

運動負荷心エコー図法による心房中隔欠損症の左心動態の評価に関する検討

Evaluation of left ventricular function in patients with atrial septal defect by exercise echocardiography

浅井 幹夫
大木 崇
富永 俊彦
福田 信夫
石本 武男
大櫛日出郷
田岡 雅世
仁木 敏晴
森 博愛

Mikio ASAI
Takashi OKI
Toshihiko TOMINAGA
Nobuo FUKUDA
Takeo ISHIMOTO
Hidesato OHGUSHI
Masayo TAOKA
Toshiharu NIKI
Hiroyoshi MORI

Summary

In order to evaluate left ventricular function in atrial septal defect (ASD), 12 cases with ASD, 18 postoperative cases of ASD and 27 normal controls were examined by means of exercise echocardiography using supine bicycle ergometer (50 watts and 3 min). M-mode echocardiograms and left ventricular (LV) short-axis views by two-dimensional echocardiography were subjected to the observation.

1. M-mode echocardiographic studies:

1) ASD group showed an increased stroke dimension (SD) during exercise mainly due to a marked increase of left ventricular end-diastolic dimension (LVDd) and a slight decrease of left ventricular end-systolic dimension (LVDs). Postoperative ASD group showed an increased SD during exercise mainly due to a marked decrease of LVDs and a slight decrease of LVDd. On the other hand, in normal control group exercise increased SD only by a significant decrease of LVDs.

2) Right ventricular dimension was decreased during exercise in ASD group, but did not change significantly in postoperative ASD and normal control groups.

3) During exercise in ASD group, peak velocity of circumferential fiber shortening (Vcf) was increased most markedly, and negative peak Vcf was decreased most strikingly.

4) Eight of 12 patients with ASD who showed abnormal interventricular septal motion demonstrated remarkable improvement of the motion during exercise.

2. Two-dimensional echocardiographic studies:

徳島大学医学部 第二内科
徳島市蔵本町 2-50 (〒770)

The Second Department of Internal Medicine, Tokushima University, School of Medicine, Kuramotocho 2-50, Tokushima 770

Presented at the 25th Meeting of the Cardiography Society held in Tokushima October 9-11, 1982
Received for publication January 28, 1983

1) Left ventricular short-axis views demonstrated that the shape of the left ventricular cavity changed from flattened to more circular configuration during exercise at end- and early-diastole in ASD group. The shape of the left ventricular cavity at late-systole did not change significantly during exercise in this group.

2) In postoperative ASD group, the left ventricular short-axis view demonstrated circular configuration of the left ventricle at end-diastole both in rest and during exercise. The shape of the left ventricular cavity did not change by exercise.

It was concluded that in ASD group cardiac output is increased during exercise by decreasing a left to right shunt at the atrial level and increasing left ventricular filling rate. Therefore, the left ventricular function was found to be good in ASD.

Key words

Atrial septal defect Left ventricular function Exercise echocardiography Right ventricular dimension

はじめに

心房中隔欠損症 (atrial septal defect: ASD) の左室は、心房レベルにおける左-右短絡のために underloading の状態にある。本症の左心機能については従来から多くの研究があり¹⁻⁶⁾、安静時における左心機能はほぼ正常であるとの報告が多くみられる。しかし、本症の運動時の左心動態およびその予備力については、いまだ一致した見解は得られていない^{4,7)}。

我々は ASD における運動時の左心動態を明らかにするために、本症の術前および術後例に運動負荷を加え、M モード心エコー図法および超音波断層法を用いて、その循環動態について検討した。

対 象

研究対象は二次孔型心房中隔欠損 (ASD 群) 12 例と、欠損孔閉鎖術後例(術後 ASD 群) 18 例である。ASD 群の平均年齢 35±11 (16-52) 歳、術後 ASD 群では 31±11 (16-49) 歳である (Table 1)。なお ASD 群の内 4 例は術前および術後に検討を行った。ASD 群の心機能は NYHA 分類 I°~II° に属し、他方、術後 ASD 群は同分類の I° に属し、術後 3 週から 2 年 6 ヶ月 (平均 9.6 ヶ月) を経、全例で術後経過は順調であった。心電図は全例洞調律を示し、左室心筋障害の所見は認

めなかった。

ASD 群の内 9 例には心臓カテーテル検査を行った。これらの例の肺動脈収縮期圧の平均値は 26 mmHg、拡張期圧の平均値は 11 mmHg で、肺体血流比は 2.6±0.7 であった。術後 ASD 群におけるこれらの値は、27 mmHg, 9 mmHg および 2.6±0.8 で、ASD 群との間に差を認めなかった。また、複雑な心奇形、著明な僧帽弁および三尖弁逆流合併例は除外した。

Control 群としては、心血管系に異常を認めない、平均年齢 30±10 (19-53) 歳の 27 例を用いた。

方 法

1. M モード心エコー図および超音波心断層図記録方法

被検者を軽度の左半側臥位とし、心室中隔・左室後壁エコーグラム、心電図 II 誘導および心音

Table 1. Subjects

	No. of cases () = male	Age (yrs)	
		Mean±SD	(range)
Atrial septal defect			
Preoperative (ASD)	12 (5)	35±11	(16-52)
Postoperative (post-op ASD)	18 (6)	31±11	(16-49)
Control	27 (22)	30±10	(19-53)

SD=standard deviation.

