
健康男性の最大酸素摂取量, 最高心拍数, 血圧および血清脂質濃度の加齢変化におよぼす習慣的運動の影響

岩本圭史¹ 松原 茂¹ 石山育朗² 鈴木政登³

¹日本大学薬学部 ²國學院大学栃木短期大学 ³東京慈恵会医科大学臨床検査医学

Effects of regular exercise on aging of maximum oxygen uptake, maximum heart rate, blood pressure and serum lipids concentration in healthy men

Keishi IWAMOTO¹, Shigeru MATSUBARA¹, Ikuo ISHIYAMA²
and Masato SUZUKI³

¹ Nihon University, Faculty of Pharmacy ² Tochigi Junior College of Kokugakuin University

³ The Jikei University School of Medicine, Department of Laboratory Medicine

Abstract

The present study aimed to measure maximum oxygen uptake ($Vo_2 \max$) and maximum heart rate (HRmax) as aerobic index, blood pressure (Systolic; SBP, Diastolic; DBP), serum lipids concentration (Total cholesterol; TC, Triglyceride; TG, HDL cholesterol; HDL-C, LDL cholesterol; LDL-C), blood lactate concentration (bLA) and atherogenic index (AI) in 119 healthy male subjects (corrected out of 124), aged from twenty to eighty two years, and to discuss changes of above parameters with age, and relationship between aging and regular exercise.

Results were as following;

1. There were no differences of physique with age, and between regular exerciser (Ex group) and sedentary subjects (Sed group).

2. $Vo_2 \max$ and HRmax were lower with age. $Vo_2 \max$ was higher, and HRmax was lower of Ex group than those of Sed group.

3. TC and TG concentration became higher with age, but no changes of HDL-C and LDL-C were recognized by aging. HDL-C and AI of Ex group were higher than those of Sed group.

4. SBP and DBP at rest were gradually higher with age, and differences between pre and post exercise of SBP and DBP were narrow gradually with age. SBP and DBP of Ex group were higher than those of Sed group.

5. bLA concentration at immediately after exercise of over sixty one years was less than a half of under forty years. bLA of Ex group indicated higher value than that of Sed group.

6. In under thirty five years subjects, $Vo_2 \max$ and HDL-C were higher, and HRmax, AI were lower values of Ex group than those of Sed group. In over sixty one years subjects, TC, TG, LDL-C, AI of Ex group were lower values than those of Sed group.

The results showed that regular exercise made cardiovascular function promoted under thirty five years subjects, and made lipid metabolic function improved over sixty one years subjects.

緒言

平成4年度の、心疾患による死亡者は17万5千人(総死亡数の約20%)に達し、心筋梗塞、狭心症など虚血性心疾患の死亡率は、この40年間で約4倍にまで増加している¹⁾。また、脳血管疾患による死亡数は40年前とほぼ同じであるが、脳出血が減少し、くも膜下出血や脳梗塞による死亡数が増

加している¹⁾。

虚血性心疾患や脳血管疾患のrisk factorとして高脂血、肥満、動脈硬化、高血圧および喫煙習慣などが挙げられている²⁾。技術革新により機械化(OA化)された労働形態や家電製品の普及、交通手段の高度発達などによる身体活動量の減少、すなわち運動不足が高脂血、肥満および高血圧症

を惹起していることは衆知のことである^{3) 4) 5) 6)}。

Blairたち⁷⁾は、運動量の少ない者の心疾患死亡率は運動量の多い者に比較し、7~8倍も多いことを報告している。また、持久性運動が虚血性心疾患、脳血管疾患のrisk factorを改善することも実証されている^{2) 3) 4) 5)}。持久性運動は有酸素性作業能の向上をもたらすことも知られている²⁾。したがって、習慣的に持久性運動を行うことによって虚血性心疾患、脳血管疾患の発症を予防することが期待される。しかし、今日の日常生活は複雑、かつ個性的であり、これらの疾患のrisk factorと習慣的運動との関連を明確にすることは難しい。まず、加齢にともない血中脂質濃度や血圧が上昇し⁸⁾、体力が低下する^{3) 9)}。また、血清脂質濃度の測定方法や測定装置が異なり、一概に習慣的運動によって虚血性心疾患や脳血管障害のrisk factorが除去されるとは断定できない場合もみられる¹⁰⁾。

そこで、本研究では、20歳から82歳までの健康男性を対象に運動習慣の有無、全身持久性能力の指標である最大酸素摂取量 (V_{O_2max})、血圧および血清脂質の濃度を同一施設の、同一方法によって実測し、虚血性心疾患や脳血管系疾患のrisk factorの加齢変化におよぼす習慣的運動の影響を横断的に観察しようと試みた。

研究方法

A. 被検者

本実験の対象は、服薬または治療中の疾患がない20~82歳までの健康な男性124名で、予め本実験の主旨、内容等の説明を受け承諾した者であった。日常生活において1回30分以上、週1回以上の運動を2年間以上継続している者を運動群 ($n=83$, EX群) とした。運動種目は、テニス ($n=27$)、水泳 ($n=11$)、ジョギング ($n=4$)、ボート ($n=2$)、さらに複数の種目 (陸上競技、テニス、水泳等) を実施している者 ($n=33$)、その他 (7名) であった。運動習慣がない者またはEX群としての条件を満たさない者を非運動群 ($n=41$, Sed群) とした。

