI

DWI

非脂肪抑制
T1WI

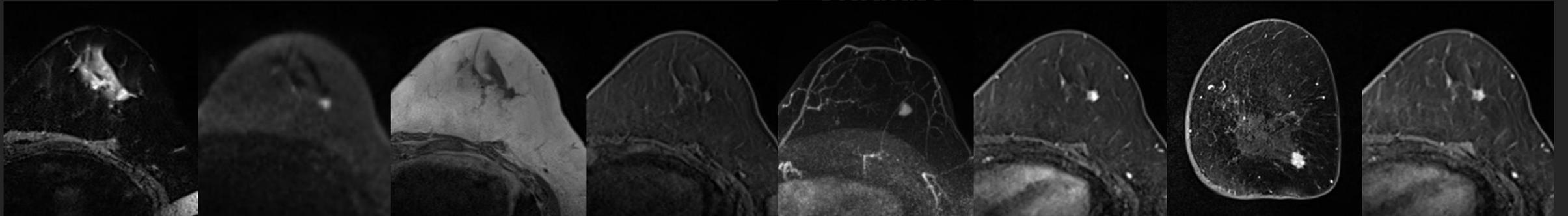
Pre

早期相

後期相

Ultrafast

高空間分解能



造影剤注入

1分

2分

5分

6分

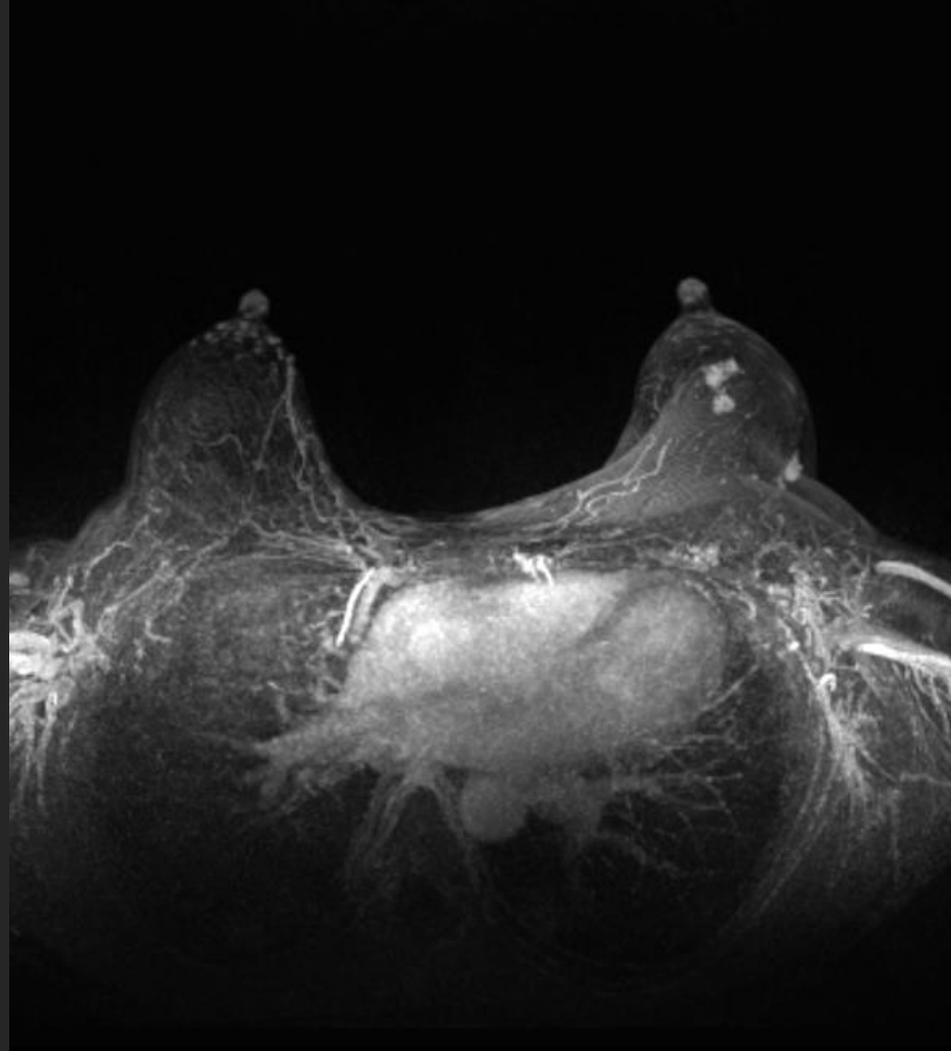
まずは**造影早期相**から

まずは早期相MIPを見る

MIP: Maximum Intensity Projection (最大値投影画像)

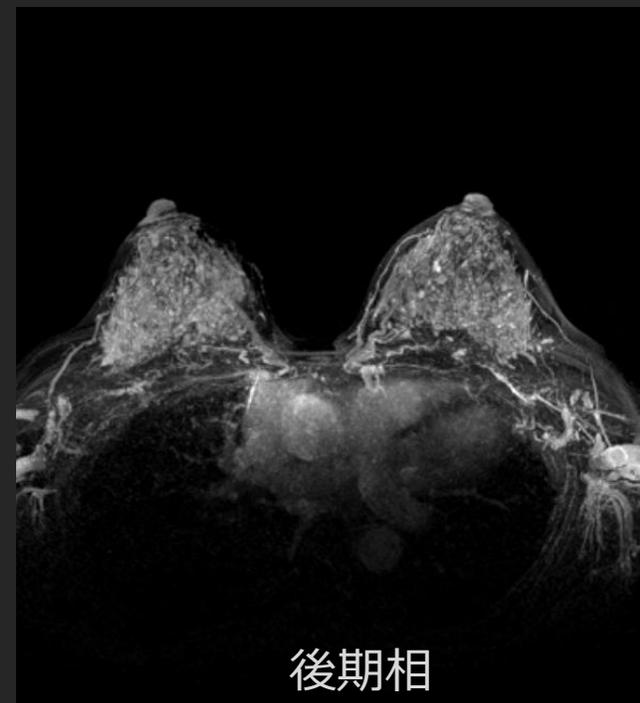
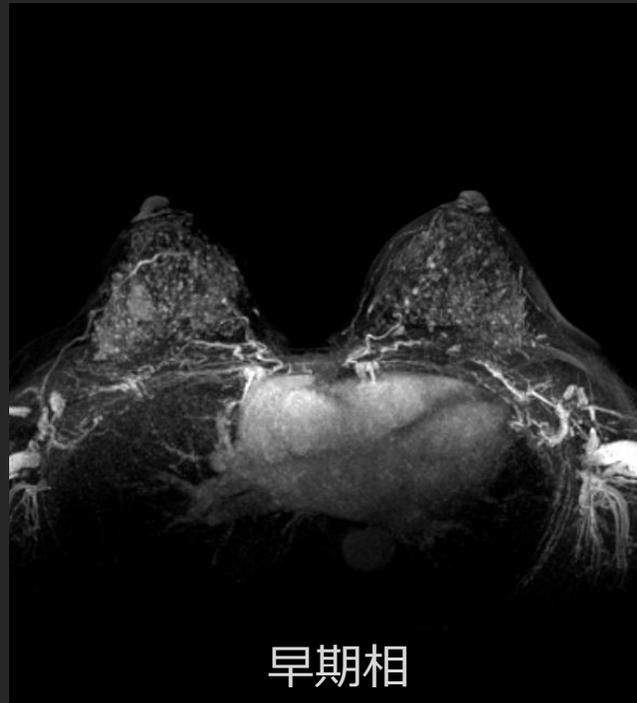
評価項目：

- BPE
- 病変があるか



Background Parenchymal Enhancement

- 緩徐に造影される乳腺実質の生理的な造影効果
- Minimal/Mild/Moderate/Markedの4段階@早期相
- 黄体期に増強



温存手術可能かどうか

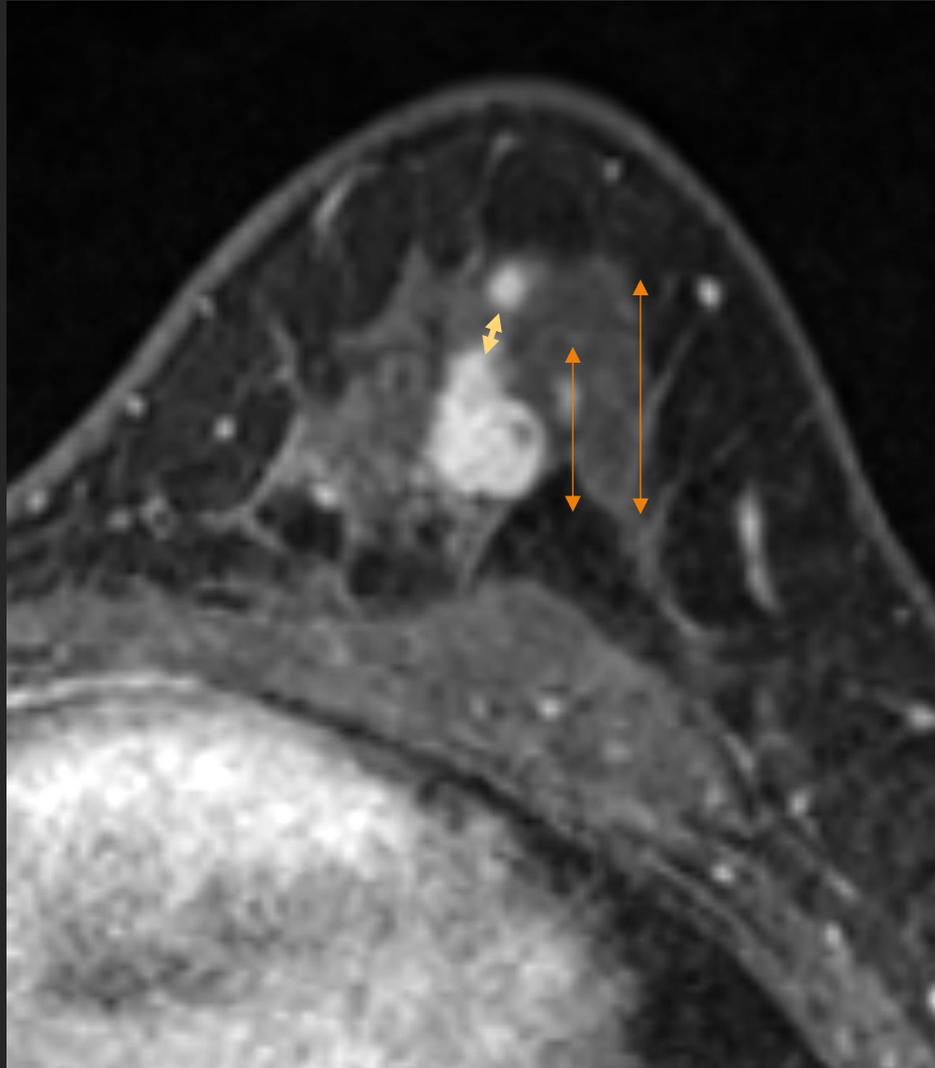
適応

- Stage I、II
- 切除断端陰性
- 良好な整容性が得られる

適応除外

- 異なる腺葉に多発
- 広範囲の進展
- 整容的に不良と想定
- 放射線治療不可
- 患者の温存希望なし

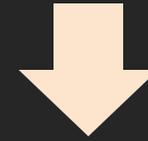
BI-RADS評価：既知の乳癌と一連か別病変か



主病変からの距離 $\leq 2\text{cm}$

病変全体のサイズ変化 $\leq 2\text{cm}$

術式への影響なし



カテゴリ-6に含める
(Additional close findings)

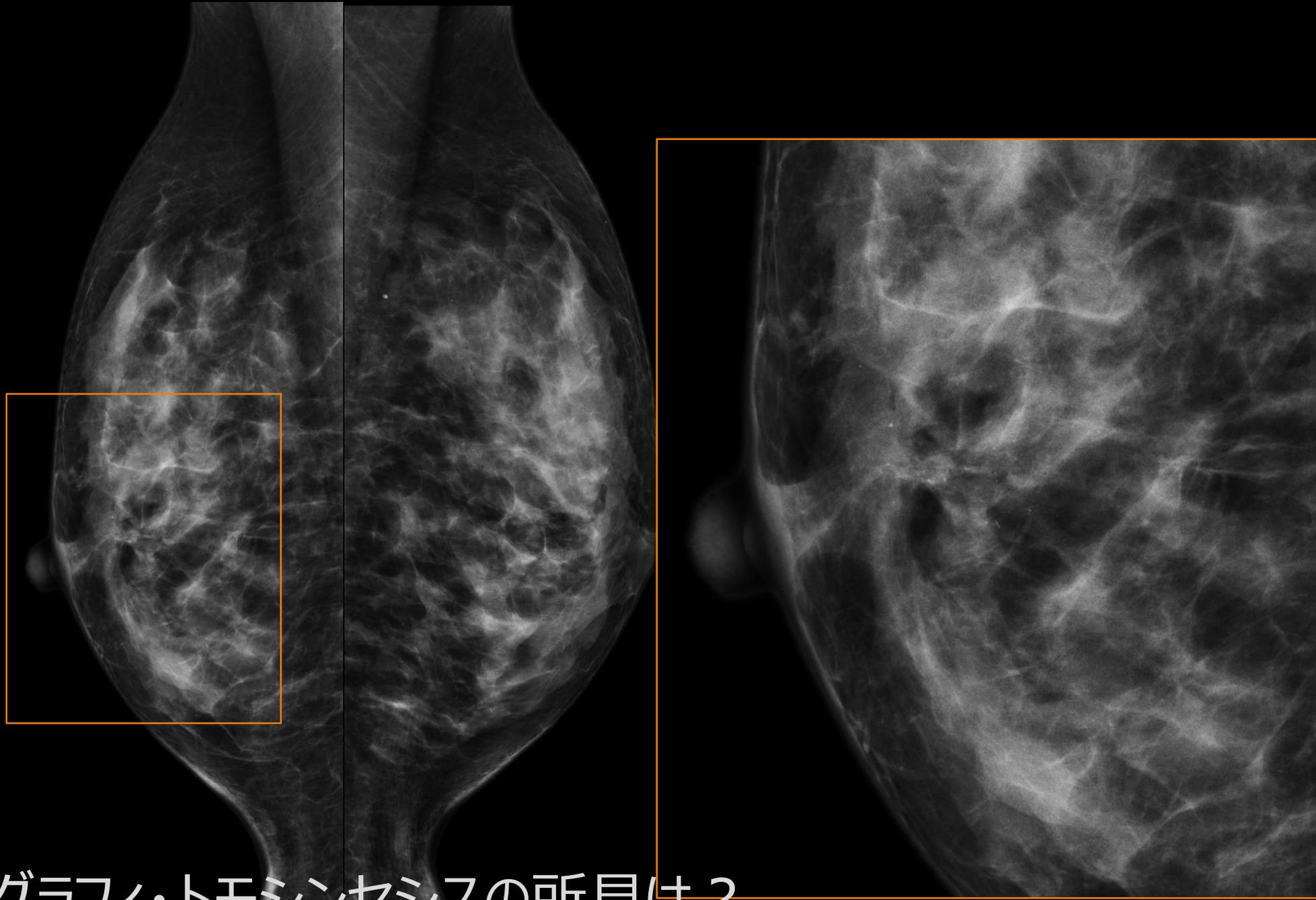


BI-RADS第6版
掲載予定

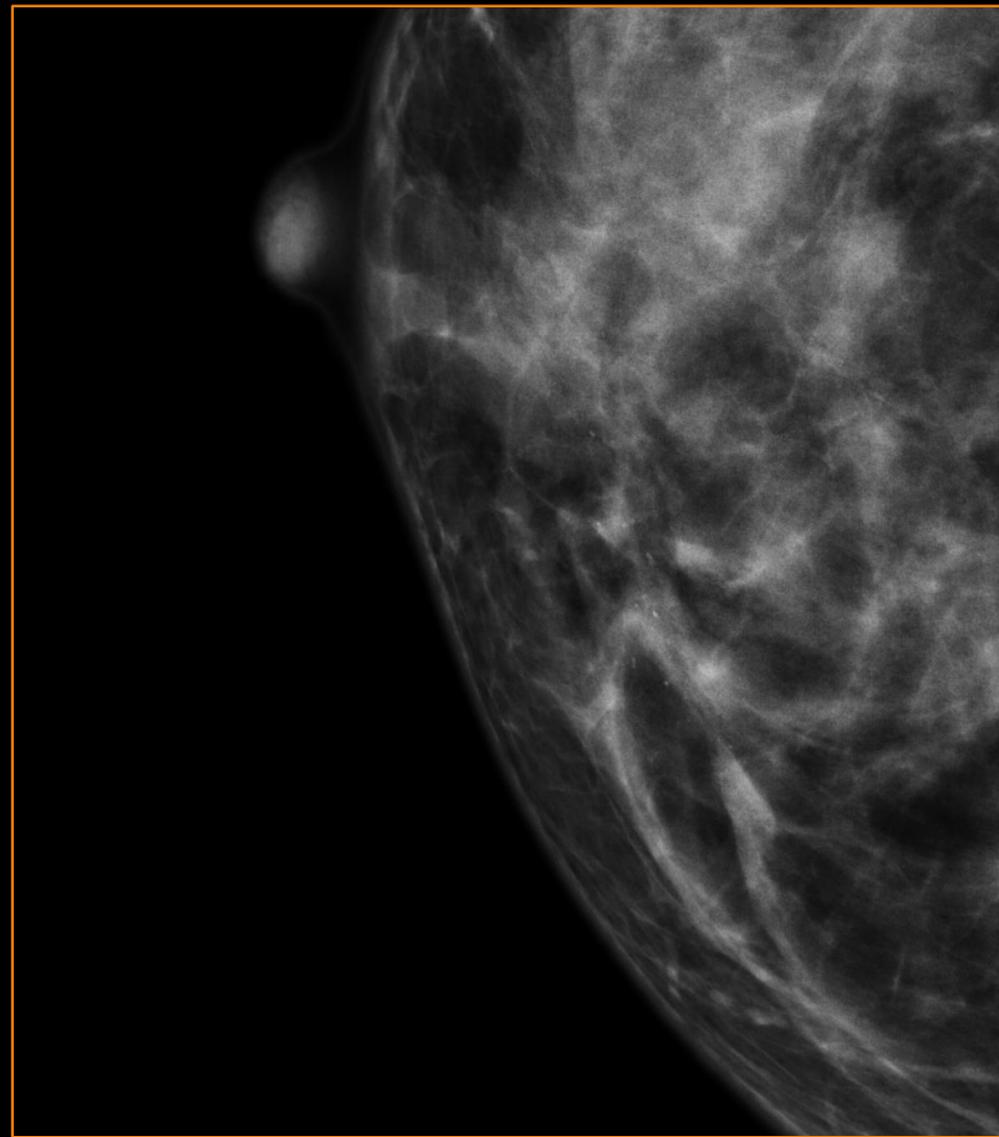
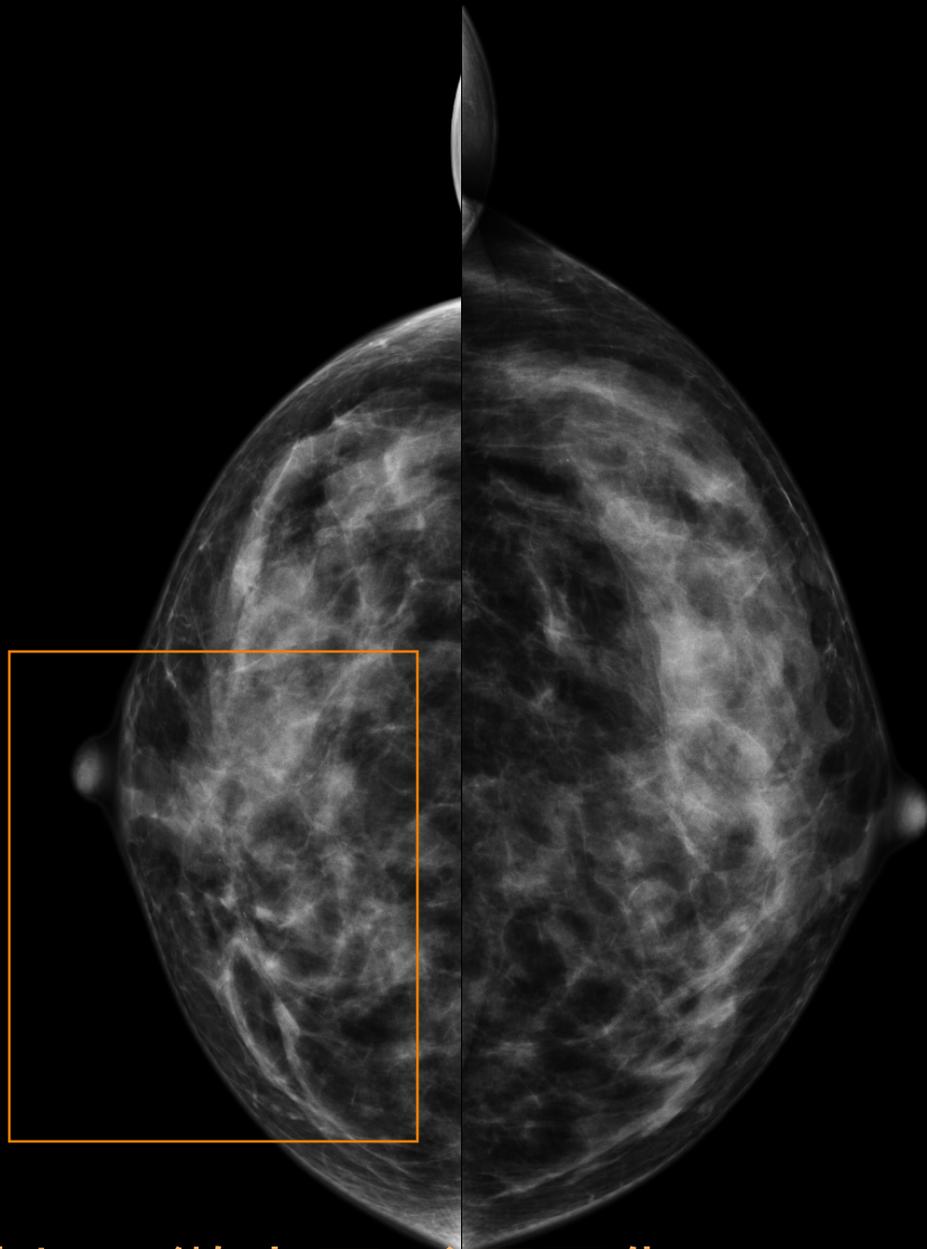
Case 2 : 30代女性 検診マンモグラフィで異常を指摘

- 既往歴 : フォンレックリングハウゼン病 (遺伝子診断未)
- HBOC家族歴 : 父方おば 70代で乳癌
- 出産歴なし

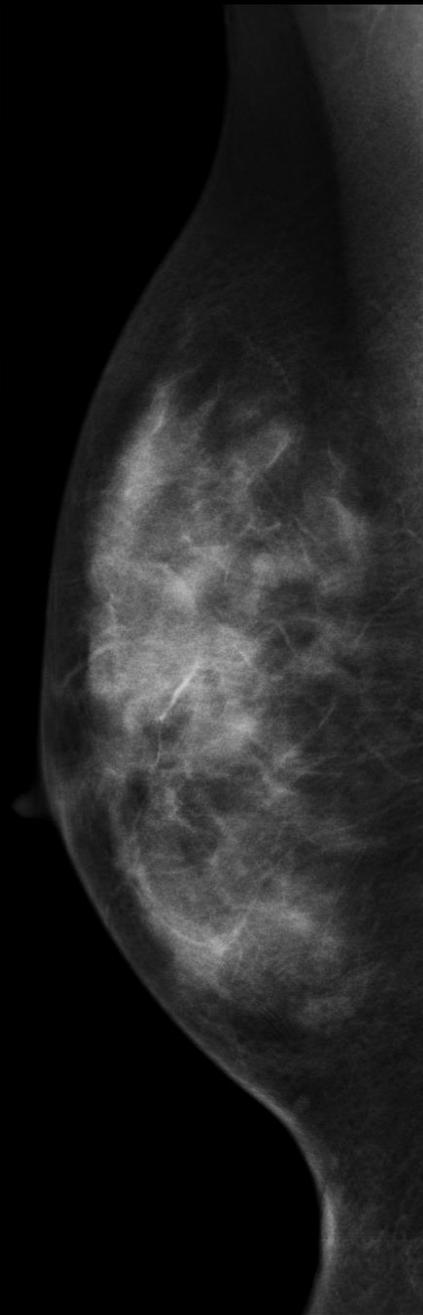
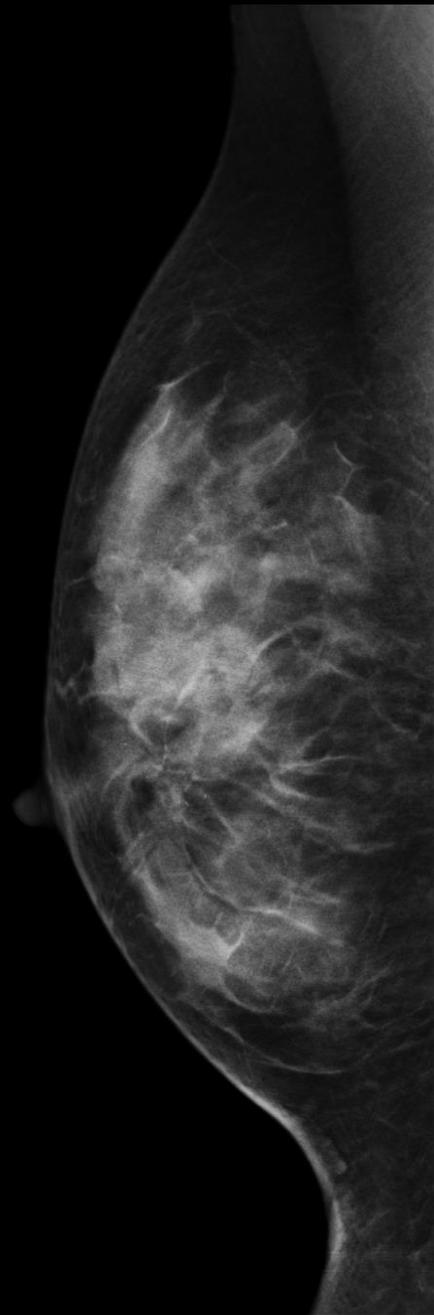
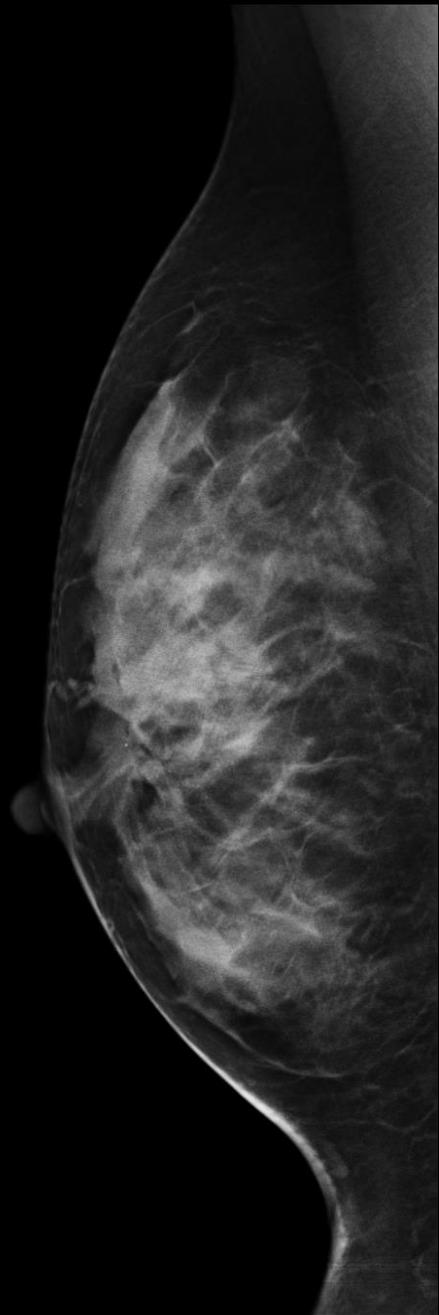
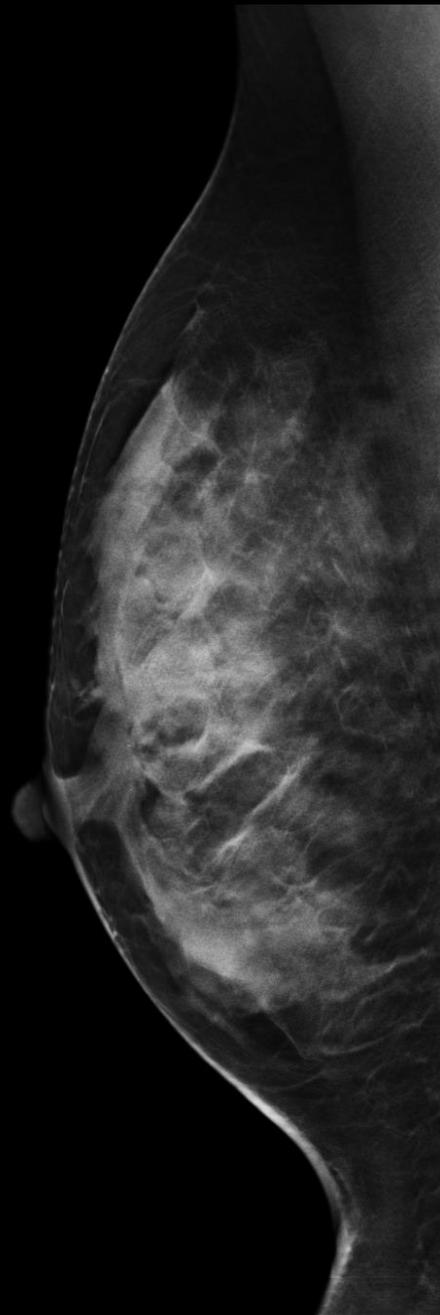
- Q2-1 : MMG、トモシンセシスの所見を述べてください。
- Q2-2 : USの所見を述べてください。
- Q2-3 : MRI早期相MIPでBPEを判定してください。
- Q2-4 : MRI早期相MIP、超早期相MIPで病変範囲を推定してください。