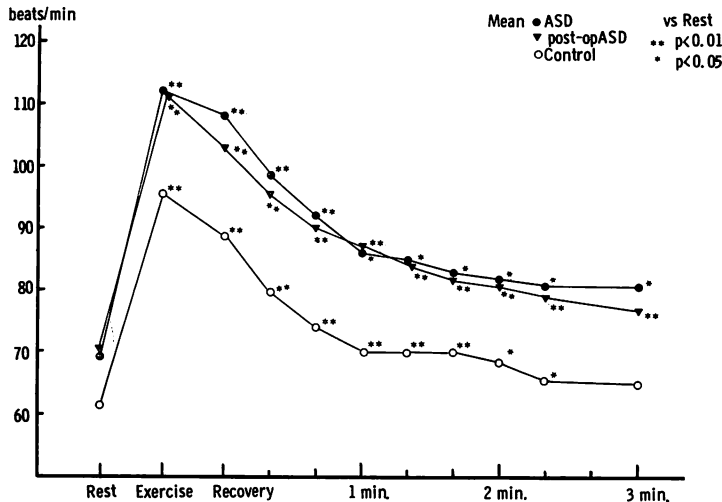


Fig. 1. Sequential changes of heart rate at rest, during exercise and recovery in control, ASD and post-op ASD groups.

ASD=preoperative ASD group; post-op ASD=postoperative ASD group.

図同時記録しながら、50ワット(50回転/分)、3分間の単一負荷を行った。記録には strip chart recorder (ECO-125) を用い、安静時と運動負荷終了15秒前から終了3分後(回復期)まで、50 mm/秒の紙送り速度で連続記録した。

また同様の負荷方法を用い、ASD 群および術後 ASD 群の安静時と運動負荷時における乳頭筋レベルの左室短軸断層像を観察し、拡張末期、収縮後期、および拡張早期断層像をポラロイドフィルムに撮影した。使用装置は Aloka 製 SSD-110B および東芝製超音波断層装置 SSH-11A で、運動負荷には Monark 製臥位式エルゴメーターを用いた。また、運動負荷時の血圧測定にはカフ型血圧計を用いた。これらの方法により得た記録について、Good Man 製 Medical Graphics Analyzer (TEAC-PS 80) を用いて解析を行った。

2. M モード心エコー図の測定項目

M モード心エコー図について下記の計測を行った。

- ① 心拍数：同時記録した心電図から求めた。
- ② 左室拡張末期径 (LVDd)：心電図 R 波の

頂点の時期における左室径を測定した。

③ 左室収縮末期径 (LVDs)：心音図 II 音の時期における左室径を測定した。

④ 右室径 (RVD)：②と同様の方法で右室径を測定した。

⑤ 左室最大円周短縮速度 (peak Vcf)：心室中隔・後壁エコー図の左心内膜面を X-Y digitizer 上でトレースし、上記の analyzer を用いて求めた。

⑥ 左室最大円周拡張速度 (negative peak Vcf)：⑤と同様の方法で求めた。

3. 超音波心断層図の測定項目

超音波心断層図については下記の計測を行った。

① 拡張末期および収縮後期の左室短軸像面積 (LVedA, LVIsA)：断層図の左室短軸像における心内膜面をトレースし、前述の analyzer を用いて求めた。

② 駆出率 (EF)：下の式により算出した。

$$EF = \frac{LVedA - LVIsA}{LVedA}$$

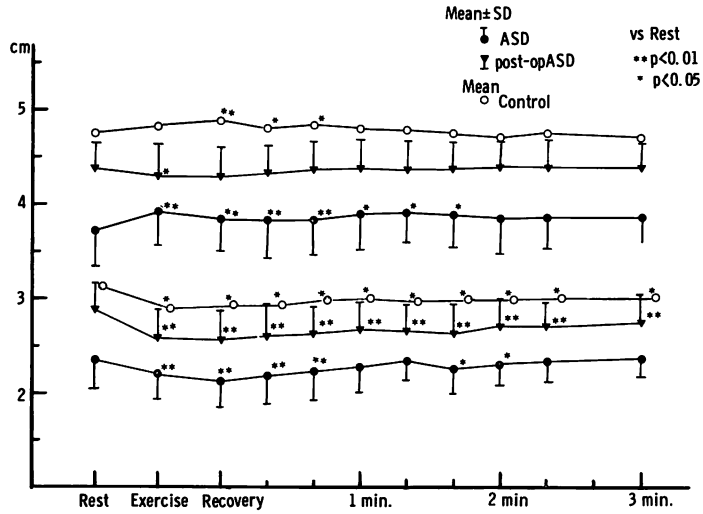


Fig. 2. Sequential changes of left ventricular end-diastolic and end-systolic dimensions at rest, during exercise and recovery in control, ASD and post-op ASD groups.
 SD=standard deviation.

Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

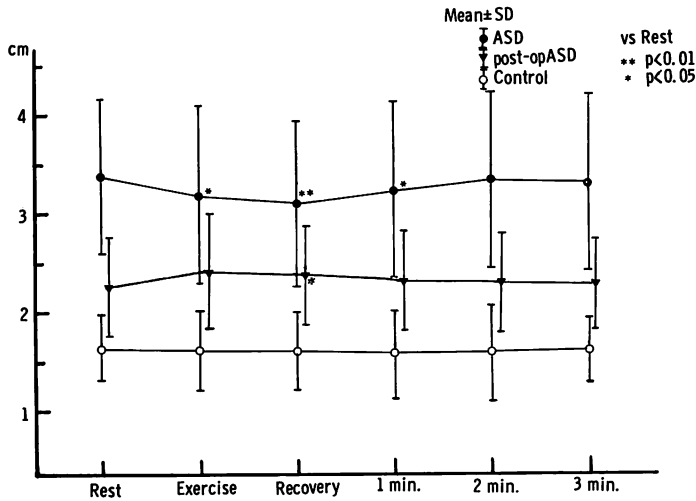


Fig. 3. Sequential changes of right ventricular dimension at rest, during exercise and recovery in control, ASD and post-op ASD groups.

Abbreviations are the same as in Figs. 1 and 2.

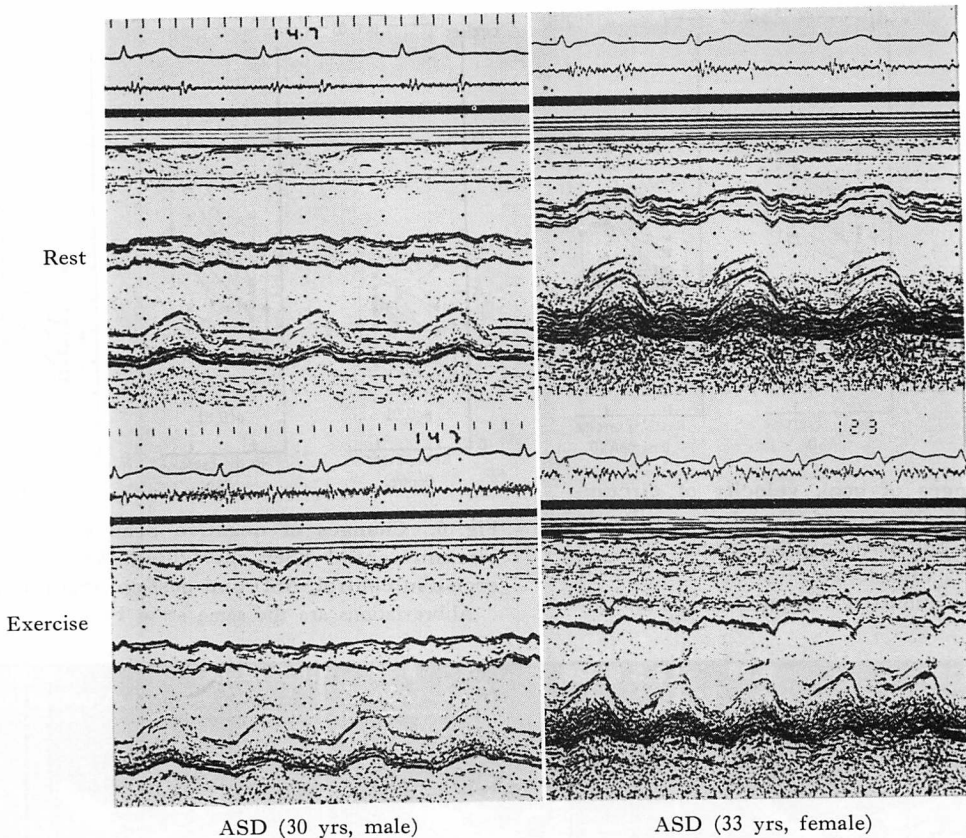


Fig. 4. M-mode echocardiograms at rest and during exercise in two cases of atrial septal defect.

Both echocardiograms demonstrate abnormal motion of the interventricular septum at rest, which tends to normal motion during exercise.

Abbreviations are the same as in Fig. 1.

LVedA=拡張末期左室短軸像面積, LVlsA=収縮後期左室短軸断面積

③ Angular displacement: 拡張末期左室短軸像の左右両乳頭筋を結ぶ直線と, 収縮後期像の同乳頭筋を結ぶ直線とのなす角を測定した⁹⁾.

以上の測定項目は, すべて呼吸終末時における2~3心拍を測定し, その平均値を求めた. 推計学的処理には F および t 検定を用いた.

