

1 当院における乳がん術前CT検査

戸畑共立病院 画像診断センター
田中 順平



はじめに—CT検査の位置付け—

乳腺領域の画像診断では、マンモグラフィや超音波が担っている検診やスクリーニングに対し、CTやMRIでは精査、手術支援が目的となる。乳腺CTの検査目的に関して、乳癌の拡がり診断や質的診断の可能性についての報告は数少なく、一方でMRIでは、装置の技術的進歩(ハードウェア性能向上, ソフトウェアの発展)により高分解能化や脂肪抑制技術が向上し、乳管内進展巣の検出感度は有意に高いと報告されている¹⁾。しかし、受診コイルの形状から腹臥位での検査となるため、画像を手術支援に用いることは困難である。MRIとの比較におけるCTの利点として、高い空間分解能、検査時間の短縮、体内金属や閉所恐怖症にかかわらず検査が可能であり患者負担が少ないこと、腋窩リンパ節転移の有無や肺、肝臓、骨などの遠隔転移の検索が同時に行えることなどが挙げられる。

また当院では、医師による問診、視触診およびスクリーニング検査としてマンモグラフィや超音波の検査結果から悪性を疑う所見があった場合、まずMRIを施行し超音波ガイド下で乳腺穿刺となる。これは穿刺による組織形状や内部構造の破壊がMRIによる質的診断を困難にするのを防ぐためである。さらに組織診断にて悪性を強く疑う症例では、全身転移検索としてRIやCTが施行される。

以上を踏まえ、転移検索と手術に必要な解剖学的位置情報(動静脈, リンパ節, 腫瘍など)において十分な組織コントラストを得る目的から、当院の乳がん術前CT検査では造影剤600mgI/kgを投与している(ただし、高齢者、腎機能の悪い被検者は除く)。本稿では、全身転移同時検索を目的とした当院の乳がん術前CT検査プロトコルおよび画像処理法についての解説、また手術支援画像について症例提示を含め述べる。

使用機器および造影剤

- ・CT System : Aquilion 64(東芝メディカルシステムズ株式会社)
- ・ワークステーション : SYNAPSE VINCENT(富士フィルムメディカル株式会社)
- ・インジェクター : Dual Shot GX(根本杏林堂)

- ・造影剤 : イオメプロール(製品名 : イオメロン[®]) 350mg/mL(エーザイ株式会社)

乳腺領域における高濃度造影剤の有用性

冒頭で述べたように、当院における乳がん術前検査に用いる至適造影剤量は600mgI/kgとしている。図1に2008年4月から2011年4月の間で、乳腺精査で悪性と診断され、術前CT検査を施行した患者の体重分布を示す。グラフより、高齢者(80歳以上)を除くと体重50kg以上の被検者は66%を占めており、比較的高体重であることが分かる。しかし、300mgI/mLの100mLシリンジでは50kgまでしか対応できず、これらの症例に対して満足した組織コントラストが得られない。

当院では、2010年10月よりイオメプロール350注シリンジ135mLが導入され、高体重で肝転移検索が必要される乳がん症例においても十分なヨード量の投与が可能となり、以前と比較しても肝実質、その他の実質臓器、血管やリンパ節に対し良好なコントラストが得られるようになった(図2)。乳腺腫瘍に関しては、同一症例での比較ができないため、異なる被検者において、500mgI/kg以下と600mgI/kgの群、それぞれ15例にて腫瘍のCT値を計測した結果、2群間で有意差がなかった(図3)。これは、乳腺腫瘍に対する造影効果には腫瘍の血管新生や周囲血管からの滲出などが影響し、病理組織を反映するといわれている²⁾ことが考えられる。

