

《原 著》

虚血性心疾患患者における，運動負荷終了後の回復早期の
心駆出率のオーバーシュート現象の特徴に関して

今井 嘉門* 荒木 康史* 西尾裕香里* 斎藤 顯*
小沢友紀雄* 波多野道信* 鎌田力三郎**

要旨 運動負荷後の回復期に左心機能を測定すると，一過性に ejection fraction (EF) が亢進するいわゆるオーバーシュート現象 (OS) を認めるが，健常者および虚血性心疾患患者での OS の相違点，運動負荷による左心機能の障害の程度と OS の出現時相および程度との関連性などに関して，1 心拍ごとの左心機能も測定可能な携帯型左心機能連続監視装置で検討した。対象は健常者 (N) 5 名，虚血性心疾患 (CAD) 47 例で，25 W より開始し，3 分ごとに 25 W ずつ増加する臥位エルゴメータ運動負荷を行い，高感度 CdTe 検出器を用いた携帯型左心機能連続監視装置で EF を連続測定し，安静時 (RE)，ピーク運動時 (EX) および OS のピーク時 (OS) の EF を求め，運動終了後 OS のピーク到達時間 (T-OS) などに関して検討した。CAD は運動負荷による EF の低下 $\Delta EF (RE-EX)$ により D1 (EF $\downarrow < 5\%$)，D2 (EF $\downarrow 5-10\%$)，D3 (EF $\downarrow \geq 10\%$) に区分した。OS の程度 $\Delta EF (RE-OS)$ は N: $23.8 \pm 2.13\%$ ，D1: $11.72 \pm 5.12\%$ ，D2: $9.56 \pm 6.51\%$ ，D3: $6.12 \pm 4.15\%$ であった。さらに T-OS は N: 1.4 ± 0.48 分，D1: 2.8 ± 0.54 分，D2: 4.5 ± 2.36 分，D3: 5.6 ± 1.93 分であった。N と比較して，CAD の T-OS は遅延し，OS の程度は軽度であった ($p < 0.01$)。さらに，この傾向は運動による左心機能の障害が高度であるほど顕著であった。

これらより，運動負荷後の EF のオーバーシュート現象の時相および程度は，運動による EF の変化に相応することが明らかになった。

I. 目 的

運動負荷時の左心機能の測定は，虚血性心疾患の診断，および日常活動の範囲を決定する目的で行われている。しかし多くの検討は，運動負荷前の安静時から運動中にかけての左心機能の変化に関するもので，運動終了後の回復期における検討は少ない。

運動負荷時および終了後の左心機能を 3-4 分ごとに断続的に測定すると，ejection fraction (EF)

が運動負荷直後に一過性に亢進することが報告され，この現象は健常者のみならず虚血性心疾患患者でも出現することが報告された¹⁻⁴⁾。この運動終了後の一過性の EF の亢進を Pfisterer らはオーバーシュート現象と名づけた³⁾。さらに，Schneider らはオーバーシュート現象を運動終了直後に出現するものと遅延して出現するものとに区分し，後者の冠動脈病変は前者より高度であると報告している⁵⁾。しかし，オーバーシュート現象の時間的推移に関する詳細な検討は，いまだ報告されていないので，本研究では，左心機能の推移を秒単位で測定することが可能な携帯型左心機能連続監視装置で，運動による左心機能の推移を運動前の安静時から運動終了後 10 分まで連続して測定し，1) 健常者群および虚血性心疾患患者群でのオーバーシュート現象の相違点，2) 運動負荷による

* 日本大学医学部第二内科

** 同 放射線科

受付：元年 7 月 22 日

最終稿受付：元年 9 月 5 日

別刷請求先：東京都板橋区大谷口上町 30-1 (☎ 173)

日本大学医学部第二内科

今 井 嘉 門

左心機能の障害の程度とオーバーシュート現象の出現時相および程度との関連性, などに関して検討した。

II. 方 法

対象は健常者群 5 名 (男性 5 名, 平均年齢 32 ± 5.8 歳) と虚血性心疾患患者群 47 名 (男性 30 名・女性 17 名, 平均年齢 57 ± 8.4 歳) である。冠動脈造影は Judkins 法で 43 名に施行し, 75% 以上の冠動脈狭窄を有意狭窄とした。すべての薬剤は検査の 24 時間前から中止し, また食物の摂取は運動負荷の 2 時間前より禁止した。

