

運動負荷試験と嫌気性代謝閾値

偽陽性例における再現性

佐々木 弥* 金澤明彦* 牧 一彦*
阿部 徹* 池田成昭** 金澤知博**

狭心症あるいは虚血性心疾患を疑い運動負荷試験を施行する例で、負荷試験陽性にもかかわらず冠動脈造影では有意病変の見られない例がある。その原因に関しては以前より種々の報告がなされているが、その主なものとして、糖尿病例などでは心筋の細動脈に形態的な変化を生じて虚血をきたすとする報告¹⁾、カテコールアミンなどの分泌異常による自律神経系の関与で心電図変化をきたすとする報告²⁾、epicardial coronary artery あるいは small coronary artery の攣縮で虚血が生じるとの報告など³⁾⁴⁾がある。しかし、これらの例における心電図変化が何等かの原因による心筋虚血を示す表現なのか、それとは別に pH、カテコールアミンなど体液性因子の変動による影響なのか未だ明らかでない。そこで著者らは、運動負荷試験陽性で冠動脈造影上有意狭窄の認められない偽陽性例において、運動負荷時心電図の虚血性変化が冠動脈攣縮と関連するか否かを検討する目的でカルシウム拮抗薬投与前後で運動負荷試験を行い、心電図変化、最大酸素消費量、嫌気性代謝閾値などの再現性について検討した。

§ 対象および方法

運動負荷試験陽性例で冠動脈造影で冠動脈に狭窄がみられず、かつ UCG 所見で心筋症や有意な弁膜疾患のみられない偽陽性例 12 例 (男 5 例, 女 7 例, 平均年齢 56.7 ± 2.7 歳, うち 10 例は非定型的な胸痛発作を有する) を対象にトレッドミルによる運動負荷試験、運動時呼気ガス分析およびカテコールアミン測定をカル

シウム拮抗薬のニフィデピン投与前後で行い、その再現性を検討した。なお、胸痛の発現様式から冠攣縮性狭心症を疑われた例および冠動脈造影時に攣縮の証明された例は除外した。

運動負荷試験はフクダ社製ストレスシステム ML-8000 を用い Bruce 法による 3 分毎漸増症候限界性多段階負荷として行いまず無投薬で運動負荷試験を施行した後、カルシウム拮抗薬のニフィデピン (long acting adalat 40 mg/day) を少なくとも負荷試験 48 時間前より投与、さらに 1 時間前にアダラート 10 mg カプセルを追加投与した後に無投薬時と同様のプロトコルで運動負荷試験を再施行した。呼気ガス分析による肺換気量、体酸素消費量の測定はフクダ社製代謝測定装置 IN-5000 を用い、負荷前後のカテコールアミン測定は SRL にて、液体高速クロマトグラフィー法で行った。

§ 結果

図 1 に偽陽性例の心電図変化の実例を示す。冠動脈に狭窄はみられなかったが、左の無投薬時において負荷後 II III aV_F, V₅-V₆ に 0.2 mV の ST 低下がみられ、右のニフィデピン投与後にも投与前と同様の変化が再現されている。12 例中、糖尿病の 1 例を除いてニフィデピン投与後も運動負荷後の心電図変化は投与前と同様で改善はみられなかった。

今回の対象とは異なるが、図 2 に早朝安静時に狭心痛発作がみられ心電図変化も冠動脈攣縮が原因と考えられた 1 例の心電図変化を示す。冠動脈造影では左右両冠動脈に有意狭窄がみられ硝酸剤投与後に消失したが、運動負荷試験では左の無投薬時に負荷後 II III aV_F, V₅-V₆ で ST 低下がみられ、右のニフィデピン投与後には負荷後の ST 低下は生じなかった。このように冠動脈の攣縮によって生じる心電図虚血性変化はカルシ

*秋田組合総合病院循環器科
(〒011 秋田市土崎港中央 4-5-45)

**秋田大学医学部第 2 内科
(〒010 秋田市本道 1-1-1)

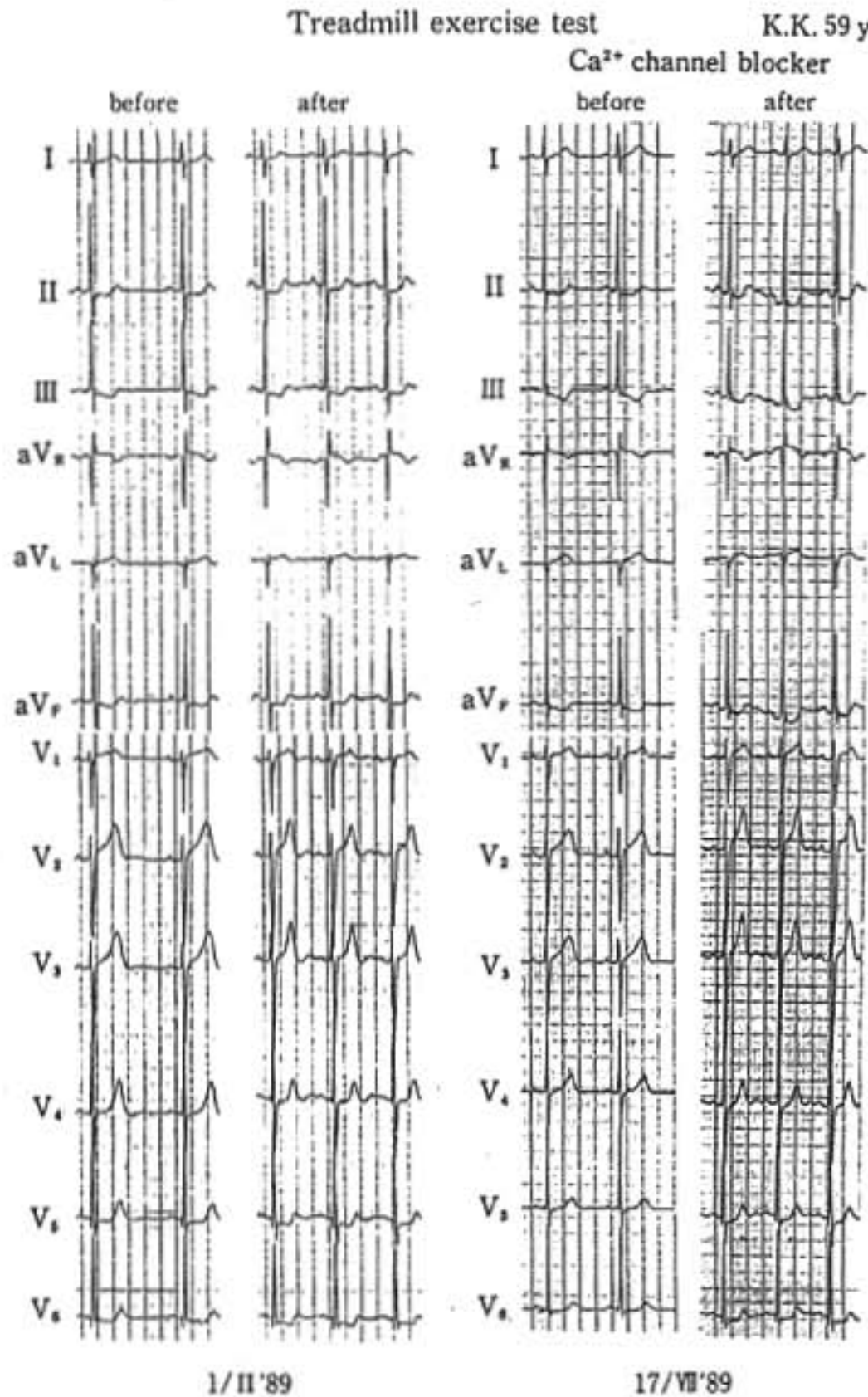


図1 偽陽性例におけるカルシウム拮抗薬投与前後の運動負荷心電図

ウム拮抗薬投与によって改善され、再現性が失われるものと推測される。

呼気ガス分析の結果を図3に示す。最大酸素消費量、嫌気性代謝閾値ともカルシウム拮抗薬投与前後で変化はなかった。図4にカルシウム拮抗薬投与前後におけるカテコールアミンの変動を示す。カルシウム拮抗薬投与後運動負荷によりカテコールアミン増加の大きい傾向がみられたが有意差はなかった。

§ 考察

運動負荷試験陽性にもかかわらず冠動脈造影上で狭窄のみられない偽陽性例では冠動脈狭窄例に比して予後は良好とされているが⁹⁾、心電図変化をきたす原因に関しては種々の推論がなされている。近年、比較的

太い冠動脈の攣縮、あるいは冠動脈造影では検出できない small coronary artery の攣縮または abnormal vasodilator reserve が心電図変化をきたす原因であるとの報告がみられることから¹⁰⁾、著者らは偽陽性例における冠動脈攣縮の関与を検討する目的で、冠動脈攣縮抑制効果の強いニフィデピンの投与前後で運動負荷試験を行い心電図変化の再現性について検討した。その結果、ニフィデピン投与後も心電図の虚血性変化は改善されず、著者らの対象とした偽陽性例の心電図虚血性変化には冠攣縮は関与しないものと推測された。さらに、ニフィデピン投与前後で最大酸素消費量、嫌気性代謝閾値に変化はみられず、偽陽性例においては冠動脈攣縮によって虚血が生じ心機能が障害されていることは否定的と考えられた。

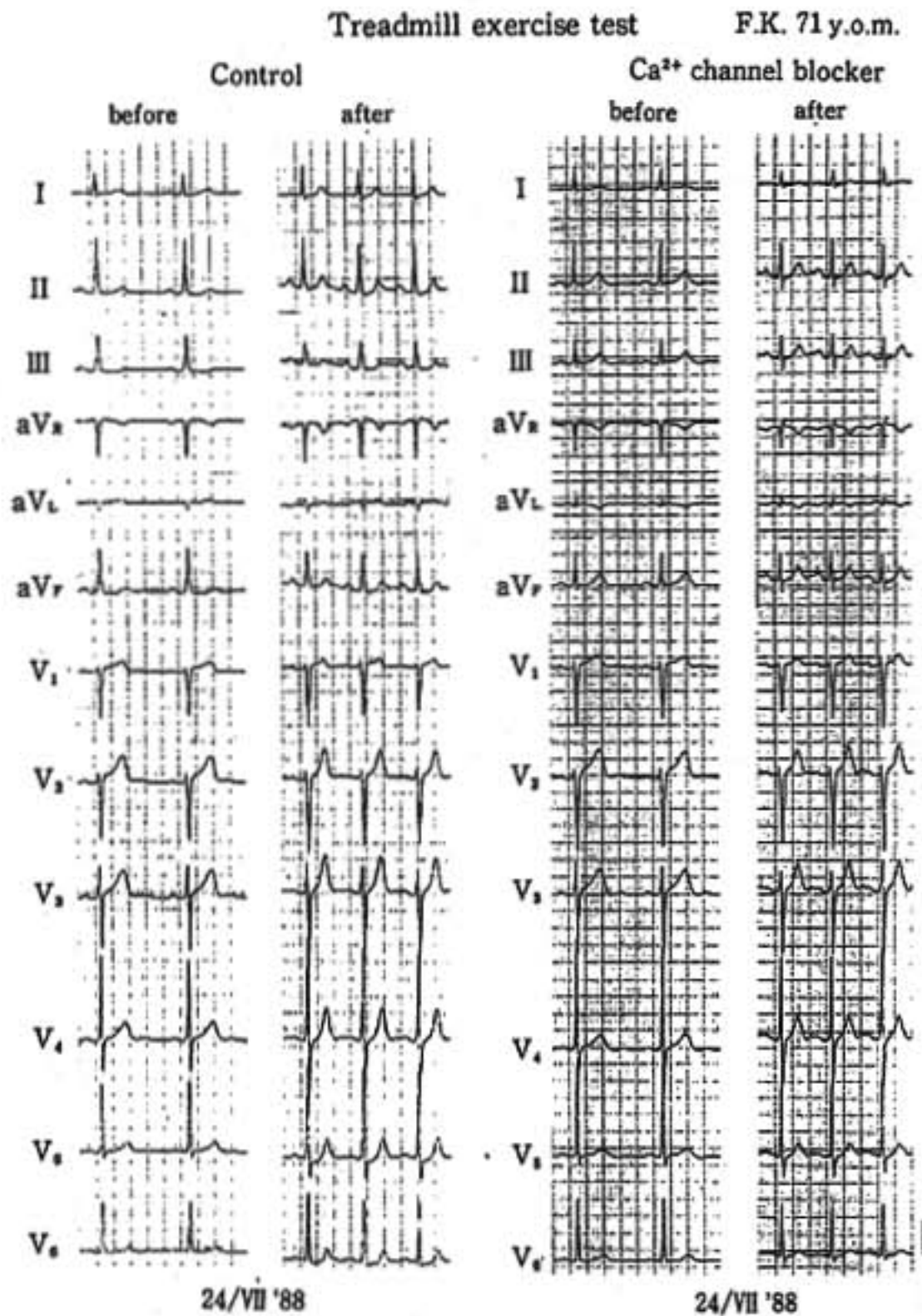


図 2 冠動脈攣縮性狭心症例におけるカルシウム拮抗薬投与前後の運動負荷心電図

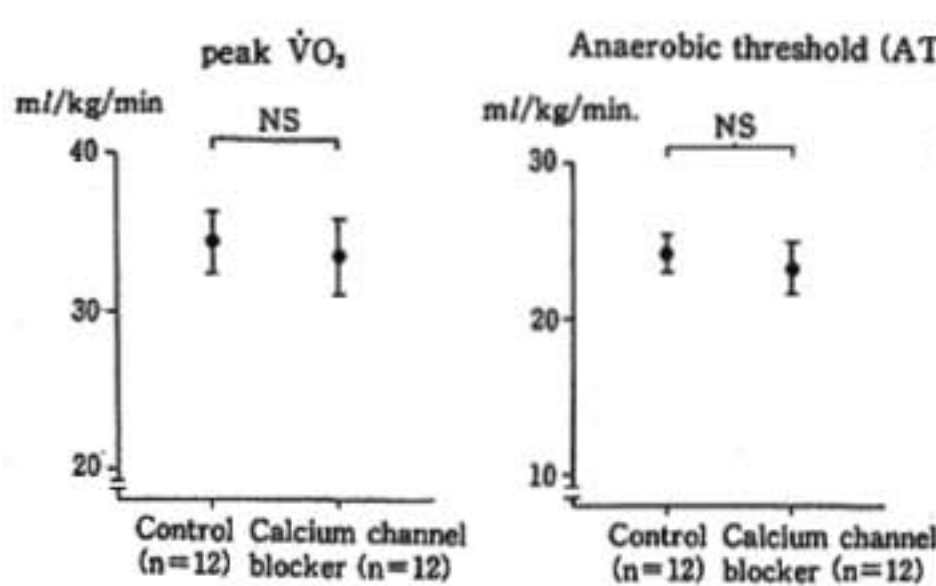


図 3 偽陽性例における運動負荷時呼気ガス分析 peak $\dot{V}O_2$ は最大酸素消費量, anaerobic threshold は嫌気性代謝閾値を示す。

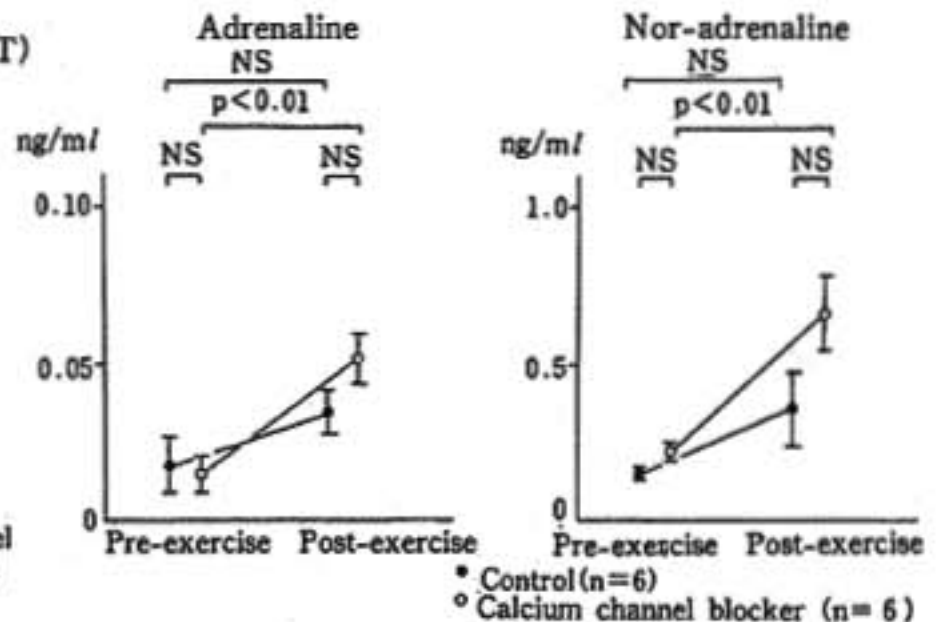


図 4 偽陽性例におけるカルシウム拮抗薬投与前後のアドレナリン、ノルアドレナリンの変化

§ 文献

- 1) Blumenthal HT, Alex M, Goldenberg S: A study of lesions of the intramural coronary artery branches in diabetes mellitus. *Arch Pathol* 70: 27, 1960
- 2) 小西 孝, 由井芳樹, 神原啓文, ほか: Syndrome Xにおける交感神経機能. 最新医学 38 補録: 182, 1983
- 3) Yasue H, Omoto S, Takizawa A, et al: Exertional angina pectoris caused by coronary arterial spasm: effects of various drugs. *Am J Cardiol* 43: 647, 1979
- 4) Cannon RO, Leon MB, Watoson RM, et al: Chest pain and "Normal" coronary arteries—role of small coronary arteries. *Am J Cardiol* 55: 50 B, 1985
- 5) Pupita G, Kaski JC, Galassi AR, et al: Long term variability of angina pectoris and electrocardiographic signs of ischemia in syndrome X. *Am J Cardiol* 64: 139, 1989

運動負荷試験における血行動態諸量の再現性について

渡辺 信* 横田充弘** 永田浩三* 加藤良三* 石原 均*
 鷓飼雅彦* 岩瀬三紀* 松波龍幸* 児玉泰浩* 斉藤二三夫*
 前田雅彦* 宮原隆司* 吉田純司* 上原 晋* 斉藤英彦*

運動負荷試験における血行動態の変化は、心疾患の重症度の判定、治療効果の判定、予後の推定などに有用な臨床情報である。運動負荷試験における非観血的血行動態諸量の変化の再現性に関しては、従来いくつかの報告があるが、観血的血行動態諸量の変化の再現性の検討に関する報告は少ない。Sweatmanら¹⁾は心拍数、動脈圧、肺動脈楔入圧、心係数、1回心拍出係数、心仕事係数、全身血管抵抗の再現性を検討し、2回目の肺動脈楔入圧は低くなるが、その他はよい再現性があると報告した。Carlensら²⁾は心拍数、酸素摂取量、動静脈酸素較差、心拍出量、1回心拍出量、左室圧、肺動脈圧、右房圧、左室収縮期圧-心拍数積、心仕事係数、左室仕事量すべてにより再現性があると報告した。Thadaniら³⁾は、安静時ではRate-Pressure Product、心拍出量、1回心拍出係数、心仕事係数に再現性があるが、心拍数は2回目の方が多く、収縮期血圧、平均血圧、平均肺動脈圧は2回目の方が低くなり、また運動時には心拍数に再現性があるが、平均肺動脈圧、収縮期血圧、平均血圧は2回目の方が低いと報告した。荒井ら⁴⁾は、心拍数、動脈圧、肺動脈圧、心拍出量、肺動脈血酸素飽和度、血中乳酸値、アドレナリン、ノルアドレナリンでの検討で、乳酸値以外は総じて良好な再現性を示したと報告した。今回、我々は冠動脈疾患患者における症状制約多段階臥位自転車 Ergometer 運動試験での心、血行動態諸量の再現性につき検討したので報告する。

§ 対象および方法

労作性狭心症患者2名、陳旧心筋梗塞症患者9名、計11名で、年齢は38歳から62歳。1枝疾患7名、2

枝疾患4名。安静時の平均左室駆出分画は52.5%、平均運動時間は573秒であった。対象全例に症状制約多段階臥位自転車 Ergometer 運動試験を施行した。運動試験は25 Wより開始し、3分毎に25 Wずつ増加した。運動試験前、運動試験中3分毎、peak運動時および回復期1分、3分、6分に心拍数、ST Level、肺動脈楔入圧、動脈圧、心拍出量、冠静脈洞血流を測定した。肺動脈楔入圧、心拍出量、冠静脈洞血流は左腋下静脈より挿入したSwan-Ganz catheterおよびdouble thermister catheter (CCS/7 U-GOK, Wilton-Webster Laboratories)により測定し、動脈圧は左橈骨動脈に挿入したTeflon catheterにより測定した。1時間の安静臥位での休憩の後、同様の運動試験を1回目と同じ運動時間で施行し、各指標の再現性につき検討した。結果は各々の測定時点での11例の平均値を用いて、1回目と2回目の結果をpaired T testで検定した。

§ 結果

心拍数、収縮期動脈圧、拡張期動脈圧、平均動脈圧、心係数、1回心拍出係数、心仕事係数、全身血管抵抗において、1回目と2回目で有意差を認めなかった(表1、図1)。

肺動脈楔入圧(PAWP)では1回目の安静時PAWPは7.1 mmHg、2回目の安静時PAWPは4.8 mmHgで有意差を認めたが、peak運動時のPAWPでは1回目17.2 mmHg、2回目15.5 mmHgで有意差を認めなかった。全経過中、1回目に比し2回目のPAWPが低い傾向にあった(表1、図1)。冠静脈洞血流(CSF)を測定し得た7名の平均値の経過では、1回目の安静時CSFは111 ml/min、2回目の安静時CSFは128 ml/minで有意差を認めなかった。1回目のpeak運動時でのCSFは303 ml/min、2回目のpeak

*名古屋大学医学部第1内科

** 同 付属病院検査部

(〒466 名古屋市昭和区鶴舞町 65)

表 1 血行動態諸量の再現性

		安静時	運動 3 分	運動 6 分	Peak 運動	回復 3 分	回復 6 分
心拍数 (beats/min)	1 st	72±3	96±3	112±3	133±6	92±3	85±4
	2 nd	75±4	97±4	115±4	138±7	93±5	87±5
収縮期動脈圧 (mmHg)	1 st	143±7	169±8	186±9	206±10	147±8	134±6
	2 nd	137±5	161±7*	182±9	203±9	141±6	132±4
拡張期動脈圧 (mmHg)	1 st	81±3	89±3	92±3	95±3	77±4	74±3
	2 nd	82±3	87±4	92±5	99±4	78±3	76±2
平均動脈圧 (mmHg)	1 st	102±4	115±5	123±5	132±5	100±5	94±4
	2 nd	100±3	112±4	122±6	134±5	99±4	95±3
Rate Pressure Product (×10 ³)	1 st	102±8	161±9	208±11	271±16	134±9	101±9
	2 nd	102±7	156±9	209±12	280±14	130±8	115±6
心係数 (liters/min/m ²)	1 st	2.7±0.2	4.1±0.2	5.0±0.2	5.8±0.3	3.8±0.2	3.3±0.2
	2 nd	2.7±0.1	4.3±0.3	5.1±0.3	6.3±0.3	3.7±0.2	3.5±0.3
肺動脈楔入圧 (mmHg)	1 st	7.1±0.6	14±2.5	17±2.4	17±2.3	6.5±1.5	6.4±1
	2 nd	4.8±1**	11±7*	13±8**	16±8	4.4±5*	4.3±1*
1 回心拍出係数 (ml/m ²)	1 st	38±3	44±3	45±3	44±3	42±2	38±4
	2 nd	37±4	46±4	45±4	46±9	45±3	40±3
心仕事係数 (g.m/beat/m ²)	1 st	50±6	61±7	66±5	70±8	53±6	48±5
	2 nd	48±8	63±7	67±7	76±9	52±5	53±6
全身血管抵抗 (dynes/sec/cm ⁻⁵)	1 st	1835±68	1354±71	1197±81	1116±78	1286±81	1345±67
	2 nd	1797±72	1273±91	1177±00	1044±65	1306±82	1443±132
冠静脈洞血流 (ml/min)	1 st	111±12	166±14	224±23	303±53	163±27	129±19
	2 nd	128±31	206±33	326±104	390±62*	208±53	159±39

n=11 (冠静脈洞血流のみ n=7), Meam±S.E., *: p<0.05, **: p<0.01

運動時での CSF は 390 ml/min で有意差を認めた (表 1).

§ 考按

Thadani ら³⁾は、安静時、運動時ともにいくつかの指標で再現性がなかったと報告している。これは、彼らが 1 回目と 2 回目の間に 15 分しか休憩をとっていないことが原因の一つと考えられる。荒井ら⁴⁾は、2 回目の運動負荷を心拍数と心拍出量が、1 回目の開始直前安静時の±5%以内に回復してから開始しており、それに要した時間は、平均 24.8 分であったと報告している。今回、我々は 1 回目と 2 回目の間に 1 時間の休憩をとっており、1 回目の運動負荷の影響がなくなるには十分の時間と思われる。それにも関わらず、2 回目の PAWP が低くなった原因として、運動による不感蒸泄や採血による循環血液量の減少による影響が考えられる。したがって、検査を行う部屋の温度や湿度あるいは、補液量などの検討が必要と考えられた。

§ 文献

- 1) Sweatman T, Strauss G, Selzer A, et al: The long-acting hemodynamic effects of isosorbide dinitrate. *Am J Cardiol* 29: 475, 1972
- 2) Carlens P: The effect of repeated supine exercise on exercise tolerance and left ventricular pump function in patients with angina pectoris. *Scand J Clin Lab Invest* 40: 105, 1980
- 3) Thadani U, Lewis JR, Manyari MD, et al: Are the clinical and hemodynamic events during exercise stress testing in invasive studies in patients with angina pectoris reproducible? *Circulation* 61: 744, 1980
- 4) 荒井 裕, ほか: エルゴメーター負荷による運動許容量, 血行動態, および代謝の再現性. *心臓* 17: 132, 1985

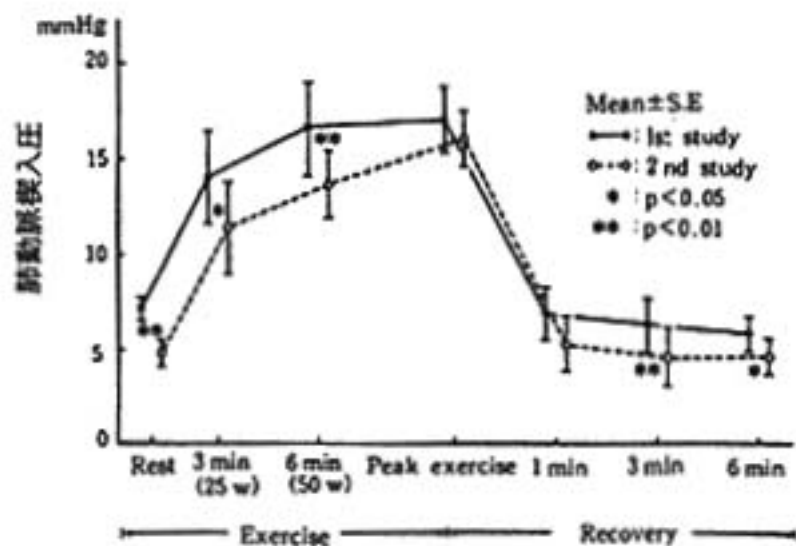
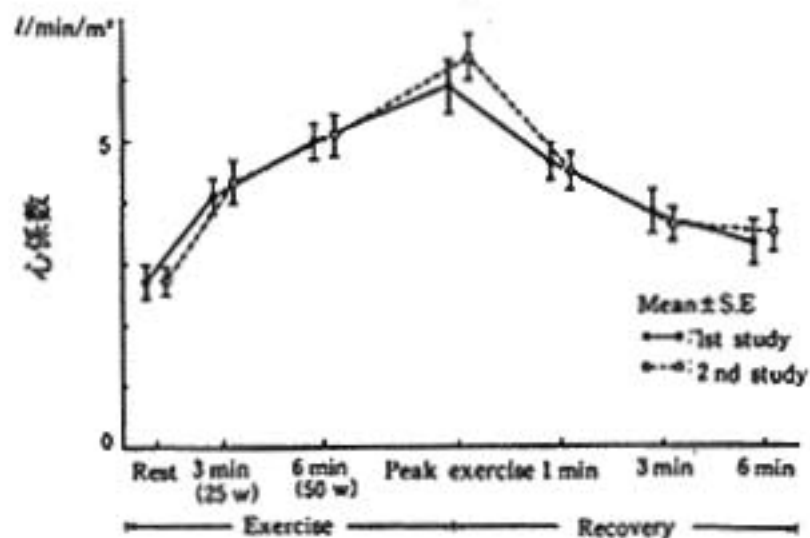
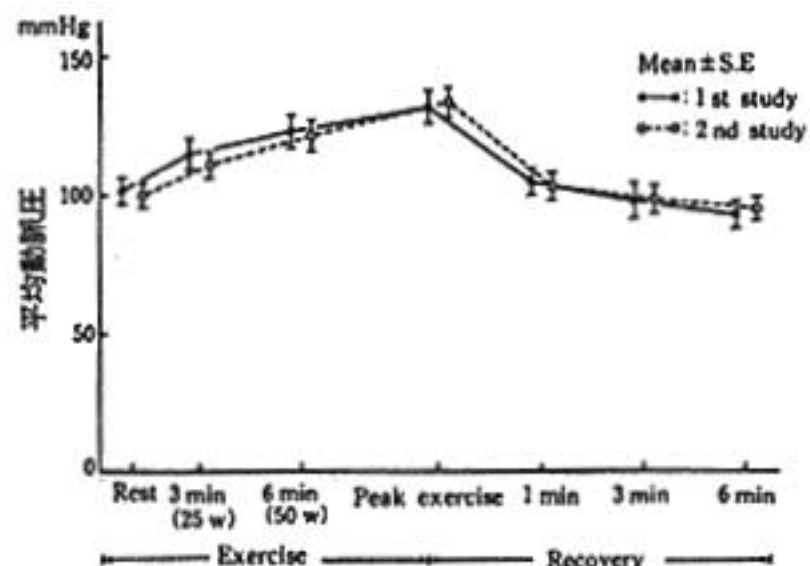
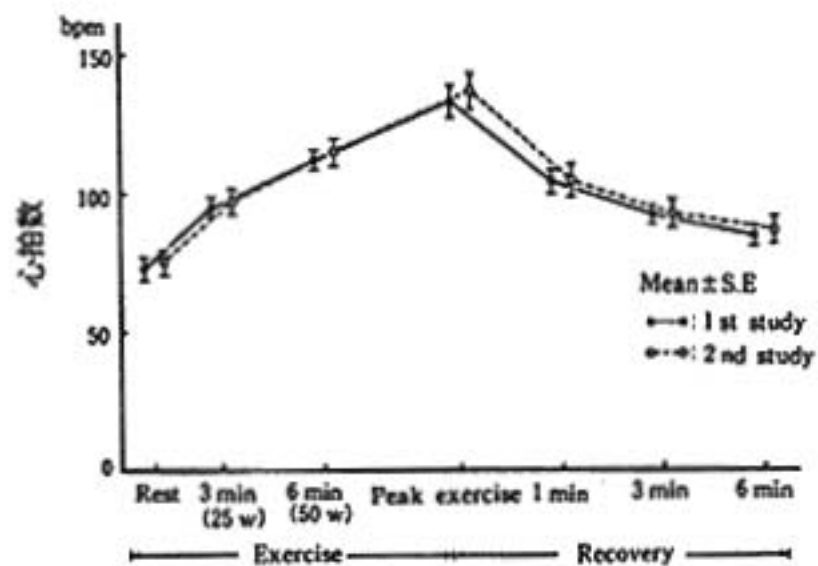


図 1 心拍数, 平均動脈圧, 心係数, 肺動脈楔入圧の再現性

体位による運動負荷試験の再現性 臥位ならびに座位エルゴメータの比較

小野晋司・野原隆司・I.H. Mohiuddin* 神原啓文** 河合忠一*

臥位エルゴメータによる運動負荷試験は、負荷中の血圧測定、採血、心臓カテーテル、心エコー図、核医学的検査などによる data 収集が容易なためしばしば施行されるが、臥位運動は座位運動とは異なる血行動態を示すとされ、両者の成績を同一の基準で比較することはできない。

両者の比較については、血行動態¹⁾²⁾、心電図変化³⁾、心プールシンチグラフィ⁴⁾⁵⁾などによる検討がみられるが心筋灌流イメージについての検討は未だなされていない。

本研究の目的は、3枝病変を含む重症虚血性心疾患患者に臥位ならびに座位エルゴメータ負荷試験を施行し、心筋灌流イメージを含む各種パラメータを比較検討することである。

§ 対象および方法

対象は虚血性心疾患患者 21 名、うち陳旧性心筋梗塞患者 16 名、狭心症患者 5 名である。年齢は 47-71 歳、平均 57.2 歳、男性 19 名、女性 2 名である。14 名の患者に冠動脈造影が施行されており、3枝疾患が 11 名、2枝疾患が 1 名、1枝疾患が 2 名であった。

運動負荷は Monark 社製エルゴメータを使用し、25 watt より開始し 3 分ごとに 25 watt ずつ漸増する symptom limited の多段階運動負荷を臥位ならびに座位にて施行した。1 分ごとに心拍数、脈拍、心電図および症状を記録した。心筋灌流イメージは、臥位運動時には ¹³NH₃-positron emission computed tomography (PET)、座位運動時には ²⁰¹Tl-single photon emission computed tomography (SPECT) により撮像した。

