

## 先天性心疾患における右室心筋重量の測定と 新しい右室収縮機能指標について

(平成12年3月28日受付)

(平成12年7月31日受理)

市立豊中病院小児科<sup>1)</sup>, 大阪厚生年金病院小児科<sup>2)</sup>, 大阪労災病院心臓血管外科<sup>3)</sup>  
大阪大学医学部保健学科医用物理学<sup>4)</sup>, 大阪大学小児科<sup>5)</sup>

黒飛 俊二<sup>1)</sup> 佐野 哲也<sup>2)</sup> 谷口 和博<sup>3)</sup> 内藤 博昭<sup>4)</sup>  
松下 享<sup>5)</sup> 小垣 滋豊<sup>5)</sup> 岡田伸太郎<sup>5)</sup>

**key words**: 右室, 収縮能, 右室心筋重量, MRI, 先天性心疾患

### 要 旨

種々の程度の右室圧負荷或いは容量負荷をもつ先天性心疾患患児13例(疾患群:術後例9例,手術未施行例4例)及び対照群12例に対しMRIを用いて右室自由壁心筋重量を測定し,この心筋重量と心臓力テータル検査から得られた右室機能指標との関係を検討した.さらに右室壁収縮指数(RV systolic index)=右室収縮期圧×右室収縮末期容積指数÷右室心筋重量指数を算出し右室収縮機能との関係を検討した.

【結果】1)疾患群では正常対照群と比較して右室心筋重量,右室拡張末期容積指数は有意に高値であり,駆出率は低下していた(2)疾患群において右室心筋重量と右室収縮期圧の間には正相関が認められた( $r=0.61$   $p<0.05$ ). (3)疾患群と対照群の全症例において, RV systolic index と右室駆出率の間には強い負の直線相関( $r=-0.90$   $p<0.01$ )が認められた.

【結論】RV systolic index は先天性心疾患における右室収縮機能の評価に際し,後負荷(afterload)の指標として有用であることが示唆された.

### はじめに

心筋保護法を中心とした開心術補助手段の進歩と相まって,先天性心疾患のほとんどすべてに対し根治的手術が可能となっている.その結果,術後に種々の残存病変を有しながら生活する児童が増加してきていることも事実である.遺残病変の代表的なものとして,trans-annular patchやRastelli手術を用いた右室流出路再建術後の肺動脈弁逆流や術後遠隔期の流出路再狭窄があり,右室への容量負荷や圧負荷のためにしばしば右室機能の低下をきたす原因となる<sup>1,2)</sup>.このような疾患児では右室収縮機能を定期的に評価することが,時機を失さない残存病変に対する再手術のタイミング

決定などにとり重要である.また,右室機能はSenning, Mustard術後の遠隔期の生命予後を予測する重要な因子であるといわれている<sup>3)</sup>.

右室収縮機能については従来より心臓力テータル検査での心室造影や心エコーを用いた数多くの報告が先天性心疾患領域においてもなされている<sup>4)-6)</sup>.成人心疾患における左室肥大,左室収縮機能の評価と同様,種々先天性心疾患における右室の肥大<sup>7)</sup>,収縮機能の正確な評価は治療面におけるstrategyを計画する上で極めて重要な問題である.しかしながら,右室心筋重量を測定しその情報を右室機能評価に反映させている報告は見当たらない.その大きな原因として,右室は左室と異なり複雑な形態をとるためにその心筋重量を正確に測定にするのが困難であること,さらに左室収縮評価におけるごとく後負荷(心筋収縮率(速度)関

表 1

症例	性別	年齢 (y)	診断	右室流出路の再建術式	肺動脈弁逆流	心不全治療
疾患群						
1	M	3	完全大血管転位	Jatene 術	( - )	( - )
2	M	17	完全大血管転位	Rastelli 術	moderate	( - )
3	M	2	完全大血管転位	Rastelli 術	moderate	D, F, S
4	M	12	完全大血管転位	Rastelli 術	moderate	( - )
5	F	2	ファロー四徴極型	patch reconstruction	mild	( - )
6	F	0.8	ファロー四徴極型	patch reconstruction	mild	( - )
7	F	1	ファロー四徴極型	patch reconstruction	mild	( - )
8	M	5	修正大血管転位	未手術	( - )	( - )
9	M	9	修正大血管転位	未手術	( - )	( - )
10	M	27	ファロー四徴	patch reconstruction	moderate	D, F, S
11	F	4	肺動脈弁狭窄	未手術	( - )	( - )
12	F	12	多発性末梢性肺動脈狭窄	未手術	( - )	( - )
13	M	8	総動脈幹症	Rastelli 術	mild	D, F, S