左心機能は高感度な RI 検出器を用いた携帯型左心機能連続監視装置 (アロカ, RRG-607) で測定した⁶⁻⁸⁾。まず被験者にピロリン酸 $15 \mu\text{g/kg}$ を静注し, その 20 分後に $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 740 MBq (20 mCi) を再度静注して, 生体内で $^{99\text{m}}\text{Tc}$ を赤血球に標識した。次に, 胸壁にアイソトープ非吸収性のカーボンローデを用いて標準 12 誘導心電図を記録できるように準備した後, T シャツおよびゴム製の特殊なチョッキを装着した。このチョッキの上に高感度な CdTe 検出器を左室領域に照準を定めてマジックバンドで固定し, この検出器の位置が至適であるか否かを, ガンマカメラを用いて左前斜位で記録した心プール像と検出器から得られた時間・カウント曲線とで確認した。標準 12 誘導心電図はコンピュータ内蔵心電図 (フクダ, Cardimax FK-66) で 30 秒ごとに記録し, さらに II, III, aV_F, V₁ および V₅ 誘導で運動負荷中の心電図変化を連続的に監視した。

運動負荷は臥位エルゴメータ (建部青州堂, EM-405) を用いて, 25 W より開始し, 3 分ごとに 25 W ずつ増加する多段階法で行った。運動負荷の終了点は 100 W 3 分間終了, または胸痛出現, ST 低下 0.2 mV などである。これら携帯型左心機能連続監視装置および心電図の記録は運動負荷開始 2 分前から開始し, 運動負荷終了 10 分後まで継続した。

携帯型左心機能連続監視装置の検出器から 50 msec ごとに得られたデータはパーソナルコンピ

ュータ (日本電気 PC-9801) で分析した。まず, オリジナルデータに時間的 3 点スムージングを行い, 同時に記録した心電図の R 波をトリガーとしてスムージングした曲線の拡張末期カウントを求め, この値の 80% をバックグラウンドとして 1 心拍ごとに “時間・容積曲線” に相当する “時間・カウント曲線” を求めた。このバックグラウンド処理した “時間・カウント曲線” より 1 心拍ごとの収縮末期カウント (end-systolic count: ESC), 拡張末期カウント (end-diastolic count: EDC), および両者より駆出率 (ejection fraction: EF) を計測し, さらにこれらの 15 秒間の平均値を求めた。

測定項目は運動時間, 安静時 (RE)・運動終了時 (EX)・オーバーシュート時 (OS) の EF, および運動終了時からオーバーシュートのピークまでの時間 (T-OS) で, さらに EX と RE との EF の差: $\Delta\text{EF} (\text{RE}-\text{EX})$, RE と OS との EF の差: $\Delta\text{EF} (\text{RE}-\text{OS})$ および EX と OS との EF の差: $\Delta\text{EF} (\text{EX}-\text{OS})$ についても算出した (Fig. 1)。

虚血性心疾患群は運動負荷による EF の低下程

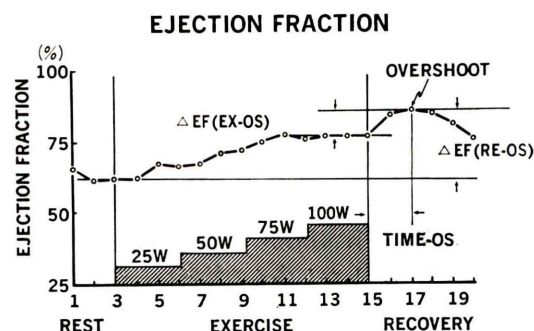


Fig. 1 Sequence of ejection fraction during and after exercise. Supine bicycle ergometer exercise tests were performed by multi-level method. Ejection fraction was measured with an ambulatory left ventricular function monitoring system. Overshoot elevation of ejection fraction after exercise was seen. Duration of exercise (Time-EX), duration from cessation of exercise to peak of overshoot (Time-OS), ejection fraction at rest (EF_{RE}), at peak exercise (EF_{EX}) and at peak of overshoot (EF_{OS}) were measured respectively. The difference of EF_{RE}-EF_{EX}, EF_{RE}-EF_{OS}, EF_{EX}-EF_{OS} were calculated.