§ 結果

運動耐容能 (図 1)：重症例が多く含まれるため運動時間は両群とも比較的短い。臥位 373±119 秒に対し、座位 441±104 秒と臥位運動が有意に短く ($p < 0.01$)、約 85%にとどまった。最大負荷量も臥位 61±17 watt、座位 71±19 watt と同様の差を認めた。

心拍数、血圧、pressure rate product (図 2)：心拍数は、運動負荷時、臥位では 73±13 bpm から 106±16 bpm に、座位では 84±16 bpm から 124±17 bpm に増加し、安静時、負荷時のいずれにおいても座位が有意に高値を示した ($p < 0.01$)。収縮期血圧は、臥位で 125±14 mmHg から 146±24 mmHg、座位で 123±19 mmHg から 146±22 mmHg と上昇したが、両群で有意な差を認めなかった。Pressure rate product (PRP)

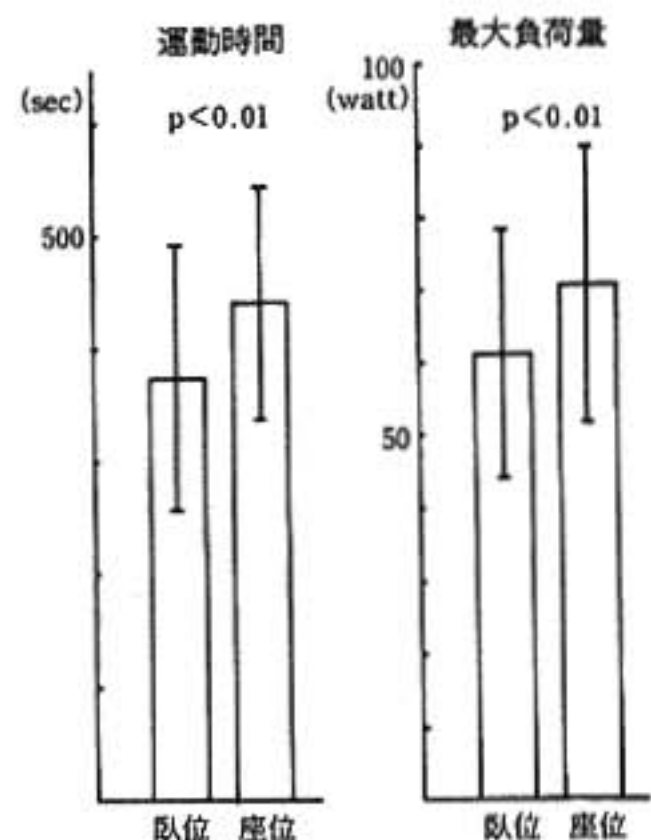


図 1 臥位および座位における運動耐容能

*京都大学医学部第3内科

** 同 医療技術短期大学部

(〒606 京都市左京区聖護院川原町 54)

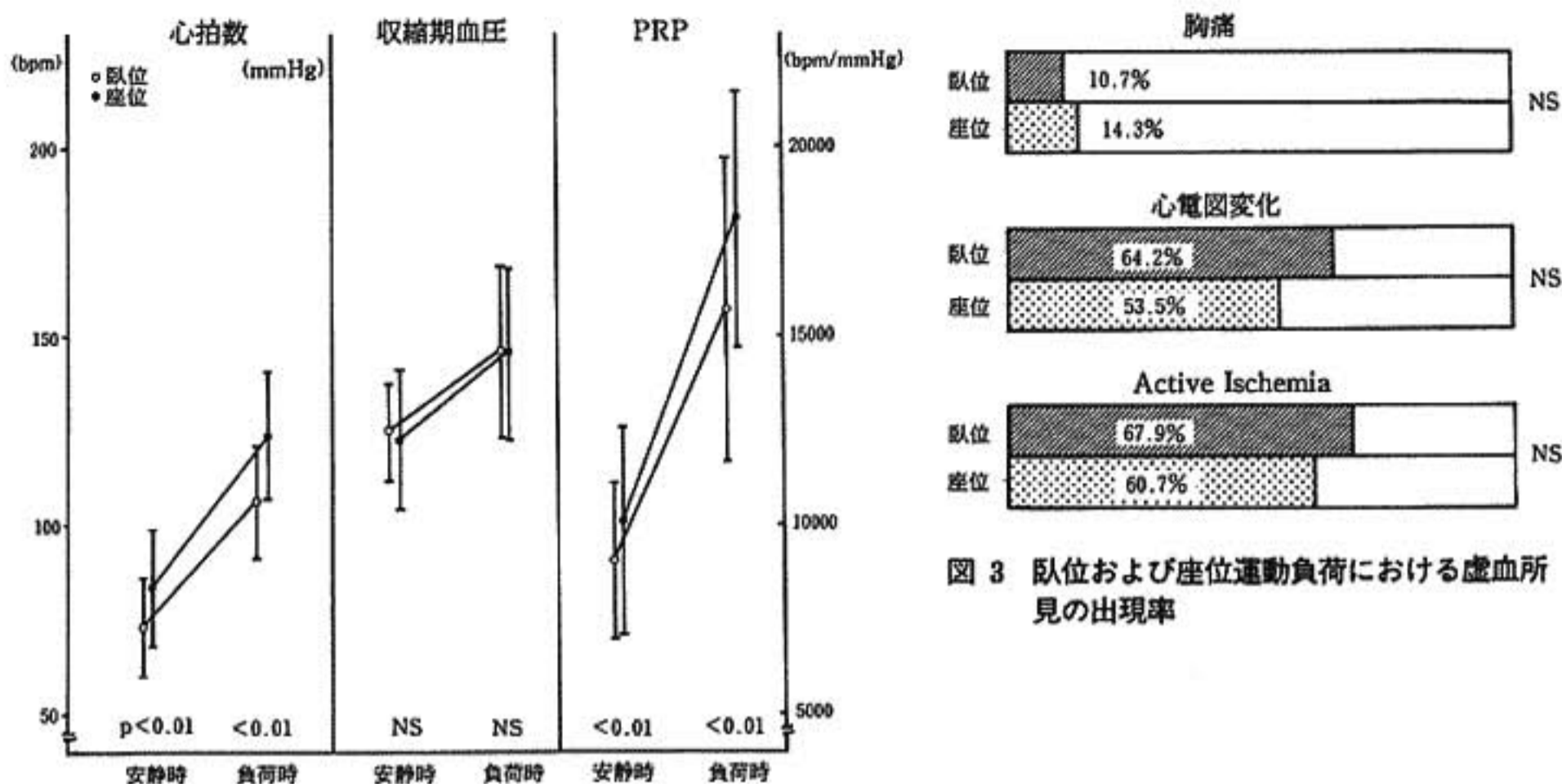


図2 運動負荷による心拍数, 収縮期血圧, pressure rate product (PRP) の変化

は, 心拍数の差を反映し $15,700 \pm 4,200$ bpm \cdot mmHg, 座位 $18,000 \pm 3,500$ bpm \cdot mmHg と座位が有意に高値を示した ($p < 0.01$).

心筋虚血のサイン (図3): 自覚症については多くの症例で leg fatigue が end point となり, 胸痛の出現は臥位が 10.7%, 座位が 14.3% と両群とも低率にとどまったが, 座位が高い傾向を示した. 心電図変化は臥位が 64.2%, 座位が 53.5% と臥位の方が負荷量が小さいにもかかわらず陽性率が高い傾向を示した. また 6 誘導 (I, II, aV_F, V₁, V₃, V₅) における Σ ST depression は, 臥位が 3.40 ± 3.12 mm に対し, 座位が 3.28 ± 4.38 mm で, 有意差は認めないものの臥位が大きい傾向を示した. 心筋灌流イメージ上の一過性灌流欠損像, すなわち active ischemia の頻度は, 臥位が 67.9%, 座位が 60.7% と有意差はなく, ほぼ同等の結果を得た.

§ 考察

臥位運動は座位運動とは血行動態が異なるため両者の結果を同等に評価するには慎重でなければならない. Thadani ら¹¹⁾による狭心症患者の検討では, 臥位運動は stroke index, ejection rate index, LV stroke work index の上昇がみられず, また LVEDP, PCW の上昇が座位運動に比し著明であり, 虚血時の心機能の障害が臥位において座位より大きいとしている. 今回の我々の検討でも比較的重症例が多く, 両群とも負

荷量は低値にとどまったが, 運動時間, 最大負荷量, 心拍数, PRP は, 臥位運動において座位に比し有意に低値を示した. Currie⁹⁾らは, 冠動脈疾患患者の運動負荷時の ST 低下の陽性率, 程度ともに臥位運動時が有意に高いことを報告しているが, 我々の検討でも同様の傾向を示した. また, Freeman⁴⁾らは, 運動負荷心プールシンチの体位による差を検討し, EF, LV segmental wall motion の変化は, ほぼ同等で, 冠動脈疾患の検出率に差を認めないと結論している. 我々は今回心筋灌流イメージより active ischemia の出現頻度を比較検討したが, 臥位運動において負荷量が座位に比し有意に低くとどまったにもかかわらず, active ischemia の陽性率は両群ともほぼ同等であった. これは臥位において増加した静脈還流が LV wall tension を高め, 酸素需要を増大させたことの反映と考えられる.

今回の検討より心筋灌流イメージによる虚血の検出について臥位運動は座位運動とほぼ同等の意義をもつものと考えられるが, 心筋灌流イメージの方法による診断能あるいは虚血範囲の差⁶⁾, またより軽症例の評価についてはさらに検討が必要と考えられる.

§ 文献

- 1) Thadani U, West RO, Mathew TM, et al: Hemodynamics at rest and during supine and sitting bicycle exercise in patients with coro-

- nary artery disease. *Am J Cardiol* 39 : 776, 1977
- 2) Thadani U, Parker JO : Hemodynamics at rest and during supine and sitting bicycle exercise in normal subjects. *Am J Cardiol* 52 : 41, 1978
 - 3) Currie PJ, Kelly MJ, Pitt A : Comparison of supine and erect bicycle exercise electrocardiography in coronary heart disease : Accentuation of exercise-induced ischemic ST depression by supine position. *Am J Cardiol* 52 : 1167, 1983
 - 4) Freeman MR, Berman DS, Stainloff H, et al : Comparison of upright and supine bicycle exercise in the detection and evaluation of extent of coronary artery disease by equilibrium radionuclide ventriculography. *Am Heart J* 102 : 182, 1981
 - 5) Poliner LR, Dehmer GJ, Lewis S, et al : Left ventricular performance in normal subjects : A comparison of the responses to exercise in the upright and supine positions. *Circulation* 62 : 528, 1980
 - 6) Nohara R, Kambara H, Kawai C, et al : Exercise $^{13}\text{NH}_3$ -positron emission computed tomography (PET) versus exercise single photon emission computed tomography (SPECT). *J Cardiogr* 17 (suppl. XII) : 107, 1987

安定型労作性狭心症における Treadmill 運動負荷試験の再現性

大津文雄* 岸田 浩** 加藤和三***

運動負荷試験は、労作性狭心症の診断・治療効果の判定・重症度の評価に重要な役割を果たしている。しかし運動負荷試験を繰り返し施行した場合問題となる再現性の有無、あるいはその変動の許容範囲に関してはいまだその評価が定まっていない。そこで今回我々は多数の労作性狭心症例を対象に、Treadmill 運動負荷試験成績の再現性および変動範囲を検討するとともに、再現性の乏しい例の臨床像についても検討した。

§ 対象と方法

安定型労作性狭心症 199 例 (男 149 例, 女 50 例, 平均年齢 59 歳) を対象に、Bruce 法により Treadmill 運動負荷試験を二～三週間々隔で二度施行, その再現性につき検討した。負荷終了点は原則として自然発作と同程度の胸痛出現時とし, ST 下降度は J 点より 0.04 または 0.08 秒にて計測 (同一例においては同一基準を用いた), 運動耐容時間・運動中止時点および二度の負荷試験中運動耐容時間の短い試験の運動中止時点と同一時点での ST 下降度・心拍数・収縮期血圧を計測, Pressure Rate Product (PRP) ならびに ST 1 mm 下降時点での PRP を算出した。

§ 結果

表 1 に二回の運動負荷試験結果を示す。負荷試験中止時の ST 下降度・PRP, 同一運動量での ST 下降度, ST 1 mm 下降時の PRP に有意の差は認められなかった。しかし運動耐容時間・ST 1 mm 下降に至るまで

の時間は二回目の負荷試験で有意に延長, 同一運動量における PRP は有意に低下した。この傾向は二度とも胸痛により運動を中止した例で顕著であった。二回の負荷試験中一方が ST の高度下降あるいは胸部不快感など胸痛以外の理由で負荷試験を中止した 23 例では, いずれの項目にも有意の差は認められなかった。

二度の負荷試験間の成績を相関係数で検討すると, いずれも 0.6~0.8 の有意の相関が得られ, この結果は胸痛にて運動を中止した例のみについてもほぼ同様であった。また平均値の差の検定における有意差の有無と相関係数との間に一定の関係はみられなかった。

個々の例における負荷終了時 ST 下降度および運動耐容時間の差を図 1 に示す。ST 下降度の差が ± 0.05 mV 以内の例は 64.3%, ± 0.1 mV 以内 90.0%, 運動耐容時間が ± 1 分以内の例は 65%, ± 2 分以内で 86% であった。そこで二回の負荷試験における ST 下降度の差が ± 0.1 mV, 運動耐容時間の差が ± 2 分以上の例を負荷試験の再現性に乏しい例とすると, 負荷試験施行前 2 週間以内に狭心症自然発作の見られなかった例, 発症 1 カ月以内の例, 運動耐容時間が 6 分以上の例, 冠動脈造影所見に 75% 以上の狭窄が認められなかった例が多かった。

§ 考按

狭心症における運動負荷試験の再現性に関する報告は, 運動耐容量・負荷終了時あるいは胸痛出現時の ST 下降度, ST 1 mm 下降までの時間などに, 統計学的に有意の差が認められるかどうか¹⁾²⁾, 回帰分析により有意の高い相関が得られるかどうか³⁾⁴⁾などにより論じられてきた。しかし統計学的に有意でないことは必ずしも群間に差のないことを意味しない。平均値の差の検定においては, 標準偏差が大きい場合本質的には異なった集団においても, 少数例では統計学的に有意の

*日本医科大学付属多摩永山病院内科
(〒206 多摩市永山 1-7-1)

**日本医科大学第 1 内科
(〒113 東京都文京区千駄木 1-1-5)

***心臓血管研究所内科
(〒106 東京都港区六本木 7-3-10)

表 1 運動負荷試験の再現性

症例	Treadmill 運動負荷試験	運動耐容時間 (秒)		運動中止時		同一運動量		ST 1 mm 下降時	
		一回目	二回目	ST 下降度 (mm)	PRP (×10 ⁴)	ST 下降度 (mm)	PRP (×10 ⁴)	運動時間	PRP (×10 ⁴)
全例 (N=199)	一回目	389.1±10.6	411.5±10.6	1.99±0.05	237.4±4.1	1.97±0.06	227.7±4.1	253.4±9.6	197.3±4.7
	二回目	411.5±10.6	411.5±10.6	1.94±0.05	234.3±4.2	1.93±0.06	218.2±3.9	268.5±9.9	195.1±4.5
胸痛にて中止例 (N=173)	一回目	388.5±11.5	401.5±11.3	1.99±0.06	234.7±4.1	1.98±0.06	225.7±4.2	246.7±10.4	194.8±4.4
	二回目	401.5±11.3	401.5±11.3	1.95±0.06	234.3±4.2	1.96±0.07	21.63±4.2	258.8±10.5	192.5±4.5
胸痛以外の理由にて中止例 (N=26)	一回目	437.6±25.3	469.6±30.5	1.96±0.11	252.1±13.7	1.81±0.16	238.4±14.9	296.9±25.6	212.5±6.0
	二回目	469.6±30.5	469.6±30.5	1.98±0.09	248.4±11.4	1.70±0.11	227.1±12.2	333.2±30.4	209.3±4.6

(M±SD)

• : NS, •• : p<0.01, † : p<0.05

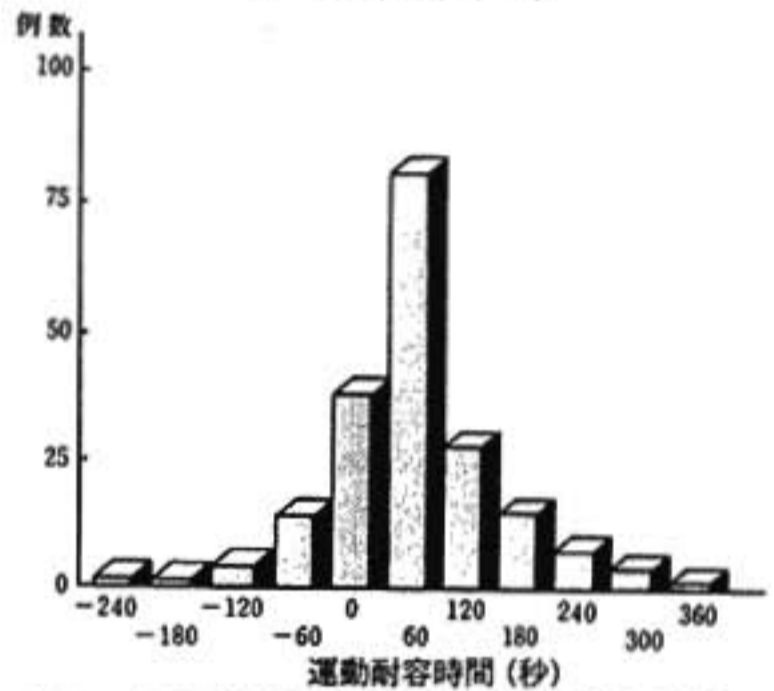
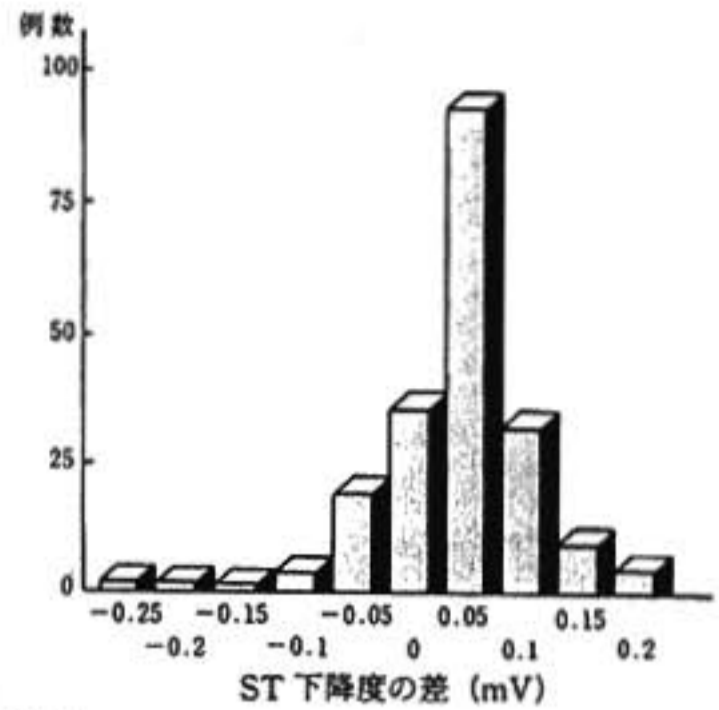


図 1 ST 下降度および運動耐容能時間の差の分布 (2 回目の値 - 1 回目の値)

差は出現せず多数例での検討を要する。今回約 200 例の多数例で検討した結果は、運動耐容時間・ST 1 mm 下降までの時間に有意の差が見られたが、運動中止時・同一運動量における ST 下降度、運動中止時・ST 1 mm 下降時の PRP に有意の差は見られず、一定の心筋虚血に達するまでの時間に再現性は見られないものの、一定の心仕事量における心筋虚血の程度には再現性の認められることが示唆された。また高い相関係数は結果が一定の直線的関係を示すことを意味するにすぎず、再現性の有無の根拠には乏しいといえる。Starling ら²⁾も運動耐容時間・ST 下降までの時間・狭心痛出現までの時間は負荷試験施行時刻により異なるが、それらの時間における PRP に差は認められなかったと報告し、Khurmi ら³⁾も、最大 ST 下降度・最大心拍数には午前・午後に関係なく負荷試験間に有意の差は見られなかったが、運動耐容時間・ST 1 mm 下降までの時間には有意の差が見られたとしている。

再現性は本来個々のケースの問題であり、種々の要因が複雑に影響しあう運動負荷試験成績に、完全な意

味での再現性は望めない。Smokler ら⁴⁾、Starling ら²⁾も約 20%の例で運動耐容時間に 2 分以上の差が見られたと報告し、負荷試験結果に変動の見られることを強調している。今回の二回の運動負荷試験成績においても、ST 下降度の差 ± 0.1 mV 以内、運動耐容時間の差で ± 2 分以内に約 90%の例が含まれていた。すなわち運動負荷試験において、再現性ありといえる許容範囲は、ST 下降度の差が 0.1 mV 以内、運動耐容時間の差は 2 分以内が妥当と思われた。しかし二回目の負荷試験で運動時間が延長傾向にあり、ST 下降度も高度になっている例が多いことは、負荷試験に対する慣れ現象とも考えられ、さらに ST 下降の程度、運動耐容時間の長短ごとに変動幅が異なる可能性もあり、今後さらに検討が必要と思われた。

§ 結語

労作狭心症 199 例を対象に Treadmill 運動負荷試験の再現性につき検討した。その結果運動耐容量・ST 1 mm 下降までの時間に再現性は乏しいものの、同一の心仕事量における ST 下降度には再現性が認められ、再現性ありとするための運動耐容量・負荷終了時

における ST 下降度の許容範囲は、 ± 2 分・ ± 0.1 mV と思われた。

§ 文献

- 1) Khurmi NS, Bowles MJ, O'Hara MJ, et al: Reproducibility of multistage graded exercise testing in patients with chronic stable angina. *Int J Cardiol* 6: 137, 1984
- 2) Starling MR, Moody M, Crawford MH, et al: Repeat treadmill exercise testing: Variability of results in patients with angina pectoris. *Am Heart J* 107: 298, 1984
- 3) Fabian J, Stolz I, Janota M, et al: Reproducibility of exercise test in patients with symptomatic ischaemic heart disease. *Br Heart J* 37: 785, 1975
- 4) Smokler PE, MacAlpin RN, Alvaro A, et al: Reproducibility of a multi-stage near maximal treadmill test for exercise tolerance in angina pectoris. *Circulation* 48: 346, 1972

冠動脈疾患重症度判定における再現性の問題点

武者春樹・ 榊井良裕・ 大宮一人・
武信秀史・ 村山正博・ 須階二郎*

冠動脈疾患における運動負荷試験の再現性と重症度の関連は、多枝病変例や血圧下降症例などの重症例に高い再現性が認められ¹⁾²⁾、1枝病変での再現性不良には spasm の関与が推定されている³⁾。一方、抗狭心症薬の効果判定は、運動負荷試験の再現性が良いとの認識のもとになされており、冠動脈重症度と再現性の関連を明らかにする必要がある。本研究は、安定労作狭心症における運動負荷試験の再現性を2回の検査における差を検討し、抗狭心症薬の効果判定の基準を見出すことを目的とした。

§ 対象および方法

対象は、安定労作狭心症を有する患者42例であり、冠動脈造影にて75%以上の有意狭窄枝数により1枝病変(1VD)13例(61.0±6.6歳)、2枝病変(2VD)14例(56.2±6.0歳)、3枝病変(3VD)15例(54.9±4.7歳)に分類し、非冠動脈疾患(NIHD)10例(47.7±11.2歳)を対照群とした。2回の運動負荷試験の間隔は3カ月以内の同一服薬、時刻に施行した。トレッドミル運動負荷試験は、Bruceプロトコールにより、症候限界負荷法にて行い、負荷終了点としては、狭心痛レベルはKattusのIII度、年齢別最大心拍数(220-年齢)、不整脈多発、および収縮期血圧250mmHg以上または20mmHg以上の下降とした。統計学的検討は、t検定を用い、 $p < 0.01$ を有意とした。

§ 結果

1. 非虚血性心疾患における再現性

2回の検査での負荷終了時における運動時間の相関係数は0.79と高かったが、1回目と2回目の差が30

秒以内は30%であり、差が1分以内であったのは50%であった。心拍数(HR)の再現性は $r=0.80$ と高い相関性を認め、2回の検査での心拍数の差が10bpm以下が60%、全例20bpmの差であり、良好な再現性を認めた。収縮血圧(SBP)の再現性は不良であり、±10mmHg以内の再現性が50%、±20mmHg以内でも60%であった。Pressure Rate Product (PRP)の再現性は、±1,000bpm・mmHg以内が10%であり、±2,000bpm・mmHg以内も10%と不良であった。

2. 虚血性心疾患における再現性

虚血性心疾患での病変枝数別の負荷終了時の指標の再現性は、運動時間では1回目と2回目の差が30秒以内と高い再現性を認めた例は、1VD38%、2VD50%、3枝40%と半数以下であり、1分以内の差は、1VD54%、2VD93%、3VD60%と、1VDと3VDでは1分以上の差があった例が半数近く認められた。HRの再現性は、±10bpm以内が1VD46%、2VD71%、3VD33%であり、±20bpmが1VD54%、2VD93%、3VD67%と、1VDと3VDの再現性がやや不良であった。SBPの再現性は、±10mmHg以内が1VD23%、2VD7%、3VD33%、±20mmHg以内では、1VD54%、2VD57%、3VD47%であり、±20mmHg以内であっても、3群ともに50%前後であり再現性は低かった。最大ST下降レベルの再現性は各群とも良好であり、±0.05mV以内の差は1VD69%、2VD64%、3VD60%であり、±0.1mV以内では1VD69%、2VD64%、3VD87%であり、3VDで最も高い再現性が認められた。ST下降誘導数の再現性は、0.1mV以上では、±1誘導が1VD54%、2VD71%、3VD67%であり、±2誘導では、1VD77%、2VD86%、3VD93%であった。さらに、0.2mV以上のST下降誘導数は、±2誘導で1VD85%、2

*聖マリアンナ医科大学第2内科
(〒213 川崎市宮前区菅生 2-16-1)

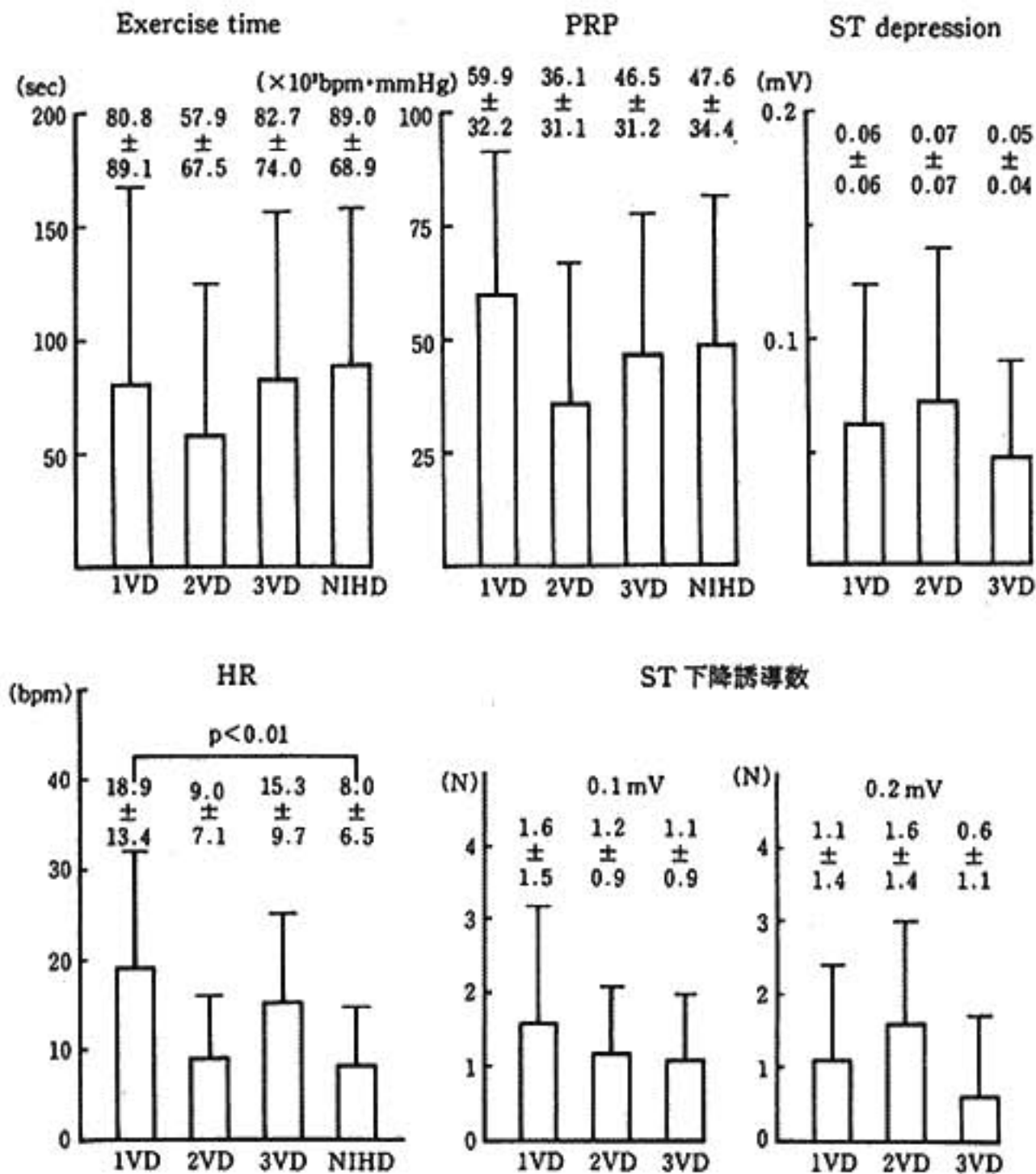


図1 冠動脈疾患における2回の検査の差
(負荷終了時; 平均 \pm 1SD)

VD 86%, 3VD 87%と高い再現性が認められた。

3. 2回の検査の差に関する検討

負荷終了時の2回の検査の各指標の差を図1に示す。運動時間の差は、最小2VDの 57.9 ± 67.5 秒、最大NIHD 89.0 ± 68.9 秒であり、1SDまで加えた最大の差は1VDの169.9秒であった。PRPの差は、1VDで最も大きく $5,990 \pm 3,220 \text{ bpm} \cdot \text{mmHg}$ であった。ST下降レベルの差は3VDで最も小さく、 $0.05 \pm 0.04 \text{ mV}$ であり、最大は2VDの $0.07 \pm 0.07 \text{ mV}$ であった。HRの差は、NIHDで最も小さく、1VDで $18.9 \pm 13.4 \text{ bpm}$ と最も大きかった。ST下降誘導数の差は、0.1 mVおよび0.2 mV下降ともに3VDでの差が最も小さかった。

§ 考察

NIHDの再現性は、HRでは良好であったが、他の指標では不良と考えられた。一方、IHDにおいては、

冠動脈病変枝数と再現性は必ずしも関連せず、多枝病変においても再現性の乏しい例が認められた。この再現性の不良の因子として冠動脈そのものの変化としてspasmの存在を明らかにした報告²⁾もあるが、その他の因子として負荷時の環境(気温、湿度)、時刻、睡眠、負荷前の運動量、服薬との関係など多くの因子が関与し、これら全て含めたものが自然変動と考えられる。よって抗狭心症薬の薬剤効果判定には、この多くの因子によって起こりうる自然変動を越える十分な改善が認められた場合、すなわち、運動時間で3分以上の増加、ST下降レベルで0.2 mV以上の改善、ST下降誘導数で3誘導以上の減少など明らかな改善が認められた場合に、薬剤効果ありと判定すべきと考えられた。

§ 文献

- 1) Khurmi NS, et al: Reproducibility of multi-stage graded exercise testing in patients with

chronic stable angina. *Int J Cardiol* 6 : 137, 1984

- 2) Weiner DA, et al : Decrease in systolic blood pressure during exercise testing : reproducibility, response to coronary bypass sur-

gery and prognostic significance. *Am J Cardiol* 49 : 1627, 1982

- 3) 岡島智志, ほか : 労作性狭心症における treadmill 負荷試験の再現性と冠動脈造影所見. *心臓* 18 : 32, 1986

冠攣縮の関与する労作狭心症 における運動負荷試験の再現性

佐久間 徹* 飯沼宏之* 山本真千子* 相澤忠範* 加藤和三*

近年、労作狭心症にも冠攣縮の関与する場合のあることが注目されている。器質的狭窄を有する狭心症における運動負荷試験の再現性については、良好であると報告されている¹⁾²⁾。異型狭心症については、Yasueらは、午前の負荷では再現性がよいが午後の負荷では再現性が悪い³⁾、と述べており、Serviらは、午前中に負荷を行っても、ばらつきが大きい、と述べている。今回我々は、労作狭心症における運動負荷試験の再現性を、冠攣縮関与の観点から、定量的な検討を中心に調べた。

