

論文

長期水中運動トレーニングを実践している高齢者の体力と循環器系指標の特徴 －アーティスティックスイミングと水中歩行系運動実践者の比較－

巽 樹 理
追手門学院大学

松 井 健
追手門学院大学

植 松 梓
獨協医科大学

辰 本 頼 弘
追手門学院大学

松 山 博 明
追手門学院大学

馬 込 卓 弥
追手門学院大学
大阪大学

Characteristics of physical fitness and cardiovascular index of elderly people practicing long-term water exercise training : Comparative analysis of artistic swimming and water walking exercise practitioners

Juri TATSUMI
Otemon Gakuin University

Takeshi MATSUI
Otemon Gakuin University

Azusa UEMATSU
Dokkyo Medical University

Yoshihiro TATSUMOTO
Otemon Gakuin University

Hiroaki MATSUYAMA
Otemon Gakuin University

Takuya MAGOME
Otemon Gakuin University
Osaka University

Abstract

This study focused on artistic swimming, which is considered to have a high cardiovascular load, and examined the long-term changes in physical fitness and cardiovascular responses of elderly people practicing long-term water exercises. The subjects were artistic swimmers (ASG: n=15, all females, mean age: 78.5 ± 6.9 years) and practitioners of water walking and aquatic dance (WEG(F): females, n=18, mean age: 73.0 ± 3.2 years; WEG(M): males, n=10, mean age: 72.7 ± 4.9 years) who trained twice a week (45-50 min/session). For the characteristics of physical strength, inter-group comparison of ASG and WEG(F) of the same sex showed a significant difference only in longitudinal forward bending, with ASG showing higher values ($p < 0.05$: ASG 50 ± 7 cm, WEG(F) 39 ± 9 cm). ASG showed a high degree of flexibility, suggesting that it is possible to increase and maintain flexibility through stretch training even in old age. For central artery stiffness (baPWV), ASG showed a higher mean value in the same sex comparison, but there was no significant difference (ASG 1913 ± 361 cm/sec, WEG(F) 1708 ± 307 cm/sec). For the change in blood pressure measured before and after each training session (post-exercise - pre-exercise), the monthly mean values were calculated and compared between the two groups of ASG and WEG (F, M), and a significant time x group interaction was observed ($p < 0.05$: maximum blood pressure $F = 3.78$, minimum blood pressure $F = 3.77$, pulse pressure $F = 1.73$). In WEG(F, M), as in previous studies, a stable decrease in blood pressure after exercise was observed, suggesting that the exercise style was appropriate for the exercise intensity.

On the other hand, ASG showed an increase in blood pressure after exercises in all months of measurement. It is assumed that the respiratory and cardiovascular burden of the elderly affected their post-exercise blood pressure because artistic swimming is an exercise that involves a particularly high degree of respiratory

restriction and is performed in a variety of postures (including standing on one's head).

In this study, we were able to compare two different styles of water exercises and identify differences in the fitness and blood pressure responses of older practitioners. In the future, exercise intensity, competition characteristics, and other factors should be investigated.

キーワード: 高齢者, アーティスティックスイミング, 水中運動, 体力テスト, 心拍数, 血圧応答

Keywords: elderly people, artistic swimming, water exercise, physical fitness test, heart rate, blood pressure

I. 緒言と目的

誰でも気軽にできる運動様式として人気が高い水中運動（水泳、水中歩行、アクアビクス）は、超高齢社会を迎える日本をはじめ、世界各国で注目され、実践されている。また、多くの研究によって水中運動に関する報告がなされている。水中歩行などの水中運動が注目されている要因は、体力レベルに関係なく、気軽に水の物理的特性を活用した運動ができるからである。特に、浮力によって水中での体重が軽減することで、足腰への着地衝撃が小さくなること、粘性抵抗によって水中での動作そのものが筋力トレーニングになることの2点は、広く認識され、水中運動の人気が高い根拠となっている。

