

ウォーキングによる循環反応の年齢特性に関する研究 －血圧、心拍数を中心にして－

伊藤 智華 無江 季次

キーワード：ウォーキング、血圧、心拍数

A study of circulatory responses to walking exercise in middle and upper age bracket
—Focused on blood pressure and heart rate—

Chika Ito Suetugu Mue

Abstract

In this study we investigated the changes in blood pressure (BP), heart rate (HR), and double products (DP) after 5-minute walking exercise (100m/min) in 185 persons, 93 males and 92 females, who were visiting a public fitness club. Subjects characteristics were as follows; about half of them in good health, 25% smoking, 66% having alcohol daily, about half of them walking more than 15 minutes twice a week, and 25% of females having no exercise experiences.

In man, the mean systolic blood pressure (SBP) increased after walking exercise and the mean diastolic blood pressure (DBP) significantly increased. There were no significant changes in SBP and DBP among all ages.

In women, SBP significantly increased in all ages, and a significantly higher increase was found in the 50-60 years old than in the 20 years old. DBP after walking exercise showed a tendency to increase more in relation to higher ages.

After exercise, DP showed a tendency of increase in all ages for both sexes. Especially, DP that reflects the increase in coronary blood flow significantly increased in women at the 50-60 years old when compared with those at the 20 years old.

These results suggested that 5-minute walking is sufficient to increase in SBP and DP for older women.

Key words : walking exercise, blood pressure, heart rate, double products

I. 研究目的

わが国の中高年者の多くが罹患する虚血性心疾患や脳血管障害の主要なリスクファクターである肥満や糖尿病などの生活習慣病は、年々増加しておりその予防や治療が急がれている（阿部、1998；波多野・伊賀、1990；田中、1998）。なかでも境界域高血圧症や本態性高血圧症の原因の一つには、身体活動の不足が指摘されており、日常生活における運動時間を増やすことが求められている。特に運動習慣のない中高年者は、その効果を高めたり事故を防止するために、個人に適した運動処方が必要である（Montoye et al., 1972）。その運動強度は、心拍数による評価が多いが、個人差も多く、単に心拍数のみによる処方では不十分な可能性があるので（荒川、1985），運動負荷試験の実施の結果から運動処方の作成が好ましいが、運動指導の現場ではより多くの生理指標からの検討が望ましい。

中高年者の運動としては、やや早めのウォーキングが勧められている。「歩くこと」は、日常生活において誰もが、いつでも、またどこでも行うことのできる最も基本的な活動であり、安全性や利便性そして効果の点からも優れた運動として、すべての年齢層に親しまれている。ウォーキングは、等張性運動あるいは動的運動であり、さらに下肢の筋肉をリズミカルに連続して収縮させる運動であるため、末梢血管抵抗を減少させ静脈還流を増加させるなどの循環動態改善に効果的であるといわれている（Seals and Hagberg, 1984）。しかし、運動習慣を持たない中高年者や運動不足の者では、特に境界域高血圧症や肥満を有する比率が高くなり、中高年者の運動としては、やや速めのウォーキングが勧められているが、運動処方の設定に際しては、若年者や健康な者よりも慎重であることが求められる。

そこで本研究は、日常で手軽に実施できるウォーキングによる生理的変化、特に血圧と心拍数の変化を測定し、年代別に循環動態の観点からウォーキングの問題点などを明らかにし、今後の中高年者の運動指導に資することを目的とした。

II. 方 法

対象は、1994年から1998年までにS健康増進施設を利用し、服薬者を除く、20歳から68歳までの男性93名、女性92名の合計185名（平均年齢42.3±13.0歳）とした。

方法は、質問紙によるアンケート調査により、最近の体調、喫煙状況、飲酒状況、過去および最近1ヶ月の運動やスポーツなどの運動状況、現病歴などの基本的な生活調査を行った。また、身長および体重を測定し Body Mass Index(BMI)を求めた。運動は、準備運動を行ったのち、室内150mのトラックで、ペースメーカーを使

用しての時速6km(100m/分)歩行運動、すなわち、はや歩きのペースで5分間のウォーキング（運動）を実施した。血圧（BP）および心拍数（HR）は、全自动血圧計により椅子に座った姿勢で、運動前および運動直後に測定した。同一対象者で運動前の収縮期血圧（SBP）が140mmHg以上かつ拡張期血圧（DBP）が90mmHg以上、SBPが140mmHg以上またはDBPが90mmHg以上の者をH群とし、そのH群を除く対象者をN群として比較した。

検定は、一元配置分散分析を行い、各年代水準間の比較は Scheffe's F の方法によって行った。2群の水準間の比較は Student-t 検定を行った。検定の危険率は5%とした。

III. 結果

1. アンケート調査

対象者の体調は、全体のおよそ半数において良好であり、喫煙者は全体の25%，常習飲酒者は66%であるがその飲酒量は適量の者（ビール大ビン1本、日本酒1合、水割り1杯程度のいずれかに相当）が半数であった。運動習慣については、測定前1ヶ月間で行った運動やスポーツは、ウォーキングが全体のおよそ半数を占め、2回/週かつ15分以上実施していたことから、ウォーキングには慣れている者が多かった。運動歴をみると以前全く運動を行っていないかった者は、全体のおよそ20%であり、女性ではおよそ25%であったことから、全く運動経験のない対象者が多かった。また循環器疾患有する者は、高血圧症、高脂血症、糖尿病など32名（15.5%）であった。