なお、造影剤注入時間固定(当院では30秒)の場合、高濃度造影剤を用いると注入速度を低く設定でき、末梢血管確保が困難になりがちな乳癌術後化学療法中の

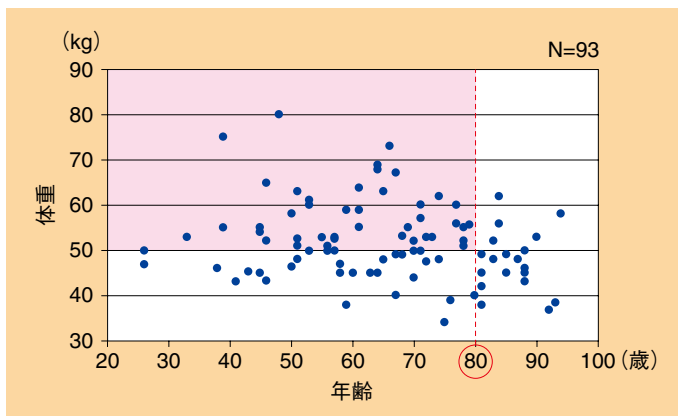


図1 当院で乳がん術前CT検査を施行した患者の体重分布

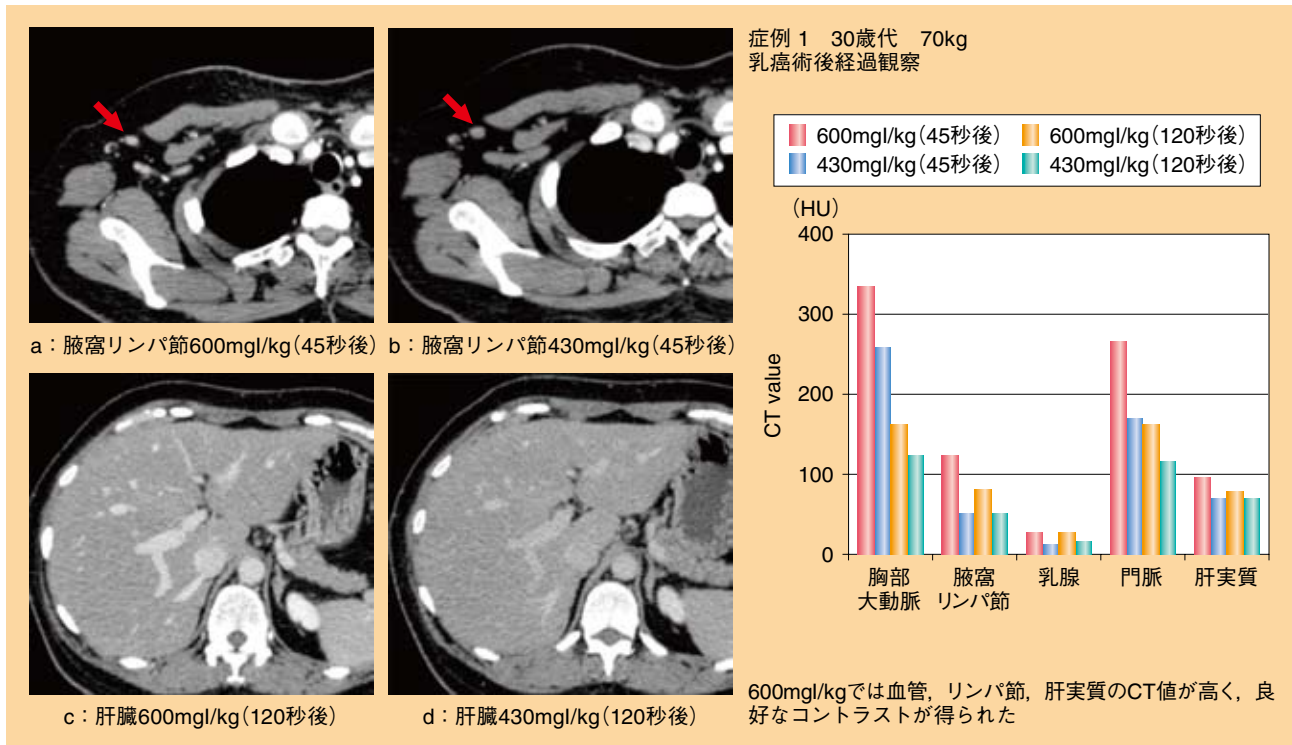


図2 異なるヨード量における造影効果の比較

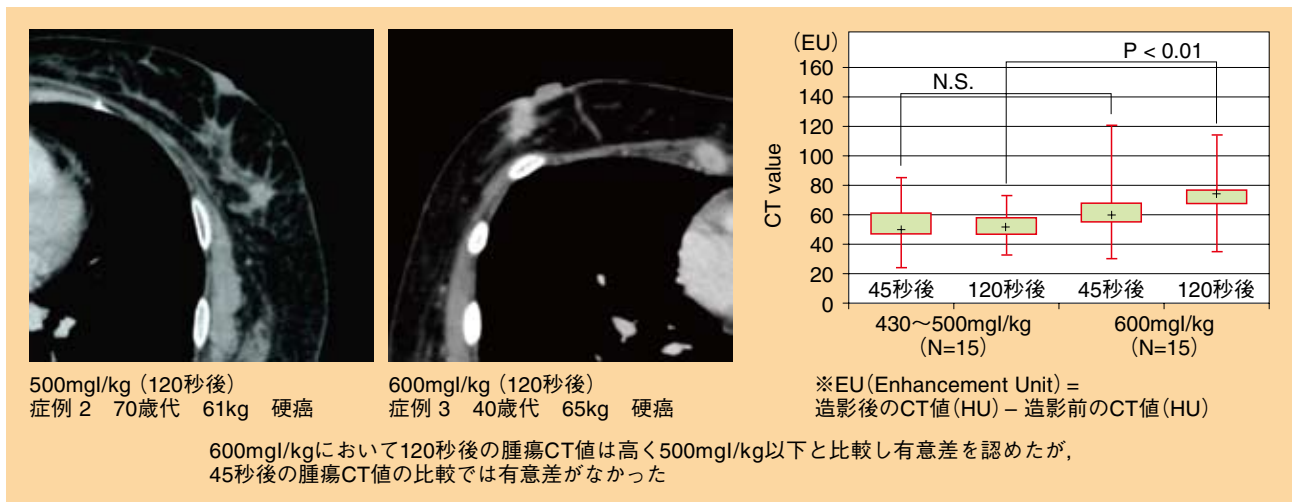


図3 異なるヨード量における乳腺腫瘍に対する造影効果の比較

患者への投与においても、オペレーターへの心理的なメリットが大きい。

検査プロトコール

当院の乳がん術前CT検査のプロトコールを表1に示す。当院では単純を含む4相(単純、造影1相、造影2相、造影3相)で撮影を行っており、ここではそれぞれの撮影条件について詳細を述べる。

乳腺領域のCT検査において、単純撮影は主に石灰化を伴う病変の検索となる。しかし、乳がん術前のCT検査は画像診断の中でも終盤の評価となるため、乳腺や腫瘍に対する多くの情報は得られたうえでの検査であ

り、空間分解能に関してもマンモグラフィより劣るため、ここでいう石灰化とはある程度大きなもの(粗大石灰化)となる。単純のみの評価であれば、乳腺内の結節や肝転移の検索など低コントラスト領域であるため、ノイズの少ない画像が求められるが、造影によって組織コントラストは得られるため、ここでの撮影線量はそれほど大きくする必要はない。よって、単純撮影は造影Phaseと比較してCT-AEC(Auto Exposure Control)使用時のNoise Index(SD)を大きく設定している。また撮影範囲に関して、対象は乳腺であるが、術前のスクリーニングを兼ねて骨盤までの撮影を行っている。