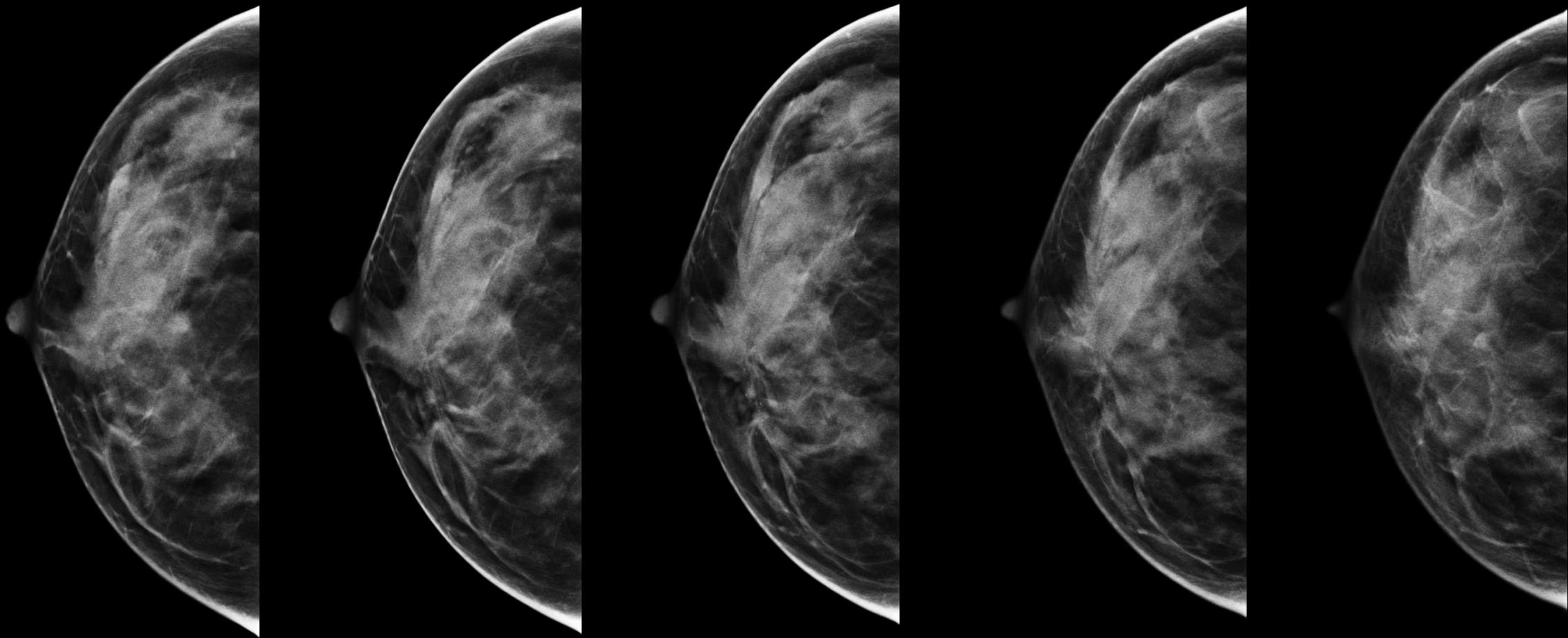
Q2-1 : マンモグラフィ・トモシンセシスの所見は？



右SMIに構築の乱れ + 微小円形石灰化
カテゴリ-4



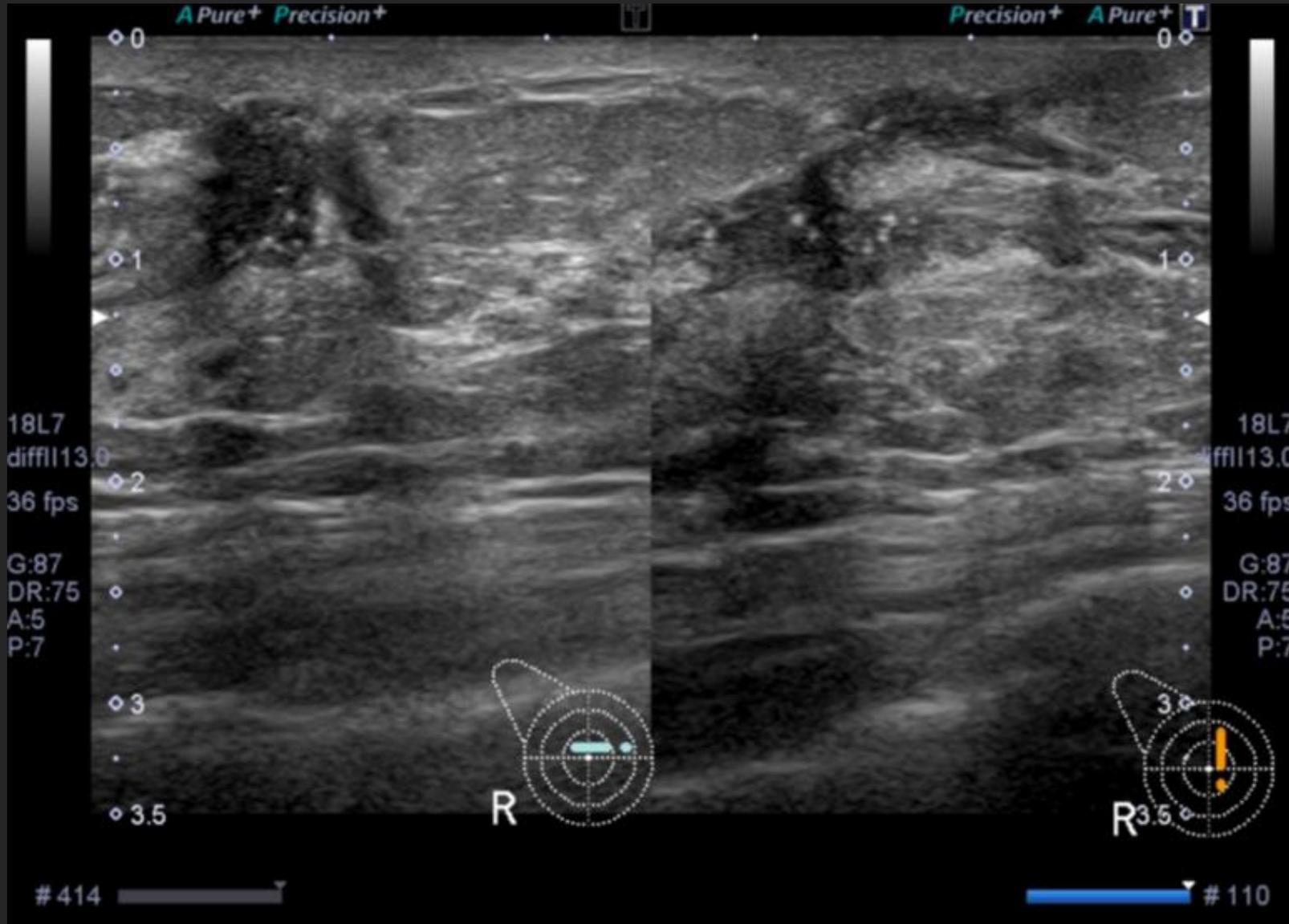
→内側

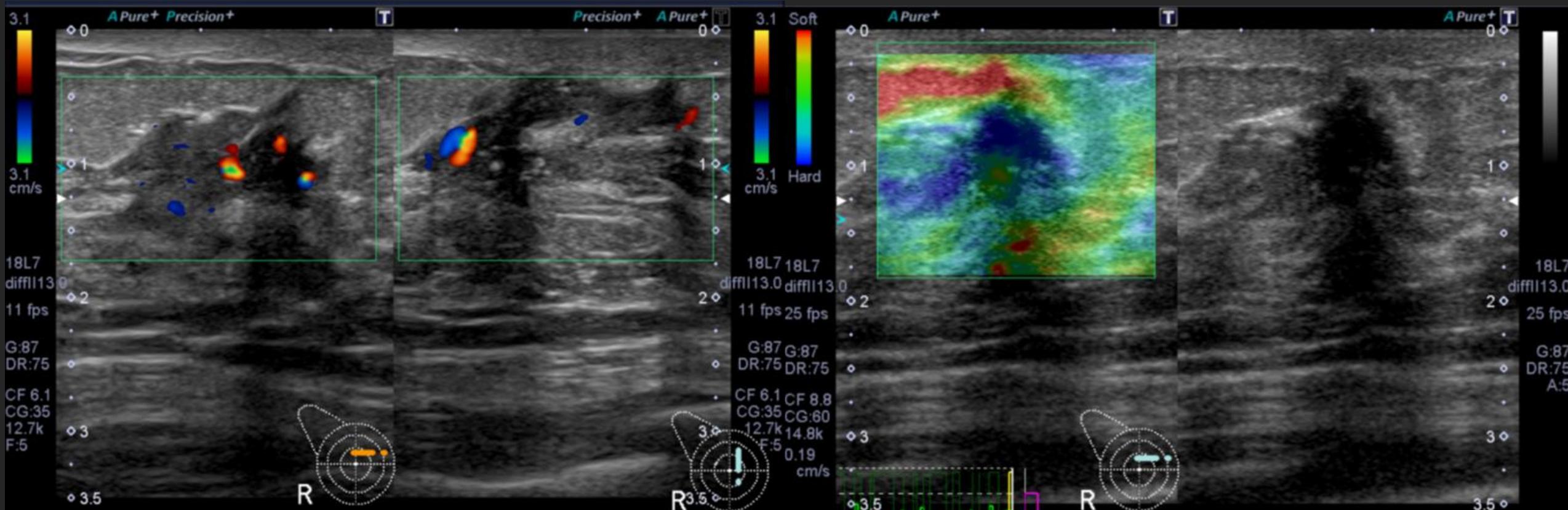


トモシンセシスでは
構築の乱れがより明瞭・石灰化の分布把握が容易

→頭側

Q2-2 : USの所見は？





右EA 2時方向に非腫瘍性病変 + 点状高エコー
 血流シグナルあり
 つくば弾性スコア4

カテゴリー 4

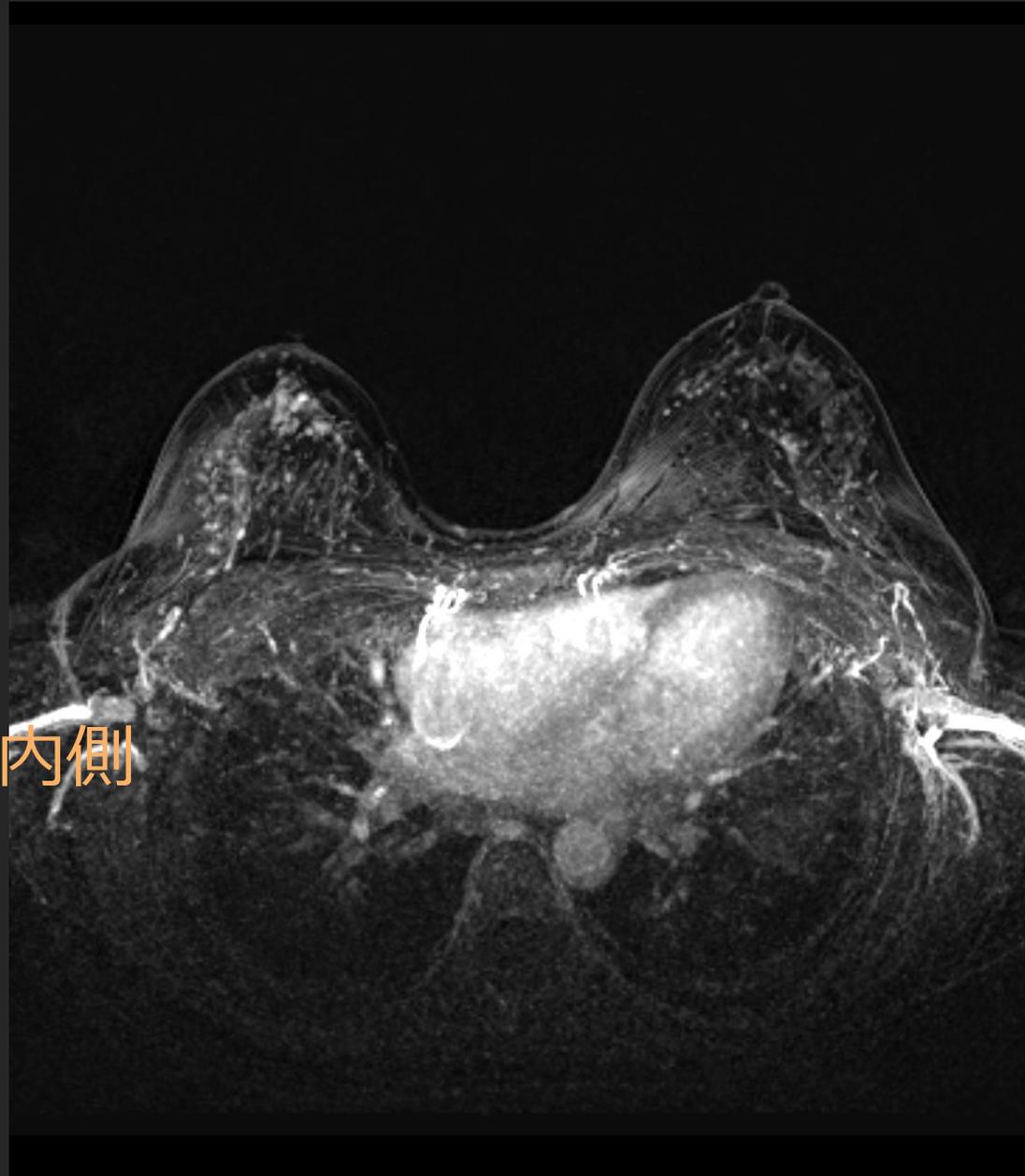
早期相 MIP

Q2-3 : BPEは？

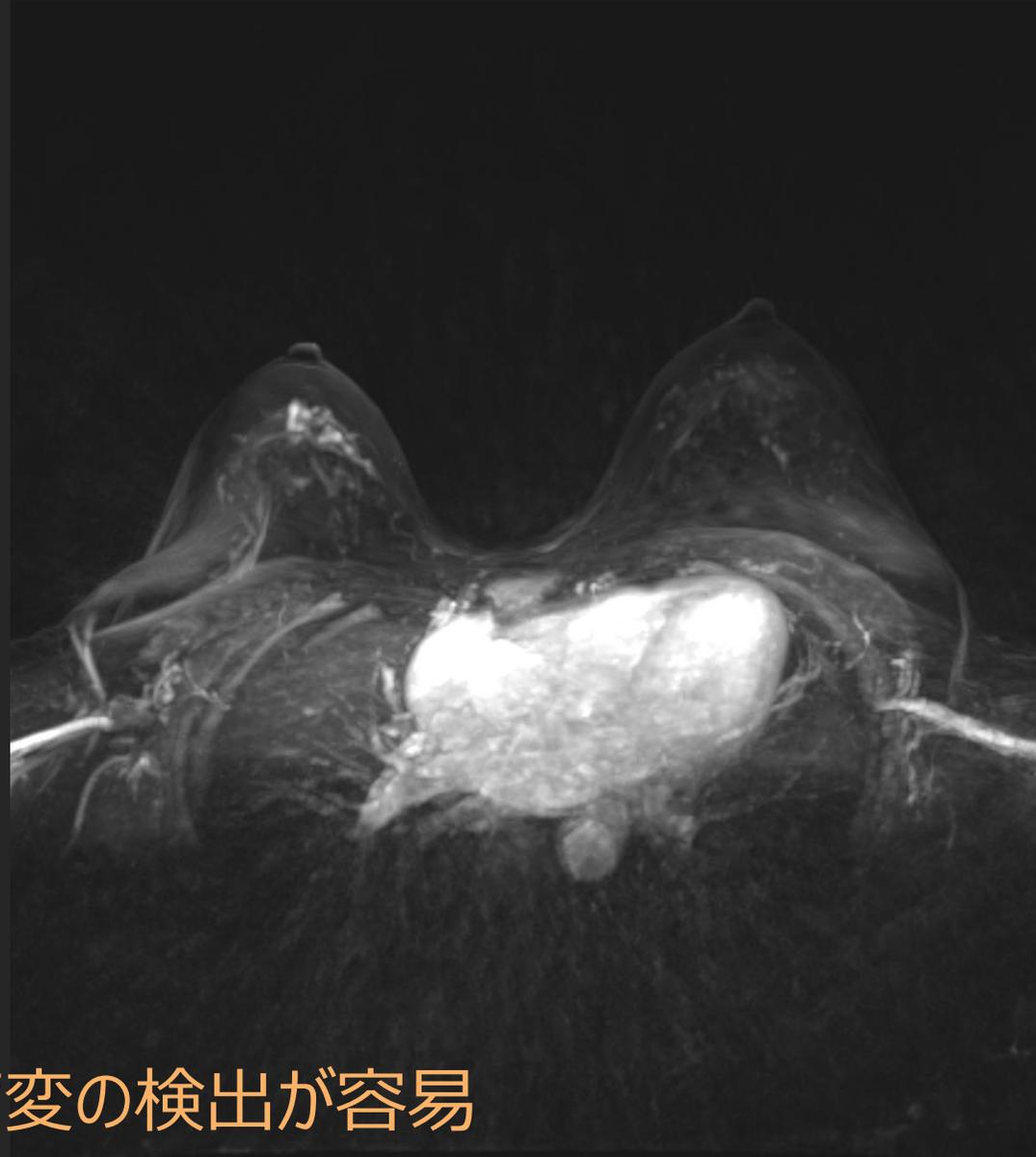
→ Mild

Q2-4 : 病変は？

→ 右乳頭下～内側

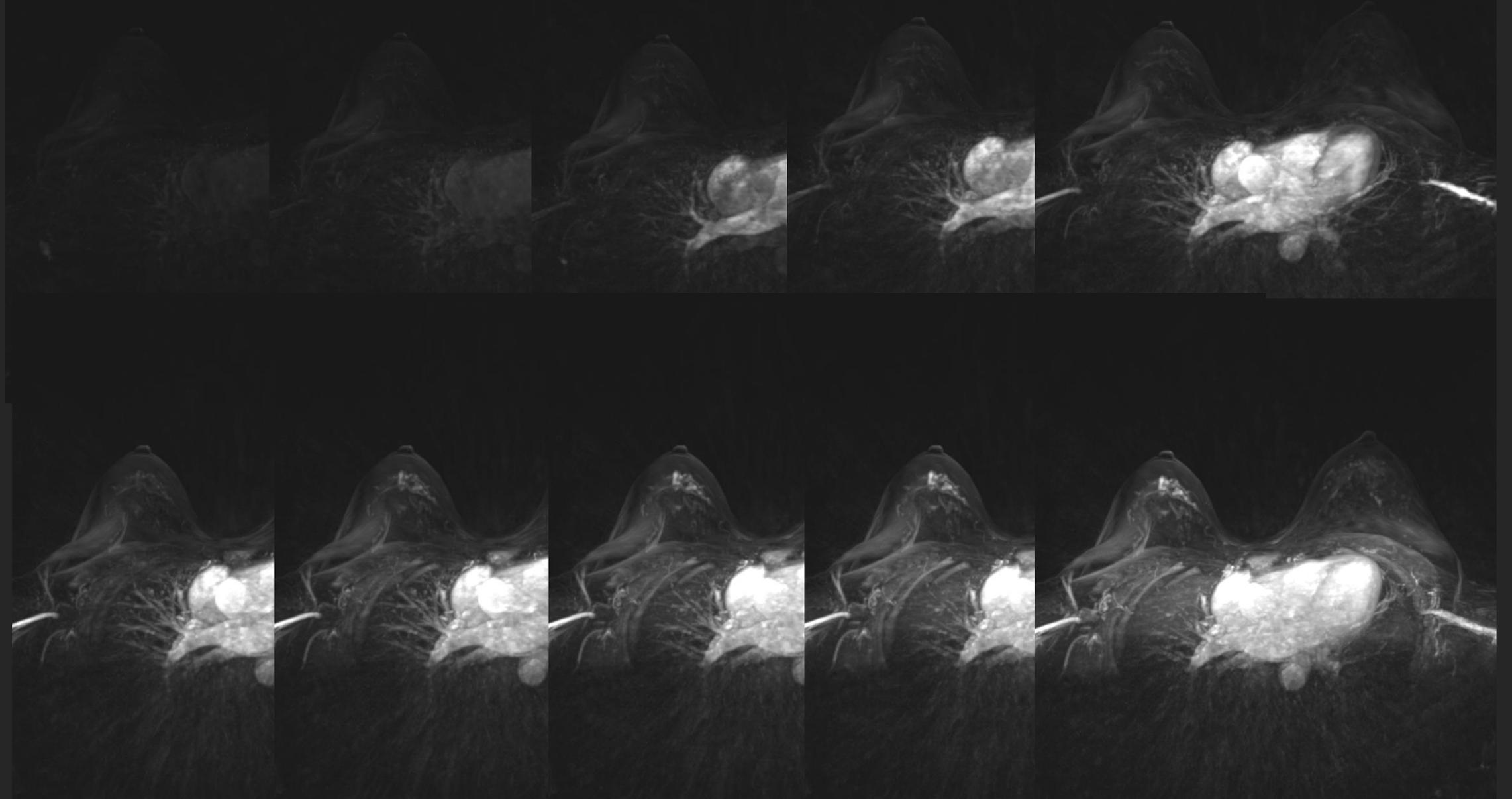


超早期相 MIP

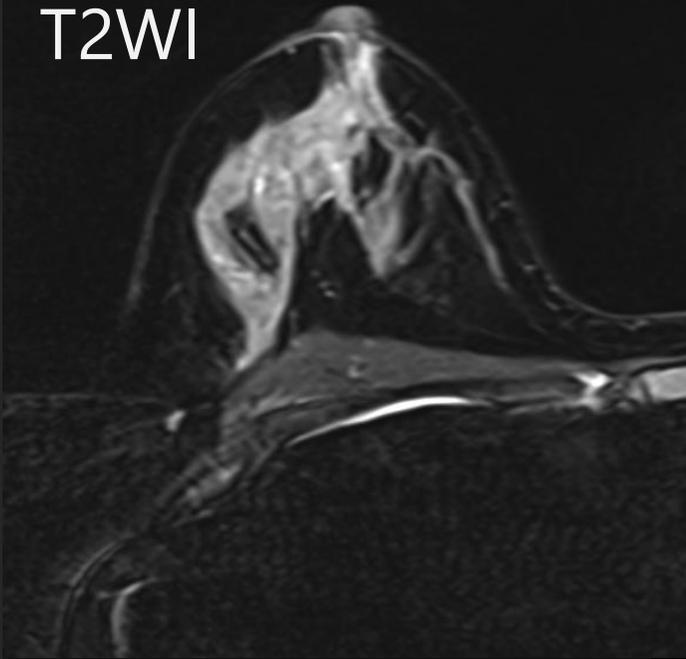


BPEが少なく、病変の検出が容易

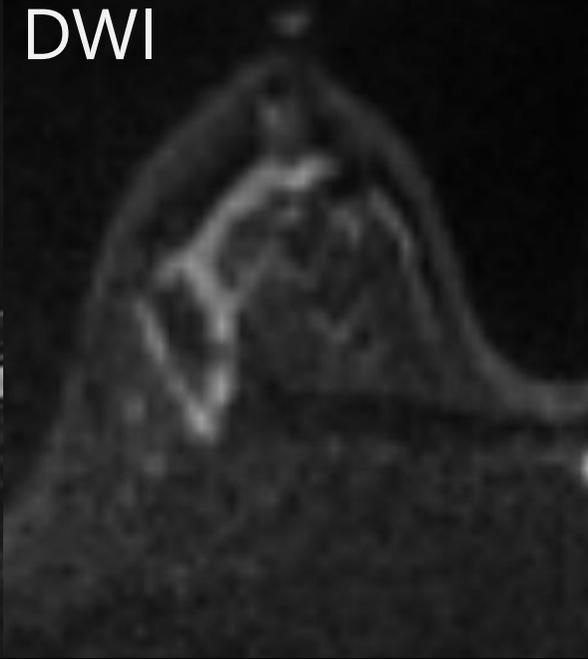
超早期相 MIP



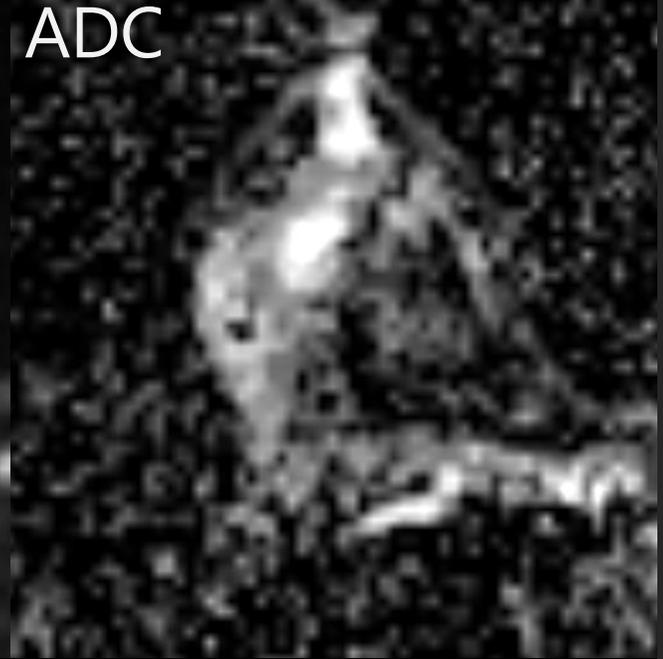
T2WI



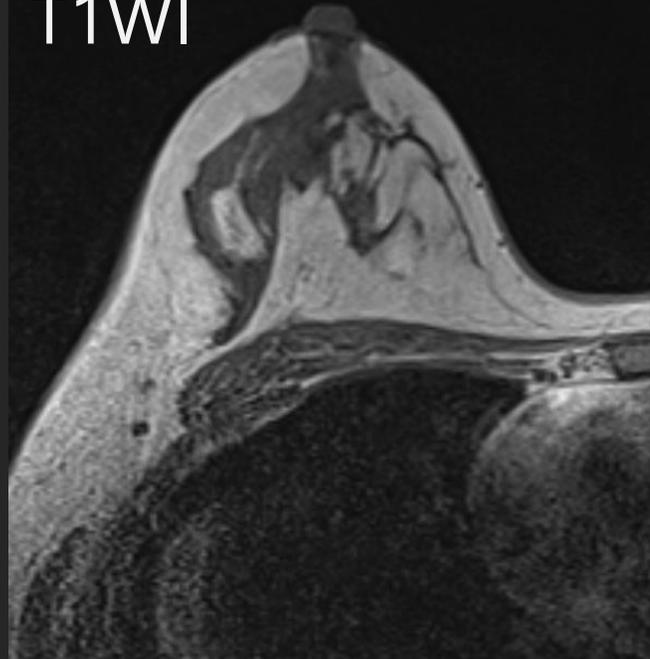
DWI



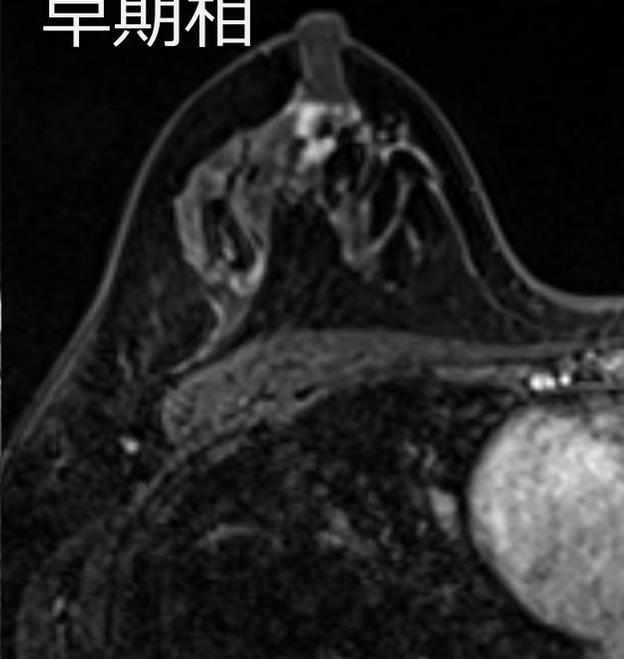
ADC



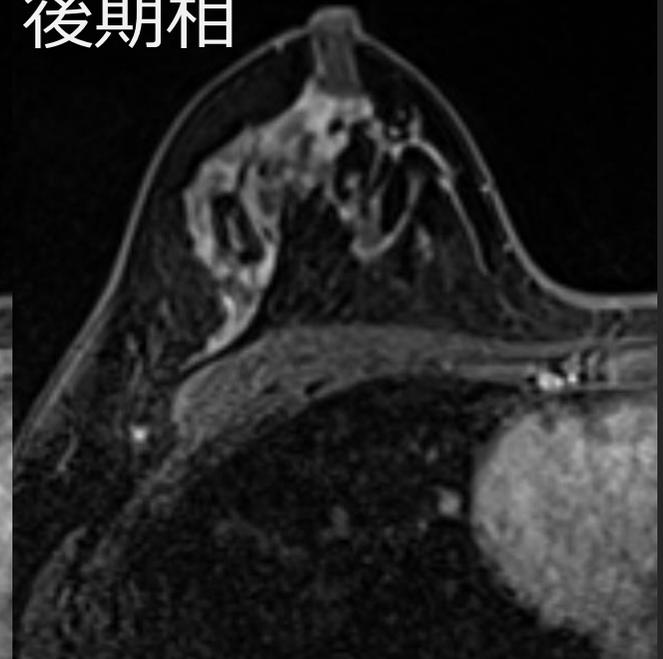
T1WI



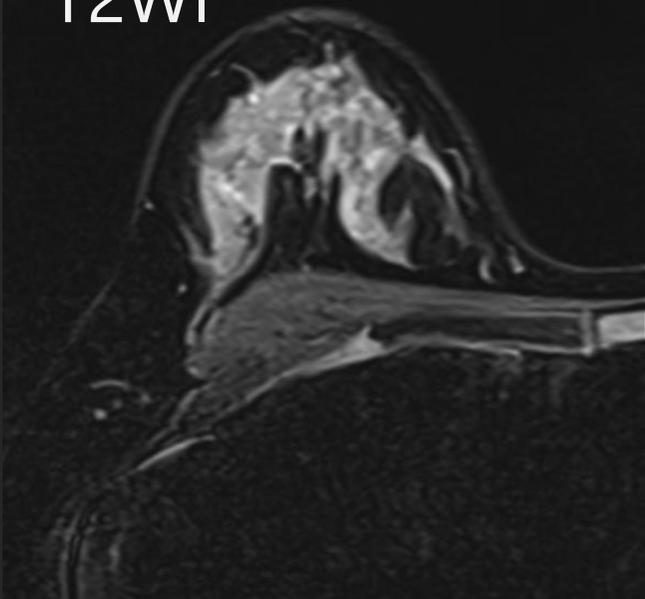
早期相



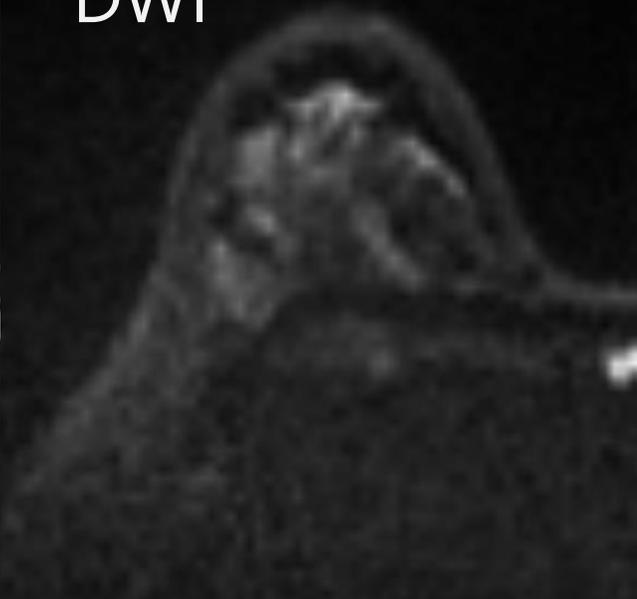
後期相



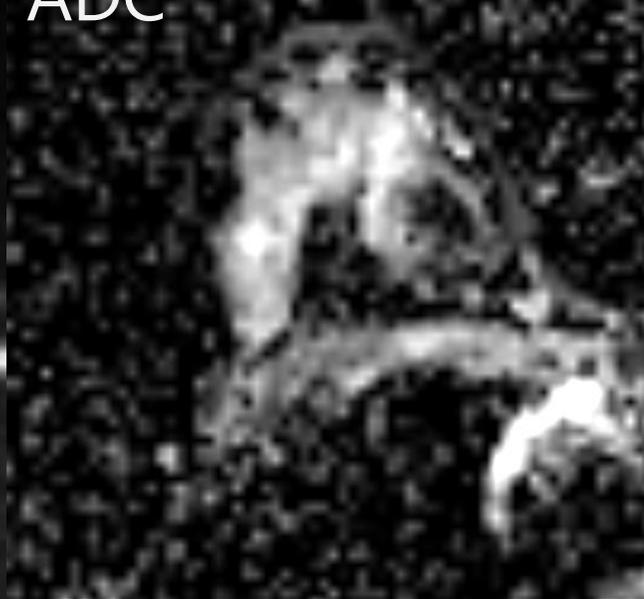
T2WI



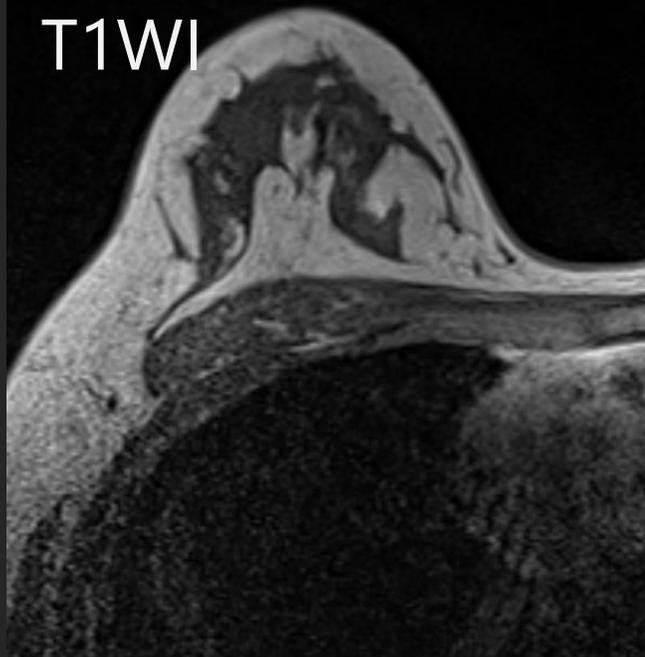
DWI



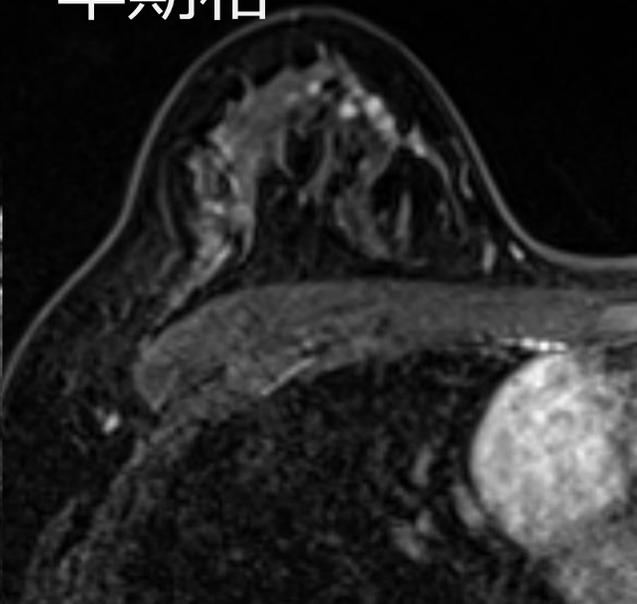
ADC



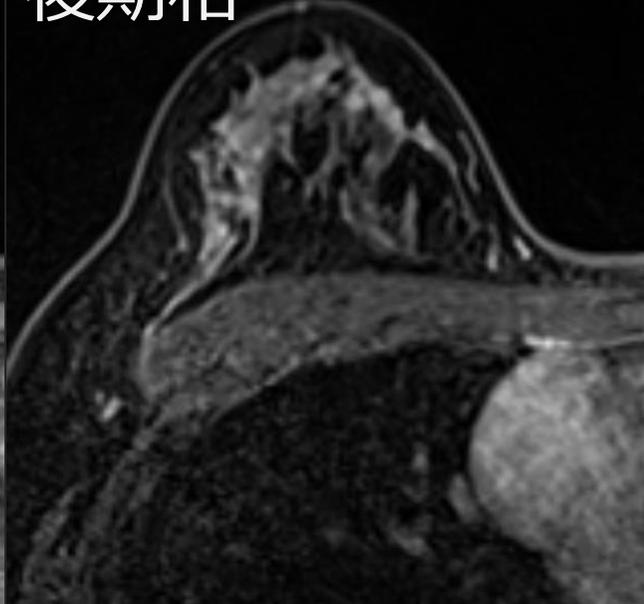
T1WI



早期相



後期相



病理

• 右乳房全切除術施行



Breast, right, total mastectomy:

- Invasive breast carcinoma of no special type.

Histological grade: Grade 2 (3-2-1)

Tumor size: 9 mm in greatest dimension

Lymphovascular invasion: Not identified

Margin: Negative

Stage (UICC 8th): pT1b

Immunohistochemistry:

ER: Positive (80%)

PR: Positive (70%)

HER2: Equivocal (score 2+)

Ki-67 labeling index: 13.0% (65/500)

Lymph node, excision:

- No evidence of malignancy (0/1).

Case2 : トモシンセシス、超早期相が病変範囲評価に役立った一例

Point :

- トモシンセシスについて
- 超早期相について

トモシンセシスについて

・2024年6月診療報酬改定

E002 撮影