2. 形態計測

対象者の身体プロフィールを表1に示した。身長の平均値でみると男性は20代と比較し50代（p<0.001）と60代（p<0.05）で有意な差があり、女性20代と比較して50代（p<0.001）、40代（p<0.01）、60代（p<0.05）で有意な差があった。体重およびBMIの平均値は、男女とも各年代にわたって差がみられなかった。

なお、N群およびH群の身体プロフィールを表2に示した。身長の平均値でみるとN群は20代と比較し50代（p<0.001）に有意な差があり、H群は20代と比較して60代（p<0.01）に有意な差があった。体重およびBMIの平均値は、男女とも各年代にわたって差がみられなかった。

3. 生理機能測定

1) 運動前

SBPは、男女とも加齢とともに高くなり、特に女性では60代に比較し20代（p<0.01）、30代（p<0.05）、40

表1 身体プロフィール

	N	年齢(歳)	身長(cm)	有意差	体重(kg)	有意差	B M I	有意差
男 性	20代(n=22)	23.9±2.3	170.7±5.6		66.3±11.5		22.8±4.0	
	30代(n=17)	34.4±3.2	173.0±4.7	N.S.	69.4±11.3	N.S.	23.1±3.1	N.S.
	40代(n=20)	46.2±2.7	168.2±7.0	N.S.	68.0±6.4	N.S.	24.1±2.5	N.S.
	50代(n=28)	54.1±2.7	162.4±4.8	***	62.9±5.9	N.S.	23.9±2.1	N.S.
	60代(n=6)	63.3±2.8	161.8±6.9	*	63.2±5.2	N.S.	24.2±1.9	N.S.
	全体会(n=93)	42.2±13.2	167.5±7.0		66.0±8.9		23.5±2.9	
女 性	20代(n=21)	24.8±2.4	160.9±5.4		51.8±6.7		20.0±1.8	
	30代(n=17)	35.2±2.7	159.1±4.5	N.S.	54.8±6.0	N.S.	21.7±2.1	N.S.
	40代(n=19)	45.1±2.6	154.6±4.7	**	51.5±5.3	N.S.	21.5±1.8	N.S.
	50代(n=29)	53.5±2.8	152.5±5.4	***	51.8±9.1	N.S.	22.2±3.5	N.S.
	60代(n=6)	62.8±2.6	152.9±2.7	*	55.7±9.5	N.S.	23.8±4.1	N.S.
	全体会(n=92)	42.4±12.5	156.1±6.0		52.6±7.4		21.6±2.8	
Mean±S. D.		B M I : Body Mass Index		有意差: ***: p<0.001		VS. 20代		
				*: p<0.01				
		*: p<0.05						
		N. S. : not significant						

表2 N群およびH群の身体プロフィール

	N	年齢(歳)	身長(cm)	有意差	体重(kg)	有意差	B M I	有意差
N 群	20代(n=41)	24.3±2.4	165.6±7.4		58.7±11.9		21.3±3.5	
	30代(n=30)	34.9±3.1	164.9±8.2	N.S.	59.7±9.0	N.S.	21.9±2.1	N.S.
	40代(n=34)	45.6±2.7	160.3±8.9	N.S.	58.4±9.7	N.S.	22.6±2.3	N.S.
	50代(n=45)	53.6±2.7	156.5±6.9	***	55.4±9.4	N.S.	22.5±3.0	N.S.
	60代(n=7)	62.7±3.1	159.2±7.9	N.S.	61.8±9.2	N.S.	24.5±3.9	N.S.
	全体会(n=157)	41.0±12.6	161.4±8.6		58.0±10.1		22.2±3.0	
H 群	20代(n=2)	25.5±2.1	172.6±0.1		70.1±0.6		23.5±0.2	
	30代(n=4)	33.5±1.3	174.9±2.4	N.S.	79.8±14.6	N.S.	26.0±4.1	N.S.
	40代(n=5)	46.0±2.2	170.1±4.5	N.S.	70.1±7.3	N.S.	24.3±3.5	N.S.
	50代(n=8)	55.0±2.9	163.5±4.8	N.S.	65.0±4.7	N.S.	24.4±1.7	N.S.
	60代(n=9)	59.3±5.4	154.8±6.3	**	59.2±7.8	N.S.	24.6±2.1	N.S.
	全体会(n=28)	49.6±11.7	164.2±8.9		66.5±10.2		24.6±2.5	
Mean±S. D.		B M I: Body Mass Index		有意差: ***: p<0.001		VS. 20代		
				*: p<0.01				
		*: p<0.05						
N. S. : not significant								

代(p<0.05)で有意な差があった(図1-1, 図2-1). D B Pは、男女とも加齢とともに高くなる傾向がみられ、男性では20代に比較し40代(p<0.05), 50代(p<0.05)で有意な差があり(図1-2), 女性では20代に比較し60代(p<0.001), 50代(p<0.01), 60代に比較して30代(p<0.01), 40代(p<0.05)で有意な差があった(図2-2). H Rは、男女とも各年代で特に大きな差はみられなかつた(図1-3, 図2-3). 脈圧(P P)は、男女とも各年代で特に差はみられなかつた. 血圧心拍二重積(D P)は、男性では各年代で特に差はみられなかつたが、女性では20代に比較して60代(p<0.05)で有意な差があった(図3). 平均血圧(M B P)は、男性では各年代で特に差はみられなかつたが、女性では60代に比較して20代(p<0.001), 30代(p<0.01), 40代(p<0.05), 20代に比較して50代(p<0.01)で有意な差があった(図4).

