

動的運動負荷心エコー図法による筋運動時、怒責時 および全身持久性運動時の血行動態

芳賀脩光・小関 迪*・宮下 充正**・植屋悦男***

Dynamic Echocardiographic Study of the Hemodynamic Responses on Muscular Exercise, Valsalva Maneuver and Endurance Exercise

Shukoh HAGA, Susumu KOSEKI*, Mitsumasa MIYASHITA** and Etsuo UEYA***

The purpose of this study is to elucidate the hemodynamic responses caused by performing muscular dynamic exercise with bench press of upper arms, the Valsalva maneuver and endurance exercise by bicycle ergometer. Dynamic echocardiography allows a new further approach to evaluate the left ventricular functions to the exercise. M-mode echocardiography during exercise was used to evaluate the possible changes in cardiac chamber dimension in 6 healthy young men aged 19-23 (means 21 years old).

The results were as follows:

1. Endurance exercise was performed by work load of keeping the heart rate 140-150 beats/min. Left ventricular interval dimensions during exercise was increased. Therefore, the calculated stroke volume and cardiac output during exercise were increased to 120-130%, 200-250% in comparison with resting values (100%), respectively.
2. In the muscular exercise by bench press of upper arms at inspiration phase, expiration phase, and also in the Valsalva maneuver, heart rate showed tachycardia at the first stage and thereafter showed bradycardia at the last one.
3. Left ventricular internal dimension during exercise significantly decreased in the muscular exercise by bench press. Therefore, the calculated stroke volume and cardiac output during exercise were decreased 60-70%, 70-80% in comparison with the resting values (100%), respectively.
4. Left ventricular volume during the Valsalva maneuver yielded a similar significant fall in stroke volume at the terminal stage, with showing 50% resting values. Therefore, cardiac output during the Valsalva maneuver decreased to 50-60% in comparison with resting values.
5. From these results, it might be suggested that it is necessary to make sufficient considerations on qualities of exercise program giving the exercise prescription for middle aged and older persons.

I 緒 言

近年、青少年を対象とする場合はもちろん中高年者にいたるまで、健康や体力の維持・増進をはかるものとして、「全身持久性トレーニング効果」^{1,8,12,16,18,25,29,30,31,32,33}又は「運動処方」^{2,8,9,10,11,12,17,26,33,36,37,45}については数多く研究されている。それらは、また、国外^{4,7,15,20,21,22,40,43,44}

* 日本体力医科学研究所 (Japan Physical Fitness and Medical Science Research Institute)

** 東京大学, 教育学部 (The University of Tokyo)

*** 愛知大学, 教養部 (Aichi University)

においても同様である。著者たち^{8,9,10,11,12,16,18,26,29,30,31,32,33)}においても、これまで青年、中年、および高齢者を対象として、全身持久性トレーニング効果の検討をおこなってきた。しかし、これらの報告はトレーニングの条件やトレーニング効果の面から主に検討がなされており、トレーニング内容を構成する運動の特性をとらえた報告は少ない。一般に、体力作りトレーニング等を実施する場合、実際には単にジョギングのような単一運動をくり返すだけでなく、種々の要素が混合した複合運動がおこなわれている。本研究では、こうした運動処方プログラムを考えるうえで運動特性が異なる筋運動とそれに類似するValsalva動作、および全身持久性運動をとりあげ、両運動の血行動態に関して、動的運動負荷心エコー図法を用いて観察し、比較検討することを目的とした。

II 方 法

1. 安静時心エコー図法

安静時の心エコー図の撮影や計測方法に関しては、すでに多くの報告^{4,15,19,24,27,28,34,38,46,47,48,49,50,51)}がなされているが、要点については次のように実施した。

探触子を被検者の第4肋間胸骨左縁から下外方にあて、ビームが心室中隔、左室、左室後壁を横断するようにしておこなった。それによって拡張終末期径(Dd)、収縮終末期径(Ds)から左室内腔を計測した。それから左室を回転楕円体としてPombo⁴¹⁾の式から左室拡張終末期容量(LVESV)を求めて、左室容量を算出した。それらの値から一回拍出量(Stroke volume: SV)、心拍出量(Cardiac output: CO)等の血行動態諸標を求めた。

2. 動的運動負荷心エコー図法

動的運動負荷心エコー図法については次の通りである。

1) 筋運動時における心エコー図撮影手順

被検者に仰臥位をとらせ、最大挙上重量の70~100%の筋範囲の重量でベンチプレスによる筋力発揮をおこなわせた。そして、その時の上腕の屈曲から伸展にいたるまでの動作10秒間中における心機能の変化を撮影した。また、筋運動時においては呼吸法を取り入れ、すなわち、イ) 吸気止息時における押し上げ、ロ) 呼気止

息時における押し上げをおこなった。

2) 怒責時における心エコー図撮影手順

被検者を同様にしてベンチに仰臥位をとらせ、筋力発揮は特におこなわないが、呼気時にあたかも「排便」をするが如く「いきみ」による怒責をおこなわせた。すなわち、「Valsalva動作(manuever)」を10秒間おこなわせ、その時間に撮影をおこなった。

3) 全身持久性運動時の動的運動負荷心エコー図撮影手順

本法による動的運動負荷心エコー図法はすでに杉下、小関たち^{46/47)}が報告した方法と同様の方法であり、概略については次の通りである。

仰臥位による自転車エルゴメーターを用いて心拍数が最高140~150beats/minのレベルに至るような強度の運動を5~15分間おこなわせ、撮影が可能な時点まで連続的におこなった。なお、自転車エルゴメーターは、シーメンス社製による電気制動型を用いた。心エコー図の撮影はハニウェル社製ストリプチャートによっておこなった。

4. 被 検 者

被検者は、特に心疾患のない健康な男子(年齢19~23歳、平均年齢21歳)6名について実施した。

III 結 果

表1は全身持久性運動時、吸気時の筋運動、呼気時の筋運動、及びValsalva動作時において心機能の一つである一回拍出量(SV)が最も変化した値とその時の心拍数(HR)、心拍出量(CO)について各被検者毎に示したものである。

安静時の心拍数は被検者6名のなかで42beats/minから88beats/minの範囲にあつて個人差が大きい、平均値では68.5beats/minであった。また、一回拍出量も66mlから111mlと個人差が大きい、平均値では89.5mlであった。同様に心拍出量についても2.77~9.55 l/minで、平均値では6.28 l/minを示した。