Table 1 Coronary angiographic finding, exercise duration and heart rate

	Normal (n=5)	D1 (n=15)	D2 (n=12)	D3 (n=20)
CAG finding				
SVD	—	8/13=61.1%	6/11=54.5%	3/19=15.7%
MVD	—	5/13=38.9%	5/11=45.5%	13/19=84.3%
			†	††
Exercise duration (min)	12.00±0.00	7.6±1.66	7.0±1.91	7.15±2.12
		**	**	**
Heart rate (bpm)				
Rest	62.0±8.91	58.2±8.19	56.0±11.24	56.8±9.22
		ns	ns	ns
Peak ex.	106.2±13.40	94.53±14.18	97.0±22.87	89.1±12.72
		ns	ns	ns
Overshoot	74.4±5.59	66.2±10.22	69.09±12.34	65.05±12.07
		ns	ns	ns

SVD: single vessel disease, MVD: multiple vessel disease, Peak ex.: Peak exercise, bpm: beat per minute, mean±SD. †p<0.05, ††p<0.01 comparison with D1. **p<0.01 comparison with the normal group.

度により、3群すなわち JEF (RE-EX) 5% 未満の D1 群 (15 名)、5% 以上で 10% 未満の D2 群 (12 名)、および 10% 以上の D3 群 (20 名) に区分し、健常者群と対比検討した。おのおの結果は mean±SD で表示し、平均値の有意差は F 検定および t 検定で検討した。

III. 結 果

1. 基本的検討事項

冠動脈造影所見上の多枝病変の頻度は、D1 群：38.9%、D2 群：45.5%、D3 群：84.3% で、D3 群での多枝病変の頻度は D1 群あるいは D2 群より高度であった (p<0.05)。運動時間は、健常者群：12分、D1 群：7.6±1.66 分、D2 群：7.0±1.91 分、D3 群：7.15±2.12 分で、D1、D2、D3 の各 D 群の運動時間は健常者群より有意に短時間であった (p<0.01) が、D 群の相互間で有意差はなかった。また、心拍数は安静時、運動時およびオーバーシュート時とも 4 群間で、統計上の有意差を認めなかった (Table 1)。

2. オーバーシュートのピーク到達時間

運動終了からオーバーシュートのピークまでの到達時間は、健常者群：1.4±0.48 分、D1 群：

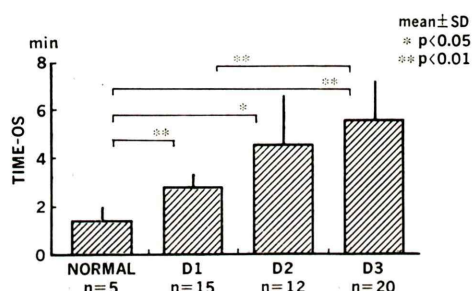


Fig. 2 Time-OS. Duration from cessation of exercise to peak of overshoot in each D group was longer than in the normal group, respectively. Among D groups, D3 was longer than D1.

2.8±0.54 分、D2 群：4.58±2.36 分、D3 群：5.6±1.93 分であった。D1、D2、D3 群のピーク到達時間は健常者群より統計上有意に遅延した (D1、D3: p<0.01, D2: p<0.05)。また D 群の相互間でも、D3 群は D1 群より有意に遅延した (p<0.01) が、D1、D2 群および D2、D3 群の各相互間に有意差はなかった (Fig. 2)。

3. 安静時・運動時およびオーバーシュート時の EF, ESC および EDC の相対的推移

安静時の EF は 4 群間で有意差を認めなかったが、D2 群および D3 群の運動時の EF は健常者群

Table 2 Ejection fraction, relative end-systolic count and relative end-diastolic count

