

アクアビクスエクササイズが中高年齢者の血圧および 加速度脈波に及ぼす影響

加藤 尊¹⁾, 寺島 徹²⁾, 菅嶋 康浩⁴⁾, 高田 晴子¹⁾

¹⁾ 鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部 医療栄養学科

²⁾ 鈴鹿医療科学大学 健康管理センター

³⁾ 鈴鹿医療科学大学 医用工学部 臨床工学科

⁴⁾ 名古屋芸術大学 健康科学研究室

緒 言

中高年齢者の生活習慣病に関連する問題点の一つに、動脈伸展性の低下があげられる。現在、日本人の死因上位にある、心疾患や脳血管疾患は血管系疾患である。アメリカスポーツ医学会（American College of Sports Medicine；以下 ACSM）によれば、運動強度 50～60% 程度の有酸素運動が、高血圧症を含む生活習慣病に効果的な運動処方としている¹⁾。一般に、高血圧症や心疾患に対するウォーキングなどの有酸素運動を用いた運動療法は広く知られている。しかし、最近では低強度レジスタンストレーニングやアクアビクストレーニング、さらにはボールエクササイズなど、運動療法としてのトレーニングも多種にわたり多様化している²⁾。

近年の室内温水プール普及に伴い、水泳を含むアクアエクササイズは急速に広まった。プールでの運動といえば、従来は水泳がほとんどであった。現在では水中ウォーキングや水中ランニング、またプールでエアロビクスダンスを行うアクアビクスダンス、専用器具を手足に取り付けて行うアクアワークアウトなど、アクアエクササイズは多様な広がりを見せている³⁾。

水中には、陸上では感じる事のない浮力や水の抵抗、静水圧などがある。また、水中では、静水圧により静脈還流が促され静脈還流量が増加する⁴⁾。そのため、一回拍出量が増加し陸上より大きな容量負荷を心臓にもたらし⁵⁾⁶⁾。水の粘性特性による抵抗などの影響もあり、陸上と水中の双方で同様の運動を行うと、生理的負荷が異なることがある⁷⁾⁸⁾。ウォーキングを例にすると、同じスピードで行った水中ウォーキングの酸素摂取量は、陸上ウォーキングより有意に高い⁷⁾⁸⁾。また、水中ウォーキングの筋活動様相は、同じスピードで行う陸上ウォーキングの筋活動様相とは異なる特徴を持つ⁹⁾。ストライド頻度は水中で低くなり、歩幅が広がり、足関節、膝関節や腰関節角度もそれぞれの最大値は水中で増加する⁹⁾¹⁰⁾。

ACSM が定める運動処方の指針に従えば、健康の維持増進には週 3～5 回の運動が必要である¹⁾。しかし、週 3～5 回という頻度で運動に時間を充てることのできる人はそれ程多くない。公共スポーツセンターなどでもそうした現状を踏まえて、週 1 回、全 6～10 週間の低頻度コースを中心に催しているのが実情である。しかしながら我々が知る限り、水中ウォーキング

などのアクアエクササイズと動脈伸展性との関りについて、週1回という低頻度でかつ、6週間という短期間による運動効果の報告は見当たらない。そこで本研究では、6週間、週1回の比較的短期間で低頻度のアクアビクスエクササイズが、加速度脈波や血圧などの動脈伸展性に関連する指標に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

方 法

実験参加者（被検者）

被検者は公共スポーツセンターが主催する、アクアビクス初級コースに参加した平均年齢 40.4 ± 5.8 (29-60) 歳、身長 155.7 ± 3.4 (138.0-163.0) cm、体重 52.5 ± 4.5 (34.0-65.0) kg、BMI 21.4 ± 3.7 (16.6-26.7) の健康な9名の女性であった。被検者には事前に研究の主旨、内容が十分に説明されており、研究への参加は自発的な同意を得て行なわれた。

実施日時

アクアビクス初級コースは、2004年1月16日から2月20日までの6週間で、毎週1回1時間(14:00-15:00)開催された。種々の測定は、アクアビクスコースの第1回目と最終第6回目に行った。初回、最終回共に、アクアビクスコースの運動前測定はコース開始40分前より行い、運動後測定はコース終了25分後より行った。