B. 最大酸素摂取量および血清脂質濃度の測定

最大酸素摂取量 (V_{O_2max}) の測定および血清脂質濃度測定のための検体採取は、前日の夕食後10~12時間経た午前9~11時までの間に行われた。被検者は、実験室到着後運動着に着替えて30分以上の椅座位安静を維持した後、安静時の採血、血圧および体重測定等を行った。安静時の諸測定終了後、 V_{O_2max} および最高心拍数 (HRmax) の測定を行った。運動負荷にはトレッドミルを用いた。トレッドミルの初期速度は、被検者の年齢や運動習慣の有無を考慮し、時速2~4kmとし、1分毎に漸増し最終速度は時速8~10kmとなった。トレッドミルの斜度は6~8km/時までは平坦でそれ以後毎分1度ずつ漸増し、概ね6~12分間を要してexhaustionに到達させた。心電図 (胸骨上および V_5 から導出した双極誘導; Life scope 8, 日本光電) は、安静時3分間、運動負荷時および回復時5分間連続モニターした。呼気ガス (System 5, AIC社) は、安静時および運動負荷時連続測定し、1分インターバルで酸素摂取量 (V_{O_2}) をプリントアウトした。運動習慣がない60歳以上の被検者では、心電図の監視のみならず運動中2~3分間隔で血圧 (収縮期血圧および拡張期血圧それぞれSBP, DBPと略) を測定 (自動血圧測定装置STBP-680, 日本コーリン) するなど、安全の確保に努めた。心電図や血圧に異常が認められた場合は、直ちに運動を中止することとしたが、異常が認められない場合でもexhaustionによる運動の中止は被検者の任意とした。被検者の意志によるexhaustion、またはexhaustionに達する過程で得られた心拍数 (HR) および V_{O_2} 実測値をそれぞれHRmax, V_{O_2max} とした。運動負荷直後および30分後にも安静時と同様に椅座位で血圧測定と採血を行った。運動後の体重測定は運動後概ね5分時にのみ行った。

血清脂質として、中性脂肪 (TG)、総コレステロール (TC) 濃度を自動分析装置 (TBA-80M, 東芝) で測定し、HDLコレステロール (HDL-C, ヘパリン Ca^{++} ニッケル法) 濃度を用手法で測定した。LDLコレステロール (LDL-C) 濃度は、Friedewaldの式 ($LDL-C=TC-HDL-C-TG/5$)⁸⁾ を用いて算出

した。TC, HDL-C濃度から動脈硬化指数 (Atherogenic Index=(TC-HDL-C)/HDL-C, AI)¹¹⁾も算出した。また、血清脂質の他に用手法で血中乳酸濃度 (bLA, ベーリンガー・ラクテートテストキット)も測定した。

C. 統計処理方法

諸測定値の各年代の平均値の差の検定には、一元配置分散分析およびBonferroniのt検定によって多重解析を行った。Ex群とSed群の平均値の差の検定として、分散分析で差がみられた場合にはWelchのt検定を、分散分析で差がみられなかった場合にはStudentのunpaired-t検定を行った。最大運動負荷前後の測定値の有意差検定にはStudentのpaired-t検定を行った。各測定値間の関連性の検定にはPearsonの単相関係数検定法を用いた。いずれの検定も統計解析プログラム・HALBAU (現代数学社)¹²⁾をPC-9801NS/R (NEC)で行い、確率水準5%を有意限界とした。

実験結果

A. 形態, Vo₂max, HRmax, 血清脂質濃度, 血圧および血中乳酸濃度の加齢変化
運動の中止は心電図, 血圧を監視しながら行っ

たが、多くは被検者の任意に委ねたため、呼吸・循環機能からみて十分exhaustionに到達する前に中止した例があり、この場合はVo₂max, HRmaxとは認め難かった。そこで、カルボーネンの最高心拍数 (HRmax) 推定式

(220-年齢)¹³⁾を用い、実測HRmaxが推定HRmaxの85%以上に達したものをHRmax¹⁴⁾として採用することにした。その結果、5例 (55, 65, 66, 71, 82歳)が除外された。本実験の対象124名のうち5名が除外されたので、以下の結果はすべて119名についてのものである。

1. 形態

形態の年齢別平均値 (±SD) をTable 1に示した。平均身長は年齢が高くなる程低くなり、体重およびBMI (Body mass index) は31~35歳が最も高値であった。他の年代のBMIは22~24の範囲にあり、年齢による差はみられなかった。

2. Vo₂maxおよびHRmax

Vo₂max, HRmaxの年齢別平均値 (±SD) をFig. 1に示した。Vo₂maxは、46~50歳でやや高値傾向を示すが、概して高齢になる程低くなる傾向であった。HRmaxは加齢とともに低くなった。

3. 血清脂質濃度

血清脂質 (TC, TG, HDL-C, LDL-C) 濃度および

Table 1. Comparisons of height, weight, and body mass index (BMI) of subjects (n=119) with age.

Age (years)	20-25 n=42	26-30 n=18	31-35 n=8	36-40 n=6	41-45 n=18	46-50 n=7	51-60 n=9	61-70 n=4	71-81 n=7
Height (cm)	173.4 ± 6.3	172.1 ± 6.8	173.8 ± 3.4	172.8 ± 8.8	168.4 ± 5.0	162.9 ± 1.8	165.8 ± 3.9	167.0 ± 3.4	161.4 ± 6.4
Weight (kg)	65.4 ± 8.7	67.0 ± 8.3	74.4 ± 3.8	67.4 ± 3.1	66.9 ± 8.0	59.7 ± 4.0	61.0 ± 4.8	62.4 ± 6.9	59.5 ± 9.6
BMI	21.7 ± 2.1	22.6 ± 2.0	24.7 ± 2.0	22.8 ± 2.7	23.5 ± 2.1	22.5 ± 1.7	22.2 ± 1.4	22.4 ± 2.1	22.7 ± 2.9

Significant differences by Bonferroni's t-test, *p<0.05, **p<0.01.