	Normal (n=5)	D1 (n=15)	D2 (n=12)	D3 (n=20)
Ejection fraction (%)				
Rest	56.77±8.28	54.46±10.33	57.74±11.46	61.86±10.61
		ns	ns	ns
Peak ex.	67.84±10.11	53.33±11.25	50.17±11.46	46.90±10.34
		ns	*	**
Overshoot	80.92±7.55	66.19±11.15	66.39±12.43	67.98±11.96
		ns	ns	ns
Changes of relative end-systolic count (%)				
Peak ex.	68.41±10.40	102.89±9.33	121.65±11.32	146.51±24.01
		**	**	**
Overshoot	40.25±10.15	70.62±11.82	74.40±16.05	79.95±12.32
		**	**	**
Changes of relative end-diastolic count (%)				
Peak ex.	93.53±5.57	100.23±4.27	101.41±4.15	101.65±4.37
		ns	ns	ns
Overshoot	93.59±3.31	96.46±3.27	96.37±3.08	97.50±2.84
		ns	ns	ns

Peak ex.: peak exercise. Mean±SD, *p<0.05, **p<0.01 comparison with the normal group.

より有意に低下した ($p<0.05$, $p<0.01$). オーバーシュート時の EF は 4 群間で有意差を認めなかった. 安静時の EDC を 100% とした相対的な変化は, 運動時およびオーバーシュート時とも 4 群間で有意差を認めなかった. 他方, 運動時の相対的な ESC は, 健常者群: $68.41\pm10.40\%$ と減少したが, D1 群: $102.89\pm9.33\%$, D2 群: $121.65\pm11.32\%$, D3 群: $146.51\pm24.01\%$ で安静時と不変または安静時より増加し, 統計上健常者群との間に有意差が存在した ($p<0.01$). オーバーシュート時の相対的 ESC は, 健常者群: $40.25\pm10.15\%$ と運動時よりさらに減少し, 運動時に不変あるいは増加を認めた D1, D2, D3 群はおおの 70.62±11.82%, 74.40±16.05%, 79.95±12.32% で, 健常者群より有意に高値であったが ($p<0.01$), D 群相互間で有意な差は認めなかった (Table 2).

4. ΔEF (RE-OS)

安静時とオーバーシュート時の EF の差すなわち ΔEF (RE-OS) は, 健常者群: $23.8\pm2.13\%$, D1 群: $11.72\pm5.12\%$, D2 群: $9.56\pm6.51\%$, D3 群: $6.12\pm4.15\%$ であった. 運動負荷時に EF が低下する D1, D2, D3 群の ΔEF (RE-OS) は健

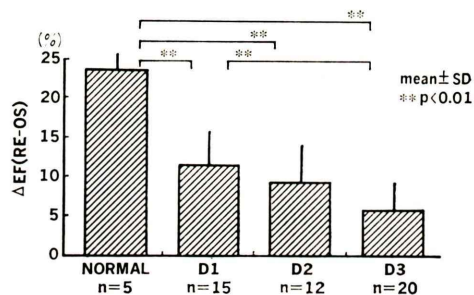


Fig. 3 Δ Ejection fraction (RE-OS) in each D group was significantly lower than the normal group. Furthermore, D3 group was measurably less than D1 group. Hence, Δ ejection fraction (RE-OS) is inversely related to exercise-induced left ventricular dysfunction.

常者群と比較して有意に低値であった ($p<0.01$). さらに D 群相互の間でも, 運動負荷により EF 低下が顕著な D3 群の ΔEF (RE-OS) は, D1 群より統計上有意に低値であった ($p<0.01$) (Fig. 3).

5. ΔEF (EX-OS)

運動終了時とオーバーシュート時の EF との差すなわち ΔEF (EX-OS) は, 健常者群: $13.2\pm3.48\%$, D1 群: $12.85\pm5.29\%$, D2 群: $17.36\pm$

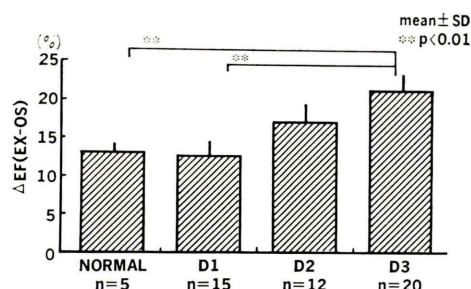


Fig. 4 Δ Ejection fraction (EX-OS). D3 group was significantly higher than the normal group or D1 group, respectively.

