

Ⅲ 領域別超音波エラストグラフィの臨床応用

2. 乳腺領域

ARFIエラストグラフィおよび shear waveを用いた組織定量の有用性

戸崎 光宏 亀田メディカルセンター乳腺センター / 乳腺科

超音波エラストグラフィとは、外力により組織を変形させて、その歪みから弾性を推定する画像診断である。乳房の超音波エラストグラフィでは、病変の部位をプローブで上から圧迫して、病変の硬さを画像化する。しかし、加える力の強さと組織の歪み量は比例関係ではないため、圧迫の程度により結果が異なる可能性がある。また、フリーハンドで圧迫するため力の方向が一定せず、施行者依存性や再現性が問題になることがある。

近年では、組織内に横波 (shear wave: 剪断弾性波) を発生させて、その波の伝搬速度を測定する手法が注目されている。硬い病変ほど伝搬速度が速いことを利用したものである。乳腺領域では、シーメンス社製¹⁾とSuperSonic Imagine社製²⁾の2種類の臨床装置が応用されており、いずれもshear waveを発生させるために物理的な力 (音波照射力や音響放射圧と呼ばれる) を利用するので、施行者依存性は非常に低いと期待されている。

本稿では、音響放射圧を利用した超音波エラストグラフィ、そして、shear waveを用いた組織定量について解説する。

ARFI法を用いた エラストグラフィおよび shear wave速度計測

超音波を利用して表在臓器の硬さを調べる方法には、大きく二通りがある。力を加えたときの“歪みの程度を測る”ものと、“発生させた弾性波の速度を測る”ものである。以下では、簡単な原理と臨床的有用性を提示する。

1. ARFI imaging (ARFI elastography)

歪みの程度を測る方式の代表が、前述のエラストグラフィである。従来、用手的に圧迫を加えていたが、近年では、手で押す代わりに音圧を用いる方法が開発されている。シーメンス社製超音波診断装置「ACUSON S2000」に搭載された“Virtual Touch Tissue Imaging (VTTI)”では、超音波が透過する際に生じる物理的な力を利用して、まったくプローブを動かさず組織弾性イメージングが得られる。物理的な力とは音波照射力 (acoustic radiation force) のことであり、この力が一定時間加わると、音波放射力積 (acoustic radiation force impulse: ARFI) となる。この音波照射力を1か所に収束させることで、より多くの組織の歪みを生じさせることができる。これがVTTIに採用されているARFI法であり、得られる画像がARFI imaging (ARFI elastography) である。

VTTIでは、周波数4~9MHzのリニア電子スキャンプローブを用いて、音線ごとに組織変位量を測定し、それらを集合させて組織弾性イメージを構築する¹⁾。関心領域 (ROI) 内部の左端からプッシュパルスを印加して、組織に変位を生じさせる。直後に、同じライン上で通常の超音波パルスを送受信することにより、変位後の組織の位置情報を検出する。組織が軟らかいほど変位が多く、画像としては高輝度で表示される。

臨床におけるVTTIの最大の利点は、

病変内部の構造がこれまで以上に詳細に観察可能なことである³⁾。実際の臨床の場で遭遇する良性病変の1つに、濃縮嚢胞がある。細胞診や組織診の施行を考慮すべき所見を呈することが多く、正確な診断の臨床的価値はさきわめて高い。VTTIは、この濃縮嚢胞の“軟らかい内部構造”を正確に診断することができる³⁾ (図1 a, b)。また、硬い乳がんを周囲との明瞭なコントラストをもって診断可能である。当院での浸潤癌は、ほぼ全例“硬く (黒く)”表示されている (図2)。

2. shear wave速度計測

一方、shear waveの伝搬速度を測定する方式が、最近特に注目されている。shear waveの伝搬速度は、物体の硬さを表すヤング率 (E) と正の相関を示すことが知られている。硬い物質では伝搬速度が速く、遅いほど軟らかい。つまり、組織の硬さを定量化できることに最大の長がある。

この技術が世界で初めて通常の超音波診断装置に組み込まれたのが、シーメンス社製“Virtual Touch Tissue Quantification (VTTQ)”である¹⁾。主に、肝臓の硬度測定での使用報告が多いが、最近では、表在用リニアプローブが使用可能となり、乳腺領域での有用性が期待されている^{4), 5)}。VTTQにおいては、前述のARFI法を利用して、生体内部でshear waveを発生させている。硬さを測定したい部位に5mm×5mmの大きさのROIを合わせ、計測トリガーボタンを押すと、1秒以内にROIの内部に発生したshear waveの伝搬速度が測