D : digitalis , F : furosemide , S : spironolactone

係といった評価方法が右室のそれに適用可能であるか否かが不明であることなどが上げられる。

近年, MRI や超高速 CT の登場で右室自由壁を明瞭に画像化することができ, 右室心筋重量の測定が可能であるとする報告が散見される<sup>8)-11)</sup>。今回, 我々は右室圧負荷を持つ先天性心疾患患児に対して MRI を用い右室自由壁重量を測定し, また, これを用いた右室後負荷パラメーター (指標) を算出し, それらと右室収縮機能との関係を検討したので報告する。

### 対 象

右室圧負荷 (右室収縮期圧 > 50 mmHg) を持つ先天性心疾患患児 13 例 (疾患群, 男 8 例, 女 5 例) を対象とした。年齢は 0.8 歳から 27 歳 (中央値 6.3 歳), 疾患は完全大血管転位術後 4 例, ファロー四徴極型術後 3 例, 修正大血管転位 2 例, ファロー四徴術後 1 例, 肺動脈弁狭窄 1 例, 多発性末梢性肺動脈狭窄 1 例, 総動脈幹症術後 1 例である。肺動脈弁逆流を 8 例に認め, 内 4 例は造影検査で中等度以上と診断されていた。3 例においては digoxin や利尿剤による抗心不全治療が行われていた。疾患群は全例右室圧負荷をもつが, 肺動脈弁逆流による容量負荷を合わせもつ例が含まれている (表 1)。

先天性心疾患疑いまたは胸痛精査などで心臓カテテル検査を行った症例で右室負荷を有しないと判断した 12 例 (川崎病後 6 例, 軽症大動脈縮窄 2 例, 軽症大動脈弁狭窄 3 例, 左肺動脈欠損 1 例) (年齢  $7.4 \pm 4.3$  歳, 男 10 例女 2 例) を正常対照とした。これらの症例についても, 疾患群同様に informed consent を得た上で

MRI 検査を施行した。

### 方 法

#### MRI 検査

全例において心臓カテテル検査の 1 日から 4 日前 (中央値 2 日) に MRI 検査を施行した。体動が強い例では diazepam (0.2 - 0.3 mg/kg) を静注した。MRI は Siemens 社製 Magnetom 1.5 T を使用し, Spine echo 法で T1 画像を撮影した。繰り返し時間は 500 ms から 600 ms, エコー時間は 15 ms とし心電図同期をかけて右室全体を心基部から心尖部にかけて撮影した。slice 厚は全例で 6 mm とし, slice 枚数は各々の心臓の size に依存し 10 から 20 枚が必要であった。

Spine echo 法では心周期の時相を一致させて心臓の全断面を撮影することはできない。すなわち時相の一致しない各断面画像が得られることになる。我々は対象例中 8 例において, 上記 Spine echo 法による撮影を行った上で, さらに cine MRI を用いて各断面での cine 画像を得た。

#### 画像解析

右室自由壁の心内膜側と心外膜側を digital planimeter (TAMAYA, PLANIX) を用いてトレースし面積 ( $\text{cm}^2$ ) を求めた。calibration は既に画像に印加されているものを用いた。乳頭筋, 調節帯は右室自由壁の一部として加え, 心室中隔は除外した。心外膜側に付着する脂肪組織は慎重に除外した。slice 毎に右室自由壁面積を求め, slice 厚を乗じることで容積 ( $\text{cm}^3$ ) を求め, 心筋密度である  $1.05 \text{ g/cm}^3$  を乗じた。以上の操作を全 slice で行い, それらの総和を右室自由壁心筋重量