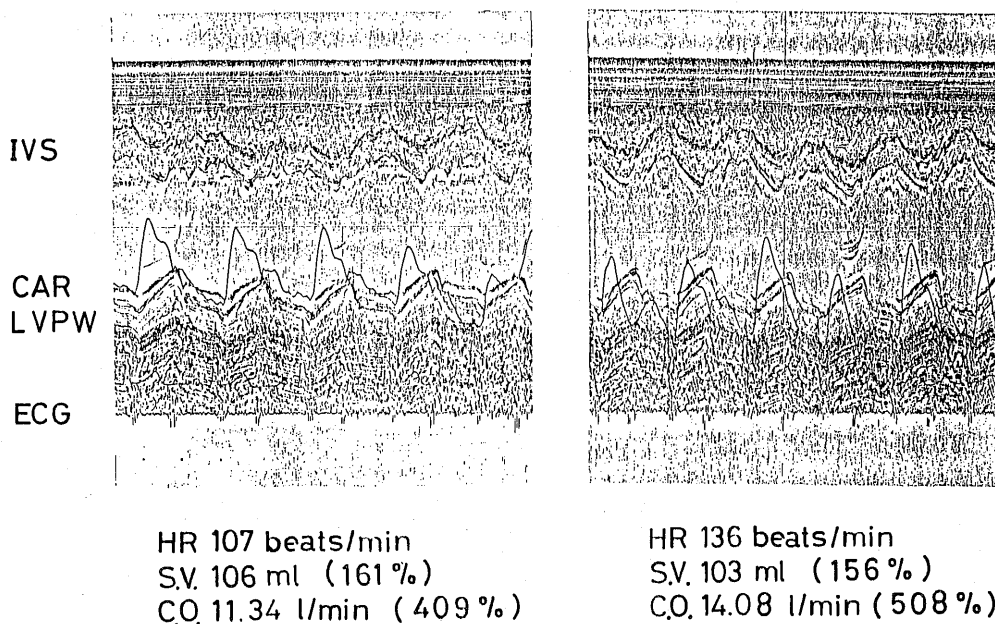
しかし、持久性運動時の結果についてみると、()内の数字は安静時の値を100%とした時の値であるが、心拍数は119.7beats/min(175%)、一回拍出量は112.3ml(125%)、心拍出量は13.4 l/min(213%)と有意な増大を示した。

Table 1 The Hemodynamic parameter when the stroke volume decreased the most lowest values in endurance exercise, muscle exercise of inspiration phase (Ex. (1)), expiration phase (Ex. (2)), and the Valsalva maneuver.

Subj	Age Years	Rest			Endurance Ex.			Muscle Ex.(1)			Muscle Ex.(2)			Valsalva Maneuver		
		HR beats/min	SV ml/beat	CO l/min	HR beats/min	SV ml/beat	CO l/min	HR beats/min	SV ml/beat	CO l/min	HR beats/min	SV ml/beat	CO l/min	HR beats/min	SV ml/beat	CO l/min
S. Y.	20	60	80	4.80	120	106	12.72	60	46	2.76	53	54	2.86	63	43	2.71
T. T.	20	88	81	7.13	142	108	15.34	100	69	6.90	102	39	3.98	27	47	1.27
M. W.	21	42	66	2.77	107	106	11.34	46	46	2.12	46	43	1.98	53	21	1.11
S. S.	21	75	98	7.35	128	110	14.08	76	62	4.71	91	66	6.01	93	37	3.44
J. S.	23	86	111	9.55	116	124	14.38	118	78	9.20	112	82	9.18	100	79	7.90
JY	23	60	101	6.06	105	120	12.60	66	80	5.28	75	39	2.93	68	47	3.20
\bar{M}	21.3	68.5	89.5	6.28	119.7	112.3	13.41	77.7	63.5	5.16	79.8	53.8	4.49	67.3	45.7	3.27
SD	1.25	16.2	15.2	2.13	12.6	7.1	1.32	24.4	13.7	2.40	24.3	15.8	2.45	24.4	17.3	2.25

* P ≤ 0.05
 ** P ≤ 0.01
 *** P ≤ 0.001

Exercise by Bicycle Ergometer



Subj. M.W

Fig. 1 Changes in the echocardiogram of cardiac dimensions during endurance exercise by bicycle ergometer. IVS: inter ventricular septum. CAR: carotid wave. LVPW: left ventricular posterior wall. ECG: electrocardiogram. HR: heart rate. SV: stroke volume. CO: cardiac output.

他方、吸気時における筋運動時の結果についてみると、平均値では心拍数が77.7beats/min (113%) で大きな変化はなかったが、一回拍出量は63.5ml (71%) となり安静時値と比較し、およそ30%の著しい減少を示した。また心拍出量は5.16 l/min (89%) に減少した。

呼気時における筋運動時では心拍数は同様に79.8beats/minを示し、安静時の値にほぼ近い値であった。しかし、一回拍出量は53.8ml (60%) と有意な減少となり、吸気時における筋運動時より絶対値で9.7ml (11%) のより大きな低下を示した。心拍出量においても4.49 l/min (71%) と有意な減少を示し、一回拍出量と同様、吸気時における筋運動時より18%の低下を示した。

怒責時では心拍数は67.3beats/minとなり安静時とほとんど同値であるが、一回拍出量は45.7ml (51%) と筋運動時の場合よりも更に一段と著明な低下を示した。そして心拍出量は3.27 l/min (52%) と減少し、その低下のしかたは一回拍出量の場合と同程度に著しいものであった。

図1は動的運動負荷心エコー図から、被検者の中で特に著明な変化を示したM. W.の場合の一例を時間経過をおって見たものである。

すなわち、自転車エルゴメーターを用いた全身持久性運動を心拍数がおよそ100~110beats/minになるような、いわゆる軽度の負荷と、心拍数が130~140beats/minになるような中等度の負荷を維持した時の左室内腔の変化をみたものである。()内の数値は安静時の値を100%として比較した値である。図1から求めた血行動態の各値に関しては心拍数107beats/min、一回拍出量106ml (161%)、心拍出量11.34 l/min (409%) となり著明に増大した。また、中等度の負荷の場合、心拍数136beats/min、一回拍出量103ml (156%)、心拍出量14.08 l/min (508%) となり、安静時の値と比較すると、それぞれ一回拍出量、心拍出量共に著明な増大を示した。