結 果

1. 収縮期および拡張期血圧

ASD 群の安静時血圧は 122 ± 14 mmHg/ $78 \pm$

10 mmHg で, 運動負荷時には 156 ± 20 mmHg/ 94 ± 12 mmHg に増加した. 術後 ASD 群においても, 安静時 120 ± 11 mmHg/ 68 ± 11 mmHg から, 運動負荷時 150 ± 16 mmHg/ 82 ± 14 mmHg に増加した. Control 群においても安静時 119 ± 9 mmHg/ 72 ± 9 mmHg から運動負荷時 151 ± 9 mmHg/ 84 ± 10 mmHg に増加した. 各群における安静時血圧および運動負荷時血圧には差を認めなかった.

回復期の収縮期血圧は, 終了直後から1分後までは比較的急速な低下を示した. 拡張期血圧は終了直後に前値に戻った. このような血圧反応は全

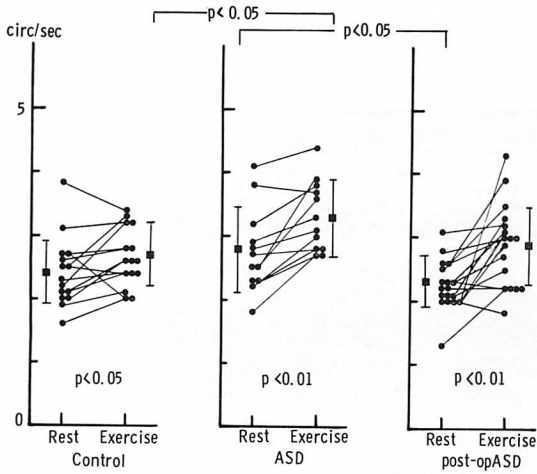


Fig. 5. Changes of peak velocity of circumferential fiber shortening (V_{CF}) by exercise in control, ASD and post-op ASD groups.

circ/sec=circumference/sec.

Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

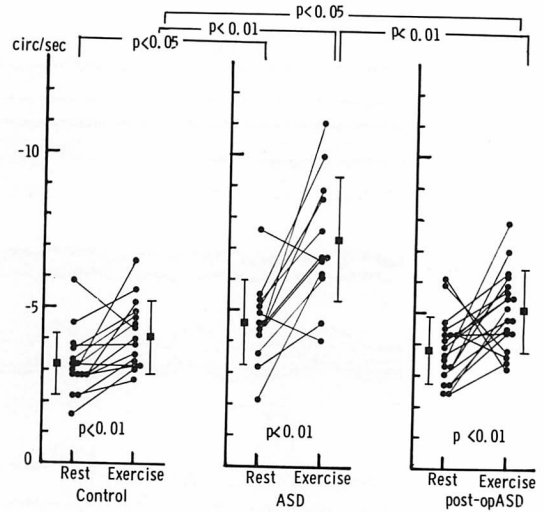


Fig. 6. Changes of negative peak velocity of circumferential fiber shortening (V_{CF}) by exercise in control, ASD and post-op ASD groups.

Abbreviations are the same as in Figs. 1 and 5.

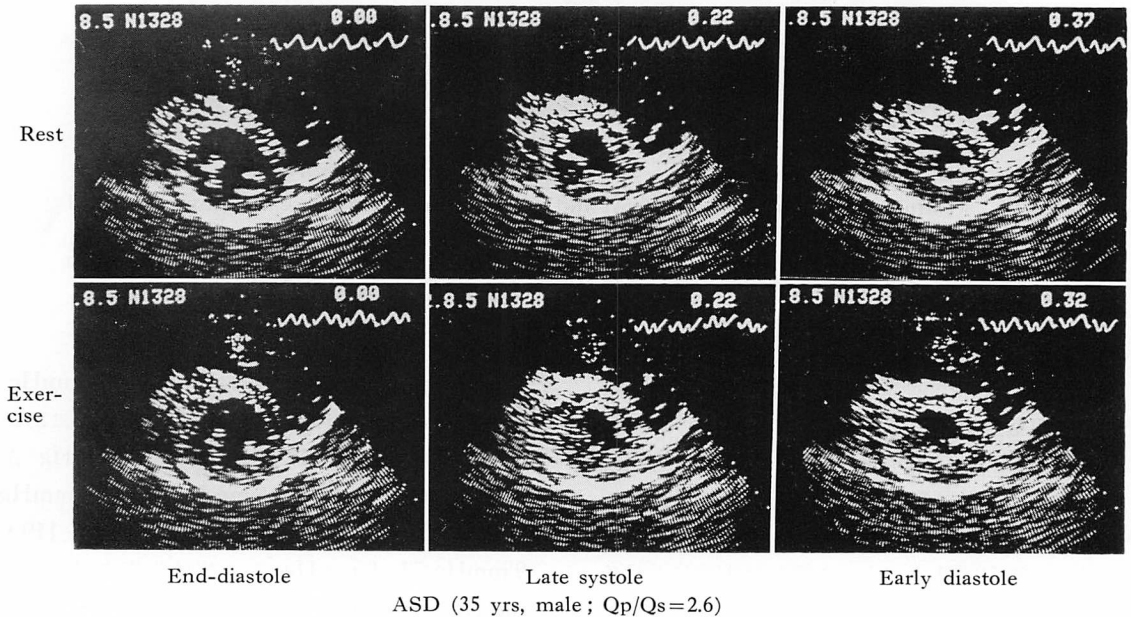


Fig. 7. Left ventricular short-axis views at end-diastole, late-systole and early-diastole in resting state and during exercise in atrial septal defect.