近年の水中運動を用いたトレーニング研究の報告では、その多くで、循環器系に及ぼす効果が確認され、血圧の低下が明らかになっている。Nualnim N.ら¹⁾は、平均年齢60歳、43名の被験者を水泳トレーニング群と対照群に分けて、12週間の血圧変化を観察した。その結果、水泳トレーニング群で収縮期血圧が低下し（平均約131→122 mmHg）、また頸動脈のコンプライアンスが21%増加したことを示している。Reichert T.ら²⁾は、立位姿勢での水中運動が高血圧者の血圧に及ぼす影響を調べた。その結果、陸上の運動と同様に水中運動は収縮期血圧を低下させ、拡張期血圧を陸上運動よりも低下させることを明らかにしている。変形性関節症の患者の血管機能を調べた、Alkatan M.ら³⁾は、48名の中高齢者を自転車運動群と水泳群に分けて12週間のトレーニング研究を行った。その結果、水泳群においては、血管内皮機能が有意に向上したことを示している。以上の研究成果から、循環器系への一過性の影響および慢性的影響（約3か月間）の両面から水泳・水中運動は、血管機能への好影響をもたらす、高齢者や高血圧疾患患者等のメタボリッ

クシンドロームの予防・改善に役立つことが明らかである。しかし、高齢者の循環器系応答をトレーニングの影響の観点から長期的に調べた研究はほとんどなく、アーティスティックスイミングを実践する高齢者のデータに関しても我々の文献渉猟の範囲内では皆無であった。

そこで本研究では、水中運動の中で、最も循環器系負荷が高いと考えられるアーティスティックスイミングに焦点を当て、高齢者の長期水中運動トレーニングによる影響を明らかにすることを目的とした。具体的には、毎回のトレーニングセッションの前後に計測する血圧応答の変化を中心に、安静時の循環器系応答の長期的な変化を調べ、水中歩行やアクアティックダンスを実践している高齢者と比較した。

II. 研究方法

1. 測定期間

2018年9月から2020年2月まで、1年6か月間の測定を行った。当初2年間の測定を予定していたが、新型コロナウイルスの感染防止のため、2020年3月2日を最終とし、測定を中止した。

2. 対象者

生活習慣化した長期間の水中運動トレーニングを行うため、すでに運動やトレーニングの実践経験がある高齢者（65歳以上）を対象とした。次のようにグループを設定した。

年齢、身長、体重は表1に示した。

①アーティスティックスイミンググループ

(Artistic Swimming Group: 以下 ASG)

アーティスティックスイミングクラブに所属し、チームの演技完成を目標にトレーニング（図1参照）を行って

いる者 15 名（すべて女性）

②水中歩行・アクアティックダンスグループ

（Water Exercise Group：以下 WEG）

水中歩行やアクアティックダンスを中心とした集団および個別の水中運動トレーニングを行っている者 28 名（うち男性 10 名）。

また、両グループに対して、事前に口頭および文書にて本研究の目的や趣旨、測定等によって生じる可能性のある心身への苦痛、不快感等を説明し、書面にて研究参加への同意を得た。

3. トレーニング

① ASG

週 2 回（約 25 分の体操と 50 分の水中トレーニング / 回）、専属指導者のもと、アーティスティックスイミングのトレーニングを行った（図 2 左参照）。基本的な水中トレーニングの内容として、まずは 10 分間のウォー

ミングアップ（自由遊泳）、続いてアーティスティックスイミングの基礎練習を 10 分間、残りは曲に合わせた振付けや同調性・完成度を高める内容とした。最終の 2 ～ 3 分間はストレッチやクールダウン等を目的にして自由遊泳を行った。

図 1 はアーティスティックスイミングの指導者が作成した運動計画であり、時期によりトレーニング内容やチーム編成が異なる。トレーニングは、対象者が所属するクラブの温水プール（水深 1.2 ～ 1.3m、水温約 31℃）で行った。測定期間内におけるトレーニングセッションは合計 139 回であり、対象者の参加回数は 133 ± 7 回（平均値 ± 標準偏差）であった。参加率は 94.2 ± 4.9% であった。

なお、今回対象とした ASG 15 名のうち、10 名はアーティスティックスイミング歴 10 年以上であり、その間上記のトレーニングを継続している。

チーム編成		1Team						(レベル分け) 2Team												
トレーニング 内容	9月中旬に演技完成。10～12月は演技の完成度を高めるため、同調性や技術向上の練習内容が繰り返される。12月・1月は、休憩を取り入れながら大会同様の通し練習が多くなる。1月から大会までは、緊張感のある期間となる。						大会 出場	基礎練習が中心の期間であり、運動量は少し減る。				6月から、体力・技術・年齢を考慮し2チームにレベルを分ける。演技構成中心の期間であり、徐々に運動量・運動強度ともに高まる。				9月に2チームとも演技が完成し、完成度を高める期間となる。レベル(2チーム)を分けたことにより、過度な運動量や強度、緊張感は18年に比べて軽減したことは複数の対象者から伺えた。				大会 出場
Month	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb		
Year	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20		