アクアビクスコース

アクアビクス初級コースでは、水中ストレッチング、水中ウォーキング、水中ランニング、各種アクアステップ、専用器具を用いての上半身ワークアウト、水中ストレッチング、クールダウンを行い、運動時間は60分間であった。なお、アクアエクササイズは、経験のあるアクアエクササイズ専門インストラクターによる指導のもとで行われた。今回のコースは初級ということもあり、本格的なアクアビクスエクササイズへの導入コースであった。

測定項目

収縮期血圧、拡張期血圧は自動血圧計（オシロメトリ法、National, EW3150-W）にて測定を行った。手指尖部加速度脈波は ARTETT c (Umedica) を用い、利手と反対側の人差指を心臓位にて測定（図1参照）し、動脈伸展性の指標となる Waveform Index1, 2 (WI1, WI2) から導き出される血管年齢 Dv 値を用いた¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。なお、血圧ならびに加速度脈波測定は、座位にて十分な安静常態を確保した後、測定を行った。

統計処理

全被検者の平均収縮期血圧値および拡張期血圧値、ならびに動脈伸展性の指標となる血管年齢 Dv 値については、繰り返しのある一元配置の分散分析 (ANOVA with repeated measures) を行い、F 値に有意差が認められた場合には、その後の多重比較として Tukey の HSD 法を用い分析した。有意差水準は5%とし、両側検定を行った。なお、全ての統計処理に SPSS12.0J を用いた。

結 果

1) スクリーニング

① 血圧測定によるスクリーニング

高血圧群（収縮期血圧 140 以上、拡張期血圧 90mmHg 以上）



図1 加速度脈波測定風景

アクアビクスコース1回目の運動前測定で、WHOが定める高血圧症との境界領域である収縮期血圧140以上、拡張期血圧90mmHg以上に該当する参加者が2名いた。この2名はアクアビクスエクササイズにより、正常血圧領域範囲内の被検者とは異なる生理学的な変化が認められた(図2)。コース初回の60分間の運動前に、高血圧群2名の収縮期血圧は、被検者Aが160mmHg、Bは149mmHgであった。60分間の運動後、それぞれの収縮期血圧は、被検者A 145mmHg、被検者B 138mmHgへ減少した。また、最終回のコース開始前測定では、被検者A 138mmHg、被検者B 130mmHgと正常血圧領域範囲内への改善が見られた。拡張期血圧も同様に、コース初回の運動前値が、被検者A 119mmHg、被検者B 111mmHgであった。その後の60分間の運動によって、被検者A 94mmHgと被検者B 95mmHgへ値は低下した。また、最終回のコース開始前の拡張期血圧測定では、被検者Aは87mmHg、被検者Bは96mmHgであった。

② 加速度脈波測定によるスクリーニング

動脈硬化予備群(血管年齢Dv値が51以上)

動脈伸展性の評価として、動脈伸展性を年齢に応じて相対的に評価する血管年齢Dv値を、動脈伸展性の指標として用いた¹³⁾。動脈伸展性が同年代の平均値より悪化していると考えられる参加者が5名確認された。加速度脈波の測定によって、血圧測定からスクリーニングした2名に加え、さらに4名(1名は重複)

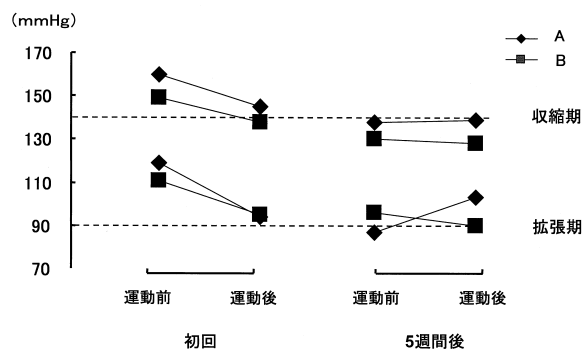


図2 高血圧被験者2名における1回60分、週1回全6回の運動が血圧に及ぼす影響

のスクリーニングが可能であった。

血管年齢Dv値が51以上の5名のうち、コース初回の60分間の運動後、3名は一過性の運動効果でDv値が低くなり、1名は高くなった。1名は被検者の都合により測定できなかった。しかし、全6回コース最終回の運動前測定では、上記5名のDv値は6週間にわたる運動効果により、コース参加前値と比べ全員低下していた。さらに、初回運動前測定値と比べ、最終回運動後測定値は全ての被検者で低値を示した(図3)。