次に造影1相目について詳細を述べる。単純撮影に

表 1 乳がん術前CT検査のプロトコール

	単純	造影第 1 相	造影第 2 相	造影第 3 相
造影タイミング	—	注入30~35秒後撮影	注入60~70秒後撮影	注入120秒後撮影
管電圧	120kV			
管電流	AEC (SD10: 500~200mA)	AEC (SD 8: 300~200mA)	AEC (SD 8: 500~200mA)	AEC (SD 8: 500~200mA)
スキャン時間 / 1 回転	0.5sec/rot	0.75 sec/rot	0.5sec/rot	0.5sec/rot
収集スライス	1.0×32	0.5×64	1.0×32	1.0×32
ピッチ(PF)	27(0.844)	53(0.828)	27(0.844)	27(0.844)
スキャン範囲	700mm	450mm	200mm	800mm
スキャン時間	14sec	15sec	5sec	16sec

て検査目的(乳癌およびそれによる転移検索など)とは別の所見が示唆された場合を除き、撮影範囲は胸部から上腹部までとなる。造影条件については、高濃度造影剤(イオメプロール350mg/mL)600mgI/kgを30秒注入し、動脈のCT値がピークとなる動脈後期相(注入後約40秒程度)を狙う。このPhaseは、末梢血管描出能を良くするため、収集スライス0.5mmおよび小焦点にて撮影し、空間分解能を向上させている。当院のCT装置の焦点の切り替えは管電流とスキャンFOVサイズから選択されるため、被検者の体格が大きい場合を除き、小焦点での撮影が望ましい。肺野条件に関しても、このPhaseを利用することで空間分解能が高く肺転移検索に有用である。以上から、約40秒後にスキャンセンター(乳房)とするには、造影剤注入終了後(30~35秒)の撮影開始となる。