次に、重量物挙上による筋運動時の場合と怒責による場合の結果であるが、これらの運動による持続時間はその運動の特性上いずれも短時間で10秒以内の変化をみたものである。図2-1、図2-2はベンチプレスによって押し上げるといふ動作で筋力発揮をした時の左室内腔を示したものである。安静時から動作開始1秒までの経過では、

心拍数49beats/min、一回拍出量66ml (100%)、心拍出量3.23 l/min (117%) は安静時値と同じか、または若干の増大を示すが、動作開始5秒では心拍数は23beats/min、一回拍出量は58ml (88%) に減少し、従って、心拍出量も1.33 l/min (48%) まで著明に低下した。また、10秒後では心拍数は46beats/minとやや回復するが、一回拍出量は46ml (70%) に減少し、心拍出量も2.12 l/min (77%) と減少した。

図3は軽度に呼気をしたのち止息させ、同様にベンチプレスによって筋力発揮をおこなった時の左室内腔の結果である。動作開始1秒では心拍数が46beats/min、一回拍出量が51ml (77%)、心拍出量は2.35 l/min (85%) であった。動作開始5秒では心拍数は変化がないものの一回拍出量は43ml (65%) と一段と低下し、心拍出量は1.98 l/min (71%) であった。これらの値はこの被検者の場合、吸気時における筋運動時の場合とほぼ同程度の値になることを示した。

図4は軽度の呼気をしたのち、特に上腕の筋力発揮はおこなわれないが「いきみ」という怒責をおこなった時の左室内腔の変化である。動作開始3秒では心拍数が54beats/min、一回拍出量が54ml (82%)、心拍出量が2.92 l/min (105%) であったが、動作開始7秒では心拍数が52beats/minとほとんど変化がないにもかかわらず、一回拍出量は34ml (52%) と著しく低下、心拍出量も1.77 l/min (64%) となった。そして、10秒後では、一回拍出量は21ml (32%) と激減し、心拍出量も1.11 l/min (40%) と著しく低下を示した。

以上のような結果から、吸息、呼息の状態での筋運動時、および怒責時における血行動態反応のパターンには変化がみとめられた。

図5は左室容量に著明な変化をみた一例である。すなわち、吸気後、止息した状態で筋運動をさせると、心拍数はおよそ最初の4秒間で増加するが、その後急速に減少した。しかし、一回拍出係数 (Stroke Index) は筋運動の2秒後から急速に減少しはじめ、以後低下の傾向を示した。一方、心係数 (Cardiac Index) は心拍数の増加により筋運動の2秒間は増加したが、その後は一回拍出係数の減少を心拍数で補え得ず、減少の一途をたどった。また、被検者の中には図6に一例を示した如く、心拍数が怒責時では一時増加してそのレベルを維

Press at Inspiration Phase

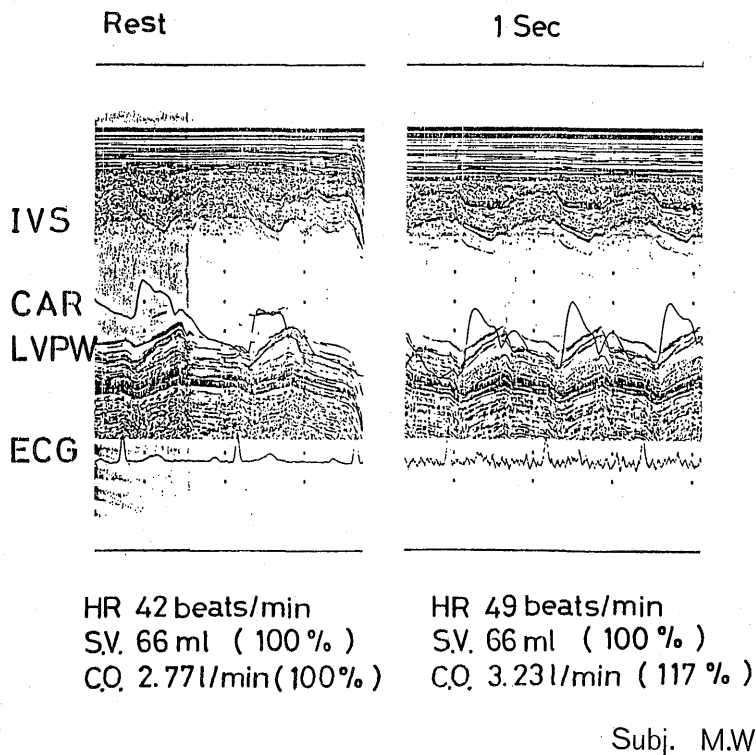


Fig 2-1 Changes in the echocardiogram of left ventricular dimensions during muscle contraction by bench press of upper arms at inspiration phase.

持する場合や、筋運動時には5秒から7秒の時間経過の後半において急増するなど、運動様式の相違によって心拍数動態には変化がみられるが、一回拍出係数や心係数は運動の初期から低下していくことを認めた。

図7は筋運動時や怒責時にみる心電図(胸部第V誘導)の変化をみたものである。それぞれの場合の初期においては頻脈を呈するが、その後半においては著明な徐脈の出現が認められた。

IV 論 議

本研究において、被検者は20名の健康な成人男子について実施したが、動的運動負荷心エコー図撮影に関しては個人の胸廓の形態的特徴や、呼吸によって肺に空気が入ってくると影像が不鮮明に

なることが多く、血行動態の諸標算出が困難になってくる。従って本実験で結果をまとめた6名については、その影像が鮮明で十分に計測がおこなわれたものを厳選した。

こうした結果について表1は特に時間経過の要素を除くが、筋運動時、怒責時の10秒間の中で、一回拍出量が最も変化した時点の結果を示した。すなわち、ベンチプレスという動作による吸気時押し上げ、呼気時押し上げという筋運動時の場合、一回拍出量はそれぞれ71%、60%まで低下した。また心拍出量も89%、71%まで著しく減少した。同時に怒責時では、一回拍出量は51%まで減少し、心拍出量も52%と減少を示した。個人的にみても、被検者M.W.の場合などでは、一回拍出量は32%に、心拍出量は40%にまで減少を示した。こうした結果