図 1 ASG 指導者作成の運動計画

② WEG

週 2 回（約 45 分 / 回）の運動とした。対象者は、1 回はインストラクターの指示のもとで行う集団運動プログラムに参加した。2 レーンほどのスペースで、主に水中歩行とアクアティックダンス（図 2 右参照）を行う水中運動である。インストラクターの指導内容は、概ねウォーミングアップに腿上げや前方キック、前方・後方直線移動を約 20 分、メインに全身を使ったダンス系を約 15 分、クーリングダウンに周回歩行やストレッチを約 5 分行うといった構成であった。もう 1 回は、水中歩行の様々

なバリエーションで構成される自主トレメニュー（毎月更新）に従って行う水中運動であった。ただし、2019 年の 7、8 月は、プールの都合で集団運動プログラムが実施できず、個別の自主トレ（2 回 / 週）のみとした。

トレーニングは、対象者が 2017 年 5 月から利用している茨木市営の温水プール（水深 1 ～ 1.25m、水温約 31℃）で行った。測定期間内におけるトレーニングセッションは合計 147 回であり、対象者の参加回数は 125 ± 21 回（平均値 ± 標準偏差）であった。参加率は 85.2 ± 14.4% であった。



図2 トレーニングプログラムの風景

4. 測定

①体組成および体力測定

ASGにおける体組成および体力の測定は、対象者が所属するクラブ施設のスタジオスペースで、また、WEGは著者が所属する大学の体育館スペースで行った。ASGは2019年9月9日に、WEGは2019年8月12、16、17、18日に人数を分散して測定した。

体組成は、体成分分析装置(InBody430, Biospace社)を用い、測定要領に沿って測定した。対象者は、薄着にて測定し、着衣量を500gに設定した。なお、測定禁忌である、心臓ペースメーカー装着者は測定対象から除いた(WEGの男性1名)。

体力測定は、スポーツ庁の新体力テストの要項⁴⁾に基づいて、握力、上体起こし、長座体前屈、開眼片足立ち、10m障害物歩行、6分間歩行の6項目を測定した。

②動脈ステイフネス検査

検査には、血圧脈波検査装置(form BP-203RPEⅢ, オムロンコーリン社)を用いた。両腕の上腕(brachial)と両足首(ankle)、計4箇所にかつを巻き、上腕と足首の動脈部位、2点間の距離と脈波の時間差から計測する脈波伝播速度(brachial - ankle Pulse Wave Velocity: 以下baPWV)を測定し、中心動脈のステイフネスの指標とした。

対象者は座位安静を5分以上保った後、ベッド上に移動し、仰向け姿勢(約3分間)にて測定を行った。測定要領は先行研究と同様とした⁵⁾。前述の体組成および体力と同日に測定した。

③各トレーニングセッションの運動前後における血圧および心拍数の測定

ASGは、上腕式血圧計(HEM-7130, オムロンコーリン社)を用いて各トレーニングセッションの前後に椅子座位姿勢で血圧および心拍数の測定を行った。

WEGは、上腕式血圧計(BM201, ドリテック社)を用いて、各トレーニングセッションの前後に椅子座位姿勢で測定を行った。トレーニング後の測定に関しては、両群ともに原則運動終了後5分程度のタイミングでプールサイドにて測定を行った。

5. 統計解析

全てのデータは平均値±標準偏差で表した。年齢、身長、体重ならびに2019年8月(WEG)と9月(ASG)に測定した体力、体組成、動脈ステイフネスの各指標については、女性のためのASGと同比較が可能になるよう、WEGの28名を女性(18名)と男性(10名)に分け^{注)}、全体を3グループとして比較を行った。これらの指標については一元配置分散分析を行い、有意な交互作用が認められた場合、ボンフェローニの多重比較法を用いて、グループ間の差を確認した。

トレーニングのセッション毎の各指標(上腕血圧、心拍数)については、ASGとWEG(F.M)の2群の比較とした。毎回のトレーニングセッションで得たデータから、運動前と運動後に分けて各対象者の1か月ごとの平均値を算出した。その値を用いて、対象者の全測定期間(18か月間)の平均値を、群別および運動の前後別に求めた。これらの平均値の群別比較に対しては、対応のな