造影 2 相目は肝実質相(注入後約60~70秒後)であり、主に肝転移の評価に用いるため、撮影範囲は上腹部のみである。図 4 に乳癌の肝転移症例を示す。微小低吸収域(早期肝転移)の検出において撮影タイミングの影響は大きく、肝実質相でコントラストが明瞭となる。さらに高濃度、高容量の造影剤を用いることで肝実質の濃染が強くなり、早期転移性肝腫瘍の検出など微小低吸収域の検出が向上すると思われる。早期発見は治療方針の変更につながる可能性もあり、臨

床的に有用である。

造影 3 相目は病変の乳腺組織への拡がりの確認と、全身の精査が目的であるため、撮影範囲は頸部から骨盤までである。当院の乳腺領域におけるCT検査の位置付けは、主に転移検索と手術支援であるが、同時に病変の拡がり診断の一助も担うものであるため、通常(胸腹部ルーチン検査)の平衡相(血管内と細胞外液中の造影濃度が平衡状態となった時相)の撮影タイミングと比較して早期である。CTで質的診断を行うわけではないが、ACR BI-RADS®-MRIのtime intensity curveの定義によると、造影後 2 分を境にして造影早期相と造影後期相の造影効果の変化を評価するとされており³⁾、当院で乳腺MRI(Dynamic Study)を施行した症例においても腫

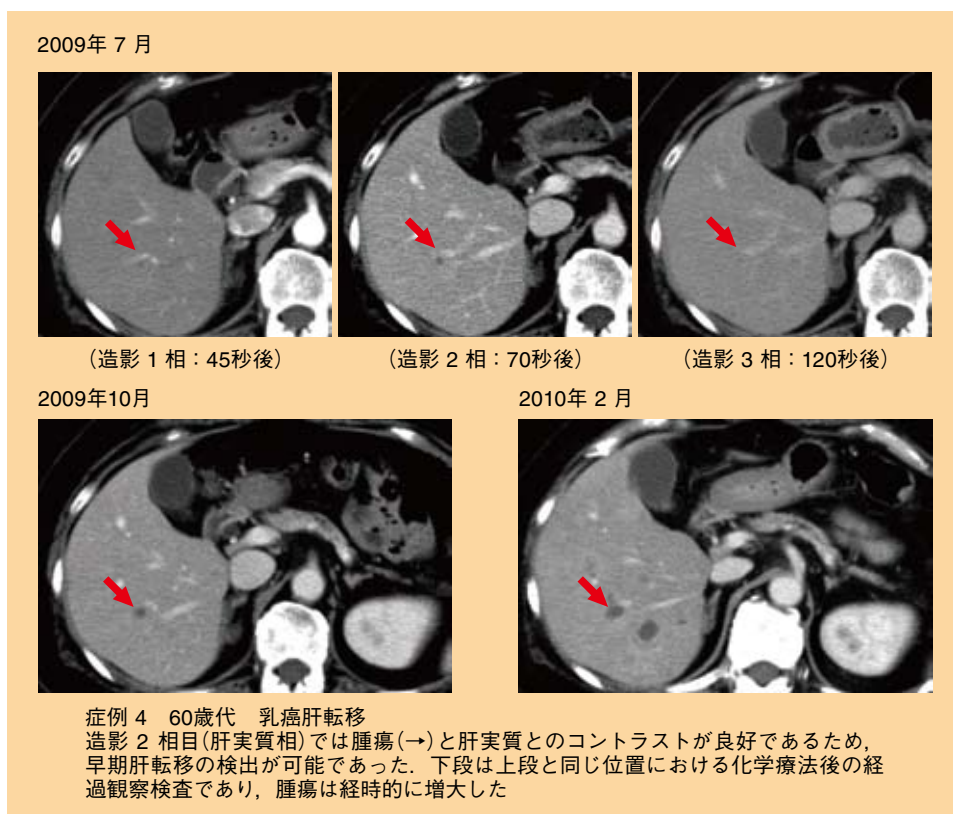


図 4 異なる撮影位相による検出能の違いおよび経時的変化

瘍の造影ピークは造影後 2 分前後で増強される傾向であった(図 5)。以上から、良好なコントラストを得るために、当院では注入後120秒後に 3 相目の撮影を行っている。

画像再構成および画像処理

乳腺において、微細かつ樹枝状に広がる乳管内進展巣の検出や、手術支援画像として病変の血行動態や栄養血管(feeding Artery)の描出能を向上させるには、高い空間分解能が必要である。当院では、画像処理に関してできる限り薄いスライス厚と拡大再構成(FOVを小さく)したデータを利用することで空間分解能を高めている。