2) 血圧測定

図4と図5に示すように、全被検者の収縮期血圧平均値は運動後に比べ低い値ではあるが、統計的に有意差はなかった。収縮期血圧同様に拡張期血圧にも、被検者全員の平均値には有意な変化がなかった。

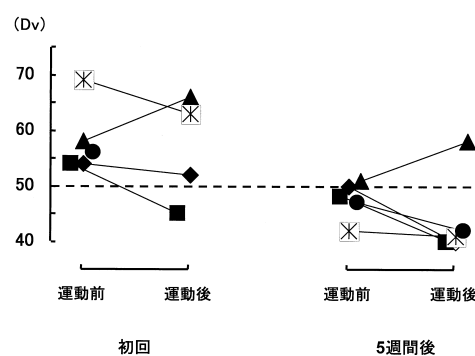


図3 動脈硬化予備群5名の1回60分、週1回全6回の運動がDv値に及ぼす影響

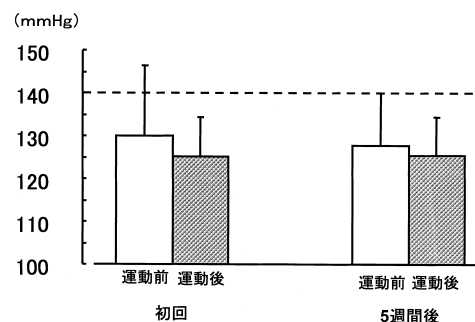


図4 1回60分、週1回全6回の運動が収縮期血圧に及ぼす影響 (n=9)

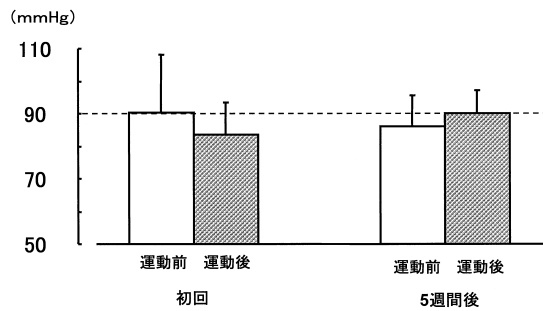


図5 1回60分、週1回全6回の運動が拡張期血圧に及ぼす影響 (n=9)

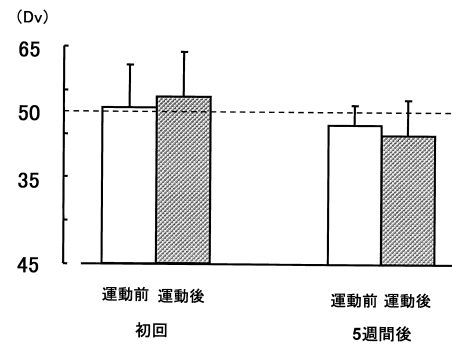


図6 1回60分、週1回全6回の運動が血管年齢Dv値に及ぼす影響 (n=9)

3) 加速度脈波測定

図6に示すように、血管年齢Dv値の全被検者平均値に、1回60分の運動前後、6週間のコース参加による有意な効果はみられなかった。

考 察

堀松ら¹⁴⁾は、週2回で全10~11回コースを、3年間で7回以上受講した者を対象にアクアビクスコースの運動効果について報告しており、体重の有意な減少、収縮期血圧および拡張期血圧の有意な低下、加速度脈波からみた動脈伸展性の指標の一つであるAPGIndexも有意に改善されたと報告している。本研究でも、収縮期血圧が140mmHg以上で、拡張期血圧が90mmHg以上の高血圧との境界領域および高血圧にあたる2名の被検者では、同様の結果が得られた。つまり、これら高血圧の領域にある2名の被検者にとって、アクアエクササイズは運動療法として降圧効果が高かったと考えられる。この結果は、佐野ら¹⁵⁾の高血圧者を対象にした、4.5kmのウォーキングによる有意な降圧作用を明らかにした研究結果と一致する。