AIの年齢による変化をTable 2に示した。TCは46~50歳が最も高く、TG濃度は71歳以上の群 (n=7) が最も高値であった。年齢が40歳を過ぎるとTC、TG濃度ともに30歳以下の者に比較し高くなる傾向がみられた。HDL-C、LDL-C濃度には、TC、TG濃度のような年齢による変化はみられなかった。

4. 血圧

安静時および最大運動直後のSBP、DBPを年齢別にFig. 2に示した。安静時SBP、DBPとも加齢とともにない、徐々に高くなる傾向を示した。高血圧 (SBP160/95mmHg以上)¹⁵⁾ は、119名中4名 (48, 73, 75, 76歳) にみられた。

最大運動直後のSBPは160~176mmHgまで上昇し、年代間の差はみられなかった。しかし、運動前後のSBP差 (Δ SBP) は45歳以下では

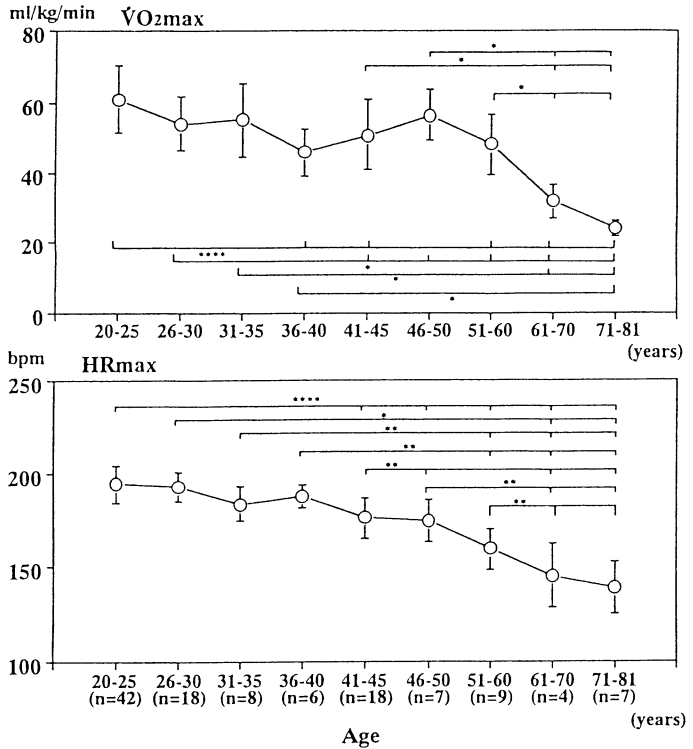


Fig.1 Maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$; upper) and maximum heart rate (HRmax; lower) with age (n=119). *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, ****p<0.0001

Table 2. Comparisons of serum lipids (total cholesterol ; TC, triglyceride; TG, lipoprotein levels (HDL cholesterol ; HDL-C, LDL cholesterol ; LDL-C) and atherogenic index (AI) of subjects (n=119) with age.

Age (years)	20-25 n=42	26-30 n=18	31-35 n=8	36-40 n=6	41-45 n=18	46-50 n=7	51-60 n=9	61-70 n=4	71-81 n=7
TC (mg/dl)	166.9 ± 27.0	166.4 ± 30.9	194.8 ± 25.8	188.3 ± 31.8	194.8 ± 33.0	229.1 ± 18.8	204.0 ± 35.4	188.5 ± 22.4	212.0 ± 41.9
TG (mg/dl)	74.3 ± 42.5	56.9 ± 34.3	95.6 ± 63.2	105.2 ± 41.1	115.9 ± 53.5	100.0 ± 60.1	94.6 ± 35.9	107.3 ± 58.6	143.8 ± 38.4
HDL-C (mg/dl)	53.8 ± 13.9	53.2 ± 12.0	51.5 ± 18.4	42.7 ± 8.7	48.1 ± 14.3	63.1 ± 15.0	57.8 ± 9.0	54.5 ± 13.2	40.8 ± 9.9
LDL-C (mg/dl)	98.2 ± 24.7	101.8 ± 24.4	124.1 ± 32.7	124.6 ± 25.8	123.8 ± 30.3	147.3 ± 19.0	127.3 ± 28.8	112.3 ± 23.6	142.5 ± 31.4
AI ¹⁾	2.28 ± 0.88	2.22 ± 0.69	3.26 ± 1.54	3.56 ± 1.02	3.40 ± 1.46	2.78 ± 0.73	2.56 ± 0.53	2.72 ± 1.19	4.32 ± 0.89

1) AI= (TC-HDL-C) ÷ HDL-C

Significant differences by Bonferroni's t-test, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, ****p<0.0001.

57.4±27.2mmHgあったのに対し、46歳以上では36.6±19.9mmHgとなった(p<0.001)。運動直後のDBPは、年齢とともに上昇する傾向を示し、61歳以上では運動前安静時のレベルより高くなる傾向であり、例えば20~25歳の者の運動前後のDBPの差(ΔDBP)(-22.1±27.1mmHg)は71歳以上の者のそれ(8.86±15.8mmHg)と比し有意差が認められた。

5. 血中乳酸濃度

安静時および最大運動直後のbLA濃度をFig. 2に示した。安静時bLA濃度には年齢差はみられなかった。運動直後のbLAはどの年齢でも上昇するが、年齢別に比較すると45歳まではほぼ横ばいであり、以後60歳まで緩やかに減少し、61歳以上で急激に減少した。安静時と最大運動直後のbLAの上昇程度は20~45歳までは約10倍(p<0.0001)、46~60歳では約6倍(p<0.001)、61歳以上では約4倍の上昇で、61歳以上最大運動後のbLA濃度は40歳以下の者の半分以下であった。