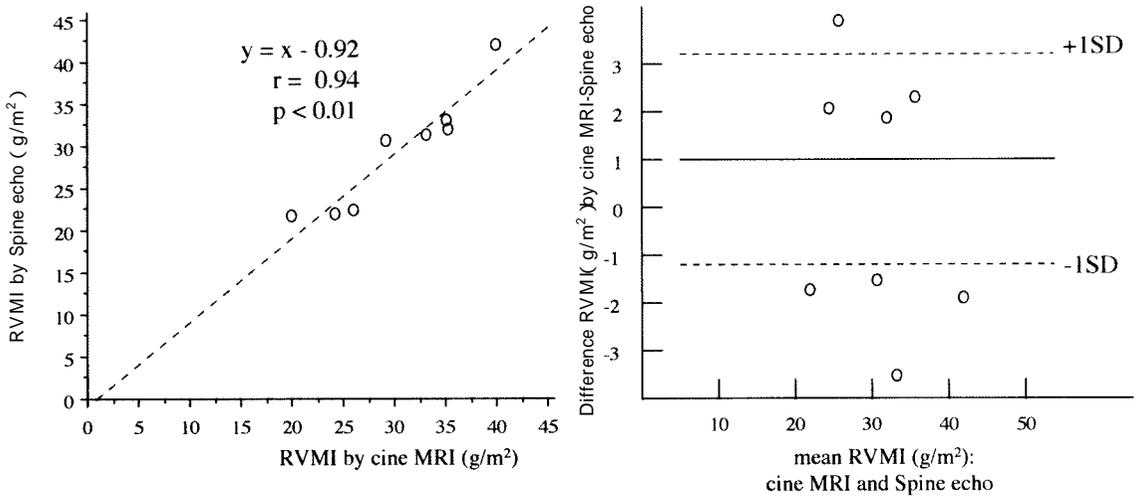


図1 右室心筋重量指数 (RVMI) を Spine echo 法と cine MRI 法の両法で測定した結果

とし、体表面積 (m<sup>2</sup>) で徐すことにより右室心筋重量指数 (RVMI) (g/m<sup>2</sup>) を得た。

cine MRI 撮影を追加施行した 8 例については、各断面の拡張末期像を用いて右室心筋重量の測定を行った。これら 8 例では Spine echo 法と cine MRI 法の両方法から RVMI を測定し、その差を検討した。

**心臓カテーテル検査**

全例において左心及び右心カテーテル検査を施行し、右室収縮期圧 (RVsp) を求めた後に右室造影を行った。右室容積解析は島崎らの方法<sup>12)</sup>に基づいて行い、右室拡張末期容積指数 (RVEDVI) (ml/m<sup>2</sup>) は右室最大容積として求め、右室収縮末期容積指数 (RVESVI) (ml/m<sup>2</sup>) は最小容積として求めた。駆出率 (RVEF) (%) は (RVEDVI-RVESVI)/RVEDVI × 100 として求めた。その後、Spine echo 法を用いた MRI により求めた RVMI を用いて Mass/Volume 比 (RVMI/RVEDVI) を算出した。

過去多くの左室での wall stress の研究から、wall stress は心室内圧 (P)、デメーション (D)、壁厚 (Th) の 3 要素により  $\text{stress} = P \cdot D / Th$  の如く規定されるとされ、収縮末期 wall stress は概ね収縮末期圧と容積に正比例し、心室壁厚に反比例することが知られている<sup>13)</sup>。一方、右室 wall stress を実際に測定した報告や理論的に求めた報告はない。右室の形態的複雑性から右室の wall stress を理論的に求めることは困難であるが、右室 wall stress そのものは少なくとも左

室と同じ様に右室内圧とデメーションに正比例し壁厚に反比例すると推察される。そこで本研究では右室の収縮末期 wall stress の指標として RV systolic index なる指標を以下の如く定義し算出した。RV systolic index = RVsp × RVESVI / RVMI、ここで RVsp は右室収縮期圧、RVESVI は右室収縮末期容積指数、RVMI は右室心筋重量指数である。

結果は平均 ± 標準偏差で表し、2 群間の検定には対応のない t 検定を用いた。2 つの要因間の関係は 1 次回帰を用いて検討し、 $p < 0.05$  を有意とした。Spine echo 法と cine MRI 法による心筋重量の比較には Bland and Altman の解析<sup>14)</sup>を加えた。

**結 果**

Spine echo 法と cine MRI 法の両法で測定した右室心筋重量の比較

8 例に Spine echo 法と cine MRI 法の両法で右室心筋重量を測定した。両方法で計測した RVMI 間には強い正相関があり ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.01$ )、Bland and Altman 解析から見ても両方法間で過大または過小評価する傾向は存在しなかった (図 1)。