§ 対象および方法

対象：労作狭心症 26 例，男性 22 例，女性 4 例 (34～73 歳，平均 55 歳)。

方法：対象例を労作時のみに狭心症を生じる (E 群) 18 例と，労作時に加えて安静時にも狭心症を生じる (E+R 群) 8 例に分類した。また，全例に冠動脈造影 (CAG) および運動負荷試験を施行した。CAG にて，AHA 75% 以上の冠動脈の器質的狭窄を有意狭窄とした。CAG 施行時にアセチルコリンまたはエルゴノピンにて冠攣縮誘発試験を行い，主要冠動脈に，硝酸剤による拡張時に比べて 75% 以上の冠攣縮を認めたものを冠攣縮 (+) とした。有意狭窄の有無と冠攣縮の有無により，有意狭窄を有し冠攣縮のないもの (O 群)，有意狭窄と冠攣縮ともにあるもの (O+S 群) 有意狭窄がなく冠攣縮のみ認めるもの (S 群) に分類し，検討した。運動負荷試験は無投薬下にトレッドミルにて Bruce のプロトコールにより，平均 8 日 (1 日から 24 日) の間隔で 2 回施行した。運動中止基準は，胸痛，息切れ，2mm 以上の ST 降下，疲労および目標心拍数

到達とした。運動負荷試験の再現性を，最大運動時間 (MAX EX T)，最大 RPP (MAX RPP)，最大 ST 下降度 (MAX ST)，同一運動時間における ST 下降度 (EQ T ST) (同一運動時間を 2 回施行した試験のうち短いほうの最大運動時間と定め，その時点における ST 下降度)，の各々について 2 回の測定の間関係係数 (R)，回帰式の勾配 (a) および変動幅 (Δ) を指標に検討した。

§ 結果および考察

1) 病型分類の E 群と E+R 群における各パラメータの再現性の比較 (表 1)

E 群は，MAX ST は， $R=0.77$ ， $a=0.82$ ， Δ (mean \pm SD) = 0.38 ± 0.36 mm であるのに対し，E+R 群では $R=0.51$ ， $a=0.59$ ， $\Delta=0.48 \pm 0.44$ mm であり，相関も見られず， Δ も E 群に比べて大であった。また，EQ T ST でも，E 群では $R=0.70$ ， $a=0.78$ と比較的良い相関がみられ， Δ も小さいのに対し，E+R 群では相関は見られず ($R=0.19$ ， $a=0.27$)， Δ も大きい傾向がみられた。MAX EX T は，E 群，E+R 群両群ともに良い相関がみられ，両群の差が少なかった。MAX RPP は，E 群に比べて，E+R 群で，相関も小さく， Δ も大で，MAX ST，EQ T ST と同様の傾向を示した。

以上 E 群は，検討項目すべてにおいて良好な再現性を示したのに対し，E+R 群は，MAX EX T を除いては再現性が悪かった。

2) CAG 所見による分類 (表 1，図 1)

各群の例数は O 群 8 例，O+S 群 7 例，S 群 11 例であった。各群を各パラメータで比較すると，O 群，S 群では，MAX ST はそれぞれ $R=0.95$ ， 0.90 ， $a=1.05$ ， 0.81 と相関がよく， Δ も 0.22 ± 0.16 mm， 0.33 ± 0.19 mm なのに対し，O+S 群では， $R=0.64$ ， $a=$

表1 E群, E+R群の各指標と再現性

		相関係数(R)	回帰式の勾配(a)	変動幅(Δ)
E群	MAX EX T	0.89	0.87	55.1±43.5 sec
	MAX RPP	0.73	0.94	27.6±22.8×10 ³
	MAX ST	0.77	0.82	0.38±0.36 mm
	EQ T ST	0.70	0.78	0.42±0.47 mm
E+R群	MAX EX T	0.87	1.06	57.8±80.2 sec
	MAX RPP	0.61	0.67	42.3±32.8×10 ³
	MAX ST	0.51	0.59	0.48±0.44 mm
	EQ T ST	0.19	0.27	0.61±0.55 mm
O群	MAX EX T	0.87	1.20	41.1±31.5 sec
	MAX RPP	0.80	0.79	29.1±27.9×10 ³
	MAX ST	0.95	1.05	0.22±0.16 mm
	EQ T ST	0.81	0.76	0.30±0.36 mm
O+S群	MAX EX T	0.61	0.81	79.7±75.4 sec
	MAX RPP	0.22	0.63	48.3±27.5×10 ³
	MAX ST	0.64	1.20	0.50±0.46 mm
	EQ T ST	0.42	1.10	0.83±0.54 mm
S群	MAX EX T	0.90	0.68	50.6±57.2 sec
	MAX RPP	0.82	0.85	25.8±24.6×10 ³
	MAX ST	0.90	0.81	0.33±0.19 mm
	EQ T ST	0.93	0.79	0.25±0.15 mm

MAX EX T: 最大負荷時間, MAX RPP: 最大 RPP, MAX ST: 最大 ST 下降度, EQ T ST: 同一運動負荷時間における ST 下降度

1.20 と相関が悪く、 Δ も大なる傾向を示した。EQ T ST, MAX EX T, MAX RPP でも MAX ST と同様の傾向を示し、O群, S群に比べて、O+S群では、相関も悪く Δ も大きい傾向にあった。O群は、全例病型分類Eに属し、O+S群は、E4, E+R3, S群は、E7, E+R4例であった。Serviらは、異型狭心症患者に3回負荷を行い、胸痛に至る負荷量やSTの反応などにばらつきが大きい、と述べている。我々の検討では、労作時に狭心症を生じる冠攣縮の症例では、検討を行った諸指標について正常冠動脈群では再現性が良かった。器質的狭窄群の運動負荷試験の再現性は、Ellestedら¹⁾、Bruceら²⁾同様良好だったが、器質的狭窄に冠攣縮が加わると再現性が悪くなった。その原因は、今回の検討からは明らかではないが、器質的狭窄のない冠攣縮労作性狭心症では、冠トーンヌスの常に亢進している状態があると考えられ、そのために、常に機能

的狭窄が存在するから運動負荷試験の再現性が良いが、器質的狭窄に冠攣縮の加わる群では、冠攣縮の程度にばらつきが見られ、そのため器質的狭窄のみ、または冠攣縮のみの群より再現性が悪いのであろうと考えている。

§ 結語

1. 労作兼安静狭心症 (E+R) は、労作狭心症 (E) より、MAX RPP, MAX ST, EQ EXT ST で、再現性に劣った。MAX EX T は E+R も E もともに再現性が良かった。

- EX T 変動幅 (E+R) 57.8±0.2 sec
(E) 55.1±43.5 sec
ST 変動幅 (E+R) 0.48±0.44 mm
(E) 0.38±0.36 mm

3. 器質狭窄のみ (O) および冠攣縮のみの再現性

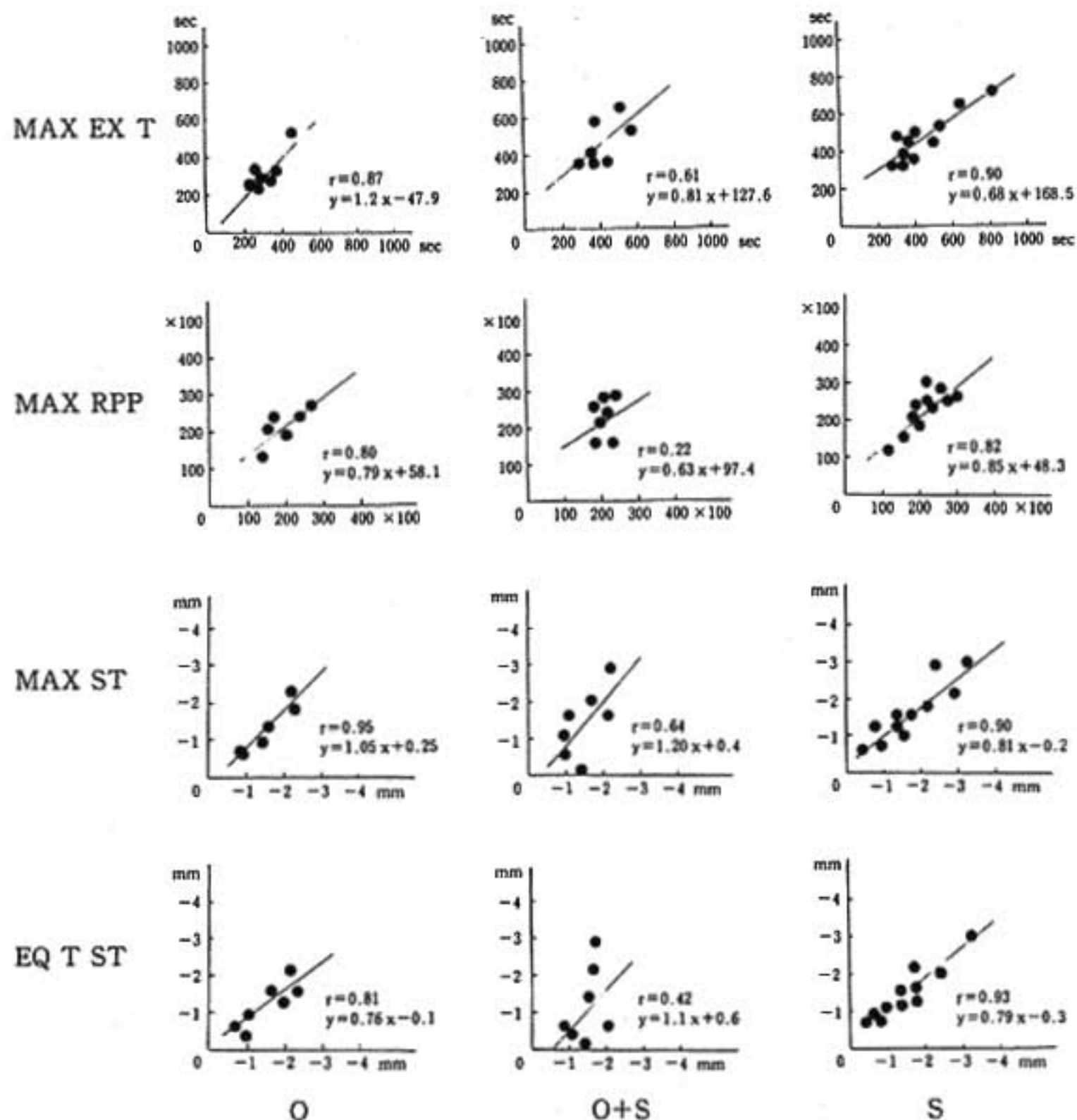


図1 CAG分類各群と再現性各パラメーター

各グラフとも横軸が運動負荷1回目、縦軸が2回目。MAX EX T: 最大運動負荷時間, MAX RPP: 最大RPP, MAX ST: 最大ST下降度, EQ T ST: 同一運動時間におけるST下降度

は、冠拳縮例より良かった。

4. EX T 変動幅 (O) 41.1 ± 31.5 sec
(O+S) 79.7 ± 75.4 sec
(S) 50.6 ± 57.2 sec
- ST 変動幅 (O) 0.22 ± 0.16 mm
(O+S) 0.50 ± 0.46 mm
(S) 0.33 ± 0.19 mm

したがって、薬剤効果の比較の際には、このような変動に対する考慮が必要と思われる。

§ 文献

1) Ellestad MH, Allen W, Wan MCK, et al: Maximal treadmill stress testing for cardiovascular evaluation. *Circulation* 34: 517-522, 1969

2) Brucer A, Hornsten TR: Exercise stress testing in evaluation of patients with ischemic heart disease. *Progress in Cardiovasc dis.* 11: 371-390, 1969

3) Yasue H, Omote S, Takizawa A, et al: Circadian variation of exercise capacity in patients with Prinzmetal's variant angina: Role of exercise-induced coronary arterial spasm. *Circulation* 59: 938-946, 1979

4) Servi DS, Specchia G, Falcone C, et al: Exertional angina in patients with transient vasospastic myocardial ischemia. Repeat exercise test results and therapeutic implications.

運動負荷試験における虚血性 心電図変化出現時の運動量と 解剖学的重症度と予後との関係

高橋直子* 竹内 徹* 佐藤 博*
豊田 徹* 伊吹山千晴* 内山隆史**

運動負荷試験による、冠状動脈疾患患者の冠状動脈病変重症度判定や、予後の予知の報告は、大部分が最大負荷レベルでの運動負荷指標値を用いている^{1)~3)}。一方、心筋梗塞回復期や不安定狭心症回復期のように、最大負荷をかけにくい状態も考慮され⁴⁾、亜最大負荷試験において⁵⁾、最大負荷試験より得られる指標値を用いた評価と同等か否かが問題となる。しかし、この事について同一対象に対し検討した報告は少ない。

そこで、今回亜最大負荷レベルで求められる、虚血性 ST 低下出現時の運動持続時間 (% ET) と double product (RPP) を用い、冠状動脈疾患患者の冠状動脈病変重症度と予後評価に対し有用か否か、最大負荷レベルで求められる結果と同等か否かを検討した。

§ 対象, 方法

冠状動脈病変重症度評価の対象は、運動負荷試験にて、0.1 mV 以上の水平型、または下向型の虚血性 ST 低下を示し、1 カ月以内に冠状動脈造影を施行した 109 例である。一枝病変以下群 (S 群) 64 例、多枝疾患群 (M 群) 45 例に分類した。予後評価の対象は、109 例中、最低 6 カ月内科療法で経過観察しえた 70 例である。心筋梗塞の発症、心臓死、不安定狭心症への移行、内科療法に反応しないための CABG, PTCA の施行を Cardiac Event とした。Event 非発症群 (NE 群) 50 例、Event 発症群 (E 群) 20 例である。

方法は、30 w より開始し、3 分毎に 20 w 漸増する座位自転車エルゴメーターによる症候限界性多段階運動負荷試験とした。ST 低下度は、J 点より 60 msec にて

測定し、水平型または、下向型 ST 低下 0.1 mV 出現時を On set ST dep とした。亜最大負荷レベルでの Onset ST dep % ET, Onset ST dep RPP と、最大負荷レベルでの Max % ET, Max RPP を運動負荷指標値として用いた。

% ET は、以下の様に算出した。

$$\% ET = \frac{\text{運動持続時間}}{\text{予測最大運動持続時間}} \times 100(\%)$$

予測最大運動持続時間は、135 名の健常者の同一負荷プロトコールによる結果から得られた回帰式より算出した。

冠状動脈病変枝数は、American Heart Association の分類にしたがった。

各指標値は平均値±SD で示し、有意差検定は Student's nonpaired t-test を用い、 $p < 0.05$ を有意水準とした。

§ 結果

S 群と M 群で各指標値を比較した。亜最大負荷レベルでの Onset ST dep % ET, Onset ST dep RPP は、M 群で S 群に比しいずれも有意に低値であった ($44 \pm 24 \%$ vs $67 \pm 26 \%$, $p < 0.01$, $195 \pm 44 \times 10^2$ vs $238 \pm 55 \times 10^2$, $p < 0.01$) 最大負荷レベルでの Max % ET, Max RPP は、M 群で S 群に比しいずれも有意に低値で同様の結果を示した ($69 \pm 24 \%$ vs $93 \pm 25 \%$, $p < 0.01$, $231 \pm 56 \times 10^2$ vs $296 \pm 57 \times 10^2$, $p < 0.01$)。

表 1 のように Onset ST dep % ET, Onset ST dep RPP の M 群の 99 % 信頼区間をいずれも満たすもの (Onset ST dep % ET 53 % 以下かつ Onset ST dep RPP 213×10^2 以下) を多枝疾患の診断基準とすると、Sensitivity 53 %, Specificity 81 %, Accuracy 70 % を示し、Max % ET, Max RPP の M 群の 99 % 信頼区間 (Max % ET 79 % 以下かつ Max RPP 253×10^2

*東京医科大学第 2 内科

(〒160 東京都新宿区新宿 6-7-1)

** 同 八王子医療センター

(〒193 東京都八王子市館町 1163)

表 1 Onset ST dep. % ET, RPP と Max % ET, RPP の診断基準による多枝疾患に対する診断能

Diagnostic criteria	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Positive Predictive Value (%)	Over All Accuracy (%)
Onset ST dep. % ET (%) ≤ 53	$\frac{24}{45}$ 53	$\frac{52}{64}$ 81	$\frac{24}{36}$ 67	$\frac{76}{109}$ 70
Onset ST dep. RPP ($\times 10^3$) ≤ 213				
Max % ET (%) ≤ 79	$\frac{21}{45}$ 47	$\frac{53}{64}$ 83	$\frac{21}{32}$ 66	$\frac{74}{109}$ 68
Max RPP ($\times 10^3$) ≤ 253				

表 2 Onset ST dep. % ET, RPP と Max % ET, RPP の診断基準による Cardiac Event 発症の予知能

Diagnostic criteria	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Positive Predictive Value (%)	Over All Accuracy (%)
Onset ST dep. % ET (%) ≤ 59	$\frac{13}{20}$ 65	$\frac{33}{50}$ 66	$\frac{13}{30}$ 43	$\frac{46}{70}$ 66
Onset ST dep. RPP ($\times 10^3$) ≤ 230				
Max % ET (%) ≤ 78	$\frac{13}{20}$ 65	$\frac{39}{50}$ 78	$\frac{13}{24}$ 54	$\frac{53}{70}$ 74
Max RPP ($\times 10^3$) ≤ 283				

以下)による, Sensitivity 47%, Specificity 83%, Accuracy 68%とほぼ同等であった。

E群とNE群で各指標値を比較した。亜最大負荷レベルで, E群ではNE群に比し, Onset ST dep % ETは有意に低値を示し, Onset ST dep RPPは低値である傾向を示した ($44 \pm 23\%$ vs $63 \pm 30\%$, $p < 0.01$, $200 \pm 46 \times 10^3$ vs $225 \pm 53 \times 10^3$, $p < 0.1$) 最大負荷レベルで, Max % ET, Max RPPは, E群でNE群に比しいずれも有意に低値を示し, ほぼ同様の結果が得られた ($65 \pm 21\%$ vs $93 \pm 27\%$, $p < 0.01$, $242 \pm 45 \times 10^3$ vs $277 \pm 66 \times 10^3$, $p < 0.05$).

順位を用いた Wilcoxon 検定により, Onset ST dep

% ETが低値であるほど, 有意に Event 発症率が高く ($p < 0.05$), Onset ST dep RPPは低値であるほど, Event 発症率が高い傾向を示した ($p < 0.1$).

表2のように Onset ST dep % ET, Onset ST dep RPPのE群の99%信頼区間をいずれも満たすもの (Onset ST dep % ET 59%以下かつ Onset ST dep RPP 230×10^3 以下)のEvent発症予知能は, Sensitivity 65%, Specificity 66%, Accuracy 66%を示し, Max % ET, Max RPPのE群の99%信頼区間 (Max % ET 78%以下かつ Max RPP 283×10^3 以下)による Sensitivity 65%, Specificity 78%, Accuracy 74%とほぼ同等であった。

§ 考察

亜最大負荷レベルで求められる心筋虚血出現時の指標値である Onset ST dep % ET, Onset ST dep RPP は最大負荷から得られる Max % ET, Max RPP に比し, 冠状動脈病変重症度と予後評価にてほぼ同等の評価能を有し, 心筋梗塞回復期等の運動負荷試験に有用である。

§ 文献

- 1) McNeer JF, et al : The role of the exercise test in the evaluation of patients for ischemic heart disease. *Circulation* 57 : 64, 1978
- 2) Dagenais GR et al : Survival of patients with a

strongly positive exercise electrocardiogram. *Circulation* 65 : 452, 1982

- 3) Uchiyama T : A study of the new exercise parameter for assesment of coronary artery disease in patients showing strongly positive results on an exercise test. 東医大誌 45 : 1012, 1987
- 4) Weiner DA, et al : Prognostic value of exercise testing early after myocardial infarction. *J Cardiac Rehab* 3 : 114, 1983
- 5) Schneidder RM, et al : Anatomic and prognostic implications of an early after myocardial infarction. *Am J Cardiol* 50 : 682, 1982

運動負荷中と回復期の ST 低下度による 冠動脈病変の有無と重症度の推定

笠松 謙・ 佐藤磐男・ 高木 洋・ 高垣健二・ 下村克朗*

運動負荷心電図による冠動脈疾患の診断は主に運動中の ST 低下が用いられている。しかし、冠動脈造影で有意狭窄を認めないいわゆる偽陽性 ST 低下例も少なくなく、その鑑別は重要な課題である。近年、真の陽性例と偽陽性例で ST 低下の回復過程が異なり、その鑑別に運動中止後の ST 低下を用いた検討が報告されている¹⁾²⁾。今回、運動中および運動中止 2 分後の ST 低下を観察することにより、運動負荷心電図偽陽性例の鑑別を試みた。

§ 対象および方法

対象は昭和 60 年 1 月より昭和 63 年 3 月までの間に虚血性心疾患の診断のため、冠動脈造影とトレッドミル運動負荷試験を同時期に行った例より、通常の負荷心電図診断基準で陽性と診断された 105 例を対象とした。心筋梗塞合併例、冠血管再建術施行例、冠攣縮性狭心症例は対象より除外した。トレッドミルは修正 Bruce 法に準じた当センターのプロトコルを用いて行った。心電図診断基準として、j 点にて 1.0 mm 以上の水平型または下降型 ST 低下、もしくは j 点より 80 msec 後方で 1.5 mm 以上の上行型 ST 低下を心筋虚血陽性とした。これらの対象について運動中および運動中止 2 分後の ST 低下度を最大 ST 低下誘導の j 点より 80 msec 後方で測定し、同時に運動中と運動中止後の ST 低下度の差を運動中のそれで除した値を ST の回復率として算出した。これらの値を冠動脈病変枝数と比較した。冠動脈造影結果は AHA 基準の 75 %以上の狭窄を有意とした。

§ 結果

対象 105 例の冠動脈造影結果を表 1 に示す。運動中と ST 低下度による比較では、3 枝病変または左主幹部病変例が左前下行枝 1 枝病変例および 2 枝病変例より有意に大であったが、正常冠動脈例と冠動脈疾患例各症との間に差は認めなかった (図 1)。しかし、運動中止後の ST 低下度による比較では正常冠動脈例は左前下行枝 1 枝病変例を除く他の 3 冠動脈疾患例よりも有意に小さく、運動中止 2 分後において 1.0 mm 以上の ST 低下を示した例は 11 例中 2 例のみだった (図 2)。ST の回復率による比較でも正常冠動脈例は冠動脈疾患例の何れよりも高値を示し、11 例中 1 例を除いて回復率は 50 %より大であった (図 3)。以上の結果より偽陽性例では真の陽性例に比較して運動中止後の ST 低下の回復が早いことがその特徴と考えられ、運動中止後の ST 低下度と回復率を用いて負荷心電図偽陽性例の鑑別を試みた。運動中止 2 分後の ST 低下度 1.0 mm 未満を偽陽性例の診断基準とすると、その感受性は 82 %、特異性は 63 %であり、回復率が 50 %より大であることを診断基準とすると感受性は 91 %、特異性は 54 %であった。対象が通常の負荷心電図診断基準陽性例で、真の陽性例を多く含む群であることを考

表 1

対 象	n	男性：女性	年齢(歳)
0 枝	11	6：5	54±8
CAD	94	81：13	59±11
{ 1 枝	39		
(前下行枝)	29		
(右および回旋枝)	10		
{ 2 枝	33		
{ 3 枝および左主幹部	22		

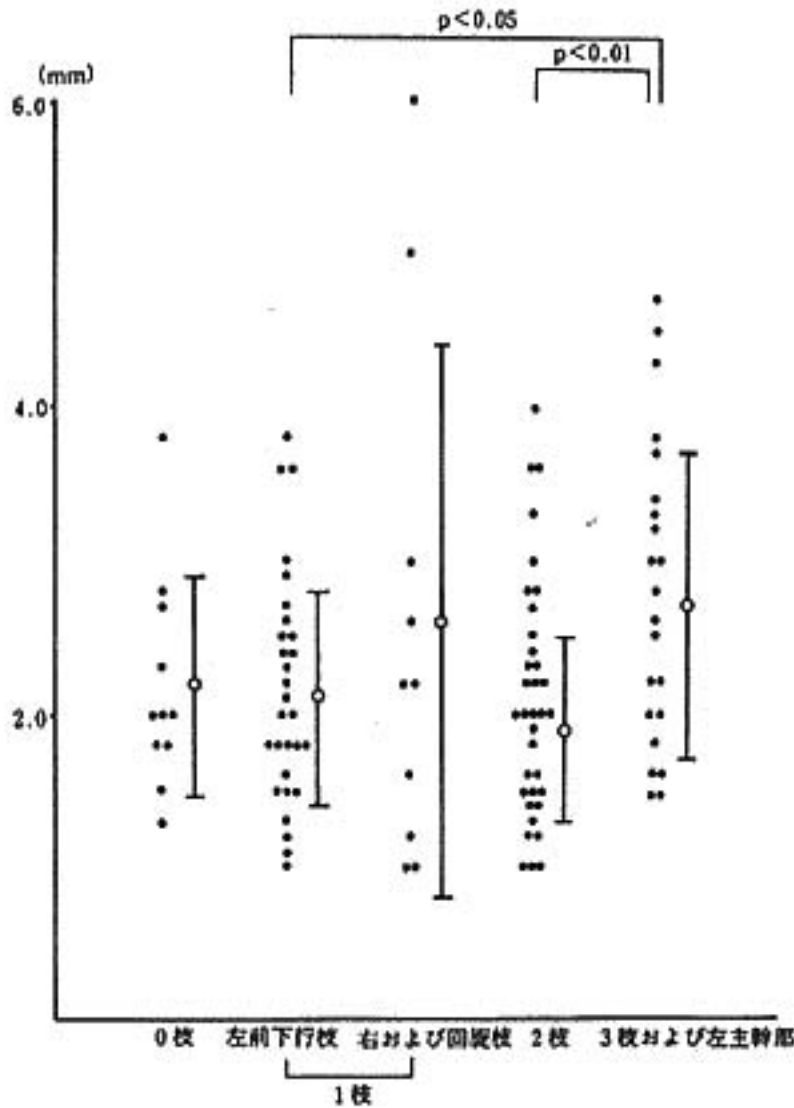


図 1 負荷中の ST 低下度

慮すると、この診断精度は偽陽性例の鑑別に臨床上有用であると考えられた。

§ 結語

運動負荷心電図における偽陽性例と真の陽性例では運動中の ST 低下度に差を認めず、運動中止 2 分後のそれは偽陽性例で有意に小さかった。また、運動中止 2 分後の ST 低下度と運動中の ST 低下度に対する回復率は何れも運動負荷心電図偽陽性例の鑑別に有用であった。

§ 文献

- 1) Lozner EC, Morganroth J: New Criteria to enhance the predictability of coronary artery disease by exercise testing in asymptomatic subjects. *Circulation* 56: 799, 1977
- 2) Barlow JB: The "false positive" exercise elec-

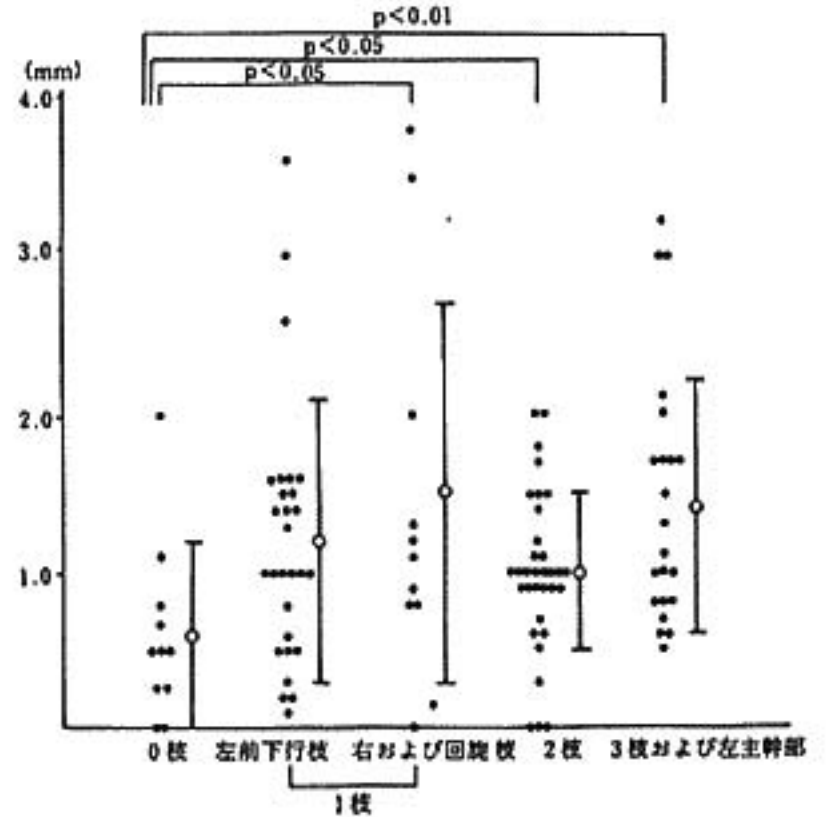


図 2 回復期の ST 低下度

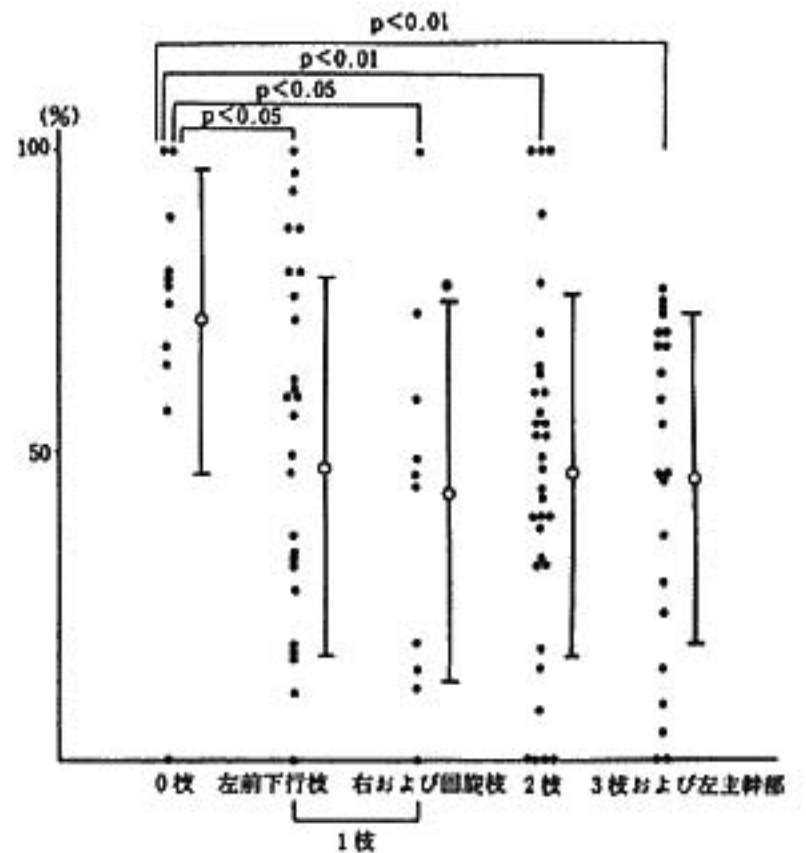


図 3 ST 回復率

trocardiogram: Value of time course patterns in assessment of depressed ST segments and inverted Twaves. *Am Heart J* 110: 1328, 1985

運動負荷による冠攣縮性狭心症の発作誘発の検討

トレッドミル法と自転車エルゴメーター法の比較

笠井篤信* 山門 徹* 青木俊和* 二神康夫*
増田岳一* 浜田正行* 中野 起*

§ 目的

Dynamic exercise (Ex) であるトレッドミル運動負荷 (TM) と, static Ex の要素を含む自転車エルゴメーター運動負荷 (EM) では, その心血管反応に差異を生じ, 冠動脈疾患, 特に冠攣縮性狭心症 (VA) の誘発に異なった成績が生じることが考えられる。

この問題を解明するため, 同一の VA 患者に TM と EM を施行し, その成績を比較した。

§ 方法

対象は冠動脈造影時エルゴノヴィン静脈内投与で一過性の胸痛と心電図変化を伴う 90% 以上の狭窄を証明しえた VA 67 例 (男 64 例, 女 3 例, 平均年齢 54.7 ± 8.1 歳) である。これらのうち control の冠動脈造影で 75% 以上の有意冠狭窄を認めたものは 22 例, 認めないものは 45 例であった。

全例無投薬下で, 同一日に両運動負荷試験を施行した。EM は午前, TM は午後に施行した。EM は坐位で行い, 50 W, 75 W, 100 W, 125 W の計 4 段階各 3 分間の多段階運動負荷を用い, 自覚的最大の負荷とした。TM も同様に, 傾斜度 10% を一定として, ベルト速度 1.7 mile/hour (mph), 3.1 mph, 4.0 mph, 4.5 mph の計 4 段階各 3 分間の多段階運動負荷を用い, 自覚的最大の負荷とした。1 分毎に 12 誘導心電図記録, マンシェット血圧計による血圧測定を行った。ST 低下および上昇は J 点よりそれぞれ 80 msec および 40 msec の時点でいずれも 0.1 mV 以上を陽性とした。ST 上昇, ST 低下の両者を認めたものは上昇に含めた。

§ 結果

(1) 最大運動時心血管反応: rate pressure product (心拍数 × 収縮期血圧) は TM と EM で差はなかった (TM 23,844 ± 5,951, EM 24,085 ± 5,378) が, 収縮期血圧は EM で有意に大きく (TM 171.5 ± 24.3 mmHg, EM 190.0 ± 25.1 mmHg, $p < 0.01$), 心拍数は TM で有意に大であった (TM 138.5 ± 23.9/min, EM 128.0 ± 20.4/min, $p < 0.01$)。拡張期血圧も収縮期血圧同様 EM で有意に高値であった (TM 92.4 ± 14.3 mmHg, EM 99.4 ± 13.9 mmHg, $p < 0.05$)。