B. 運動習慣の有無からみた形態, Vo₂max, HRmax, 血圧, 血中乳酸濃度および血清脂質濃度の加齢変化

1. 形態, Vo₂maxおよびHRmaxにおよぼす運動習慣の影響

形態には運動習慣を有する者(Ex群)と運動習慣がない者(Sed群)の間に差はみられなかった。Vo₂maxおよびHRmaxの年齢による変化をFig. 3に示した。Vo₂maxはEx, Sed群ともに加齢とともに減少したが、Ex群のVo₂maxはほとんどの年齢において高値を示した。しかし、HRmaxには両群に差はなく、加齢とともに減少した。したがって、Ex群

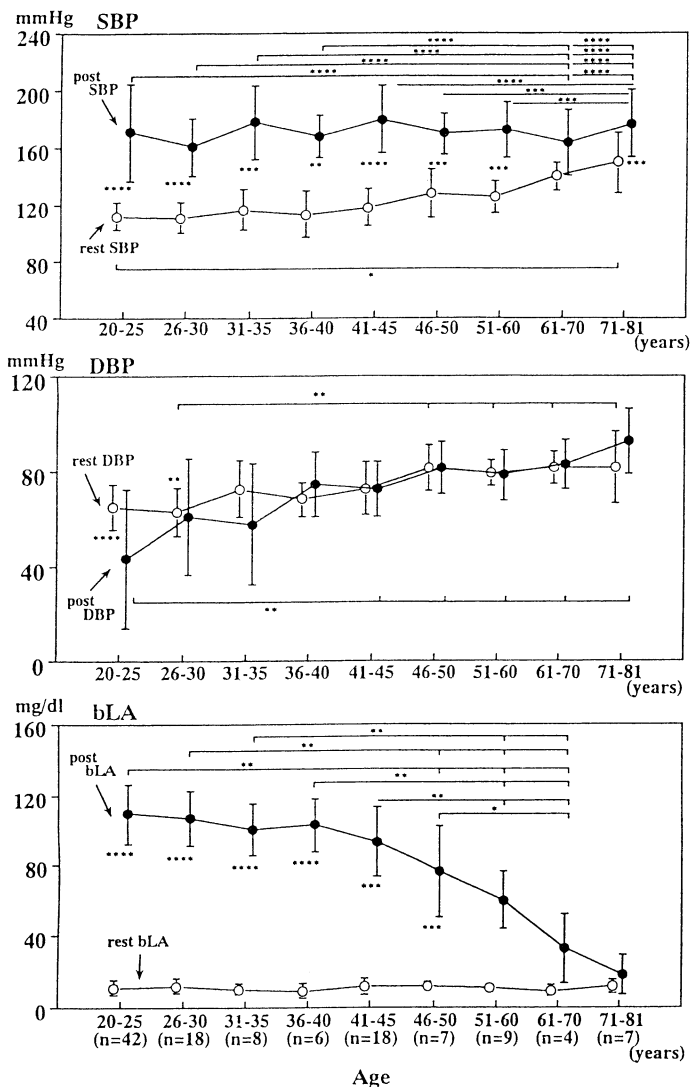


Fig.2 Resting blood pressure (systolic;SBP at rest, diastolic;DBP at rest), and serum lactate concentration (bLA at rest) and immediately after exhaustive exercise (post ex) with age (n=119). *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, ****p<0.0001

の最大酸素摂取量は全例(n=80)の平均値では0.307±0.063mlであるのに比し、Sed群(n=39)では0.253±0.044mlであった(p<0.0001)。どの年代でも同様の傾向であり、Ex群は有酸素的作業能に優れ、一回心拍量あたりの酸素運搬量が多いことが明らかにされた。

2. 血圧および血中乳酸濃度におよぼす運動習慣

の影響

運動習慣の有無別にみた年齢と血圧との回帰分析の結果には明確な差異は認められなかった。そこで、Ex, Sed群をそれぞれ20~35, 36~55, 56~81歳の3群に分割し、その平均値をFig. 4に示した。安静時SBP (SBPrest) は年齢が高くなるにつれやや上昇するが、2群間に差はない。最大運動直後のSBP (SBPpost) はいずれも増加するが、Ex群の上昇が顕著であり、20~35歳では有意差が認められた。安静時DBPも年齢とともに増加する傾向があり、とくにEx群の値が高値であった。しかし、いずれも90mmHg以下の値であった。最大運動直後のDBP (DBPpost) は20~35歳代の若年者ではEx, Sed群の別なく有意に減少するが、それ以降の年代では有意変化をしなかった。

Ex群全例 (n=80) の最大運動直後のSBPとHRmaxの積 (最大ダブルプロダクト; DPmax) の平均は $32.0 \pm 5.2 \times 10^3 \text{bpm} \cdot \text{mmHg}$ で、Sed群 (n=39; $28.9 \pm 6.1 \times 10^3 \text{bpm} \cdot \text{mmHg}$) より有意に高値であった。この傾向は概ねどの年代でも認められたが、加齢によるDPmaxの低下は両群とも50歳代以降漸減した。このことから、心筋の仕事量は50歳代以降低下はするが、習慣的運動によってある程度高いレベルに維持されることがわかる。

安静時bLAには両群間に著しい差はみられなかった。最大運動直後のbLAは、36歳~55歳代 (Ex群 $86.3 \pm 24.7 \text{mg/dl}$, $79.0 \pm 30.3 \text{mg/dl}$) および56歳以上の代 (Ex群 $30.1 \pm 25.0 \text{mg/dl}$, Sed群 $23.4 \pm 11.3 \text{mg/dl}$) の比較ではEx群がやや高値傾向にあった。すなわち、最高乳酸濃度は加齢とともに減少するが、習慣的運動の影響は明確にはされなかった。

