

4. 小児循環器診療における 超音波診断装置の有用性

— Vector Flow Mappingエコーで血流を診る

本田 崇*1/板谷 慶一*2, 3/石井 正浩*1

*1 北里大学医学部小児科学 *2 北里大学医学部心臓血管外科学

*3 北里大学医学部血流解析学

先天性心疾患は、その病態の首座が“血行動態の異常にある”という特徴を有しており、すなわち、小児循環器診療において血行動態を正確かつ迅速に見定めて適切な対応をすることは非常に重要である。心臓超音波は、まず心臓および脈管系をリアルタイムに描出することを可能とし、ドプラ法により圧較差の推定が可能となり、さらに、スペックルトラッキング法および組織ドプラ法により心筋の動きをより詳細に解析することが可能になった。そして近年、“血流そのものを診る”ことがvector flow mapping (以下、VFM) エコーの開発によって可能となった。血行動態の異常がある先天性心疾患の診療を、VFMエコーは革新させる可能性を有していると考えられる。当施設では日立アロカ社製「プロサウンドF75」にてVFMエコーを施行しており、本稿では、小児循環器診療における“血流を診る”ことの有用性につき、その将来の展望も含め論じる。

VFMエコーの特徴

1. 血流速度ベクトルおよび streamlineによる血流の可視化

従来の心臓超音波における血流ドプラ法では、プローブに向かう、もしくは遠ざかる一次元方向の血流速度しかとらえることができなかった。VFMエコーでは、プローブ面と水平方向の血流速度をスペックルトラッキング法に基づいて求め、従来の血流ドプラ法による血流速度と組み合わせ、エコー断面図内の各ボクセルの血流ベクトル表示が可能となった。さらに、血流ベクトルに沿って滑らかな線でつなぐことでstreamline (流線) 表示が可能となり、血液の流れを明白に見てとることができるようになった¹⁾。

図1 aに、正常小児のVFMエコーでとらえた心室内血流を示す。拡張早期に左房から血液が流入を始め、僧房弁の周囲に小さい渦が形成される。大動脈側に形成される時計回りの小さな渦が徐々に拡大し、拡張中期から後期にかけて心室内に大きな時計回りの渦が形成される。この大きな渦は収縮期直前まで保たれ、収縮早期にあたかもこの大きな渦の遠心力を利用する形で大動脈へ血流が駆出される。このように、左室内の渦が心室機能にとって効率的に作用していることを、streamlineは明示して

いる。左室内の渦流の重要性は以前よりecho-particle image velocimetry (以下、Echo-PIV) 法で指摘されてきたが^{2), 3)}、VFMエコーで得られた所見はその重要性をより明確に示唆している。

2. Energy lossの新規定量指標 としての可能性

energy lossは乱流などによって発生する摩擦により失われるエネルギーの定量指標である。例えば、これまでシミュレーションを用いた研究で、大動脈系やFontan循環における血流効率について、energy lossの観点から議論されてきた^{4)~6)}。VFMエコーでは隣り合うボクセルの血流方向および速度を基に、各ボクセルにおけるエネルギー散逸に基づくenergy lossを算出することができる。シミュレーションでなく実測に基づくenergy lossが求められるという点、さらには血管内だけでなく心室内のenergy lossを算出できる点で、VFMエコーはきわめて画期的である。

図1 bに、正常小児における心室内のenergy lossを示した。拡張早期には流入血流とともに大きなenergy lossが認められる。しかしその後、拡張中期から末期にかけて大きな渦流が形成されると、心室壁付近の渦流の外周ではenergy lossは大きい⁷⁾が、その内部ではenergy lossは低くなっている。これは、心室内渦流が、心室内エネルギーを保持するという点で有効に機能していることを表し