(2) ST 上昇誘発率: TM で 13/67 (19%), EM で 6/67 (9%) と TM で有意に大であった ($p < 0.05$) (図 1)。EM で ST 上昇を認めた 6 例は, TM でもすべて ST 上昇 (4 例) または低下 (2 例) を認めた。有意冠狭窄のない 45 例では ST 上昇誘発は TM で 4 例 (9%) に認められたが, EM では 1 例も認められなかった (図 1)。

(3) ST 低下誘発率: TM で 27/67 (40%), EM で 13/67 (19%) と ST 上昇と同様に, TM で有意に大であった ($p < 0.01$) (図 2)。EM で ST 低下を示した 13 例は, TM でもすべて ST 上昇 (5 例) または低下 (8 例) を認めた。有意冠狭窄のない 45 例でも, ST 低下誘発は, TM で 19 例 (42%), EM で 7 例 (16%) と TM で有意に大であった ($p < 0.01$) (図 2)。

§ 考察

本研究では, VA における運動負荷による ST 上昇誘発率, 有意冠狭窄のない VA における ST 低下誘発率は, いずれも TM のほうが EM より有意に高いことが示され, 運動負荷による冠攣縮誘発率は, dynamic Ex である TM によるほうが, static Ex の要素を含む EM によるより高いことが証明された。

Yasue ら¹⁾は, 運動負荷による冠攣縮誘発には日内変動があり早朝のほうが昼間よりも誘発率が高いこと

*三重大学医学部第 1 内科
(〒514 津市江戸橋 2-174)

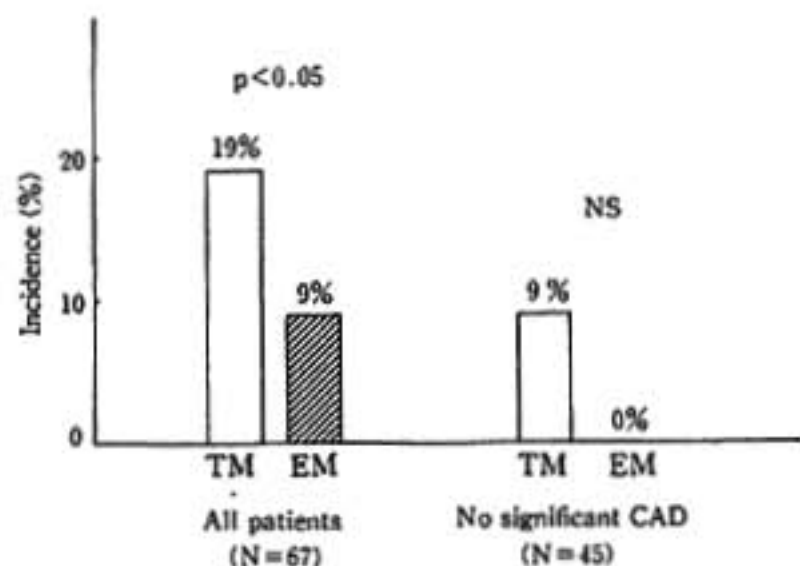


図1 ST上昇誘発率

TM:トレッドミル運動負荷試験
EM:自転車エルゴメーター運動負荷試験
CAD:冠動脈病変

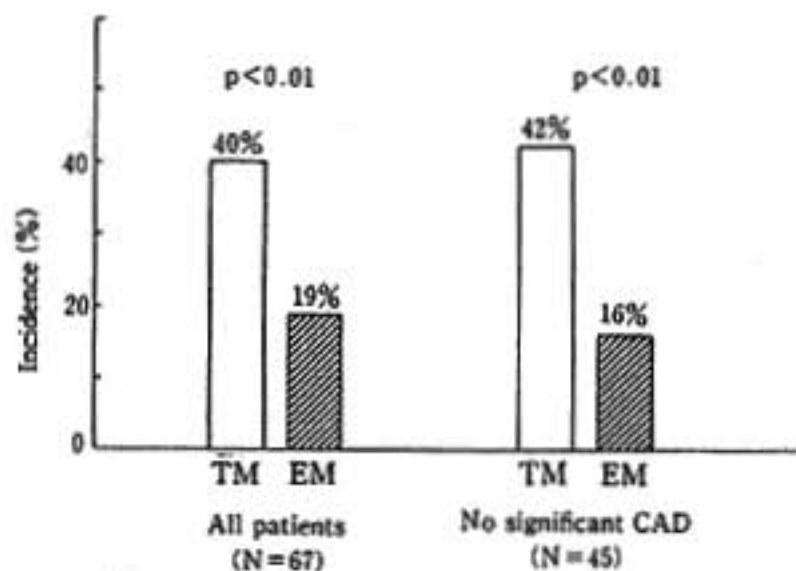


図2 ST低下誘発率

略号は図1のものと同じである。

を報告しているが、本報告においては、EMのほうが午前中施行されたにもかかわらず午後に行われたTMより冠攣縮誘発率が低かった。もし同じ時間帯に両検査を施行していれば、さらに大きなコントラストが得られたと思われる。

運動負荷による冠攣縮誘発において、最大負荷量がたとえ同じであっても、最初(Stage 1)の運動負荷量が大きいと冠攣縮が誘発されるが小さいと誘発されないこと(warm-up phenomenon)が報告されている²⁾。しかし、本報告のEMのStage 1は50 W, TMのStage 1は速度1.7 mile/hour, 傾斜度10%で、両運動において定常状態に達したときの分時酸素摂取量は差がないとされており³⁾、両運動負荷試験の成績の比較にwarm-up phenomenonの影響はないと思われる。

なぜEMでTMより冠攣縮誘発率が低いか、その機序は不明であるが、両方法での運動時の自律神経の緊張度の差が考えられる。アセチルコリンの冠動脈内注入が冠攣縮を誘発する⁴⁾ように、副交感神経の刺激が冠攣縮と深く関与している。心臓における副交感神経の緊張度は、主に右房にある心肺受容体からの求心性神経により調節される⁵⁾が、一般にdynamic Exのほうが、static Exよりmuscle pumpの効果により静脈灌流が多く、その結果右房の心肺受容体からの信号は多くなり、副交感神経の緊張度は高くなると考えられる⁶⁾。したがって、運動時の副交感神経の緊張度はstatic Exの要素を含むEMではTMより低いと考えられる。また一方、運動時の交感神経の緊張度は、static Exの要素をもつEMにおいて、活動筋に捕捉された代謝産物によるchemoreceptorからの信号の分だけ高くなると考えられる⁷⁾。交感神経受容体には α , β の2種類があり、Yasueらの運動負荷による冠攣縮誘発を使った検討⁸⁾、Vedernikovの急死したヒトの

冠動脈標本を用いた検討⁹⁾により、冠攣縮は α 受容体の刺激により誘発されやすく、 β 受容体刺激により抑制されることが証明されている。Robertsonら¹⁰⁾は、dynamic ExであるTMではエピネフリン(E)とノルエピネフリン(NE)がほぼ等倍に増えるのに比し、static Exであるハンドグリップでは、Eの増加率がNEのそれを上回ることを報告している。薬理学的には、E, NEはいずれも両受容体に親和性をもつが、NEがより α 受容体に親和性が強いのに比し、Eは同等の親和性をもつ。Static Exの要素を含むEMでは、TMに比し β 受容体を介して冠動脈は拡張する傾向があり、冠攣縮が生じにくくなったものと考えられた。

§ 文献

- 1) Yasue H, Omote S, Takizawa A, et al: Circadian variation of exercise capacity in patients with Prinzmetal's variant angina: role of exercise-induced coronary arterial spasm. *Circulation* 59: 938, 1979
- 2) MacAlpin RN, Kattus AA, Alvaro AB: Angina pectoris at rest with preservation of exercise capacity: Prinzmetal's variant angina. *Circulation* 47: 946, 1973
- 3) Sotobata I, Shino T, Kondo T, et al: Work intensities of different modes of exercise testings in clinical use. *Jpn Circulation J* 43: 161, 1979
- 4) Yasue H, Horio Y, Nakamura N, et al: Induction of coronary artery spasm by acetylcholine in patients with variant angina: possible role of the parasympathetic nervous system in the pathogenesis of coronary artery spasm. *Circulation* 74: 955, 1986
- 5) Shepherd JT: Circulatory response to exercise

in health. *Circulation* 76 (suppl) : 3, 1987

- 6) Vedernikov YP: Mechanisms of coronary spasm of isolated human epicardial coronary segments excised 3 to 5 hours after sudden death. *J Am Coll Cardiol* 8 : 42 A, 1986

- 7) Robertson D, Johnson GA, Robertson RM, et al: Comparative assessment of stimuli that release neuronal and adrenomedullary catecholamines in man. *Circulation* 59 : 637, 1979

ジピリダモール負荷心エコー図 による冠動脈疾患の診断

加藤直美* 池田こずえ* 花島寛治* 本間健太郎* 小沢竹俊*
細谷幸雄* 柴田健彦* 久保田功* 立木 楷* 安井昭二*

心エコー図法は、非侵襲的検査法として多方面に用いられているが、狭心症への診断応用は必ずしも普及しているとはいえない。心エコー図での負荷試験法としてはエルゴメーター負荷が用いられているが、体動によるエコー記録の不均一性が大きな問題とされている。一方、Picanoらは、ジピリダモール負荷2Dエコーを行いvisualで解析し、壁運動変化について報告している¹⁾。今回我々は、ジピリダモール負荷時に、Mモードエコーおよび体表面電位図(map)を同時に記録し、そのエコー上の変化を自覚症状、心電図ST変化、冠血管造影所見と比較検討した。

§ 対象

ジピリダモール負荷試験を行った40例のうち、エコー記録の良好な16例(男11例、女5例)で、平均年齢は57歳であった。全例、胸痛を主訴とし、トレッドミル負荷にて心電図ST低下をみとめている。75%以上の狭窄を有意狭窄とすると、0枝病変6例、1枝病変4例、2枝病変5例、3枝病変1例であった。心筋梗塞の既往は、1枝病変、2枝病変に各1例認められた。

§ 方法

ジピリダモール負荷は、Albroらの方法により、4分間に、ジピリダモール0.568 mg/kgを経静脈的に投与した²⁾。CM5誘導にて心電図モニターを行い、87誘導点からなる体表面電位図をジピリダモール投与開始から5分おきに記録した。心エコーは、2Dエコーでオリエンテーションを行い、長軸像における僧帽弁尖レベルのMモードエコー記録を計測値として用いた。解析法として、fractional shortening (FS)、中隔および

後壁のthickening (th)を1分ごとに算出し、それらを冠動脈造影所見、心電図ST変化、自覚症状と比較検討した。

§ 結果

実際の症例の経時的変化を図1に示す。図1の例は、LMT 70%、LAD 100%の冠動脈狭窄を有し、心筋梗塞は合併していない症例である。中隔のthはジピリダモール投与開始2分後から低下しているのに対し、後壁のthは増大した。胸痛は6分30秒で出現、ST低下は8分30秒からモニター上で確認された。投与10分のmapにおいて、左前胸部の10誘導点でST低下を認めた。

16例を図2のごとく4群に分け、負荷前とthの変化が最大となる時点の中隔、後壁のthについて検討した。LCX病変は3例と少数のため解析から除外した。1) RCA, LADに有意狭窄を有さない6例では、中隔のthは1例を除き増加、後壁のthは全例増加しており、負荷によりhyperkineticな壁運動変化が出現した。6例中4例にはmapにおいてST低下を認めた。2) RCAに有意狭窄があるが、LADがintactな症例2例では、中隔のthが増加したのに対し後壁のthが低下した。3) LADに有意狭窄があり、RCAがintactな症例5例では、中隔のthが全例低下しており、後壁のthは心筋梗塞の1例を除く4例で増加した。4) RCA, LADともに有意狭窄のある3例では、中隔のthについては1例が増加、2例が低下し後壁のthについては全例増加となった。以上、0VDではhyperkineticに、RCA病変では後壁のthickeningの低下、LAD病変では中隔のthickeningの低下を認め、その支配領域を反映する結果をみた。FSについては、各群に一定の傾向を認めなかった。

経時的変化を検討したところ、胸痛前に心電図ST

*山形大学医学部第1内科
(〒990-23 山形市飯田西 2-2-2)

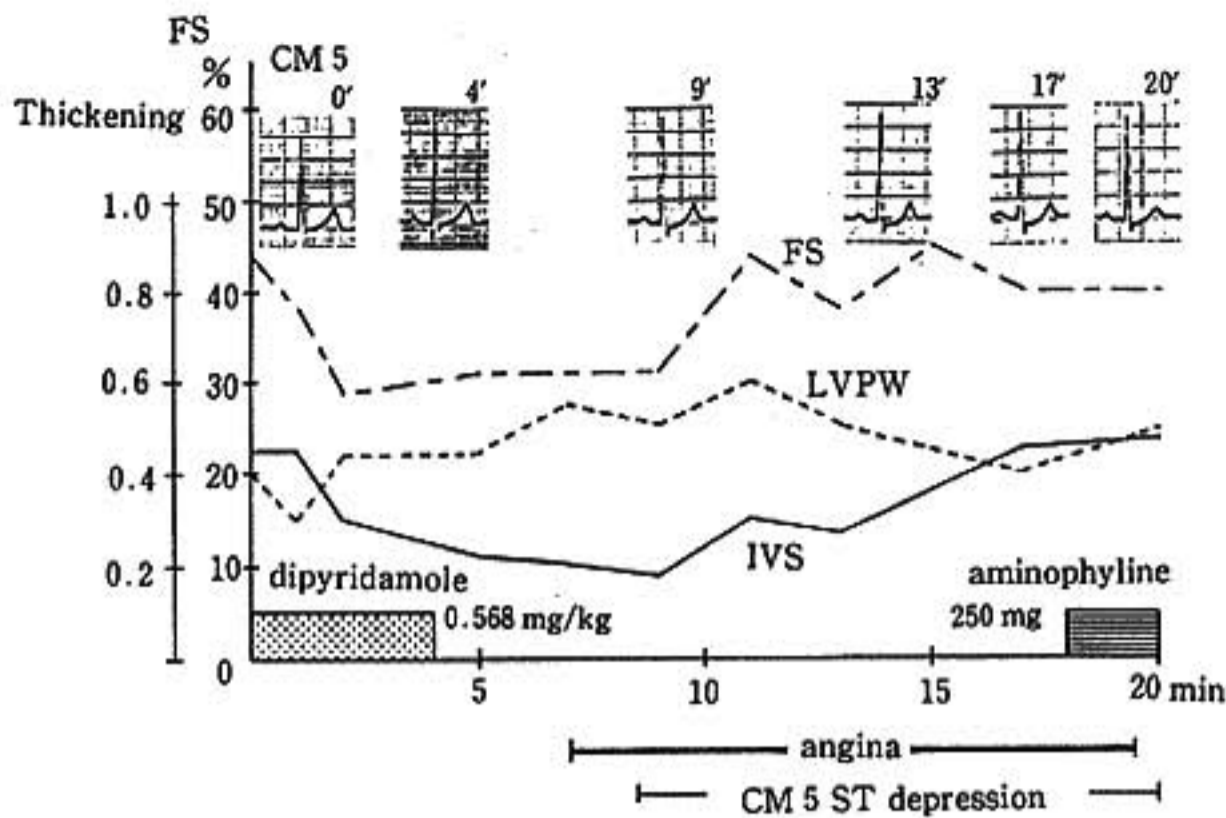


図1 症例：55歳，男性
冠動脈造影にてLMT 70%，LAD 100% collateral (+) 心筋梗塞の既往はない。ジピリダモール投与2分後より中隔の thickening 低下を認め，9分で最大となった。後壁は，前負荷に比し thickening の増大を認める。胸痛は6分30秒，心電図変化は8分30秒で出現した。

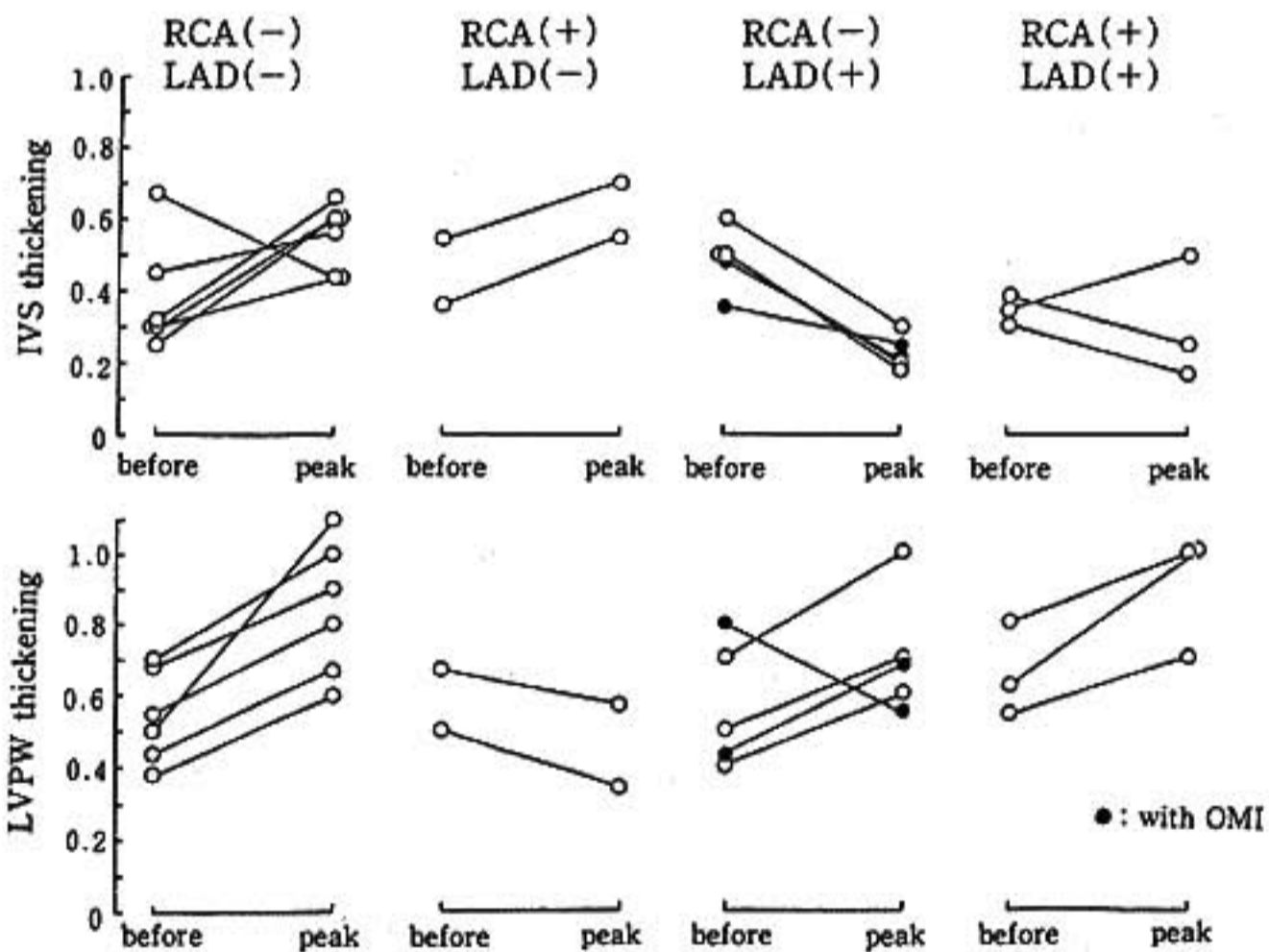


図2 有意狭窄枝と中隔，後壁の thickening の変化
before：負荷前，peak：thickening 最大変化時

変化を認めた例が3例に対し，壁運動変化が胸痛に先行した例は6例あり，うち5例はST変化に対しても先行した。

§ 考按

経時的变化として Picano らは hyperkinesis 後に壁運動低下を生じると報告しているが，今回の検討では，心筋梗塞例を除き，ジピリダモール負荷で壁運動低下

をみた7例のうち、経過中に hyperkinesis を呈したのは3例であった。

一過性の局所壁運動低下は、ジピリダモール投与の結果、心筋の酸素需要供給バランスに崩れが生じるためと考えられる。Picano らは病変の検出について、感度 56%、特異度 100%と報告しているが、我々の検討では、有意狭窄 75%以上の時 LAD 病変では、感度 100%、特異度 86%、RCA 病変では各々 40%、91%と冠血管により異なった結果となった。また3枝病変で 90%以上の狭窄を有するような重篤な症例群に陽性率が高いとの報告もあるが、今回の検討では、1枝が intact である症例において、より壁運動低下を示した。従来の報告に比し陽性率が高い背景として、当施設では、入院後、薬剤を検査 24 時間以上前より中止し、薬剤の影響を少なくしていることが挙げられよう。

心エコーの解析法として、領域分割解析が報告されているが、その自動解析装置をもつ施設は少ない。今回の検討で、Mモードエコー図という普及した方法によっても狭窄血管を推測しうる結果を得た。

§ 結論

ジピリダモール負荷Mモード心エコー図において、
1) 冠動脈に 75%以上の狭窄を有する症例では、罹患病変部を反映した壁運動低下が ST 変化, angina に先行して出現した。2) 運動負荷で ST 変化を認め冠動脈造影で有意狭窄を認めない例においては、壁運動が hyperkinetic となり、その検出に有用であった。

§ 文献

- 1) Picano E, Distanto A, Masini M, et al : Dipyridamole-echocardiography test in effort angina pectoris. *Am J Cardiol* 56 : 452, 1985
- 2) Albro PC, Gould KL, Westcott RJ, et al : Noninvasive assessment of coronary stenosis by myocardial imaging during pharmacologic coronary vasodilatation. Clinical trial. *Am J Cardiol* 42 : 751, 1978

運動負荷による局所心筋血流量変化 の PET による測定 N-13 アンモニアを用いて

道端哲郎* 岡崎 修* 賀嶋俊隆* 飯尾正明* 原 敏彦*
森本和大* 春見建一* 阿久津 靖** 長谷川 貢** 片桐 敬**

§ 目的

N-13 アンモニアを用い空間分解能 4.5 mm の高性能 Positron Emission CT (Headtome IV) に ECG によるゲートスキャンを組み合わせ、局所心筋血流量の定量的測定を行い、虚血性心疾患患者の運動負荷の影響を検討した。

§ 方法

被検者を安静仰臥位とし、心尖拍動の位置により位置決めを行い、吸収補正のためトランスミッションスキャンを施行し、その後 N-13 アンモニア $9-15\text{mCi}$ 急速静注し、同時に橈骨動脈より 2 分間の持続定量採血を行い、静注後 5 分後より心電図 R-R 間隔 5 等分で、心尖より 13 mm 間隔の 5 断層のゲートスキャンを 10 分間施行した。

これらのスキャンにより得られたエミッションデータの検出器の感度補正、体内の吸収補正、および偶発同時計数の補正後、コンピューターにより 5 断層の心筋横断像を再構成した。13 mm 間隔の 5 断層の左室心筋横断像により、LAD 支配領域として前壁を 3 領域、中壁 2 領域、心尖 1 領域の 6 領域、CX 支配領域として側壁 3 領域、RCA 支配領域として後下壁 2 領域とし、左心室を 11 領域区域に分け評価した (図 1)。

局所心筋血流量定量は、ECG のゲートスキャンによる左室拡張末期時の画像を用い次式で求めた。

$$\text{RMBF} = Q(t) / (E * \int_0^2 \text{Ca}(t) dt) \cdot (1)$$

Q(t) : 心臓組織内放射能濃度 (myocardial uptake),
E : 心筋に摂取される率 = 0.82 (Extraction),

$\int_0^2 \text{Ca}(t)$: 2 分間持続動脈血採血による放射能濃度 (total delivered dose).

§ 対象

正常例 2 例, 1 枝病変 2 例, 2 枝病変 1 例, 2 枝病変 + OMI 1 例, 3 枝病変 2 例, 3 枝病変 + OMI 2 例の計 10 例の, 正常領域 59, 冠動脈造影上 75 % 以上の有意狭窄領域 25, 梗塞領域 9 の計 93 領域の局所心筋血流量を対象とした。

§ 結果

正常領域の安静時心筋血流量は支配冠動脈により多少の差はあるが, 73 ± 9 から $82 \pm 11 \text{ ml/min/100 cm}^3$ 範囲にあり, 運動負荷時には 90 ± 11 から $100 \pm 14 \text{ ml/min/100 cm}^3$ の範囲に有意に増加した。有意狭窄領域では安静時 $62 \pm 10 \text{ ml/min/100 cm}^3$ から運動負荷時には $56 \pm 9 \text{ ml/min/100 cm}^3$ と減少傾向にあるが, 有意な変化ではなかった。梗塞領域は安静時 $29 \pm 8 \text{ ml/min/100 cm}^3$, 運動負荷時, $27 \pm 8 \text{ ml/min/100 cm}^3$ と変化は認められなかった (図 2)。

以上の結果より 75 % 以上の有意狭窄領域の安静時心筋血流量 $60 \text{ ml/min/100 cm}^3$ 以下, 運動負荷時に心筋血流量の減少するという 2 つの Criteria で各領域を検定すると, 梗塞区域は 9 例中 9 例 (100 %), 狭窄領域は 25 例中 24 例 (96 %), と高率にこれらのどちらかの範囲に入るのに対し, 正常領域は 59 例中 5 例 (8 %) と低率であった (表 1)。

§ 考按

局所心筋血流量の測定には均等に組織に拡散し, 再循環しない (Extractin Fraction = 1) ことが必要であり, この条件を満足するのは Microsphere である

*国立療養所中野病院循環器科

(〒165 東京都中野区江古田 3-14-20)

**昭和大学医学部第 3 内科

(〒142 東京都品川区旗の台 1-5-8)

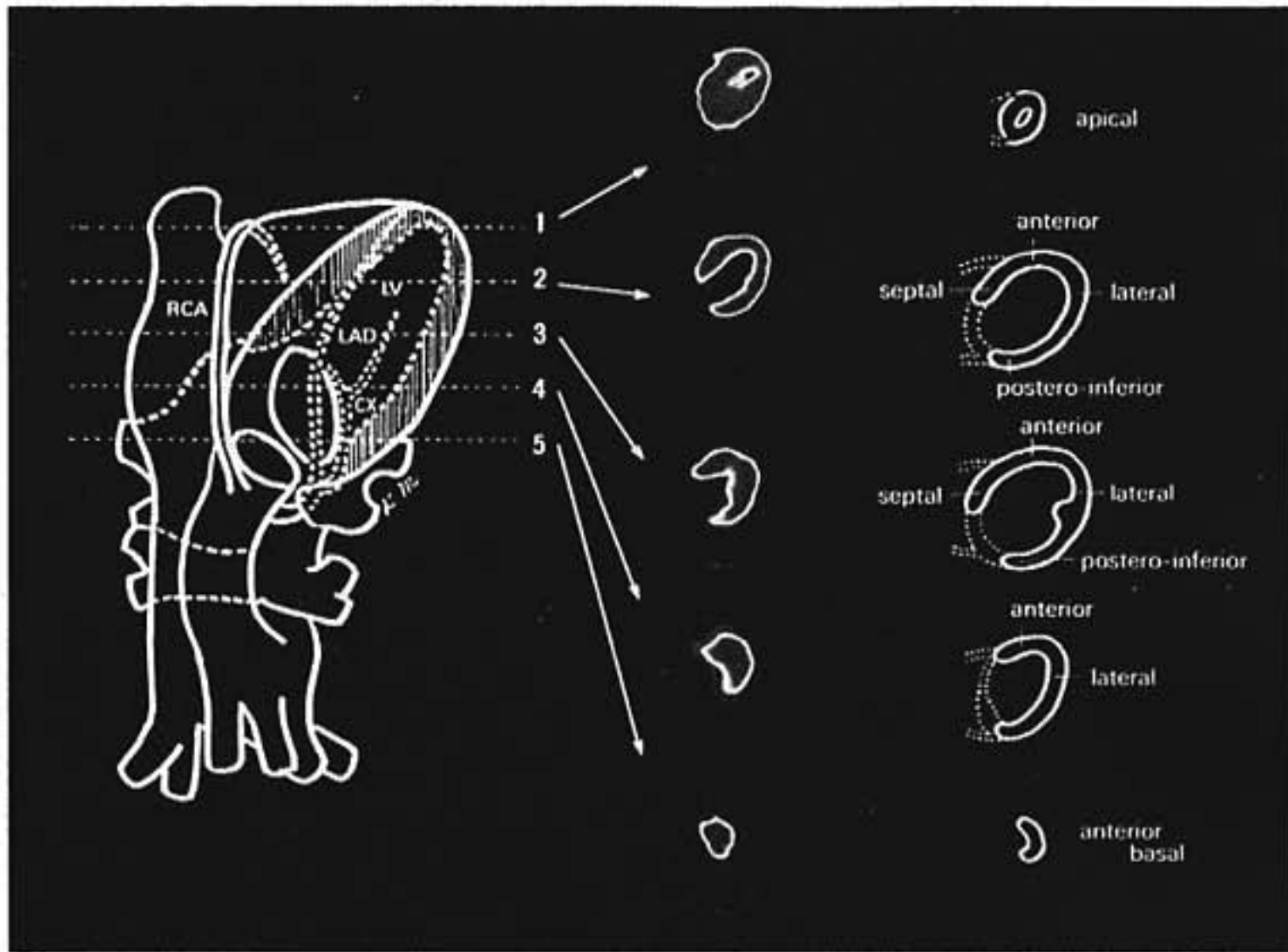


图 1 Emission position tomography

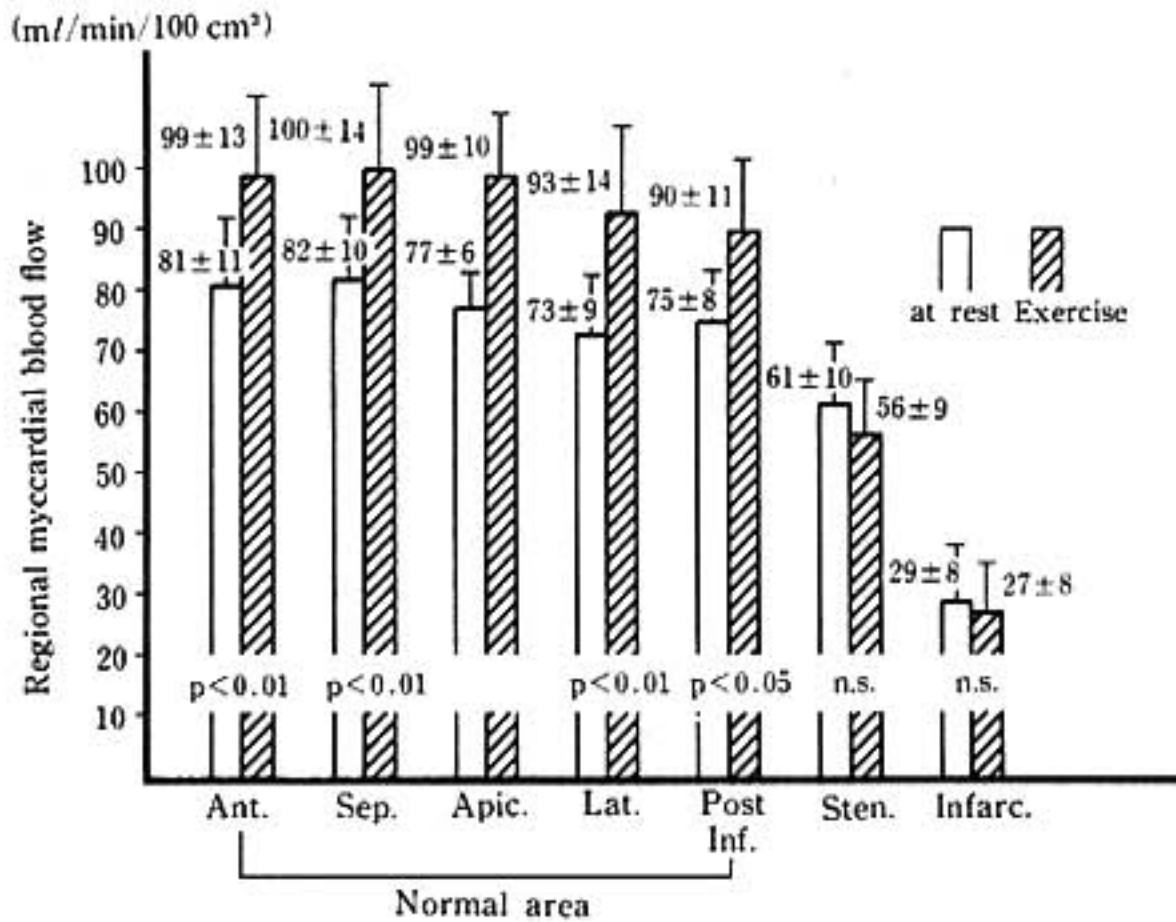


图 2 Regional myocardial blood flow (ml/min/100 cm³)

表 1 Evaluations of ischemic area

	A	B	A and B	A or B
Normal area	1/59 (1.7%)	4/59 (6.8%)	0/59 (0%)	5/59 (8%)
Stenosed area	7/25 (28%)	12/25 (48%)	5/25 (20%)	24/25 (96%)
Infarcted area	4/9 (44%)	0/9 (0%)	5/9 (56%)	9/9 (100%)