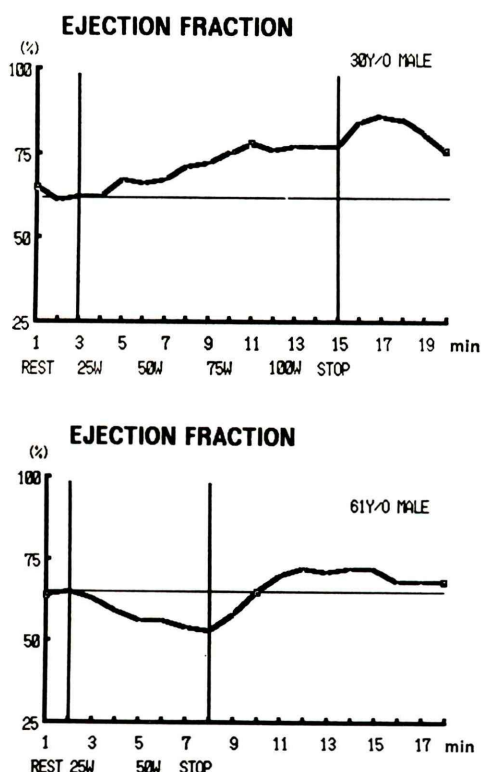


Fig. 5 Case presentation. The upper picture shows the change in normal volunteer. Ejection fraction (EF) increased during exercise gradually. After cessation of exercise, EF was shown in further temporal increments within 2-3 minutes which we recognize as overshoot. The lower picture shows the change in patients with coronary artery disease (CAD). Compared with the normal volunteer, overshoot in the patient with CAD was less dramatic, delayed and less precipitous.

7.46%, D3 群: $21.59 \pm 6.04\%$ であった。運動負荷時に EF が低下する各 D 群の Δ EF (EX-OS) は健常者群と比較して高値で、運動負荷により EF 低下が顕著な D3 群の Δ EF (EX-OS) は健常者群 ($p < 0.05$) および D1 群 ($p < 0.01$) より有意に高値であった (Fig. 4)。

6. 症例呈示

健常者および虚血性心疾患患者の運動負荷時の左心機能の時間的推移を呈示する (Fig. 5)。

IV. 考 案

運動時に心拍出量は一過性に増加するが、この時心拍数は最大 2 倍近くまで増加し、さらに 1 回拍出量 (stroke volume: SV) も増加している。すなわち、心拍出量を規定する主要素の心拍数および SV が、ともに運動負荷により増加している。SV が増加するメカニズムとして、1) 拡張末期容積 (end-diastolic volume: EDV) は不変で、収縮末期容積 (end-systolic volume: ESV) が減少する場合、2) ESV が不変で、EDV が増加する場合、3) ESV および EDV がともに増加するも、ESV よりも EDV がより多く増加する場合、4) EDV が増加し、ESV が減少する場合などが推察され、いずれの場合でも SV を EDV で除した値の EF は増加する。EF は運動による左心機能の推移を評価する指標として、簡便でかつ汎用されている指標の 1 つである。

従来、多段階運動負荷時の EF など左心機能の推移は、主に心プールシンチグラフィで、3-4 分ごとに測定して検討された。健常者では、運動のピークに達するまでに FE は段階的に増加し、運動終了直後の回復早期に EF はピーク運動時よりさらに一過性に増加することが観察された。また、冠動脈疾患患者でも運動負荷により EF は低下するが、運動負荷終了後に一過性に安静時の EF よりも増加することが報告された¹⁻⁴⁾。この運動負荷終了後の一過性の EF の亢進は、1979 年に Pfisterer によってオーバーシュート現象と名づけられ、その特徴が報告された³⁾。これによると、回復早期のオーバーシュート時の EF と安静時の

EF の差, すなわち $\Delta EF (RE-OS)$ は狭心痛の有無により相違し、『健常者』>『狭心痛を持たない冠動脈疾患患者』>『狭心痛を有する冠動脈疾患患者』の順であった。Schneider らは、オーバーシュート現象を『運動終了直後に出現するもの』と『遅延して出現するもの』とに区分し、後者の冠動脈病変は前者より高度であると報告している⁵⁾。しかしこれらの報告では、3-4 分ごとに左心機能を測定しているの、オーバーシュートの時相などに関する詳細な検討が十分なされていない。

心拍同期法で心プールシンチグラフィを記録する際、通常 R 波をトリガーとして 300 心拍画像を加算するため、1 回の記録に 3-5 分間もの時間が必要である。計測に耐える画像を得るためには最小限でも 2 分間の記録時間が必要で、運動負荷時の詳細な左心機能の経時的变化を心プールシンチグラフィで観察することには限界があると考えられる。