The shape of the left ventricular cavity changes from flattened to a more normal circular configuration during exercise at end- and early-diastole. But it does not change significantly during exercise at late-systole.

Qp/Qs=ratio of pulmonic to systemic blood flow.

Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

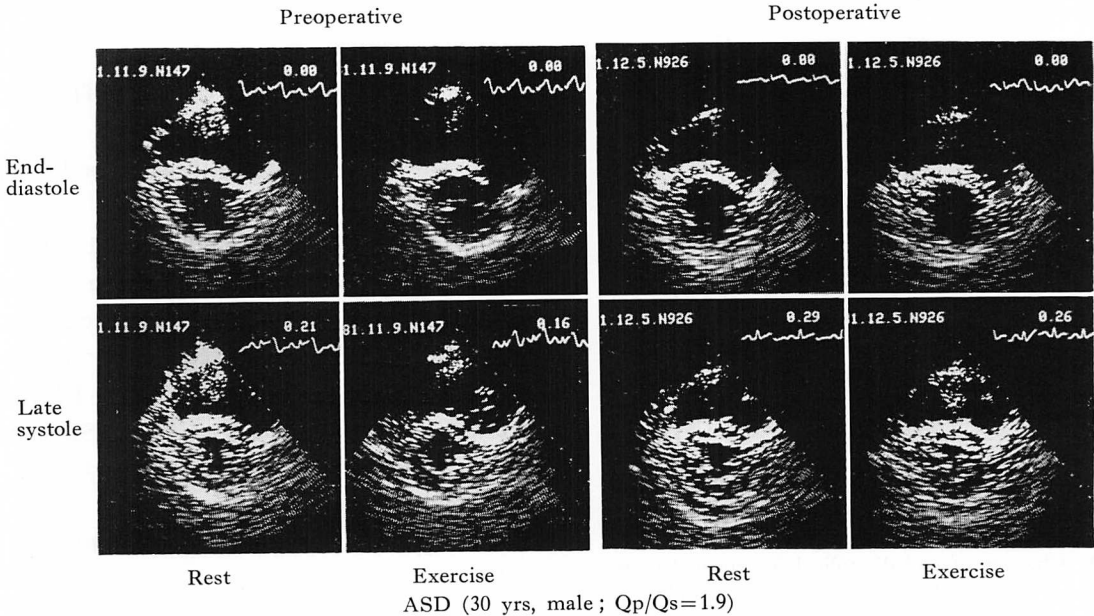


Fig. 8. Left ventricular short-axis views at rest and during exercise, in pre- and postoperative states of the same patient with atrial septal defect.

The shape of the left ventricular cavity at end-diastole is flat at rest in preoperative state, but it changes to circular after the surgical closure of the defect. Diastolic left ventricular shape changes from flattened to circular during exercise in preoperative state, but the shape maintains the circular configuration in postoperative state.

Abbreviations are the same as in Figs. 1 and 7.

群において認められた。

2. 心拍数 (Fig. 1)

ASD 群の心拍数は安静時 69 ± 11 /分 から運動時 114 ± 11 /分 に、術後 ASD 群では 70 ± 9 /分 から 113 ± 12 /分 に、control 群で 63 ± 9 /分 から 98 ± 11 /分 に各群とも有意に増加した。特に前2群における増加は control 群に比べて著明であった。しかし、運動時および回復期における各群の心拍数の変化はほぼ同様の経過を示した。

3. Mモード心エコー図による検討

1) 左室拡張および収縮末期径(LVDd, LVDs) (Fig. 2)

ASD 群では、運動負荷により LVDd の明らかな増加と LVDs の軽度の減少を認めた。負荷終了後は LVDd および LVDs はともに徐々に前値に復した。術後 ASD 群では同負荷により軽

度の LVDd の減少と LVDs の著明な減少を示した。負荷終了後に LVDd は前値に復し、その後は一定であった。LVDs は回復期を通じ徐々に前値に復した。

Control 群では、運動負荷により LVDd は変化せず、LVDs のみが減少したが、負荷終了直後から一過性に増加し、また減少していた LVDs は漸次前値に復した。

2) 右室径 (Fig. 3)

ASD 群では、運動負荷により右室径の有意な減少を示し、負荷終了1分後まで持続した。術後 ASD 群では、同負荷によりかえって右室径の拡大傾向を示した。他方、control 群の右室径は全経過を通じて全く変化しなかった。