4 乳房撮影（一連につき）

イ アナログ撮影 192点

ロ デジタル撮影 202点

注5 乳房撮影（一連につき）について、乳房トモシンセシス撮影を行った場合は、乳房トモシンセシス加算として、100点を所定点数に加算する。

・2025年（予定）BI-RADS第6版でガイダンスチャプターの新設

トモシンセシスについて

CQ3 診断マンモグラフィにおいて乳房トモシンセシスを追加することは推奨されるか？

3. 診断—①精密検査

推奨

●乳がん検診要精検症例や症候例に対して行う診断マンモグラフィにおいて乳房トモシンセシスを追加することを弱く推奨する。

推奨の強さ：2，エビデンスの強さ：弱，合意率：88%（42/48）

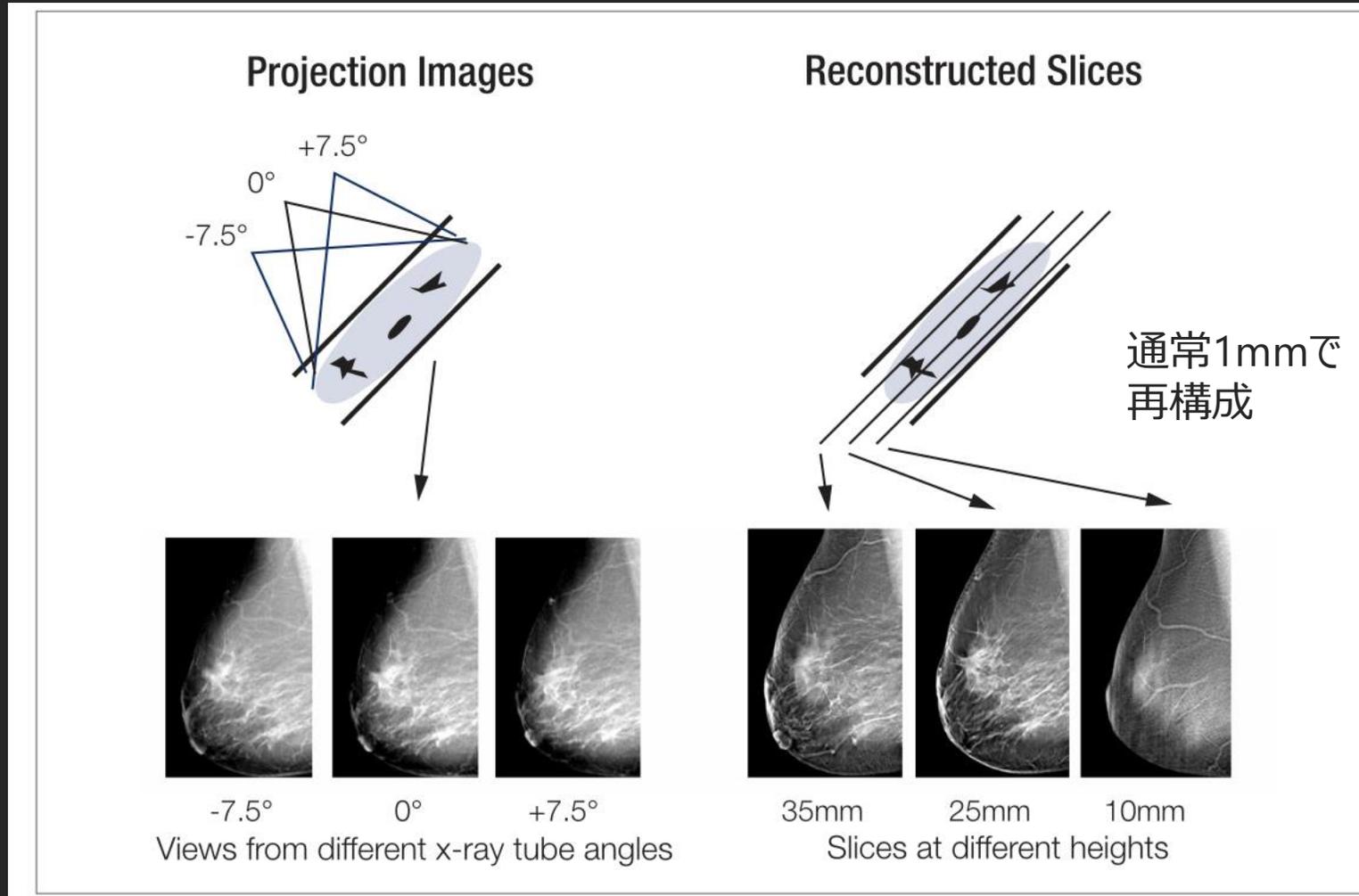
推奨におけるポイント

■「診断マンモグラフィ」は精密検査施設受診時に超音波検査の前に行われると想定される。この際、「検診マンモグラフィ」と同じ2Dのマンモグラフィよりも、内部構造、病変位置が正確に把握できる乳房トモシンセシスにより、超音波検査の前に多くの情報が得られ、超音波の診断精度も向上することが期待されるが、撮影時間増加、サーバー設置等、施設側の負担もある。

マンモグラフィのみに比べ

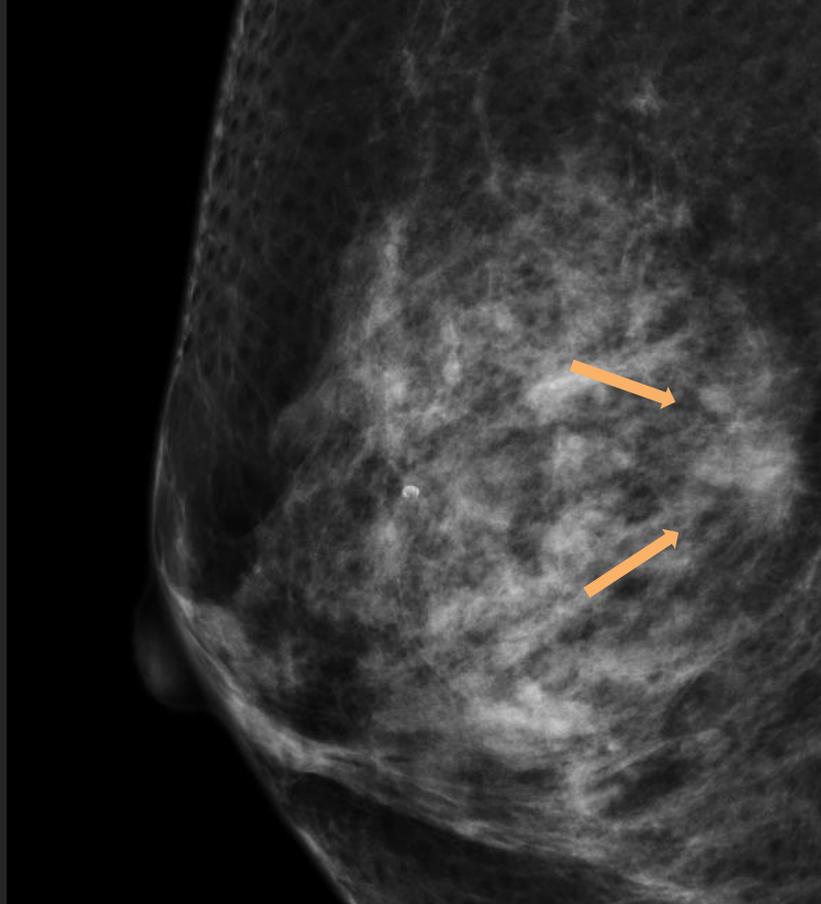
- ・感度↑ 特異度↑ 偽陽性率↓
- ・読影時間 ↑
- ・被ばく量 ↑
(単独では同等～やや低)

トモシンセシスについて

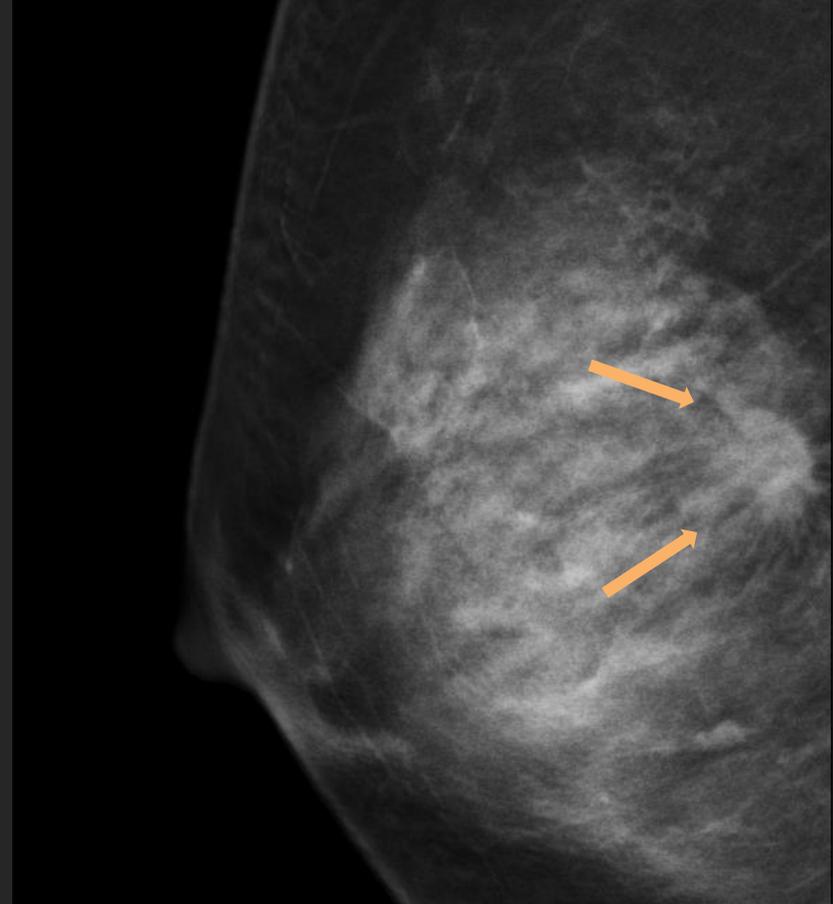


Tomography
+
Synthesis

腫瘍と乳腺との重なりを減らす

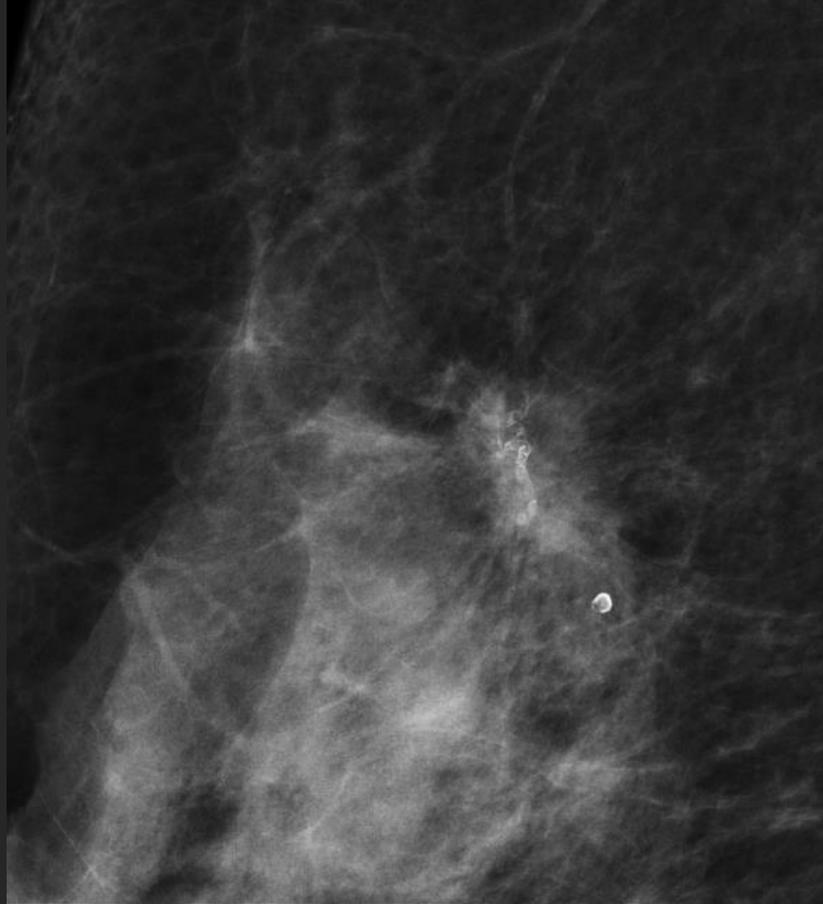


マンモグラフィ



トモシンセシス

スピキュラの描出



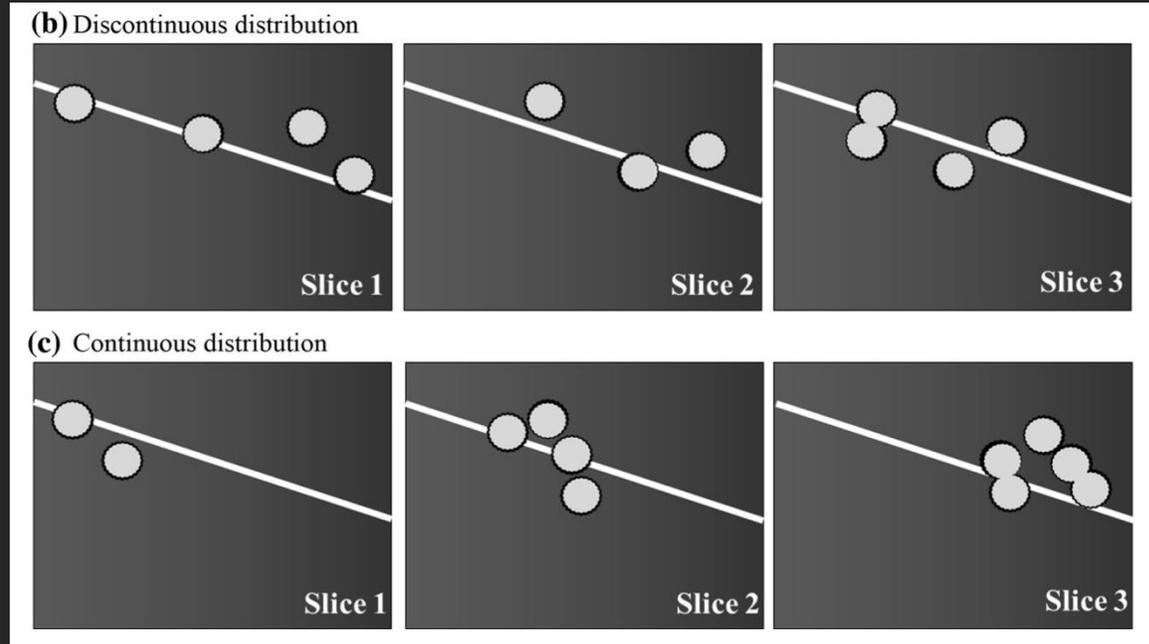
マンモグラフィ



トモシンセシス

石灰化の分布

トモシンセシスでの区域性石灰化の細分化



Kuwabara N, et al. Radiol Phys Technol 2020

石灰化の描出：

トモシンセシス合成2D画像 > デジタルマンモグラフィ

Baldelli P, et al. Eur J Radiol 2021

Ultrafast MRI (超早期相)

ダイナミック造影 (脂肪抑制T1WI)

T2WI

DWI

非脂肪抑制
T1WI

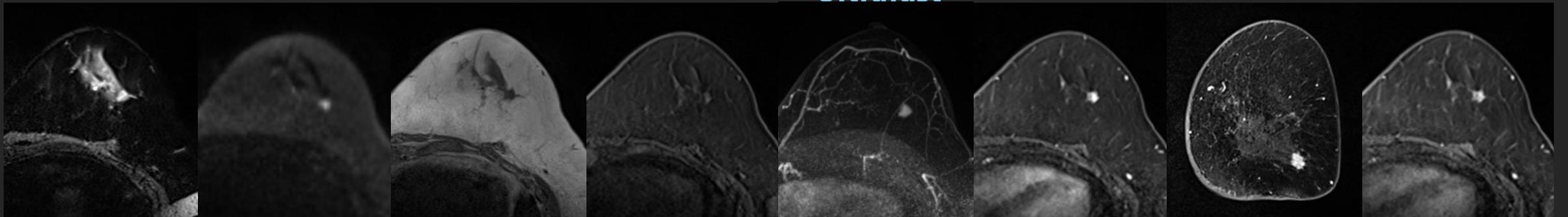
Pre

早期相

後期相

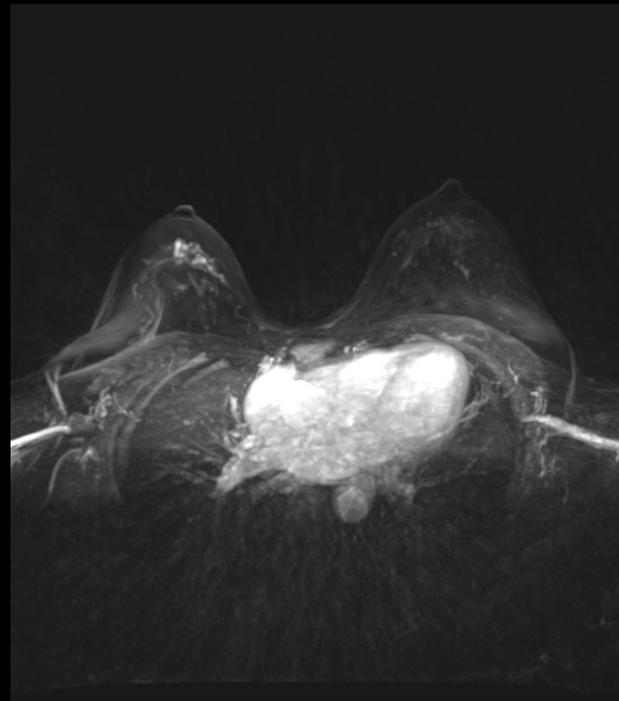
Ultrafast

高空間分解能

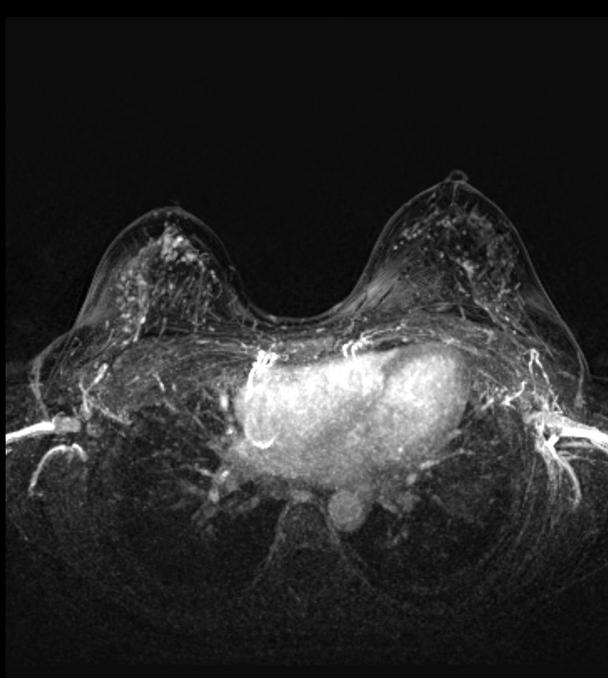


Ultrafast MRI (超早期相)

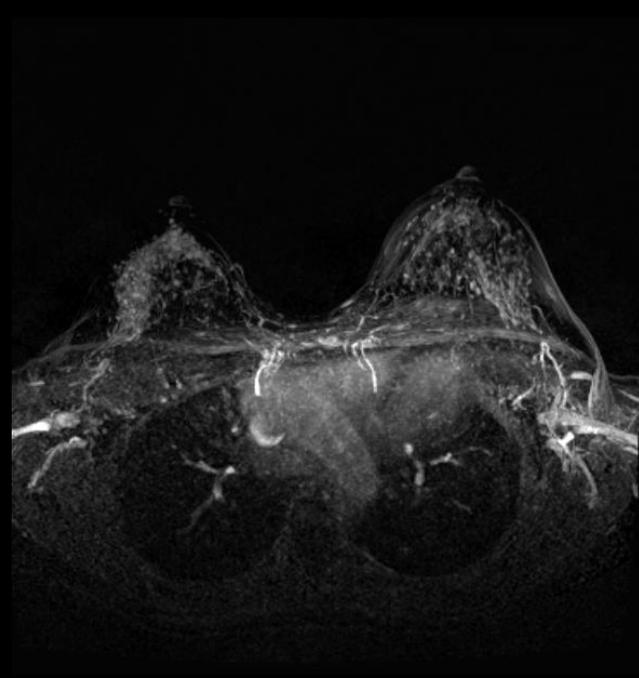
- 時間分解能数秒、造影直後に繰り返し撮像
- BPEが強い症例などで病変検出に有効なことがある



Ultrafast MRI



早期相



後期相

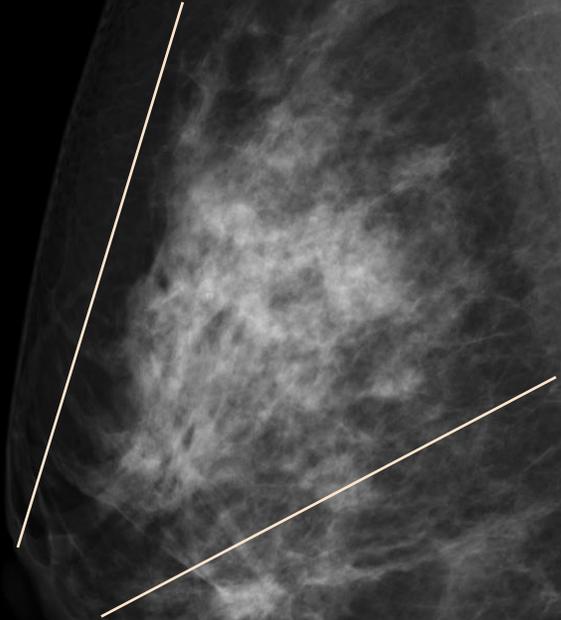
Case 3: 50代女性 検診USで異常を指摘

- 既往歴：なし
- HBOC家族歴：なし
- 未閉経、妊娠・出産歴なし

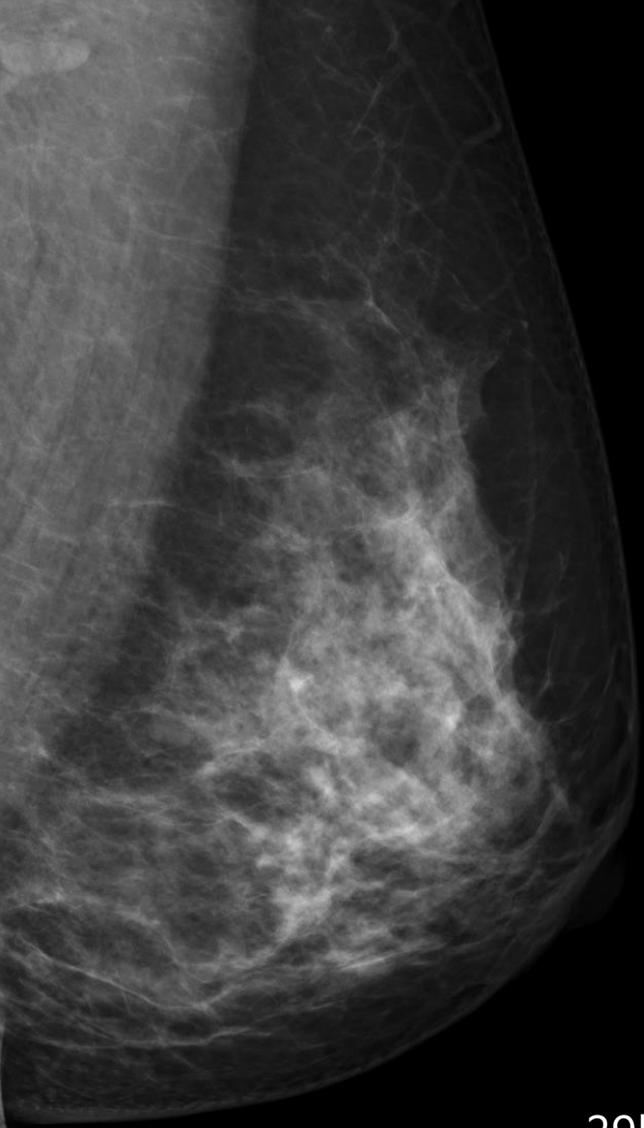


- Q3-1：MMGの所見を述べてください。
- Q3-2：MRI早期相MIPでBPEを判定してください。
- Q3-3：MRI早期相MIPで病変を指摘してください。
- Q3-4：MRIから乳頭温存は可能でしょうか？