動脈伸展性の指標として使用した、加速度脈波測定から得られた血管年齢Dv値が、動脈硬化予備群とした初回運動前値が51以上であった5名についても、アクアエクササイズの一過性効果、ならびに6週間にわたる週1回60分の運動効果が顕著であった。今回取り上げたのはアクアビクス初級コースで、いわばア

クアビクス初心者に対する入門コースであり、通常のアクアビクスエクササイズコースよりも運動強度を低く設定した運動内容であった。しかし、静水圧によってより大きな容量負荷を心臓にもたらすアクアエクササイズでは、比較的低強度であっても高血圧改善、動脈硬化改善効果が期待できる可能性が示唆された。なお、高血圧群2名の被検者は、BMIがそれぞれ26.4と23.5であり、全被検者の平均BMI値と比べ高値であった。このことから、食事と運動という両面からの処方により、更なる効果が期待できると考えられる。

動脈伸展性の指標となる血管年齢Dv値が50以下で、動脈硬化の進展が年齢の平均値と比べ比較的遅いと考えられる被検者は、6週間のアクアビクスコース前後でその値に有意な変化はなかった。血圧についても同様に、正常血圧領域の被検者には、1回60分の運動ならびに6週間のアクアビクスコース前後でその値に変化はなかった。このカテゴリーに入る被検者にとって今回の初級コースは、運動頻度または運動強度が現状の維持には十分であったが、更なる増進には不足していた可能性を示唆するものと考えられる。ACSM¹⁾では、運動の至適頻度は週に3から5回としている。頻度をさらに上げて効果は少なく、下肢などの障害の頻度のみが増すという。また、HRR (Heart rate reserve) の60から80%、あるいはHRmaxの70から85%の運動強度を週3回ならば、 $\dot{V}O_{2max}$ の維持や向上には十分な運動量であるとしている。ただし、体重減少やフィットネス向上を目指すためのカロリー消

費として、週3回では足りないこともある、との指摘もしている¹⁾。したがって、動脈硬化の進展が比較的遅いと考えられる被検者は、今回のアクアビクス初級コースをステップとして、さらに運動強度の高いコースでのエクササイズや運動頻度を上げることが、現状からの更なる健康の増進につながるものと考えられる。

今後の課題

今回アクアビクスコース初級への参加人数、また本研究への参加人数が限られていたため、収縮期・拡張期血圧が境界域以上であった被検者数が2名と少なかった。また、加速度脈波からみた動脈硬化の進展が、同年代より進んでいると考えられる参加者も同様に5名と限られていた。今後、より多くの参加者が集まるコースに対して測定の参加を呼びかけ、より多くの被検者を得ることが重要となる。

今回は、アクアビクスという水中環境でのエクササイズに焦点をあてた。しかし、今後はより手軽にできる陸上での運動も含め、幅広い運動について同様の調査が必要であろう。今回のアクアビクス初級コースと同程度の運動強度で行われる他のコースにて、同様の結果が得られるかという課題もある。今回は比較的低い運動強度のコースであったが、今後は運動強度、運動頻度、コースの開催期間など、異なる設定のコースでの測定も必要となろう。

肥満は生活習慣病と密接な関係があるといわれている。現在、生活習慣病の予防対策としては、運動と食生活の改善の2点があげられている。本研究では、運動という観点から動脈伸展性に関与する指標の評価を行ったが、今後はさらに参加者の栄養摂取状態を把握し、そこから食事指導を含めた研究も必要になるであろう。

まとめ

- 1) 血圧が正常値以上あった被検者2名は、週1回、全6回の比較的軽い運動強度のアクアビクスにより、収縮期・拡張期血圧共に血圧改善効果があっ

た。

- 2) 動脈硬化が同年代の平均より進んでいると考えられる被検者5名には、週1回、全6回の比較的軽い運動強度のアクアビクスによる動脈伸展性の改善傾向が認められた。
- 3) 動脈硬化の進展が比較的遅いと考えられる被検者は、今回のコースによる血圧ならびに動脈伸展性の運動による変化は認められず、更なる健康の増進には運動の頻度や強度、時間が不足していたと考えられる。
- 4) 簡易に測定可能な動脈硬化のスクリーニングとして、血圧測定だけでなく、加速度脈波測定により、さらに細かいスクリーニングが可能であろう。