**右室容積・心筋重量**

疾患群においては RVsp は  $89 \pm 12$  mmHg であり control ( $29 \pm 6$  mmHg) に比して有意に高値であり ( $p < 0.01$ )、RVEDVI、RVMI は control に比して有意に高い値であった (RVEDVI  $112 \pm 27$  ml/m<sup>2</sup> vs  $81 \pm 12$  ml/m<sup>2</sup>  $p < 0.01$ , RVMI  $39 \pm 14$  g/m<sup>2</sup> vs  $23 \pm 5$  g/m<sup>2</sup>  $p <$

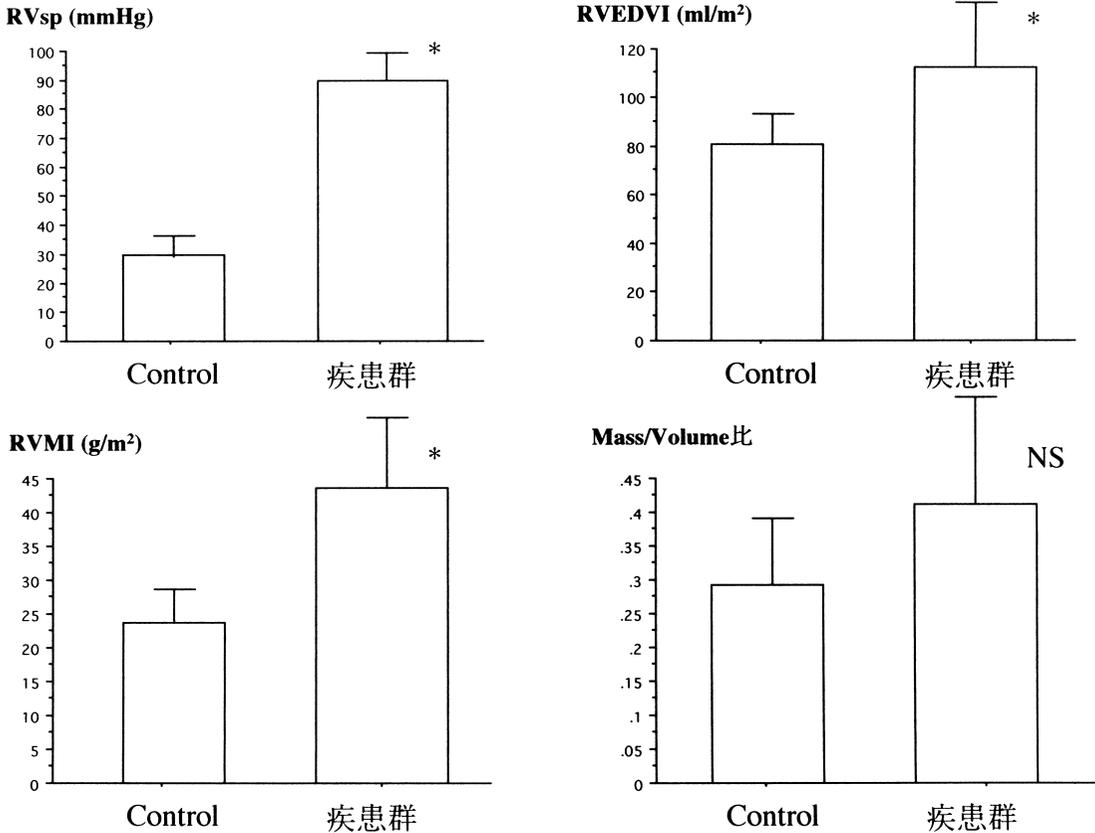


図2 疾患群とControlとの比較 \*p<0.01  
 RVsp: 右室収縮期圧, RVEDVI: 右室拡張末期容積指数, RVMI: 右室心筋重量指数

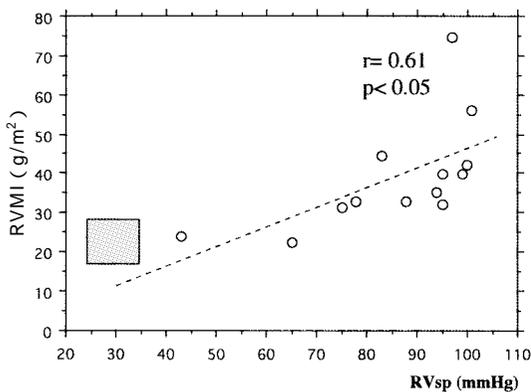


図3 疾患群における右室収縮期圧 (RVsp) と右室心筋重量指数 (RVMI) との関係  
 影はControlの±SDを示す。

0.01). Mass/Volume比は両群間で有意差を認めなかった(0.4 ± 0.2 vs 0.3 ± 0.1). RVEFは疾患群で有意に低値であった(47 ± 6% vs 54 ± 3%, p < 0.01) (図2).