Factor A : 60 ml/min/100 cm³ > regional myocardial blood flow at rest

B : decreased RMBF during exercise

が、直接冠動脈注入を要し、安全性にも問題があり臨床応用は限られる。N-13 アンモニアは100%拡散により心筋に取り込まれ、 $E=0.82$ 、半減期約10分と頻回大量投与が可能であり、最も臨床応用に適した物質と思われる。著者らの $^{13}\text{NH}_3$ 心筋PETに心電図ゲートによる局所心筋血流量は支配冠動脈により多少の差はあるが、正常領域では、安静時LAD領域80 ml/min/100 g, CX領域81 ml/min/100 gと近似を示した。運動負荷時には安静時に比べて正常領域の局所心筋血流量は著明に増加するが、狭窄領域では不変、むしろ減少傾向にあった。このことは、局所心筋血流量は冠動脈内腔狭窄の程度と高い相関を示すが、さらに、心筋は長期間の虚血により酸素需要の減少とそれによる血流量の高度低下を生じ、運動負荷によっても酸素需要の増加を必要としない変性がおこっている可能性が示唆される。

N-13 アンモニアによる心筋局所血流量の測定は再循環の問題、運動負荷時あるいは心筋の嫌気性代謝時の $^{13}\text{NH}_3$ の取り込み率の変化など明らかにされてい

ない点もあり、危惧する報告もある。

Shah³⁾は運動実験ではあるが、本法とmicrosphere法による心筋局所血流量の同時測定を行い、44~200 ml/min/100 gの範囲の血流量では非常に高い相関を示し、 $^{13}\text{NH}_3$ 心筋PETによる心筋局所血流量の測定の信頼性を明らかにしている。

§ 文献

- 1) Scherbert HR, et al: N-13 ammonia as an indicator of myocardial blood flow. *Circulation* 63: 1259, 1981
- 2) See JR, et al: Significance of reduced regional myocardial blood flow in asynergic areas evaluated with two-state (intervention) ventriculography. *Am J Cardiol* 43: 179, 1979
- 3) Shah A, et al: Measurement of regional myocardial blood flow with N-13 ammonia and positron emission tomography intact dogs. *J Am Coll* 5: 92, 1985

心疾患患者における anaerobic threshold に関する検討

自転車エルゴメーターによる Ramp 負荷および M. Bruce 法トレッドミル負荷を用いて

吉田 哲* 野村真一* 松原由朗* 石原正人*
 永井 弘* 安保泰宏* 中野 博* 勅使河原敬明*
 渡辺佳彦* 菱田 仁* 水野 康*

近年, Wasserman¹⁾によって提唱された呼気ガス分析による嫌気性代謝閾値 anaerobic threshold (AT) が注目されている。これを用いて心疾患患者の運動耐容能評価が諸氏²⁾により報告されているが, 心肺運動負荷試験の方法は, 統一されていない。今回, 我々は, 自転車エルゴメーター Ramp 負荷³⁾および修正 Bruce 法トレッドミル負荷⁴⁾を用いて心疾患患者の AT について検討した。

§ 方法

心疾患患者 11 例を対象とした。男性 10 例, 女性 1 例, 年齢 41 歳~71 歳 (平均 56±9 歳) であった。その内訳は, 労作性狭心症 4 例, 陳旧性心筋梗塞 6 例, 拡張型心筋症 1 例であった。また NYHA 機能分類では I 度 4 例, II 度 6 例, III 度 1 例であった。各々の症例に対して心肺運動負荷試験を 2 回施行した。最初に修正 Bruce 法トレッドミル負荷を施行し, その 2 週間以内に, 座位自転車エルゴメーターによる Ramp 負荷を施行した。修正 Bruce 法トレッドミル負荷は 4 分間以上の安静の後, フクダ電子社製 ML-8000 システムを用い, 自覚的 maximum まで行った。ここで修正 Bruce 法とは Bruce 法の stage III と IV との間に speed 3.8 mph, grade 14% の stage III' を追加したものである。座位自転車エルゴメーターによる Ramp 負荷は 4 分間以上の安静の後, オランダ・ロード社製電動式エルゴメーター, コリバル WLP-400 型を用い, 20 ワットの負荷で 60 rpm にて 3 分間 warming up を行い, 引き続き 60 rpm にて 6 秒毎に 1 ワットの割合で負荷量を増加させ, 自覚的 maximum まで行った。呼気ガス分析にはマインハート社製オキシコンシステム-3 を用

い, 30 秒間隔で $\dot{V}O_2$, $\dot{V}E$ を測定し, Caiozzo ら⁵⁾の推奨する方法にしたがい, $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ より AT を決定した。

§ 結果

表 1 に心疾患患者 11 例における性, 年齢, 診断, NYHA 機能分類, 修正 Bruce 法トレッドミル負荷により検出された AT および AT 到達時の stage, 自転車エルゴメーターによる Ramp 負荷により検出された AT を示した。なお, 修正 Bruce 法により AT が検出されなかった症例に関しては, Ramp 負荷により検出された AT から予測される stage を記した。修正 Bruce 法により AT が検出された症例は, 11 例中 6 例であった。一方, Ramp 負荷を用いた場合, 11 例全例に AT が検出された。修正 Bruce 法にて AT が検出された症例では, 全例 Ramp 負荷により検出された AT が 1.0 l/min 以上であり, AT が検出されなかった症例では, 全例 Ramp 負荷により検出された AT が 1.0 l/min 未満であった。また, 修正 Bruce 法による AT 到達時の stage は, AT が検出された症例では, 全例 second stage 以上であり, AT が検出されなかった症例では, 全例 first stage と予測された。図 1 は修正 Bruce 法により AT が検出された 6 例について, Ramp 負荷により検出された AT と修正 Bruce 法により検出された AT との関係を示したものである。両者の間には $r=0.92$ と有意 ($p<0.01$) な正の相関が認められ, 単回帰直線 $y=1.17x-0.13$ が得られ, $y=x$ に近似してきた。

§ 考按

AT 検出に関する心肺運動負荷試験の方法は諸氏により異なり, 統一されていない。例えば Wasserman¹⁾ は自転車エルゴメーターを用いて, 2 分間の空回しの

*藤田保健衛生大学医学部内科
 (〒470-11 豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98)

表 1 心疾患患者11例における Ramp 負荷および修正 Bruce 法により検出された AT の比較

患者	性	年齢	診断	NYHA 機能分類	修正 Bruce 法-AT		Ramp 負荷-AT ($\dot{V}O_2$ l/min)
					($\dot{V}O_2$ l/min)	stage	
1	♂	44	拡張型心筋症	III	検出(-)	(I)*	0.54
2	♂	73	陳旧性心筋梗塞	II	検出(-)	(I)*	0.72
3	♀	60	狭心症	II	検出(-)	(I)*	0.87
4	♂	66	陳旧性心筋梗塞	II	検出(-)	(I)*	0.90
5	♂	53	陳旧性心筋梗塞	II	検出(-)	(I)*	0.93
6	♂	53	陳旧性心筋梗塞	I	1.18	III	1.01
7	♂	60	狭心症	II	1.09	II	1.02
8	♂	56	陳旧性心筋梗塞	I	1.08	II	1.13
9	♂	56	狭心症	I	1.12	III	1.15
10	♂	54	狭心症	II	1.42	II	1.33
11	♂	41	陳旧性心筋梗塞	I	1.70	II	1.52

*修正 Bruce 法により AT が検出されなかった症例に関しては、Ramp 負荷により検出された AT から予測される stage を記した。

後、約 1 分毎に負荷量を 15 ワットずつ漸増していくプロトコルを、Weber ら⁴⁾はトレッドミルを用いて warming up の後、2 分毎に負荷量を約 0.5~1.0 METs ずつ漸増していくプロトコルを推奨している。トレッドミル負荷は生理的であるという点から優れており、一方、自転車エルゴメーター負荷は負荷量が定量的であるという点から優れている。今回、我々は、自転車エルゴメーターを用いて負荷量が連続的に増加する、いわゆる Ramp 負荷⁵⁾と、従来より、しばしば運動負荷試験に用いられている修正 Bruce 法トレッドミル負荷⁶⁾を施行し、AT の検出について比較、検討した。Ramp 負荷を用いた場合、全例に AT 検出が可能であった。一方、修正 Bruce 法を用いた場合、運動耐容能の低い症例に対しては、AT 検出が不可能であった。この理由として、修正 Bruce 法は first stage の負荷が強く、AT がきわめて早期に出現するためと考えられた。また、両方法により AT が検出された症例に関しては、AT がほぼ一致していた。

以上、運動耐容能の低い症例の場合、修正 Bruce 法による AT 検出は不可能であると考えられた。また、AT 検出が可能であれば、トレッドミル負荷、座位自転車エルゴメーター負荷のいずれを用いても差異がないと結論した。

§ 文献

1) Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, et al:

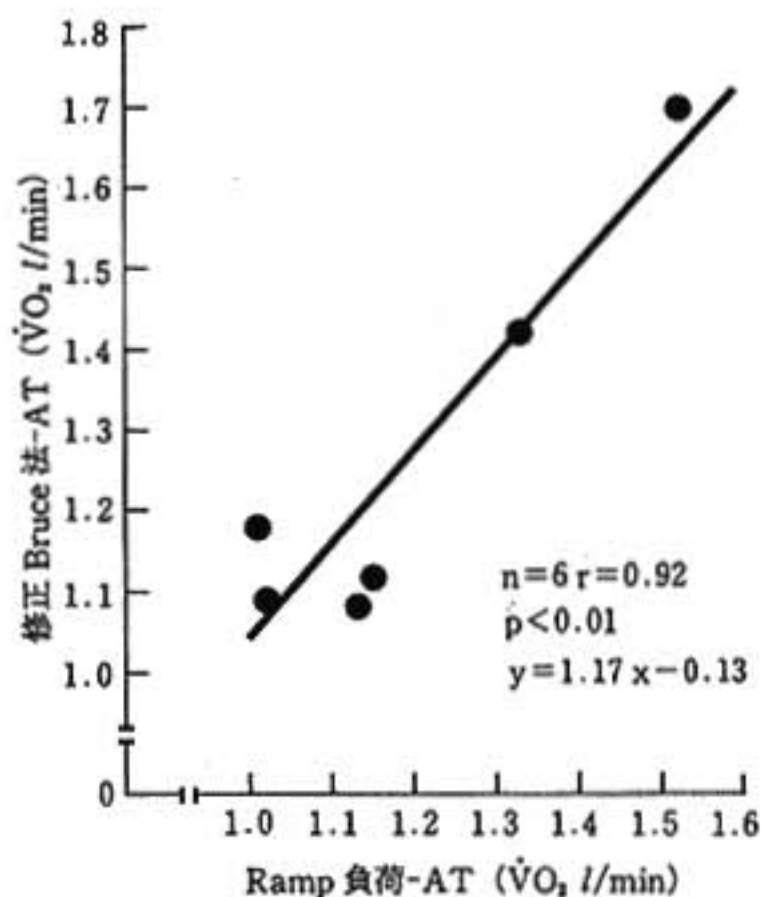


図 1 Ramp 負荷により検出された AT と修正 Bruce 法により検出された AT との関係

Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35: 235, 1973

2) Matsumura N, Nishijima H, Kojima S, et al: Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. *Circulation* 68: 360, 1983

- 3) 谷口興一, 伊藤春樹: 心疾患の診断・治療と AT. 体育の科学 39: 376, 1989
- 4) Sotobata I, Shino T, Kondo T, et al: Work intensities of different modes of exercise testings in clinical use. *Jpn Circ J* 43: 161, 1979
- 5) Caiozzo VJ, Davis JA, Ellis JF, et al: A compar-

- ison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol: Respirat Exviron Exercise Physiol* 53: 1184, 1982
- 6) Janicki JS, Weber KT: Equipment and protocols to evaluate the exercise response. WB Saunders, Philadelphia, 1986, p 138

慢性心不全患者に対する運動回復期血圧反応の検討

齋藤 誠* 都田裕之* 北村秀之* 友国 晃*
衣川 徹* 荻野和秀* 小竹 寛* 真柴裕人*

虚血性心臓病や心臓弁膜症の一部では、運動負荷回復期に血圧上昇反応を示す¹⁾²⁾。Amonらは、冠動脈疾患患者の最大運動負荷時の運動回復期血圧上昇反応の診断的意義について報告した³⁾。これに対して、Ellestadらは、正常者でも超最大負荷時には血圧が低下し、運動回復期には血圧の過剰反応を認めると反論した⁴⁾。佐藤らは僧帽弁膜疾患で運動中止後早期に血圧の過剰な上昇反応を認めると報告した⁵⁾。運動負荷回復期血圧反応の検討は冠動脈疾患で多くの報告があるが、その他の心疾患や心不全患者に対する検討は少ない。今回、我々は、慢性心不全患者を対象にトレッドミル運動負荷を行い、運動回復期血圧反応とそれに関与する可能性のある因子として交感神経活性について検討した。

§ 対象

対象は、慢性心不全患者(以下CHF群)56名で、NYHA class I 22名, class II 20名, class III 14名である。疾患の内容は、心臓弁膜症19例、陳旧性心筋梗塞24名、先天性心疾患7名、心筋症6名で、健常者(以下N群)18名を対照とした。陳旧性心筋梗塞例では、狭心症状または有意の虚血性ST低下を示すものを除外した。

§ 方法

修正Bruce法またはSheffield法により、修正Bruce法のstage V(4.2 mph 16%)を最大強度とするトレッドミル試験を行い、運動後仰臥位にて血圧、心拍数を10分まで観察した。血漿カテコールアミンの採血を、運動前、最大運動時、運動直後、運動後5分

に行った。

§ 結果

1. N群とCHF群の比較

運動中止理由では、CHF群で57%が目標心拍数到達、39%が息切れなどの自覚症状出現で終了した。運動時間は、N群に比しCHF群で有意に短く、また機能分類の重症例で有意に短かった。

血圧値は、CHF群ではN群に比較し安静に有意に高値、最大運動時には有意差なし、運動後は血圧は早期に回復遅延を示した(図1A)。血漿ノルエピネフリン濃度(以下NE)はCHF群で、安静時、運動時とも有意に高値であった(図2A)。図1Bに最大運動時に対する血圧変化とN群の血圧変化の平均値と標準偏差を示す。血圧変化は運動回復期の1分から7分でCHF群で有意に大であった(図1B)。CHF群の中で運動後1, 2, 3分で最大運動時に対する血圧変化がN群の平均値+2SDを越えるもの、すなわち運動後1, 2, 3分でそれぞれ10, 2, 0 mmHg以上の血圧上昇を認めるものを回復期血圧異常反応群とし、回復期血圧正常反応群と比較した。

2. 回復期血圧正常反応群と異常反応群の比較

回復期血圧異常反応はCHF群の32%で認め、機能分類重症例で高頻度で、弁膜症では僧帽弁狭窄症を伴うものに多く認められた。また、運動持続時間は、回復期血圧異常反応群で短い傾向にあった。

回復期血圧異常反応群では、収縮期血圧は、正常反応群に対し安静時有意差を示さなかったが、最大運動時には有意に低く、回復期を通じて高値であった(図3A)。最大運動時からの血圧変化は、運動中止直後から運動回復期10分まで回復期血圧異常反応群で有意に高値であった(図3B)。NEは、運動直後に回復期血圧異常反応群で有意に高値であった(図2B)。

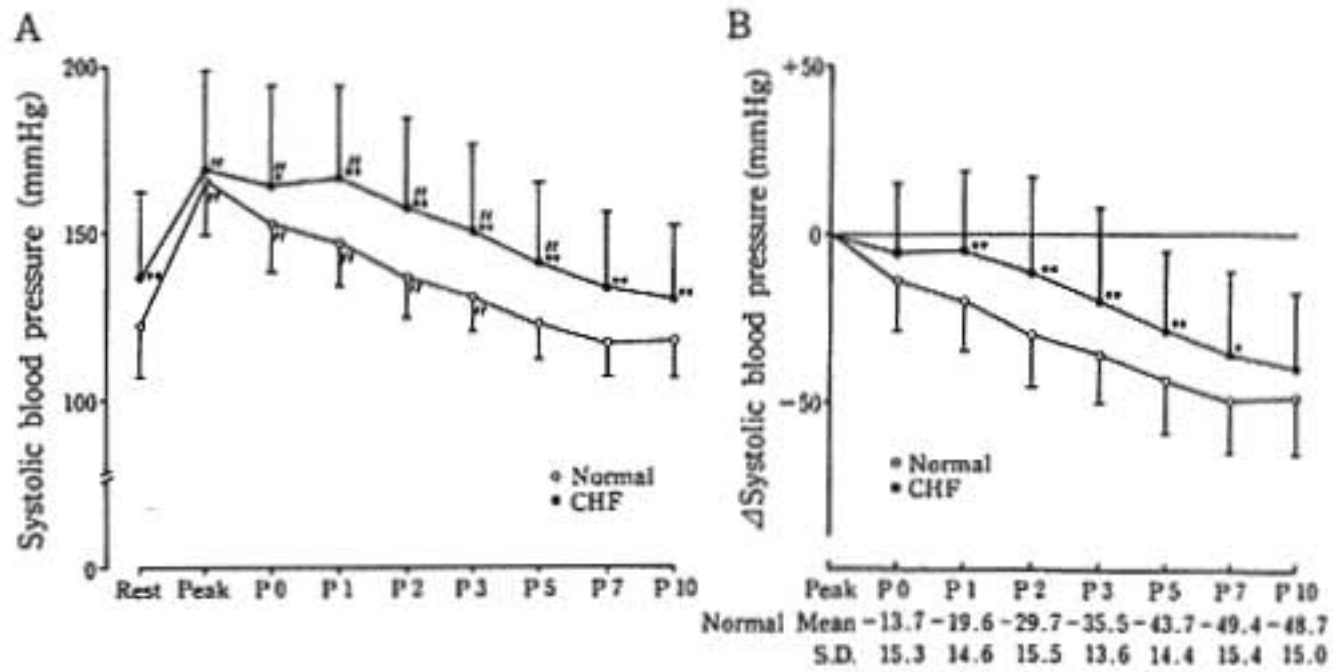


図 1 血圧反応の正常群と心不全群の比較
 A: 収縮期血圧の比較
 B: 最大運動時に対する収縮期血圧の変化量の比較。下段に正常群の平均値と標準偏差を示す。
 **p<0.01, *p<0.05, **p<0.01 (安静時血圧との比較)

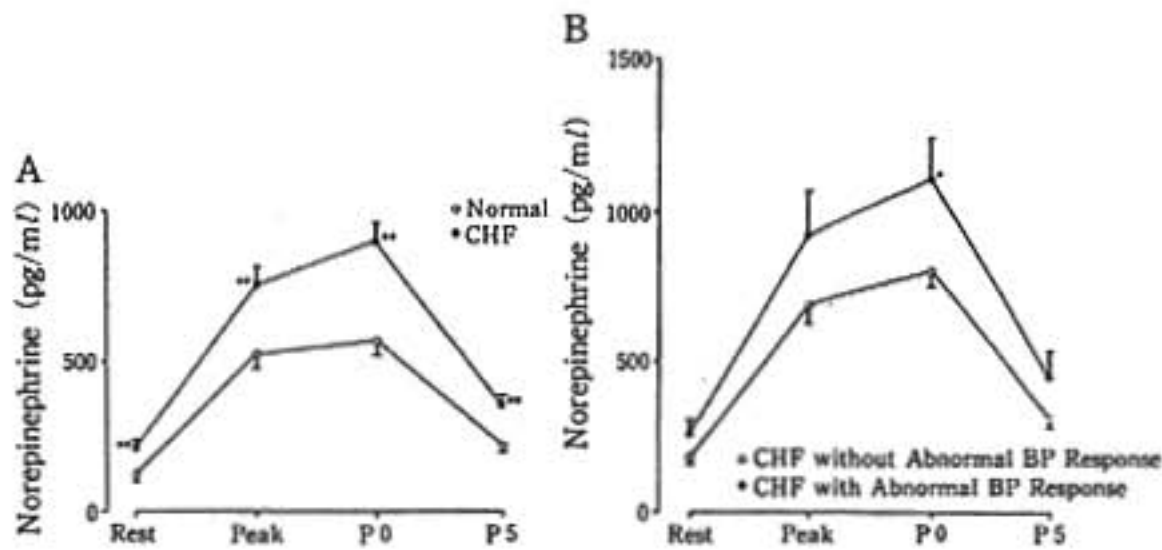


図 2 血漿ノルエピネフリン濃度の変化
 A: 正常群と心不全群の比較
 B: 回復期血圧正常反応群と異常反応群の比較
 **p<0.01, *p<0.05

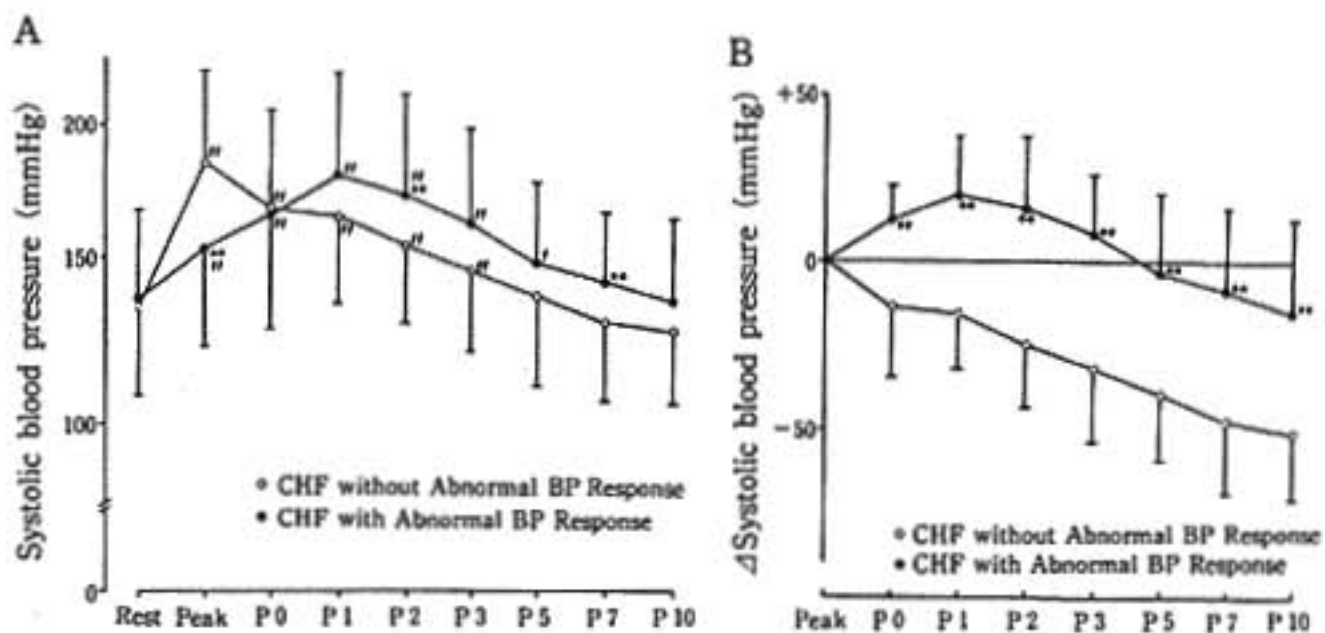


図 3 血圧反応の回復期血圧正常反応群と異常反応群の比較
 A: 収縮期血圧の比較
 B: 最大運動時に対する収縮期血圧の変化量の比較
 **p<0.01, **p<0.01, *p<0.05 (安静時血圧との比較)

§ 総括

今回の検討で、運動回復期血圧異常反応は CHF 群の 32% に認められ、重症例および僧帽弁狭窄症例でその頻度が高値であった。その機序として、運動時には左心機能低下のため一回心拍出量の増加不良から血圧上昇が抑制されるが、回復期には心拍数の減少と仰臥位になることから前負荷が増大し、最大運動時に対し相対的に一回心拍出量の回復が遅延することが考えられた。また、血漿 NE 反応の亢進が回復期に末梢血管抵抗を増大させる方向に作用する可能性も考えられた。

§ 文献

- 1) Amon KW, Richards KL Crawford MH: Usefulness of the postexercise response of systolic blood pressure in the diagnosis of coronary artery disease. *Circulation* 70: 951, 1984
- 2) 佐藤 功, 松村尚哉, 児島俊一, ほか: 僧帽弁疾患の運動直後における血圧反応について. *最新医学* 42: 1065, 1987
- 3) Ellestad MH: Stress testing, 3rd ed., Philadelphia, FA Davis company, 1987, p 360

左心疾患における運動負荷試験

肺循環系の意義

八木安生・後藤紘司・大島貞男・塚本達夫・
山本典孝・飯田真美・出口富美子・寺島 寧・
長島賢司・澤 祥幸・平川千里

左心疾患患者において臥位自転車エルゴメーター軽度運動負荷を行った。そして運動負荷中の心拍出量増加を規定する因子としての肺循環系の意義について肺血管抵抗と肺動脈系コンプライアンスから検討した。

§ 方法と対象

Floating catheter は右内頸静脈から挿入し、RN-ventriculography は第二斜位にて施行した。安静時および臥位自転車エルゴメーターによる軽度負荷 (25 または 50 watt) 中の準定常状態における各種血行動態指標を floating catheter により、心拍出量 (CO) は thermodilution 法により求めた。なお運動負荷中の指標は、血行動態の安定した 3~5 分の値を使用した。RN-ventriculography は安静時と負荷 1 分後より各 5 分間のデータを MUGA 法により 1 心拍 30 msec ごとの frame mode image に変換した。左室駆出率 (EF) は variable ROI 法をもちいて算出した。なお、体血管抵抗 (SVR) = (BP-RA)/CO, 肺血管抵抗 (PVR) = (PA-PAW)/CO (BP: 平均血圧, RA: 平均右房圧, PA: 平均肺動脈圧, PAW: 平均肺動脈楔入圧) を算出した。肺動脈 compliance (Cpa) は、Leveson ら¹⁾の方法を応用して安静時肺動脈圧波形より $Cpa = DT/R \cdot \ln(Ps/Pd)$ として求めた (R: total pulmonary resistance, Ps: end-systolic pulmonary artery pressure, Pd: end-diastolic pulmonary artery pressure, DT: diastolic time)。対象は心エコー図や心臓カテーテル検査等により診断した主として左心疾患患者 44 名 (陳旧性心筋梗塞 28 名, 肥大型心筋症 5 名, 狭心症 3 名, 高血圧症 3 名, その他 5 名), 年齢は 27 歳から 73 歳 (平均年齢 52.9 ± 11.2 歳,

mean±SD) である。運動負荷中の狭心症発作出現例や明らかな肺疾患, 虚血性心疾患のうち右冠動脈 (seg 1~4) に有意狭窄を有する症例は除外した。44 例全例において右心の後負荷を示す指標と考えられる PVR, Cpa と運動負荷による心拍出量の増加分 (ΔCO) との関係を検討した。ついで 44 例中特に安静時 PAW が 13 mmHg 未満で安静時には左心機能正常と思われる症例を運動負荷中 PVR の減少する群 (I 群, n=11) と運動負荷中 PVR の増加する群 (II 群, n=14) に分けて、運動負荷時心拍出量増加に及ぼす右心後負荷の関与について比較検討した。

§ 結果

全例における ΔCO と運動負荷中の PVR との間には、 $y = -0.44x + 2.7$ ($r = -0.39$, $p < 0.05$) と有意な粗い負の相関関係を認めた (図 1)。また、 ΔCO と Cpa との間には $y = 0.31x + 0.82$ ($r = 0.47$, $p < 0.01$) と有意な粗い正の相関関係を認めた (図 2)。しかし、 ΔCO と安静時 PVR との間には相関関係を認めなかった。I 群と II 群における % 肺活量 (% VC), 1 秒率 (FEV_{1.0}%) には両群間に差を認めず“呼吸機能”は正常であった。なお安静時の CO, BP などは、2 群間に差を認めなかった。運動負荷中の心拍数は I 群 $68 \pm 11 \rightarrow 90 \pm 12$ beat/min, II 群 $70 \pm 11 \rightarrow 90 \pm 12$ beat/min であり、また pressure rate product も 2 群間に有意差を認めず、運動負荷量には両群間に差を認めなかった。運動負荷により、RA, PAW, SVR は両群間に差を認めなかったが PA は I 群 $15.1 \pm 3.1 \rightarrow 20.7 \pm 4.7$ mmHg, II 群 $15.9 \pm 4.4 \rightarrow 26.3 \pm 7.3$ mmHg と運動負荷中 II 群が I 群に比し有意に高値となった。また、EF は I 群, II 群に差は認めなかった。Cpa は I 群 4.95 ± 1.11 ml/mmHg, II 群 3.76 ± 0.87 ml/mmHg と II 群が I 群に比し有意に低値 ($p < 0.01$) となり、 Δ

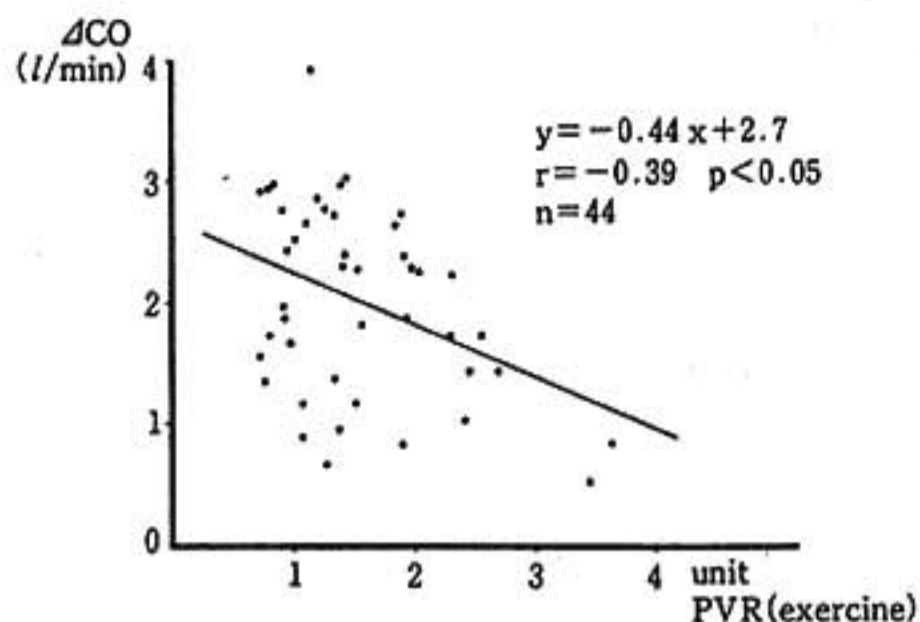


図1 運動負荷中の肺血管抵抗 (PVR) と運動負荷による心拍出量の増加分 (Δ CO) との関係

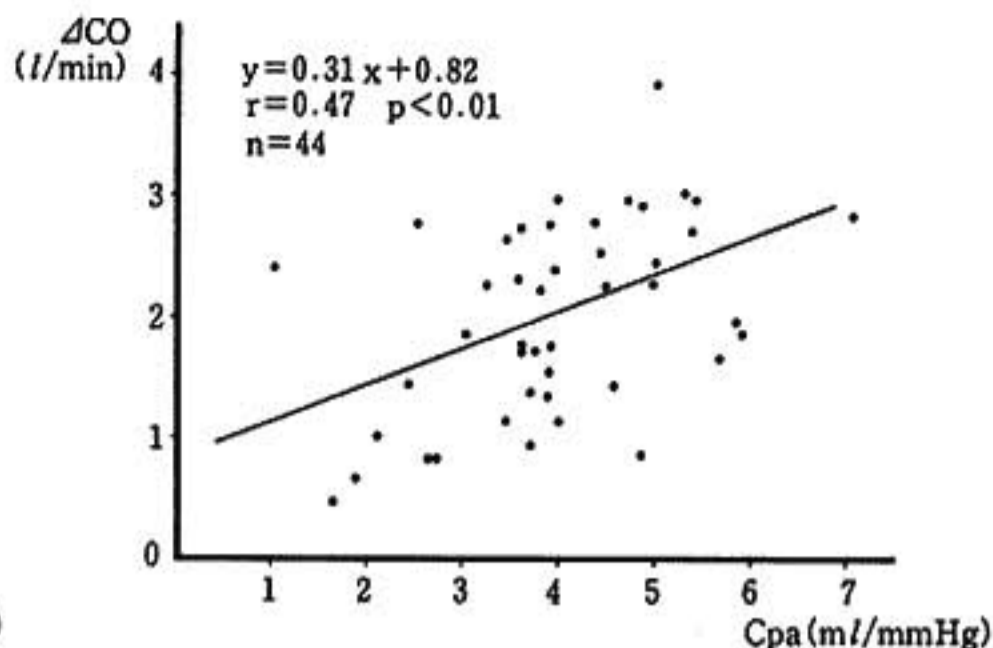


図2 安静時の肺動脈コンプライアンス (Cpa) と運動負荷による心拍出量の増加分 (Δ CO) との関係

CO は I 群 2.30 ± 0.58 L/min, II 群は 1.78 ± 0.65 L/min であり II 群が I 群に比し有意に低値となった ($p < 0.05$)。一方 PVR は I 群 $1.39 \pm 0.47 \rightarrow 1.05 \pm 0.33$ unit, II 群 $1.62 \pm 0.57 \rightarrow 1.93 \pm 0.57$ unit と運動負荷中有意に II 群において大であった。