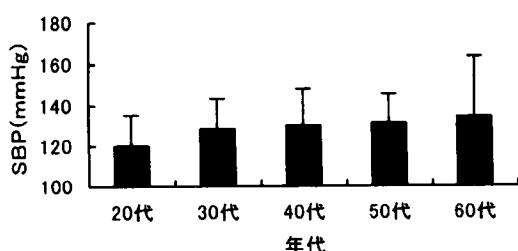
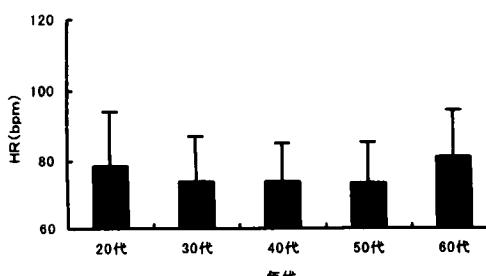
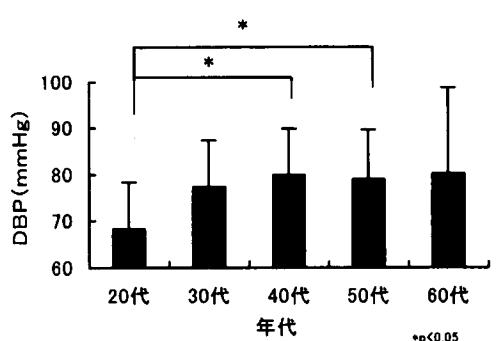