3. 血清脂質濃度におよぼす運動習慣の影響

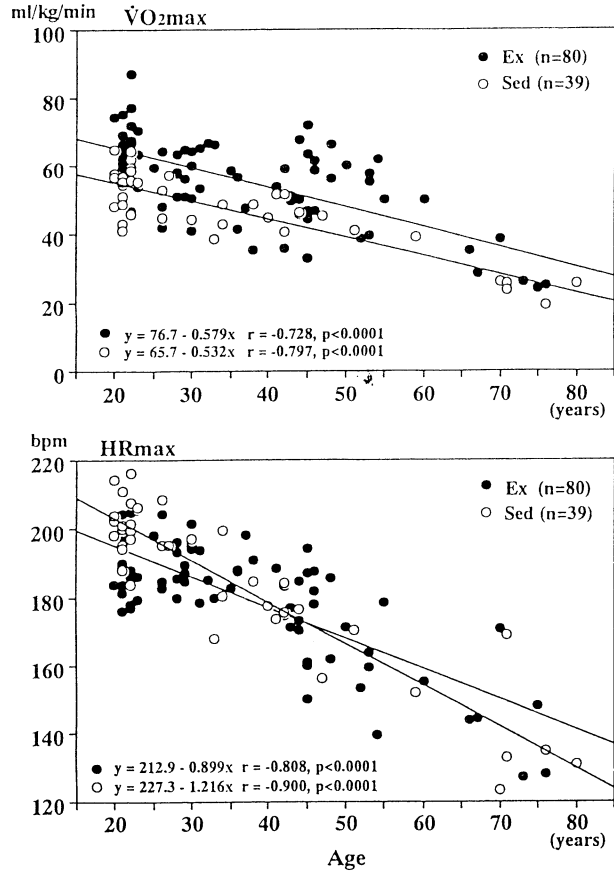


Fig.3 Correlation between maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) and age (upper), maximum heart rate (HRmax) and age (lower) of regular exercisers (Ex) and sedentaries (Sed).

血清TGおよびAIについて、年齢との間で単回帰分析をした結果、Ex群の血清TGと年齢との間の相関係数は $r = 0.461$ ($p < 0.001$), Sed群では $r = 0.268$ (NS)であり、血清TGも加齢とともに上昇するが顕著な運動の結果は示されなかった。動脈硬化指数 (AI) も加齢とともに顕著に上昇したが、両群間で差はなかった。そこで、Fig. 5に示した年代区分で、Ex, Sed群の他の脂質 (TC, HDL-C, LDL-C) 濃度の平均値を比較し、Fig. 5に示した。血清TC, TGおよびLDL-C濃度は年齢が高くなるにつれて上昇する傾向にあるが、習慣的運動の差異は明確ではない。しかし、血清HDL-C濃度はEx群が高く20~35, 56~81歳代では有意に高値であった。

4. 運動習慣の影響の年代差

20~25歳では V_{O_2max} (Ex群 65.7 ± 8.5 , Sed群 54.3 ± 6.9 ml/kg/min), HR_{max} (189.3 ± 8.7 bpm VS 201.1 ± 8.2), HDL-C (59.3 ± 4.2 mg/dl VS 46.4 ± 10.1), AI (2.0 ± 0.8 VS 2.6 ± 0.9)に両群間に有意差がみられた。31~35歳ではEx群の V_{O_2max} (61.9 ± 5.8 ml/kg/min)がSed群 (43.4 ± 5.0 ml/kg/min)に比し有意な高値を示した。36~60歳の間では、ほとんどの測定項目に有意差は認められなかった。

61~70歳の高齢者群では、BMI (Ex群 21.1 ± 1.3 , Sed群 25.0 ± 0.3), TC (174.3 ± 13.7 mg/dl, 217.0 ± 2.8), TG (72.0 ± 21.4 mg/dl, 178.0 ± 65.1), LDL-C (99.1 ± 19.3 mg/dl, 1

39.4 ± 7.4), AI (2.0 ± 0.8 , 4.2 ± 0.4)はSed群に比べEx群が低値であった。71~81歳の高齢者群では、Ex群のHDL-C (46.4 ± 9.1 mg/dl)がSed群 (31.3 ± 4.1 mg/dl)より有意に高かった。

これらの結果から習慣的運動は、有酸素性作業能、体脂肪量、血中脂質濃度および血圧に対し一律に効果を発揮するものではなく、高齢になっても運動によって有酸素性作業の改善や血清HDL-C濃度の上昇は認められ易いが血圧や血清TCへの効果は顕著ではないことを示唆される。