R_{MLO}



L_{MLO}



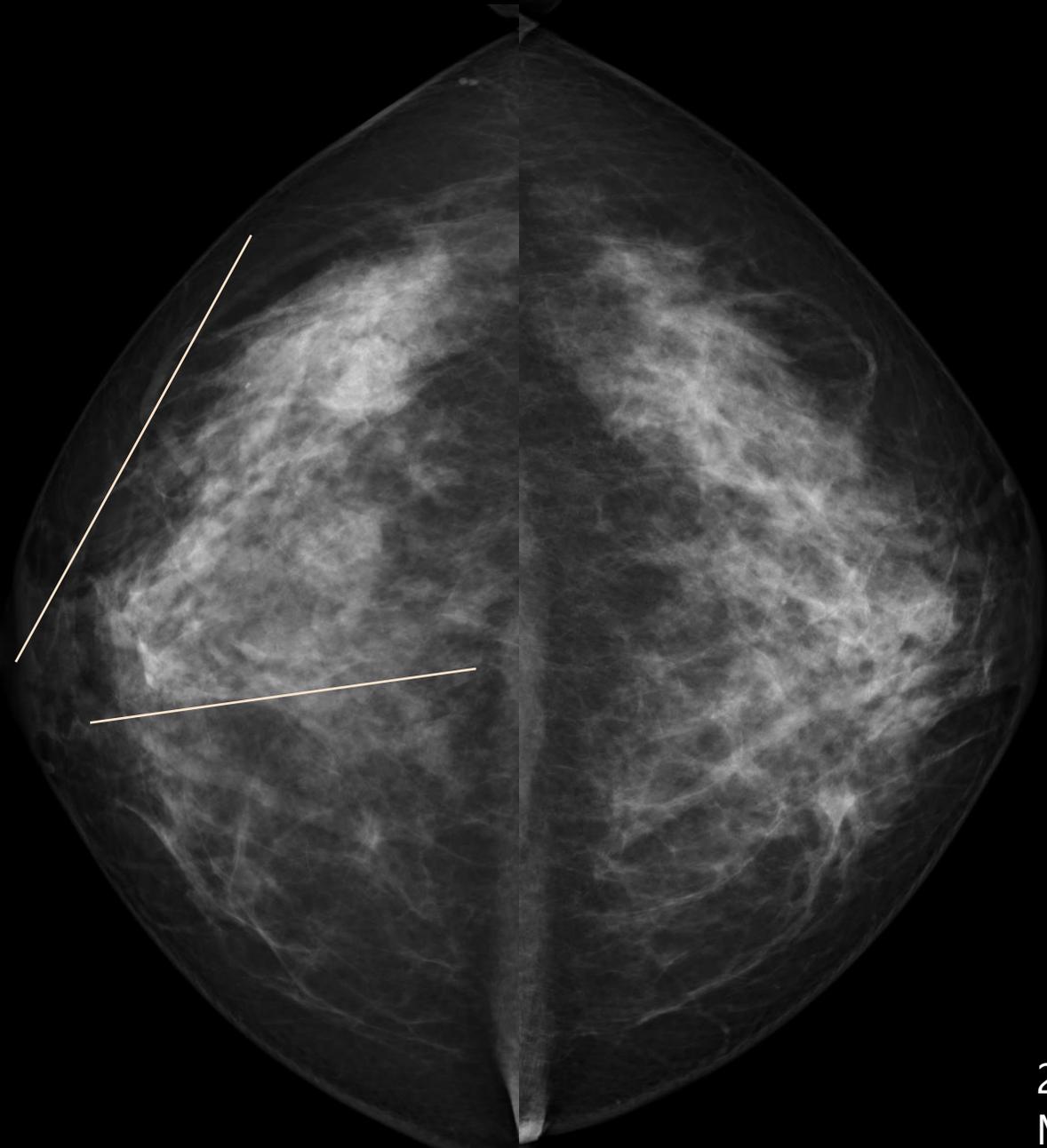
29kV 106mAs 2.87mGy
Mo/Rh

29kV 96mAs 2.60mGy
Mo/Rh

Q3-1 : マンモグラフィの所見は ?

R cc

L cc



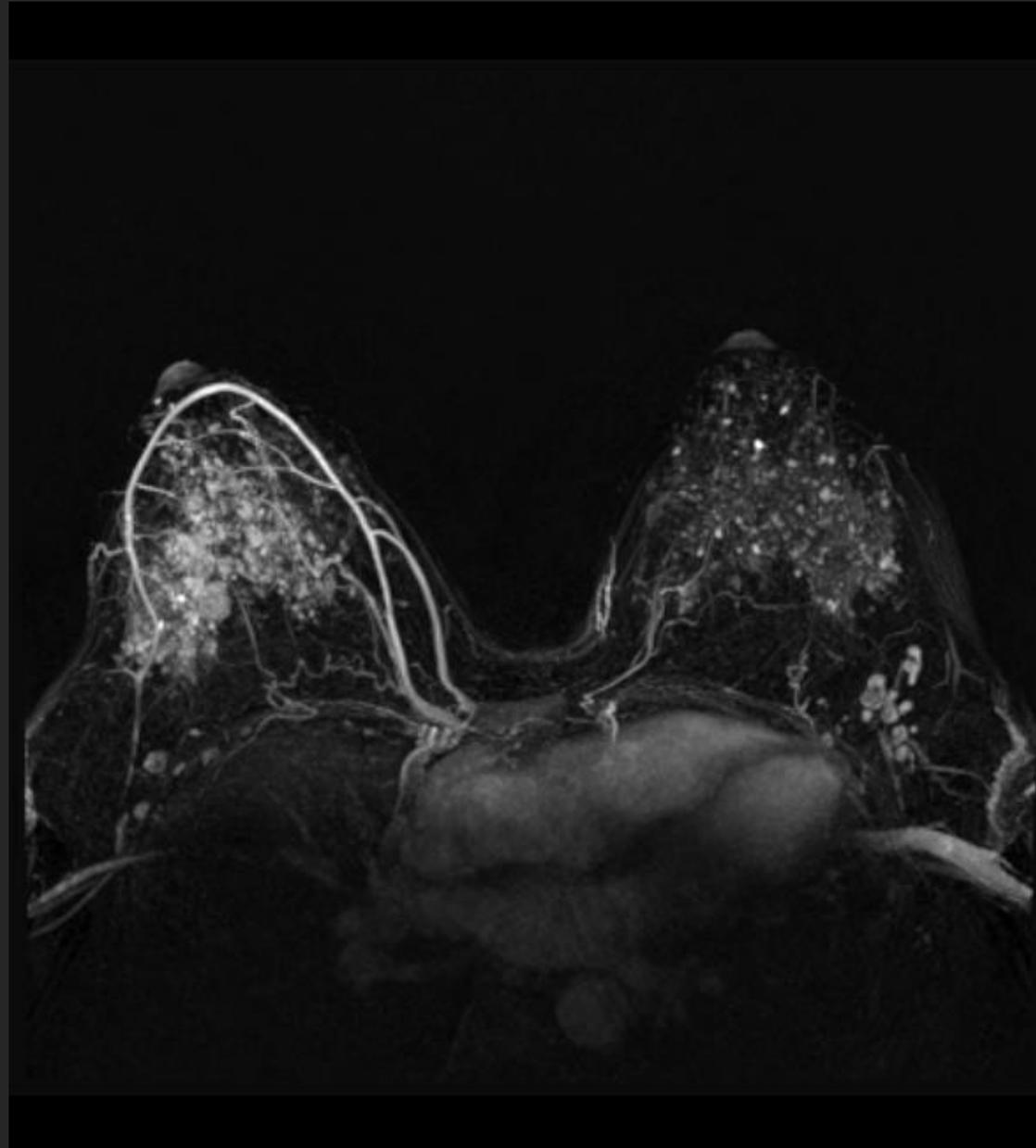
30kV 102mAs 1.04mGy
Mo/Rh

29kV 96mAs 2.60mGy
Mo/Rh

右MOに区域性濃度上昇 カテゴリー4

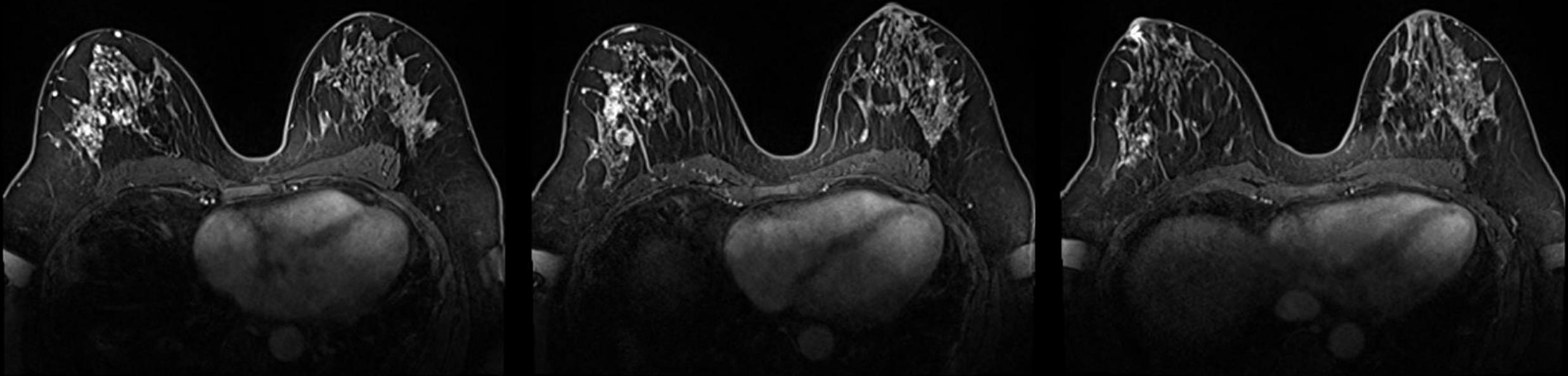
早期相 MIP

- Q3-2 : BPEは？
→ Moderate
- Q3-3 : 病変は？
→ 右広範囲

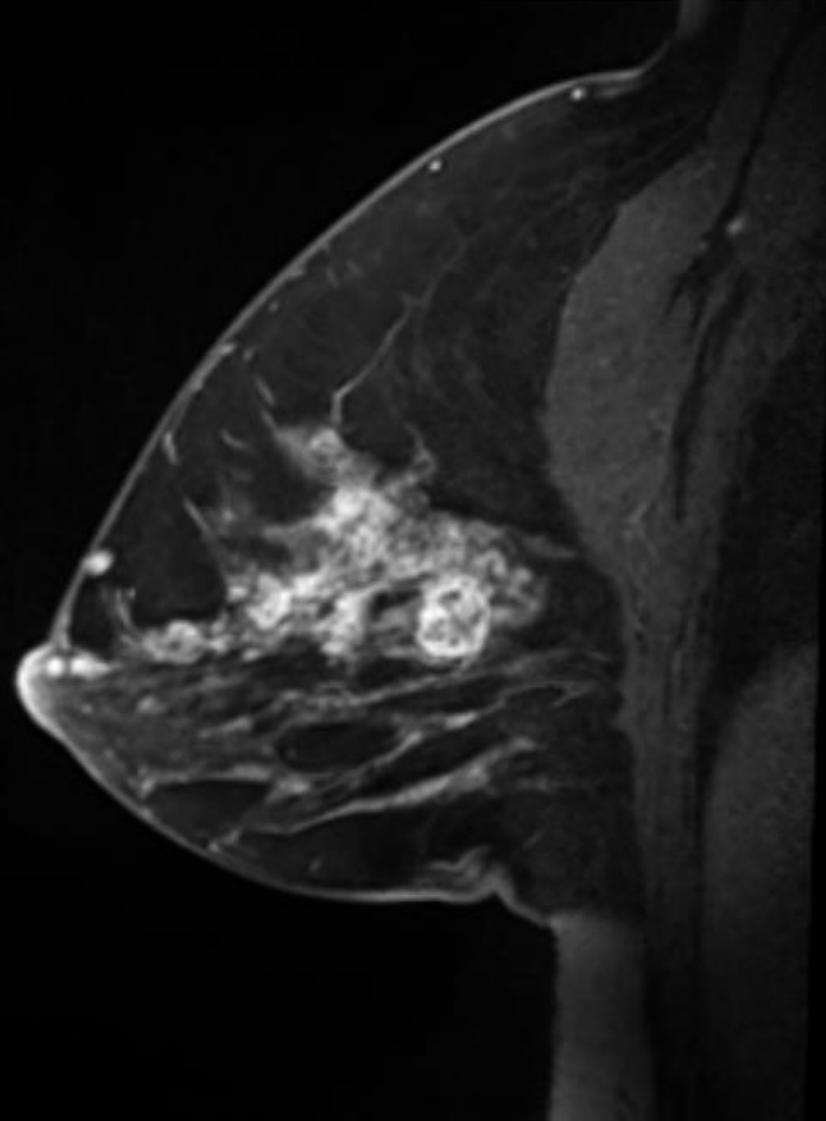
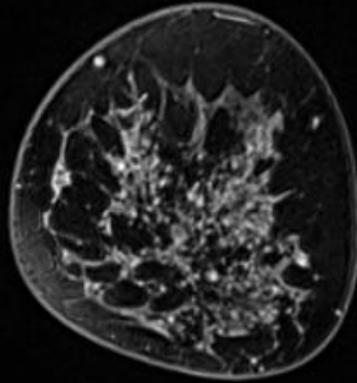
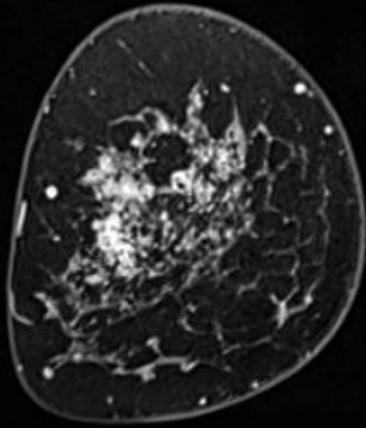


VAB : 粘液癌 ER>95%, PgR 20%, HER2 2+, DISH陰性, MIB-1 20.4%

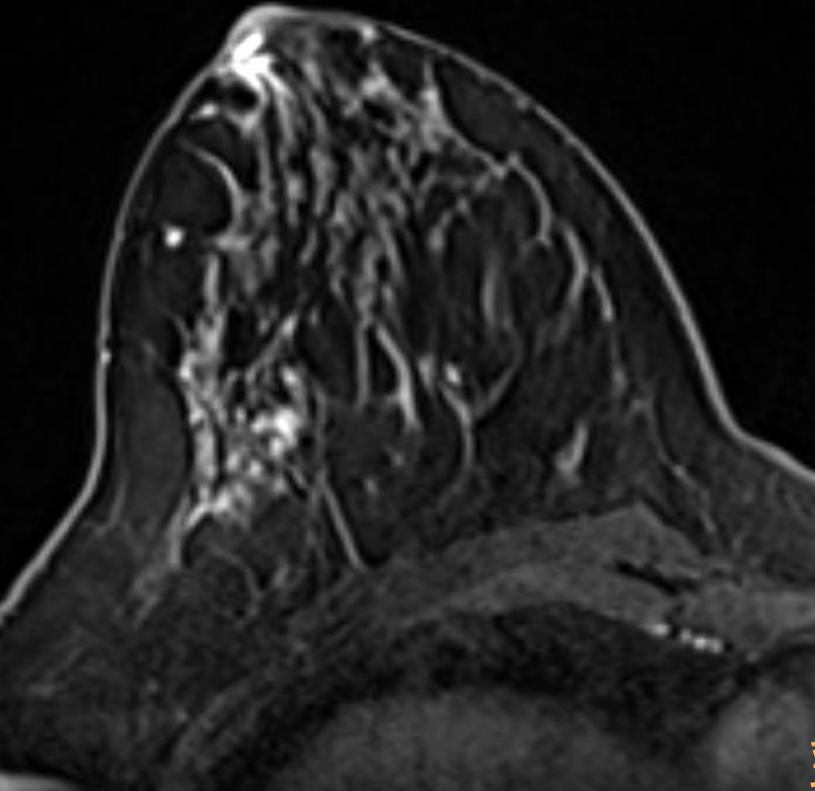
Q3-4 : 乳頭は温存できる？



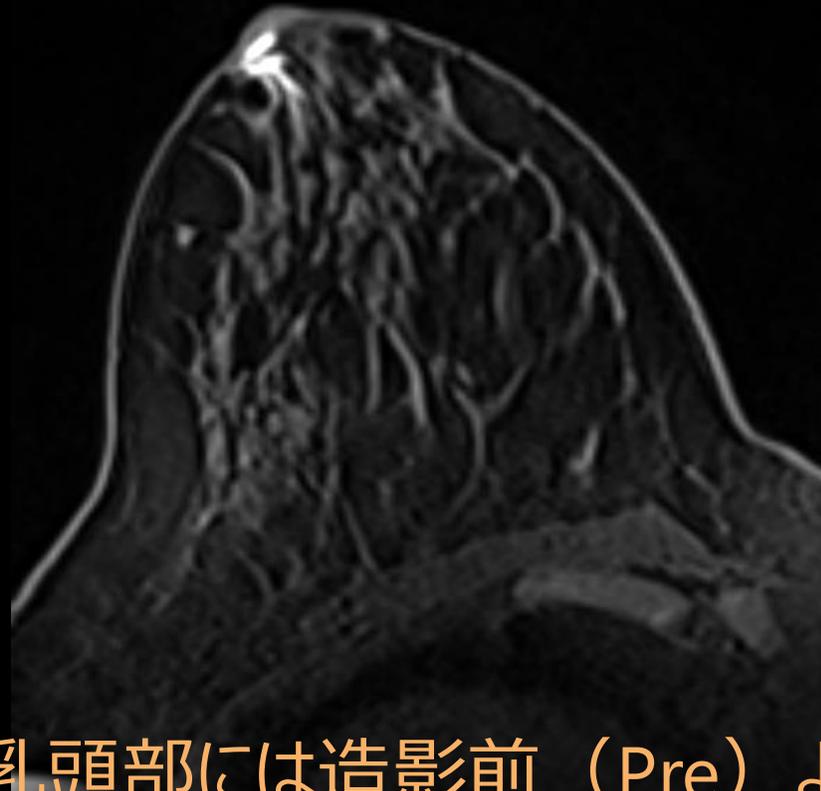
高空間分解能MRI (造影後2-5分)



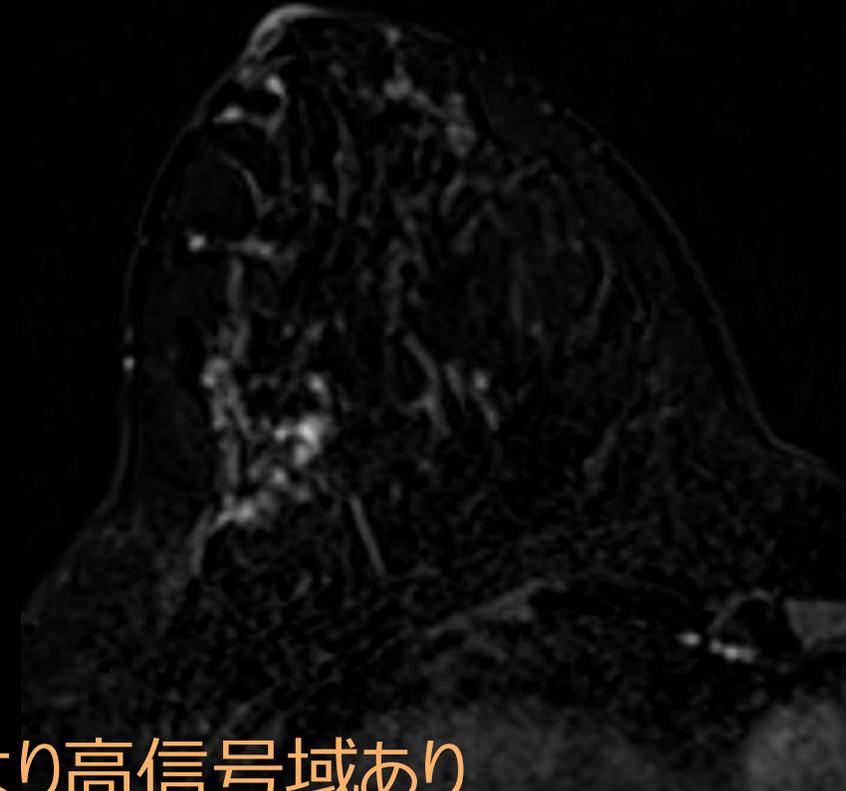
早期相



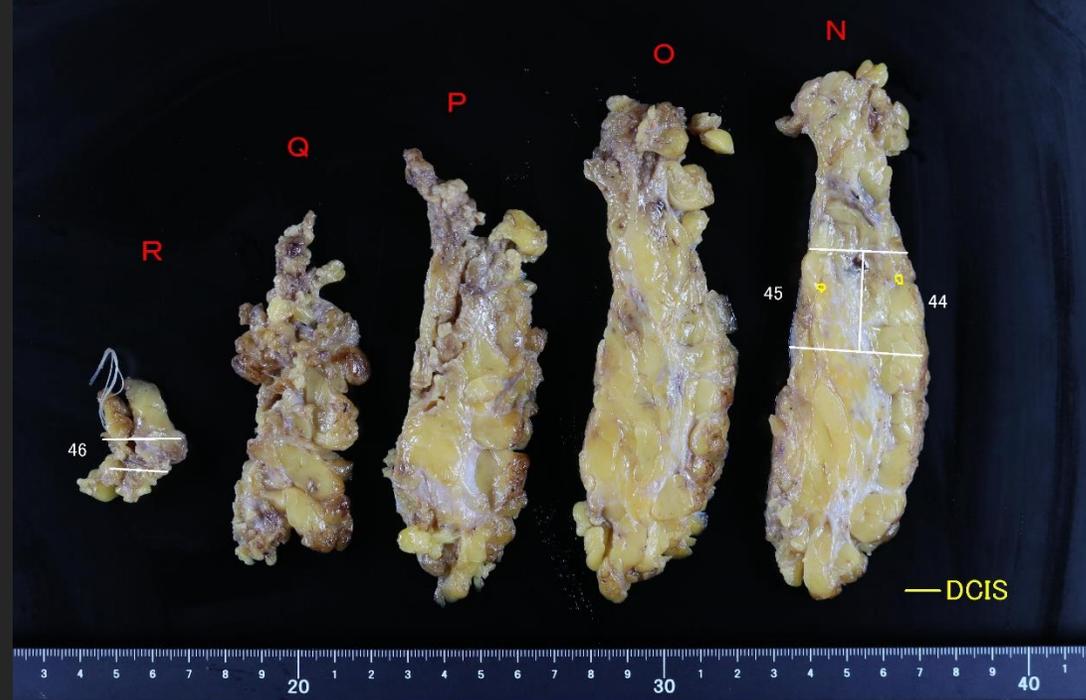
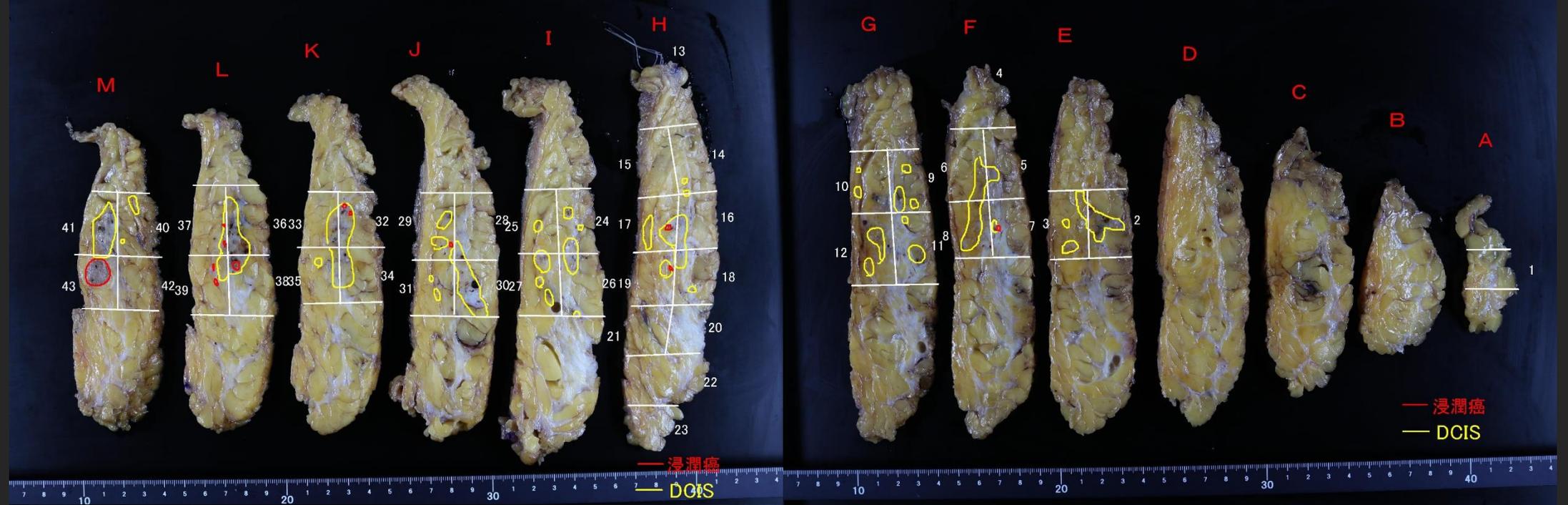
Pre



Subtraction



乳頭部には造影前（Pre）より高信号域あり
Subtraction画像では造影域は乳頭部には及んでいない



右乳輪乳頭温存乳房全切除術：

広範囲にDCISを認めます。径1mm以下の微小浸潤を含め、複数箇所浸潤しています。最大浸潤径は14mmで、その組織型は粘液癌です。切除断端は陰性です。

Mucinous carcinoma.
Grade 1 (1-2-1)
ER: 80%, PgR: 30%, HER2: 1+, Ki67 index: 10%

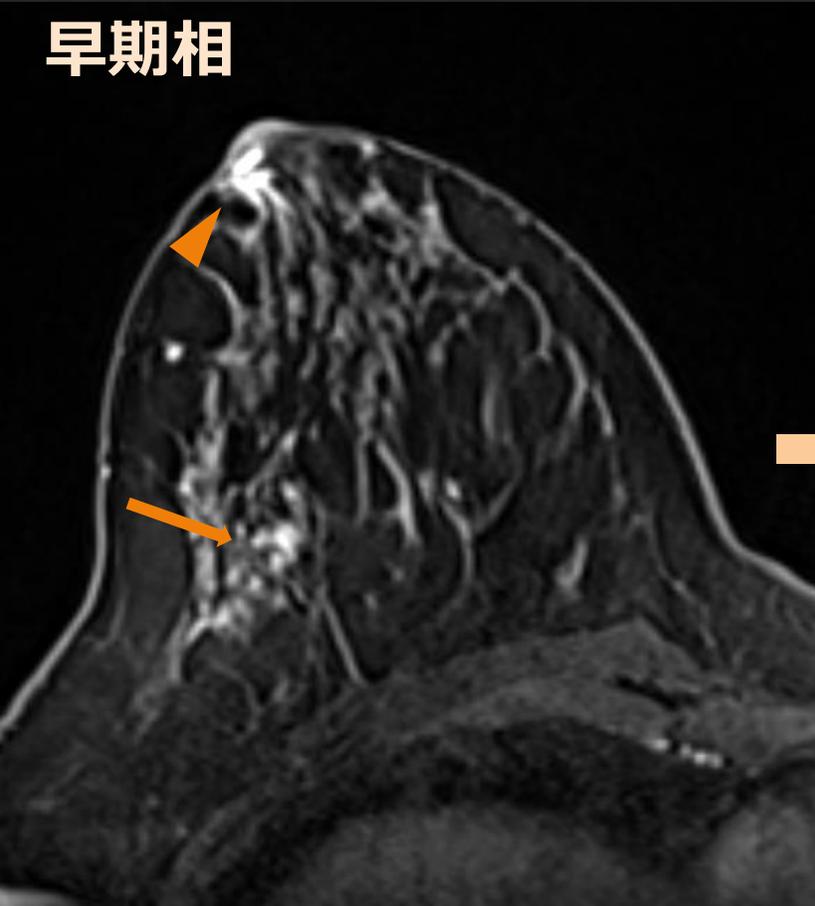
Case3 : Subtraction画像が腫瘍範囲の同定に役立った一例

Point :