3) 心室中隔運動

ASD 群では、全例において安静時に心室中隔

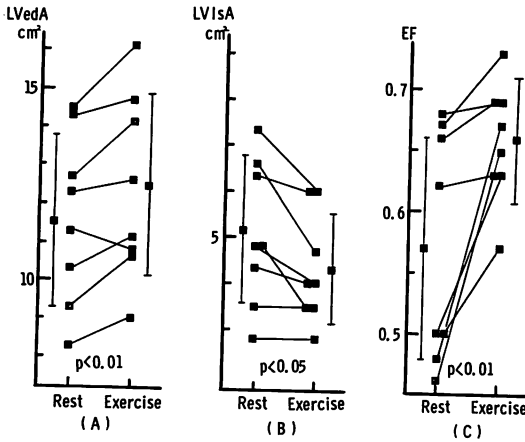


Fig. 9. Changes of left ventricular area in short-axis views and ejection fraction during exercise in atrial septal defect.

(A) Changes of end-diastolic left ventricular area during exercise, (B) Changes of late-systolic left ventricular area during exercise, (C) Changes of ejection fraction during exercise.

LVedA=left ventricular area at end-diastole; LVlsA=left ventricular area at late-systole; EF=ejection fraction,

$$EF = \frac{LVedA - LVlsA}{LVedA}$$

Other abbreviations are the same as in Fig. 1.

運動は異常を示したが、運動負荷により12例中8例に異常運動の正常化または軽減化を認めた(Fig. 4)。術後 ASD 群では、1例を除き全例で安静時の心室中隔運動は正常で、運動時にも変化を示さなかった。安静時に異常運動を示した1例においても、負荷により変化しなかった。Control 群の心室中隔運動は、負荷により変化しなかった。

4) 左室最大円周短縮速度 (peak Vcf) (Fig. 5)

ASD 群の peak Vcf は、安静時 2.8 ± 0.7 circ/sec から運動時 3.3 ± 0.6 circ/sec に、術後 ASD 群では安静時 2.3 ± 0.4 circ/sec から運動時 2.9 ± 0.6 circ/sec に、control 群では安静時 2.4 ± 0.5 circ/sec から運動時 2.7 ± 0.5 circ/sec にそれぞれ有意に増加した。術後 ASD 群の安静時 peak

Vcf は、ASD 群に比べて軽度の低下を示したが、運動時には両群間に差を認めなかった。しかし、ASD 群の運動時 peak Vcf は control 群より大きい値を示した。

5) 左室最大円周拡張速度 (negative peak Vcf) (Fig. 6)

ASD 群の安静時 negative peak Vcf は -4.6 ± 1.4 circ/sec から運動時 -7.3 ± 2.0 circ/sec に、術後 ASD 群では安静時 -3.8 ± 1.1 circ/sec から運動時 -5.1 ± 1.3 circ/sec に、control 群では安静時 -3.2 ± 1.0 circ/sec から運動時 -4.1 ± 1.2 circ/sec にそれぞれ有意に減少した。特に ASD 群では他の2群に比べて減少の程度が著明であった。

4. 超音波心断層法による検討

ASD 群のうち、良好な記録を得た8例と術後 ASD 群について検討した。

1) 左室短軸像の変化

ASD 群では、拡張末期に平坦化した心室中隔が運動負荷により右室側に偏位し、安静時に比べて左室短軸像の円形化を示した。また、左室の変形の程度が最も強い拡張早期像においても、その内腔の拡大を認めた。しかし、収縮後期像では運動負荷により左室形状に変化を認めなかった(Fig. 7)。術後 ASD 群の安静時左室短軸像は円形を示したため、一部の例においてのみ運動負荷を行ったが、ほとんど変化を認めなかった。Fig. 8 は ASD の同一例における術前および術後3週の運動負荷超音波断層図である。術前にみられた左室短軸像の運動負荷による変化は、術後には認められなかった。

2) 左室短軸像面積および駆出率 (Fig. 9)

ASD 群の拡張末期における左室短軸像面積は、安静時 11.6 ± 2.3 cm² から運動時 12.5 ± 2.4 cm² に有意に増加した。また収縮後期の同面積は、安静時 5.1 ± 1.6 cm² から運動時 4.3 ± 1.2 cm² に有意に減少した。面積変化から求めた駆出率は、安静時 0.57 ± 0.09 から運動時 0.66 ± 0.05 に明らかに増加した。[他群での同じ検討は行わなかった。

3) Angular displacement

ASD 群の安静時 angular displacement は 4.3 ± 3.0 度で、運動負荷により 2.3 ± 2.3 度に減少したが、この変化は有意ではなかった。

考 察

Dexter¹⁾, Tikoff ら^{2,3)}は、ASD においては長期にわたる心房レベルにおける左-右短絡のために左心は低形成に陥り、左心機能は低下することを報告した。Epstein ら⁷⁾は心臓カテーテル法、Bonow ら⁴⁾は RI angiography を用い、術前または術後の ASD 例における運動負荷時の左心機能について検討し、その低下を報告している。