また、手術支援画像に用いるデータは、動静脈の描出が必要となるため造影 1 相目を使用するが、乳腺疾患に関して拡がり診断を考慮すると、主病変と乳腺組織のコントラストが良好である Phase の選択は重要である。当院における乳がん術前CT検査で作成している画像処理を、有用性を含め以下に述べる。

1. MPR(multiplanar reformation)

仰臥位における拡がり診断を目的とするため、病変のコントラストが良好な Phase を使用し、拡大再構成したデータを用いる。図 6 に乳頭腺管癌の症例を呈示する。冠状断像では乳房温存術での切除範囲の決定の際に重要となる水平方向の拡がりや乳頭との位置関係が把握しやすく(図 6a)、矢状断像では皮膚・胸壁浸潤の有無の評価に利用する。図 6bでは腫瘍が大胸筋に接しており、浸潤が疑われる。

2. MIP(maximum intensity projection)

肋骨や胸壁を外したMIPを作成することで、さまざまな角度からの観察が可能になる(図 7)。これにより、主病変の拡がりや多発病変の有無、分布形式が分かりやすい。基本的には造影 1 相目で作成するため、病変(腫瘍)と周囲血管との位置関係が把握しやすく、VRで表現できない栄養動脈流入部など末梢血管の描出も可能となるため、手術支援画像としても利用される⁴⁾。

