



Ⅲ 肝画像診断におけるUSのトピックと技術

1. 臨床編：肝臓領域におけるUSのトピック

4) 肝臓領域における microvascular flow imaging の有用性

—— 微細血管血流評価がもたらす 超音波診断の新たな展開

廣岡 昌史 愛媛大学医学部附属病院総合診療サポートセンター

超音波検査 (ultrasonography:US) は、非侵襲的で簡便かつリアルタイム性に優れる画像診断モダリティとして、肝疾患診療において不可欠な役割を担っている。とりわけ血流評価は、肝腫瘍の鑑別診断、治療効果判定、さらには、びまん性肝疾患の病態把握において重要である。近年、微細血管血流を可視化する技術である microvascular flow imaging (MVFI) が注目されている。MVFIは、従来のドプラ法では除去されていた低流速血流成分を選択的に抽出し、組織運動に由来するノイズを効果的に抑制することにより、微細な血管構造を、高感度かつ高分解能で描出することを可能とした新しい血流イメージング技術である。

特に近年のUS装置では、演算処理能力や信号処理技術の進歩により、MVFIの実臨床への応用が急速に進んでいる。GEヘルスケア社製「LOGIQ E10x」に搭載された「Micro B-Flow」は、その代表的な技術の一つであり、臓器内の微細血管や腫瘍内血管構築をリアルタイムに観察できる点が特長である。

本稿では、肝臓領域におけるUS診断の新たな展開として、MVFIの原理と特徴を概説するとともに、Micro B-Flowによる臨床応用について、肝腫瘍および非腫瘍性肝疾患の観点から解説する。さらに、造影USや他モダリティとの位置づけを整理し、MVFIが日常診療にもたらす意義と今後の展望について考察する。

MVFIの原理と技術的特徴： 「B-Flow」/Micro B-Flowの 位置づけ

1. 従来ドプラ法の技術的境界

カラードプラ法およびパワードプラ法は、移動する赤血球によるドプラシフトを利用して血流を可視化する技術であり、肝血管評価において長年にわたり標準的に用いられてきた。しかし、これらの手法では、低流速血流や微細血管における信号が、呼吸や拍動などに伴う組織運動由来の低周波成分（クラッタ）と重なりやすく、十分に描出できないという構造的制約が存在する。特に肝臓では、深部臓器であることに加え、呼吸性移動の影響を受けやすく、慢性肝疾患や肝硬変症例では肝実質の不均一性も加わるため、微細血管レベルの血流評価は、従来法では困難であった。

2. MVFIの基本概念

MVFIは、こうした従来ドプラ法の限界を克服することを目的として開発された、微細血管血流を高感度に描出する血流イメージング技術の総称である。MVFIでは、単純なドプラ周波数解析に依存するのではなく、時間的・空間的な信号特性の違いに着目し、組織由来のランダムな動き成分を適応的に抑制しながら、血流成分を選択的に抽出する

高度な信号処理が用いられている。この結果、従来のカラードプラやパワードプラではノイズとして除去されていた低流速血流信号を保持しつつ、血管構築をBモード画像上に重ねて描出することが可能となった。MVFIは、血管の走行、分岐、密度、連続性といった形態情報を高い空間分解能で可視化できる点が大きな特長である。

3. B-Flow 技術の位置づけ

B-Flowは、GEヘルスケア社が開発した血流描出技術であり、ドプラシフトに基づかない血流描出という点で、従来のドプラ法とは異なるアプローチである。コード化送信 (coded excitation) および組織信号抑制技術を用いて、血流信号をBモード画像として表示する点に特徴がある。通常のBモードでは検出困難な赤血球由来の微弱な散乱信号を増幅し、一方で周囲組織からの強い反射信号を抑制することで、微細血管血流を描出することが可能となる (図1)。このような特性により、B-Flowは角度依存性やエイリアシングの影響を受けにくくなる。

4. Micro B-Flow の技術的特徴

Micro B-Flowは、B-Flow技術を基盤としつつ、微細血管および低流速血流の描出に特化して最適化されたMVFI技術である。

本技術では、血流信号を間欠的に取