図1-1 男性運動前SBP



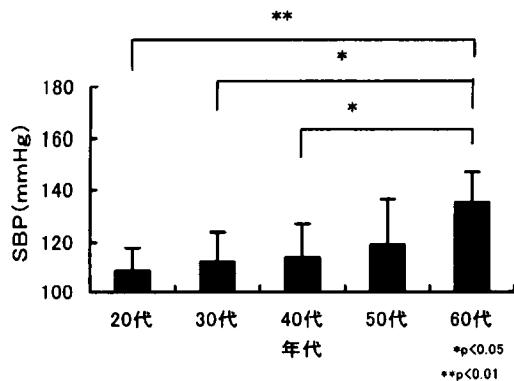


図2-1 女性運動前SBP

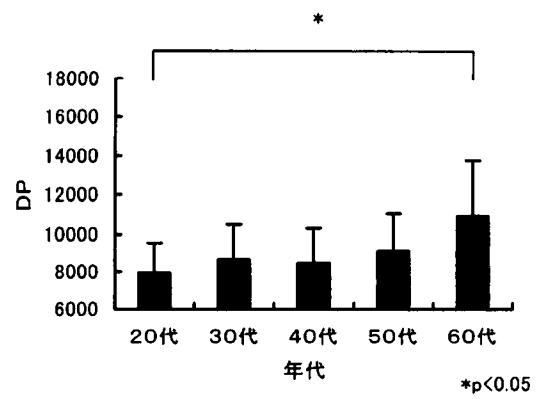


図3 女性運動前DP

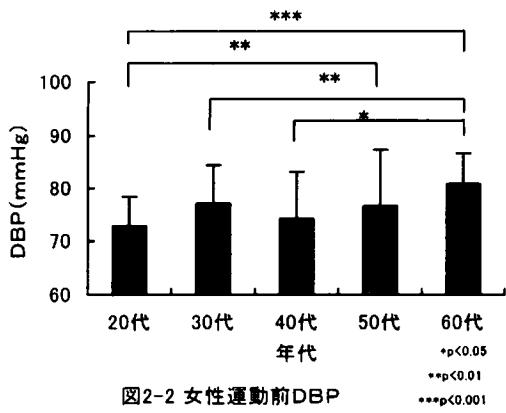


図2-2 女性運動前DBP

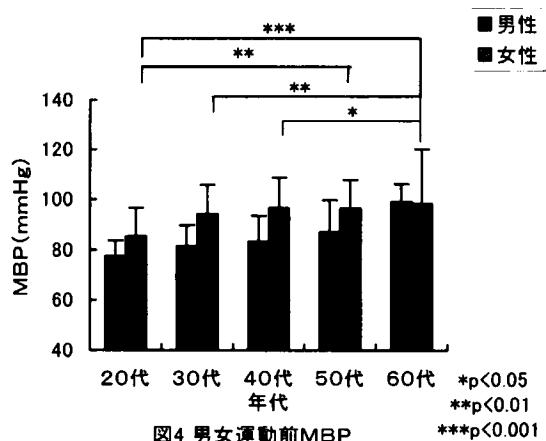


図4 男女運動前MBP

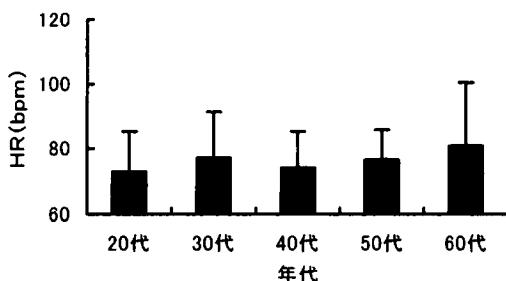


図2-3 女性運動前HR

2) 運動直後

B PおよびH Rは増加し男女とも増加した。S B Pは、男性では加齢とともに増加の傾向にあり（図 3-1）、女性では20代に比較して50代（p<0.01）、60代に比較して20代（p<0.01）、30代（p<0.05）、40代（p<0.05）で有意な差があった（図 4-1）。D B Pは、男性では加齢とともに増加の傾向がみられ（図 3-2）、女性では加齢とともに高くなる傾向がみられ、20代に比較して60代（p<0.01）、50代（p<0.05）、60代に比較して30代（p<0.05）で有意な差があった（図 4-2）。H Rは、男性より女性が大きく増加し、男女とも各年代で比較すると、すべての年代で女性の方が男性より増加は大であったが、特に差はみられなかった（図 3-3、図 4-3）。P Pは、男性では、60代に比較して20代（p<0.01）、30代（p<0.01）、40代（p<0.05）、50代（p<0.05）で有意な差があった（図 5）。女性では加齢とともに増加したが、各年代で差はみられなかった（図 6）。D Pは、男女とも各年代で増加したが、特に差はみられなかった。M B Pは、男性では各年代で差はみられなかったが、女性では60代に比較して20代（p<0.01）、30代（p<0.05）、40代（p<0.05）、20代に比較して50代（p<0.01）で有意な差があった（図 7）。

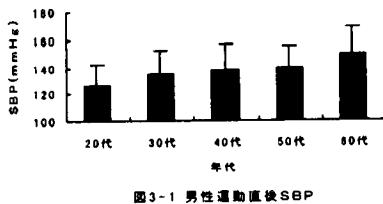


図3-1 男性運動直後SBP

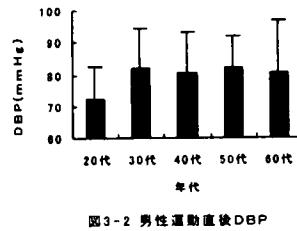


図3-2 男性運動直後DBP

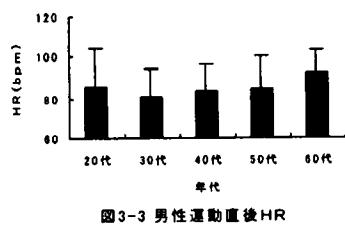


図3-3 男性運動直後HR

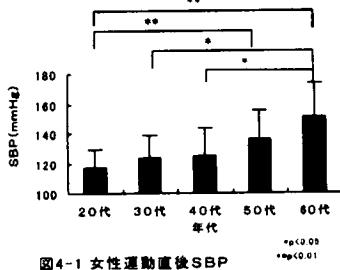


図4-1 女性運動直後SBP

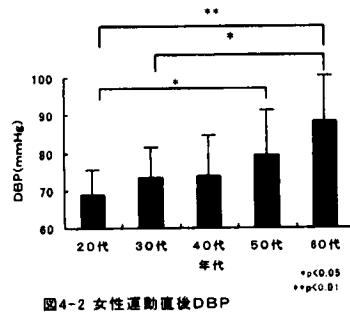


図4-2 女性運動直後DBP

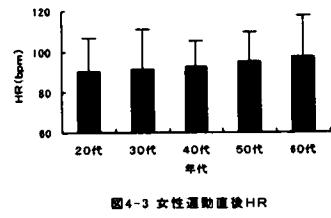


図4-3 女性運動直後HR

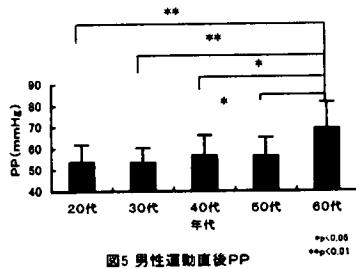


図5 男性運動直後PP

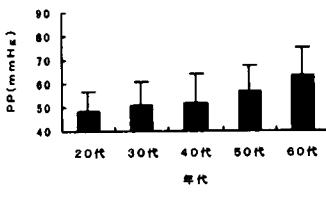


図6 女性運動直後PP

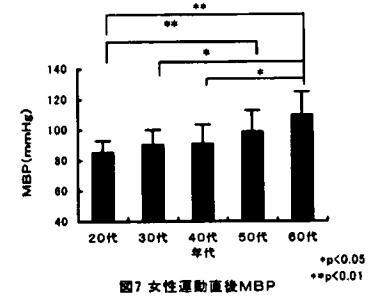


図7 女性運動直後MBP

3) 変動値

SBPの変動値（運動直後SBPと運動前SBPとの差、以下 Δ SBP）は、男女とも加齢とともに増加し、特に女性では20代に比較して50代に有意の($p<0.05$)増加が認められた。男性では60代の増加が大であった（図8）。DBPの変動値（運動直後DBPと運動前DBPとの差、以下 Δ DBP）は、男性より女性が大きく増加したが、女性は各年代とも差はなかった。女性では7mmHg以上増加し、男性は各年代で4mmHgかそれ以下であった（図9）。HRの変動値（運動直後HRと運動前HRとの差、以下 Δ HR）は、男性より女性が大きく増加し、男女とも各年代で比較すると、すべての年代で女性の方が男性より増加がみられた（図10）。男女各年代のPPの変動値（運動直後PPと運動前PPとの差、以下 Δ PP）は、加齢とともに増加し、女性の20代に比較し60代($p<0.05$)で有意の増加が認められた（図11）。DPの変動値（運動直後DPと運動前DPとの差、以下 Δ DP）は、男女とも加齢とともにやや増加し、女性では各年代で男性よりも増加が大であったが、有意な差は認められなかつた（図12）。男女のMBPの変動値（運動直後MBPと運動前MBPとの差、以下 Δ MBP）は、男女および各年代で有意な差はみられなかつたが、女性では加齢とともに増加し、特に50代と60代で10mmHg以上増加し、男性は各年代で5mmHgかそれ以下であることと対照的だった（図13）。運動直後のHRが最大HR（heart rate max、以下HRmax）の何パーセントに相当するかをO-peak法でみると図14のように男女ともに増加の傾向にあった。男女とも加齢とともに増加し、男性では20代に比較して60代($p<0.01$)、30代に比較して60代($p<0.01$)に有意な差が認められ、女性では20代に比較して50代($p<0.01$)、60代($p<0.01$)に有意な差が認められた。図15は、運動直後のHRがHRmaxの何パーセントに相当するかをKarvonen法で示した。男女とも加齢とともに増加の傾向にあり、男性より女性の方が高かった。図16は、運動前のSBPが140mmHg以上かつDBPが90mmHg以上、SBPが140mmHg以上またはDBPが90mmHg以上をH群とし、そのH群を除く対象者をN群とし、HRとBPの変化を比較した。N群とH群の Δ SBP、 Δ DBP、 Δ HR、 Δ PP、 Δ MBPおよび Δ DPを示した。すべての