**右室心筋重量と右室圧、容積との関係**

疾患群において、RVMIとRVspとの間に正相関が認められた(r=0.61 p<0.05). 一方、RVMIとRVEDVIとの間には有意な関係を認めなかった(図3).

**右室EFとMass/Volume比との関係**

疾患群において、RVEFとMass/Volume比との間には正の相関が認められ(r=0.68 p<0.05), 1例を除いた全例のMass/Volume比はcontrolの-1SD以上であった. Mass/Volume比が低値をとった3例では臨床的に右心不全が認められdigoxinや利尿剤による心不全治療が行われていた.

**右室EFとRV systolic indexとの関係**

RV systolic indexは疾患群(135 ± 67)でcontrol(47

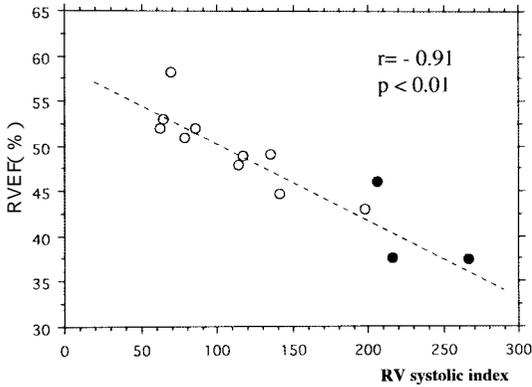


図4 1 疾患群における RV systolic index と右室駆出率 (RVEF) との関係  
黒丸の3例は抗心不全治療が行われている例を示す。

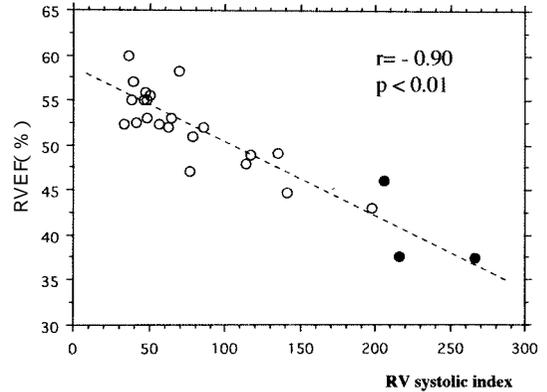


図4 2 Controlを加えた上での検討  
黒丸の3例は抗心不全治療が行われている例を示す。

±11)に比して有意に高い値を示した( $p < 0.01$ )。疾患群において、RV systolic index と右室 EF との関係を検討したところ、両者間には有意な負の相関が認められ、RV systolic index が上昇すると EF は低下した( $r = -0.91$   $p < 0.01$  図4-1)。さらに、疾患群と control を合わせて検討しても右室 EF と RV systolic index との間には強い負相関が認められた( $r = -0.90$   $p < 0.01$ ) (図4 2)。

**考 察**

心筋重量を用いた心筋収縮性の評価法は左室での機能解析に古くから用いられてきた方法である。種々の心疾患で左室 end-systolic stress が測定され、心機能状態の把握や治療効果が判定されてきたことは衆知の事実であり多くの報告がなされている<sup>15)~18)</sup>。しかしながら、右室機能については心室造影、心エコー、心プールシンチなどを用いた心室容積変化のみの評価となり、そこには右室心筋重量の情報はまったく加味されていない。その大きな原因として複雑な形態を持つ右室心筋重量を正確に測定できる方法がなかったこと、さらに、たとえ心筋重量が計測できたとしても左室で行われてきた方法と同様に右室機能を評価するのが妥当か否か不明であることが上げられる。

**右室心筋重量**

右室心筋重量についていくつかの報告がなされている。健康成人の検討では、Doherty 等<sup>9)</sup>は MRI を用いて右室心筋重量を  $45 \pm 8$  g とし、Hadjuczok 等<sup>9)</sup>は超高速 CT を用いて  $55 \pm 3$  g と報告している。彼等の結果は剖検例<sup>19)</sup>で報告されている平均 46 g に近い数値であっ

