

## 第二次審査（論文公開審査）結果の要旨

### 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  
DOI 10.2463/mrms.mp.2022-0051

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（turbulent kinetic energy; TKE）の測定が開発され、圧格差の推定に利用されている。申請者らは、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。

2018 年 4 月～2019 年 4 月に心臓 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（HOCM）群と非閉塞（HNCM）群に分類した。9 名の健常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 の解析は GTFLOW ソフトウェア (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 を設定した。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。

左室流出路狭窄の有無により 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 ( $14.83 \pm 3.91$  vs  $7.11 \pm 3.60$  vs  $4.50 \pm 1.55$  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 ( $15.60 \pm 3.91$  vs  $7.44 \pm 3.29$  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 ( $P = 0.012$ ,  $r = 0.466$ )。

第二次審査では①TKE と予後との関連性②内科的治療による TKE の変化③上行大動脈拡大による TKE への影響、などを質疑され、いずれも的確な回答を得た。

本検討により、4D Flow MRI に基づく乱流運動エネルギーの計測により、収縮期血流ジェットと左室流出路狭窄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、臨床的意義が極めて高いと結論された。以上より、本論文は学位論文として価値あるものと認定した。