

1. USの技術進歩で変わる臨床の今と未来

3) 超音波造影剤の進歩と展望

— LI-RADSも含めて

廣岡 昌史 愛媛大学大学院消化器・内分泌・代謝内科学

超音波造影剤の変遷

Bモード画像は、超音波画像診断において、その中心的役割を果たしていることは言うまでもない。これに加えて、臨床においては血流情報を必要とする機会が多く、古くはドプラがその役割を果たしてきた。しかし、通常のドプラでは、5mm/s未満の血流を明瞭に表示することは難しく、微小循環の血流表示には不向きであることが多い。この微細血流を超音波において画像化するために、超音波造影剤が活用されるようになった。

わが国では、経動脈性造影超音波検査として二酸化炭素ガス(CO₂マイクロバブル)が臨床で広く使用された¹⁾。後述する静注用超音波造影剤のような特別な撮像手法は必要なく、Bモード画像で安定した造影画像が得られる利点があった。しかし、CO₂マイクロバブルは粒子径が30 μmほどあるため、流入路と腫瘍血洞レベルでトラップされ、early phaseまでの情報しか得られない欠点があった。また、評価できる腫瘍数は原則1つであり、静脈内投与ができないことから、粒子径の小さな静注用超音波造影剤が台頭するようになった。これまでAlbunex、レボピストなどが使用されたが、現在わが国ではソナゾイドが広く使用されている。

超音波造影剤の現状

ソナゾイドは、難溶性ガスであるペル

フルプタンをリン脂質で包んだマイクロバブルで、粒子径は2~3 μmと小さい。静脈内投与で肺の毛細血管を通過し、全身の血管内腔に造影効果が見られるblood-pool agentとしての役割と、血管内腔のマクロファージに貪食される臓器特異性を有するKupffer cell agentとしての効果がある。診断に適する音圧は、mechanical index(以下、MI)値で中低音圧(0.2~0.3)とされている²⁾。このサイズの粒子では、通常の超音波周波数では後方散乱源としては機能せず造影効果が見られないため、ハーモニクイメージングと非線形信号の検出感度が高い映像化法を必要とする。

造影超音波検査の新規技術

超音波の伝播過程で発生する組織ハーモニクイメージングは、低音圧であるほど弱くなる特徴がある。バブルからのハーモニクイメージングは組織ハーモニクイメージングよりも強く、その差異を利用し造影ハーモニクイメージングを構築する。低音圧では組織ハーモニク成分が低いため、高音圧イメージよりも良好な画像が得られやすいが、さらに組織ハーモニク成分を低減させるための工夫がなされている。その一つが、従来のphase inversion法(以下、PI法)に代表される反転したパルス波を用いる手法である。セカンドハーモニク(二次高調波:2f₀)の技術を応用して、超音波造影剤からの信号を広帯域で受

信する。180°位相の異なった超音波を2回送信し、得られた反射波を加算する方法である。これに加え、amplitude modulation(以下、AM)法がある。同じ波形で振幅を変えた超音波を2回送信することで得られた反射波を同一振幅に変換し減算する。PI法は、周波数方向の非線形シグナルを抽出するため、高感度での画像表示が可能であり、高い空間分解能を有する。一方で、深部シグナルが減衰する欠点がある。AM法では、振幅方向のシグナルを抽出し、f₀の周波数を主に使用することで、組織からの信号が大幅に抑制された明瞭な表示が可能であり、高い造影感度を有する。Kupffer相における造影剤の取り込みを高感度に描出可能であり、深部感度も優れている。

PI法やAM法に加えて、近年、low MI法の報告が見られている。low MI法は、最近の超音波診断装置の改良により、BモードのMI値を下げて造影剤を観察することが可能であり、現在の高画質化が図られたBモードを背景に造影超音波を実施するため、きわめて高い空間・時間分解能が得られ、特に血管相で明瞭な画像が得られる(図1)。これまでlow MI法はBモードを使用するため、造影モードから切り替える手間や、造影モード特有の機能が使用できないというワークフローの問題があるほか、性能面ではSNRが悪化し、造影感度も低下するといった問題があった。田中らは、造影モードの1つとしてlow MI法を組み込み、さらに、機能や条件を工夫する