HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	健常心、拡大心、肥大心における左室内渦のエネルギー効率に対する機能的意義の差異に関する研究［全文の要約］
Author(s)	更科, 美羽
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。 配架番号：2531 他
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第14066号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78016
Type	doctoral thesis
File Information	Miwa_Sarashina_summary.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文（要約）

健常心、拡大心、肥大心における
左室内渦のエネルギー効率に対する機能的意義の
差異に関する研究

(Differences in Functional Significance of
Intra-Left Ventricular Vortex on Energy
Efficiency among Normal, Dilated, and
Hypertrophied Hearts)

2020年3月
北　海　道　大　学
更　科　美　羽

学　位　論　文（要約）

健常心、拡大心、肥大心における
左室内渦のエネルギー効率に対する機能的意義の
差異に関する研究

(Differences in Functional Significance of
Intra-Left Ventricular Vortex on Energy
Efficiency among Normal, Dilated, and
Hypertrophied Hearts)

2020年3月
北　海　道　大　学
更　科　美　羽

１．背景と目的

近年の画像診断法の進歩により、心拍動に伴って心内に生じる血流の可視化が可能となり、拡張期の左室内渦の観察がさかんに行われるようになった。健常心において、左室内の渦は、血液が左房から左室流入路を経て駆出に至る過程で、血流を方向転換することと運動エネルギーを保持することで、効率的な血液運搬に寄与すると考えられている。一方で、病的心においては、左室内渦の特性がどのように変化するかについての観察は行われてきているものの、渦特性の変化が持つ病態生理学的意義については十分に解明されていない。拡張期に生じる左室内渦が左室エネルギー効率に与える影響を、健常心と病的心で観察することで、病的心における左室内渦の流体力学的意義を明らかにできると考えられ、本研究では健常心、拡大心、肥大心で VFM 心エコー図法を行い、循環の規定因子とともに循環とエネルギー効率との関連についての検討を行った。

２．対象と方法

心血管疾患や糖尿病を有さない健常群 36 例､左室拡大と駆出率低下を示す拡大心群 36 例、求心性左室肥大を有する肥大心群 36 例を対象として心エコー図検査を行った。Vector flow mapping (VFM)法により心尖部長軸カラードプラ像で僧帽弁前尖側に現れる時計回転の渦を対象とし、拡張早期、拡張後期、等容収縮期のそれぞれで、渦の強さの指標である循環を計測した。拡張早期から等容収縮期までの循環の平均を循環総量とし、その症例の 1 心拍における渦の強さの指標とした。1 心周期のエネルギー損失 (EL)を計測し、平均血圧と 1 回拍出量の積で算出した左室外的仕事量で EL を除してエネルギー効率を求めた。この値は単位仕事量当たりの EL を表し､大きいほど左室仕事効率が悪いことを意味する。断層図からディスク法により拡張末期容積、収縮末期容積、駆出率、左房容積を、Devereaux の方法により左室心筋重量を、ドプラ法により拡張早期左室流入血流速度 (E)、心房収縮期流入血流速度 (A) と拡張早期僧帽弁輪運動速度 (e′)、E/e′を求めた。

３．結果

健常群、拡大心群、肥大心群の左室駆出率はそれぞれ 66±5%、32±8%、67±7%であった。拡大心群、肥大心群では健常群と比較して、e′は有意に低値（健常群: 10.3±2.4、拡大心群: 6.9±3.2、肥大心群: 5.8±1.4 cm/s、ANOVA $P<0.01$)、E/e′は有意に高値（健常群: 6.6±1.2、拡大心群: 10.0±4.6、肥大心群: 11.4±4.3、