Press at Inspiration Phase

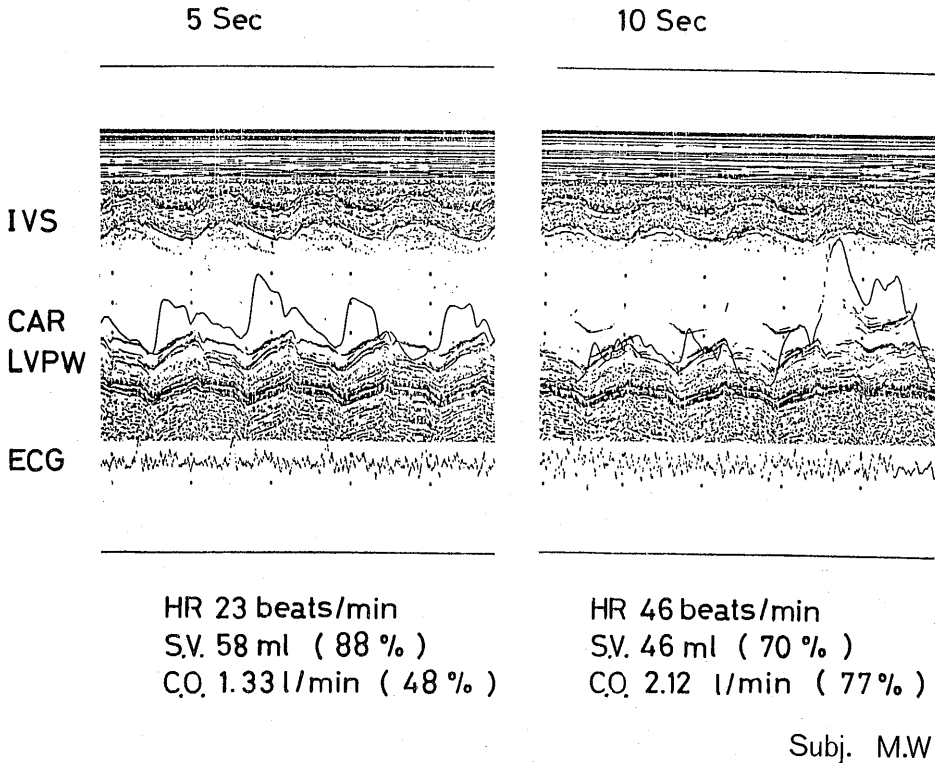


Fig 2—2 Changes in the echocardiogram of left ventricular dimensions during muscle contraction by bench press of upper arms at inspiration phase

に対し、筋運動時の心室内腔の変化や血行動態反応についての報告はないが、Valsalva動作に関してはすでに検討がなされてきている。Greenfield たち⁹⁾はintravascular cathetrizationの方法を用いておこなった結果、左室からの一回拍出量は、50%の低下を示し、また、aortic cross sectional areaにおいては17%減少することをみている。近年では超音波心エコー図からの検討も加えられてきている。そのなかで、Paris たち³⁹⁾は10名の健常者を用いているが、left ventricular internal dimensionについてend-diastolic dimensionでは安静時の値4.2cmから3.2cmまで縮小し、一方、end-systolic dimensionでは安静時の2.6cmから2.3cmへと縮小したと報告している。そして、一回拍出量では安静時の値の50~67%の範囲で低下したと

述べている。またRobertson たち⁴²⁾は同様に超音波心エコー図法によりCardiac chamber dimensionの変化をみている。その結果、Valsalva動作時ではLeft ventricular end-diastolic dimensionは11.2%，end-systolic dimensionでは9.5%，一回拍出量では29%，Left atrial dimensionでは30%の著明な減少を示したことをみている。このように報告によっては数値で若干の相違はあるものの、およそ、安静時の値の40~60%に相当するところまで低下することが考えられる。本研究の結果は筋運動時でもValsalva動作の場合と同様に低下し、心機能への影響が大きいことを認めた。

怒責時や筋運動時のような場合はその動作がおこなわれている間は持続して胸腔内圧、および腹

Press at Expiration Phase

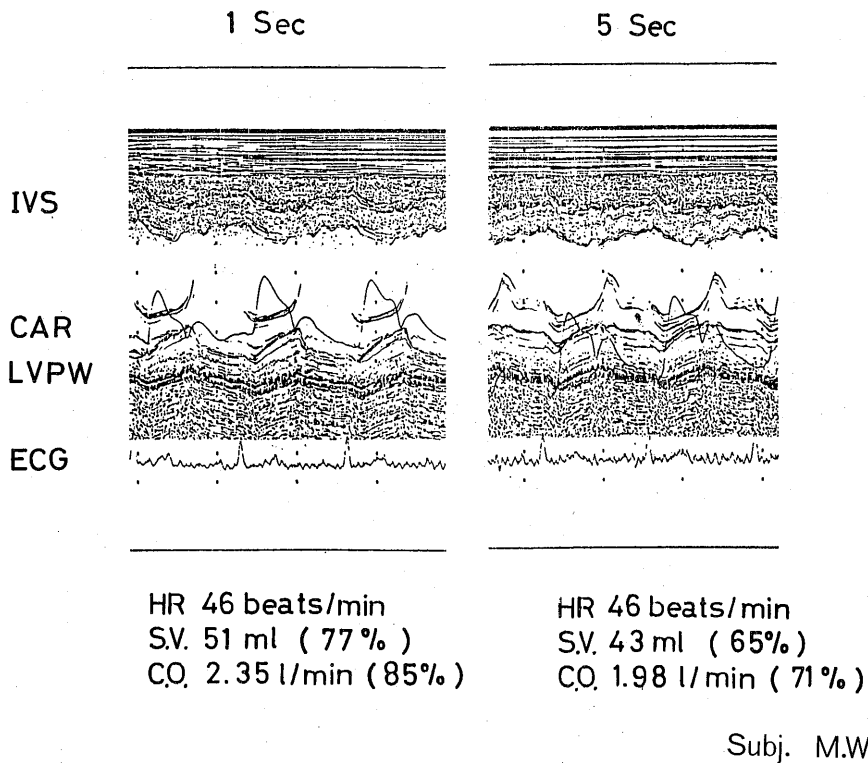


Fig. 3 Changes in the echocardiogram of ventricular dimensions during muscle contraction by bench press of upper arms at expiration phase