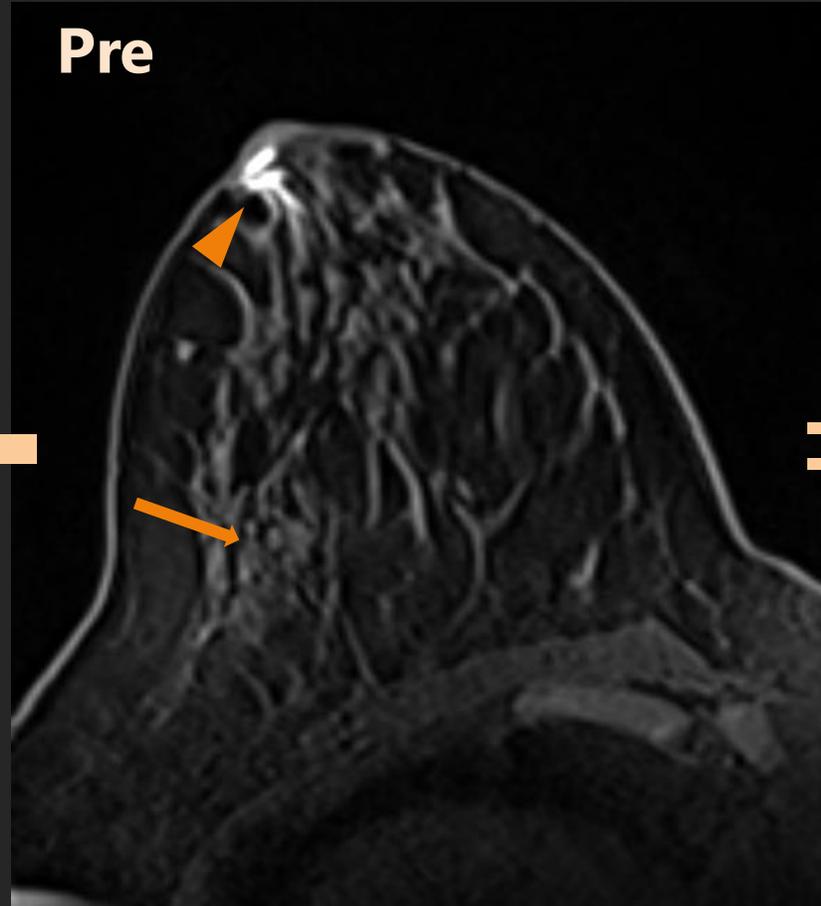
- Subtraction画像について
- 高空間分解能MRIについて

Subtraction画像

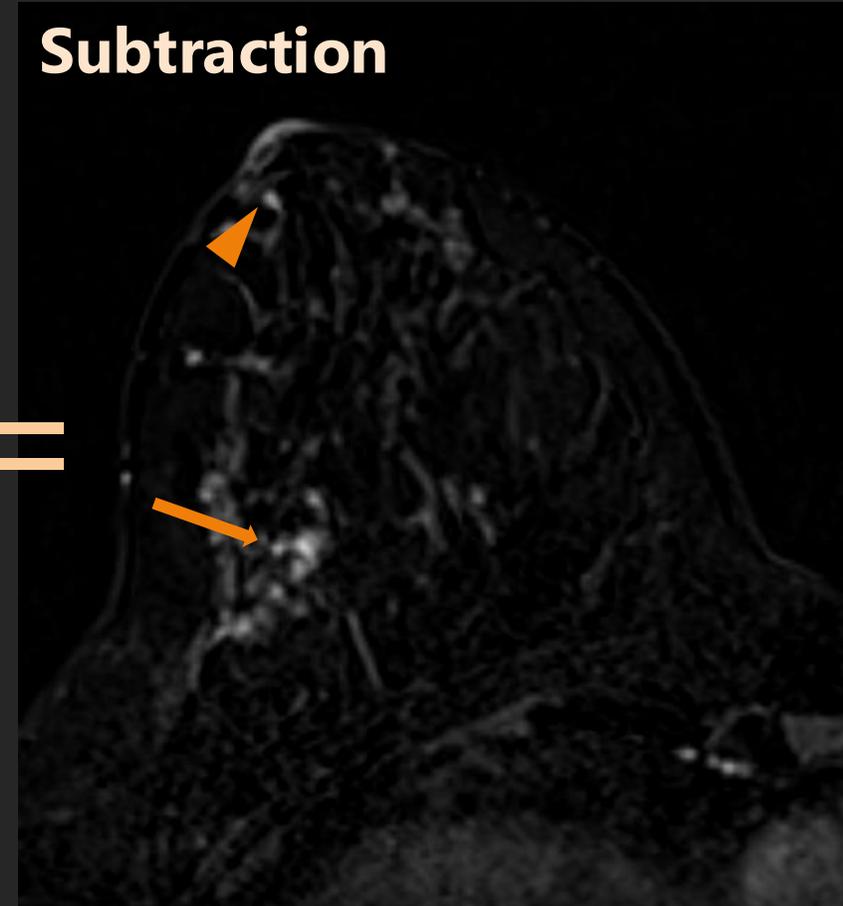
早期相



Pre



Subtraction



血性乳汁などによる高信号域と造影域の区別に有用

ダイナミック造影 (脂肪抑制T1WI)

Pre

早期相

後期相

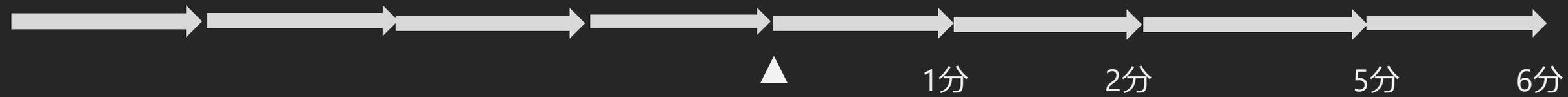
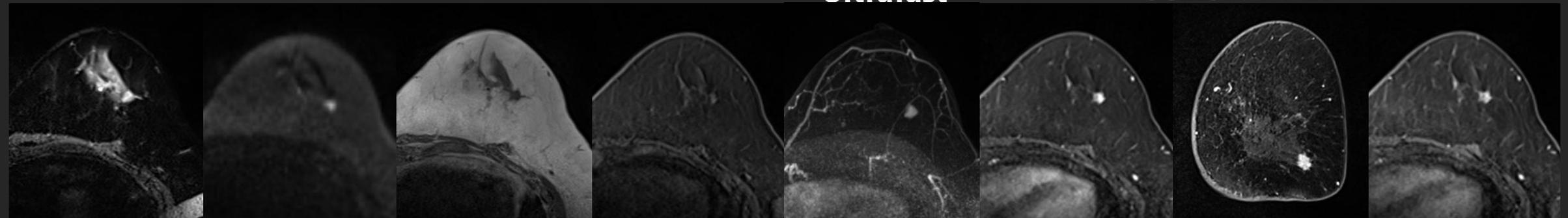
T2WI

DWI

非脂肪抑制
T1WI

Ultrafast

高空間分解能



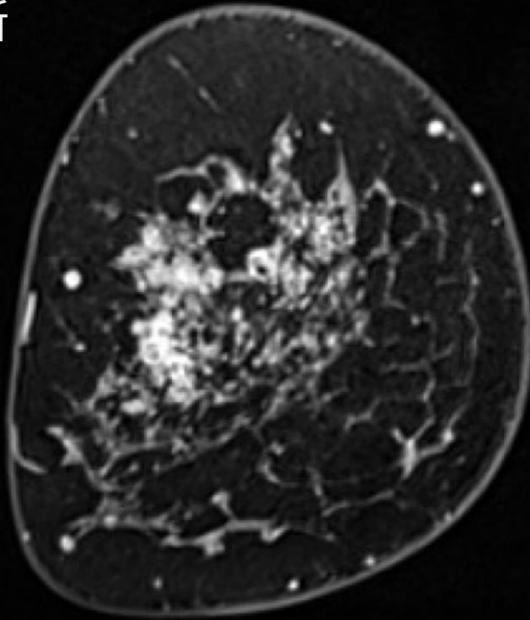
造影剤注入

Subtraction

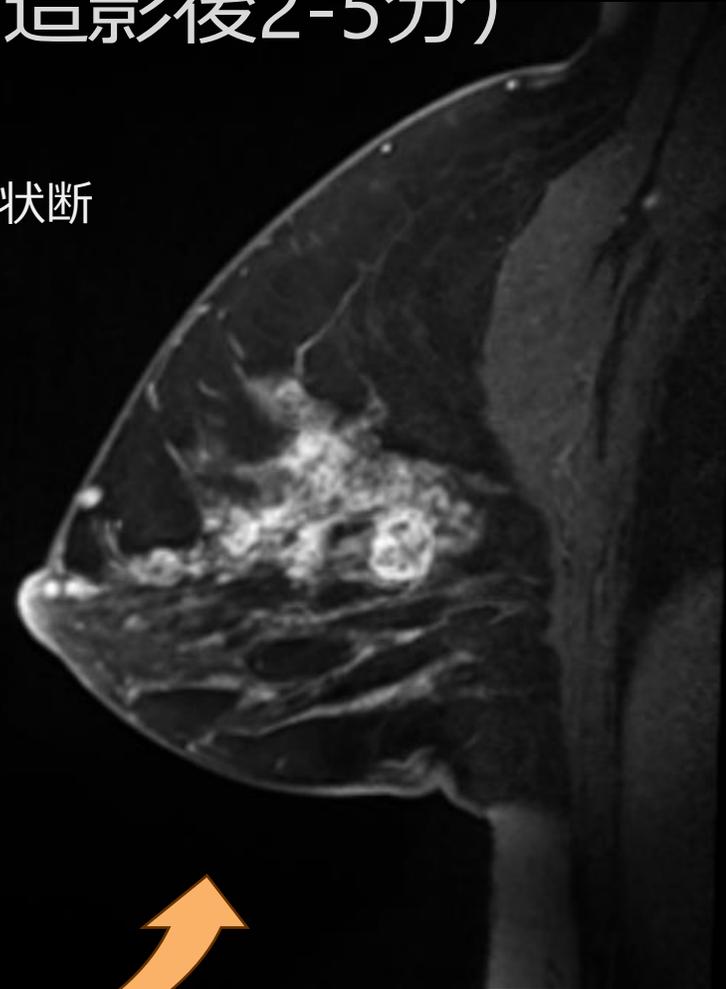
3方向で病変を確認したい

高空間分解能MRI（造影後2-5分）

冠状断



矢状断



MPR (multiplanar reconstruction)
再構成

3方向で病変を確認したい

- 通常のダイナミック撮像 :

「ピクセルサイズ1×1 mm,
スライス厚2.5-3 mm以下」
(乳癌診療ガイドライン2022年版)



- 高空間分解能MRI :

「ピクセルサイズ1×1 mm以下,
スライス厚1-2 mm」
(乳房MRI検査マニュアル)



撮像時間はやや長いですが、早期相・後期相の間に撮像可

遅すぎないことが重要！

高空間分解能MRI

ダイナミック造影 (脂肪抑制T1WI)