ANOVA P<0.01)であり、病的心を有する群における左室弛緩能の低下と充満圧の上昇が示唆された。循環総量は健常群に比して拡大心群で有意に高値であったが肥大心群では健常群との間に差は認めず（健常群: 15±4、拡大心群: 19±8*、肥大心群: 17±6 $m^2/s \times 10^{-3}$、ANOVA P<0.01、*P<0.05 vs 健常群）、左室エネルギー効率は健常群、拡大心群、肥大心群の順に増大した（健常群: 0.16±0.05、拡大心群: 0.20±0.11、肥大心群: 0.22±0.10 J/mmHg·ml·m×10^{-5}、ANOVA P<0.05）。すべての群において、循環と、それに対応する時相の左室流入血流速度との間に有意な正相関が認められ、循環は左室流入血流の初速の増大により増すことが示唆された。健常群において循環総量は左室外的仕事量と有意な正相関を示したが（R=0.36、P<0.05）、拡大心群、肥大心群では両者の間に関連は認められなかった。一方、健常群において循環総量は左室エネルギー効率と関連しなかったが、拡大心群と肥大心群では循環総量はエネルギー効率と有意な正相関を示した（拡大心群: R=0.55、P<0.01、肥大心群: R=0.44、P<0.01）。左室エネルギー効率の規定因子を検討するために、左室の形態、収縮機能、拡張機能を表す心エコー指標を説明変数とした回帰分析を行ったところ、拡大心群では、単変量解析で 1 回拍出量と循環総量がエネルギー効率と有意に相関し、これらに左室拡張末期容積を加えた説明変数による多変量解析では循環総量がエネルギー効率の独立規定因子として選択された。肥大心群では、1 回拍出量、左室心筋重量、左房容積、E/e′、循環総量がエネルギー効率と相関し、これら 5 変数のうち 4 つを説明変数とした 2 つの多変量モデルで循環総量がエネルギー効率の独立規定因子として選択された。

４．考察

これまでに各種画像診断法を用いて左室内渦を観察した報告では、病的心における渦特性の変化に焦点があてられてきたが、渦特性の変化の流体力学的意義については評価されてこなかった。したがって本研究は、VFM による渦特性の指標である循環と左室外的仕事量とエネルギー効率との関連を健常心、拡大心と肥大心で評価することで、左室内渦の強さの病態生理学的意義の一端を明らかにできた点において新規性があると考えられる。本研究で得られた結果は、以下の 3 点に要約される。1）拡張期左室内渦の主体となる時計回転の渦の強さを示す循環は、左室の形態にかかわらず、左室流入血流の初速に依存して増減した、2）循環は健常心において左室の外的仕事量を維持するのに寄与

するが､拡大心と肥大心においてはその機構が破綻していることが示唆された、3）病的心においては、左室のエネルギー効率は循環とともに増大し、循環が大きいほどエネルギー効率は増悪するが、健常心においてはそのような関連性を認めなかった。これらの結果から、健常心と異なり、病的心においては、左室形態にかかわらず､循環は左室外的仕事量を維持するように働くのではなく、エネルギー効率を増悪させてしまうものと考えられた。

過去の検討で、左室弛緩障害を有する症例においてはE波速度と循環との間の関連が認められていたが、本研究では健常群、拡大心群、肥大心群の全群において、すべての時相で循環と左室流入血流速度との間に正の相関が認められた。これは、拡張早期から等容収縮期にかけて左室内に生じる渦の強さが、左室の形態にかかわらず左室流入血流の初速度に依存することを示唆するものと考えられた。急速充満期における左室流入血流速度を増大させる要因は、健常群では左室弛緩能の亢進である一方、病的心では左室充満圧の増大であることから、循環の増大が示す血行動態は健常と病的心とでは大きく異なる可能性がある。また、健常群において、循環は左室外的仕事量と正相関したがエネルギー効率とは関連しなかったことは、健常心で循環はエネルギー効率を悪化させることなく外的仕事量の増大に寄与していることを示唆し、これまでに推測されてきた効率的な血液運搬という循環の役割を示しているものと考えられた。これに対して病的心では、左室の拡大、肥大にかかわらず、循環は左室外的仕事量と関連せずにエネルギー効率と正相関していたことから、病的心においては、左室の形態にかかわらず拡張期左室内渦の強さの増大は外的仕事量の増大には寄与せずにエネルギー効率を増悪させることが示唆された。これらは、健常心においては渦の強さが左室仕事量を維持することに寄与し、病的心においては渦の強さがエネルギー効率の増悪に関与するという左室内渦の強さの病態生理学的意義の相違を示唆するものと考えられた。

５．結論

渦の強さは、健常心、病的心のいずれにおいても左室流入血流の初速度により規定された。健常心においては、渦の強さはエネルギー効率を悪化させることなく左室外的仕事量を増加させたが、これに対して、病的心においては左室形態に関係なく、渦の強さは外的仕事量の増大に貢献することなくエネルギー効率の悪化と関連する可能性がある。