動直後のMBPと運動前のMBPとの差、以下 Δ MBP）は、男女および各年代で有意な差はみられなかつたが、女性では加齢とともに増加し、特に50代と60代で10mmHg以上増加し、男性は各年代で5mmHgかそれ以下であることと対照的だった（図13）。運動直後のHRが最大HR（heart rate max、以下HRmax）の何パーセントに相当するかをO-peak法でみると図14のように男女ともに増加の傾向にあった。男女とも加齢とともに増加し、男性では20代に比較して60代($p<0.01$)、30代に比較して60代($p<0.01$)に有意な差が認められ、女性では20代に比較して50代($p<0.01$)、60代($p<0.01$)に有意な差が認められた。図15は、運動直後のHRがHRmaxの何パーセントに相当するかをKarvonen法で示した。男女とも加齢とともに増加の傾向にあり、男性より女性の方が高かった。図16は、運動前のSBPが140mmHg以上かつDBPが90mmHg以上、SBPが140mmHg以上またはDBPが90mmHg以上をH群とし、そのH群を除く対象者をN群とし、HRとBPの変化を比較した。N群とH群の Δ SBP、 Δ DBP、 Δ HR、 Δ PP、 Δ MBPおよび Δ DPを示した。すべての

変動値は、H群よりN群が大であったが有意な差はみられなかった。△SBPは、H群では有意な差はみられなかつたが、N群では20代に比較すると60代 ($p<0.05$)、30代 ($p<0.05$) で有意な差が認められた（図17）。△PPは、H群では有意な差はみられなかつたが、N群では60代に比較すると20代 ($p<0.001$)、30代 ($p<0.01$)、40

代 ($p<0.05$)、50代 ($p<0.05$) で有意な差が認められた（図18）。図19は、N群およびH群の運動直後のHRがHRmaxの何パーセントに相当するかをO-peak法とKarvonen法で示した。O-peak法で求めた運動強度をN群と比較するとH群 ($p<0.05$) で有意な差が認められた。