い t 検定を、運動前後の比較に対しては、対応のある t 検定を用いて解析した。

次に、被験者ごとに運動前後の変化（運動後－運動前）を算出した。主要検定として、時間（18 か月間）と群（ASG, WEG）を要因とし、時間について繰り返しのある二元配置分散分析を実施した。時間における球面性が仮定できない場合、Greenhouse-Geisser の方法で自由度を調整した。有意な交互作用が認められた場合、ボンフェローニの多重比較法を用いて、同月内の群間比較と、同群内の月間比較を行った。各指標における季節変動を考慮し、同群内の月間比較は異なる年における同月間（2018 年と 2019 年の 9, 10, 11, 12 月、および 2019 年と 2020 年の 1, 2 月）を比較対象とした。

すべての検定は統計ソフトウェア（SPSS for Windows

Version 26 および 27, IBM）を用いて行った。すべての検定における有意水準は $p < 0.05$ とした。

注) WEG (F) = Water Exercise Group Female,

WEG (M) = Water Exercise Group Male

Ⅲ. 結果

1. 年齢、身長、体重の比較

表 1 に対象者の年齢、身長、体重の平均値および標準偏差を示した。ASG は WEG (F) や WEG (M) に比べて有意に年齢が高く、約 5 歳の差が認められた ($p < 0.05$)。身長と体重は、WEG (M) との男女間の差のみであり、WEG (M) が他の群に比べて有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。

表1 対象者の年齢、身長および体重

項 目	グループ	n	平均値 ± 標準偏差	
年齢 (歳)	ASG	15	78.5 ± 6.9	*†
	WEG (F)	18	73.0 ± 3.2	
	WEG (M)	10	72.7 ± 4.9	
身長 (cm)	ASG	15	150.3 ± 4.8	†
	WEG (F)	18	153.7 ± 5.8	#
	WEG (M)	10	164.3 ± 5.8	
体重 (kg)	ASG	15	51.2 ± 5.2	†
	WEG (F)	18	53.8 ± 6.4	#
	WEG (M)	10	64.6 ± 6.0	

* $p < 0.05$ ASG vs WEG(F), † $p < 0.05$ ASG vs WEG(M),

$p < 0.05$ WEG(F) vs WEG(M)

2. 体組成の特徴

表 2 に体組成の特徴を示した。同性の ASG と WEG (F) で比較した結果、すべての項目において群間差は認められなかった。一方、WEG (M) との比較においては、BMI を除くすべての項目において有意な差が認められ ($p < 0.05$)、男女の群間差が示された。体脂肪率は、WEG (M) が他の 2 群よりも低く、体水分量、骨格筋量および全体筋肉量は、前述の身長、体重と同様、WEG (M) が他の 2 群よりも高い値を示した。

表2 体組成の特徴

項 目	グループ	n	平均値 ± 標準偏差	
BMI	ASG	14	22.5 ± 2.4	
	WEG (F)	18	22.8 ± 2.5	
	WEG (M)	9	23.8 ± 2.0	
体脂肪率 (%)	ASG	14	29.7 ± 6.6	†
	WEG (F)	18	30.0 ± 5.7	#
	WEG (M)	9	21.7 ± 4.1	
体水分量 (kg)	ASG	14	26.0 ± 2.3	†
	WEG (F)	18	27.6 ± 2.8	#
	WEG (M)	9	36.6 ± 2.5	
骨格筋量 (kg)	ASG	14	18.7 ± 1.9	†
	WEG (F)	18	20.0 ± 2.1	#
	WEG (M)	9	27.4 ± 2.3	
全体筋肉量 (kg)	ASG	14	33.3 ± 2.9	†
	WEG (F)	18	35.3 ± 3.7	#
	WEG (M)	9	46.9 ± 3.3	

*p < 0.05 ASG vs WEG(F), † p < 0.05 ASG vs WEG(M),

p < 0.05 WEG(F) vs WEG(M)

WEG(M)10名のうち、1名は測定禁忌のため、測定対象から除いた
ASG15名のうち、1名は各項目を未測定

3. 体力の特徴

体力の各項目において同性のASGとWEG(F)の群間比較を行ったところ、長座体前屈のみに有意差が認められ、ASGが約10cm高い値を示した(表3, p<0.05)。他の項目においては同性群間での差はみられなかった。表3の記号を付記した各項目においては、ASGとWEG(M)の群間、ならびにWEG(F)とWEG(M)の群間で有意な差が認められた(p<0.05)。なお、上体起こ