た。しかし、Doherty、Hadjuczok 等の結果は体表面積で補正されていないため本研究の結果と比較することはできない。他に、健康小児の検討で、Lorenz 等<sup>10)</sup>は MRI から右室心筋重量を  $27 \pm 4$  g/m<sup>2</sup> とし Katz 等<sup>11)</sup>もまた  $23.3 \pm 1.36$  g/m<sup>2</sup> と報告している。これらの数値は我々の対照の値 ( $23 \pm 5$  g/m<sup>2</sup>) と近い値を示している。

本研究では RVMI を測定するのに Spine echo 法で MRI 撮影を行った。Spine echo 法では心周期の時相を一致させて全断面を撮影することができない。そのため我々が用いた RVMI は時相を一致させていない画像から測定されたものである。しかしながら、8例において cine MRI 法で追加検査し拡張末期画像を全断面で得、RVMI を測定した結果、Spine echo 法で測定した RVMI と極めて類似した値を示した。

より正確に心筋重量を測定するためには、cine MRI 法を用い心時相を合わせて計測する方が良いのは言うまでもないが、各断面で時相を合わせた撮影を行うことは非常に時間がかかる。例えば 10 断面において cine MRI 撮影を行うなら Spine echo 法の 10 倍、20 断面なら 20 倍の時間がかかることになる。Spine echo 法での撮影において、仮に心臓の断面間の動き (through-plane motion) がないとするならば、時相の一致しない断面からでも心筋重量を正確に測定できるはずである。through-plane motion があるために、Spine echo 法は cine MRI 法に比して正確性は劣ると思われるが、充分評価に耐え得る測定法であり撮影時間が短縮され利点が大いと考ええる。

**右室心筋重量・右室圧・容積との関係**

本研究では、疾患群において RVMI と RVsp との間に正の相関を認めた。Bouchard 等<sup>20</sup>も右室収縮期圧と右室心筋重量との間には正相関が認められたと報告し、我々の検討と同様であった。このことは、左室と同様、右室においても圧負荷増大により右室肥大が生じ心筋壁厚が増加し上昇した stress を低下させるように代償するメカニズムが働くことを示唆すると思われる<sup>13)</sup>。

一方、右室容積と心筋重量との関係については、我々の検討では容積と心筋重量との間には有意な関係を認めなかった。その原因としては、今回検討した疾患群が圧負荷と容量負荷の両方を持っていたためと考えられる。内藤ら<sup>21</sup>は、肺高血圧のない三尖弁逆流例に対して CT を用い右室心筋重量を測定し、右室心筋重量と右室容積との間に正相関を認め右室容量負荷により右室肥大が生じることを報告している。即ち、右室肥大についても左室のそれと同様に、圧負荷に対する肥大 (concentric hypertrophy) と容量負荷に対する肥大 (eccentric hypertrophy) が存在すると考えられる<sup>13)</sup>。

右室肥大は右室負荷に対して壁 stress を一定に保つための長期適応を反映した形態変化であると考えられる。今回検討した疾患群では圧負荷により右室肥大を呈し RVMI 自身は大きかったが、Mass/Volume 比を計測すると、容積に対して Mass が小さい例が認められ、いずれも心不全治療を必要とする収縮不良例であった。これらの症例は圧負荷に対して RVMI の適応が不十分のため後負荷不適合を起こしやすく容易に収縮不全に陥るものと考えられる。

#### 右室 EF と stress との関係

右室 stress について論じる上では数多くの問題点が存在する。例えば、右室は左室と異なる点が多くあり、まず複雑な形態をしていること、肥大壁厚の分布は均一ではないこと、内腔の中心に向かって縮小するような収縮パターンをとらないこと、右室収縮には左室収縮に依存する部分があり右室収縮として独立して評価できないことなどが挙げられる。我々の RV systolic index も真の右室壁 stress を反映する指標であるとする根拠はない。しかしながら、本研究では RV systolic index と RVEF の間に強い負の直線相関が認められ、さらに RVEF 低下例では右室容積に対する十分な右室心筋重量の増加が起こっていないことが示され、即ち左室における駆出率 収縮末期壁ストレス関係と同様の負相関が認められた。このことは、我々の考案した RV systolic index が右室後負荷の指標とし