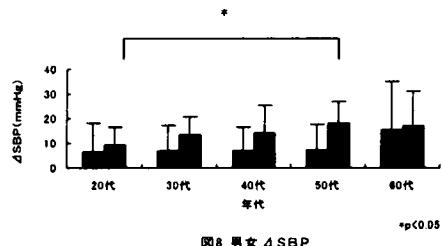


図8 男女△SBP

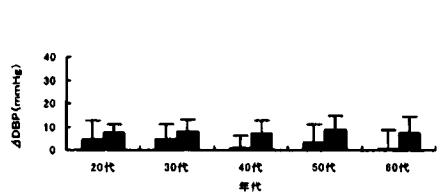


図9 男女△DBP

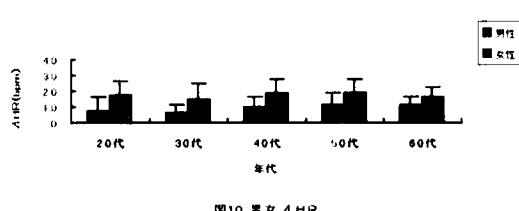


図10 男女△HR

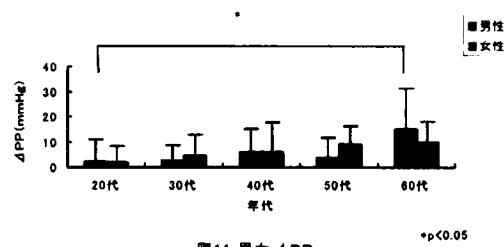


図11 男女△PP

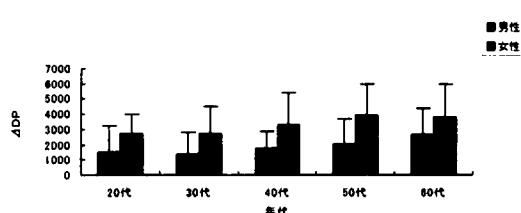


図12 男女△DP

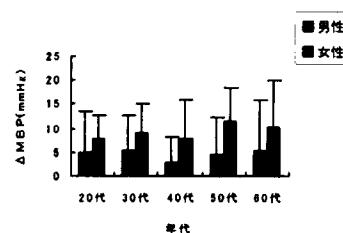


図13 男女△MBP

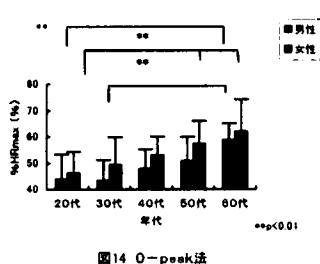


図14 O-peak法

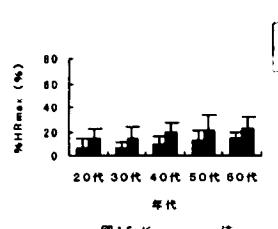


図15 Karvonen法

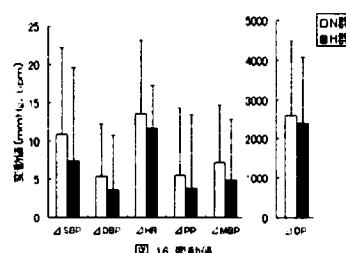


図16 变動値

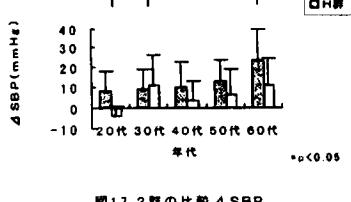


図17 2群の比較△SBP

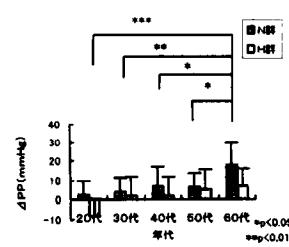


図18 2群の比較△PP

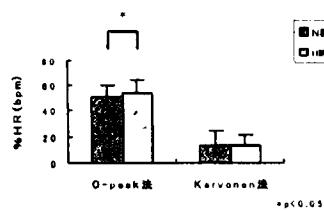


図19 2群の比較%HR

IV 考察

本研究における対象者は、すべて運動直後には心拍数と血圧の上昇を認めた。生体が運動を開始すると酸素消費量が増大し、この酸素利用の増大に対しては、生体は神経性および体液性調節機構によってまず心拍出量の増大で対応し、ついで非活動臓器から活動臓器への血流再分配や酸素摂取の増大などが起こる（松田ほか、1993）。この心拍出量は心拍数と一回心拍出量の積であり、運動開始とともに心拍数は直ちに増加し、運動の強度や量に比例して増加する。この心拍数の増加は、次第に緩やかになってやがて定常状態となる。すなわち、運動にともなう酸素需要量の増大は心拍数を増大させるには限界があり、通常健康な若年者の安静時酸素摂取量の約4から5倍の51/分がこれに相当する（Hassack et al., 1980）。運動開始とともに迷走神経が抑制され、交感神経の末端からはノルエピネフリンが、副腎髓質からはエピネフリンが増加し、これらのカテコールアミンは、その陽性応力効果や陽性変時効果によって心拍数の増加と心収縮力の増加をもたらす（Åstrand et al., 1964）。このカテコールアミンは、運動中止後もなお血液中には高値に存在し、運動終了後の心拍数の増加や血圧上昇の持続メカニズムのかなり大きい部分となっている。

本研究においてすべての年代で運動直後の心拍数は増加した。体力のある者および運動に慣れている者は運動終了後心拍数の回復は非常に速いが（朝比奈・中川、1974）、高齢者および中高年者の中には、運動終了後30分でも心拍数が運動前に戻っていない症例もみられた。心拍数は運動強度を上げていくと、それにほぼ比例して直線的に増加するが、運動強度を増してもそれ以上増加しない心拍数を最大心拍数としている。しかし、心臓の働きは加齢とともに低下し、最大心拍数も減少する。そして個々の最大心拍数を100%とした際、目標の心拍数は運動強度の指標として使用される（Martin et al., 1979）。本研究では、小沢・西端（1999）の示す O-peak 法で算出すると毎分100mのウォーキングに対して20代では、最大心拍数の45%となり、60代は20代および30代に対して有意な差を示した。すなわち、同じ運動であっても中高年者には中等度の運動強度となること、また女性では、運動時心拍数の加齢による増加はより顕著になり、50代と60代では20代に比較して有意な差を示した。石河・杉浦ら（1992）の示す Karbonen 法では差がみられなかつた。運動前の心拍数を算出に加えない O-peak 法では、女性や各年代で差がみられたこととは対照的だった。O-peak 法は、多くの人数を対象とする場合や運動前の心拍数を測定していない場合などに使用されやすいが、Karbonen 法による算出の方が運動前の心拍数という個人差を加味しているので、運動不足の者や中高年者には、より安全かつ適切であると考えられる。

血圧は加齢とともに高くなり、本研究においても各年代の収縮期血圧や拡張期血圧は加齢とともに高くなつた。特に男性の拡張期血圧は、40代および50代は20代に比較して有意に高く、女性の収縮期血圧は、60代は20代、30代、40代すべての年代に比較して有意の差を示し、拡張期血圧は、60代および50代そのすべての年代で有意の差を示した。