しでは、ASGとWEG(M)の群間に差がないという特徴もみられた。

開眼片足立ちおよび6分間歩行においては、個人データのばらつきが大きく、いずれの群間においても差がみられなかった。また、体力の総合得点(各項目の男女別基準点の合計)は、3群で近似する値となった。

表3 体力の特徴

項 目	グループ	n	平均値 ± 標準偏差	
握力 (kg)	ASG	14	22.4 ± 4.2	†
	WEG (F)	18	23.5 ± 3.2	#
	WEG (M)	10	38.7 ± 6.5	
上体起こし (回/30秒)	ASG	14	13.7 ± 5.3	
	WEG (F)	17	10.8 ± 4.8	#
	WEG (M)	10	16.9 ± 6.3	
長座体前屈 (cm)	ASG	14	50.0 ± 7.7	*†
	WEG (F)	18	39.0 ± 9.1	
	WEG (M)	10	37.7 ± 13.0	
開眼片足立ち (秒)	ASG	14	52.6 ± 44.3	
	WEG (F)	18	75.1 ± 47.0	
	WEG (M)	10	67.5 ± 50.3	
10m障害物歩行 (秒)	ASG	14	8.0 ± 1.4	†
	WEG (F)	18	7.7 ± 1.8	
	WEG (M)	10	6.3 ± 0.9	
6分間歩行 (m)	ASG	14	530.6 ± 101.4	
	WEG (F)	18	593.3 ± 65.8	
	WEG (M)	10	639.1 ± 62.3	
総合得点 (点)	ASG	14	39.5 ± 8.4	
	WEG (F)	18	39.2 ± 7.0	
	WEG (M)	10	41.0 ± 5.6	

*p < 0.05 ASG vs WEG(F), † p < 0.05 ASG vs WEG(M),

p < 0.05 WEG(F) vs WEG(M)

ASG15名のうち、1名は各項目を未測定

4. 動脈スティフネスおよび血圧の特徴

baPWV、上腕血圧（最高・最低）および足首の最低血圧には群間差が認められなかった（表4）。一方、足首の最高血圧は、WEG（M）と他の2群との比較において有意な差がみられ（ $p<0.05$ ）、WEG（M）の方が6～8mmHg 高い値を示した。

足首と上腕の血圧比によって下肢動脈の狭窄や閉塞の程度を表す指標、ABI（Ankle-Brachial-Index）においてASGとWEG(M)との間に有意な差がみられた（ $p<0.05$ ）。しかしABIの標準値は概ね0.9～1.4であることから⁶⁾、両群ともその範囲内での差であった。

表4 動脈スティフネスおよび血圧の特徴

項 目	グループ	n	平均値 ± 標準偏差
baPWV (cm/秒)	ASG	14	1913.4 ± 361.7
	WEG (F)	18	1708.5 ± 307.1
	WEG (M)	10	2021.9 ± 528.8
最高血圧： 上腕 (mmHg)	ASG	14	140.2 ± 19.7
	WEG (F)	18	133.5 ± 12.5
	WEG (M)	10	150.4 ± 22.4
最低血圧： 上腕 (mmHg)	ASG	14	78.7 ± 10.3
	WEG (F)	18	77.5 ± 5.7
	WEG (M)	10	84.3 ± 15.7
最高血圧： 足首 (mmHg)	ASG	14	156.1 ± 24.4 †
	WEG (F)	18	156.0 ± 21.0 #
	WEG (M)	10	181.2 ± 19.8
最低血圧： 足首 (mmHg)	ASG	14	76.4 ± 12.2
	WEG (F)	18	74.1 ± 6.7
	WEG (M)	10	82.7 ± 16.5
ABI	ASG	14	1.096 ± 0.071 †
	WEG (F)	18	1.153 ± 0.064
	WEG (M)	10	1.179 ± 0.062

* $p<0.05$ ASG vs WEG(F), † $p<0.05$ ASG vs WEG(M),

$p<0.05$ WEG(F) vs WEG(M)