参考文献

- 1) 日本体力医学会体力科学編集委員会 監訳, 運動処方指針—運動負荷試験と運動プログラム—, 原著第6版, アメリカスポーツ医学会 編, 南江堂, 2001
- 2) 武者春樹監訳, 心疾患のスポーツリハビリテーション, NAP, 2000
- 3) 加藤 尊: 水中ウォーキング—生活の中の移動運動—, 体育の科学, 53, 10, 762-767, 2003
- 4) Christie, JL, Sheldahl, LM, Tristani, FE, et al., Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. J Appl Physiol, 69, 657-664, 1990
- 5) Connelly, TP, Sheldahl, LM, Tristain, FE, et al., Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. J Appl Physiol, 69, 651-656, 1990
- 6) Costill, DL, Energy requirements during exercise in the water. J Sports Med Phys Fitness, 11, 87-92, 1971
- 7) 加藤 尊, 福沢昌平, 菅嶋康浩, 他 流水装置を用いた水中歩行の特徴—スイミングプールでの水中歩行と陸上トレッドミル歩行との比較—, 体力科学, 51, 119-128, 2002

- 8) 加藤 尊, 大西祥平, 北川 薫, 水中トレッドミルを用いた水中ウォーキングと水中ランニングの生理学的応答, 中京大学体育学論叢, 43, 1-8, 2002
- 9) Kato, T, Fukuzuwa S, Koeda M, et al., Electromyogram activity of leg muscles during different types of underwater walking. *Advances in Exer & Sports Physiol*, 8, 39-44, 2002
- 10) Kato, T, Onishi S, Kitagawa K, Kinematical analysis of underwater walking and running. *Sports Med, Training & Rehabil*, 10, 165-182, 2001
- 11) Takada, H, Washino, K, Harrell, J S, Acceleration plethysmography to evaluate aging effect in cardiovascular system. *Medical Progress through Technology*, 21, 205-210, 1997
- 12) Takada, H, Mirbod S M, Iwata H, The relative vascular age derived from acceleration plethysmogram: A new attempt. *Jpn J Appl Physiol*, 23, 115-121, 1998
- 13) 高田晴子, 加速度脈波測定システムアルテット付属マニュアル, ユメディカ, 2004
- 14) 堀松英紀, 佐野裕司, 渡辺剛, 他 水中運動が体組成, 血圧および加速度脈波に及ぼす効果, スポーツ整復療法学, 3, 25-32, 2001
- 15) 佐野裕司, 杉下智子, 片岡幸雄, ウォーキングが中高年高血圧者の血圧と加速度脈波に及ぼす影響, 家族看護学研究, 2, 23-35, 1996

Influence of aquatic-exercise on arterial blood pressure and acceleration plethysmogram in middle-aged women

Takeru KATO¹⁾, Tour TERASHIMA²⁾, Yasuhiro SUGAJIMA³⁾,
Haruko TAKADA⁴⁾

¹⁾Department of Medical Nutrition, Faculty of Health Science, Suzuka University of Medical Science

²⁾Health Care Center, Suzuka University of Medical Science

³⁾Laboratory for Sports Science, Nagoya University of Arts

⁴⁾Department of Medical Electronics, Faculty of Medical Engineering, Suzuka University of Medical Science

Key word: aquatic exercise, acceleration plethysmogram, arterial blood pressure

Abstract

Several clinically important changes should be anticipated as part of the aging process. Cardiovascular disease is the leading cause of death in the elderly. Relatively low intensity aerobic exercise has been used to reduce the risk of several cardiovascular diseases. American College of Sports Medicine recommended 50-60% $\dot{V}O_2$ max aerobic exercise 3-5 days/week for preventing from the cardiovascular disease and increasing the fitness level. However, many people join a relatively shorter and once a week exercise courses. We investigated the effects of aquatic exercise, which based on relatively short duration (six weeks and one hour/day) and low frequency (1day/week), in nine middle-aged women, aged 40.4 ± 5.8 yrs.. Two subjects were founded as hypertensive and five subjects were founded as potentially having the risk of atherosclerosis from the results of measurement in arterial blood pressure and the acceleration plethysmogram (APG), respectively. Their arterial blood pressure and the relative vascular age derived by APG were decreased after one hour of aquatic exercise and also at the measurement before the final exercise course.