最近、1 心拍ごとの左心機能の測定も可能な携帯型左心機能連続監視装置⁸⁻¹⁰⁾が開発され、短時間の左心機能の変化を記録することが可能になった。この機器を用いて運動前の安静時、運動中および運動後の回復期の左心機能を連続して測定して、その推移を検討したところ、Pfisterer らの報告のように、健常者および冠動脈疾患患者で運動負荷回復早期にオーバーシュート現象を認めた。その詳細な時間的推移をみると、オーバーシュートのピークに達する時間は、健常者群では 1.4 分に対して、冠動脈疾患群では遅延しており、運動による EF 低下が 5% 未満の D1 群では 2.8 分、運動による EF 低下が 5%-10% の D2 群では 4.58 分、運動により EF 低下が 10% 以上の D3 群では 5.6 分で、運動による EF の低下が高度な群ほどオーバーシュートのピーク到達時間が有意に遅延した。

オーバーシュート時の EF と安静時の EF の差すなわち $\Delta EF (RE-OS)$ は、健常群では 23.8%、D3 群では 6.12% であった。運動により左心機能の障害の大きい D3 群の $\Delta EF (RE-OS)$ は、健常者群より有意に低値であった。他方、オーバーシュート時の EF と運動終了時の EF の差すなわち

$\Delta EF (EX-OS)$ は、健常者では 13.2%、D3 群では 21.59% であった。この指標 $\Delta EF (EX-OS)$ は、前述の $\Delta EF (RE-OS)$ と相違して、運動により左心機能の障害の大きい D3 群は、健常者群より高値であった。

オーバーシュートの程度を評価する指標として、 $\Delta EF (RE-OS)$ および $\Delta EF (EX-OS)$ のうちいずれが適当であるかは議論のある点である。Pfisterer らは安静時の EF と対比する $\Delta EF (RE-OS)$ を用いたが、健常者群のように運動負荷により EF が増加している場合には、運動により増加した EF も含んでいるため、過大に評価し、他方 $\Delta EF (EX-OS)$ を用いた場合には、運動負荷により左心機能が低下した症例で、安静時の値に回復する過程をも含んでいるため高値を示す傾向がある。『安静時の EF と比較する $\Delta EF (RE-OS)$ は運動負荷による左心機能の変化を加味しているので、 $\Delta EF (EX-OS)$ より臨床上有用な指標である』とわれわれは考えるが、今後さらに両者のうちいずれがオーバーシュートを評価する方法として優れているか検討が必要である。

Pfisterer らがオーバーシュート現象に関して報告する前の 1978 年に、Stein は超音波検査を用いて運動中止後 37 秒に心拍数は安静時の値に回復するのに、回復期に拡張末期径および駆出径が運動中止後平均 26 秒から増加したと報告している¹¹⁾。さらに古くは、1972 年に Cumming らが色素希釈法で臥位エルゴメータ運動負荷で 1 回拍出量係数を測定し、安静時の 49 ml/beat/m²、運動終了時 58 ml/beat/m²、運動後 2 分の回復期に 67 ml/beat/m² と増加すると報告している¹²⁾。このように、古くから運動終了後の回復期の SV の増加などが注目されたが、その発生機序はいまだ明らかでない。従来よりこの機序として、運動後に心拍数が減少したための左室拡張期時間の増加、および運動後の後負荷の減少が注目されている。健常者で EF とこれに関与する EDV および ESV の推移を検討したところ、運動時では EDV は不変であるも ESV は減少し、EF は増加したが、運動終了後には ESV はさらに減少したため、EF は運動時よ

りさらに増加した。これより、オーバーシュートの主な要因は EDV の増加ではなく、ESV の減少であることが明確になった。オーバーシュート時に EDV が増加しないことより、心拍数変化の影響は少ないものと推察される。