考 察

中高年齢者の運動習慣と体力および血清脂質濃度をこく限られた年齢区間について調べた報告は

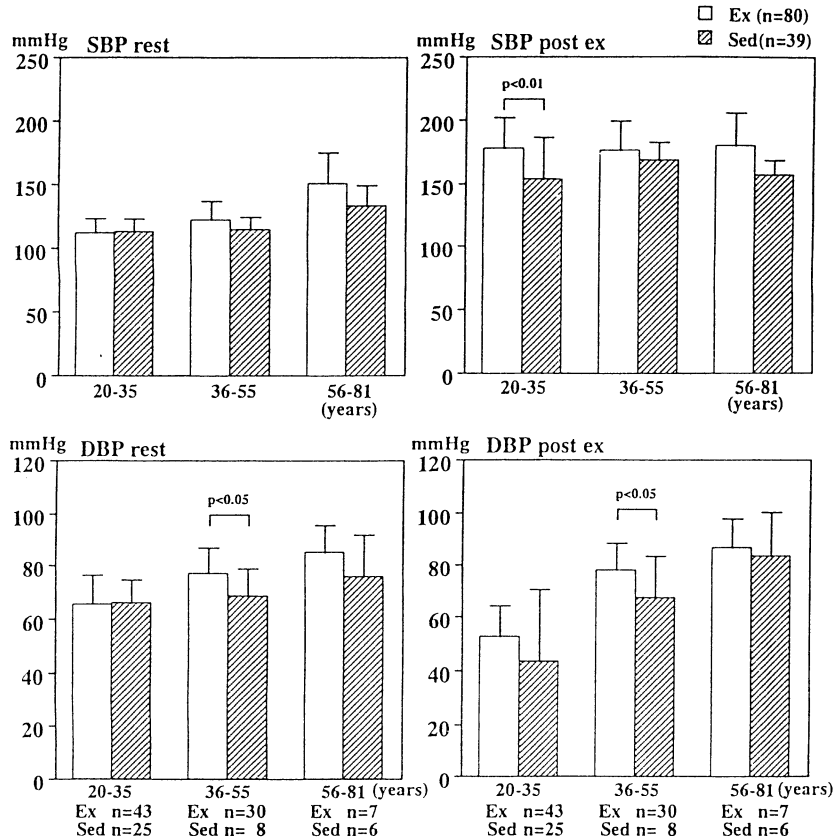


Fig.4 Comparison of resting blood pressure(systolic; SBP at rest, diastolic; DBP at rest) and immediately after exhaustive exercise (post ex) between regular exercisers (Ex) and sedentaries (Sed).

多い^{4) 9) 16)}。しかし、加齢変化という観点から調べたものはみあたられない。食生活環境や労働環境が不変であるならば、同一個人による加齢変化の縦断的観察は価値あるものと思われる。しかし、ここ20年間の食物摂取状況や労働形態は大きく変わっている^{6) 17)}。現在80歳の者の形態や血清脂質濃度は20歳時と比較し大きく変化しているが、それが60年間の加齢変化か、生活環境変化に起因したものを明確には区別し難い。さらに、60年前の諸測定法と現在のそれとは大きく異なっており、縦断的比較といっても一概信憑性の高いものとは認め難い。

本研究では20~82歳までの健康な男性119名を対象に形態、最大酸素摂取量、最高心拍数、血圧、

血清脂質濃度の加齢変化に対する習慣的運動の影響を横断的に観察した。Vo₂max, HRmaxおよび血清脂質濃度などの定量は同一施設で、同一の方法によって行ったので諸測定法に起因する差異は無視できる程度と思われる。しかし、食生活については調べなかったため、これに起因した形態や血清脂質濃度への影響は加齢および運動習慣による影響とは分離できなかったことになる。

A. 加齢の影響について

身長、体重は平成3年の全国調査結果¹⁸⁾と比較して、本研究の対象者が上回っていた。

本実験のVo₂maxを松井の測定した年齢別Vo₂max平均値¹⁹⁾と比較すると、本実験60歳未満の値は体重1kgあたり10~15ml/min上回り、61歳以降ではほぼ同値であった (Fig. 1)。本対象のHRmaxはRobinson, WHO, Blackburnの回帰式による推定値と比較すると、51歳以上では10拍/分以上低値であった²⁰⁾。運動習慣のある者の割合 (50歳以下98名中67名, 61歳以上16名中9名) を考慮すると、61歳以上の本対象者はごく一般的な体力レベル、50歳以下の対象者は体力レベルがやや高い者と推定される。加齢にともなうVo₂maxおよびHRmaxの減少は心筋の老化による心臓機能低下や動脈硬化等血管の老化に起因するものと考えられる。

本実験の対象者の血清脂質濃度は、71歳以上の者の場合TG, TC, LDL-C, AIが他の報告²¹⁾に比較

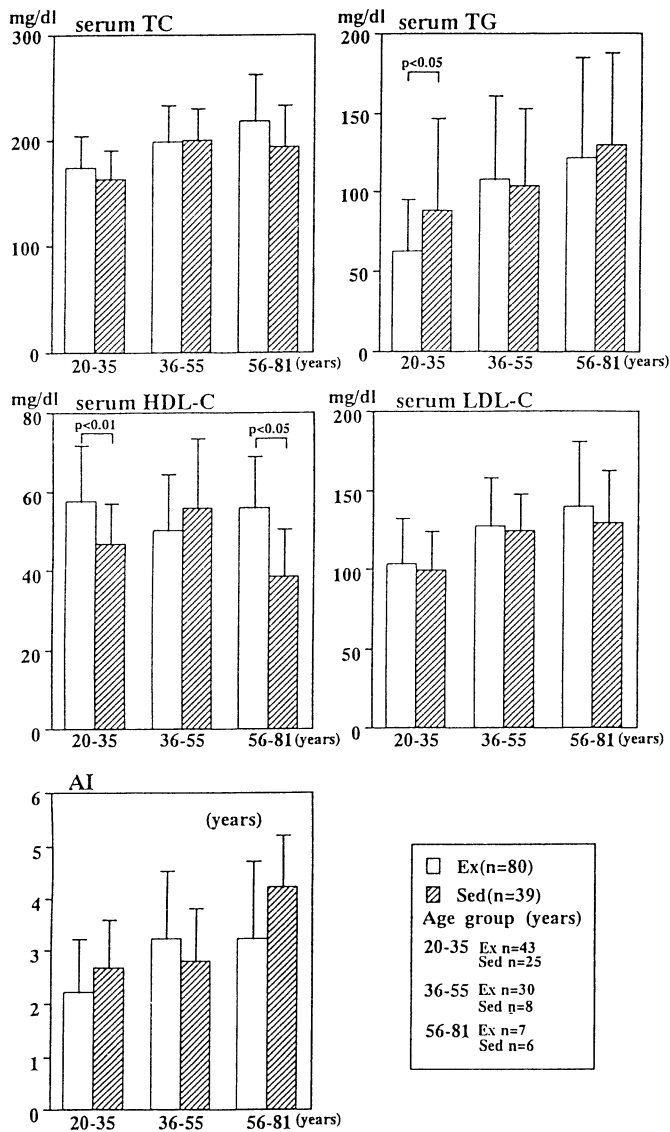


Fig.5 Comparison of serum total cholesterol (TC), triglyceride (TG), HDL and LDL cholesterol (HDL-C, LDL-C) and atherogenic index (AI) between regular exercisers (Ex) and sedentaries (Sed).