各項目とも左右の測定値の平均値を用いた

ASG15名のうち、1名は各項目を未測定

5. 各トレーニングセッションにおける運動前後の血圧および心拍数

①平均値の群間比較

トレーニングセッションにおける各指標（上腕血圧、心拍数）の平均値をASGとWEG（F.M）の群別に、表5に示した。群内の前後比較および群間の前比較・後比較において、有意な差が認められた。ASGは血圧が運動後に有意に上昇する傾向にあり、WEG（F.M）は低下す

る傾向にあった（ $p<0.05$ ）。ASGは、WEG（F.M）に比べて運動前の最低血圧が有意に高いが、最高血圧と脈圧においては有意に低かった（ $p<0.05$ ）。また、運動後の最高と最低血圧は、WEG（F.M）に比べて有意にASGの方が高かった（ $p<0.05$ ）。心拍数は、両群で運動後の上昇がみられ、群間比較では、有意にASGの方が高い値を示した（ $p<0.05$ ）。

表5 トレーニングセッションの運動前後の血圧および心拍数（各群の全体平均）

	最高血圧(mmHg)		最低血圧(mmHg)		脈圧(mmHg)		心拍数(bpm)	
	ASG	WEG(F,M)	ASG	WEG(F,M)	ASG	WEG(F,M)	ASG	WEG(F,M)
運動前	131.2±11.0	< 133.0±13.1	79.2±7.3	> 74.3±8.1	52.0±10.6	< 58.7±10.6	82.1±10.7	> 74.5±10.0
運動後	139.8±15.9↑	> 130.2±13.4↓	83.9±8.6↑	> 72.7±8.6↓	55.9±15.1↑	< 57.5±9.7↓	88.2±10.6↑	> 77.2±10.7↑

↑, ↓: $p<0.05$ 運動前 vs 運動後, >, <: $p<0.05$ ASG vs WEG(F,M) ※群間比較において、不等号は値の大きい方に開いている

WEGは28名、ASGは15名のデータであるが、一部の月は、それよりも少ない人数で算出

(WEG: 2018年9月, 2019年4, 12月, 2020年1月は27名。また, 2019年3月はn=26 / ASG: 2019年3月, 2020年1月はn=14。また, 2019年4月はn=13)

②最高血圧の運動前後の変化

最高血圧の運動前後の変化について（図3）、時間×群の有意な交互作用が認められた（ $F=3.78$, $p<0.05$ ）。2019年4月と2019年9月以外の16か月において群間差が認められた（すべて $p<0.05$ ）。異なる年における同月

間比較について、WEGではどの月も有意差は認められなかったが、ASGでは2018年の9月と2019年の9月の比較、および2018年10月と2019年10月の比較において有意差が認められた（それぞれ $p<0.05$ ）。

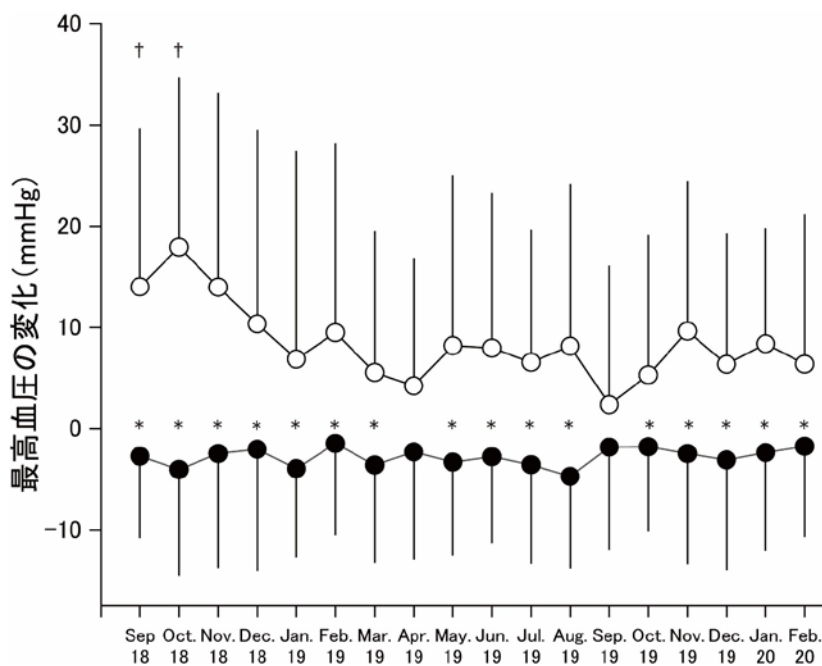


図3. 運動前後の最高血圧の変化。月は英語短縮形を、西暦は下二桁のみを示している。

●：WEG，○：ASG。＊：同月における有意な群間差（ $p<0.05$ ），†：2018と2019または2019と2020における有意な同月間差（ $p<0.05$ ）。