運動開始とともに心拍出量や心拍数が増加し、心拍出量と末梢血管抵抗の積である血圧も同時に増加する。本研究においても運動直後の収縮期血圧は、男女とも各年代とも上昇し、その変動値は加齢とともに大きくなる傾向がみられた。特に50代の女性は20代に比較して有意な差があり、その変動値は各年代で増加し、かつ加齢とともに大きくなる傾向が伺われたが、男性では60代ではほとんど増加しなかった。拡張期血圧は、収縮期血圧よりも強く末梢血管抵抗を反映し、運動中の血管抵抗は若年の健康な者では、細動脈が拡大して、動脈血管床が増加して減少傾向となる（Clausen, 1977）。これは、交感神経刺激に続いて筋肉のエネルギー代謝亢進の結果として、pHの低下、CO₂分压の上昇および乳酸などの化学的刺激に反応して血管はさらに拡大するためと考えられる（古川ほか、1994）。一方、加齢とともに血管壁の弾性的の低下や血液粘度が増加し、これは末梢血管抵抗を増大させるので、加齢とともに運動による末梢血管抵抗の減少率は低下する。本研究ではこれまでに報告されている結果（波多野・伊賀、1990；佐藤ら、1977）のように、拡張期血圧の変化をより反映する脈圧は、男女とも運動後に増加し、さらに加齢とともにその傾向が明らかであり、特に60代の男性では20代と比較して有意の差を示した。このことは、本研究においては各年代とも運動によっても末梢血管抵抗をより反映する拡張期血圧の増加は、収縮期血圧に比較して少なく、しかし加齢とともに増加する傾向が示された。若年者では男女とも拡張期血圧が運動前の値にとどまった者が多く、これまでに報告されている結果（Ekeluna and Holmgren, 1967；Sheps et al., 1979）とほぼ一致しており、これらの対象者では、末梢血管抵抗が増加しない程度の運動であったことを示唆している。すなわち、ウォーキングは等張性運動であり、これは等尺性運動に比べ末梢血管抵抗を増加させにくく（Åstrand et al., 1965；Blomqvist et al., 1982；川久保、1997），またウォーキングは主として下肢筋群の運動であることが末梢血管抵抗をむしろ減少させたためと考える。中高年者の境界域高血圧症では、収縮期血圧の上昇が指摘されており、中高年者の高血圧症予防のためにも拡張期血圧の増加の少ないウォーキングが効果的であることが示された。左心室機能を表す指標として Bruce（1974）は、血圧心拍二重積を用いることを提唱した。血圧心拍二重積は、心拍数と収縮期血圧の積で求められ

る。本研究において運動直後の血圧心拍二重積はすべての年代で増加した。そのため血圧心拍二重積の変動値は、男女ともに増加した。この血圧心拍二重積の変動値は、男女とも加齢とともに増加する傾向があり、男性では60代、女性では50代が大であった。この血圧心拍二重積は、冠血流量に比例することが実験的に示されており、本研究においては、中高年者でも運動量に応じて冠血流量が増加したことを示唆している。

血流が動脈の内壁に作用する血圧の平均値 (mean arterial pressure, 以下MAP) は、心拍出量と全末梢血管抵抗の積を示され、MAPの近似値は、収縮期血圧と拡張期血圧の差を3で除し拡張期血圧を加えた平均血圧 (MBP) によって求められる(Durstine and Pale, 1994)。平均血圧は、拡張期血圧の方が収縮期血圧より長い間、拡張期血圧と収縮期血圧の単純平均よりも小さくなる。若年の健康な者の運動前の平均血圧は90～100mmHgの範囲にあるが、運動中はその強度に比例して増加するが、130mmHgを超えることはない(Poliner et al., 1980)。本研究において男女の各年代において平均血圧は増加し、平均血圧の変動値でみると女性では加齢とともに大きくなり、特に50代および60代で10mmHg以上であったが、男性では5mmHgあるいはそれ以下であったため、男性では軽い運動だったことが伺われた。

下肢筋群を使うウォーキングなどを定期的に行うことにより、第2の心臓といわれる筋肉内の血管の循環反応を活性化するため高血圧症や動脈硬化症を予防するといわれている。さらに、適度な運動量は心肺機能を活性化してその機能低下を防止し、筋肉量の変化とともにわざ体脂肪を減少させ、さらに免疫機能の指標の1つであるNK細胞の増加や脳内ホルモンも増加する(Kease, 1988)。

運動は、横断的研究によても(Darga et al., 1989; Montoye et al., 1972)、また縦断的研究によても(Blair et al., 1989; Paffenbarger et al., 1983)高血圧症を予防することが知られている。しかし、本研究においても示されたように、加齢とともに境界域高血圧域とされる症例が増加し、中高年や高齢者および高血圧症者に対する運動処方は、慎重に行わなければならない。また、個人の体力や運動に対する血圧および心拍数の反応には違いがあり、何よりも疾患を有する者や高齢者に対しての運動指導には細心の注意を要する必要がある。それに加え、個々が自分の健康状態を把握するためには、健康診断の受診や運動前、中および後の血圧および心拍数測定や準備運動および整理運動が重要であると考えられ、公営の健康増進センターや民間のスポーツクラブなどの各現場では、手軽に測定できる全自动血圧計や心拍数測定機具の設置、運動実施者への血圧および心拍数測定や準

備運動および整理運動の啓発が重要である。これらのこととは、運動実施者みずからの健康を守り、運動効果をあげるために第一歩であると考える。

IV. まとめ

以上のことから、運動によって加齢とともに収縮期血圧および拡張期血圧の変化が大きくなることは、ひとつには運動前の血圧が境界域高血圧域とされる者の比が増加するためであると考えられる。したがって、運動負荷前・中・後には血圧および心拍数の測定を行い、さらに脈圧、血圧心拍二重積および平均血圧のチェックが、中高年者の適切な運動指導に必要であることが示された。