§ 考察

運動負荷中、左心機能低下症例においては心拍出量の増加が少ないことはよく知られている²⁾³⁾。しかし、Elzinger ら⁴⁾は、摘出心を用い、一定心拍下の実験系において PVR の上昇または肺動脈 compliance (Cpa) の低下により血流量が減少し、PVR の上昇と Cpa の低下の両者が同時に生ずる場合には血流量は著明に低下すると述べている。この実験より肺血管系が心拍出量の増加を規定している因子の一つであることが考えられる。そこで臨床において左心に主病変が存在すると考えられる各種疾患において心拍出量の増加分 (Δ CO) と PVR や Cpa との関係を検討した。図1, 図2 に示すごとく運動負荷中の PVR や安静時 Cpa と Δ CO との間に有意な相関関係が認められたが安静時 PVR と Δ CO の間には有意な相関関係は認められなかった。この事実は臨床においても、運動負荷中の PVR や安静時 Cpa が Δ CO の規定因子の一つとなっているものと考えられる。

また今回、安静時 PAW 13 mmHg 未満の正常左心機能群は運動負荷により、PVR が必ずしも全例において低下していなかった。そこで正常左心機能群を PVR の変化により運動負荷中 PVR の減少する群 (I 群) と PVR の増加する群 (II 群) に分類して運動負荷による血行動態の変化を比較した。 Δ CO は I 群に比し II 群で有意に少なく、かつ Cpa も I 群に比し II 群で有意に低値であった。しかし左心の“前負荷”、“収縮性”、

“後負荷”の指標と考えられる PAW, EF, SVR は安静時、運動負荷中ともに両群間に差は認められず、左心系は“正常”と思われる。また右心の前負荷を示す指標の一つである RA も同様に両群間に差は認められなかった。以上より、これら両群間では肺血管系の指標 (PVR, Cpa, PA) に差があり、これが Δ CO 低下の原因と考えられる。Franciosa⁵⁾らも左心不全患者を対象にした検討において運動負荷中必ずしも PVR が有意の低下を示さず右心の後負荷としての肺血管系が運動負荷の limiting factor となっていると述べている。今回の検討にて、“呼吸機能”および安静時左心機能正常な左心疾患患者において運動負荷中の心拍出量の増加が少ない群が存在した。この原因として肺血管系の“機能異常”の存在が考えられた。

§ 文献

- 1) Levenson JA, Safar ME, Simon AC, et al: Systemic arterial compliance and diastolic runoff in essential hypertension. *Angiology* 32: 402, 1981
- 2) Harvey RM, Smith WM, Parker JO, et al: The response of the abnormal heart to exercise. *Circulation* 26: 341, 1962
- 3) Weber KT, Janicki JS: Cardiopulmonary exercise testing for evaluation of chronic cardiac failure. *Am J Cardiol* 55: 22 A, 1985
- 4) Elzinga G, Piere H, Jony JP: Left and right ventricular pump function and consequences of having two pumps in one heart, a study on the isolated cat heart. *Circ Res* 46: 564, 1980
- 5) Franciosa JA, Baker BJ, Seth L, et al: Pulmonary venous systemic hemodynamics in deter-

mining exercise capacity of patients with chronic left ventricular failure. *Am Heart J* 110 : 807, 1985

6) Franciosa JA, Leddy CL, Wilen M, et al : Rela-

tion between hemodynamic and ventilatory responses in determining exercise capacity in severe congestive heart failure. *Am J Cardiol* 53 : 127, 1984

多段階自覚的最大の運動負荷法における peak $\dot{V}O_2$ の検討 単一段階最大負荷法による $\dot{V}O_2$ max との比較

矢坂義則* 山辺 裕* 伊藤和史* 前田和美* 福崎 恒*

心不全患者の peak $\dot{V}O_2$ は運動能力の客観的な指標として用いられる。しかし、自覚的最大の運動負荷試験で得られた peak $\dot{V}O_2$ は必ずしも生理的最大の酸素消費量 ($\dot{V}O_2$ max) に到達しているとは限らない。1955年 Taylor¹⁾ は定速トレッドミルの間欠的負荷法を用い、運動強度の増加にかかわらず $\dot{V}O_2$ の増大のみられない plateau の点を $\dot{V}O_2$ max とした。しかし、その後 Robert²⁾, Wilson³⁾ は多段階負荷法では plateau の認められたのは数%にすぎないと報告している。本研究は同一対象に多段階負荷試験と、より負荷量の大きな単一段階負荷試験を施行することで peak $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}O_2$ max の異同を検討した。

§ 対象, 方法

対象は狭心症、呼吸器疾患合併例を除く慢性心不全患者 15 例 (平均年齢 59 歳, 男性 13, 女性 2), 基礎疾患は陳旧性心筋梗塞 8 例, 拡張型心筋症 2 例, 弁膜疾患 5 例である。NYHA 機能分類上は I 度 7 例, II 度 6 例, III 度 2 例であった。運動負荷は臥位自転車 ergometer を用い 25 w より開始し, 3 分毎 25 w ずつ増量する多段階運動負荷を自覚的の最大まで行った。その後 30 分の休息をはさんで, より負荷量の大きな単一段階負荷を行った。呼気ガス分析は breath by breath 法により 30 秒毎に連続的に求め, 酸素消費量は 1 分毎の平均値を用いた。心拍出量は Fick 法により算出した。

両負荷法で得られた最大酸素消費量をそれぞれ peak $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2$ max とし, 両者の比較のために $\% \dot{V}O_2 = \text{peak } \dot{V}O_2 / \dot{V}O_2 \text{ max} (\times 100)$ を算出した。AT は Ventilatory method により視覚的に決定し, $\% \text{AT} (\text{peak}) = \% \text{AT} / \text{peak } \dot{V}O_2$, $\% \text{AT} (\text{max}) = \text{AT} / \dot{V}O_2$

max とした。得られた $\% \dot{V}O_2$ により各症例を peak $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}O_2$ max がほぼ同等であった A 群 (n=6; $\% \dot{V}O_2 > 95 \%$), peak $\dot{V}O_2$ が亜最大値をとった B 群 (n=6; $95 \% > \% \dot{V}O_2 > 85 \%$), それ以下の C 群 (n=3; $85 \% > \% \dot{V}O_2$) に分類した。

§ 結果

各群間で年齢, NYHA 機能分類, 両負荷法の運動持続時間に差はなく, 単一段階負荷の際に増量した負荷量にも差はなかった。peak $\dot{V}O_2$ は C 群で低い傾向にあったが, $\dot{V}O_2$ max は 3 群間でほぼ同等であった。

多段階運動負荷での安静時および最大負荷時の各 parameter を各群間で比較すると, 心行動態, 血圧, 心拍数, RPP, 呼吸商, O_2 extraction 等には有意な差はなかった。しかし, $\% \text{AT} (\text{peak})$ は C 群で A 群に比べ有意に低く, さらに, $\% \dot{V}O_2$ と $\% \text{AT} (\text{peak})$ の間には有意な負の一次相関が認められた ($r=0.69$, $p < 0.01$) (表 1) (図 1)。

Plateau 形成の判定は Wilson の方法³⁾ に準じ 54 例を対照にして行った。各群で plateau と判定されたものは A 群 0/6 例, B 群 2/6 例, C 群 2/3 例であった。

§ 考按

$\dot{V}O_2$ max は不全患者の運動能力判定また重症度分類の指標として用いられるが, 今日多用される 2 分ないし 3 分毎の多段階運動負荷法で得られる peak $\dot{V}O_2$ が $\dot{V}O_2$ max まで到達したか否かの判定法は確立されていない。1955年 Taylor は $\dot{V}O_2$ max を運動強度を上げてももはや $\dot{V}O_2$ の増加のみられない時点 (plateau 形成) の $\dot{V}O_2$ と定義し, 健常人を対象に定速トレッドミルを用い間欠的に負荷量を増大させる方法で 94% の症例で plateau が認められた¹⁾ と報告した。これに対し Robert²⁾, または Taylor 自身⁴⁾ も後に多段階

表 1

	A 群	B 群	C 群
患者数	6	6	3
年齢	59	62	54
NYHA I 度	3	3	1
分類 II 度	2	3	1
III 度	1	0	1
最大運動負荷量 (Watt)			
多段階運動負荷	60±15	63±21	42±14
単一段階負荷	79±18	79±34	62±19
増量負荷量 (Watt)	19	16	20
運動持続時間			
多段階運動負荷	8'50"	9'40"	7'20"
単一段階負荷	2'10"	2'20"	2'30"
peak $\dot{V}O_2$ (ml/min/kg)	17.2±3.9	15.7±4.0	14.2±2.7
$\dot{V}O_2$ max (ml/min/kg)	17.7±3.9	17.7±4.6	17.6±3.2
% $\dot{V}O_2$ (%)	97±4	89±3*	80±5†
心拍出係数 (l/min/m ²)	5.4±1.6	5.4±2.0	4.7±1.2
肺動脈楔入圧 (mmHg)	25±9	34±18	30±11
RPP (×100)	241±63	265±20	220±44
呼吸商	1.02±0.14	0.93±0.11	0.99±0.18
酸素利用率 (%)	65±6	60±9	60±4
%AT (peak) (%)	67±5	70±5	78±2*
%AT (max) (%)	65±4	63±4	62±5

* p<0.001 vs A群, † p<0.01 vs B群

運動負荷法では plateau の出現率は 0-33% と低率であったと報告している。本研究でも plateau の認められたものは A 群で 0/6 (0%), B 群を含めても 3/12 (25%) と低率であり 3 分毎の多段階運動負荷では $\dot{V}O_2$ max の判定に plateau の概念を用いることは実際上困難であると思われた。また、この他に RQ, O₂ extraction も最大運動への到達の判定に用いられるが、両者とも各群間での有意差はみられなかった。

一方、1988 年 Weber ら⁹⁾は %AT が最大運動の到達度の指標となり得る可能性を示しているが、その後の報告は少ない。本研究で %AT (peak) は A 群に比し C 群で有意な高値を示し、% $\dot{V}O_2$ との間には有意な一次相関が認められた。それに対し、%AT (max) は 3 群間でほぼ同等であった。

以上より、心不全患者の多段階自覚的的最大負荷で得られる peak $\dot{V}O_2$ が $\dot{V}O_2$ max に到達したか否かを判定するための一指標として %AT (peak) が有用であることが示唆された。

§ 文献

1) Taylor HL, Buskirk E, Henschel A: Maximal

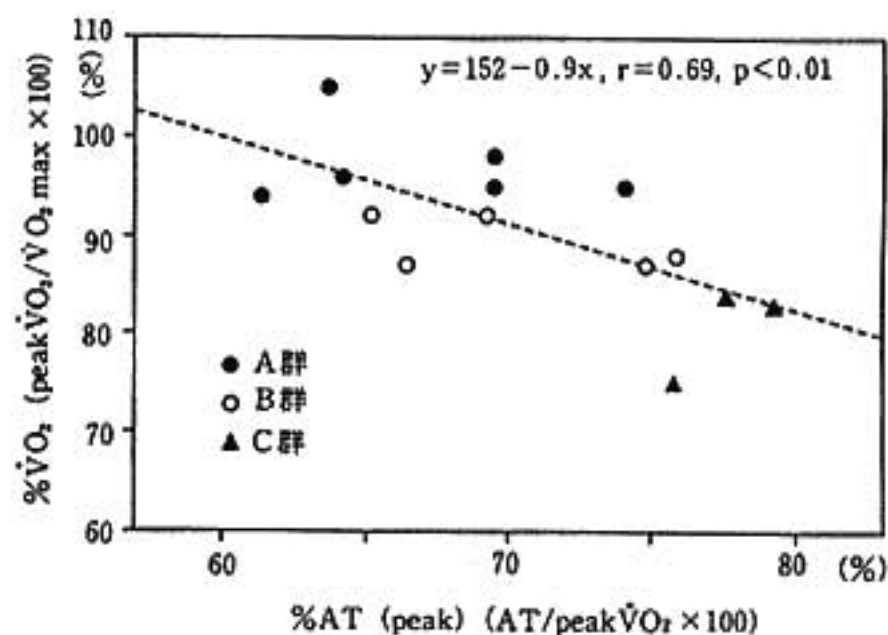


図 1 %AT (peak) と % $\dot{V}O_2$ の間には有意な負の一次相関がみられた。peak $\dot{V}O_2$ が至最大に達していない C 群 (▲) では全例で %AT (peak) は 75% を越えていた。

oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance. *J Appl Physiol* 8: 73-80, 1955

2) Roberts JM, Sullivan M, Froelicher VF, et al:

Predicting oxygen uptake from treadmill testing in normal subjects and coronary artery disease patients. *Am Heart J* 108 : 1454-60, 1984

- 3) Wilson JR, Fink LI, Ferraro N, et al : Use of maximal bicycle exercise testing with respiratory gas analysis to assess exercise performance in patients with congestive heart failure secondary to coronary artery disease or to idiopathic dilatated cardiomyopaty. *Am J*

Cardiol 58 : 601-606, 1986

- 4) Taylor HL, Wang Y, Rowell L, et al : The standerdization and interpretation of submaximal and maximal test of working capacity. *Pediatrics* 32 (suppl) : 703, 1963
- 5) Weber KT, McElroy PA, Janicki JS : Cardiopulmonary exercise testing in congestive heart failure. *Am J Cardiol* 62 : 35 A-40 A, 1988

運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ による虚血の重症度と心機能評価 ^{201}Tl の肺野集積度と右室抽出度との関連から

馬場 章* 上嶋健治* 木村桂三* 太田明廣* 中村信男*
松谷良清* 有田幹雄* 上野雄二* 西尾一郎* 増山善明*

運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィは、心筋虚血の検出に広く用いられており、さらに心筋の viability の評価にも応用されるようになってきた。本研究では冠動脈造影を施行した虚血性心疾患において、 ^{201}Tl の肺野集積度と右室抽出度の測定を行い、これらと心筋虚血の重症度、心機能との関係について検討した。

§ 対象と方法

狭心症 (AP) 14 例 (男性 12 例, 女性 2 例; 年齢 56.4 ± 7.4 歳, 平均 \pm 標準偏差), 心筋梗塞で狭心症を伴わないもの (MI) 22 例 (全例男性; 51.2 ± 8.2 歳), 狭心症を伴うもの (MI+AP) 16 例 (男性 15 例, 女性 1 例; 57.7 ± 8.4 歳) で, 全例, 冠動脈造影を施行した症例を対象とした。

坐位エルゴメータにより, 初期負荷量を 25~50 ワットとし, 2~3 分毎に 25 ワットずつ負荷量を漸増させる症候限界性多段階負荷を行った。通常の運動終点時に 3 mCi の ^{201}Tl を静注した後, 可能な限り 1 分間, 運動負荷を続け, 負荷直後と 3 時間後に SPECT を撮像した。

肺野の ^{201}Tl 集積度は, 負荷直後に撮像した体軸横断像を再構成する前の投影像の前後像を用い Kushner らの方法¹⁾により, 左肺の ^{201}Tl uptake を心筋の最大 uptake で除して ^{201}Tl lung/heart ratio とした。右室抽出度は, 負荷直後に撮像した投影像の LAO 45° 像を用い Cohen らの方法²⁾により, 視覚的に右室の uptake が認められないものを 0 点, 左室より少ない uptake を認めるものを 1 点, 左室と同程度の uptake を認めるものを 2 点, 左室より uptake が多いものを 3 点として点数化した。

§ 結果

^{201}Tl lung/heart ratio は MI+AP 群では AP 群, MI 群に比べ有意に高値であった。また, ^{201}Tl lung/heart ratio を冠動脈病変枝数によって比較すると, AP 群では一枝病変例に比べ多枝病変例で有意に高値であった。しかし, MI 群, MI+AP 群では病変枝数により差を認めなかった (表 1)。左室拡張終期圧 (LVEDP) と ^{201}Tl lung/heart ratio の関係をみると, MI 群では, $r=0.475$ と有意の相関を認めた。しかし, AP 群, MI+AP 群では両者の間に相関を認めなかった (図 1)。

本研究の対象の中には Cohen の 2 点, 3 点に相当する高度の右室抽出を呈した例はなかった。また, MI 群と MI+AP 群では, AP 群に比べ, 右室が抽出される頻度が高い傾向にあったが, 有意ではなかった (表 2)。

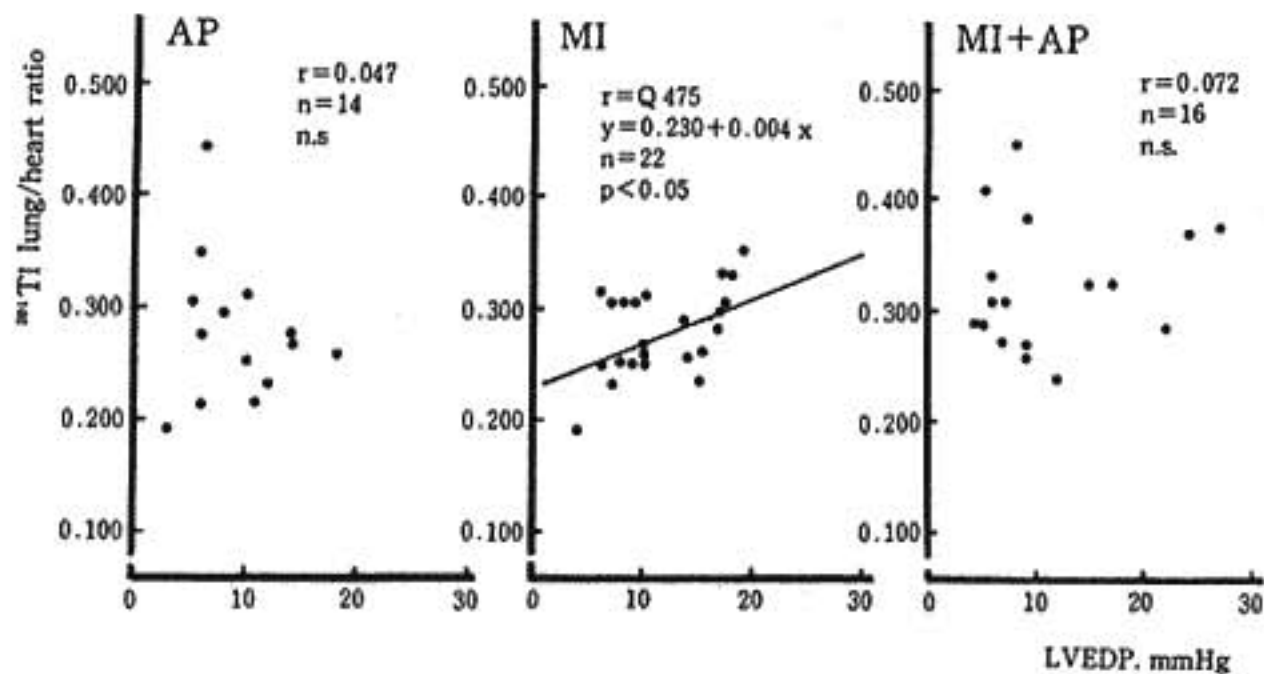
§ 考察

運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィは心筋虚血の検出の感度, 特異性が高く, 広く用いられている。健常者では, ^{201}Tl の肺野への集積は少ないが, 左室不全症例で高度の集積を呈することが報告^{3,4)}されている。本研究では, 虚血性心疾患を狭心症, 心筋梗塞, 狭心症を伴う心筋梗塞に分けて, 肺野の集積度, 右室抽出度と心筋虚血の重症度, 心機能との関係について検討した。

肺野の集積度は MI+AP 群では他の 2 群に比べ有意に高値であった。また, MI 群では, LVEDP が高いものほど肺野の集積度が高値であったことから, 運動負荷時の肺野の ^{201}Tl 集積度は心機能の指標として有用であると考えられた。肺野の ^{201}Tl 集積増加は, 運動負荷時の前負荷圧上昇による肺の間質浮腫と, 心拍出

表 1 虚血性心疾患の ^{201}Tl lung/heart ratio (病変枝数別による比較)

	全体	一枝病変	多枝病変
狭心症	0.269 ± 0.017 (n = 14)	0.249 ± 0.012 (n = 10)	0.341 ± 0.036 (n = 4)
心筋梗塞	0.277 ± 0.008 (n = 22)	0.272 ± 0.008 (n = 9)	0.281 ± 0.013 (n = 13)
狭心症を伴う心筋梗塞	0.328 ± 0.015 (n = 16)	0.346 ± 0.045 (n = 3)	0.316 ± 0.016 (n = 13)

平均±標準誤差 • $p < 0.05$ 図 1 左室拡張終期圧と ^{201}Tl lung/heart ratio の関係

量増加度の低下による肺循環時間の相対的延長によると考えられている⁹⁾。AP群, MI+AP群では, LVEDPと肺野の ^{201}Tl 集積度との間に有意な相関が認められなかったが, 今回用いた心機能の指標は安静時のものであり, これらの群においては, 虚血の重症度や梗塞部位と虚血の部位との関係により, 負荷中にLVEDPの上昇の程度が異なるためと考えられた。AP群では, 病変枝数別に検討すると, 多枝病変例では一枝病変に比べ, 肺野への集積が高度であり, 狭心症例では虚血の重症度の評価が可能であった。運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィでは多枝病変例とくに三枝病変例では, 心筋イメージの欠損像の有無だけでは診断が困難であるため, washout rateがびまん性に低下していることなどから診断されているが, 肺野の集積度を組み合わせることにより, 診断精度を高めることが可能であると考えられた。

表 2 右室描出度の比較

Cohen's score	狭心症	心筋梗塞	狭心症を伴う心筋梗塞
0	10	13	9
1	3	9	7
2	0	0	0
3	0	0	0

右室抽出度については, MI群, MI+AP群では, AP群に比べ, 右室が抽出される頻度が高い傾向にあったが, 統計学的に有意ではなく, 肺野の集積度に比し, 有用性は劣っていた。

§ 結語

狭心症, 心筋梗塞, 狭心症を伴う心筋梗塞を対象に,

運動負荷²⁰¹Tl心筋シンチグラフィを施行し、²⁰¹Tlの肺野の集積度と右室抽出度の測定から、心筋虚血の重症度と心機能について検討し、以下の結果を得た。

1) 肺野の集積度は狭心症を伴う心筋梗塞群で他の2群に比して有意に高値であった。また、狭心症群では多枝病変例で、心筋梗塞群では、左室拡張終期圧が高いものほど高値であった。

2) 右室抽出度は、狭心症を伴う心筋梗塞群、心筋梗塞群では、狭心症群よりも高い傾向にあったが、肺野の集積度に比べれば有用性はやや低かった。

運動負荷²⁰¹Tl心筋シンチグラフィに²⁰¹Tlの肺野集積度と右室抽出度を組み合わせて用いることにより、単に心筋虚血の検出のみならず、狭心症例では冠動脈病変の重症度を、また、心筋梗塞例では、心機能を評価する上に有用と考えられた。

稿を終えるにあたり、本研究に御協力いただいた向陽病院(和歌山市)放射線科岡田多加志氏に心より感謝いたします。

§ 文献

1) Kushner FG, Okada RD, Kirshenbaum HD, et

al: Lung Thallium-201 uptake after stress testing in patients with coronary artery disease. *Circulation* 63: 341, 1981

2) Cohen HA, Baird MG, Rouleau JR, et al: Thallium-201 myocardial imaging in patients with pulmonary hypertension. *Circulation* 54: 790, 1976

3) Boucher CA, Zir LM, Beller GA, et al: Increased lung uptake of Thallium-201 during exercise myocardial imaging: Clinical, hemodynamic and angiographic implications in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 46: 189, 1980

4) Gibson RS, Watson DD, Carbello BA, et al: Clinical implications of increased lung uptake of Thallium-201 during exercise scintigraphy 2 weeks after myocardial infarction. *Am J Cardiol* 49: 1586, 1982

5) Bingham JB, McKusick KA, Stranss W, et al: Influence of coronary artery disease on pulmonary uptake of Thallium-201. *Am J Cardiol* 46: 821, 1980

Lone atrial fibrillation における 運動時心拍数に対する digitalis の影響

松田昌子* 松田泰雄** 高橋徹郎**
山岸 隆** 尾崎正治** 楠川禮造**

心房細動における心機能低下の原因には、心房収縮の欠如と心拍数増加による拡張期の短縮から由来する心室充満の障害が一因として挙げられている。その心拍数増加抑制のための代表的治療薬として現在、digitalis, β blocker, Ca blocker が用いられている。そのうち使用頻度の最も高い digitalis は、その単独投与では運動中の心拍数抑制には効果が低く、一方、 β blocker や Ca blocker は安静時、運動時のいずれにおいても心拍数低下に有効であるといわれている。我々は基礎疾患の運動負荷に対する影響が除外でき、種々の薬物使用が比較的容易な Lone atrial fibrillation (Lone Af) 患者において運動負荷時の心拍数に対する digitalis の影響を他の薬物の影響と比較検討した。

§ 対象と方法

対象は Lone Af を有す患者 10 名、平均年齢 60.2 歳、全員男性であった。各患者で、無投薬時、digitalis 0.25 mg/日、propranolol 60 mg/日、verapamil 240 mg/日それぞれを無作為に最低 1 週間投与後運動負荷を施行した。

負荷方法は、エルゴメーター (CORIVAL 400, LOAD 社製) を用い、2 分間 0 watt でウォーミングアップ後、10-20 W/分の漸増負荷試験を行った。1 分毎に血圧の測定、心電図記録からの心拍数測定を行った。負荷中、GOULD 社製呼気ガス分析器 9000 IV を用いて連続的に呼気ガス分析を行い嫌気性代謝域値 (AT) の測定を行った。

§ 結果

Lone Af 患者の心拍数を正常者の心拍数と比較した

(図 1)。年齢予測最大心拍数に対する割合を安静時、AT レベル、最高運動負荷時において比較すると、いずれのレベルにおいても Lone Af 患者の心拍数は高値を示した ($p < 0.01$)。

Lone Af 患者における、無投薬時 (コントロール)、各薬物投与時の運動負荷前、負荷中、最大負荷時の平均心拍数を表 1 に示した。AT レベルの心拍数は、無投薬下の運動負荷において AT の得られた負荷量における心拍数とした。それぞれの薬物使用時の心拍数を無投薬時のそれと比較検討した (図 2)。Propranolol, verapamil のいずれによっても、安静時、AT レベル、最大負荷時で有意な心拍数の低下を得られたが、digitalis 投与時には安静時および AT レベルでは有意に低下したものの、最大負荷時にはコントロールとの差を認めなかった。

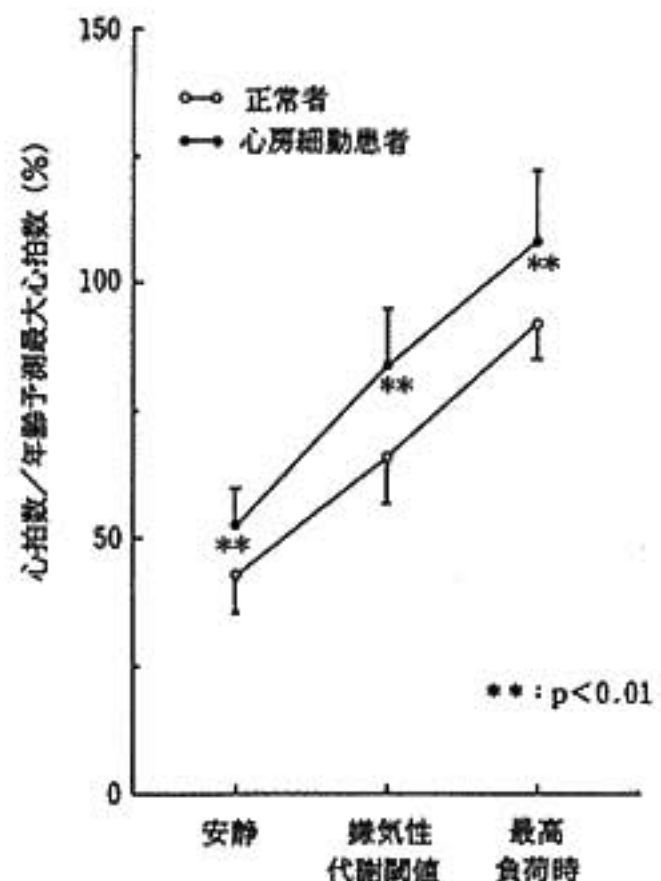


図 1

*山口大学医療技術短期大学部

** 同 医学部第 2 内科

(〒755 宇部市西区小串 1144)

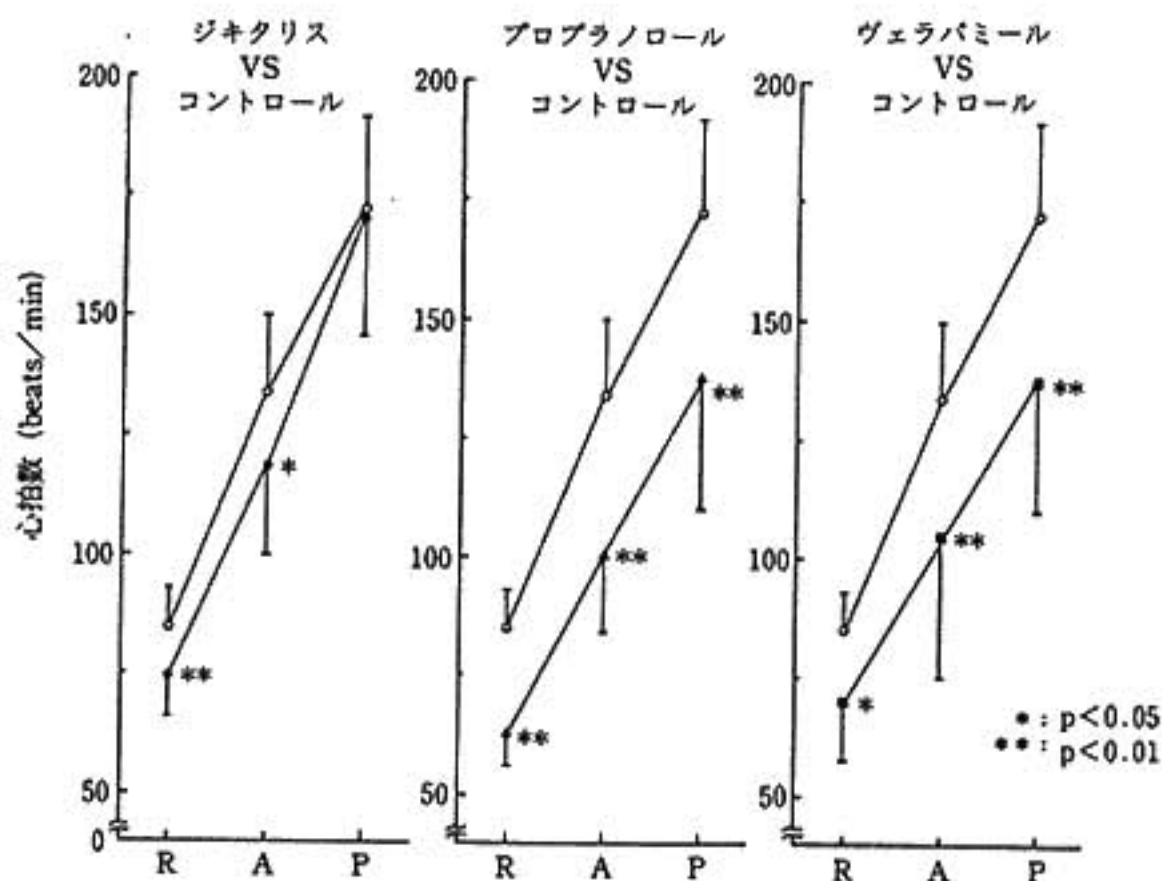


図 2 R:安静時, A:ATレベル, P:最高負荷時

表 1 安静時および通勤時心拍数

	心拍数 (Mean SD/分)		
	安静時	AT	負荷時
コントロール	84.7±8.0	126.8±20.4	174.5±16.6
Digitalis	75.2±9.2	112.9±22.6	171.3±24.7
Propranolol	63.1±7.3	98.1±18.0	138.0±27.7
Verapamil	69.5±12.5	102.1±30.4	138.4±28.1

§ 考察

Atwood らは心房細動患者における電氣的除細動の前後において運動負荷試験を行い、除細動後において一定の負荷量に対する心拍数の減少と運動能の改善を報告している。我々の今回対象にした心房細動患者は全例 Lone Afであったが正常者に比較し安静時運動時を通じ有意な心拍数増加を認め、薬物に対する反応に意義を認めた。また、使用した薬物の原疾患への影響を考慮することなく運動負荷試験を行うことが可能であった。結果は digitalis は最大運動負荷時の心拍数抑制には無効であったが安静時、AT レベルでは有効であった。一方、Ca blocker, β blocker はいずれのレベルでも心拍数低下に有効であった。

§ 文献

- 1) David D, Segni ED, Klein HO, et al: Inefficacy of digitalis in the control of heart rate in patients with chronic atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 44: 1378-1382, 1978
- 2) Redfors A: The effect of different digoxin doses on subjective symptoms and physical working capacity in patients with atrial fibrillation. *Acta Med Scand* 190: 307-320, 1971
- 3) Zoble RG, Brewington J, Olukotun AY et al: Comparative effects of Nadolol-Digoxin combination therapy and digoxin monotherapy for chronic atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 60: 39 D-45 D, 1987
- 4) Lang R, Klein HO, Weiss E, et al: Superiority of oral verapamil therapy to digoxin in treatment of chronic atrial fibrillation. *Chest* 83: 491-499, 1983
- 5) Atwood JE, Myers J, Sullivan M, et al: The effect of cardioversion on maximal exercise capacity in patients with chronic atrial fibrillation. *Am Heart J* 118: 913-918, 1989