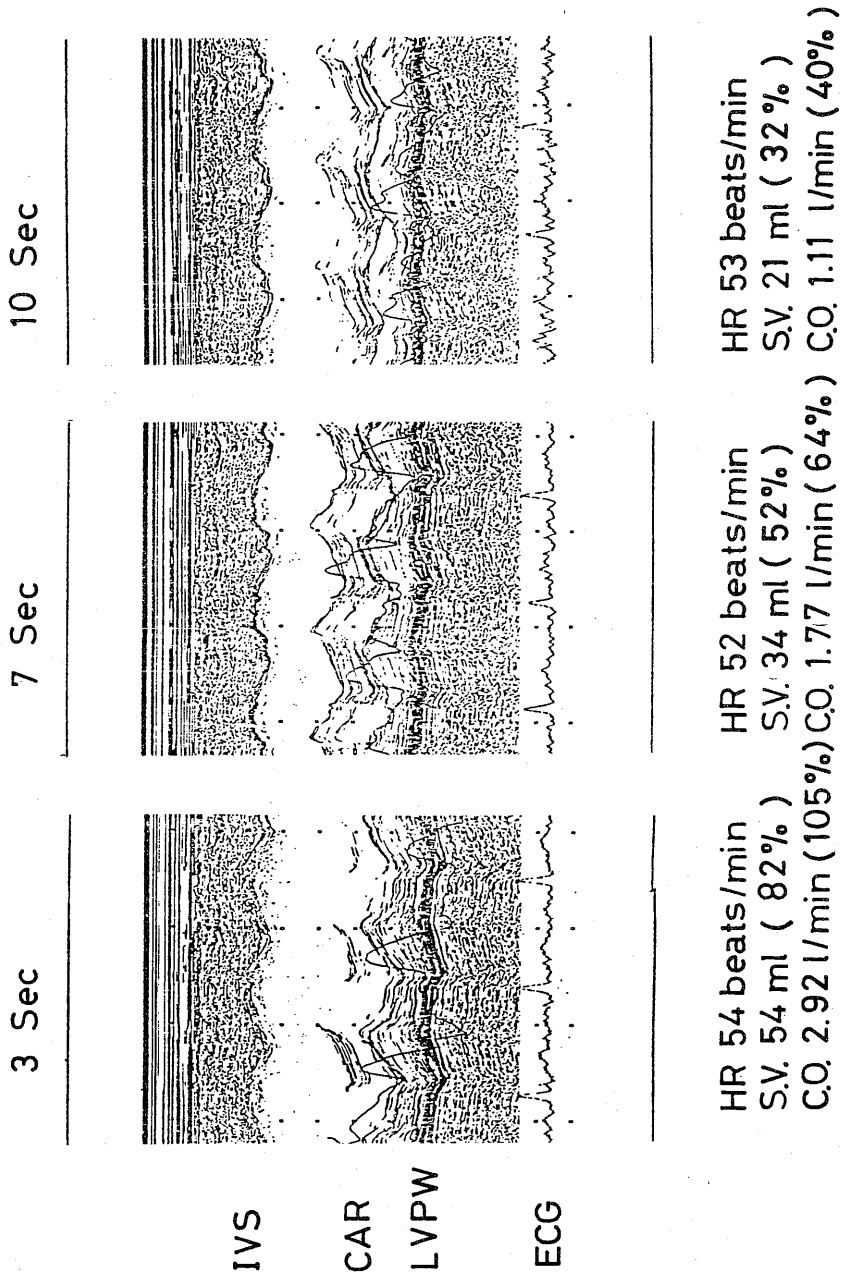
腔内圧が高くなり、それと同時に全身の動脈圧が上昇することが推察される。

これまでの報告では、通常怒責する場合は100mmHg¹²⁾程度まで胸腔内圧は上昇し、ウェイトリフティング選手などの場合は160mmHg¹²⁾程度まで上昇するといわれている。また、「せき」ではそれよりも高く400mmHg³⁾までおよぶことがある。このことから、心臓の周囲圧が高くなったことにより、1つは心臓への静脈還脈が阻害され減少することと、他の1つは周囲圧が高くなったことにより、心臓から大動脈に拍出される血液量も動脈圧上昇という抵抗力に打ち勝つことが困難となり、結果的に減少することが考えられる。すなわち、こうしたことが相まって一回拍出量の減少、心拍出量の減少が生じるものと思われる。Valsalva動作時にお

ける静脈環流の減少についてはParisiたち³⁹⁾ Robertsonたち⁴²⁾も述べているところである。更に、筋運動時では末梢において筋収縮がなされている間、血管はつぶされた状態となり、閉鎖されることが多い。こうしたことが筋血流量の減少を一時的に生じせしめ、静脈環流の減少の一因として関与するのではないかとと思われる。そうしてこのような胸腔内圧の変動が大動脈弓や頸動脈洞まで及んでくると、圧受容器を刺激するところとなり、頻脈から徐脈へと移行するのではないかと推察される、しかし、こうした筋運動時や怒責時における血行動態は様々であり、循環系の負担が加わると考えられる。

このように筋運動時、および「いきみ」にみるValsalva動作での現象に対し、運動処方面から

Valsalva Maneuver



Subj. M.W

Fig. 4 Changes in the echocardiogram in the left ventricular dimensions during the Valsalva maneuver