て右室収縮機能評価に有用であることを充分示唆していると考えられる。

今回の検討は対象例が少なく、また対象疾患も様々であり、今後検討すべき点は多い。その一つとして、今回検討した症例すべての右室心筋収縮特性が正常であるとする根拠はない。左室における駆出率 収縮末期壁ストレス関係の研究では同一個体で圧 (体血圧) を変え、その変化を追うことで心筋収縮性が正常か否かが評価される。すなわち、心筋収縮性が正常な心臓での駆出率 収縮末期壁ストレス関係が存在し、その関係から下方へとはずれる例が収縮性が低下していると判断される<sup>15)-17)</sup>。しかしながら、左室圧を上昇させるように右室でも圧を上昇させることは、肺高血圧状態にするか又は右室流出路狭窄をさらに加えることになり臨床上行困難である。今後、右室駆出率 収縮末期壁ストレス関係を明確にしていくためには、同一例において流出路狭窄解除術後などの右室圧負荷が除かれた状態で再度同様に検討することが必要と思われる。圧負荷が除かれた状態において駆出率が正常化する例は収縮性低下はなく、正常化しない例は収縮性低下例と判断できるであろう。収縮性が正常と判断される例での駆出率 収縮末期壁ストレス関係を明確化できれば治療方針を計画する上で極めて有用であり、治療タイミング決定や術後右室機能の推測にも役立つものと思われる。

#### まとめ

右室収縮期圧上昇心において MRI を用いて右室心筋重量を測定し、さらに RV systolic index (= RVsp × RVESVI ÷ RVMI) を算出し、心臓カテーテル検査より求めた右室機能指標との関係を検討した。RV systolic index と右室駆出率との間には、強い負の直線相関があることが見いだされた。RV systolic index は、右室機能の評価において afterload (後負荷) の指標として有用であることが示唆された。

#### 文 献

- 1) Horneffer PJ, Zahka KG, Rowe SA, Manolio TA, Gott VL, Reitz BA, Gardner TJ: Long-term results of total repair of tetralogy of Fallot in childhood. *Ann Thorac Surg* 1990; 50: 179-183
- 2) Bove EL, Kavey RE, Byrum CJ, Sondheimer HM, Blackman MS, Thomas FD: Improved right ventricular function following late pulmonary valve replacement for residual pulmonary insufficiency or stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 90: 50-55

