

2. 造影超音波の技術と臨床の最新動向

特集

US Today 2023

超音波検査・
診断最前線

腹部領域の最新動向
を中心に

田中 弘教 宝塚市立病院消化器内科

超音波機器の進化により、造影超音波画像も改良されてきている。なかでも以前から low mechanical index (MI) B-mode 法として使用されてきた造影 low MI tissue harmonic imaging (THI) 法は、機器の進化の恩恵を受けて、さらに高い空間分解能での造影超音波検査を可能にしてきている。今回、基本的な造影技術を振り返りながら、造影 low MI THI 法などを中心に概説する。

超音波造影剤：ソナゾイド

超音波造影剤ソナゾイドは2~3 μ m 程度と赤血球と同程度の大きさであり、現在海外で使用されている他の超音波造影剤 (SonoVue など) とは異なり、類洞内のクッパー細胞に取り込まれるという特徴がある¹⁾ (図1)。また、ソナゾイドは類洞の小孔 (fenestra) の約0.1 μ m より大きいため、CTのヨード造影剤や

MRIのプリモビストなどと異なり間質には移行しない。ソナゾイドはクッパー細胞に取り込まれることにより、10分以降の後血管相 (クッパー相) でもしっかりと信号が得られるようになり、腫瘍の輪郭を明瞭に描出することができる。

これらの造影剤の動態は、各種画像検査の時相による造影効果の違いに反映されることがあるため、理解しておくことが望ましい。

ハーモニックイメージング (harmonic imaging)

ハーモニクスとは、基準となる波を基本波とした時に、その整数倍の波のことである²⁾。よって、ハーモニックイメージとは、プローブから発射された超音波を基準として、その整数倍の周波数の超音波をエコー信号から抽出して生成する画像である²⁾。このハーモニックイ

メージングには、造影剤を使用したコントラストハーモニックイメージング (contrast harmonic imaging : CHI) と、造影剤を使用せずに、超音波が生体組織などの媒質中を伝播する際に媒質の非線形性から発生する高調波を利用したティッシュハーモニックイメージング (tissue harmonic imaging : THI) がある。

超音波を送信すると、組織では送信波形とおおよそ同形の信号 (線形信号) が返ってくる。以前のBモード画像は、このエコー信号 (線形信号) を中心に画像化されていた。しかし実際には、生体組織中を超音波が伝播すると、特に音圧が高いところでは少し進んで伝わることにより高調波 (harmonic) 成分が発生する。そのため、音圧が大きいほど歪みは顕著に現われ、また、伝播とともに蓄積される性質がある²⁾。この波形歪みによって発生した周波数を解析すると、基本波の2倍、3倍、4倍などの整数倍の周波数が含まれるのであるが、そのうち最も強い2倍の周波数成分を画像化する手法がTHI法となる。

最近のBモード画像では、高調波の周波数から2倍の周波数のみを取り出す受信フィルタ法のほか、通常の位相および位相反転 (pulse inversion) した波を送信することにより、受信した2つの超音波の情報を演算して基本成分を除去している³⁾。これにより、非線形散乱を起こした信号は除去されずに残り、結果として高調波成分を取り出すことが可能となった。このTHI法では、サイドロープレベルの低下によるコントラスト

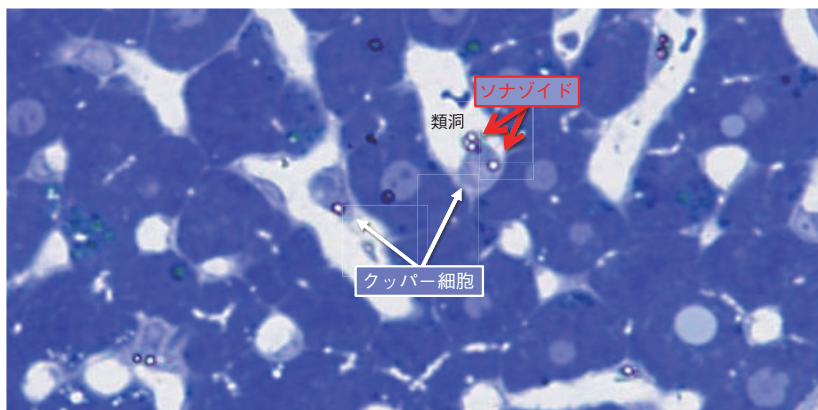


図1 類洞内にソナゾイドを取り込んだクッパー細胞 (光学顕微鏡)
兵庫医科大学と東京医科歯科大学との共同研究 (2008年) で撮影された。