T2WI

DWI

非脂肪抑制
T1WI

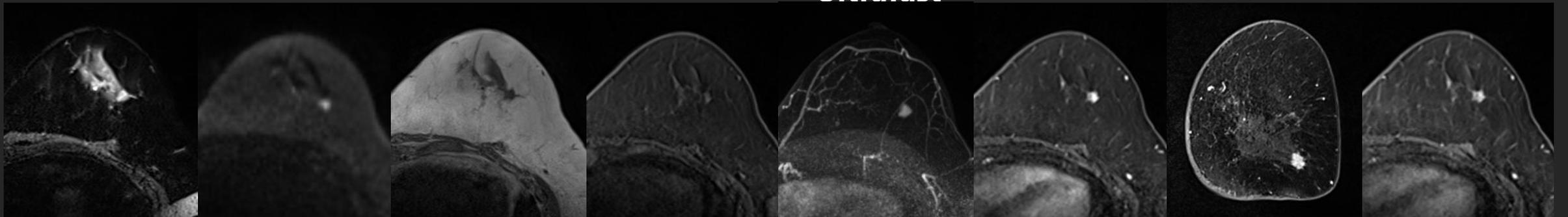
Pre

早期相

後期相

Ultrafast

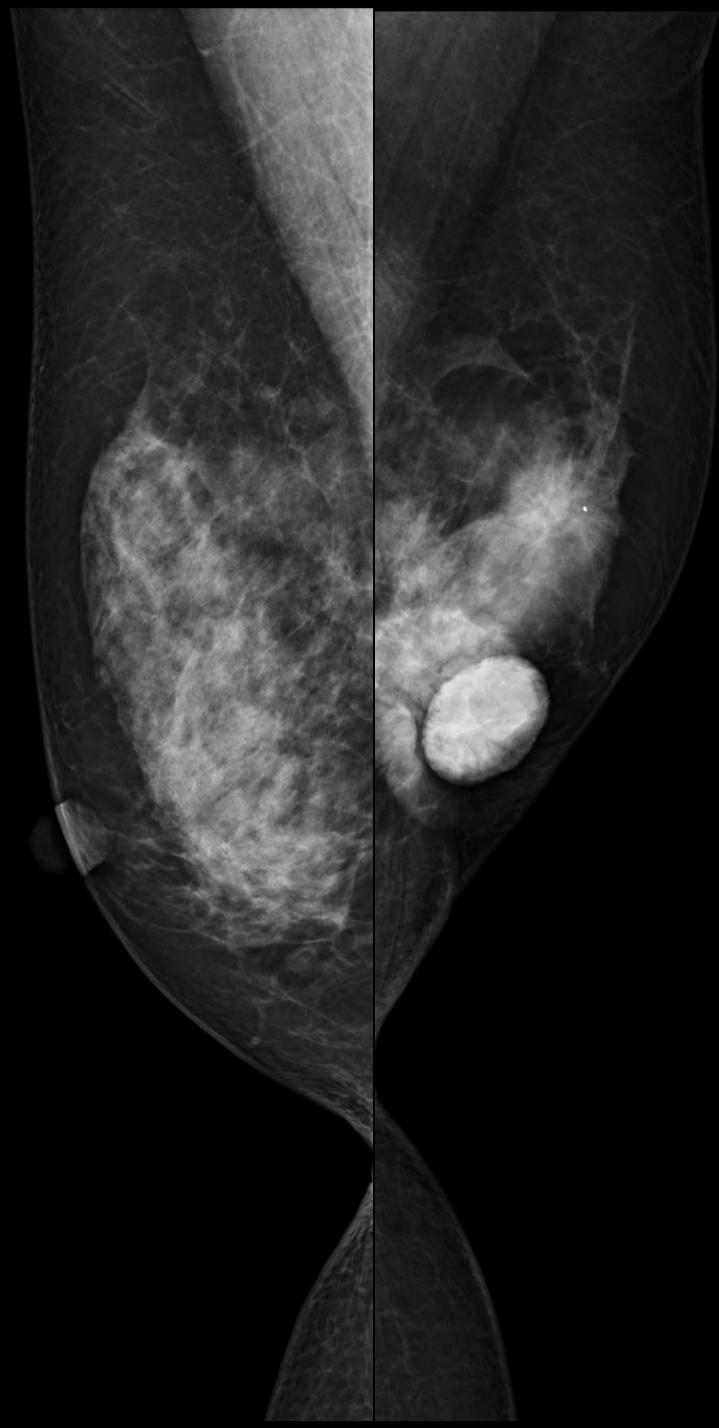
高空間分解能

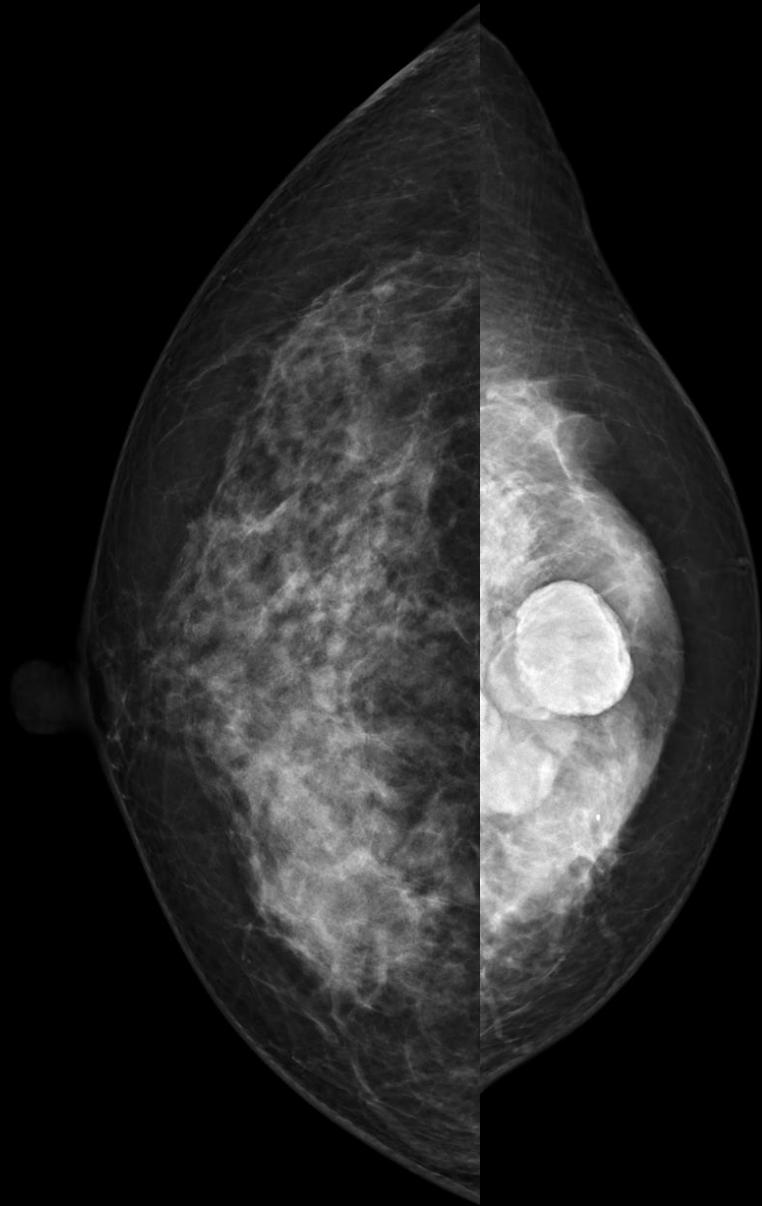


Case 4: 60代女性 1年前から左乳房腫瘍を自覚

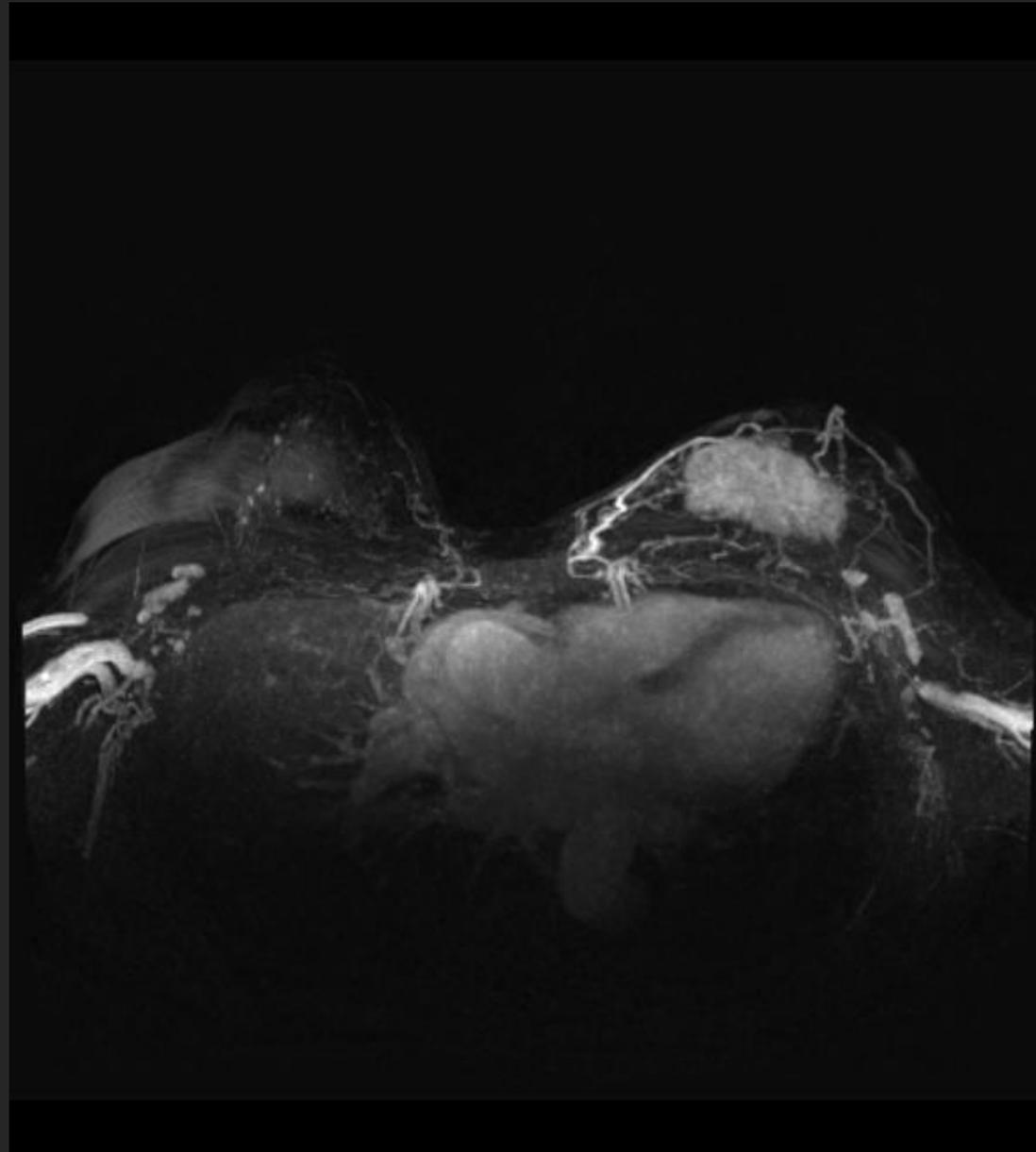
- 既往歴：両側大腿骨頭置換術
- HBOC家族歴：なし
- 妊娠・出産歴なし

- Q4-1：乳頭浸潤・大胸筋浸潤はありますか？
- Q4-2：NAC治療効果を判定してください。

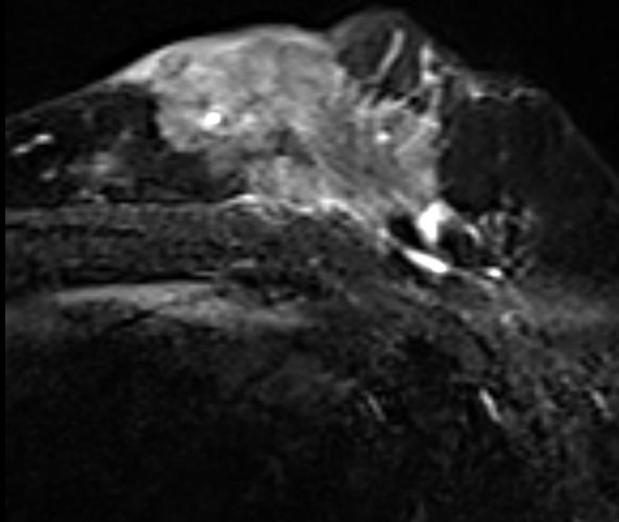




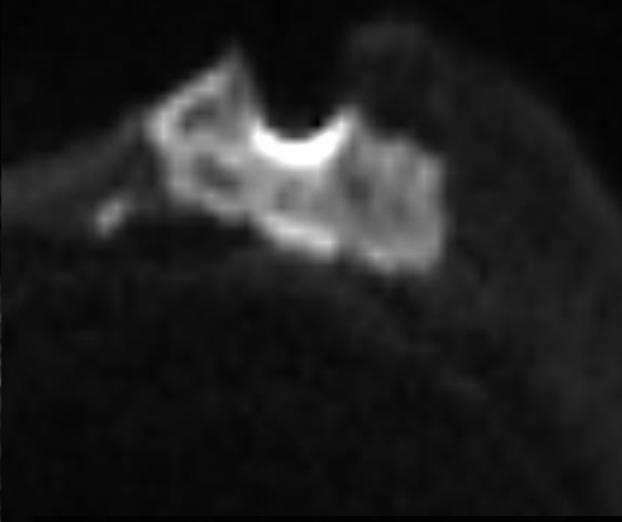
早期相 MIP



T2WI



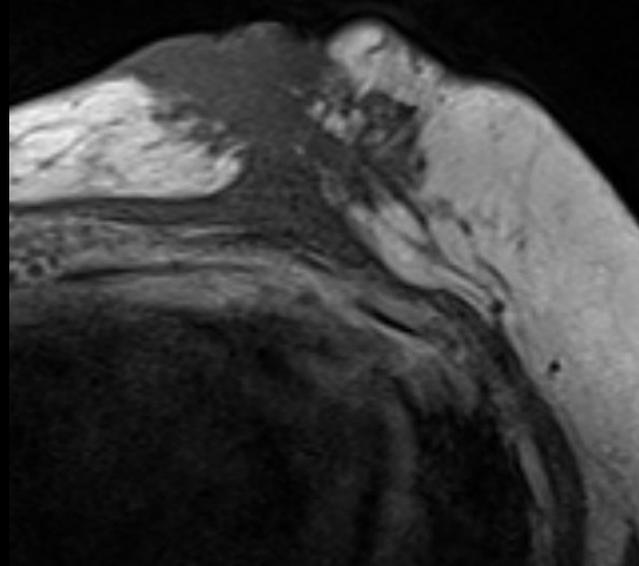
DWI



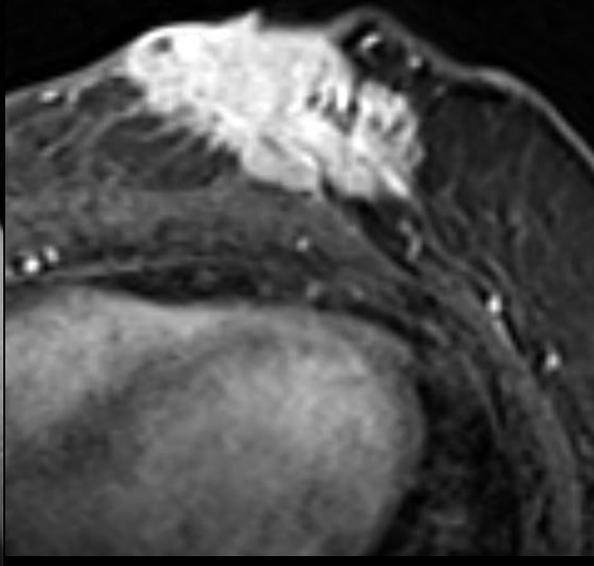
ADC



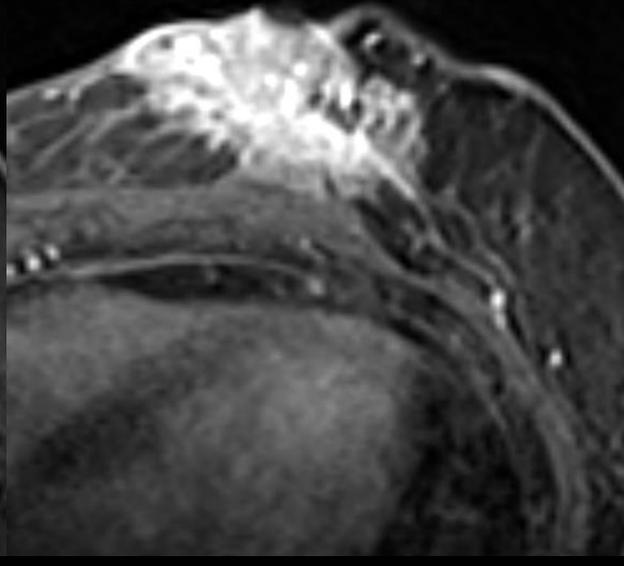
T1WI



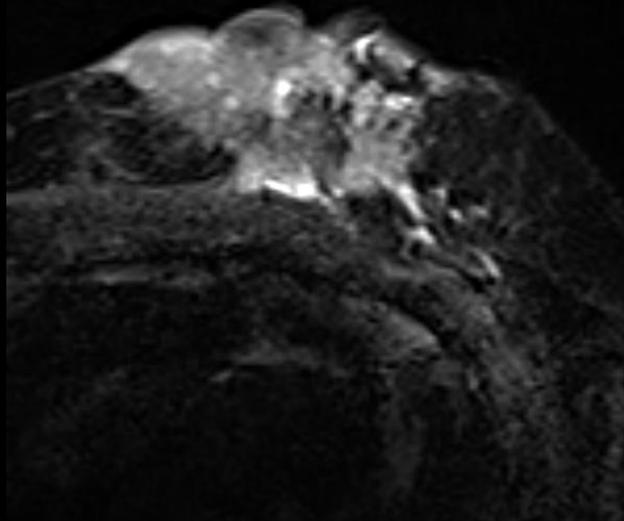
早期相



後期相



T2WI



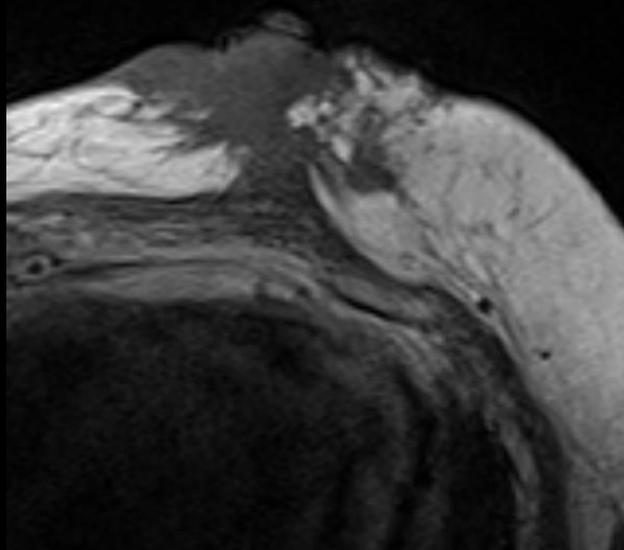
DWI



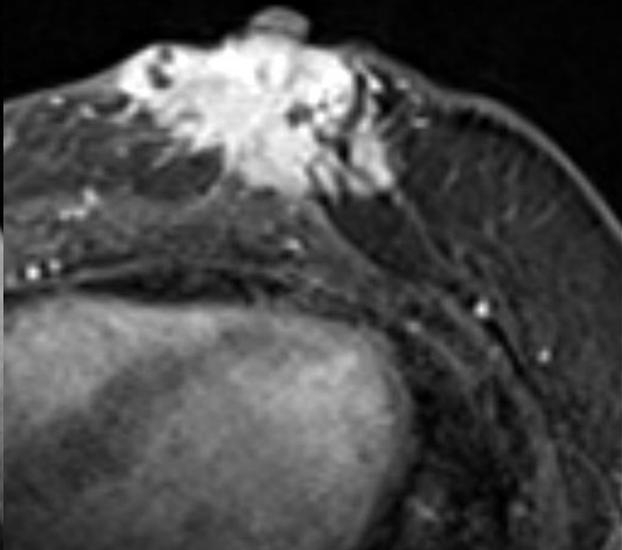
ADC



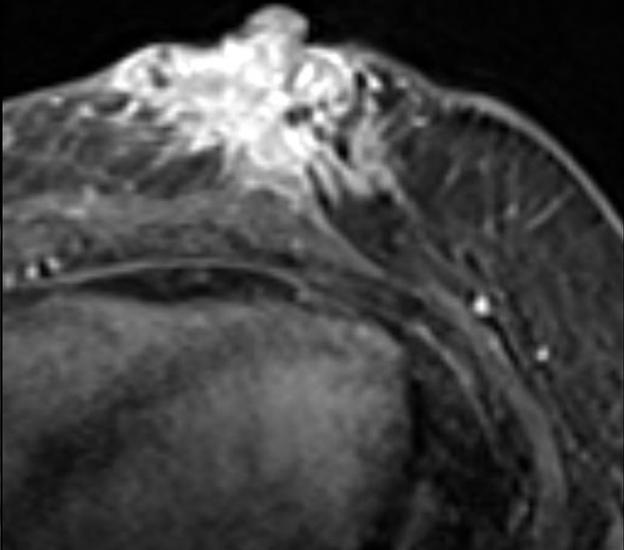
T1WI



早期相

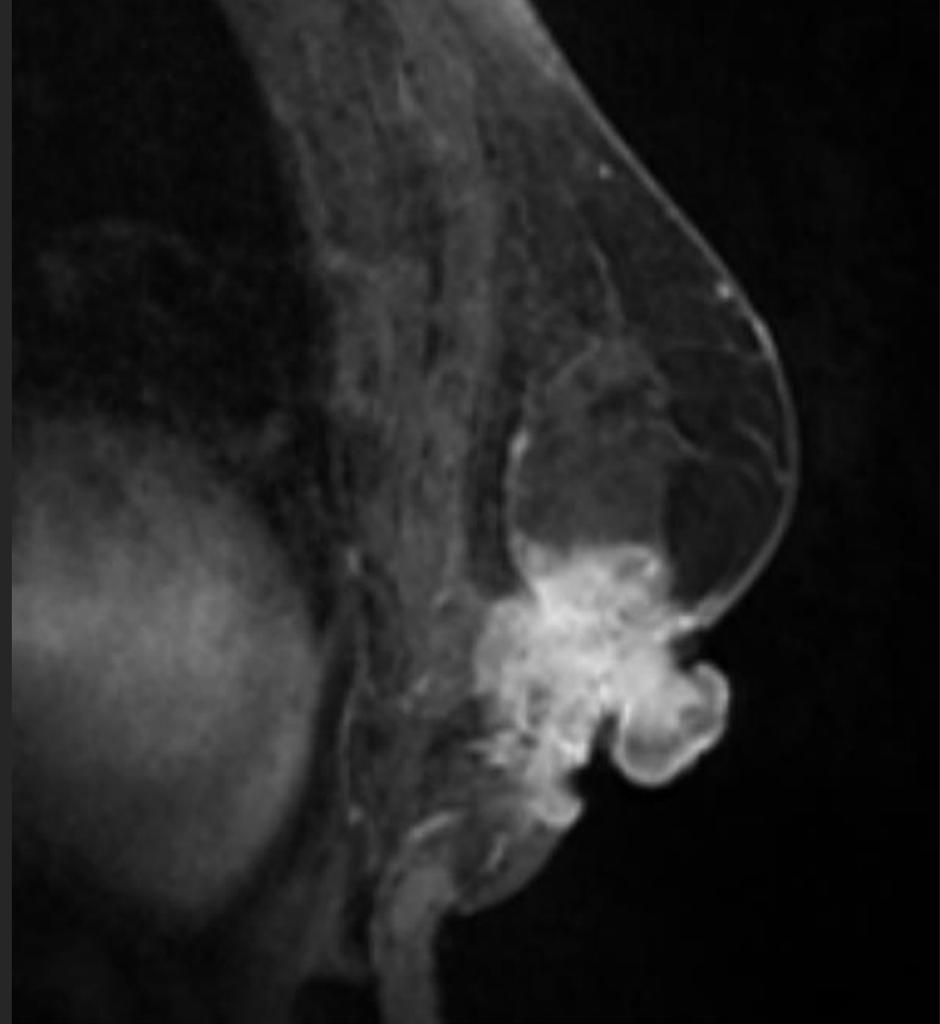
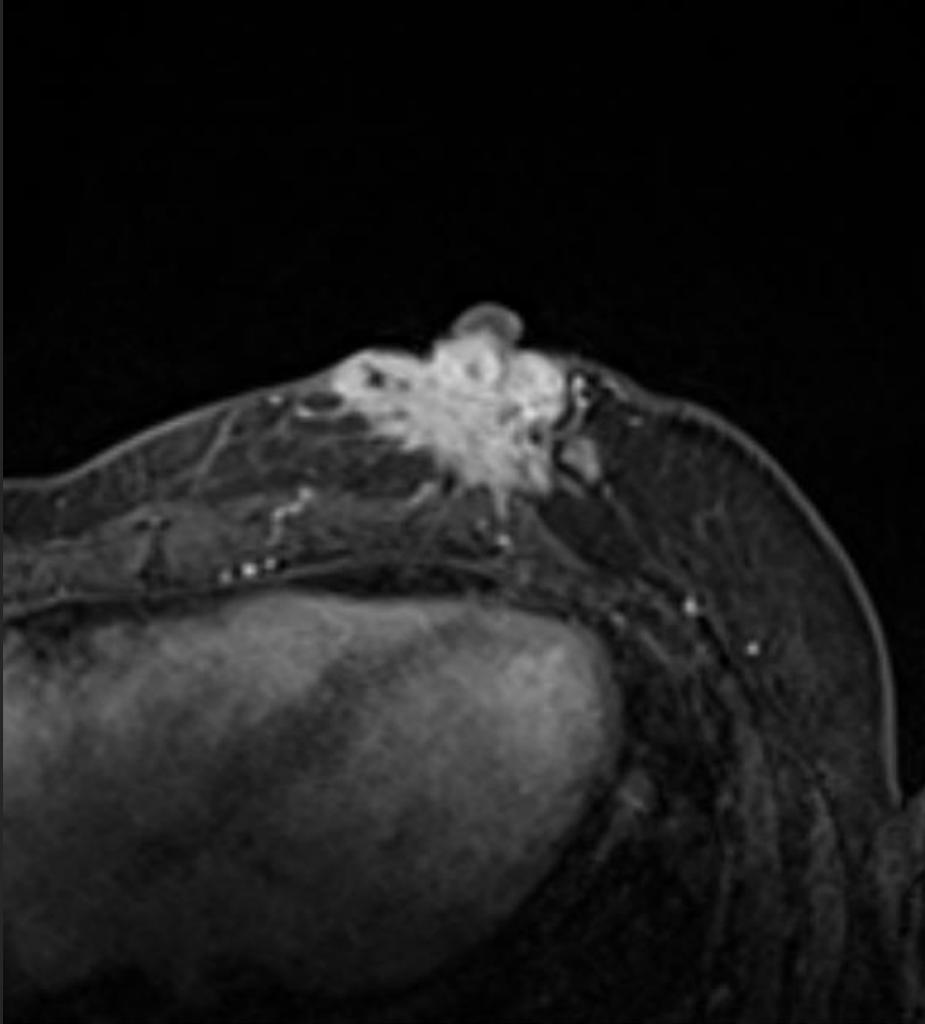


後期相



Q4-1 : 乳頭浸潤は？
大胸筋浸潤は？

どちらもあり

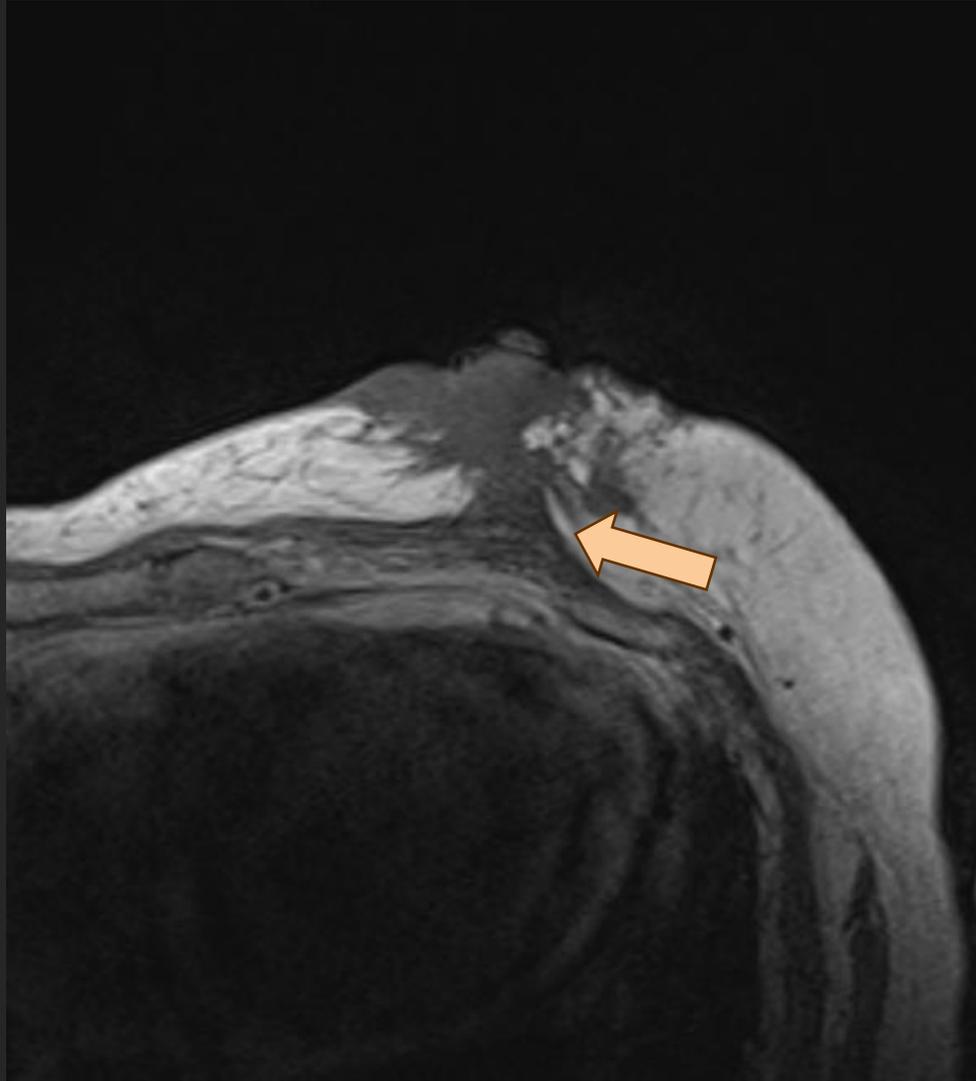


Case4 : 非脂肪抑制T1WIが大胸筋進展の評価に役立った一例

Point :

- 非脂肪抑制T1WIについて
- 治療効果判定について

非脂肪抑制T1WI



唯一、脂肪抑制のない（脂肪が高信号に見える）シーケンス

腫瘍と大胸筋の間に
脂肪の高信号が見えない
→腫瘍が大胸筋に達する疑い

経過

VAB : Breast, left, vacuum-assisted biopsy:

- Invasive lobular carcinoma.

Histological grade 3 (3-3-2)

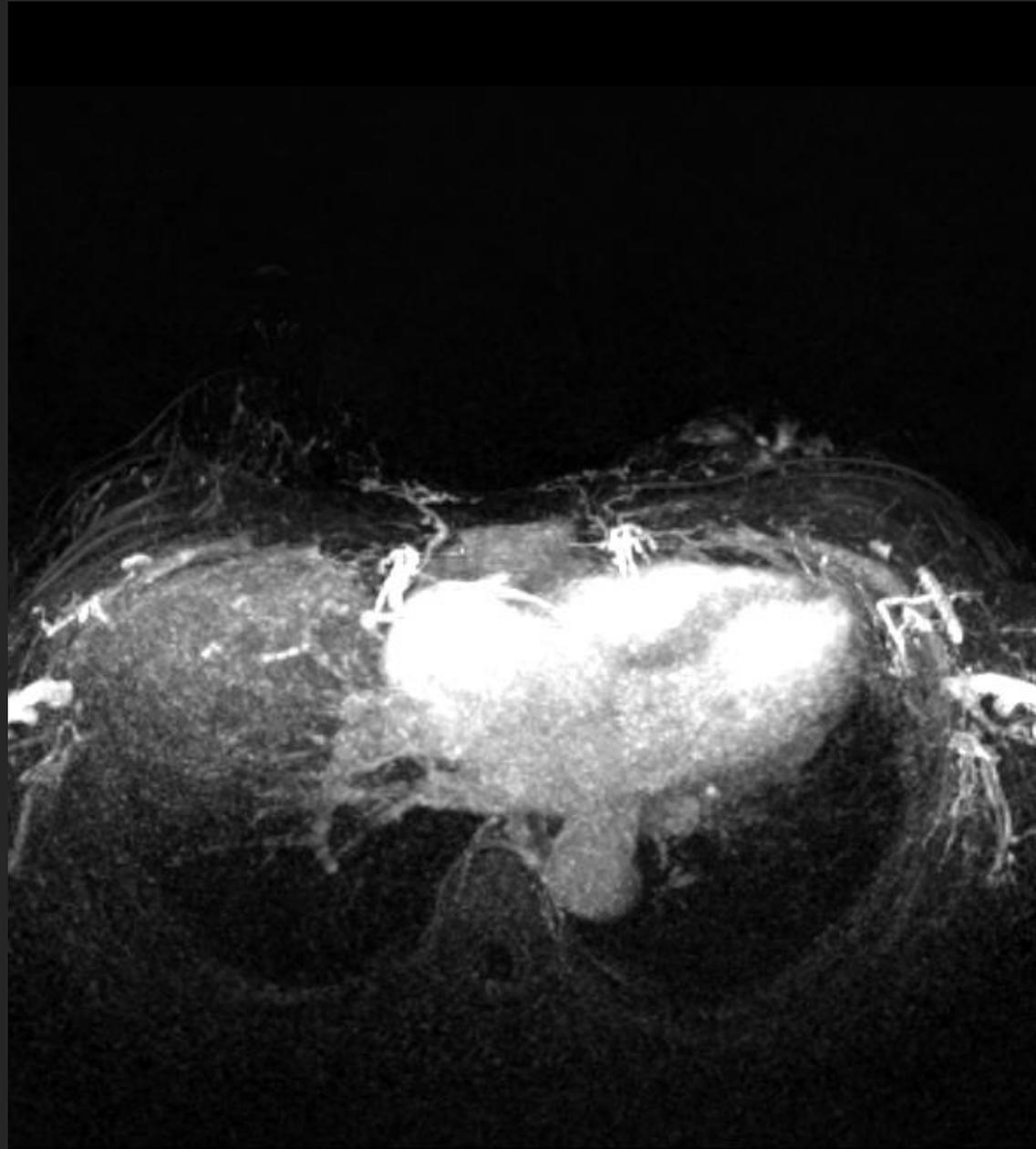
ER: >95%, PR: 60%, HER2: score 1+

Ki-67: 78%, E-Cadherin: Negative

→ NAC施行

Q4-2 : NAC治療効果は？

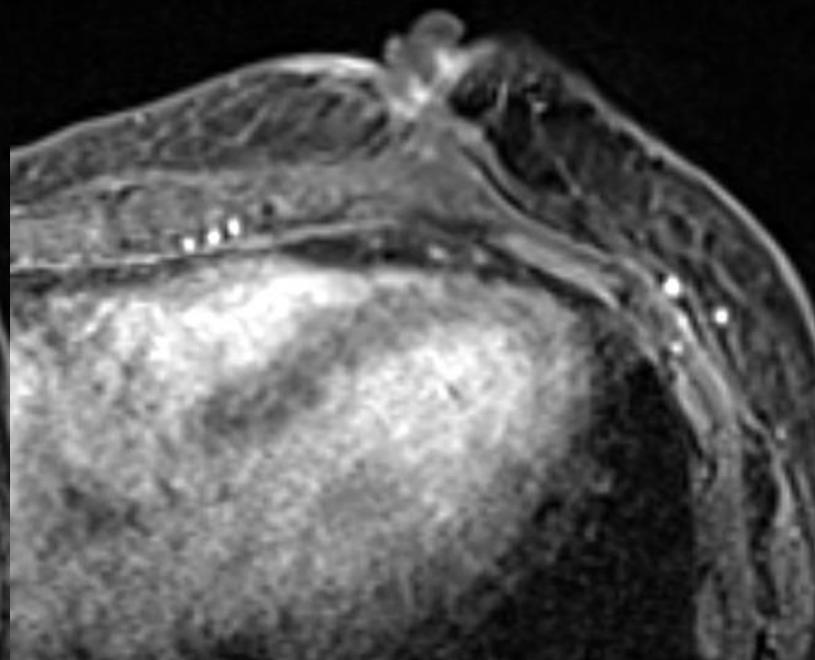
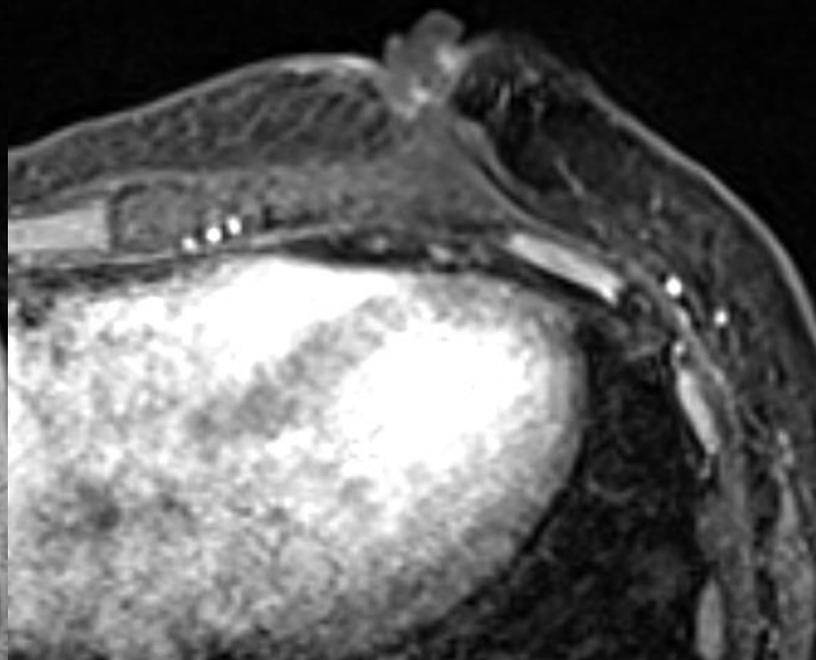
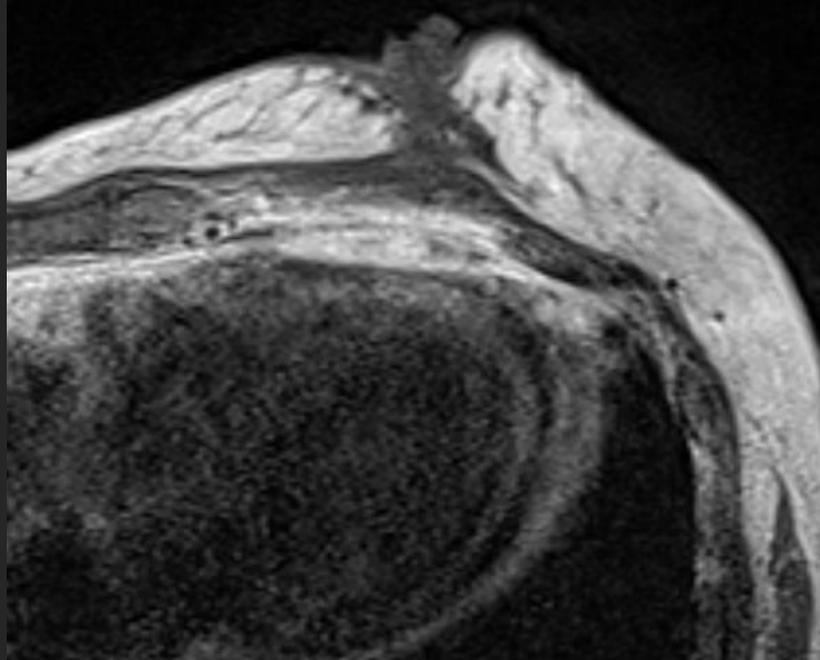
NAC後 早期相MIP



T1WI

早期相

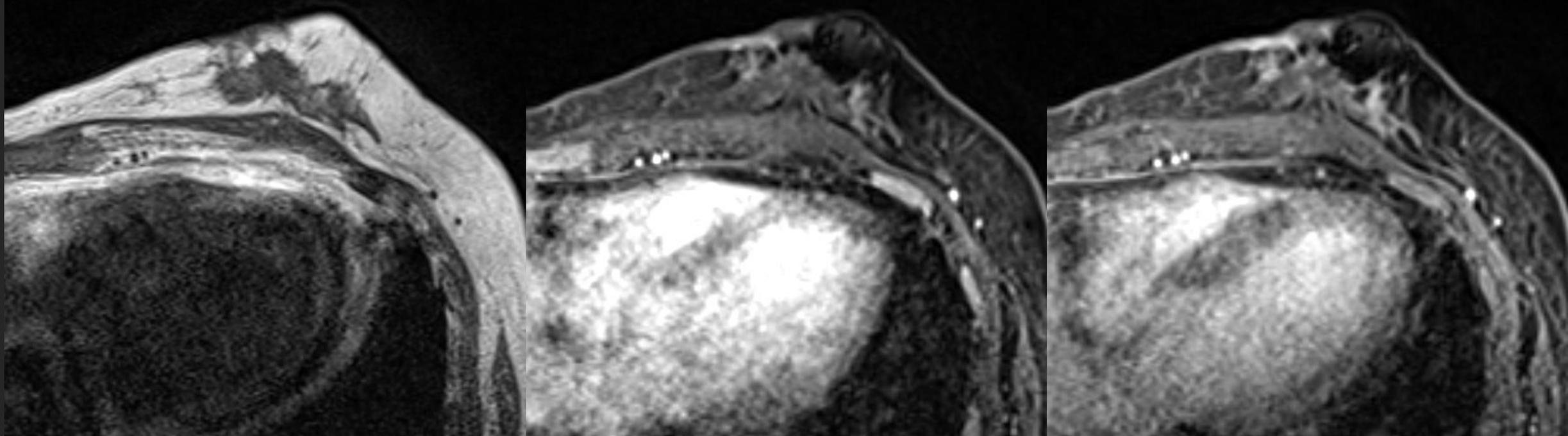
後期相



T1WI

早期相

後期相



→ 縮小しているが、点状に造影域が残存 (PR)

左乳房全切除術 + 大胸筋一部切除：病理所見

Invasive lobular carcinoma.

Histological grade 2 (3-2-1)

Therapeutic effect: Grade 1b

ER: >95%, PR: 5%, HER2: score 0

Ki-67: 6.2%, E-Cadherin: Negative

浸潤性小葉癌を認めます。

皮膚真皮に広範に浸潤しており、#7で大胸筋に浸潤しています。

標本上での連続する腫瘍の最大径は5.0 cmです (#9-11)。

生検検体[P2304123]と比較して腫瘍細胞の密度が減少しており、治療効果はGrade 1bとします。

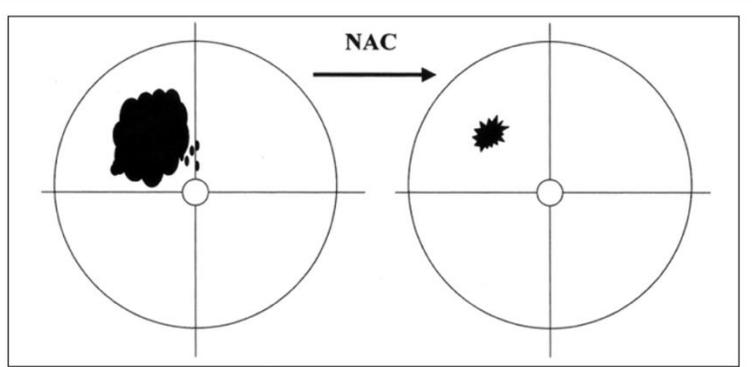


Case4 : 非脂肪抑制T1WIが大胸筋進展の評価に役立った一例

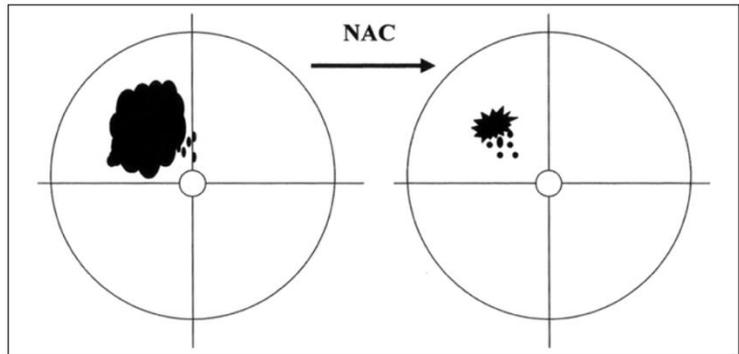
Point :

- 非脂肪抑制T1WIについて
- 治療効果判定について

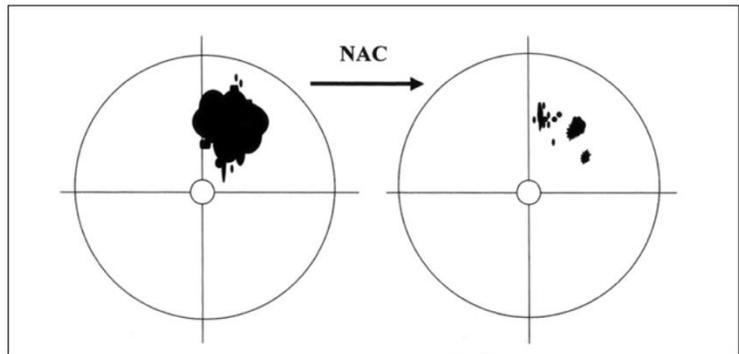
NACでの縮小パターンと温存術



A



B



C

BQ1 術前化学療法で縮小した浸潤性乳癌に対する乳房温存療法は勧められるか？

1.乳房手術

ステートメント

●術前化学療法で縮小した浸潤性乳癌に対する乳房温存療法は可能である。

樹枝状・モザイク状の縮小パターンでは、
温存手術の適応には慎重な判断が必要

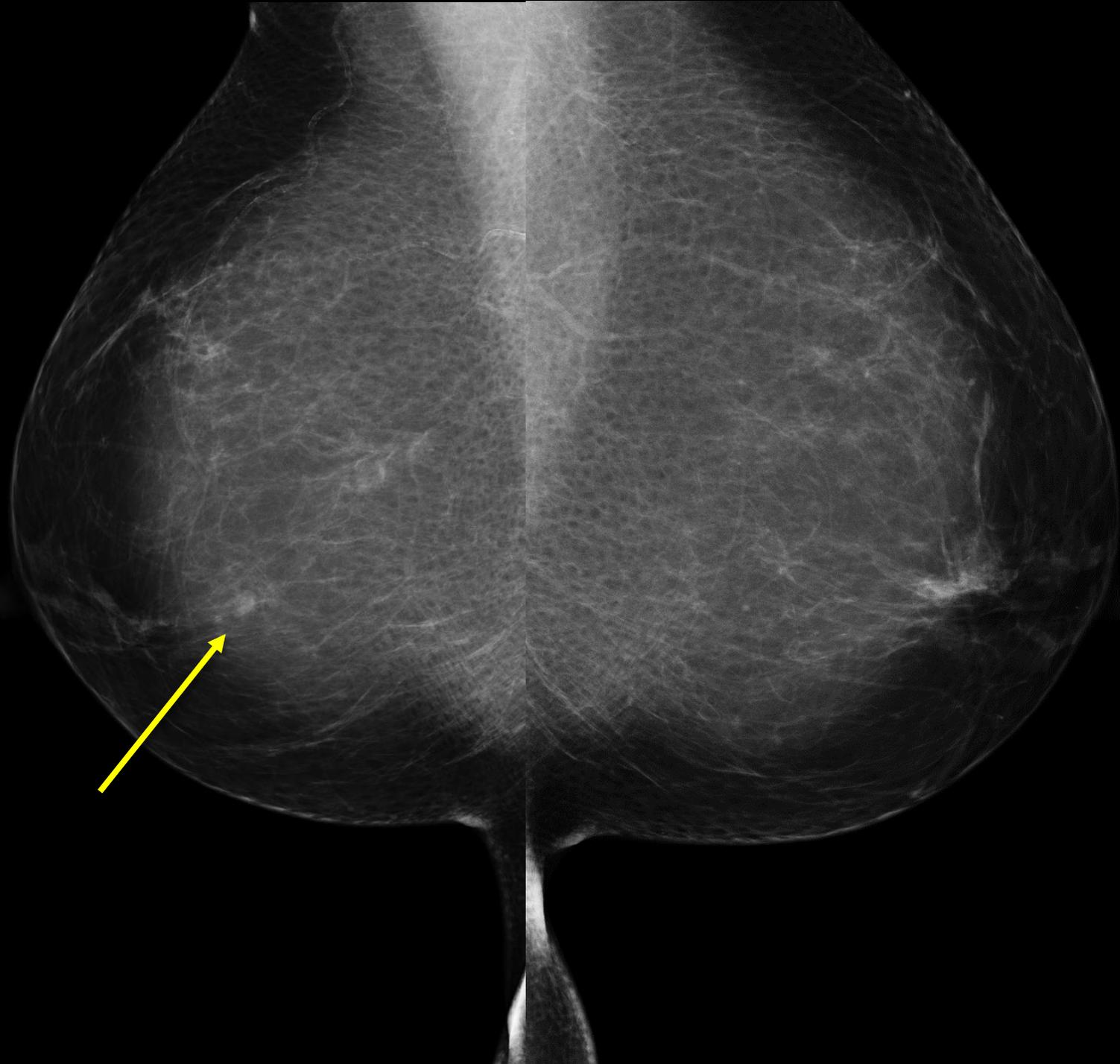
乳癌診療ガイドライン2022年版

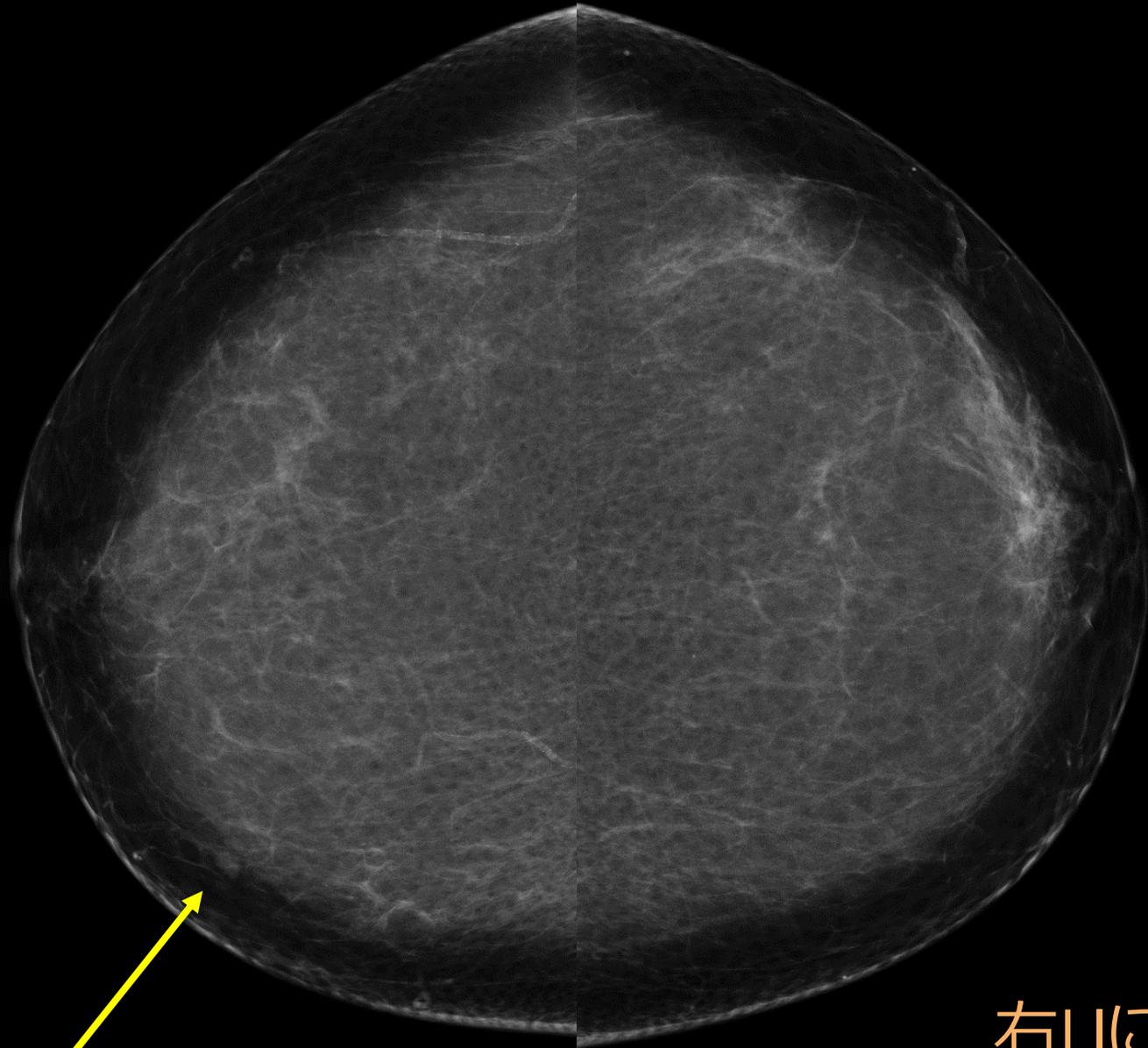
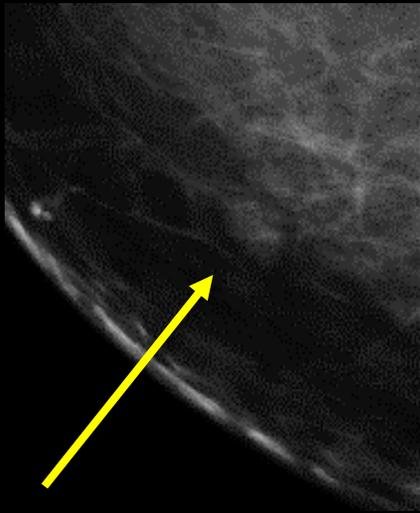
Tozaki M, et al.
AJR 2006