- 3) Wong KY, Venables AW, Kelly MJ, Kalff V : Longitudinal studies of ventricular function after the mustard operation for transposition of the great arteries. *Br Heart J* 1988 ; 60 : 316 322
- 4) Helbing WA, Bosch HG, Maliepaard C, Zwinderman KH, Rebergen SA, Ottenkamp J, Roos A, Reiber JHC : On-line automated border detection for echocardiographic quantification of right ventricular size and function in children. *Pediatr Cardiol* 1997 ; 18 : 261 269
- 5) Jiang L, Siu SC, Handschumacher MD, Guererro JL, Vazquez de Prada JA, King ME, Picard MH, Weyman AE, Levine RA : Three-dimensional echocardiography. In vivo validation of right ventricular volume and function. *Circulation* 1994 ; 89 : 2342 2350
- 6) Lange PE, Seiffert PA, Pices F, Wersel A, Onnasch DGW, Hahne HJ, Heintzen PH : Value of image enhancement and injection of contrast medium for right ventricular volume determination by two-dimensional echocardiography in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1985 ; 55 : 152 157
- 7) Mitsuno M, Nakano S, Shimazaki Y, Taniguchi K, Kawamoto T, Kobayashi J, Matsuda H, Kawashima Y : Fate of right ventricular hypertrophy in tetralogy of Fallot after corrective surgery. *Am J Cardiol* 1993 ; 72 : 694 698
- 8) Doherty NE III, Fujita N, Caputo GR, Higgins CB : Measurement of right ventricular mass in normal and dilated cardiomyopathic ventricles using cine magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1992 ; 69 : 1223 1228
- 9) Hadjuczok ZD, Weiss RM, Stanford W, Marcus ML : Determination of right ventricular mass in humans and dogs with ultrafast computed tomography. *Circulation* 1990 ; 82 : 202 212
- 10) Lorenz CH, Walker ES, Graham TP Jr, Powers TA : Right ventricular performance and mass by use of cine MRI late after atrial repair of transposition of the great arteries. *Circulation* 1995 ; 92 : 11-233 239
- 11) Katz J, Whang J, Boxt LM, Barst RJ : Estimation of right ventricular mass in normal subjects and in patients with primary pulmonary hypertension by nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1993 ; 21 : 1475 1481
- 12) Shimazaki Y, Kawashima Y, Mori T, Beppu S, Yokota K : Angiographic volume estimation of right ventricle. *Chest* 1980 ; 77 : 390 395
- 13) Grossman W, Jones D, McLaurin LP. Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. *J Clin Invest* 1975 ; 56 : 56 63
- 14) Bland J, Altman D : Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986 ; i : 307 310
- 15) Taniguchi K, Nakano S, Matsuda H, Shimazaki Y, Sakai K, Kawamoto T, Sakaki S, Arisawa J, Kawachi K, Kawashima Y : Depressed myocardial contractility and normal ejection performance after aortic valve replacement in patients with aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989 ; 98 : 258 265
- 16) Taniguchi K, Nakano S, Matsuda H, Shimazaki Y, Sakai K, Kawamoto T, Sakaki S, Kobayashi J, Shintani H, Mitsuno M, Kawashima Y : Timing of operation for aortic regurgitation : relation to postoperative contractile state. *Ann Thorac Surg* 1990 ; 50 : 779 785
- 17) Taniguchi K, Nakano S, Kawashima Y, Sakai K, Kawamoto T, Sakaki S, Kobayashi J, Morimoto S, Matsuda H : Left ventricular ejection performance, wall stress, and contractile state in aortic regurgitation before and after aortic valve replacement. *Circulation* 1990 ; 82 : 798 807
- 18) Sano T, Ogawa M, Taniguchi K, Matsuda H, Nakajima T, Arisawa J, Shimazaki Y, Nakano S, Kawashima Y : Assessment of ventricular contractile state and function in patients with univentricular heart. *Circulation* 1989 ; 79 : 1247 1256
- 19) Fulton RM, Hutchinson EC, Jones AM : Ventricular weight in cardiac hypertrophy. *Br Heart J* 1952 ; 14 : 413 420
- 20) Bouchard A, Higgins CB, Byrd BF III, Amparo EG, Osaki L, Axelrod R : Magnetic resonance imaging in pulmonary arterial hypertension. *Am J Cardiol* 1985 ; 56 : 938 942
- 21) 内藤博昭 : X線CTによる心機能診断 . 呼吸と循環 1984 ; 32 : 249 259

The relation among mass, volume, pressure and systolic  
function in right ventricle with pressure overload

Shunji Kurotobi<sup>1)</sup>, Tetsuya Sano<sup>2)</sup>, Kazuhiro Taniguchi<sup>3)</sup>, Hiroaki Naito<sup>4)</sup>,

Tohru Matsushita<sup>5)</sup>, Shigetoyo Kogaki<sup>5)</sup> and Shintaro Okada<sup>5)</sup>

Department of Pediatrics, Toyonaka municipal hospital<sup>1)</sup>, Department of Pediatrics,  
Osaka Kouseinenkin hospital<sup>2)</sup>, Department of Cardiac surgery, Osaka Rousai hospital<sup>3)</sup>,  
Osaka University<sup>4)</sup>, Department of Pediatrics, Osaka University<sup>5)</sup>

To assess the relation of right ventricular hypertrophy to right ventricular volume, pressure, and systolic function, we measured right ventricular mass index (RVMI) using magnetic resonance imaging in 13 patients with right ventricular pressure overload and in 12 control subjects. Right ventricular systolic pressure (RVsp), right ventricular end-systolic volume index (RVESVI), and right ventricular ejection fraction (RVEF) were obtained by cardiac catheterization. In addition, we calculated new index quantifying right ventricular stress (RV systolic index) as  $RVsp \times RVESVI / RVMI$ .

The RVMI and RVESVI were significantly higher in the patient group than in the controls. The RVMI was significantly correlated with RVsp in the patient group ( $r=0.61, p<0.05$ ). While, the RVEF was lower in the patient group than in the controls. Furthermore, the RVEF was strongly correlated with the RV systolic index ( $r=-0.91, p<0.01$ ).

Our data suggest that the RV systolic index has potential ability assessing the afterload in right ventricle.

---