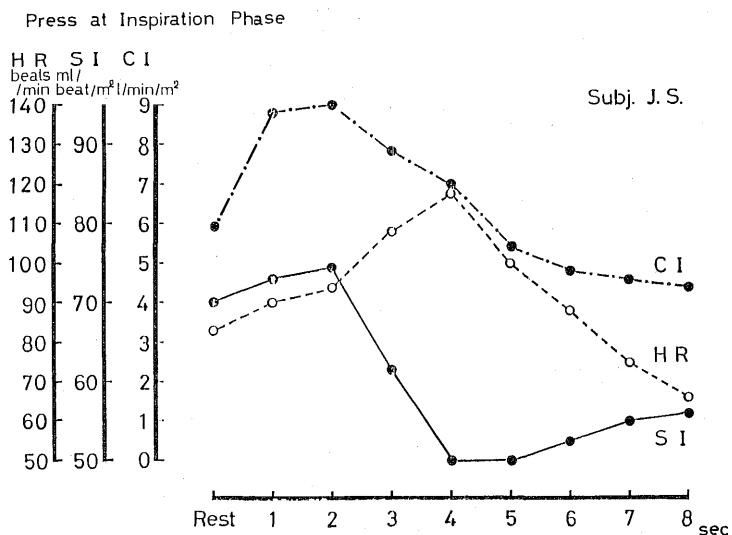


Fig. 5 Changes in the hemodynamic responses during muscle contraction by bench press at inspiration phase by Subject J.S. SI: Stroke index CI: Cardiac index

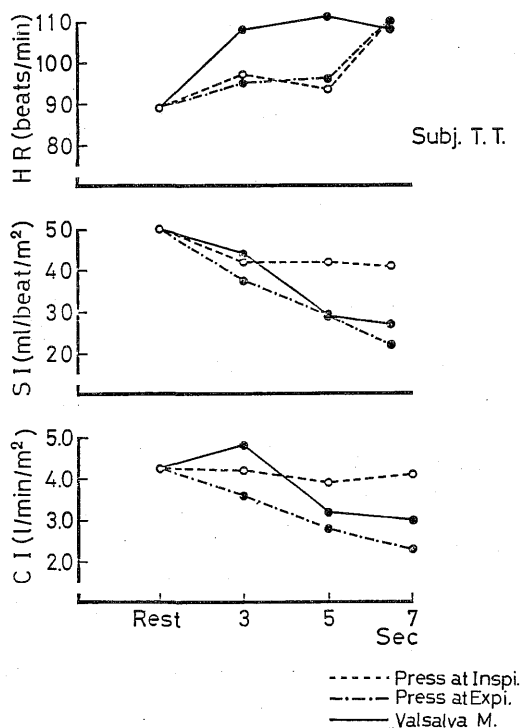


Fig. 6 Changes in the hemodynamic responses during muscle contraction by bench press at inspiration phase and of the Valsalva maneuver by subject T.T.

中高年者のトレーニング内容について検討すると、その運動種目の構成には、特に本質的には、左室腔に対する容量負荷とするものでなければならない。そして、容量負荷とする運動であっても強度がトレーニングをおこなう人の年齢や健康状態、また、体力等を考慮した至適条件を満たしていなければ、心臓に対する負担度が大きくなり、危険も大きくなる。しかし、トレーニングプログラムを考える場合、単に容量負荷を主とする全身持久性運動を容易ならしめるには、関節の可動域を拡大させる柔軟性運動、また、それにより過度に身体の柔軟度を高めるストレッチング運動、更には筋力を増大させるための動的な筋収縮運動、時には静的な筋収縮運動が加味される。しかも、それらは準備運動、主運動、整理運動という流れの中で運動種目は数多く用いられる。こうした場合には、一方においては圧負荷が必然的に加えられる。このような状態にある時、本実験の結果からみるように、心電図には著明な徐脈を生じせしめたり、同時に一回拍出量や心拍出量の減少を招き、心機能の低下を来すことの可能性がある。すなわち、中高年者においては容量負荷でも、圧負荷の場合でも、必ずしも強い負荷でなくてもある一定以上の刺激を与えると容易に心機能に破綻をきたすこともあり、筋運動をおこなったり、怒責などの場合にはそうした心機能の異常を招く誘因となる可

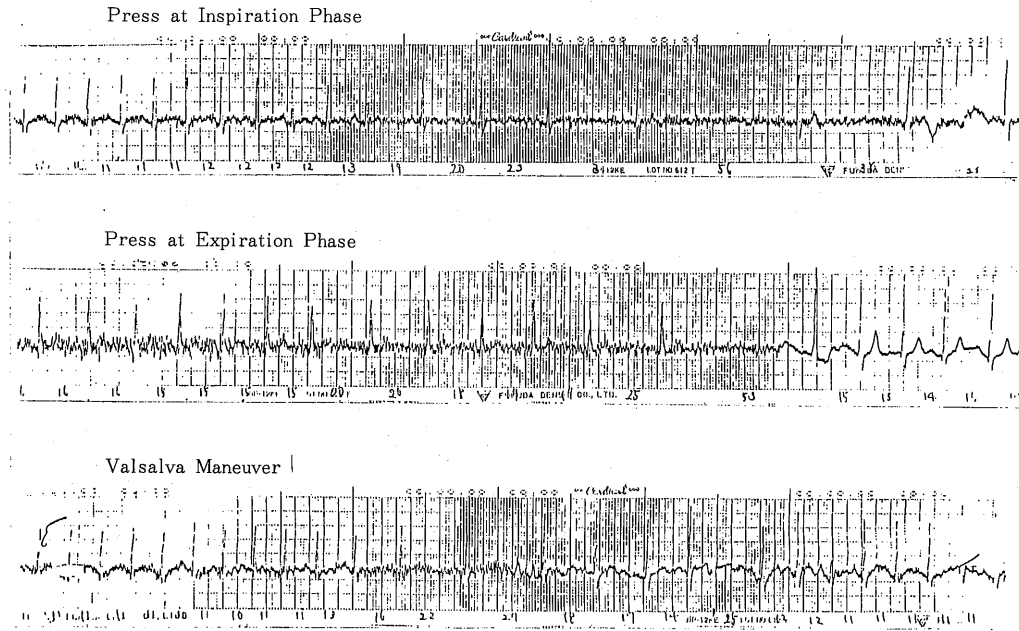


Fig. 7 Changes in the ECG responses during muscle contraction by bench press at inspiration phase, expiration phase, and the Valsalva maneuver

能性がある。従って、中高年者に全身持久性を含む身体トレーニングを実施するにあたっては、潜在性心疾患の多い年齢であることをふまえ、トレーニングの内容についてはとりわけその方法や処方に工夫を加え、キメ細かい配慮が必要となる。

また、運動の実施にあたっては吸息、呼息の動きを運動のリズムの中でとらえさせ、正しく呼吸運動をおこなわせて、筋運動時や怒責時にみる「Valsalva動作」に陥らないように考慮することが重要であろう。