し高値を, HDL-Cは低値を示した (Table 2)。血清脂質濃度は年齢の他に食事やアルコール摂取, 喫煙および運動などライフスタイルに起因することが知られている^{2) 4) 8) 17)}。鈴木たちは, 中年の労働形態が管理的な作業およびデスクワーク中心になり, 青年期の労働量に比較し消費エネルギーが少ないことを指摘した²²⁾。加齢とともにTG, TC, LDL-C, AIが増加する原因は, 加齢による

脂質代謝機能の低下に加えてエネルギー摂取量に対する消費量の減少を主とした現代のライフスタイルによるものが多いと思われる。

血圧は収縮期 (SBP), 拡張期 (DBP) とともに加齢にともない高くなった (Fig. 2)。安静時と最大運動直後の血圧との差 (Δ) は年齢とともに狭少化した。20歳代に比べ30歳代以降にAIが大きくなった本実験結果をふまえると、加齢にともない動脈の硬化が進行し、それが血圧の上昇を引き起こしたと考えられる²³⁾。その結果、最大運動の血圧変化 (Δ SBP) や脈圧の低下をもたらしたと思われる、逆に高齢になっても運動前後のSBP, DBPの変化が大きいことは動脈血管系の弾力性がよい状態に維持されることを反映するものと思われる。

最大運動後の血中乳酸濃度 (bLA) は、加齢とともに有意に減少した (Fig. 2)。とくに、61歳以上の者のbLAは40歳以下の者の半分以下であったことから、加齢にともない運動に関する筋量が減少したことの他に、加齢により十分exhaustionに追い込むことの危険性が運動継続を阻止したものであると思われる。加齢によるexhaustion時の運動継続を抑制する因子についてはまったく不明であるが、危険という心理的要素や血中pHの僅かな減少、心拍数の上昇などが関与するのかも知れない。

B. 運動習慣の影響について

本実験では、運動習慣の有無による形態の差異はみられなかった。 Vo_2max はとくに55歳以下の場合Sed群よりEx群が有意に高値であり (Fig. 3), 持久性運動のパフォーマンスに影響するとされる酸素脈²⁴⁾もEx群が高かった。これも運動による効果と思われた。

Ex群の安静時血圧はSed群よりやや高い傾向であった。もちろん正常範囲 (160/90mmHg) 以下の値ではあった。最大運動前後の血圧の差 (Δ) はEx群が大きかった。Ex群の動脈の柔軟性はSed群より高いことが推測される。また、Ex群のDPmaxの高いことは習慣的運動によって心筋の収縮力強く、心臓のなし得る仕事量²⁵⁾が多くなったことを反映している。なぜEx群の安静時SBP, DBPが高

値傾向にあったのかは、明かではないが、肥満傾向にあり、血清TCやLDL-C濃度がやや高いことと関連するかも知れない。

Ex群の最大運動後のbLA濃度はSed群より高値であった。このことは、トレーニングによって加齢による骨格筋の減少が抑制されたこと、筋の解糖系代謝によって生じた乳酸に対する耐性 (pHの低下に対する生体機能の耐性) が高いことの反映と思われる。

Berg et al.²⁶⁾ は、有酸素運動トレーニングによってHDL-C濃度が増加し、HDL-Cレベルと最大酸素摂取量は正の相関を示すことを報告している。古平²³⁾ は、運動がTGの減少とHDL-Cの増加を促進させ、動脈硬化を予防すると報告している。本実験でもEx群のHDL-C濃度がSed群より高値であり、さらにEx群の最大運動前後の血圧差が大きく、DPmaxおよび Vo_2max が高いことから推定して、習慣的運動によって虚血性心疾患および脳血管系疾患のrisk factorを除去することは明らかのように思われる。

年代によって習慣的運動の効果に差異があるか否かを調べた。その結果、35歳以下の若年者では Vo_2max , HRmax, HDL-CおよびAIに、61歳以上の高齢者ではBMI, TC, TG, LDL-C, HDL-CおよびAIに差がみられた。しかし、この結果を即トレーニング効果の年齢差と断定することはできない。まず、各年代の例数が大きく異なる。さらに、各年代におけるEx群のトレーニング条件やトレーニング期間などは調べられていない。したがって、トレーニング効果の発現域値を満たさなかったのか、それとも高齢のためトレーニング効果が発現され難かったのかは明確に判別されない。しかし、習慣的運動による有酸素性作業能の改善および血清HDL-C濃度の増加は比較的容易であることは本研究から明らかにされた。一方、血圧や血清TC, LDL-C濃度の加齢による上昇に対するトレーニング効果は得られ難いものと思われる。いずれにしても、習慣的運動によって Vo_2max および血清HDL-C濃度を高く維持することが可能運動習慣は加齢により易発しやすい虚血性心疾患や脳血管系疾患のrisk

factor除去に十分貢献することが示された。

要 約

本研究では20歳から82歳までの健康男性119名を対象に、最大酸素摂取量 (V_{O_2max})、血圧および血清脂質濃度の加齢変化におよぼす習慣的運動の影響を横断的に観察し、次のような結果が得られた。