VI. 文 献

- 1) 阿部圭志(1998)高血圧の管理 治療に関する進歩、高血圧の個別治療、医薬ジャーナル社：15-22.
- 2) 荒川規矩男(1985)高血圧症患者の運動療法、呼吸と循環、33卷：1435-1442.
- 3) 荒川規矩男・河合忠一(1992)運動処方の基礎知識、運動療法の実際、南江堂：13-57.
- 4) 朝比奈一男・中川功哉(1974)運動と循環の生理、現代保健体育学7運動生理学、大修館書店：76-95.
- 5) Åstorpsson, P. -O., Cuddy, T. E., Saltin, B., and Stenberg, J. (1964) Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol.*, 19(2) : 268-274.
- 6) Åstorpsson, P. -O., Ekblom, B., Messing, R., Saltin, B., and Stenberg, J. (1965) Intra-arterial blood pressure during exercise with different muscle groups. *J. Appl. Physiol.*, 20(2) : 253-256.
- 7) Blair, S. M., Goodyear, N. N., Gibbons, L. W., and Kooper, K. H. (1984) Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA*, 252 : 487-490.
- 8) Blomqvist, C. G., Lewis, S. F., Taylor, W. F., and Graham, R. M. (1980) Similarity of the hemodynamic responses to static and dynamic exercise of small muscle groups. *Circ. Res.*, 48 (Suppl 1) : 87-92.
- 9) Bruce, R. A., Fisher, F. D., Cooper, M. N., Gey, G. O. (1974) Separation of effects of cardiovascular disease and on ventricular function with maximal exercise. *Am. J. Cardiol.*, 34 : 757-763.
- 10) Clausen, J. P. (1977) Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise man. *Physical Rev.*, 57 : 779.

- 11) Darga, L. L., Lucas, C. P., Spafford, T. R., Schork, M. A., Illis, W. R., and Hulden, N. (1989) Endurance training in middle-aged male physician. Physician. Sport. Med. 17(7) : 85-101.
- 12) Durstine, J. L., and Pate, R. R. (1994) 運動に対する呼吸循環反応. 米本恭三・栗原敏監修. 運動処方の基礎と実際. アメリカスポーツ医学会編集. 廣川書店 : 東京 46-51.
- 13) Ekeluna, L. G., and Holmgren, A. (1967) A central hemodynamic during exercise. Circ. Res. 21 (Suppl 1) : 33-43.
- 14) 古川啓三 (1994) スポーツと心機能. 勝目紹編集. スポーツ循環器病学. 金芳堂 : 東京, 43-88.
- 15) Hassack, K. F., Bruce, R. A., Green, F. B., Fusako, K., and Derouen, T. A. (1980) Maximal cardiac output during upright exercise : Approximate normal standards and variations with coronary heart disease. Am. J. Cardiol. 46 : 204-212.
- 16) Helfant, R. H., Devilla, M. A., and Meister, S. G. (1971) Effect of sustained isometric handgrip exercise on left ventricular performance. Circulation, 40 : 982-993.
- 17) 波多野義郎・伊賀六一 (1990) 運動処方の原理. 疾病別の運動処方. 図解成人病の運動処方 運動療法基礎 実技編. 医歯薬出版株式会社 : 21-128.
- 18) 石河利寛・杉浦正輝(1992)運動と呼吸循環. 運動生理学. 建帛社 : 東京 173-174.
- 19) Kease, D., Cameron, D. K., and Morton, A. R. (1988) Exercise and the immune response. Sports Med. 5(4) : 248-267.
- 20) 川久保清(1997)運動療法処方の実際. 高血圧の治療新しい時代を迎えて. medicana. vol 34(4) : 620-622.
- 21) 小林修平(1995)運動指導にかかる個々の要素. 健康増進のための運動ガイド. 国立健康栄養研究所監修. 第一出版社 : 東京 68-71.
- 22) Martin, B. J., Spanks, K. E., Zwillich, C. W., Weil, J. V. (1979) Low exercise ventilation in endurance athletes. Med. Sci. Sports Exerc. 11 : 181.
- 23) Montoye, H. J., Metzner, H. L., Keller, J. B., Johnson, B. C., and Epstein, F. H. (1972) Habitual physical activity and blood pressure. Med. Sci. Sports, 4 : 175-181.
- 24) 小沢治夫・西端 泉 (1999) 有酸素運動の運動処方. 健康運動指導者のためのフィットネス基礎理論(改訂版). (社)日本エアロビックフィットネス協会 : 245-248.
- 25) Paffenbarger, R. S., Wing, A. L., Hyde, R. T., and Jung, D. L. (1983) Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. Am. J. Epidemiology, 111 : 245-257.
- 26) 佐藤佑・石河利寛・青木純一郎・清水達雄・前嶋孝 (1977) 運動に対する心拍数 血圧 呼吸数の反応の年齢別 性別特性に関する研究. 体力科学 26(4) : 168-176.
- 27) Seals, D. R., and Hagberg, J. M. (1984) The effect of exercise training on human hypertension: a review. Med. Sci. Sports Exerc., 16 : 207-215.
- 28) Sheps, D. S., Ernst, J. C., Briese, F. W., and Myerburg, R. J. (1979) Exercise-induced increase in diastolic pressure: Indicator of severe coronary artery disease. Am. J. Cardiol. 43 : 708-712.
- 29) 田中宏暁(1998)高血圧症. 運動療法の役割 実際 留意点. Mebio. vol. 15(5) : 48-53.