3. VR(volume rendering)

VRは客観的で外科医や患者に分かりやすいためインフォームド・コンセントに役立つ画像であり、仰臥位における病変(腫瘍)や周囲血管との位置関係が把握できるた

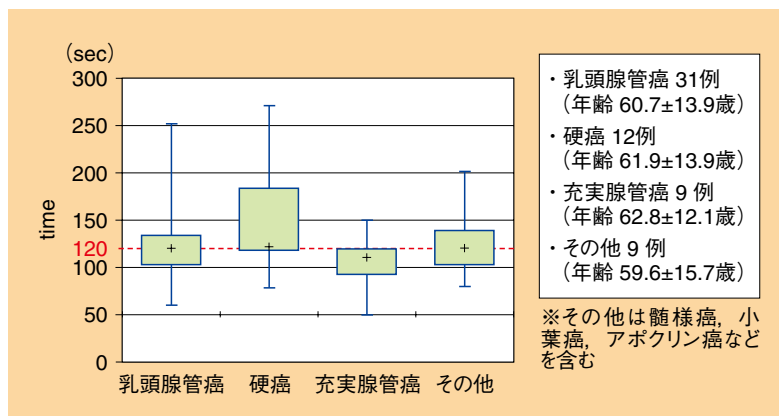


図 5 組織型の違いによる造影ピーク時間

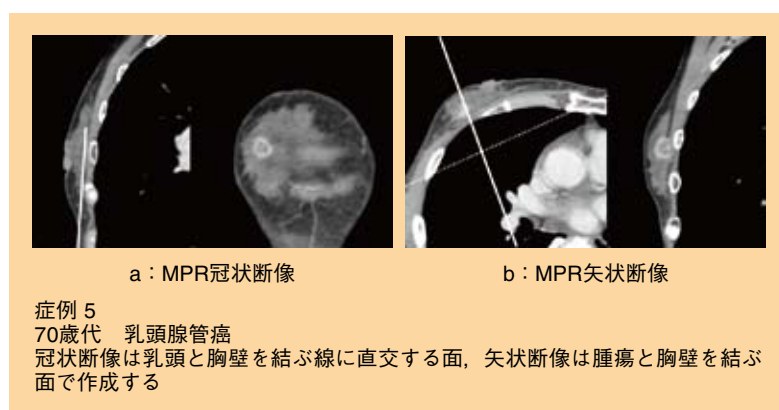


図 6 MPR像

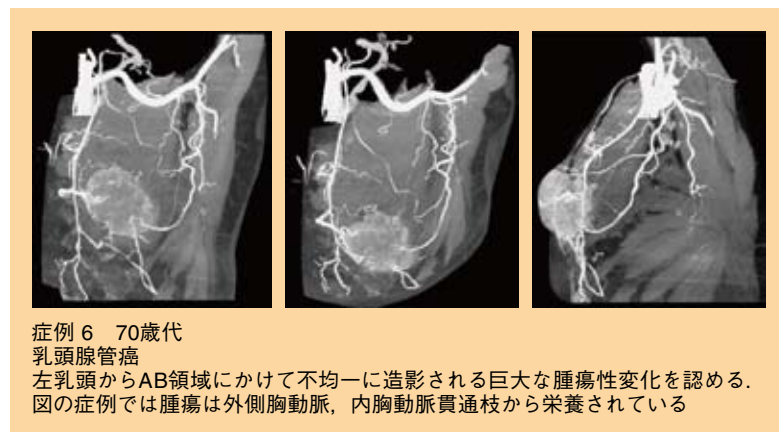


図 7 MIP像

め、病巣摘出範囲を決める距離計測など術前ナビゲーションに利用している。ナビゲーション画像作成についての詳細は次項で述べる。

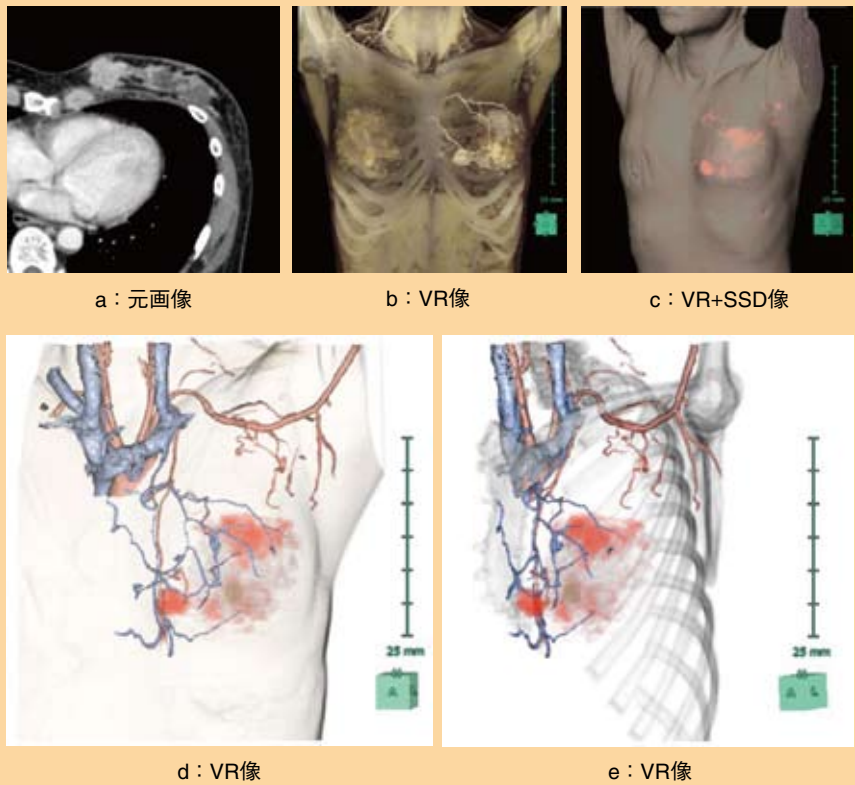
ワークステーションを用いた手術支援画像処理

1. 外科手術ナビゲーション画像

乳癌手術での病巣摘出の際には、腫瘍の支配血管の走行に基づいた手術が必要である。特に、悪性度の高い腫瘍が存在する場合の栄養動脈や、表在に発達した

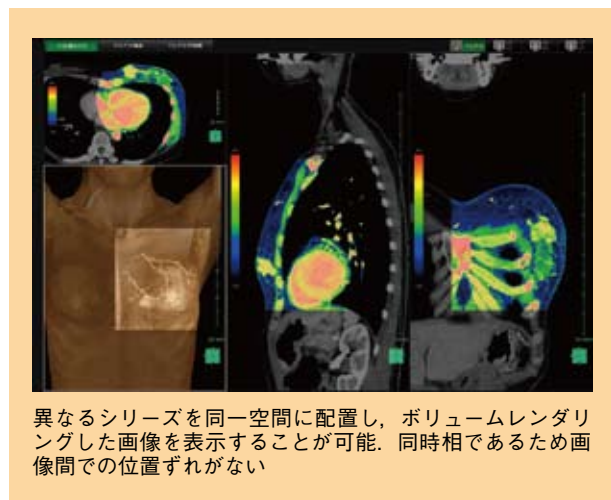
静脈血流の分岐形態や流入、流出パターンは個人差(変化)が大きく、これらの情報は術前に必要不可欠である。図8は乳頭腺管癌で高度に進行した症例である。当院では基本的に、腫瘍およびその支配血管と同時にメルクマールとなる乳頭および肋骨が表現できるVR(図8b)と、体表面から腫瘍位置が分かるようSSD(shaded surface display)を重ね合わせたVR(図8c)、およびMIP画像(図7)をルーチンとして作成している。また、動静脈を分離したVRは全症例で作成していないが、前述のように、発達した血管が確認できた症例で技師側から積極的に作成し提示している(図8d, e)。さらに、血管構築を行う際、ワークステーションの機能の1つであるマルチ3D表示機能を使用し、乳房部のみ拡大再構成したデータと全体像を重ね合わせた