健常者に運動負荷を行うと、運動量の増加に従いカテコールアミンが分泌され、このため末梢血管抵抗が減少し、ESV が減少し、さらに EDV との差である SV は増加し、心拍数の増加とともに心拍出量は増加する。運動によるカテコールアミンの分泌は運動量の増加に従い増加し、運動時よりも運動終了 2-3 分後に最高値を示し、その後徐々に減少し、約 10 分後の運動前の値に回復している¹³⁾。この運動終了後のカテコールアミンの増加と運動の中止による骨格筋の緊張の減少が影響して、運動終了後に末梢血管抵抗は運動時よりさらに低下し、このため ESV がさらに減少し、EF が一過性に増加してオーバーシュート現象を示すものと推察される。Pfisterer は β 遮断剤を使用した者ではこのオーバーシュート現象は著明に低値であったと述べていることより、カテコールアミンが本現象に強く関与しているものと考えられる。

虚血性心疾患患者の場合、運動を開始すると末梢血管抵抗はいったん減少するが、心収縮力が低下してくると、徐々に末梢血管抵抗が増加して末梢灌流圧を維持している。運動を中止した後に、運動中にいったん増加した末梢血管抵抗が再度低下し、その状態が 5-6 分間持続している¹⁴⁾。虚血性心疾患に認めるオーバーシュートの時相の遅延は、これら末梢血管抵抗の推移と時間的に一致している。

オーバーシュート現象の出現機序として、心臓自体の収縮力の増加も関与する可能性は否定できないが、主に末梢血管抵抗が密接に関連しているものと推察される。今後、これらをさらに解明するため、主に末梢血管抵抗を変化させる因子であるカテコールアミン、末梢血管抵抗、心収縮力の経時的な詳細な測定を行い、これらを対比し検討することが必要である。

本報告では、健常者群の年齢は冠動脈疾患群の

年齢より明らかに若い。過去に、年齢が安静時または運動時の左心機能に如何なる影響を与えるか、心プールアンジオグラフィを用いて検討された。Hakki は 1983 年に、安静時から運動時への LVEF・EDV・ESV・SV および CI の変化を 60 歳未満群と 60 歳以上群との 2 群で比較し、年齢がこれらの推移に影響しないことを報告した¹⁵⁾。さらに 1987 年に Adams が、広い年齢層の健常者で運動負荷心プールアンジオグラフィを行い、運動による LVEF の変化は男女の性差で相違するが、年齢の老若により影響しないことを報告している¹⁶⁾。これらの報告より、被験者の年齢が LVEF (RE-EX) など運動負荷時の左心機能の指標に影響しないことは明らかである。一方、運動負荷終了後のオーバーシュート現象は、運動負荷時の左心機能の障害程度に依存するので、オーバーシュート現象に与える年齢の影響は少ないと推察される。しかし、この問題点を明確にするため、幅広い年齢で運動負荷後の左心機能を測定し、検討する必要がある。

V. 結 語

運動負荷後の回復期に EF が一過性に増加するオーバーシュート現象に関して、健常者群および虚血性心疾患患者群で比較検討した。後者のオーバーシュート時相は前者と比較して遅延し、その程度は軽度であった。さらにこの傾向は、運動による左心機能の障害が高度であるほど顕著であった。これらより、運動後のオーバーシュート現象の時期および程度は、運動による EF の変化に依存することが明らかになった。

文 献

- 1) Slutsky R, Kariliner J, Ricci D, et al: Response of left ventricular volume to exercise in man assessed by radionuclide equilibrium angiography. *Circulation* 60: 565-571, 1979
- 2) Pfisterer ME, Battler A, Swanson SM, et al: Reproducibility of ejection-fraction determination by equilibrium radionuclide angiography in response to supine bicycle exercise: concise communication. *J Nucl Med* 20: 491-495, 1979

