

論 文 内 容 の 要 旨

Measurement of Turbulent Kinetic Energy in Hypertrophic Cardiomyopathy
Using Triple-velocity Encoding 4D Flow MR Imaging

Triple-velocity Encoding 4D Flow MRI を用いた
肥大型心筋症における乱流運動エネルギーの測定

日本医科大学大学院医学研究科 臨床放射線医学分野

大学院生 岩田 琴美

Magnetic Resonance in Medical Sciences 2023 掲載予定

背景と目的

肥大型心筋症 (HCM) における流出路の狭窄は、流出路の構造や心筋収縮力、僧帽弁の収縮期前方運動 (SAM) などの様々な要因が複雑に作用して引き起こされ、HCM 関連死の危険因子である心駆出率の低下を招く。流出路狭窄の程度は超音波検査で測定された圧較差を用いて評価されるが、この圧較差は直接的には予後不良と相関していない。

近年 4D Flow MRI に基づく乱流運動エネルギー (TKE) の測定が開発され、圧格差の推定に利用されている。TKE は intravoxel velocity standard deviation (IVSD) から算出される。拡散強調画像と同様、位相コントラスト MRI で両極性勾配をかけスピン移動の不均一性に対応した信号低下を引き起こし、IVSD を計算することができる。

4D Flow MRI を用いて、HCM 患者における TKE の臨床的意義について検討した。

方法

2018年4月～2019年4月の期間に心臓MRIを施行されたHCM患者28名を対象とし、心臓超音波検査に基づき閉塞 (HO) 群と非閉塞群 (HNCM) 群に分類した。9名の健康者をボランティア群とした。

MRI は Philips 社製 3.0 T MRI (Achieva; Philips Healthcare, Best, The Netherlands) を用いた (4D flow MRI: TR/TE, 4.0/2.7 ms; flip angle, 11°; acquired voxel resolution 1.70 × 1.70 × 2.00 mm with zero-fill interpolation of slice-direction; multivelocity encoding (VENC) acquisition, 50–150–450 cm/s; temporal resolution, 40 ms; heart phase, 15–21 depending on heart rate; prospective triggering; k-t principal component analysis (PCA) acceleration factor, 5–7; free breath acquisition with an abdominal belt for restricting motion; and acquisition time, 10–15 min)。

4D Flow MRI の解析は GTFlow (version 3.1.0, GyroTools, Zurich, Switzerland) を使用し、左心室から大動脈弓部までを半自動的に VOI と設定した。乱流運動エネルギーピー

ク (TKEpeak) を全心位相の中で最も高い TKE と定義した。

LVOT 狭窄の有無により TKEpeak に有意差があるのか、HOCM 群・HNCM 群・ボランティア群で比較した。次に、流出路狭窄の形態的要因として SAM の有無や流出路最大短径と TKEpeak との関係を検討した。左心室質量と TKEpeak の相関関係についても検討した。

結果

HOCM 群の TKEpeak は、HNCM 群・ボランティア群よりも有意に高かった (14.83 ± 3.91 vs 7.11 ± 3.60 vs 4.50 ± 1.55 mJ, $P < 0.001$)。

収縮期前方運動 (SAM) がある患者の方が、ない患者よりも TKEpeak は有意に高かった (15.60 ± 3.91 vs 7.44 ± 3.29 mJ, $P < 0.001$)。流出路最大短径は TKEpeak の上昇と有意に相関した ($P < 0.001$, $r = -0.635$)。左心室質量は TKEpeak と正の相関関係があった ($P = 0.012$, $r = 0.466$)。

結論

4D Flow MRI に基づく TKE は、収縮期血流ジェットと LVOT によって引き起こされる血流の変化を検出することができる。