VRを作成することで、乳腺領域の血管を詳細に表現できる(図9)。また、乳癌の手術は同時にリンパ節の郭清も行うため、画像上でリンパ節腫大を認めた場合、リンパ節の位置情報を付加することも重要である。図10は、病理組織診断にてアポクリン癌と診断された症例であり、右乳房C領域の結節および腋窩に腫大したリンパ節を認める。この症例では、表在静脈の発達がほとんどなく、VR



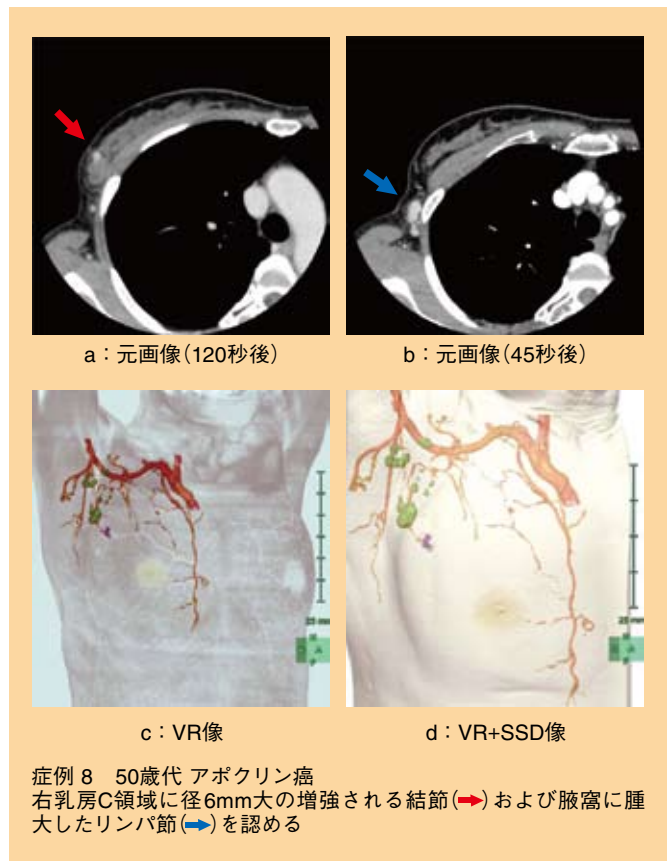
症例7 40歳代 乳頭腺管癌
左乳房内に多発性異常濃染像および一部囊胞性変化を認める

図8 VR像



異なるシリーズを同一空間に配置し、ポリウムレンダリングした画像を表示することが可能。同時相であるため画像間での位置ずれがない

図9 マルチ3D表示



症例8 50歳代 アポクリン癌
右乳房C領域に径6mm大の増強される結節(→)および腋窩に腫大したリンパ節(→)を認める

図10 VR像

にて静脈抽出は困難であったため、CT値を低く設定し、表在静脈を描出したVRと造影1相(動脈相)の腫瘍、動脈、リンパ節の情報を重ね合わせることで、術前ナビゲーションに有用であった(図10c).

2. VUS(Virtual ultrasonography)の有用性

VUSとは仮想超音波画像のことであり、CTやMRIで得られたボリュームデータを利用して、超音波と同様な画像の作成が可能である。CT検査では超音波検査と同じ体位で撮影可能であることから、検査間での乳房の変形や位置ずれの影響は小さく、指定したプローブ位置、目標点に対して穿刺のシミュレーションを行うことも可能である。当院では、特に超音波やマンモグラフィで検出困難な副病変や、早期の非浸潤性乳管癌(ductal carcinoma in situ : DCIS)においてVUSを作成し、超音波精査や乳腺穿刺の補助的画像として利用している。

また、MPR処理と違い、プローブを自由に動かして多方向からの観察が可能であるのもVUSのメリットである。図11は肺癌スクリーニングにて単純CT検査を施行した症例であるが、左乳房AC領域に粗大石灰化および正常乳腺内に一部腫瘍様所見を偶発的に認めたため触診、超音波精査となり、組織診断にて硬癌であった症例である。単純CTでは病変(腫瘍)と正常乳腺とのコントラストが不良であるため、元画像における小病変に対する検出は困難であることが多い。VUSは、このような症例に対してさまざまな角度からリアルタイム走査が可能のため、腫瘍もしくはspicula様の構造を捉えることも可能であり(図11d, e, f)、画像診断の補助的なツールとして、また画像診断医から他科の医師に対してマンモグラフィや超音波検査を薦めるための診断ツールとして活用できる。