症例5：50代女性 検診MMGで異常指摘

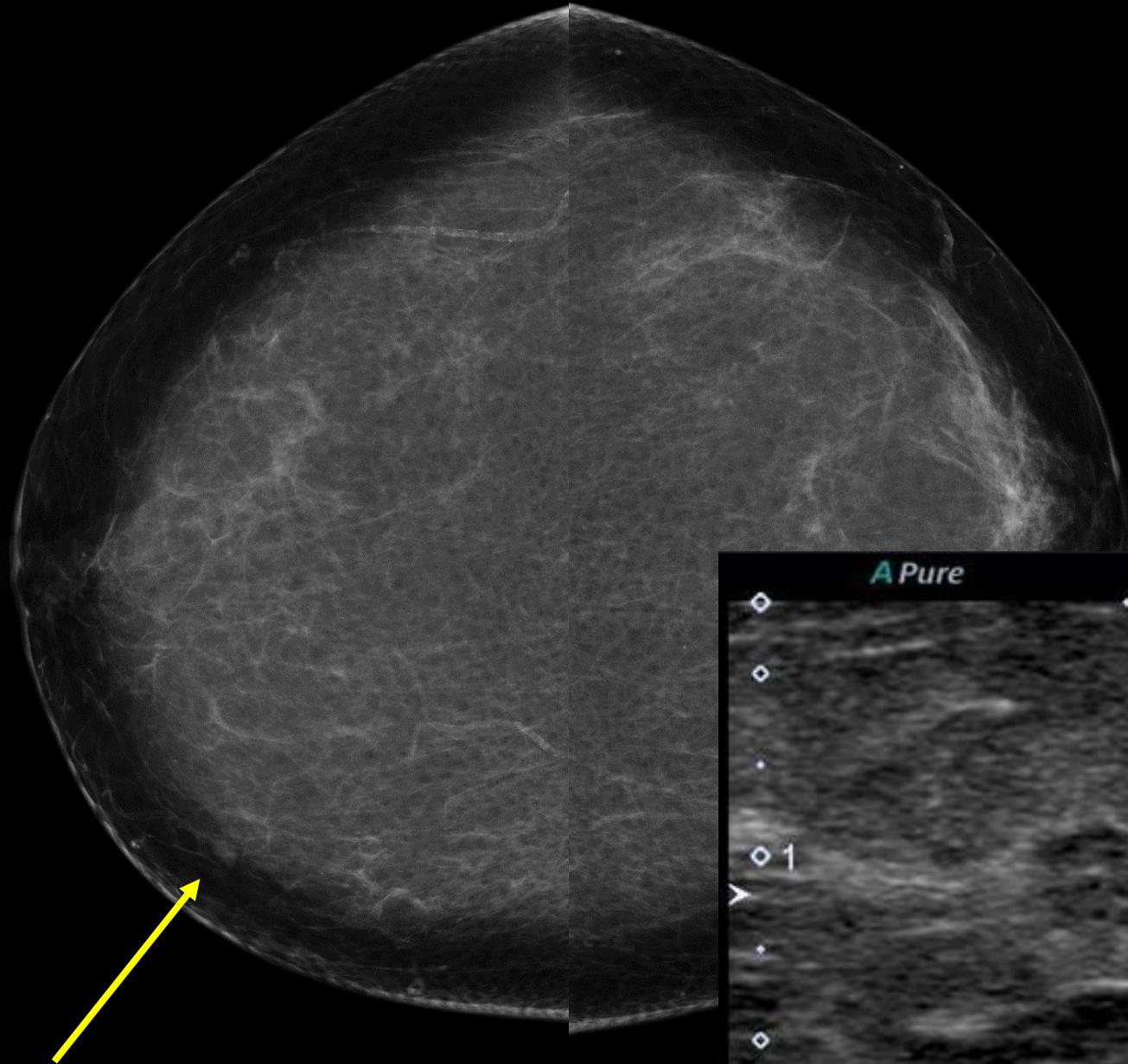
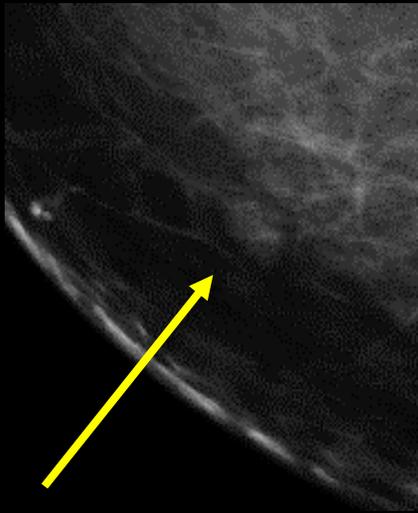
- Q5-1：マンモグラフィの所見を述べてください
- Q5-2：乳房専用PETの所見を述べてください

Yuge S, Miyake KK, et al. Annals of Nuclear Medicine 2023
掲載症例





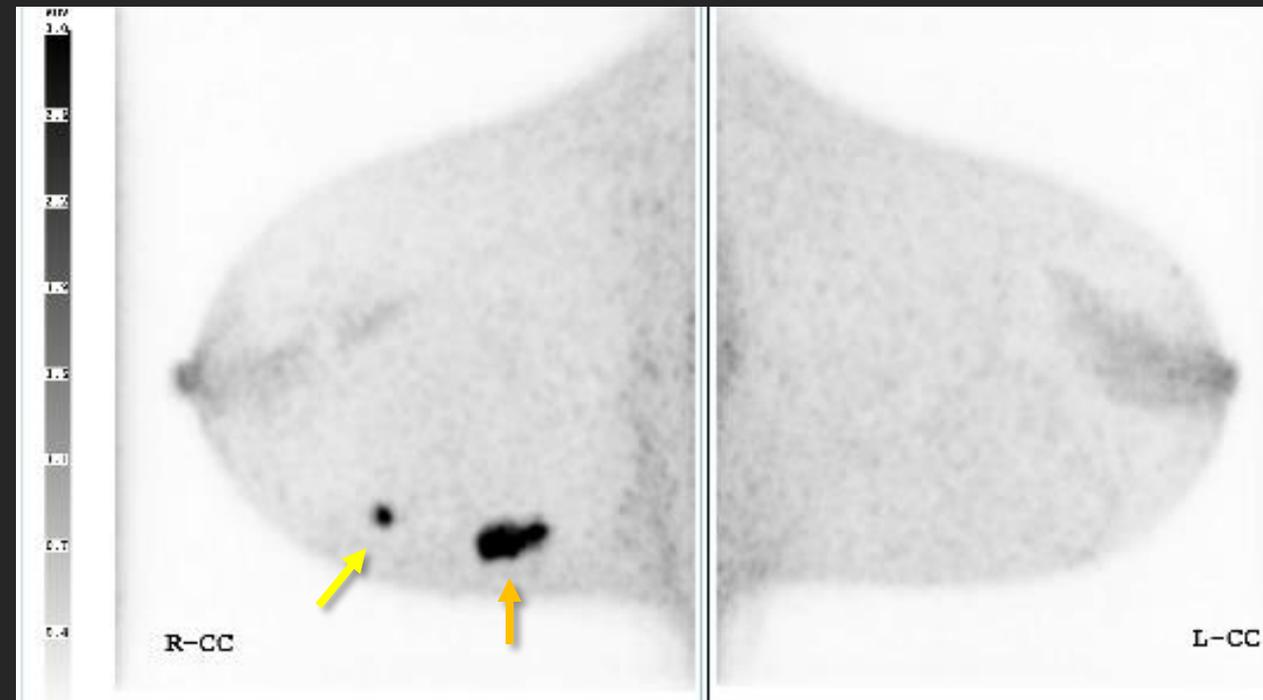
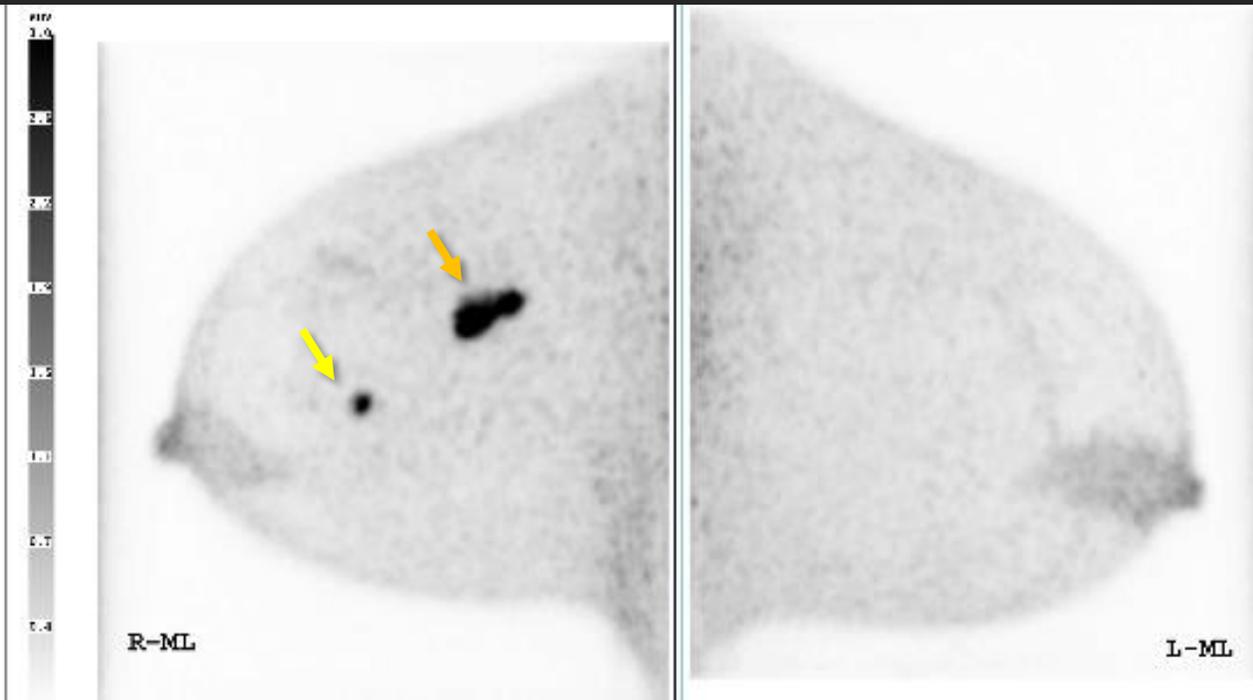
右IIに境界不明瞭な腫瘍
カテゴリー4



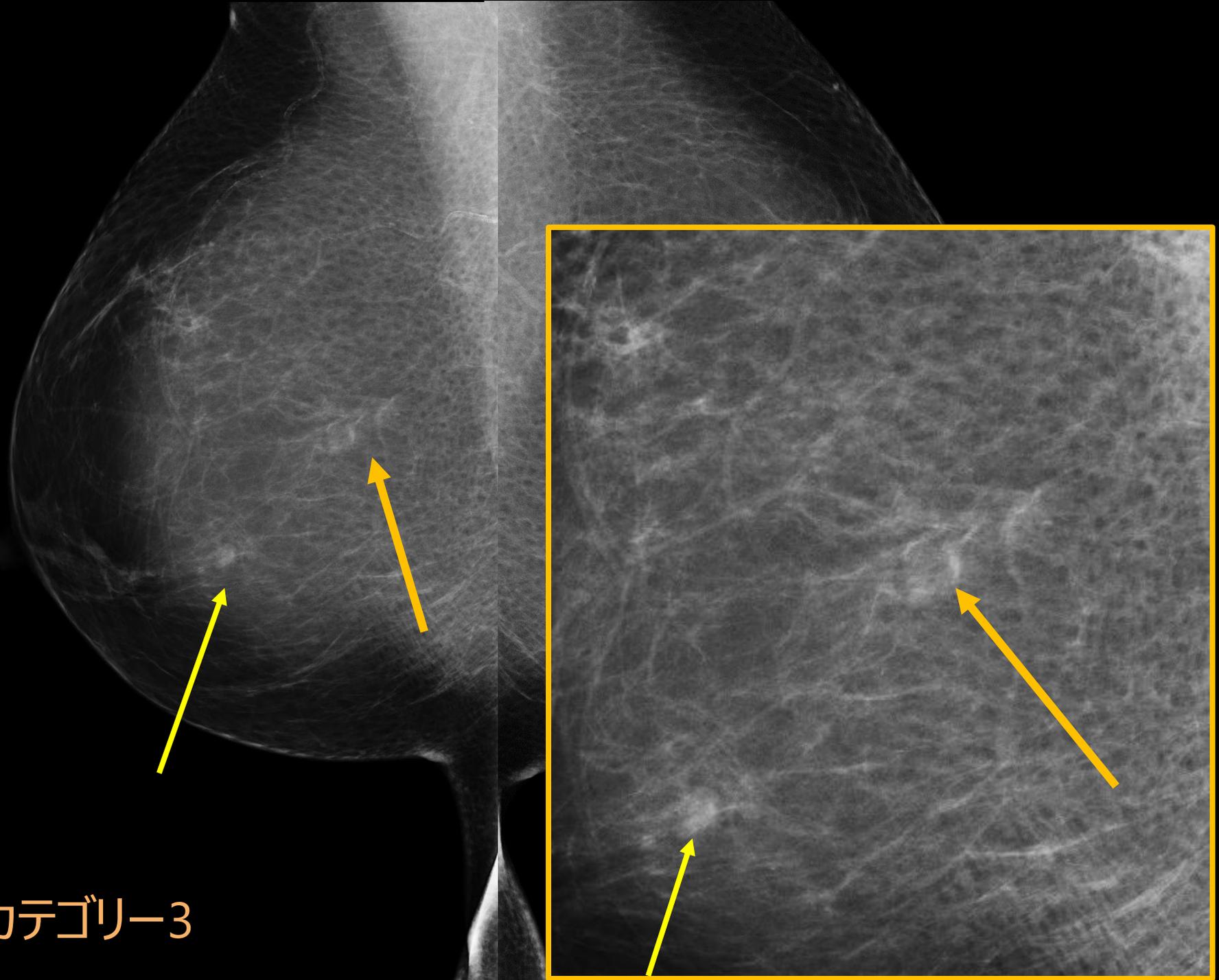
乳房専用PET

Mediolateral (ML) MIP

Craniocaudal (CC) MIP

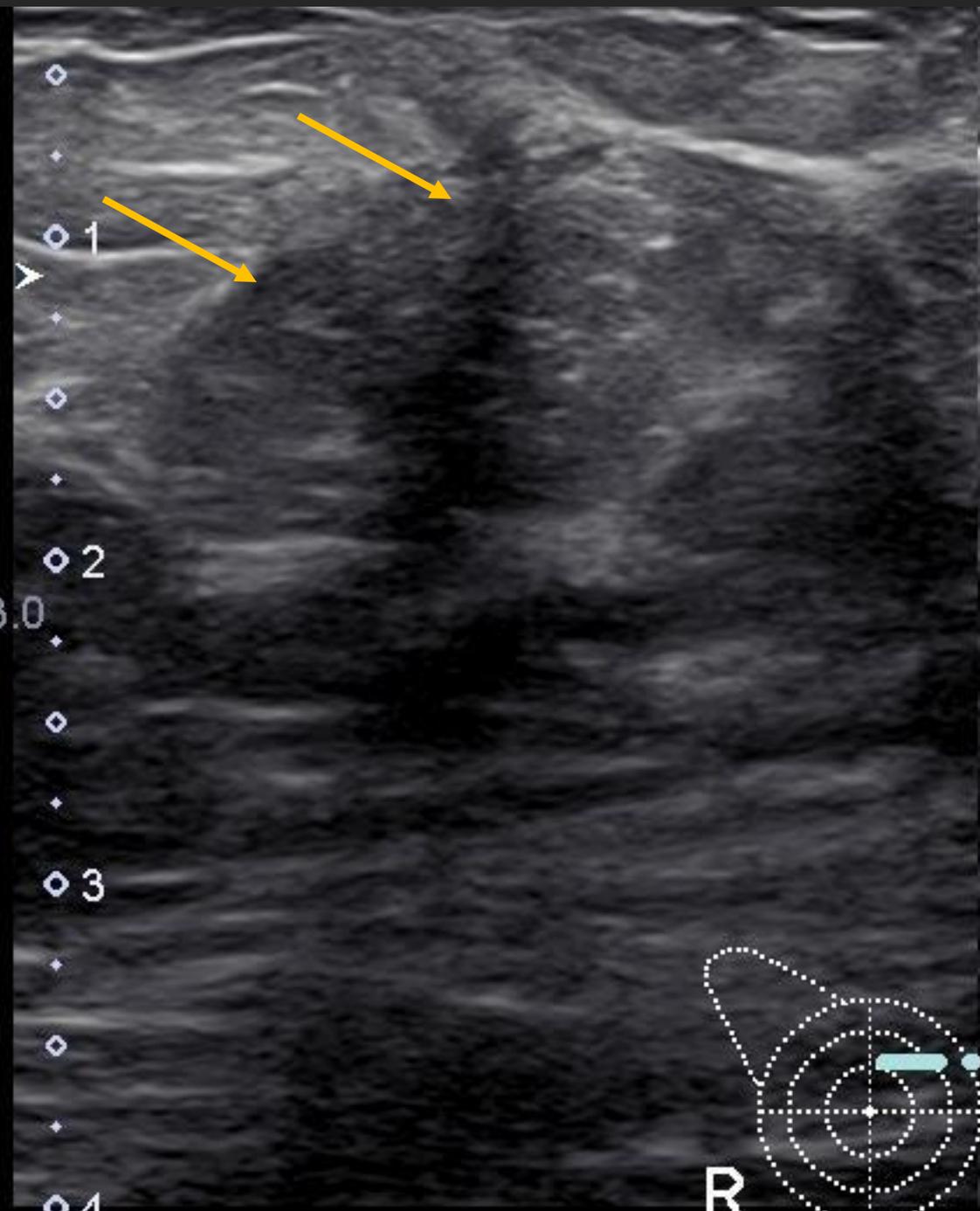


右MIに2箇所の高集積 (massおよびfocus)

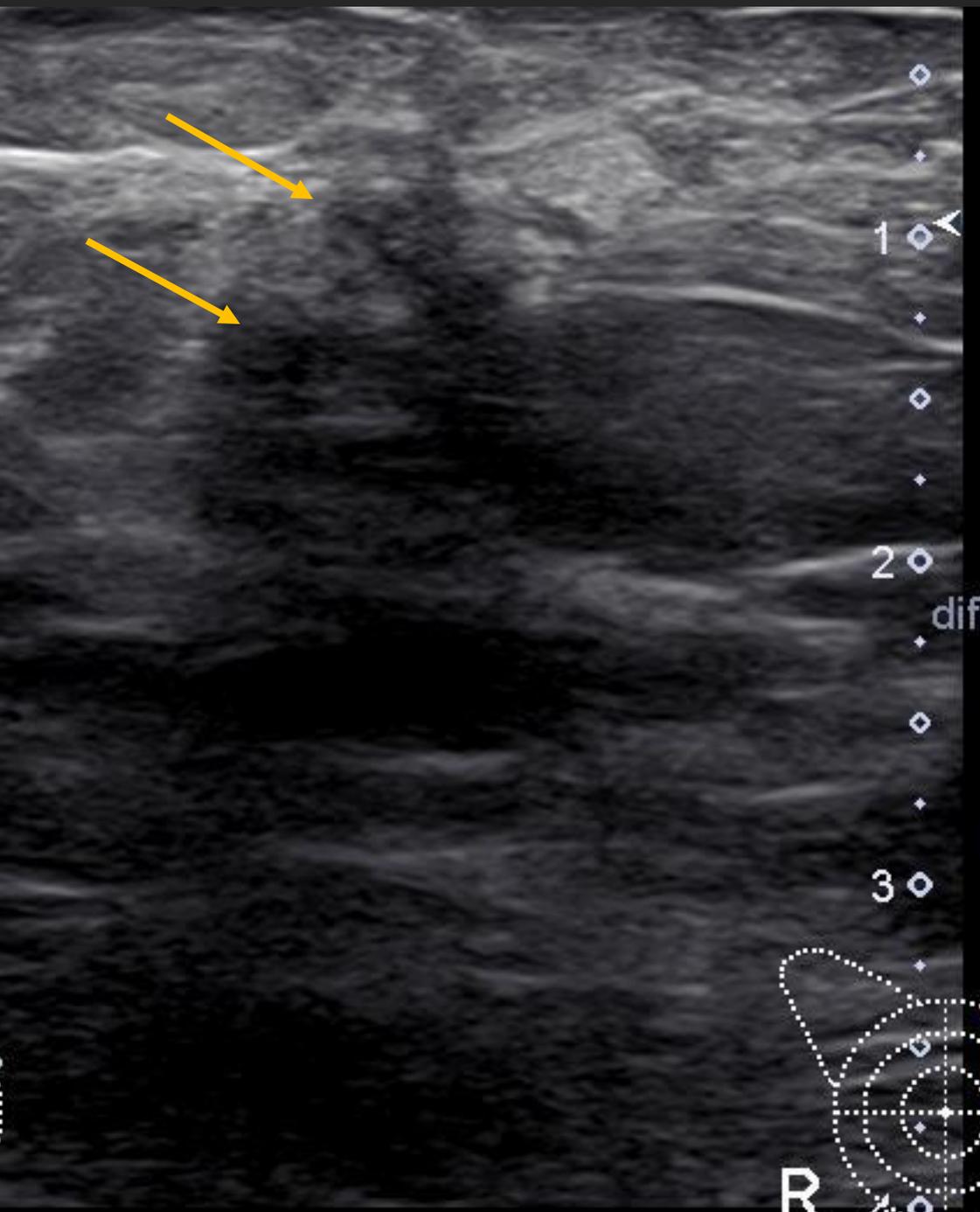


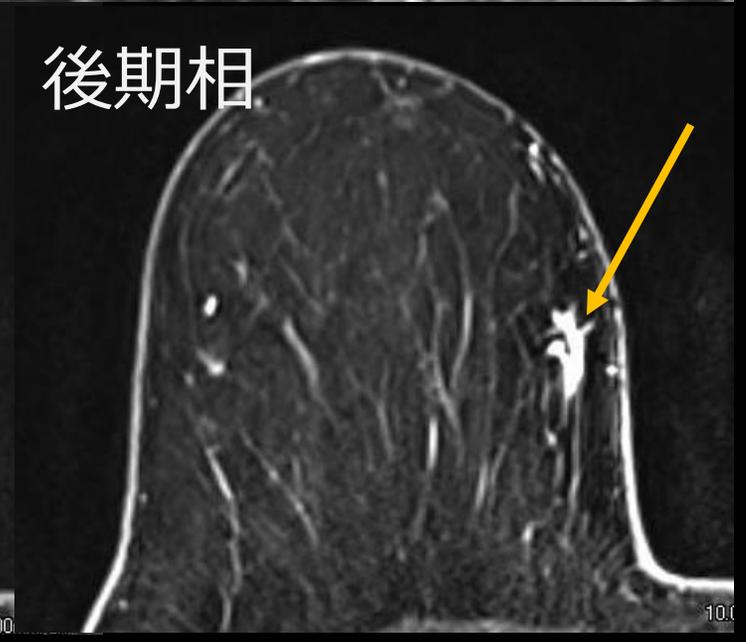
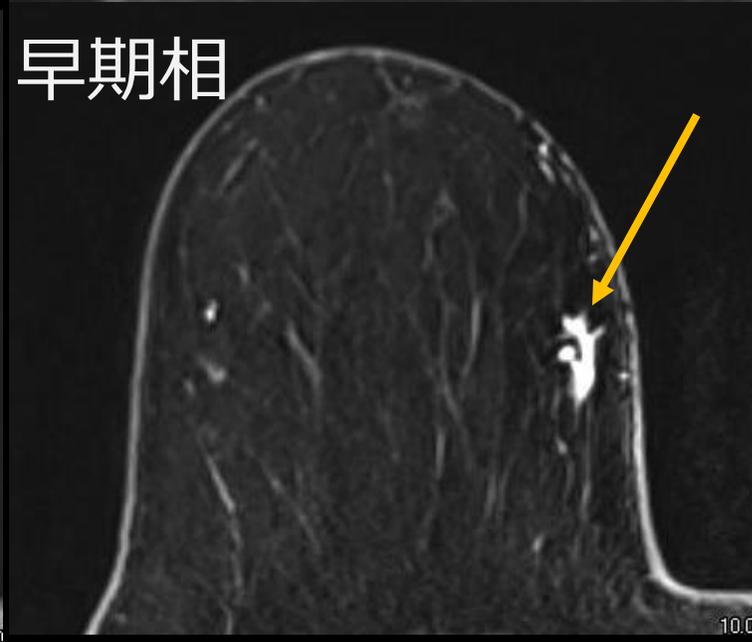
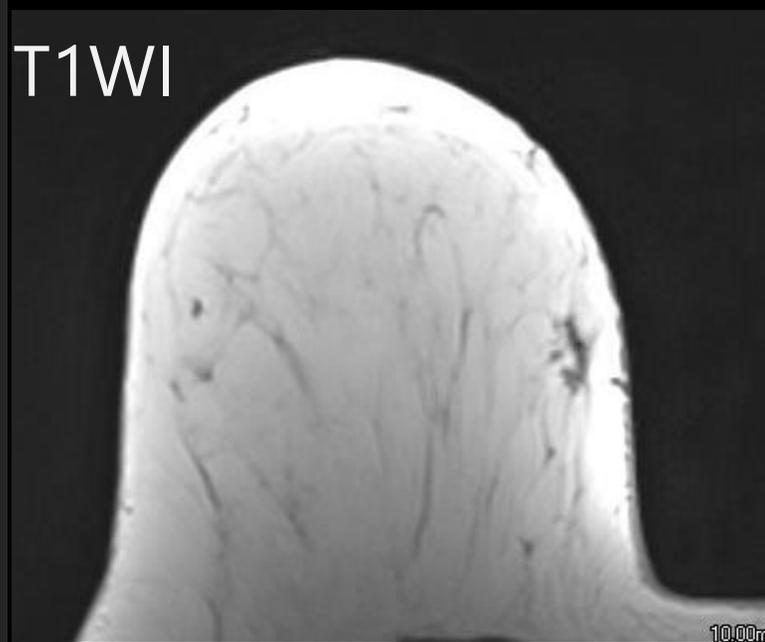
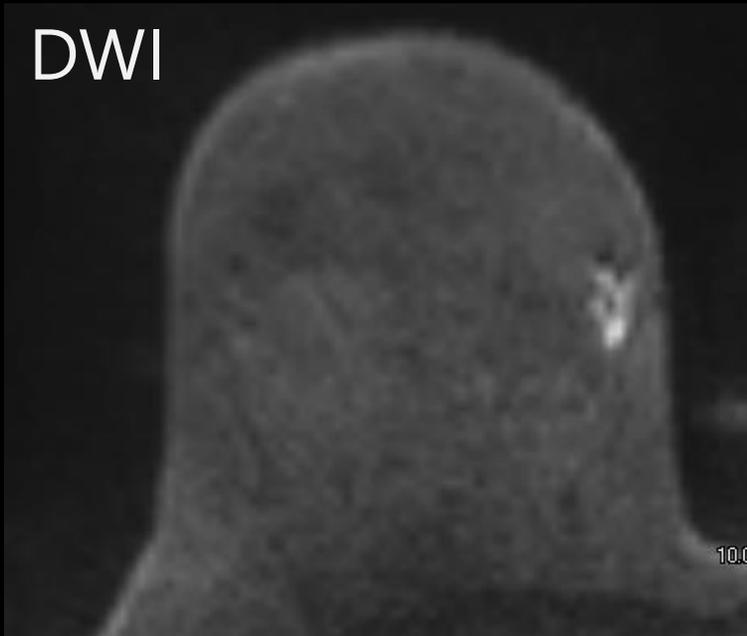
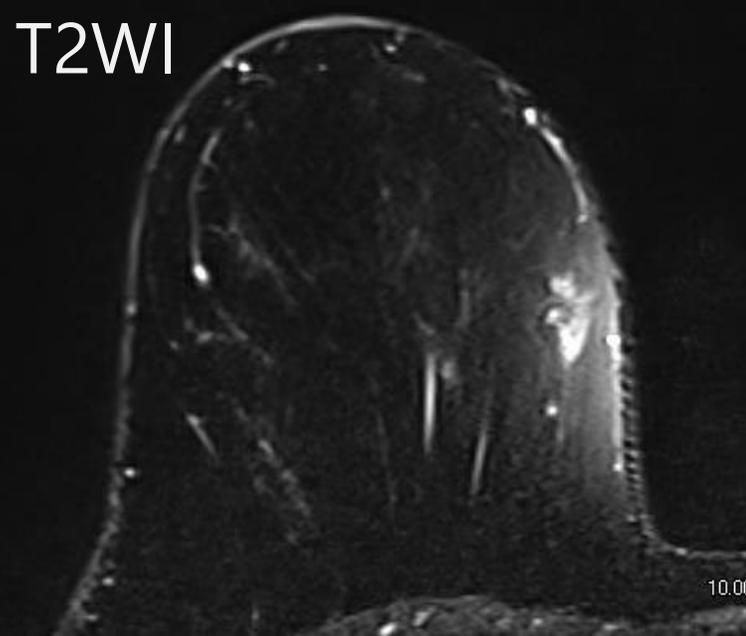
右MにFAD カテゴリー-3