心室内伝導障害例における T1運動負荷心筋 ECT の検討

俵原 敬* 倉田千弘* 田口貴久* 小林 明* 山崎 昇*

心室内伝導障害例では、心電図による虚血の診断は困難であり、運動負荷心筋シンチが有用とされてきた¹⁾。しかし近年、左脚ブロック、WPW 症候群などでは運動負荷心筋シンチ上、偽陽性を示すことが多いとの報告がみられるようになった^{2)~4)}。

今回、著者らは心室内伝導障害例における運動負荷 T1 心筋 ECT の冠動脈疾患に対する偽陽性率について検討した。

§ 対象と方法

対象は心室内伝導障害を示した 57 人中、冠動脈疾患 (CAD) 以外の明らかな基礎心疾患を除外した計 48 人 (男性 40 例, 女性 8 例; 58±14 歳) で、その内訳は、右脚ブロック [R 群] 24 人, 左脚ブロック [L 群] 4 人, 右室ペースング [RP 群] 3 人, 右脚ブロック+異常左軸偏位 [R+LAD 群] 8 人, WPW 症候群 [W 群] 8 人であった。左脚ブロックパターンを示す右室ペースングは、左脚ブロックと併せて検討した。

また、冠動脈疾患のないものを CAD (-) 群とし、あるものを CAD (+) 群とした。冠動脈疾患がなく、負荷心電図上 ST 診断の可能な "diagnostic ECG" 群 51 人をコントロールとした。

方法は、座位自転車エルゴメーター多段階負荷にて、胸痛、下肢疲労、重症不整脈、血圧低下を endpoint とし、Tl-201 を終了 1 分前に静注し、その 5 分後と約 4 時間後に心筋 ECT を撮影した。ECT の評価は、以下のごとく視覚的判定と定量的判定にて行った。視覚的判定：左室心筋を 9 領域に分割し、transient defect (TD) と persistent defect (PD) を判定した。定量的評価：circumferential profile analysis より、washout

rate をもとめ、正常 15 名の mean-2 SD を下回る場合を abnormal washout と判定した。

§ 結果

心室内伝導障害例の TD または PD の出現率は CAD (-), (+) の各々で以下のごとくである。[R 群]：CAD (-) 群 2/15 (13%), CAD (+) 群 9/9 (100%); $p < 0.01$ 。[L 群]+[RP 群]：CAD (-) 群 5/7 (71%), CAD (+) 群 1/1 (100%)。[R+LAD 群]：CAD (-) 群 4/6 (67%), CAD (+) 群 2/2 (100%)。[W 群]：CAD (-) 群 0/8 (0%), CAD (+) 群 0/0。

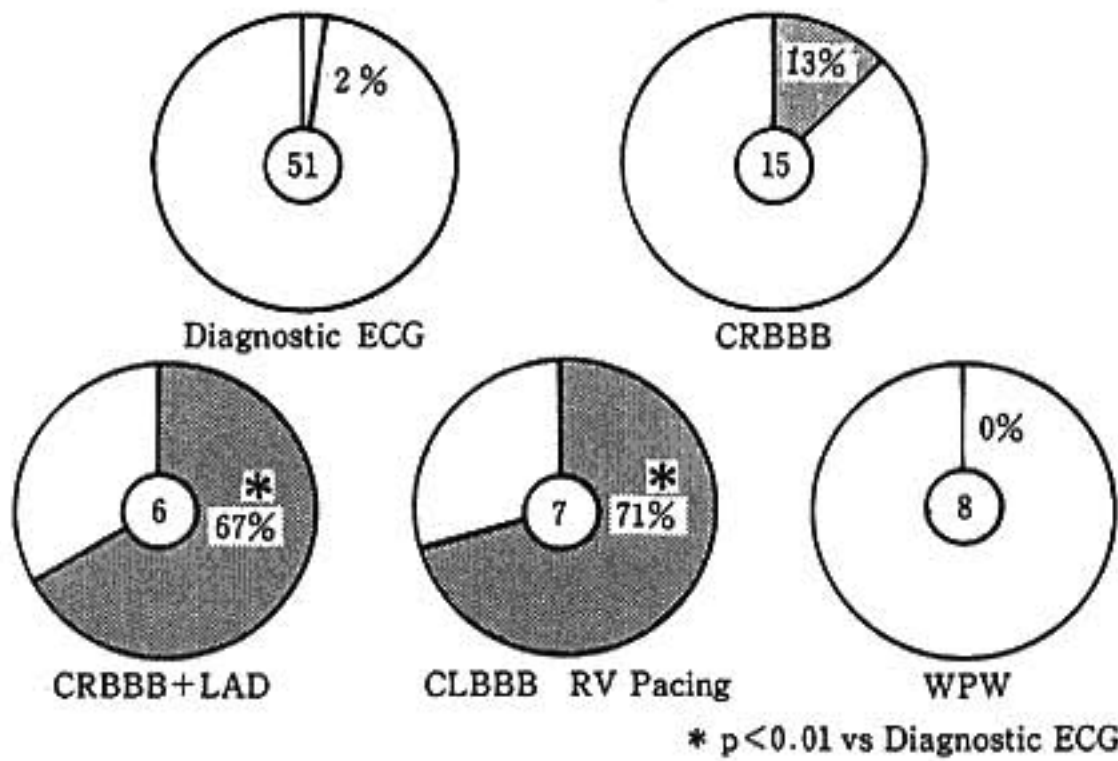
また、コントロール群では 1/51 (2%) であった。

図 1 に CAD (-) 群における TD または PD の出現率を示す。[R 群] の TD または PD の出現率はコントロール群に比し有意な差がないものの、[L 群]+[RP 群] と [R+LAD 群] では、有意に高かった。

次に、偽陽性率の高かった [L 群]+[RP 群]、[R+LAD 群] についてその TD または PD の出現部位を検討した。表 1 で示すごとく、[L 群]+[RP 群] では、視覚評価にて、高頻度に中隔、前壁、心尖部に TD の出現を認め、定量的評価にて、ほぼ同部位に一致して washout rate の異常を認めた。[R+LAD 群] では、表 2 で示すごとく、視覚評価にて中隔および下壁に高頻度に TD または PD の出現を認めた。但し定量的評価では、同部位に一致して washout rate の低下を認めたが、正常の mean-2 SD を下回ることは少ない傾向にあった。

§ 考按

右脚ブロックおよび WPW 症候群を有する患者では diagnostic ECG の患者と同様に、冠動脈疾患がなければ一過性欠損や持続性欠損の出現率は低く、T1 運動負荷心筋 ECT による冠動脈疾患の診断は有用であ



◀図1 CAD (-)群における一過性欠損 (TD) または持続性欠損 (PD) の出現率
* p < 0.01 vs Diagnostic ECG

表1 冠動脈疾患のない左脚ブロック群および右室ペーシング群におけるTDまたはPDの出現部位

Patient	Age Sex	Visual interpretation								Abnormal washout rate									
		ANT		SEP		INF		LAT		AP	ANT		SEP		INF		LAT		AP
		A1	A2	S1	S2	I1	I2	L1	L2		A1	A2	S1	S2	I1	I2	L1	L2	
1	73M	T	T	N	N	N	N	N	N	N	-	D	-	-	-	-	-	D	D
2	72F	T	T	T	T	N	N	N	N	T	D	D	D	D	-	-	-	-	D
3	61F	N	T	T	T	T	N	N	N	N	D	D	D	D	-	-	-	-	-
4	66M	N	N	T	T	N	N	N	N	N	-	-	D	D	-	-	-	-	-
5	62M	N	N	T	T	T	T	N	N	T	-	D	D	D	D	D	-	-	D
6	62M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	66F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A1, S1, I1, L1: 中央の前壁, 中隔, 下壁, 側壁.

A2, S2, I2, L2: 心尖部よりの前壁, 中隔, 下壁, 側壁 (短軸断層像より).

AP: 心尖部 (長軸断層像より), T: 一過性欠損, P: 持続性欠損, N: 正常, D: Washout rate < 正常の M-2SD.

表2 右脚ブロック+異常左軸偏位群におけるTDまたはPDの出現部位

Patient	Age Sex	Visual interpretation								Abnormal washout rate									
		ANT		SEP		INF		LAT		AP	ANT		SEP		INP		LAT		AP
		A1	A2	S1	S2	I1	I2	L1	L2		A1	A2	S1	S2	I1	I2	L1	L2	
1	64M	N	N	T	N	T	T	N	N	N	-	-	D	D	D	D	D	D	-
2	60F	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	73M	N	N	T	N	P	T	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	69M	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	73M	N	N	N	N	N	T	N	N	N	-	-	-	-	-	D	-	-	-
6	65M	P	N	T	N	T	T	N	N	N	-	-	D	-	D	-	-	-	-

ると考えられる。一方、左脚ブロック、人工ペースメーカーによる右室ペーシング、右脚ブロック+異常左軸偏位を有する患者では、冠動脈疾患によらない一過性欠損や持続性欠損が高頻度に認められ、心筋シンチによる冠動脈疾患の診断には注意を要する。

これら偽陽性率の高い心室内伝導障害例での一過性欠損や持続性欠損の出現のメカニズムとしては、asynchronous contractionを反映したfunctional ischemia²⁾や、心筋においてfibro-degenerative changeをきたした領域でのsmall vesselの変化を反

映したexercise-induced ischemia等が考えられる。

今後、まだ不明な点も多いため、多数の症例での検討や病理学的検討等が必要であると考えられる。

§ 文献

- 1) Botvinick EH, et al: *Am J Cardiol* 41: 43, 1978
- 2) Hirzel HO, et al: *Am J Cardiol* 53: 764, 1984
- 3) Archer S, et al: *Am J Cardiol* 59: 1103, 1987
- 4) Depuey EG, et al: *J Nucl Med* 29: 1479, 1988

小児における運動負荷試験

新垣義夫・ 広田浜夫・ 岡島 進・ 神谷哲郎*

国立循環器病センター小児科で行われている運動負荷検査として、トレッドミル運動負荷試験(TM)およびエルゴ負荷 Tc-99 m 心プールイメージング(ERI)について述べる。

表1にTMのプロトコルを示した。物事に飽きやすい小児で、検査の続行が困難とならない12分間に最大の負荷量を得ることに主眼をおいた。検査は主に症状制限的に行った。

図1にこのプロトコルにより行った場合の対照群での心拍数の変化(上段)および酸素消費量(下段)を示した。安静時から第I段階と第III段階から第IV段階にかけて酸素消費が急峻になっている。心拍数は安静時から第I段階にかけて急峻に立ち上がり、以後はほぼ直線的に上昇している。最大心拍数は男児で183±10/分、女児で197±10/分、最大酸素消費量は男児で42.0±6.4 ml/kg/分、女児で35.7±6.0 ml/kg/分であった。同プロトコルで負荷量が過大となる症例に対しては、プロトコルを適宜変更している。

表1 トレッドミル運動負荷心電図の方法
国立循環器病センター小児科におけるトレッドミル運動負荷試験のプロトコル。検査後は通常5分間経過観察している。

段階	速度(km/時)	傾斜(%)	継続時間(分)
I	4.5	10	3
II	5.5	14	3
III	5.5	22	3
IV	7.5	22	3

図2に先天性心疾患に対して行ったTMの結果のひとつを示した。先天性心疾患の術後例のうち、フォンタン手術後、ラステリー手術後の症例では酸素消費量が少なく、運動能が低下していた。これに対し、心房中隔欠損術後例や心室中隔欠損術後例ではほぼ対照群と同様の酸素消費量を示した。

川崎病におけるTMは成人例における虚血性心疾患と同様の意味をもっている。冠動脈造影で75%異常の狭窄あるいは閉塞のある川崎病の症例のTMによ

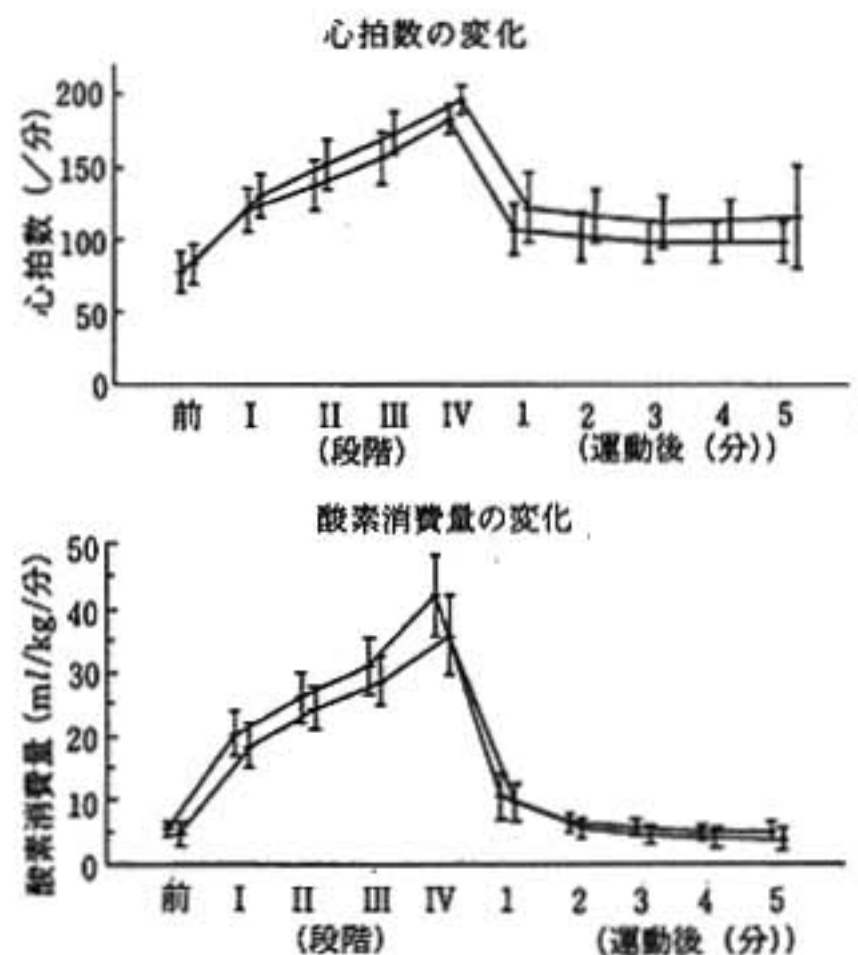


図1 対照例(基礎心疾患の認められない胸痛や動悸を訴えて来院した例)における心拍数および酸素消費量の変化

上図、心拍数の変化、下図、酸素消費量の変化。いずれも右側の棒が女児、左側の棒が男児である。棒の中心は平均値、幅は標準偏差を示している。

*国立循環器病センター小児科
(〒565 吹田市藤白台 5-7-1)

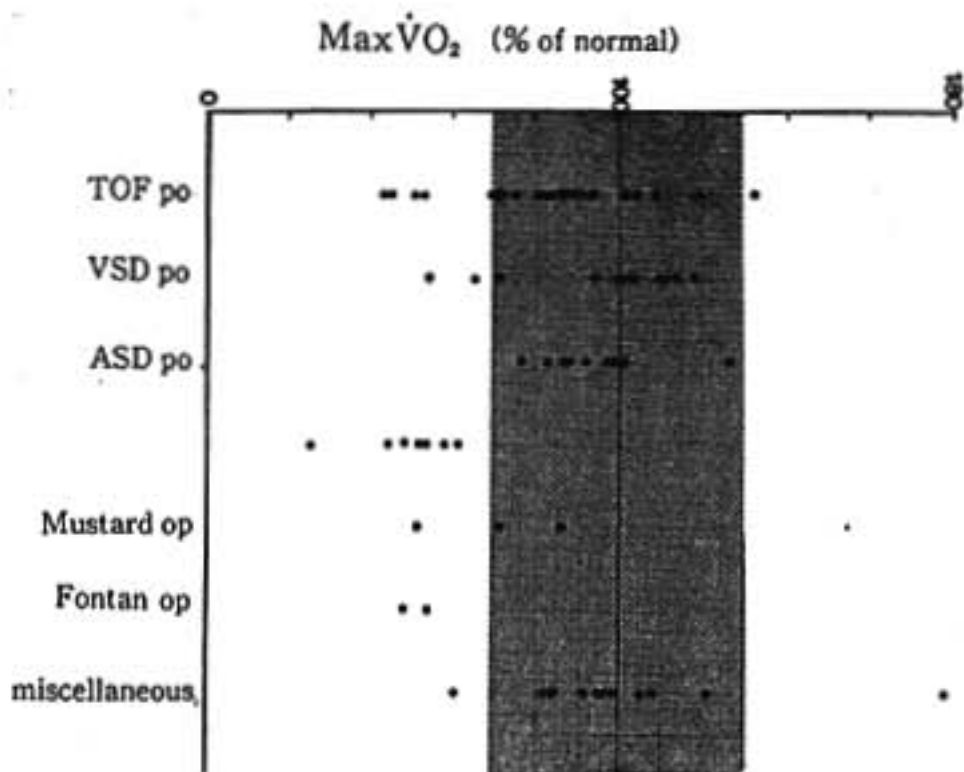


図2 各種先天性心疾患術後例における最大酸素消費量
TOF: ファロー四徴, VSD: 心室中隔欠損, ASD: 心房中隔欠損, Rastelli op: ラステリー手術(兩大血管右室起始などで肺動脈に人工血管を使用する手術方法)後例, Mustard op: マスタード手術(心房内で血流を変更する大血管転位などに対する手術方法)後例, Fontan op: フォンタン手術(肺動脈側の心室を有しない右心バイパス手術)後例, miscellaneous: 動脈管開存などその他の手術後例. 図中央の網目状の帯は正常範囲を示す.

る検出率は49%であった。一方、運動負荷あるいはジピリダモール負荷によるタリウム心筋シンチによる狭窄性病変の検出率は85%、ジピリダモール負荷心電図が81%、体表面電位図が71%であり、TMより優れていた。しかしながら、A-Cバイパスを行う必要のある症例では術前後の評価を行うのに重要な検査のひとつであった。

学校検診や管理の問題もあり、不整脈に対する運動負荷試験はかなり以前から広く行われてきた。しかし、運動により誘発された不整脈例は少なく、誘発された心室性頻拍はTMを受けた心室性頻拍46例中3例のみであった。

TMの検査例数は、過去十年間で川崎病と先天性心疾患が約4.5倍に増加した。不整脈とともに今後TMの主要な対象疾患となっていくと考えられる。

次にERIについてであるが、負荷の方法は臥位で20Wから開始し、20Wずつ2分間で漸増していき、上体が揺れだす負荷量の約80%の運動量を維持させた。安静時と運動時にTc 99mにより心プールイメー

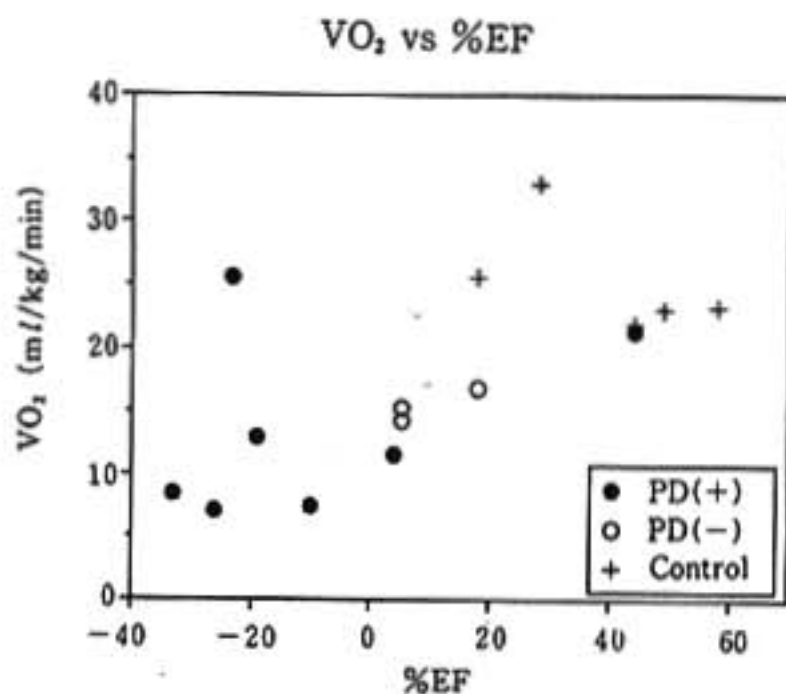


図3 エルゴ負荷Tc-99m心プールイメージングによる左室駆出率の変化率(%EF)((安静時の左室駆出率÷運動時の左室駆出率)×100)と運動負荷維持中の酸素消費量(VO₂)との関係
PD(+): 灌流欠損が見られた例, PD(-): 灌流欠損が見られなかった例, Control: 対照例(狭窄性病変のない川崎病など).

ジングで心電図ゲート法を用いて左室駆出率を求めた。また、酸素消費量を測定した。この方法で得られた対照群(狭窄性病変を有しない川崎病例など)の負荷時心拍数は146±12/分、収縮期血圧は149±12mmHg、酸素消費量は25.3±4.5ml/kg/分であった。左室駆出率は安静時55.4±3.6%が負荷時77.0±7.3%に増加した。

図3は肺動脈として人工血管を用いるラステリー手術後例と対照例でのERIにより得られた左室駆出率と酸素消費量の間には有意な正相関が見られた。タリウム心筋シンチにより灌流欠損のみられた例では、左室駆出率および酸素消費量が低値であった。しかし、手術直後に心筋梗塞の見られた1例では、左室駆出率が悪いにもかかわらず酸素消費量は正常であり、不一致が認められた。

TMとERIを組み合わせるにより心拍数や酸素消費量だけでなく、運動による左室駆出率の変化を見ることができ、術後例や心機能低下の考えられる症例に対する運動処方などがより適切に行えると考えられた。

川崎病巨大冠動脈瘤患児に対する運動負荷試験

南沢 享* 岩本真理* 佐川浩一*
真下和宏* 牧 隆敏* 新村一郎*

川崎病は小児期の代表的な虚血性心疾患のひとつである。小児では学校などでの運動の適否を判定しなければならぬことや、いわゆる silent ischemia が多いこと^{2,3)}などから、各種負荷試験による虚血の正確な判定および運動能力を評価することが重要である。そこで巨大冠動脈瘤を有する患児に対して、トレッドミル運動負荷試験を施行し、心電図変化、呼気ガス分析ならびに血圧測定などから心筋虚血の有無および運動能力を検討した。

§ 対象と方法

対象は初回冠動脈造影にて、直径 8 mm 以上の冠動脈瘤を有する川崎病既往児 27 例 (男 17, 女 10)、年齢は 3-19 歳 (平均 9.1 ± 3.9 歳) であり、発病から 6 カ月-15 年 (5.6 ± 3.7 年) 経過していた。27 例を閉塞冠動脈病変 (再疎通例を含む) を有する患児 11 例 (男 8, 女 3, 平均年齢 11.5 歳, このうち有症状の心筋梗塞は 5 例) と、閉塞病変のない患児 16 例 (男 9, 女 7, 平均年齢 8.4 歳) の 2 群に大別した (表 1)。

運動方法は Bruce 法による多段階トレッドミル運動負荷で自覚的最大の負荷を原則とした。心電図は Marquette 社製 CASE-II を用い、Mason-Likar による修飾 6 肢誘導と胸部 6 誘導を連続モニタリングし、1 分毎に記録した。心拍数は記録された心電図より算出した。虚血性 ST 低下の判定は J 点から 0.06 sec で 0.1 mV 以上の水平ないし下降型低下とした。血圧は運動前、運動中は各段階終了 30 秒前、運動終了直後、1 分、3 分、6 分に検者が聴診により測定した。

呼気ガス分析は 23 例に施行した。ダグラスバック方式採用のアニマ社製 R 1500 S を用いて 30 秒毎に酸素

摂取量 ($\dot{V}O_2$)、分時換気量 (VE)、炭酸ガス排泄量 ($\dot{V}CO_2$) を測定した。小児は $\dot{V}O_2$ が leveling off することが稀なため、最大測定値を $\dot{V}O_{2\max}$ とした。Wasserman らの方法にしたがって、 $VE/\dot{V}CO_2$ が変化せず、 $VE/\dot{V}O_2$ が連続的な上昇を開始する点ないし VE が直線性を失って増加を開始する点を呼気ガス分析による嫌気性代謝閾値として求めた。

§ 結果

1. 巨大冠動脈瘤を有する川崎病患児 27 例中 23 例 (85%) が、最大負荷可能であった。亜最大負荷に終わった 4 例は心電図上の ST 変化が負荷中止の理由であった (表 1)。

2. 虚血性 ST 変化は閉塞群 11 例中 5 例 (45%)、非閉塞群 16 例中 2 例 (13%) であった。心筋梗塞後、心

表 1

	閉塞群 n=11	非閉塞群 n=16	Total n=27
男性	8(73)	9(56)	17(63)
年齢	11.5 ± 5.0	8.4 ± 2.6	9.6 ± 3.9
発病からの経過年数	7.9 ± 3.4	4.2 ± 3.0	5.6 ± 3.7
心筋梗塞の既往	5(45)	0(0)	5(19)
最大負荷可能	8(73)	15(94)	23(85)
ST 低下	4(36)	2(13)	6(22)
ST 上昇	1(9)	0(0)	1(4)
運動誘発性心室性不整脈			
VPC	2(18)	0(0)	2(7)
VT	2(18)	0(0)	2(7)

MEAN \pm SD, ()内は%, VPC: ventricular premature contraction, VT: ventricular tachycardia

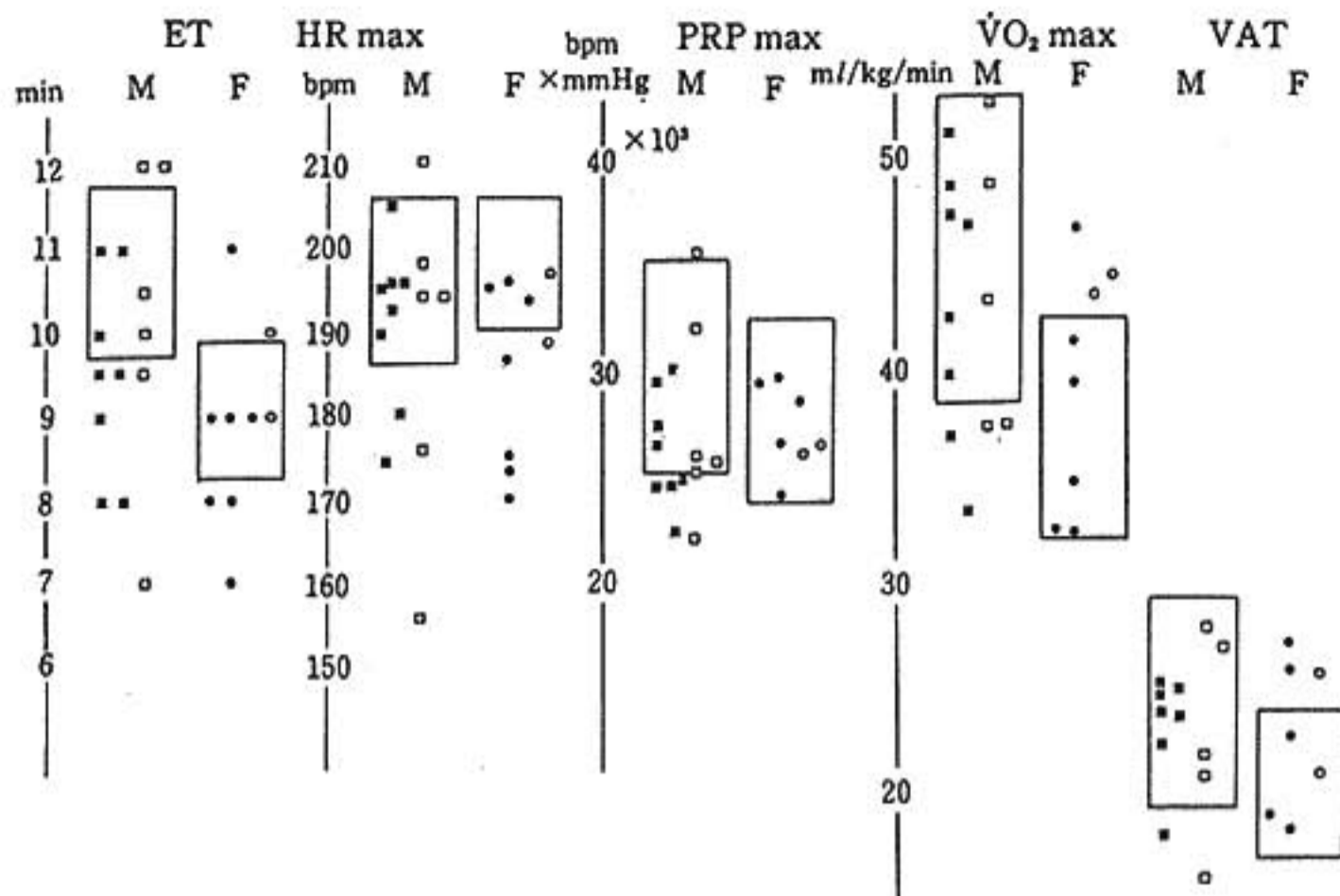


図1 Treadmill exercise test

枠内は対照±標準偏差。■, ●: 非閉塞群, □, ○: 閉塞群, M: 男, F: 女, ET: 運動耐用時間, HR max: 最大心拍数, PRP max: 最大 pressure rate product, $\dot{V}O_2$ max: 最大酸素摂取量, VAT: 嫌気性代謝閾値

室瘤が認められた閉塞群1例にST上昇がみられた。左前下行枝に閉塞病変を有する4例は全て虚血性ST変化が認められた。ST変化のあった閉塞群5例の閉塞冠動脈は、左前下行枝+右冠動脈4例、右冠動脈1例であった。非閉塞群2例は左前下行枝に明らかな狭窄性病変を有していた。ST変化のあった7例ともに胸痛などの自覚症状を認めない silent ischemia であった。またこのうち2例が、発病後2年以内に死亡した(表1)。

陰性U波はST低下のあった6例中2例に認められた。

3. 閉塞群で運動誘発性非持続性心室性頻拍を11例中2例(18%)、心室性期外収縮を2例(18%)に認めた。心室性頻拍のうち、1例は虚血性ST低下に伴い、臨界心拍数125bpmにて再現性をもって、誘発された(表1)。

4. 呼気ガス分析を施行した23例中21例が最大負荷可能であった。21例の最大酸素摂取量の平均は 41.9 ± 6.1 ml/kg/minであり、嫌気性代謝閾値での酸素摂取量(VAT)は 23.1 ± 3.8 ml/kg/minであった。年齢を一致させた健康児との比較では $\dot{V}O_2$ が81%、VATが89%、平均-1SD以内にあり、運動能力はおおむね良好であった。閉塞病変群に限ってみても $\dot{V}O_2$ は7例中5例(71%)、ATは7例中6例(86%)が平均-1SD以内であった。

Pressure-rate productも76%が平均-1SD以内であった(図1)。

§ 考察

運動負荷心電図検査は一般に負荷心筋シンチグラフィなどに比べると感受性が低いといわれるが、川崎病冠動脈障害児においても同様の報告が多い^{2,3)}。白石ら²⁾は虚血性心病変の既往のある8例でトレッドミル運動負荷試験では陽性率が25%であったのに対し、亜硝酸アルミ負荷心機図、エルゴメーター負荷心筋シンチグラフィでの陽性率は、それぞれ100%、75%であったといい、多田羅ら³⁾は冠動脈閉塞30例中、トレッドミル運動負荷試験陽性率は32%であり、負荷心筋シンチグラフィでは85%の陽性率であったという。我々も閉塞群で45%に異常を認めたのみである。ただ多田羅らが指摘しているように左主幹部、左前下行枝での陽性率は高く、左回旋枝、右冠動脈はほとんどに陽性にならない。この点虚血性病変の存在判定においては負荷心電図検査は限界を有しているものの、重症度を比較的良く反映していると思われる。

この際興味深い点はこの虚血性ST変化のみられた症例のほとんどが自覚症状のない、いわゆる silent ischemia であり成人と比べると明らかに頻度が高い⁴⁾。その理由は小児では成人に比べ痛覚閾値が高い、虚血の程度が軽いことなどが推察されるが、詳

細は不明であり、今後の検討を要する。

川崎病冠動脈後遺症のある児童の運動能力の報告は少ない⁹⁾。今回の結果は日常生活において様々の程度の運動制限を受けているにもかかわらず、概して運動能力は健康児と遜色なかった。以上の所見は自覚症状がなく、運動能力も決して劣らない当該児童の運動指導の困難性を示すと考えられた。

§ 文献

1) 中川雅生, 林 鐘声, 浜岡建城, ほか: 川崎病学童の管理—冠動脈後遺症を有する学童を中心に

一. 日児誌 88: 425, 1984

2) 白石 公, 松村淳子, 福持 裕, ほか: 虚血性心疾患の既往のある川崎病 8 例の長期予後. 日児誌 92: 1333, 1988

3) 多田羅勝義, 篠原徳子, 橋本景子, ほか: 川崎病冠状動脈閉塞例の予後. 日児誌 92: 2530, 1988

4) 外園光一: Silent myocardial ischemia の診断と治療. クリニカ 15: 399, 1988

5) 清水 隆: 巨大冠動脈瘤の長期予後—耐運動能評価を中心として—. *Prog Med* 9: 17, 1989

不整脈児の水中心電図記録

石川秀樹* 奥村直哉* 松島正氣* 西端健治**
長井典子** 長嶋正實** 大須賀明子***

小児の突然死の中で水中での死亡の占める割合は大きいにもかかわらず、その機序に関しては不明な点が多い。また、不整脈児の水中心電図記録に対して明確な管理基準は存在しない。そこで我々は不整脈児を対象として水中心電図記録を実施し、水中での不整脈の出現状況とその代用検査法について検討した。