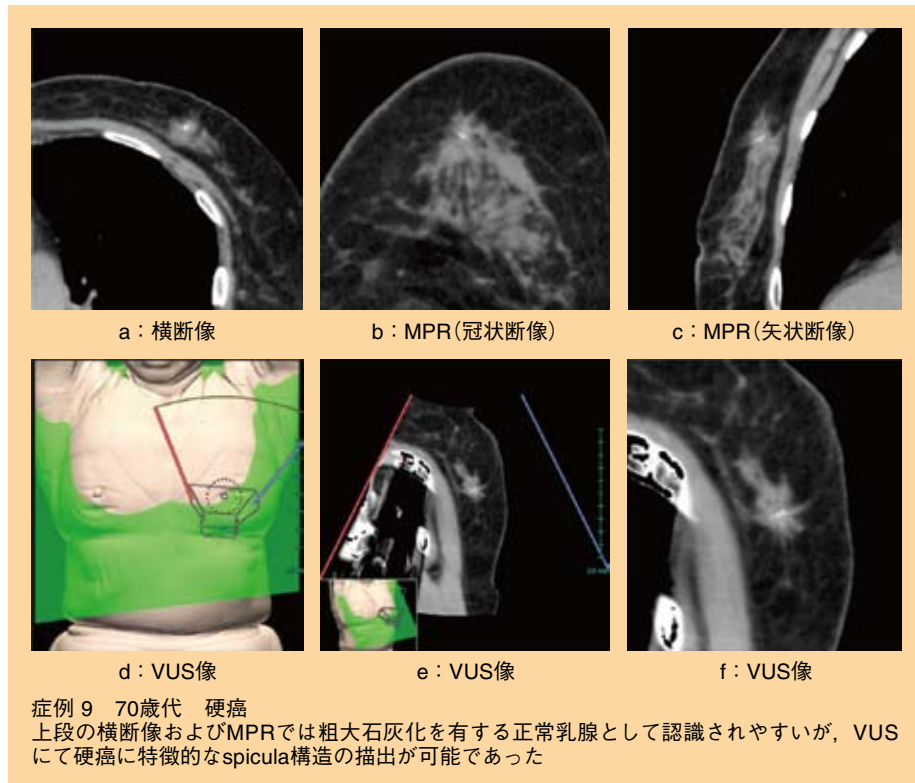


図11 VUSによりspicula構造の描出が可能であった1例

まとめ

以上、当院の乳がん術前CT検査のプロトコルの解説および画像処理や手術支援画像の有用性について述べた。2008年に改訂された乳癌診療ガイドラインでは、乳癌の拡がり診断に関してMRIは格上げされたが(推奨グレードB)、CTの推奨レベルは依然として低いままである(推奨グレードC)⁵⁾。それぞれのモダリティで得意とする分野の位置付けを行うことは重要であり、今後もCTは転移検索と手術支援において、その有用性を最大限に発揮する必要があると考える。そのために重要となる組織コントラストは造影剤の注入技術(ヨード量の選択、撮影タイミングなど)により左右され、良好なコントラストを得ることが診断や手術、そして患者にとって大きな利益となる。

近年、量子フィルタや画像再構成法の改良など、被ばく低減策としてノイズ低減法が実用化され、低線量下での良好なイメージ取得が可能となった。画像コントラストの改善と同時に、放射線感受性が高いといわれる乳腺は、被ばくが問題視される領域でもあるため、今後さらなる画質向上、線量低減に期待したい。

参考文献

- 1) Simauchi A, et al. Comparison of MDCT and MRI for evaluating the intraductal component of breast cancer. Am J Roentgenol 187: 322-329, 2006
- 2) 安村和彦・他: 早期乳癌におけるdynamic MR画像の描出機序と腫瘍血管新生に関する研究. 日本医放会誌 60, 379-388, 2000
- 3) American College of Radiology: Breast Imaging Reporting and Data System. BI-RADS 4th ed. Reston VA ed, American College of Radiology, 2003
- 4) 佐藤達夫: IVRと乳腺疾患-乳腺の動脈 IVR会誌 Jpn J Intervent Radiol 20: 247-249, 2005
- 5) 科学的根拠に基づく乳癌診療ガイドライン 4. 検診・診断. 日本乳癌学会, 金原出版, 2008