- 3) Pfisterer ME, Slutsky RA, Schuler G, et al: Profiles of radionuclide left ventricular ejection fraction changes induced by supine bicycle exercise in normals and patients with coronary heart disease. *Catheter Cardiovasc Diagnosis* **5**: 305-317, 1979
- 4) Dymond DS, Foster C, Grenier RP, et al: Peak exercise and immediate postexercise imaging for the detection of left ventricular functional abnormalities in coronary artery disease. *Am J Cardiol* **53**: 1532-1537, 1984
- 5) Schneider RM, Weintraub WS, Klein LW, et al: Rate of left ventricular function recovery by radionuclide angiography after exercise in coronary artery disease. *Am J Cardiol* **57**: 927-932, 1986
- 6) 弓倉 整, 今井嘉門, 安藤達夫, 他: 心疾患リハビリテーション時, RI を用いた携帯型連続左心機能監視装置の有用性. *Therapeutic Research* **10**: 261-266, 1989
- 7) 今井嘉門, 弓倉 整, 安藤達夫, 他: 左心機能携帯型連続監視装置による心筋虚血の推移測定: 機械的・電気的変化出現時期の検討. *J Cardiol* **18**: 955-965, 1988
- 8) Suzuki Y, Ide M, Murakami T, et al: Radionuclide cardiac monitoring system using dual cadmium telluride (CdTe) detectors: specification and some clinical applications. *Nuclear Med Comm* **8**: 431-440, 1987
- 9) Wilson RA, Sullivan PJ, Moore RH, et al: An ambulatory ventricular function monitor: Validation and preliminary clinical results. *Am J Cardiol* **52**: 601-606, 1983
- 10) 玉木長良, Mohiuddin IH, 大草知子, 他: 携帯用 RI 心機能モニター (VEST) による運動負荷時および負荷後の心機能の経時的変化の検討. *核医学* **26**: 399-408, 1989
- 11) Stein RA, Michielli D, Fox EL, et al: Continuous ventricular dimensions in man during supine exercise and recovery. *Am J Cardiol* **41**: 655-660, 1978
- 12) Cumming GR: Stroke volume during recovery from supine bicycle exercise. *J Applied Physiology* **32**: 575-578, 1972
- 13) Watson RDS, Hamilton CA, Jones DH, et al: Sequential changes in plasma noradrenaline during bicycle exercise. *Clin Sci* **38**: 37-43, 1980
- 14) 今井嘉門, 安藤達夫, 荒木康史, 他: 携帯型左心機能連続監視装置によるジルチアゼムの薬効評価. *薬理と治療* **17**: 1643-1649, 1989
- 15) Hakki AH, DePace NL, Iskandrian AS: Effect of age on left ventricular function during exercise in patients with coronary artery disease. *JACC* **2**: 645-651, 1983
- 16) Adams KF, Vincent LM, McAllister SM, et al: The influence of age and gender on left ventricular response to supine exercise in asymptomatic normal subjects. *Am Heart J* **113**: 732-742, 1987

Summary

Significance of “Overshoot” Elevation of Ejection Fraction in Early Recovery Period after Exercise in Patients with Coronary Artery Disease

Kamon IMAI*, Yasushi ARAKI*, Yukari NISHIO*, Satoshi SAITO*,
Yukio OZAWA*, Michinobu HATANO* and Rikisaburo KAMATA**

**The Second Department of Internal Medicine, **Department of Radiology,
Nihon University School of Medicine*

To investigate the relationship between “overshoot” elevation of left ventricular (LV) ejection fraction (EF) in the early recovery period after exercise and myocardial ischemia, LV function was measured in 5 healthy volunteers and 47 pts with coronary artery disease (CAD) using supine ergometer. EF at rest (EF_{RE}), at peak exercise (EF_{EX}), at peak of overshoot (EF_{OS}) and time from cessation of exercise to peak of overshoot (T-OS) were measured using an ambulatory LV function monitor system with a high sensitive CdTe detector. The patients were classified into 3 groups according to EF depression (EF_{RE}—EF_{EX}) by exercise, i.e., D1 (EF ↓ <5%): 15 pts, D2 (EF ↓ 5–10%): 12 pts, D3 (EF ↓ ≥10%): 20 pts. Degree of overshoot

which shows difference in EF between rest and peak of overshoot was $23.8 \pm 2.13\%$ (mean ± SD) in the normal group, $11.72 \pm 5.12\%$ in D1, 9.56 ± 6.51 in D2 and $6.12 \pm 4.15\%$ in D3, respectively. T-OS was 1.4 ± 0.48 in the normal group, 2.8 ± 0.54 in D1, 4.5 ± 2.36 in D2 and 5.6 ± 1.93 min in D3, respectively. We conclude that left ventricular dysfunction was proportionally related to time-lapse from cessation of exercise to peak of overshoot while inversely related to degree of overshoot.

Key words: Ambulatory left ventricular function monitor system, Left ventricular ejection fraction, Ischemic heart disease.