WEG： $n=28$ （ただし，Sep.18, Apr.19, Dec.19, Jan.20 は $n=27$ 。また，Mar.19 は $n=26$ ）

ASG： $n=15$ （ただし，Mar.19, Jan.20 は $n=14$ 。また，Apr.19 は $n=13$ ）

③最低血圧の運動前後の変化

最低血圧の運動前後の変化について（図4）、時間×群の有意な交互作用が認められた（ $F=3.77$, $p<0.05$ ）。2019年7、9、12月、および2020年2月を除いた14か月において群間差が認められた（すべて $p<0.05$ ）。異なる

年における同月間比較について、WEGでは2018年の10月と2019年の10月の比較において有意差が認められたが（ $p<0.05$ ）、ASGではどの月も有意差が認められなかった。

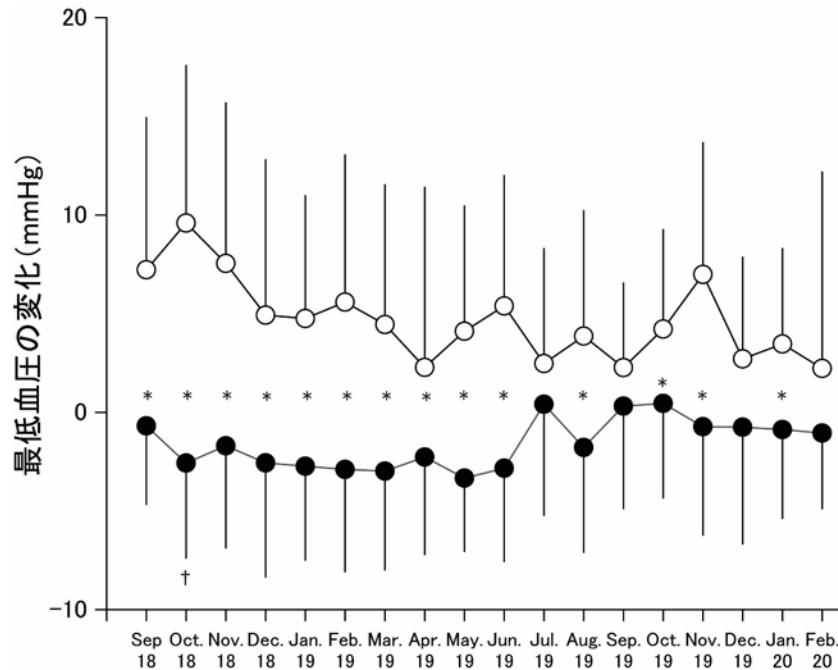


図4. 運動前後の最低血圧の変化。月は英語短縮形を、西暦は下二桁のみを示している。

●：WEG，○：ASG群。＊：同月における有意な群間差（ $p<0.05$ ），†：2018と2019または2019と2020における有意な同月間差（ $p<0.05$ ）。

WEG： $n=28$ （ただし，Sep.18, Apr.19, Dec.19, Jan.20 は $n=27$ 。また，Mar.19 は $n=26$ ）

ASG： $n=15$ （ただし，Mar.19, Jan.20 は $n=14$ 。また，Apr.19 は $n=13$ ）

④脈圧の運動前後の変化

脈圧の運動前後の変化について（図5）、時間×群の有意な交互作用が認められた（ $F=1.73$, $p<0.05$ ）。同月の有意な群間差は、2018年9, 10, 11月、2019年7, 8月、および2020年1月において認められた（すべ