V 結 論

本研究においては台上に仰臥位をとり、吸気時の押し上げ、呼気時の押し上げという動作で筋力を発揮させる筋運動、また呼気時にできるだけ「いきみ」という怒責をおこなわせる「Valsalva動作」、および自転車エルゴメーターによる全身持久性の運動を5～15分間実施し、それを動的運動負荷心エコー図法により左室機能の血行動態反応を

とらえ、それぞれの運動の影響について比較検討を加えた。本論でとりあげた被検者は6名で、その平均値からみた結果は次の通りである。

1. 自転車エルゴメーターによる全身持久性運動においては心拍数が140～150beats/minに至る運動の場合、左室内腔は大きくなり、一回拍出量は安静時の120～130%、また心拍出量も200～250%の範囲に増大した。
2. 他方、筋運動時や怒責のValsalva動作においては、心拍数はその動作の初期においては増加し頻脈を呈するが、後期には著明な徐脈を呈する者が多くみられた。
3. 筋運動時では左室内腔は減少し、吸気時押し上げ、呼気時押し上げのいずれにおいても一回拍出量は60～70%程度まで低下し、心拍出量も70～80%程度まで低下を示した。
4. 怒責時の場合においても、筋運動時と同様に左室内腔は減少し、一回拍出量は50%まで低下した。心拍出量においても50～60%まで低下した。個人的には一回拍出量は最も低下したも

ので安静時の20%相当まで低下したのもみられた。

5. 筋運動時や怒責時のこうした一回拍出量, 心拍出量の低下のしかたは, それらの動作開始時3~5秒から急激に低下するものや, 被検者の中には動作の開始時から低下するものが多くみられた。また, 怒責時では心拍数の低下が大きいものを多くみたが, 被検者の中には変化を示さないものもみられた。
6. 以上のことにより, 中高年者の運動処方を考える場合, 運動の種目によっては, 心機能の低下を招来せしめるものもあり, 十分な検討が必要であろう。

文 献

- 1) 跡見順子, 宮下充正: VO₂maxに対するトレーニング強度の影響, 体育学研究24(2), 137-148, 1979
- 2) 浅見俊雄, 広田公一, 山本恵三, 佐野裕司: 「健康づくり運動カルテ」による運動強度処方の妥当性について——青年男子ならびに中年女子の場合——, 体育科学5, 17-19, 1977
- 3) Berne R. M. and Levy M. N.: Cardiovascular Physiology. The C. V. Mosby Company. 入内島十郎訳 心臓と血管の生理学, 真興交易医書出版部 P.178, 1980
- 4) Ekblom B., P. O. Astrand, B. Saltin, J. Stenberg, B. Wallström: Effect of training on circulatory response to exercise. J. Appl. Physiol, 24 (4): 518-528, 1968
- 5) 藤井諒一, 渡辺照, 小山晋太郎, 加藤和三: 心エコー図法による左室拡張期動態の検討; 心臓Vol. 10(10), 1011-1020, 1978
- 6) Greenfield J. C. R. L. Cox. R. R. Hernandez, C. Thomas F. W. Schoonmaker: Pressure-flow studies in man during the Valsalva maneuver with observation on the mechanical properties of the ascending aorta. Circulation 35. 653 1967
- 7) Gross. J. E: Cardiovascular Adaptations to Endurance Training, Medicine Sport 12, 56-67, 1978
- 8) 芳賀脩光, 紅露恒男, 小川新吉, 田崎洋佑, 大貫稔, 土屋 滋, 福屋靖子: 国民体力の改善に関する研究 第1報 高齢者の全身持久的トレーニング効果の検討(呼吸系部門) 国民体力研究第6報, 筑波大学国民体力特別研究プロジェクトチーム, 93-98, 1980
- 9) 芳賀脩光, 大貫 稔, 土屋 滋, 福屋靖子: 中高年者の運動処方に関する研究 第1報 呼吸循環機能からみた至適運動強度の検討, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 1-10, 1982
- 10) 芳賀脩光, 大貫 稔, 土屋 滋, 福屋靖子: 中高年者の運動処方に関する研究, 第3報 高齢者を対象とした強度別のトレーニングが呼吸循環機能に及ぼす影響, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 23-34, 1982
- 11) 芳賀脩光, 大貫 稔, 土屋 滋, 福屋靖子: 中高年者の運動処方に関する研究, 第5報 高齢者の全身持久性トレーニングに関する指導法, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 45-50, 1982
- 12) Haga S., T. Koro, T. Asami, S. Tsuchiya, Y. Fukuya, M. Ohnuki, K. Yamanaka, Y. Matsuura: Effect of the endurance physical training in the aged persons, Physical fitness reserch, 1981 ICPFR, Tokyo 195-204, 1983
- 13) Henry J. P., J. P. Meehan: The Circulation-An Integrative Physiologic Study. 循環生理の基礎と臨床, 堀原一監訳, 医学書院 124-125, 1973
- 14) 星川保, 豊島進太郎, 松井秀治: 中年者における体育科学センター方式の実践と効果に関する研究, 体育学5, 1-15, 1977
- 15) Huhta C., J. F. Smallhorn, F. J. Macartnely, R. Handerson, M. D. Leval: Cross-sectional echocardiographic diagnosis of systemic venous return, Br. Heart F, 388-403, 1982
- 16) 猪飼道夫, 福永哲夫, 芳賀脩光: 心拍出量からみた70%VO₂max強度による持久性トレーニング効果の検討, 体育科学Vol. 1, 体育科学センター, 67-72, 1973
- 17) 石井喜八, 入川松博: Aerobic trainingの期間の検討——中高年者のtrainingの場合——, 体育科学5, 23-29, 1977
- 18) 勝田 茂, 芳賀脩光: 運動処方における性差の検討, 第2報 中年者に対する歩行40%VO₂max強度・30分間トレーニングの効果——その性差への影響——, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 131-140, 1982
- 19) 川井信義: 心エコー図の手引き——実技と臨床応用——, 南山堂, 37-52, 1977
- 20) Kilbom A., I. Åstrand: Effect on Cardiac Output, Physical Training with Submaximal Intensities in Women, Scand. J. clin. Lab. Invest 28, 163-175, 1971
- 21) Kilbom A.: Effect on Adaptaion to Professional Work, Physical Training with Submaximal Intensities in Women, Scand. J. clin. Lab. Invest. 28, 331-343, 1971
- 22) Kilbom A.: Effect on Women of Physical