§ 対象および方法

対象は、ホルター心電図(ホルター)、トレッドミル運動負荷試験(トレッドミル)などの検査で、以下の不整脈と診断された33例である。内訳は心室性頻拍(VT)10例、心室性期外収縮(VPC)8例、上室性期外収縮(SVPC)3例、II度房室ブロック(II-AVB)5例、III度房室ブロック(III-AVB)4例、洞徐脈(SB)3例で、年齢は6~17歳、男児15例、女児18例である。

対象症例にS法:水泳(50m)、D法:潜水、F₁法:顔面浸水(常温水:25°C)、F₂法:顔面浸水(冷水:6°C)の4方法を負荷し、出現した不整脈を比較検討した。S法、D法は25mプールで行い水温は25°Cであった。水中での心電図の記録方法は、浅井らの方法に準じた¹⁾。

各負荷により以下の不整脈が出現した場合を有意とした。負荷前に比し、より高頻度もしくはより重症な不整脈が出現した場合。徐脈性不整脈では上記に加え、心室性不整脈が新たに出現した場合。なおIII-AVB群では、負荷中もIII-AVBが持続しており、心室性不整

脈が出現した場合のみを有意とした。

§ 結果(表1)

①VT群:10例中8例でVTが出現した。症例1, 2の2例はトレッドミルでVTが出現する運動誘発性VTであり、今回の負荷ではトレッドミルと同じく心拍数の上昇するS法においてのみ、VTが出現した。症例3~7の5例は、D法、F₁法、F₂法でVTが出現した(図1)。症例8は今回の負荷の影響を受けずVTが持続し、症例9, 10はVTは出現しなかった。症例3~10の8例は、ホルターでVTと診断されていたが、トレッドミルではVTは出現していなかった。

②VPC群:8例中6例でVPCが出現した。症例11はS法、D法、F₁法でVPCが出現しており、ホルターに加えトレッドミルでもVPCが出現していた。症例12, 13, 15~17の5例は、D法、F₁法、F₂法のいずれかでVPCが出現した。症例14, 18はVPCは出現しなかった。症例12~18の7例はホルターでVPCと診断されていたが、トレッドミルではVPCは出現していなかった。なお、症例17は、D法、F₂法ではじめてVTが出現した。

③SVPC群:3例ともSVPCが出現した。これらの症例は、ホルターでSVPCと診断されていたがトレッドミルでは出現していなかった。

④徐脈性不整脈群:II-AVB群5例ともD法、F₁法、F₂法のいずれかでII-AVBやVPCが出現した。III-AVB群:4例とも負荷中III-AVBが持続し、さらに多源性のVPCが出現した。症例28は4負荷全てでVPCが出現し、症例27, 29, 30の3例は、D法、F₁法、F₂法のいずれかでVPCが出現した(図2)。SB群:3例中1例において、D法、F₁法、F₂法で洞房ブロックが出現し、F₂法で5.4秒の心停止が認められた。徐脈性不整脈群はいずれもホルターで診断さ

*社会保険中京病院小児循環器科
(〒457 名古屋市南区三条 1-1-10)

**名古屋大学医学部小児科
(〒466 名古屋市昭和区鶴舞町 65)

***藤田保健衛生大学医学部小児科
(〒470-11 豊明市沓掛町田楽ケ窪 1-98)

表 1 各負荷による不整脈の出現状況

症例		方法	S	D	F ₁	F ₂
VT 群	1		XX			
	2		XX			
	3			XX	XX	XX
	4			XX	XX	XX
	5			XX	XX	XX
	6			XX	XX	XX
	7			XX	XX	XX
	8		XX	XX	XX	XX
	9					
	10					
subtotal			3	6	6	6
VPC 群	11		X	X	X	
	12			X	X	X
	13			X	X	
	14					
	15			X	X	X
	16			X	X	X
	17			XX	X	XX
	18					
	subtotal			1	6	6

症例		方法	S	D	F ₁	F ₂
SVPC 群	19			△	△	△
	20			△		△
	21			△	△	△
subtotal			0	3	2	3
II-AVB 群	22			○	○	○
	23			○X	○	○X
	24			○	○	○
	25			○		○
	26			○	○X	○
	subtotal			0	5	4
III-AVB 群	27			X	X	X
	28		X	X	X	X
	29			X		
	30			X	X	
subtotal			1	4	3	2
SB 群	31			□	□	□
	32					
	33					
subtotal			0	1	1	1
total			5	25	22	21

S:水泳, D:潜水, F₁:顔面浸水(25°C), F₂:顔面浸水(6°C), XX:心室性頻拍(VT), X:心室性期外収縮(VPC), △:上室性期外収縮(SVPC), ○:II度房室ブロック(II-AVB), □:洞房ブロック(SAB)

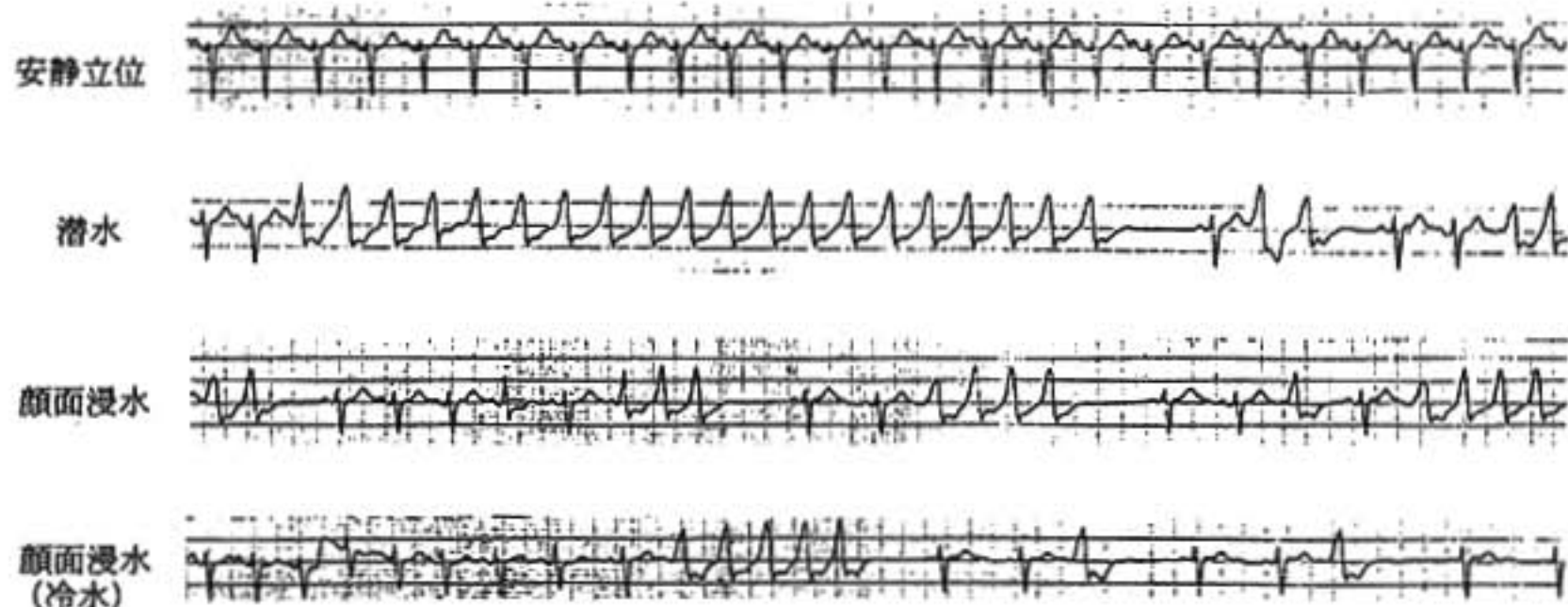


図 1 症例 3: 心室性頻拍

安静時は正常洞調律で、潜水、顔面浸水で繰り返し心室性頻拍が出現していた。

れており、トレッドミルで有意の不整脈が出現したのは、S法でもVPCが出現した上記症例28のみであった。

以上より、有意の不整脈が出現したのはS法で5例(15.1%)であるのに対し、D法で25例(75.8%)、F₁

法で22例(66.7%)、F₂法で21例(63.6%)であった。S法で不整脈が出現した5例は、いずれもトレッドミルでも出現しており予測可能であったが、D法で不整脈が出現した25例の予測はトレッドミル・ホルターのみでは困難であった。そこでD法の代用検査法とし

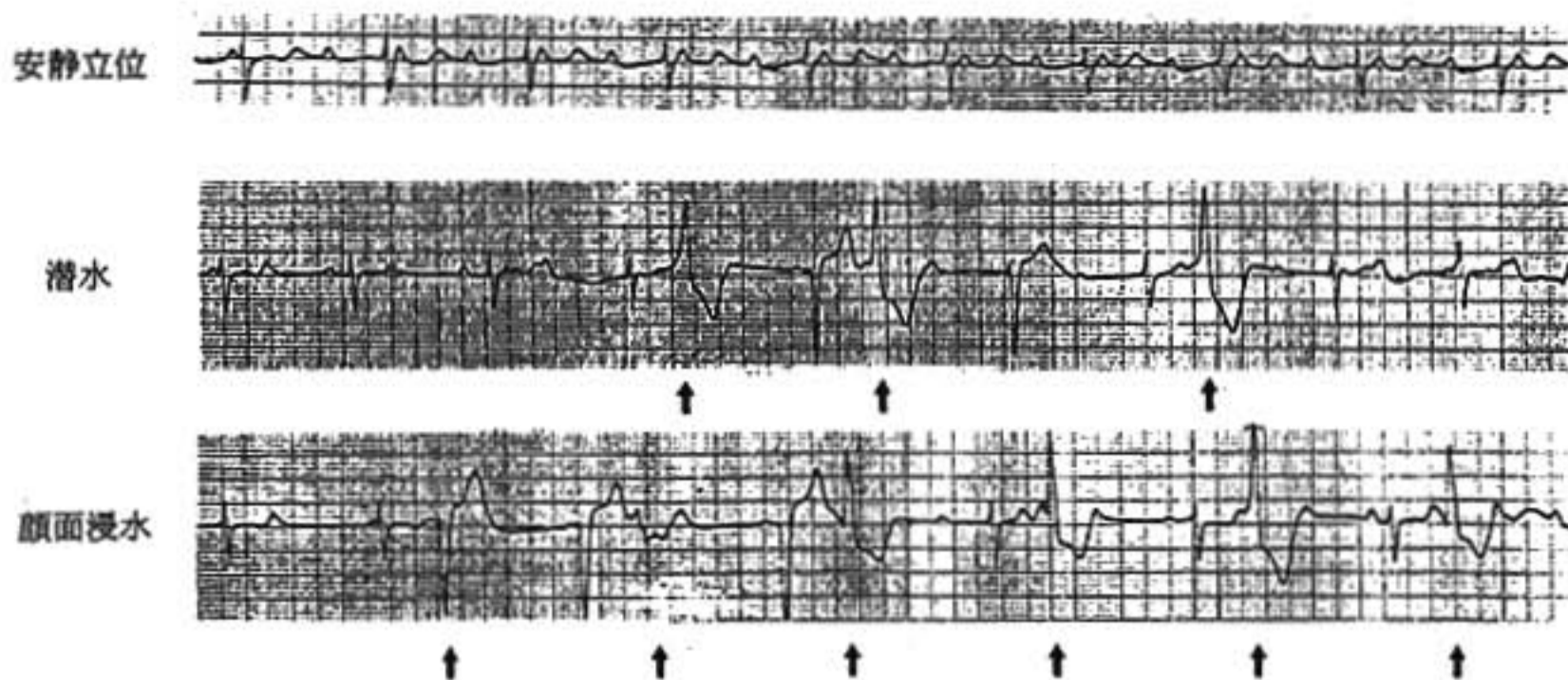


図 2 症例 27：完全房室ブロック

完全房室ブロックの症例で、潜水、顔面浸水時、心室拍数の変化に乏しいが、多源性の心室性期外収縮が2段脈となって出現していた。

表 2 不整脈の出現頻度による各負荷の比較

a		D		b		D	
		+	-			+	-
F ₁	+	22	0	F ₂	+	21	0
	-	3	8		-	4	8

＋：有意の不整脈が各負荷により出現した例，－：有意の不整脈が出現しなかった例，D：潜水，F₁：顔面浸水（25℃），F₂：顔面浸水（6℃）。

てF₁法、F₂法をD法と比較検討した。不整脈の出現頻度によりF₁法をD法と比較すると、F₁法はD法に対して、sensitivity 88.0%，specificity 100%，predictive value 100%，accuracy 90.9%であり、偽陰性は3例認められたものの、偽陽性は認めなかった（表2-a）。同様にF₂法をD法と比較した（表2-b）。D法はF₂法に対してsensitivity 84.0%，specificity 100%，predictive value 100%，accuracy 87.9%であり、偽陰性は4例で認められたものの、偽陽性は認めなかった。

§ 考按

不整脈児は水中で不整脈が高頻度に出現していた。その大部分はすでに診断されていた不整脈と同じ不整脈であったが、一部には、より重篤な不整脈、長い心停止を呈する例も含まれており、このような例のスクリーニングが重要である。

同じ水中でも水泳時に不整脈が出現する例は限られており、運動誘発性不整脈が大部分を占め、トレッドミルで予測可能である。一方、潜水時には不整脈が水

泳時より高頻度に出現していたが、潜水は心拍数が減少する特殊な運動負荷であり、ホルターやトレッドミルでは潜水時の不整脈の出現状況を予測することは不可能である。また、不整脈児全員に対して水中心電図記録を実施することも困難である。

そこで我々は潜水と同様心拍数の減少する負荷である顔面浸水法が、潜水時の不整脈の出現状況を知る上で有用か否かを検討した。その結果、顔面浸水法は潜水に対し、出現する不整脈に再現性があり、かつ簡便で繰り返し実施可能な方法であり、代用検査法として十分有用であると考えられる。

§ 文献

- 1) 浅井利夫，森田正人，栗倉 真：水泳中の心電図変化に関する研究。一特に心電図記録装置について。日本小児循環器学会雑誌1：28-34，1985
- 2) 石川秀樹，長嶋正實，大岩寿子，ほか：健康中学生における水泳中の不整脈について。日本小児科学会雑誌91：3478-3504，1987

水泳中の心電図記録と変化について

浅井利夫*

突然死事故が水泳中に好発することもあり、軽症心疾患児童・生徒がプール授業に参加させてもらえないことがしばしば起こっている。そこで、小児循環器の臨床を行っている立場から、水泳中の心性突然死のメカニズムの解明や心疾患児童・生徒の水泳の安全性を確認する方法として、水泳中の心電図記録ができればと思い、開発を開始した。結果、1985年に臨床的に判読の可能な水泳中の心電図記録ができるシステム¹⁾の開発に成功した。最近では、水泳負荷心電図として臨床的²⁾に用いられている。そこで、水泳中の心電図記録用システムと撮り方、これまでの知見を解説する。

§ 水泳中の心電図記録用システムと撮り方について

開発された水泳中の心電図記録用システムは、防水電極と送信器からできている。防水電極は手造りで、壁掛け用吸盤の底に脳波用一極を埋め込んだ電極を、強力な両面接着テープで皮膚に固定する電極であった。送信器は手術用ゴム手袋に入れて防水した。その後、改良がなされ、今日では市販(フクダ電子株)されている(図1)。

水泳中の心電図の撮り方を図2に示した。

§ 水泳中の心電図変化について

水泳は地上の運動と異なった負荷が生体にかかり、循環動態も異なることが予想されていた。水泳中の循環動態の変化に関する報告は少なく、詳細は不明である。しかし、著者らが水泳中の心電図記録用システムを開発して以来、小児循環器医を中心に利用され、さまざまな興味ある水泳中の心電図変化に関する知見³⁾

が報告されている。主な報告は以下のようである。

a) 健康小児、成人でも、水泳中や潜水中に10-50%の頻度で心室性期外収縮などの不整脈が見られた。地上の運動負荷では不整脈が出現せず、水泳中や潜水中だけに不整脈が出現した例が少なくなかった(図3)。

b) 健康小児、成人に見られる潜水性徐脈は、小児、成人ともに潜水前の約50%に心拍数が減少した(図4)。

c) 不整脈児や先天性心疾患児では一定の傾向は得られていない。しかし、QT延長症候群児は水泳中にTorsade de pointesが高頻度に起り、水泳が危険であることが判明しつつある。

§ 水泳中の心電図記録用システムの利用について

水泳中の心電図記録用システムは水泳中の心電図を記録する以外に、スポーツ医学の分野などさまざまな

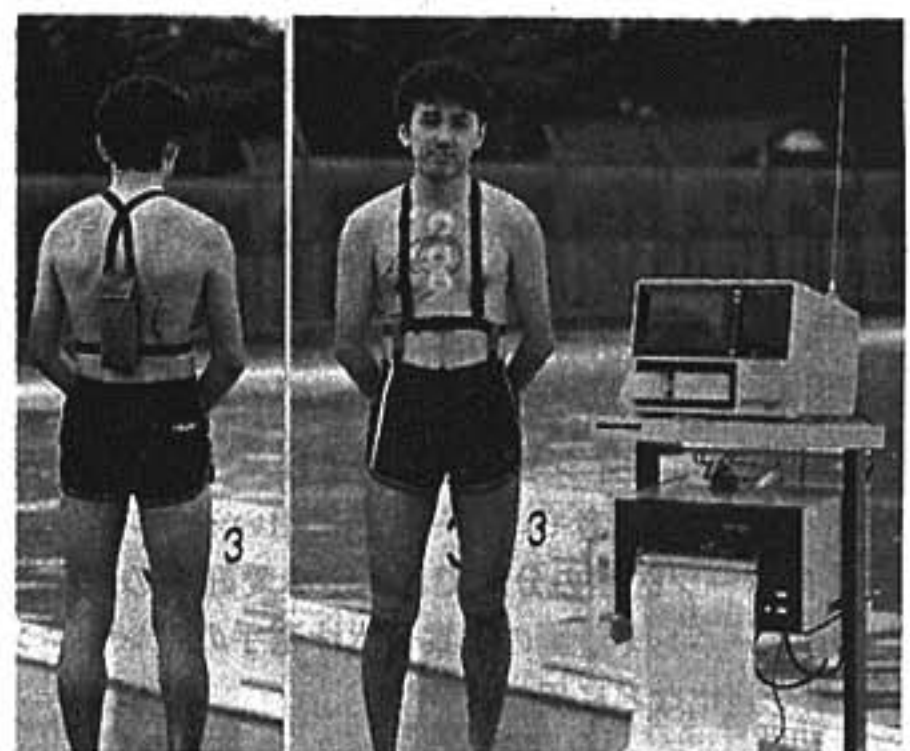


図1 水泳中の心電図記録システム
右図：正面，左図：背面。

*東京女子医科大学第2病院小児科
(〒116 東京都荒川区西尾久 2-1-10)

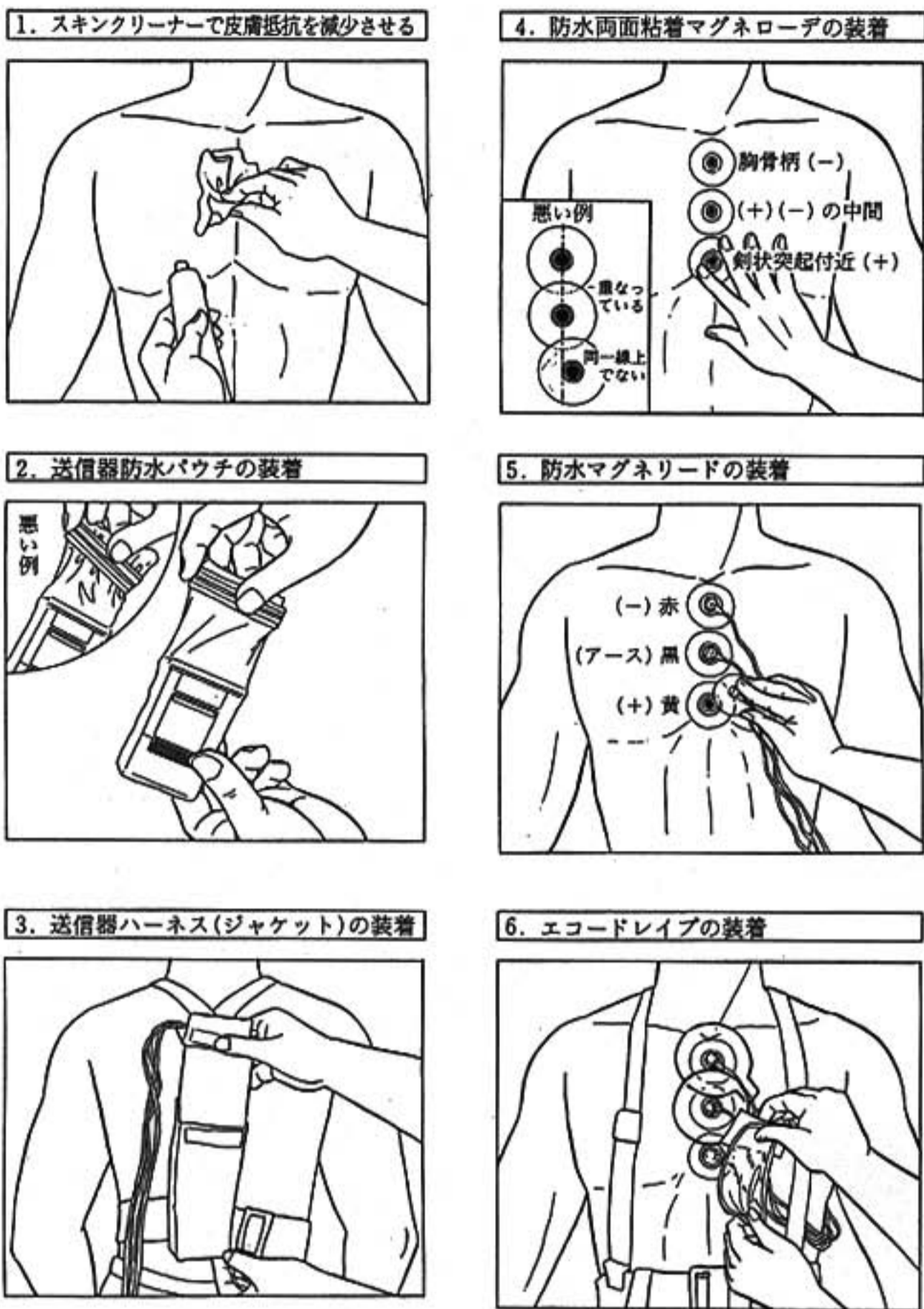


図 2 水泳中の心電図の撮り方

利用方法がある。具体的には以下のような利用方法がある。

a: 循環器病学の分野では、ホルター心電図に用いて入浴中の心電図記録を行う。

b: リハビリテーションの分野では、水中リハビリテーション時の患者モニターなどに用いる。

c: スポーツ医学の分野では、水泳愛好者の健康管理、トレーニング計画の立案や水泳選手のトレーニング効果や強化などに用いる。

§ 水泳中の心電図記録用システム応用の実際について

著者は水泳中の心電図記録用システムの応用として水泳愛好者の健康管理を行っている。対象は民間スイミングクラブの水泳愛好者 68 名である。年齢別には熟年以上が 43 名、成人が 13 名、小児が 12 名であった。心電図は安静時心電図、潜水中の心電図、水泳中の心電図の 3 つを記録した。結果、熟年以上の愛好者では安静時心電図で 9 名 (20.9%)、潜水中の心電図で 7 名 (16.3%)、水泳中の心電図で 10 名 (23.3%) の異常者がいた。成人と小児では異常者はいなかった。

§ 結語

水泳中の心電図記録用システムと水泳中の心電図変

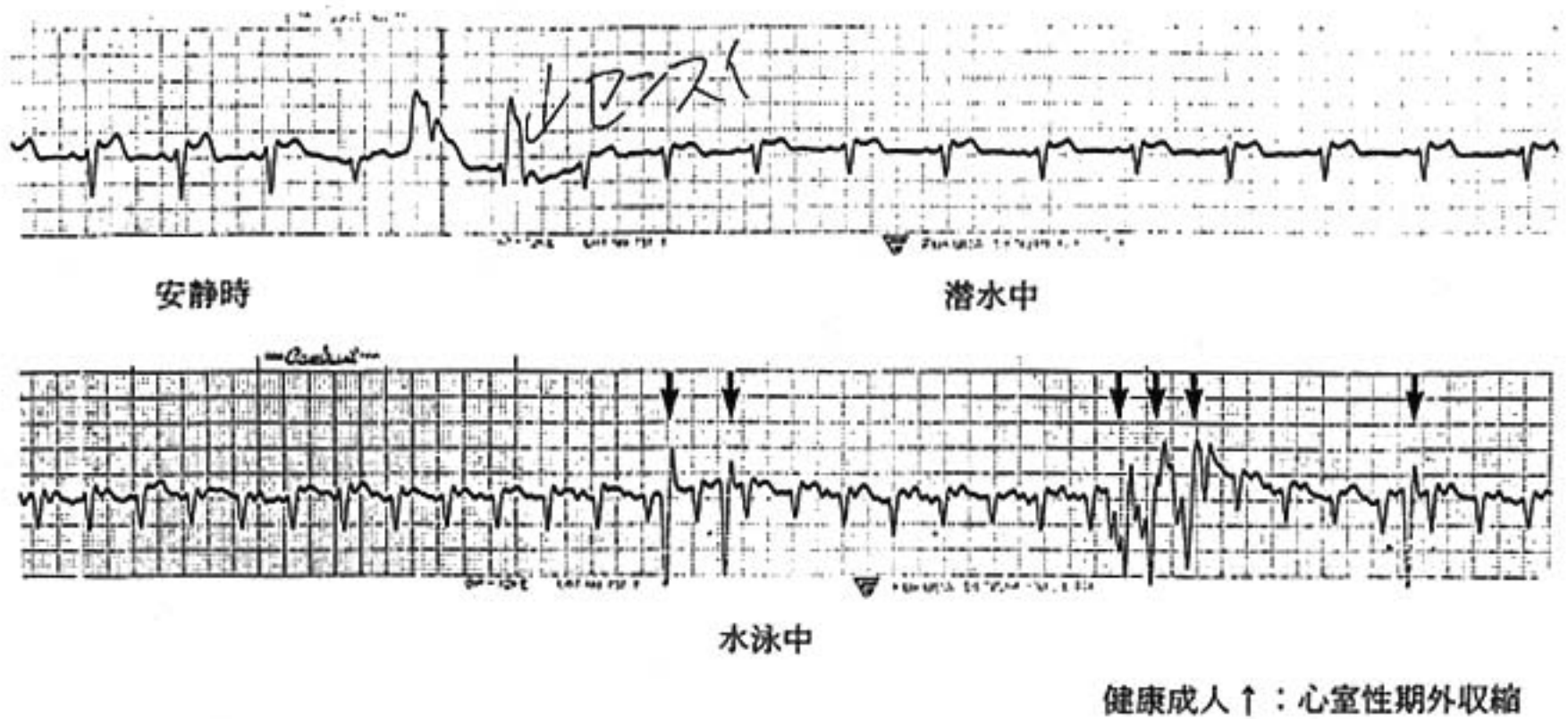


図3 水泳中の心電図の実際
水泳中に心室性期外収縮が頻発した成人例

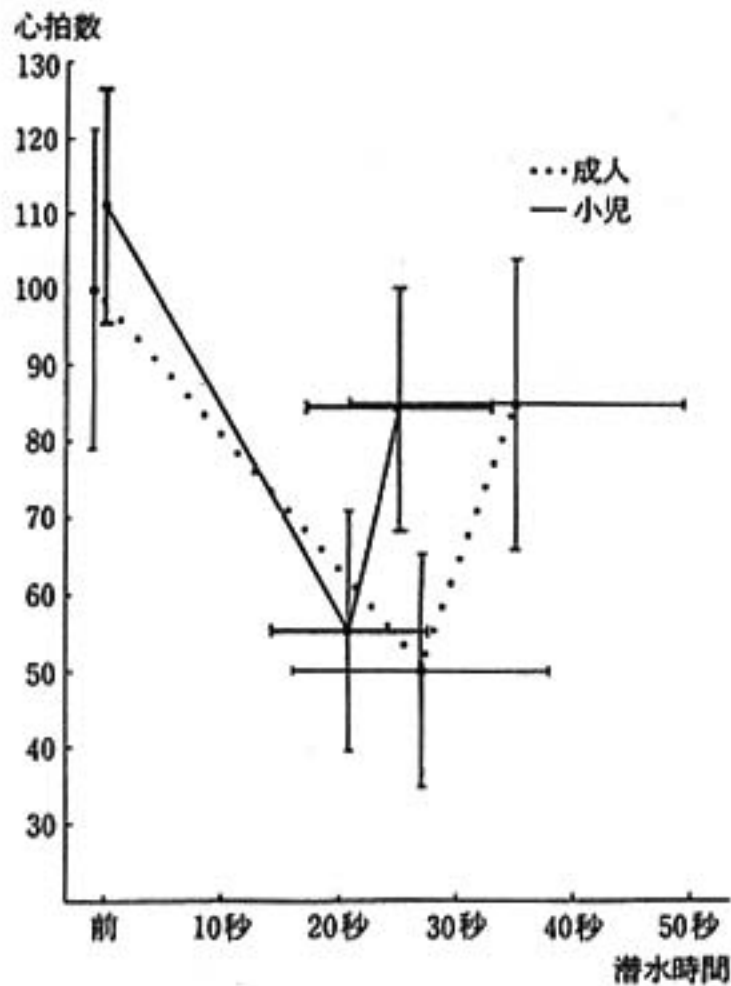


図4 最大徐脈時の平均潜水時間と平均心拍数

化について解説した。

§ 文献

- 1) 浅井利夫, 森田正人, 栗倉 真: 水泳中の心電図に関する研究—特に心電図記録装置について—, 日本小児循環器学会雑誌 1: 28-34, 1985
- 2) 浅井利夫: 水中心電図. Annual Review 循環器 1990. 中外医学社 (東京), 1990, pp 207-213

第29回 循環器負荷研究会

●一般演題

- 1) 運動負荷試験における虚血性心電図変化出現時の運動量と解剖学的重症度と
予後との関係
東京医科大学 高橋直子, ほか……55
- 2) 運動負荷中と回復期の ST 低下度による冠動脈病変の有無と重症度の推定
国立循環器病センター 笠松 謙, ほか……58
- 3) 運動負荷による冠攣縮性狭心症の発作誘発の検討
—トレッドミル法と自転車エルゴメーター法の比較—
三重大学 笠井篤信, ほか……60
- 4) ジピリダモール負荷心エコー図による冠動脈疾患の診断
山形大学 加藤直美, ほか……63
- 5) 運動負荷による局所心筋血流量変化の PET による測定
—N-13 アンモニアを用いて—
国立療養所中野病院 道端哲郎, ほか……66
- 6) 心疾患患者における anaerobic threshold に関する検討
—自転車エルゴメーターによる Ramp 負荷および M. Bruce 法トレッドミル負荷
を用いて—
藤田保健衛生大学 吉田 哲, ほか……69
- 7) 慢性心不全患者に対する運動回復期血圧反応の検討
鳥取大学 斎藤 誠, ほか……72
- 8) 左心疾患における運動負荷試験
—肺循環系の意義—
岐阜大学 八木安生, ほか……75
- 9) 多段階自覚的最大運動負荷法における peak $\dot{V}O_2$ の検討
—単一段階最大負荷法による $\dot{V}O_2$ max との比較—
神戸大学 矢坂義則, ほか……78
- 10) 運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィによる虚血の重症度と心機能評価
— ^{201}Tl の肺野集積度と右室抽出度との関連から—
和歌山県立医科大学 馬場 章, ほか……81
- 11) Lone atrial fibrillation における運動時心拍数に対する digitalis の影響
山口大学 松田昌子, ほか……84
- 12) 心室内伝導障害例における TI 運動負荷心筋 ECT の検討
浜松医科大学 俵原 敬, ほか……86

●統一テーマ I : 小児と運動負荷

- 1) 小児における運動負荷試験
国立循環器病センター 新垣義夫, ほか……89
- 2) 川崎病巨大冠動脈瘤患児に対する運動負荷試験
横浜市立大学 南沢 享, ほか……91
- 3) 不整脈児の水中心電図記録
社会保険中京病院 石川秀樹, ほか……94
- 4) 水泳中の心電図記録と変化について
東京女子医科大学 浅井利夫……97

●統一テーマ II : 運動負荷試験の再現性

- 1) 運動負荷試験と嫌気性代謝閾値
—偽陽性例における再現性—
秋田組合総合病院 佐々木 弥, ほか……100
- 2) 運動負荷試験における血行動態諸量の再現性について
名古屋大学 渡辺 信, ほか……104
- 3) 体位による運動負荷試験の再現性
—臥位ならびに座位エルゴメータの比較—
京都大学 小野晋司, ほか……107
- 4) 安定型労作性狭心症における Treadmill 運動負荷試験の再現性
日本医科大学 大津文雄, ほか……110
- 5) 冠動脈疾患重症度判定における再現性の問題点
聖マリアンナ医科大学 武者春樹, ほか……113
- 6) 冠攣縮の関与する労作狭心症における運動負荷試験の再現性
心臓血管研究所 佐久間 徹, ほか……116

第 29 回 循環器負荷研究会

日 時：平成元年 8 月 5 日

会 場：経団連会館経団連ホール