

I 肝

5. 肝の3D・4D画像診断の臨床動向

2) 4D-USの有用性を中心に

東京医科大学消化器内科
山田 昌彦 / 森安 史典

三次元超音波(3D-US)は二次元画像から三次元画像を構築し、いわばレトロスペクティブに画像を見て診断する検査であったが、現在ではリアルタイムに3D画像を表示できるまでに装置が進歩した。リアルタイム3D超音波(4D-US)は、まず産科領域や循環器科領域で普及を始めた。腹部領域では、4D-USに高い関心が寄せられているものの、その適応や有用性に関してはいまだ研究段階の部分も多く、開発の余地を残している。

超音波造影は、超音波造影剤であるソナゾイドの開発、およびこれに対応した低音圧を用いた造影超音波モードが開発され、それまでの超音波造影剤であったレボピストと比較して高いフレームレートで観察でき、実時間性が大きく向上した。また、レボピストのように微小気泡を壊すことなく超音波検査を行えるため、より長い時間の観察が可能となり、造影超音波のためのデータ量が大幅に増加し、空間分解能が向上した。われわれは、ソナゾイドを用い、肝腫瘍を対象として4D-USを行い、さらに肝がんのラジオ波焼灼療法(RFA)治療の効果判定も試みている。

4D-USは、BモードではリアルタイムにMPR表示ができるため、腫瘍や肝の立体構造を即座に理解することに有用であり、さらに、造影4D-USでは造影態度を立体的に把握することに有用であった。肝腫瘍の診断においては、血管相の観察が有用であり、RFA治療後の効果判定には、血管相とともに実質相が有用であった。また、

RFAの穿刺においては、4D-USは三次元的なズレを把握することを容易とした。

背景

1. 超音波断層法の進化と造影超音波の開発

超音波断層法は、1970年代に臨床応用されたが、長く非造影のBモード断層の時代があり、その後、超音波のドプラ効果を利用したドプラモードがそれに加わった。ドプラ信号をBモードに重ねるカラードプラ法は、ドプラ法の二次元断層法として血流の可視化に臨床応用された。対象は、腫瘍の血管を可視化することによる良悪性の鑑別診断や、血管病変の診断である。しかし、腹部の超音波で用いられる3~4MHzの変移周波数を画像表示する場合は、表示される血流速度は5mm/s以上である。したがって、細動脈から毛細血管に至る微小循環の血流表示はできなかった。主に水からなる生体において、生体と最も音響インピーダンスに差があるのは気体である。そこで、血流からの信号を増感するために、毛細血管を容易に通過する微小気泡からなる超音波造影剤が開発された。さらに、非線形信号を映像化するハーモニック技術が開発され、大血管から毛細血管まで、その中を流れる血流を映像化することができるようになった。

また、微小気泡の造影剤のレボピストおよびソナゾイドは、血管から間質へは

出ないものの、血管内腔にあるマクロファージによって貪食を受ける。貪食された細胞内の微小気泡を映像化することによって、マクロファージの可視化、すなわち細胞標的イメージングが可能となった。内皮側にあるマクロファージの代表的なものは、肝臓のKupffer細胞である。したがって、これらの貪食を受ける微小気泡の造影剤は、従来の血管内血流の増感剤であるblood pool agentと、細胞標的造影剤であるKupffer cell agentとしての2つの造影効果を持つことになる。それゆえ、これらの造影剤は、肝臓の超音波検査において多くの情報を与えてくれることとなった。

2. 3D-USおよび4D-USの開発

超音波診断装置の画像処理能力の向上と画像処理技術の進歩により、超音波技術も飛躍的な進歩を遂げた。3D-USは、連続した二次元の断層画像から3D画像を構築し、いわばレトロスペクティブに画像を見て診断する手法であった。初期には、プローブを手動でsweepして、連続的に断面を保存し、プローブの移動距離と振り角を入力することにより3D画像をレンダリングしていた。その後、位置情報を画像に付加できる磁気センサー付きのプローブが開発され、プローブをsweepすることにより得られた連続断面のそれぞれに自動的に位置情報が付加され、3D画像を自動的にレンダリングすることができるようになった。近年は、プローブの内部で自動的に