

学位論文要旨

氏名 中島 光貴



論文題目

Energy dynamics of the intraventricular vortex  
after mitral valve surgery

(僧帽弁術後左心室内渦流のエネルギー動態の検討)


指導教授承認印

宮地 登



# 論文題目：Energy dynamics of the intraventricular vortex after mitral valve surgery

(僧帽弁術後左心室内渦流のエネルギー動態の検討)

氏名 中島 光貴 

僧帽弁手術後の僧帽弁形態が心室内血流動態に影響を及ぼし、その影響が遠隔期の心機能に影響する可能性があると考え今回の臨床研究を行った。

今回我々が使用した検査・評価方法は我々が開発した Vector flow mapping(VFM)技術を用いた心臓超音波検査を行なうことにより、心室内血流の可視化が可能と成り、そこから算出される Energy loss(EL)と Kinetic pressure(KP)を比較することで評価を行った。対象症例は機械弁置換術後の 11 症例、内 9 症例は解剖学的な僧帽弁前尖と後尖の位置とは 90 度回転した状態、つまり左右に機械弁の 2 葉弁が配置される弁置換（非解剖学的な弁置換群）であり、残り 2 症例は解剖学的な僧帽弁前尖と後尖の位置、つまり上下に機械弁の 2 葉弁が配置される弁置換（解剖学的な弁置換群）であった。更に 3 症例は生体弁置換術後（弁尖は 3 尖）であり、4 症例は自己弁温存した僧帽弁形成術後であった。患者背景として手術時の患者年齢は  $57.4 \pm 17.8$  歳であり、VFM 心臓超音波検査の観察時期は術後  $119.9 \pm 126.7$  ヶ月であった。評価項目は EL と KP、更にエネルギー効率比 (EL/KP) とした。ここで正常な心室内血流を心尖部アプローチで観察すると先ず僧帽弁流入血流は左室後壁に沿うように流入し心尖部を回り込み、その後心室中隔壁に沿うように流れ、最終的に左室流出路、更に大動脈弁から駆出される心室内渦流として観察される。つまり時計方向の心室内渦流 (Clockwise な渦流) と観察される。上記とは対称的に先ず僧帽弁流入血流が心室中隔壁方向に流入後、心尖部を回り込み、その後左室後壁に沿って僧帽弁方向に駆け上がり、左室流出路で交差するように大動脈弁方向に駆出される心室内渦流を反時計方向の心室内渦流 (Counterclockwise な渦流) が観察される。

今回に研究においては、解剖学的な位置で機械弁置換した 2 症例と僧帽弁形成術施行した 4 症例は Clockwise な渦流が観察されたが、非解剖学的な位置で機械弁置換した 9 症例と生体弁置換した 3 症例は Counterclockwise な渦流が観察された。なお非解剖学的な位置で機械弁置換された 9 症例の内、3 症例は収縮期早期において左室後壁の収縮タイミングが遅れ、奇異性壁運動 (非同期) を認め、遠隔期において心収縮力 (EF; Ejection Fraction) の低下を認めていた。

この VFM 心臓超音波検査で観察された心室内渦流の方向性が異なる 2 群間、Clockwise な渦流群と Counterclockwise な渦流群を比較検討してみた。

収縮期では EL(Clockwise 群：0.037±0.034W/m, Counterclockwise 群：0.064±0.064W/m, P=0.250)と KP(Clockwise 群：0.056±0.036 N, Counterclockwise 群：0.060±0.045 N, P=0.832)においては両群間に有意差は認めなかったが、エネルギー効率比 (EL/KP) では Counterclockwise な渦流群の方が Clockwise 群な渦流群に比べて明らかに高値 (Clockwise 群：1.056±0.463, Counterclockwise 群：0.617±0.158, P=0.009) を呈していた。次に拡張期においては Clockwise な渦流群において EL (Clockwise 群：0.157±0.045W/m, Counterclockwise 群：0.109±0.045W/m, P=0.042) 及び KP (Clockwise 群：0.220±0.030N, Counterclockwise 群：0.152±0.085N, P=0.023) 共に Counterclockwise な渦流群に比べ高い数値を呈した。この事は拡張期において Clockwise の心室内渦流は Counterclockwise の心室内渦流に対してより高いエネルギー散乱を伴う大きなエネルギーを産生していると考えられるが、エネルギー効率比の値を両群間で比較してみると、拡張期において有意差は認めなかった (Clockwise 群：0.711±0.168, Counterclockwise 群：0.831±0.330, P=0.309)。

#### 考察

近年、心室内血流の分析を行なうことが可能となり今までにない観点から心機能評価を試みている。今回我々が開発した Vector flow mapping (VFM) 心臓超音波計測技術は以前からあるカラー Doppler 技術を modify することで心内血流の可視化のみならず、血行動態的評価としてエネルギー損失 (Energy loss)、渦流の回旋度 (Vorticity)、壁のずれ応力 (wall shear stress) などを算出することが可能となった。心臓弁膜症治療の最終目標は単に逆流の制御や狭窄の解除ではなく、逆流や狭窄に伴う非効率的かつ病的な血流を制御し心室機能の改善・維持を目指すと考えられる。心室内渦流の報告は過去に幾つか報告されて入るが、我々の研究のようにエネルギー効率を計測・算出した報告はなく最初の報告と考える。我々は今回の研究において心室により産出されたエネルギーとの割合を血流のエネルギー損失 (Energy loss) を血流効率の評価としている。拡張期のみならず収縮期においても Clockwise な渦流と Counterclockwise な渦流はエネルギー学的にも相違を認める。Counterclockwise な心室内渦流は収縮期において左室流出路でクロスリンクするために同部位で血流が衝突し、その結果エネルギー効率比 (EL/KP) が増大すると考えられる。また特に大きな Counterclockwise な心室内渦流が観察された 3 症例は収縮期早期において左室後側壁の壁運動が遅延し LVEF の低下を来していたが、今回の研究においては EL と LVEF に関し統計学的には有意な相関関係は認めなかった。

この結果より、僧帽弁手術後において心室内渦流の方向にも大きな関心を払うべきであると考えられた。心室内血流は心臓の構造や機能変化に影響を受けるために心臓手術に於いては効果的な心拍出を維持するための最適な心室内血流を考慮しなければならない。

本研究は僧帽弁手術後の心室内血流を観察・数量化した初めての試みであり、今研究を基礎に、VFM 心臓超音波検査を多くの僧帽弁術後症例に長期間観察し、EL と KP を測定する事は心機能と心臓手術のストラテジーの関連性を明確化すると考えられる。