一方、Popio ら⁵⁾, Carabello ら⁶⁾は、本症の左心収縮力は正常であるが、右室容量負荷のために左室の拡張期圧-容積関係の低下を生じることが1回拍出量の低下や心不全の原因であると報告している。今回の検討では、ASD 群における安静時の左室拡張末期径 (LVDd) は control 群に比べて低値を示したが、左室 peak VCF などの心収縮力の指標は正常⁸⁾で、Popio ら⁵⁾の報告と一致する結果を得た。また運動負荷による ASD 群の peak VCF の増加は control 群より明らかに大きく、本症の左心機能は良好であると思われた。Peak VCF などの指標を用いて変形した左室機能を評価することは適切でないが、運動負荷時に本症の左室は円形化するため (Fig. 7)、この点にはあまり問題はないと考えられた。

M モード法により計測した運動負荷時の ASD 群の左右両心室径について左室収縮末期径 (LVDs) の減少、LVDd の増加および右室径の減少を認めた。この LVDd の増加は、運動負荷に伴う1回拍出量の増大を代償する Frank-Starling mechanism の表現と考えられた。しかし、本症における LVDd の増加が必ずしも左室拡張末期容積の増大を示すとは限らないため、超音波心断層法による左室短軸像の検討を行った。

その結果、安静時の拡張末期に平坦化した心室中隔¹⁰⁾、運動負荷時に右室側に張り出すことに

より、左室短軸像の円形化と右室径の減少が出現する所見を認めた。同時に左室短軸像の面積も増大し、M モード法による LVDd の増加は左室容積の増大を反映するとみなし得ると考えられた。

杉下ら¹¹⁾は、各種の心疾患における運動時の左心機能と左室径の関係を検討し、運動による心収縮指標の増加が十分でない場合には、左室径の増大により代償することを報告している。しかし、今回の検討における ASD 群の運動時の左心動態は、この説明では不十分であり、本症の運動時における複雑な心内血流動態を示す興味ある所見と思われた。

一方、ASD 群の右室径は運動負荷により減少し、他群と異なる態度を示した。Wanderman ら¹²⁾は本症の右室径が肺体血流比と正相関することを報告している。このことから、ASD における運動時の右室径の減少は肺体血流比の低下、すなわち心房レベルにおける短絡量の減少によると考えられ、そのため左室充満が増加することが推察された。Flamm ら¹³⁾は心臓カテーテル法を用いて検討し、ASD のさいの肺体血流比が運動負荷により低下することを報告しており、我々の推察と一致する。

ASD 群では運動負荷により左室充満が増大することから、左室の拡張能についても検討することが必要であり、拡張能の指標として negative peak VCF を用いて検討した。ASD 群の negative peak VCF は運動負荷により著明に減少し、他群に比べて本症では左室の急速流入が良好であることが示された。この所見は ASD のさいの主要な心房間短絡血流が収縮末期から拡張早期にかけて起こること¹⁴⁾を考え合わせると、運動負荷時の左室急速流入速度の増大はこの短絡血流を減少させる方向に働くと考えられた。しかし、ASD のような右室容量負荷疾患に本指標を適用する場合には、左室の rotation が問題になる。しかし、angular displacement を用いて検討した左室の rotation は運動負荷により減少し、negative peak VCF を用いての左室拡張能を評価することが可

能であると考えられた。

Moulopoulos ら¹⁵⁾は左室の圧-容積関係に対する右室容積の影響について検討し、右室容積の減少に伴う左室形状の正常化がその関係改善をもたらすことを報告している。このことは ASD 群の運動時における左室コンプライアンスの改善を示し、心房間短絡血流の第2のピークである心房収縮期¹⁴⁾における左室充満を起りやすくしていると考えられた。

ASD の際の M モードエコー法における心室中隔の奇異性運動は良く知られた所見であるが、運動負荷により ASD 群 12 例中 8 例に明らかな運動の改善が認められた (Fig. 6)。この所見は、運動負荷による左心拍出量の増加度が右心のそれよりも大きいため、安静時に右室優位の血行動態を示していたものが、運動負荷により相対的に左室優位の血行動態に変化したためと考えられた。

術後 ASD 群の運動負荷のさいには、ASD 群にみられたような特異な所見は認められず、control 群に類似した反応を示した。このことは、ASD 群にみられた運動負荷時の左室形状の変化が、欠損孔に由来した血行動態に起因することを示している。Bonow ら⁴⁾、Epstein ら⁷⁾は、術後 ASD 例では左心機能が低下することを報告しているが、今回の検討における術後 ASD 群の運動負荷時の左心機能は良好であった。このような相違は術前における疾患の重症度の違いによるものと思われた。

術後 ASD 群の回復期には、control 群で観察された一過性の LVDd の増加はみられず、術後の心膜癒着による拡張障害が示唆された。術後に奇異性心室中隔運動を示した 1 例では、中隔運動は運動負荷により全く変化を示さず、本例の場合の異常運動は左心機能にあまり関与しないことが考えられた。