1. 加齢および運動習慣の有無による形態への影響はみられなかった。2. V_{O_2max} およびHRmaxは加齢とともに漸減した。しかし、運動群

(Ex)の V_{O_2max} の低下は非運動群(Sed)より僅少であった。加齢によるHRmaxの低下に対し習慣的運動の影響は顕れなかった。

3. 血清TC、TG濃度は加齢とともに高くなる傾向がみられた。血清

HDL-C、血清LDL-C濃度には加齢変化はみられなかった。しかし、Ex群の血清HDL-C濃度はいずれの年代でも高値傾向にあった。

4. 安静時血圧は加齢にともない高くなる傾向を示した。最大運動前後の血圧差は加齢とともに僅少化した。Ex群の安静時血圧はいずれも正常範囲(160/90mmHg)であったが、Sed群より高値傾向であり、最大運動後の心筋仕事量(DPmax)は有意に高値であった。

5. 最高乳酸濃度は加齢とともに低下し、61歳以上の者では40歳以下に比較し半分以下であった。しかし、いずれの年代でもEx群の最高乳酸濃度は高値傾向にあった。

以上の結果から、習慣的運動によって有酸素性作業能の改善や血清HDL-C濃度の増加は比較的容易に起こることが示される。したがって、加齢にともない易発する虚血性心疾患および脳血管系疾患発症のrisk factor除去に、習慣的運動が有効であることが推測される。加齢にともなう安静時血圧や血清TC、LDL-C濃度の上昇に対する習慣的運動の効果は少なくとも本実験の運動条件下では明確にされなかった。このことは、運動習慣のみならず食事の影響や喫煙、アルコール飲用習慣および日常の労働形態の影響も関与したものと思わ

れる。

尚、本研究は平成6年度日本大学学術研究助成金(総合研究)：

Quality of lifeを目指す薬剤治療の研究(代表、花野学 教授)の分担研究(代表 岩本圭史)として行われたものである。

引用文献

- 1) 松浦十四郎, 他: 国民衛生の動向1993年, 厚生指針40(9), 43-104, 厚生統計協会, 1993
- 2) 川久保清: 「循環器疾患の予防のための運動とその意義 - 持久力レベルと冠危険因子 -」, 循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書, 8-19, 健康保健組合連合会, 1993
- 3) 中野昭一: 「運動機能からみた中高年者の生理的変化と大学健康管理システムによる循環器系疾患の把握および管理」, 循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書, 32-47, 健康保健組合連合会, 1993
- 4) 横山正義: 「循環器系疾患の予防と運動習慣」, 循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書, 20-31, 健康保健組合連合会, 1993
- 5) 鈴木政登: 「高コレステロール血症と高血圧症について」, 体育科学センター編, 成人病の治療と予防の基礎と実際, 66-88, 杏林書院, 1993
- 6) 労働科学研究所所長対談: 労働科学研究所の研究問題の推移, 労働の科学38(1), 4-10, 1983
- 7) Blair S. N. (et. al.): Decrease of mortality due to cardiovascular diseases in persons good fitness level, JAMA, 262, 2395-2399, 1989
- 8) 鈴木政登: 「加齢にともなう血液成分の変化」, 循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書, 48-59, 健康保健組合連合会, 1993
- 9) 小野寺昇: 「運動習慣のある高齢者の体力」, 循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書, 108-114, 健康保健組合連合会, 1993

- 10) 濱本 紘：運動療法と不整脈，臨床スポーツ医学5(1)，39-46，1988
- 11) 北村李軒：運動習慣の有無別にみた中高年者の血清脂質について，体育科学13，185-190，1985
- 12) 高木廣文ほか：HALBAUによるデータ解析入門，72-105，現代数学社，1989
- 13) 渡部和彦：「運動を実施するにあたって—その運動処方—」，循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書，192-207，健康保健組合連合会，1993
- 14) 鈴木政登，他：運動習慣を有する中高年齢女性の日常活動量，体脂肪量，筋量および血中脂質濃度，体力科学43(6)，596，1994
- 15) Bruce M. (et. al.) : Isolated systolic hypertension and subclinical cardiovascular disease in the elderly, JAMA, 268(10), 1287-1291, 1992
- 16) 栗原 敏：「シルバーエイジの運動習慣が心機能におよぼす効果」，循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書，155-169，健康保健組合連合会，1993
- 17) 岩根久夫：「循環系からみた体力とライフスタイル」，循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書，89-99，健康保健組合連合会，1993
- 18) 厚生省保健医療局健康増進栄養課監修：平成5年版国民栄養の現状，26-58，第一出版，1993
- 19) 松井秀治：「運動と生理的運動強度」，成人病の治療と予防の基礎と実際，202-229，杏林書院，1993
- 20) 池上晴夫：中高年のスポーツ適性, J. J. Sports Science 5(4), 236-240, 1986
- 21) 鈴木政登：「運動習慣が血中脂質におよぼす効果」，循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書，170-182，健康保健組合連合会，1993
- 22) 鈴木政登，他：企業就労者のライフスタイルと体力の関係および健康意識，体育科学22，177-193，1994
- 23) 古平国泰：「運動効果判定のための循環機能検査」，循環器系疾患の予防のための運動効果に関する調査研究事業報告書，68-76，健康保健組合連合会，1993
- 24) 江橋 博，他：トレッドミル法による一流マラソン選手の最大下負荷運動時における酸素運搬系の比較，体力科学35(6)，446，1986
- 25) 鈴木政登，他：運動負荷時血圧変動の個体差，小野スポーツ科学 2，21-43，1994
- 26) Berg, A. et al. : Physical activity and lipoprotein lipid disorders, Sports Med. 17(1), 6-21, 1994

(平成6年10月12日受付)