18L7
diffT13.0
33 fps
G:80
DR:70
A:5
P:7

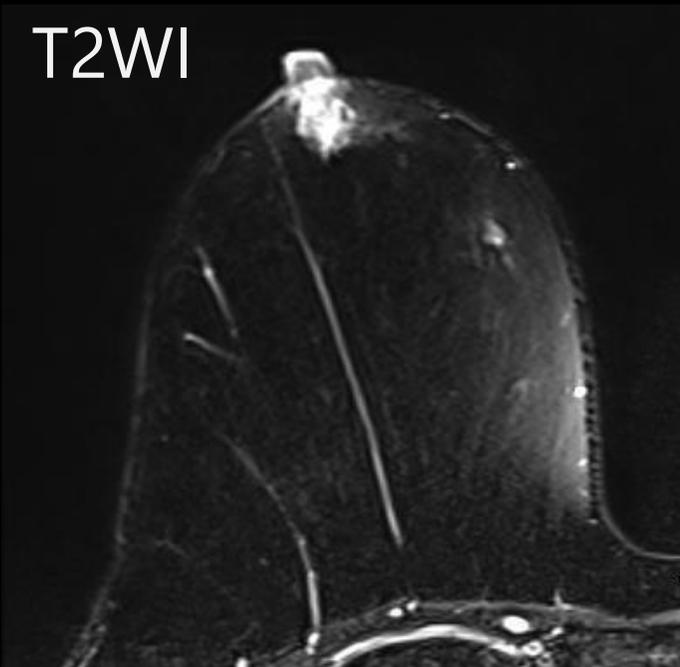


18L
diffT13.
33 fp
G:8
DR:7
A:
P:

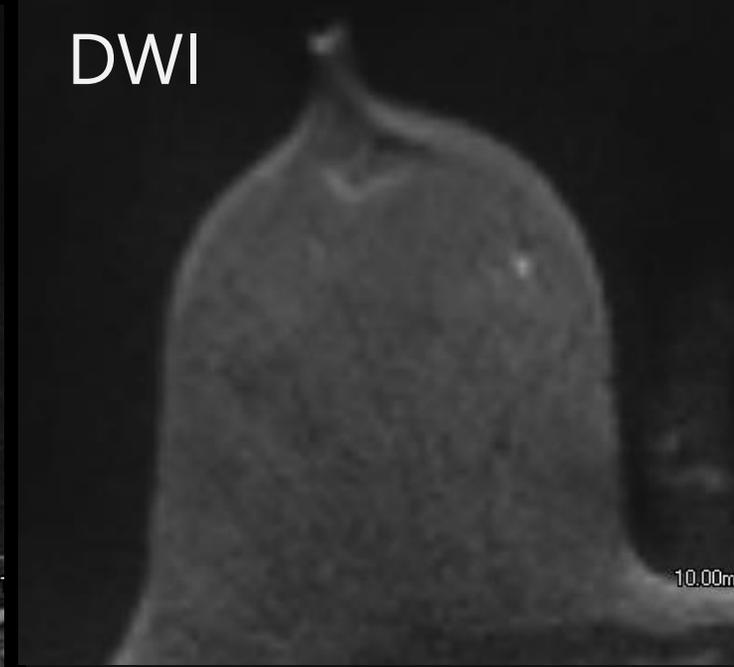




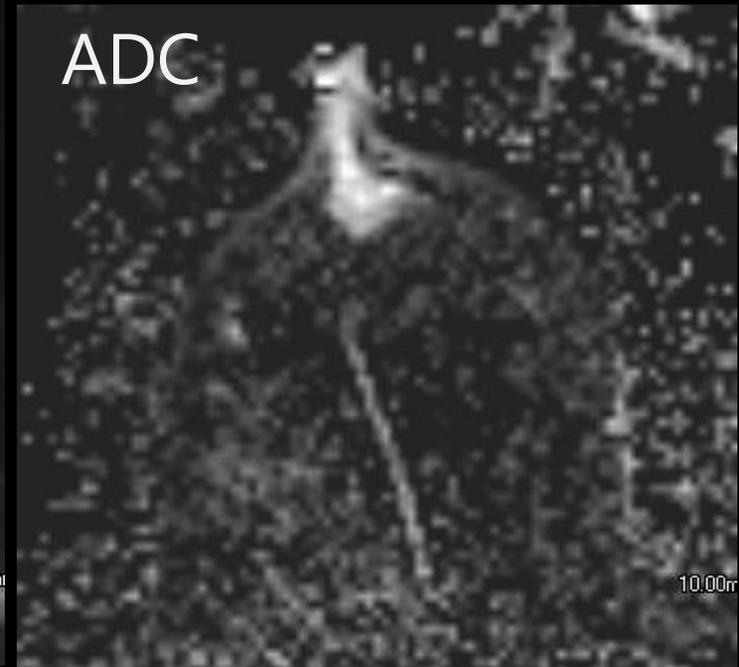
T2WI



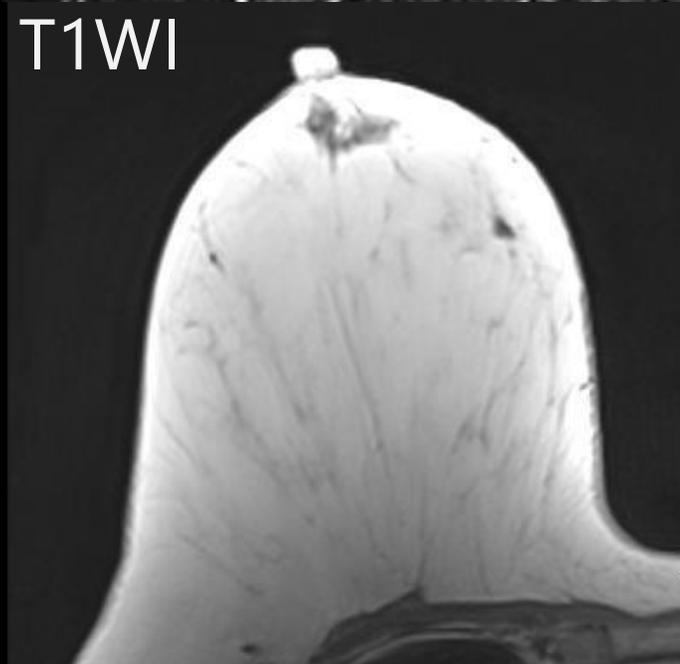
DWI



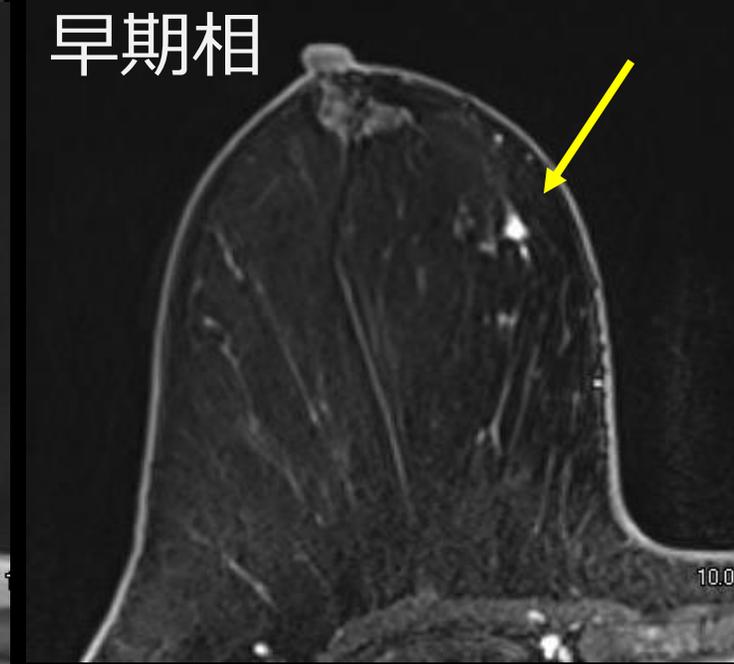
ADC



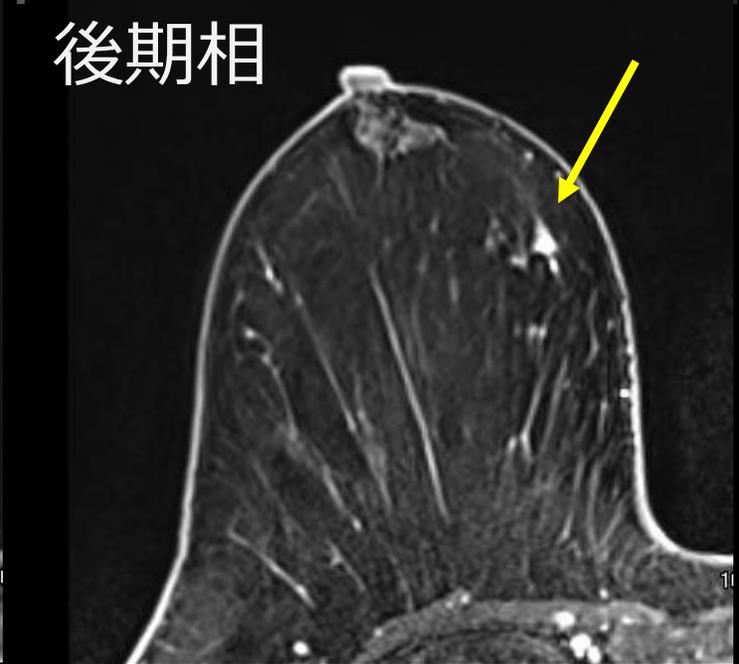
T1WI

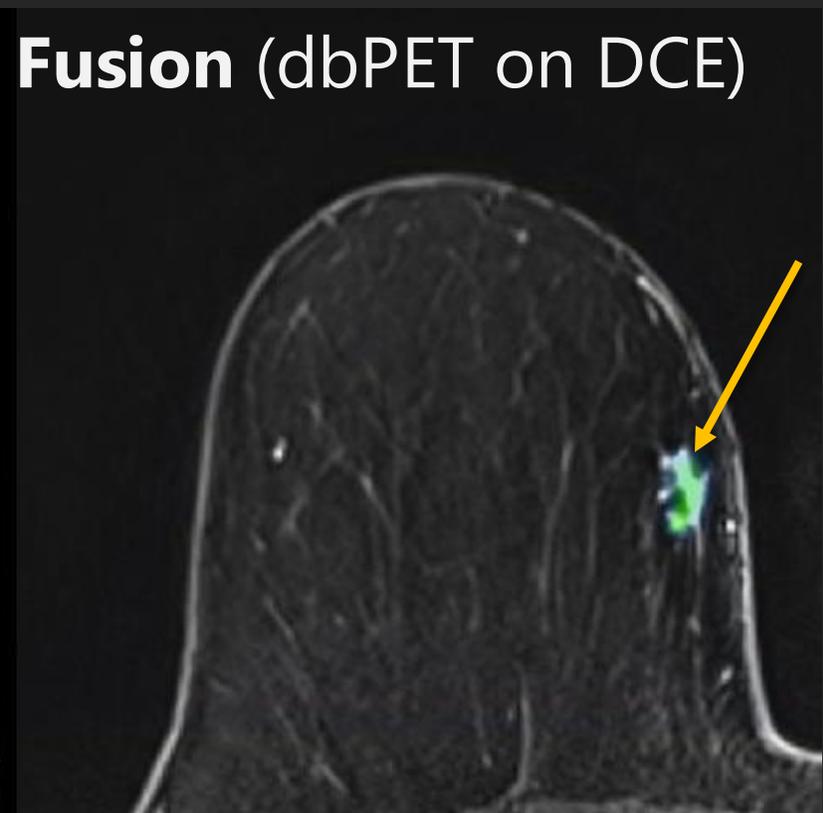
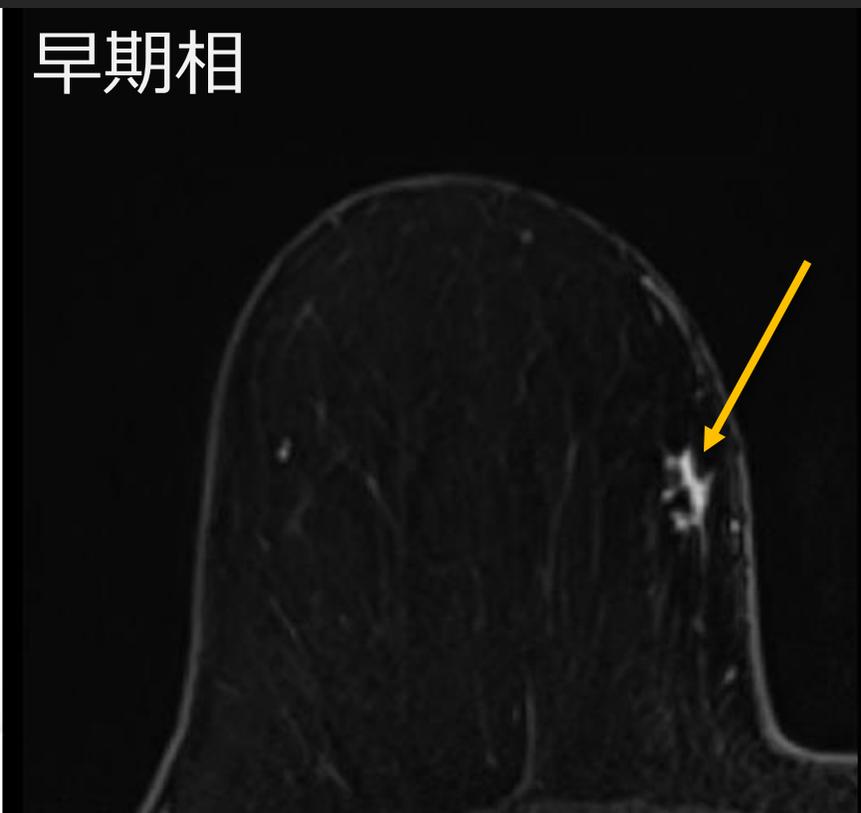
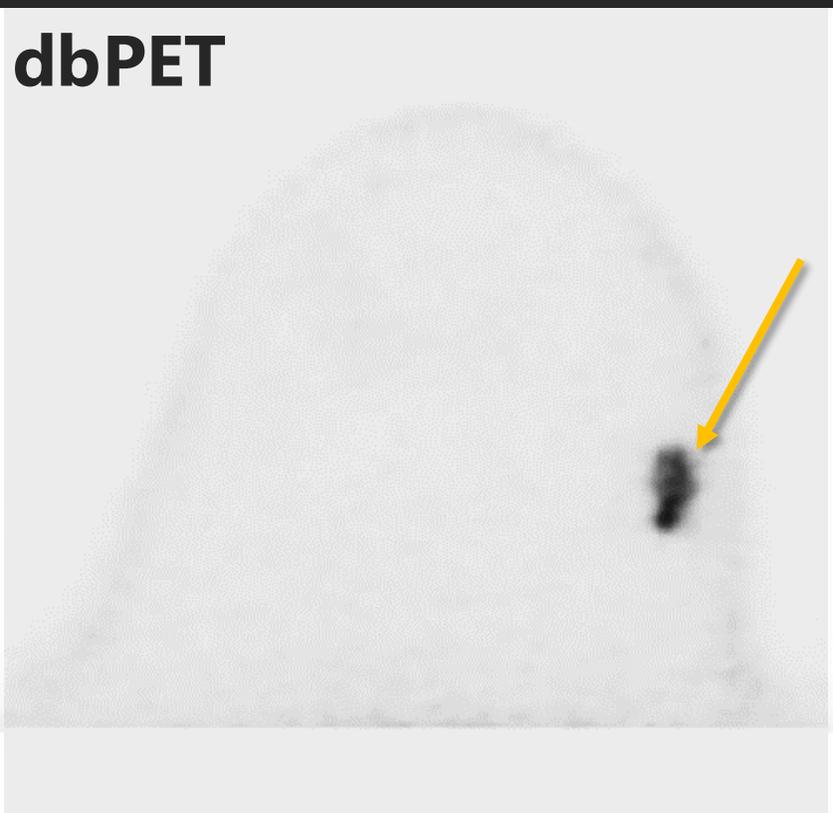


早期相



後期相





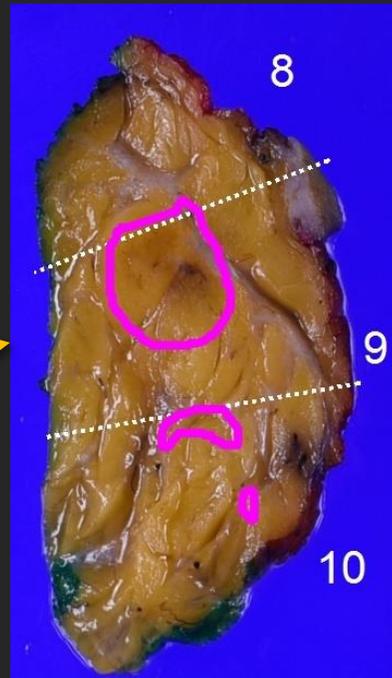
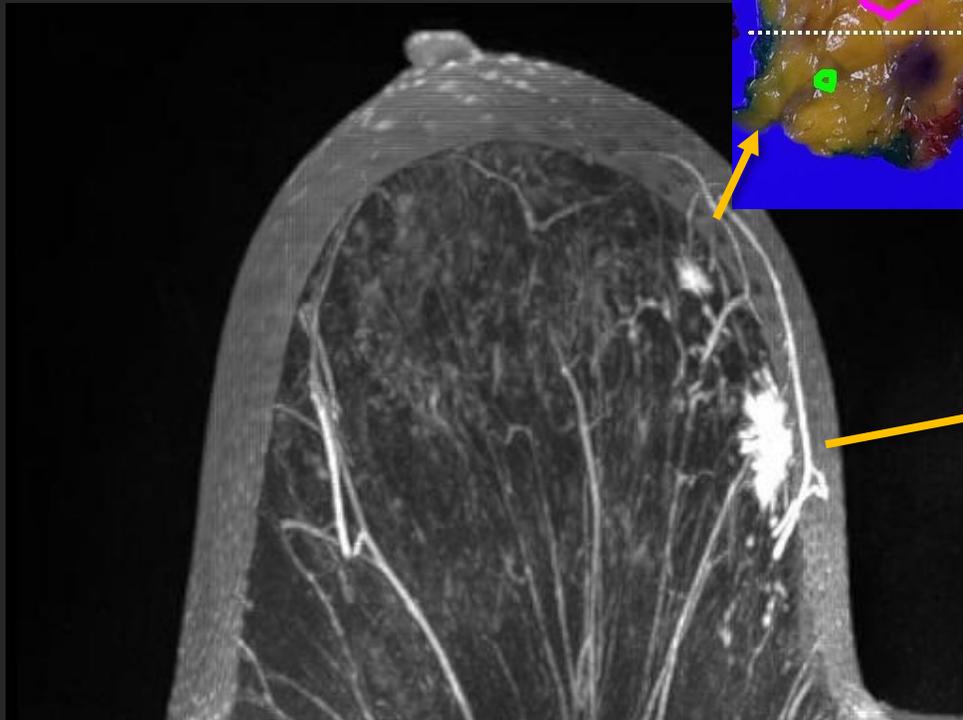
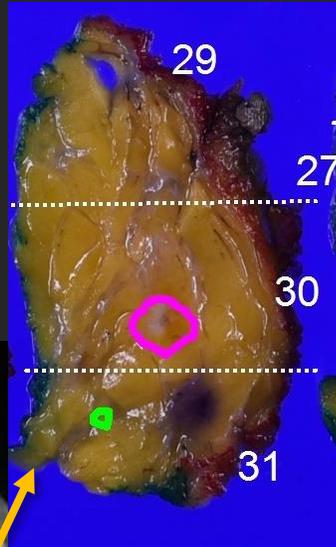
Invasive Carcinoma (NST)

pT1c N0 M0 Stage I

ER + /PgR +

HER2 +

Ki-67 index 23%



Pink: invasive carcinoma

Green: DCIS

Case5：乳房専用PETで新たな病変が検出された一例

Point：

- 乳房専用PETについて

乳房専用PET

- 乳房専用の ^{18}F -FDG-PET → 糖代謝を反映、検出器を乳房に近づけ空間分解能↑
- 保険診療には全身PETと併用

FDG投与



全身PET



乳房専用PET

中之島クリニックHPより

- 造影MRIと比べて感度は劣るが特異度は優れる
- 「特に体内金属保持、閉所恐怖症、腎機能障害、造影剤アレルギーなどのため造影MRIが施行できない患者は乳房専用PETのよい適応である」

日本核医学会 乳房専用PET診療ガイドライン2019

PETで広がり診断はできる？

FRQ6 乳房専用PETは乳癌術前の広がり診断に有用か？

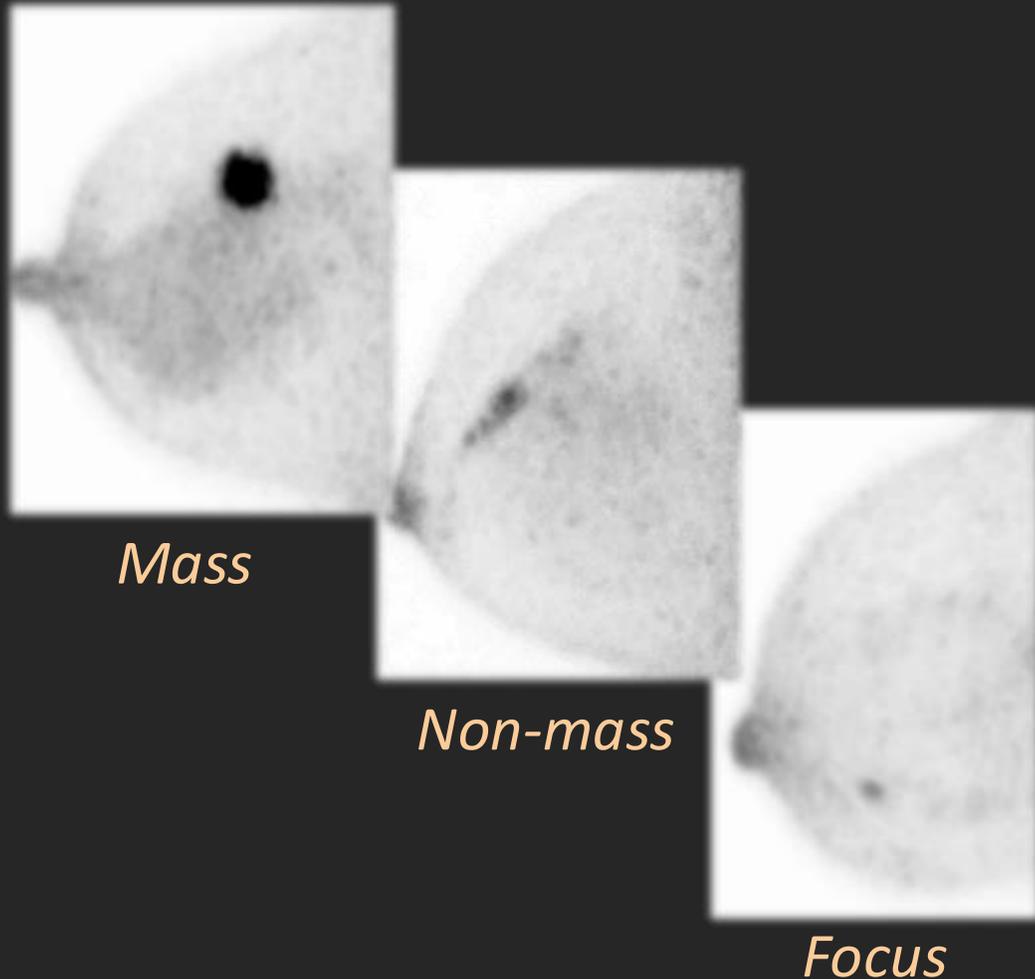
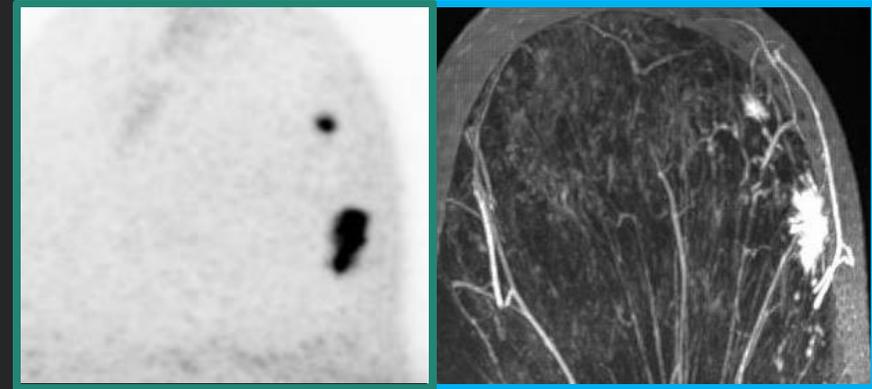
4. 診断—②癌確定後術前（広がり・術前化学療法）

ステートメント

- 乳房専用PETによる乳癌術前の広がり診断の有用性が示されつつある。

乳房専用PETでの形態評価

MRIに近い形態評価も可能



diagnostics



Protocol

A Proposed Dedicated Breast PET Lexicon: Standardization of Description and Reporting of Radiotracer Uptake in the Breast

Kanae K. Miyake ^{1,*}, Masako Kataoka ², Takayoshi Ishimori ², Yoshiaki Matsumoto ^{3,4}, Masae Torii ⁵, Masahiro Takada ³, Yoko Satoh ⁶, Kazunori Kubota ⁷, Hiroko Satake ⁸, Masahiro Yakami ⁴, Hiroyoshi Isoda ⁴, Debra M. Ikeda ⁹, Masakazu Toi ³ and Yuji Nakamoto ²

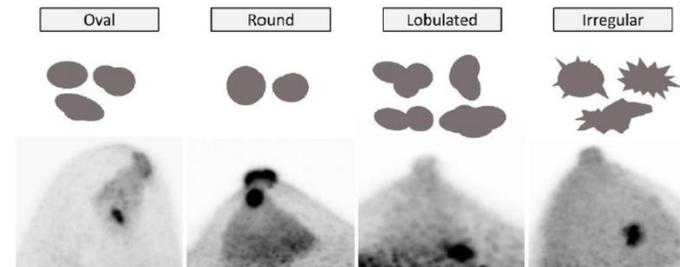
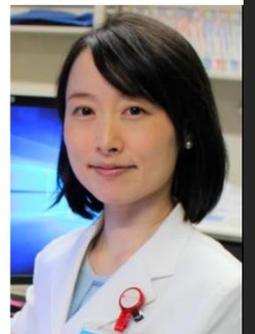


Figure 10. Mass uptake: Shape. From left to right, *oval* (no malignancy on biopsy), *round* (no histological diagnosis), *lobulated* (no histological diagnosis), and *irregular* (invasive ductal carcinoma) on MIP images with schematics.



Teaching points

- Point 1-1: まずは**早期相MIP**で**BPE**評価 + 病変確認
- Point 1-2: MR検出病変は偽陽性も多く、USで確認要
- Point 2-1: **トモシンセシス**は腫瘍・スピキュラ描出や病変の分布把握に有用
- Point 2-2: **Ultrafast MRI**はBPE回避・病変描出に有用なことがある
- Point 3-1: **Subtraction**画像で血性乳汁と鑑別
- Point 3-2: **高分解能造影MRI**で詳細・多断面評価
(遅すぎないタイミングで撮像)
- Point 4-1: **非脂肪抑制T1WI**で大胸筋浸潤をみわける
- Point 4-2: NACでの樹枝状・モザイク状の**縮小パターン**は要注意
- Point 5: **乳房専用PET**は造影ができないときに考慮

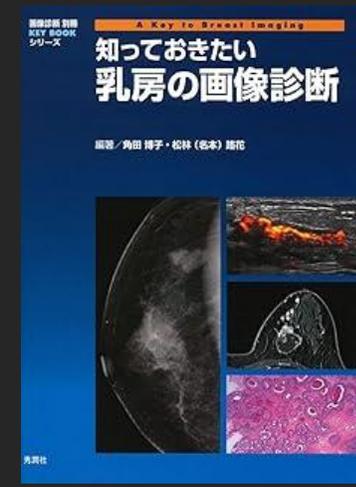
おすすめ教科書・HP

画像取得方法

- 乳房MRI検査マニュアル
- 乳癌診療ガイドライン2022年版 総説4 各乳腺画像診断モダリティ
- 画像診断ガイドライン

読影方法

- 知っておきたい乳房の画像診断



おすすめ勉強会

関西乳房MRI勉強会：講演＋症例検討
年2回、web開催

関西乳房MRI勉強会

HOME

イベント

インフォメーション

演題募集

HOME

関西乳房MRI勉強会は、乳房MRIの臨床応用や最新の研究動向など、幅広いテーマについて学び合う場です。年に2回、講師を招いての講演と、参加者からの症例提示による症例検討からなる勉強会を行っています。乳房MRIにご興味のある方は、ぜひご参加ください。

アカウント発行

ログイン

[パスワードを忘れた方はコチラ](#)

当サイトはm3.com学会研究会のサービスを利用しています。ログインにはm3.com IDが必要です。
m3.com学会研究会とは

Acknowledgement

- 京都大学大学院医学研究科 放射線医学講座（画像診断学・核医学）
片岡 正子 先生
- 大阪大学 大学院医学系研究科 放射線医学
徳田 由紀子 先生
- 関西電力病院 乳腺外科
佐藤 史顕 先生