上述したように、ASD の運動負荷時における左心機能は、両心室内の複雑な血行動態が関与するため、その評価には十分な注意が必要である。

要 約

心室中隔欠損症 (ASD) の左心機能を評価する目的で、ASD 群 (12 例) および術後 ASD 群 (18 例) に臥位運動負荷 (50 watts, 3 分間) を行い、control 群 (27 例) と比較対比した。観察方法としては、M モード心エコー法および超音波断層法を用いた。

1. M モード心エコー図所見

1) ASD 群では、運動負荷のさいに主として左室拡張末期径 (LVDd) を増加させることにより一回拍出径 (SD) の増大を示したが、術後 ASD 群では左室収縮末期径 (LVDs) の著明な減少により SD を増大させた。Control 群では後者と同様な所見を示した。

2) ASD 群の右室径は運動負荷により減少したが、術後 ASD 群および control 群では有意な変化を示さなかった。

3) ASD 群の peak Vcf は、運動負荷により最も高い値を示したが、negative peak Vcf は最も低い値を示した。

4) 奇異性心室中隔運動を示した ASD 群 12 例中 8 例において、運動負荷により中隔異常運動の改善を認めた。

2. 超音波心断層法による検討

1) ASD 群の拡張末期の変形した左室短軸像は、運動負荷により円形化した。左室拡張早期像にも同様の所見を認めたが、収縮後期像には変化を認めなかった。

2) 術後 ASD 群における拡張末期の左室短軸像は円形を示し、運動負荷によっても変化しなかった。

以上の結果から、ASD 群においては、運動負荷時には心房レベルにおける短絡血流量を減少させ、左室充満を増加させることにより、左心拍出量を増大させる反応を示し、これらの変化には、心室中隔動態の正常化が重要な役割を演じていると結論した。

文献

- 1) Dexter L: Atrial septal defect. *Br Heart J* **18**: 208, 1956
- 2) Tikoff C, Schmidt AM, Kuida H, Hecht H: Heart failure in atrial septal defect. *Am J Med* **39**: 533, 1965
- 3) Tikoff C, Keith T, Nelson R, Kuida H: Clinical and hemodynamic observations after surgical closure of large atrial septal defect complicated by heart failure. *Am J Cardiol* **23**: 810, 1969
- 4) Bonow RO, Borer JS, Rosing DR, Bacharach SL, Green MV, Kent KM: Left ventricular function reserve in adult patients with atrial septal defect. Preoperative and postoperative studies. *Circulation* **63**: 1315, 1981
- 5) Popio KA, Gorlin R, Teichholz LE, Cohn PF, Bechtel D, Herman MV: Abnormalities of left ventricular function and geometry in adults with an atrial septal defect. Ventriculographic, hemodynamic and echocardiographic studies. *Am J Cardiol* **36**: 302, 1975
- 6) Carabello BA, Gash A, Mayer D, Spann JF: Normal left ventricular systolic function in adults with atrial septal defect and left heart failure. *Am J Cardiol* **49**: 1868, 1982
- 7) Epstein SE, Beiser D, Goldstein RE, Rosing DG, Redwood DR, Morrow AG: Hemodynamic abnormalities in response to mild and intense upright exercise following operative correction of an atrial septal defect or tetralogy of Fallot. *Circulation* **47**: 1065, 1973
- 8) Sutton J, Tajik AJ, Mercier LA, Seward JB, Giuliani ER, Ritman EL: Assessment of left ventricular function in secundum atrial septal defect by computer analysis of the M-mode echocardiogram. *Circulation* **60**: 1082, 1979
- 9) 大木 崇, 福田信夫, 竹村晴光, 村尾明之, 大島千寿子, 浅井幹夫, 仁木敏晴, 森 博愛: 心外膜欠損症における心室中隔の収縮期および拡張期異常運動の発生機序に関する検討. *J Cardiography* **11**: 649, 1981
- 10) Weyman AE, Wann S, Feigenbaum H, Dillon JC: Mechanism of abnormal septal motion in patients with right ventricular volume overload. A cross-sectional echocardiographic study. *Circulation* **54**: 179, 1976
- 11) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生: 動的運動負荷エコー図法による左心機能予備力の評価. *J Cardiography* **10**: 689, 1980
- 12) Wanderman KL, Ovsyscher I, Gueron M: Left ventricular performance in patients with atrial septal defect. Evaluation with non-invasive methods. *Am J Cardiol* **41**: 487, 1978
- 13) Flamm MD, Cohn KE, Hancock EW: Ventricular function in atrial septal defect. *Am J Med* **48**: 286, 1970
- 14) Levin AR, Spach MS, Boineau JP, Canent RV, Capp MP, Jewett PH: Atrial pressure-flow dynamics in atrial septal defect (secundum type). *Circulation* **37**: 476, 1968
- 15) Mouloupoulos SD, Sarcas A, Stamatelopoulos S, Arealis E: Left ventricular performance during by-pass or distension of the right ventricle. *Circulat Res* **17**: 484, 1965