- Training with Low Intensities, Scand. J. clin. Invest. 28, 345—352, 1971
- 23) 北村和夫, 牧野 毅: 循環系の調節, 呼吸と循環, 16(6), 37—44, 1968
 - 24) 小泉 真: 運動負荷心エコー図法による虚血, 心の左室壁動態と左心機能評価法, 脈管学, 22(3), 159—175, 1982
 - 25) 紅露恒男, 芳賀脩光, 小川新吉, 田崎洋佑, 土屋 滋, 福屋靖子, 大貫 稔: 高齢者に対する身体トレーニング効果 (循環系部門) 国民体力研究第6報, 筑波大学国民体力特別研究プロジェクトチーム 99—107, 1980
 - 26) 小関 迪, 伊藤 徹, 芳賀脩光: 虚血性心疾患の運動処方, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 217—228, 1982
 - 27) 町井 潔, 梅田 徹, 桑子賢司, 大内尉義, 永沼万寿喜, 吉田昭一: 断層心エコー図, 中外医学社, 325—437, 1981
 - 28) 松尾裕英, 千田彰一, 土井光徳, 中西範幸, 大原龍彦, 阿部 裕: 心肥大の心エコー図, 臨床医, 5(3), 43—49, 1979
 - 29) 宮下充正, 芳賀脩光, 水田拓道, 福永哲夫: 青年にみられる有酸素的作業能の改善, 体育科学2, 体育科学センター, 161—166, 1974
 - 30) 宮下充正, 芳賀脩光, 水田拓道: 中高年者にみられる有酸素的作業能の改善, 体育科学2, 174—178, 1974
 - 31) 宮下充正, 芳賀脩光, 水田拓道: 持久性運動に対する呼吸循環機能の適応の個人差—中高年者の場合—, 体育科学3, 15—21, 1975
 - 32) 宮下充正, 芳賀脩光, 水田拓道: 中高年者における全身持久性トレーニング終了6ヵ月後の有酸素的作業能および呼吸循環機能の変化, 体育科学4, 52—59, 1976
 - 33) Miyashita M., S. Haga, T. Mizuta: Training and detraining effects on aerobic power in middle-aged and older men, J. Sports Med. 18 (2), 131—137, 1978
 - 34) 仁村泰治, 永田正毅, 朴 永大, 榊原 博, 別府慎太郎: 心エコー図による心臓の動態解析—原理と方法—, 臨床医5(2), 74—80, 1979
 - 35) 大貫 稔, 土屋 滋, 福屋靖子, 小川新吉, 芳賀脩光, 紅露恒男, 田崎洋佑: 高齢者の長期トレーニングが内分泌機能におよぼす影響に関する研究, 国民体力研究第6報, 筑波大学国民体力特別研究プロジェクトチーム, 109—114, 1980
 - 36) 大貫 稔, 芳賀脩光, 土屋 滋, 福屋靖子: 中高年者の運動処方に関する研究, 第2報各強度別運動負荷時の生体内部環境の変動について, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 11—22, 1982
 - 37) 大貫 稔, 芳賀脩光, 土屋 滋, 福屋靖子: 中高年者の運動処方に関する研究, 第4報生体内部環境の変動からみた長期トレーニングのための運動処方について, 運動処方研究, 筑波大学運動処方特別プロジェクト研究組織, 35—44, 1982
 - 38) 尾本良三, 横手祐二: 心エコー図の原理と検査の実際, 臨床医5(2), 59—65, 1979
 - 39) Parisi A. F., J. J. Harrington, J. Askenazi, R. C. Pratt, K. M. McIntyre: Echocardiographic Evaluation of the Valsalva Maneuver in Healthy Subjects and Patients with and without Heart Failure, Circulation 54 (6), 921—927, 1976
 - 40) Perrault, H. et al.: Left Ventricular Dimensions Following Training in Young and Middle-Aged Man. I. J. Sports Med. 115 (1), 141—144, 1982
 - 41) Pombo J.F. Troy BL, Russel RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography, Circulation 43, 480, 1971
 - 42) Robertson D., R. M. Stevens, G. C. Friesinger, J. A. Oates: The Effect of the Valsalva Maneuver on Echocardiographic Dimensions in Man: Circulation 55 (4), 596—602, 1977
 - 43) Rost. R., K. W. Schneider, N. stegmann: A comparative echo-cardiographical examination of the hearts of highly trained athletes and untrained persons, J. Sports Med, 305—315, 1975
 - 44) Saltin B, L. H. Hartley, A. Kilbom, I. Astrand: Oxygen Uptake, Heart Rate, and Blood Lactate Concentration at Submaximal and Maximal Exercise, Physical Training in Sedentary Middle-aged and Older Men, Scand. J. clin. Lab. invest, 24, 323—343, 1969
 - 45) 島雄道朗, 岡本佳信, 佐古正教, 鍋鉄浜成泰, 長谷川英子, 福良和子, 岸田久美子: 中高年齢者の運動処方に関する一考察—至適ランニング速度について—, 日本医事新報No.2923, 31—34, 1980
 - 46) 杉下靖郎, 小関 迪, 松田光生, 山口 徹, 田村勤, 伊藤 徹, 浅井克晏: スポーツ心臓の臨床—心エコー図所見を中心に—, 日本医事新報No.2891, 2—11, 1979
 - 47) 杉下靖郎: 運動負荷と心エコー図—動的運動負荷心エコー図法—, 臨床医5(3), 91—95, 1979
 - 48) 田中久米夫, 吉川純一, 加藤 洋, 大脇 嶺: 心エコー図による心内容積の測定, 呼吸と循環23(10), 29—39, 1975
 - 49) 田中元直: 超音波心臓診断学, メディカルエレクトロタイムス, 260—279, 1978

50) 山口 徹：心エコー図の正常波形と計測法，臨床
医 5 (2)，67—73，1979

51) 安田寿一：心筋収縮能力をあらわすパラメータ：
呼吸と循環20(10)，59—66，1972