て $p<0.05$ ）。異なる年における同月間比較については、WEGおよびASGでどの月にも有意差は認められなかった。

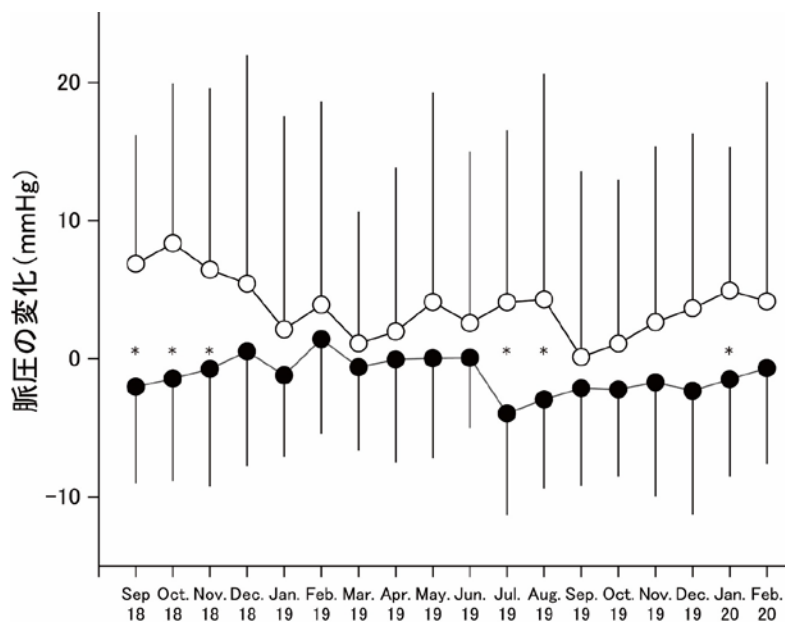


図5. 運動前後の脈圧の変化。月は英語短縮形を、西暦は下二桁のみを示している。

●：WEG, ○：ASG. *：同月における有意な群間差（ $p<0.05$ ）。

WEG： $n=28$ （ただし，Sep.18, Apr.19, Dec.19, Jan.20 は $n=27$ 。また，Mar.19 は $n=26$ ）

ASG： $n=15$ （ただし，Mar.19, Jan.20 は $n=14$ 。また，Apr.19 は $n=13$ ）

⑤心拍数の運動前後の変化

心拍数の運動前後の変化について（図6）、時間×群の有意な交互作用が認められた（ $F=2.61$, $p<0.05$ ）。2018年9, 12月, 2019年4, 5, 8, 9, 10, 11月において、有意な群間差が認められた（すべて $p<0.05$ ）。異なる年におけ

る同月間比較について、WEG および ASG で、どの月も有意な差は認められなかった。

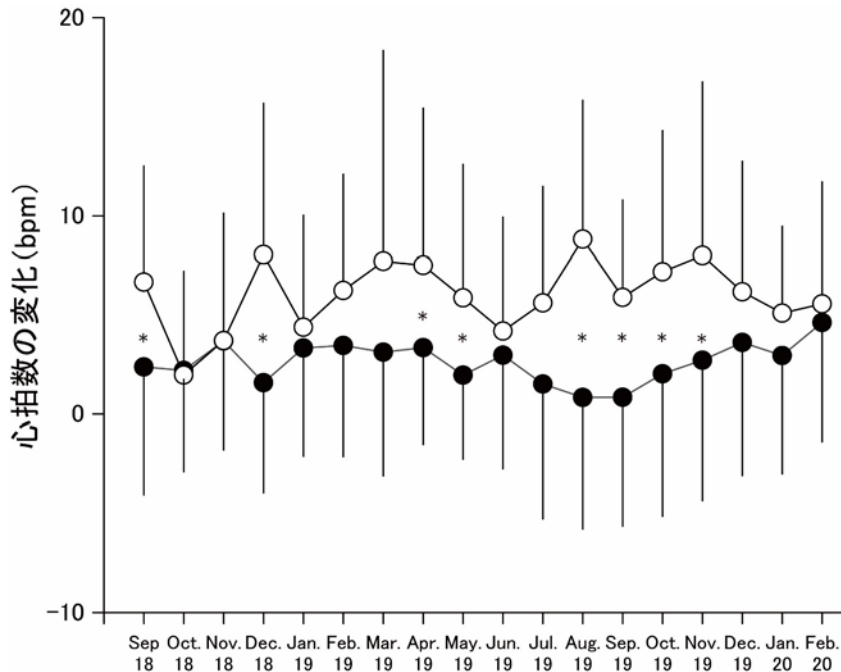


図6. 運動前後の心拍数の変化。月は英語短縮形を、西暦は下二桁のみを示している。

●：WEG, ○：ASG. *：同月における有意な群間差（ $p<0.05$ ）。

WEG：n=28（ただし、Sep.18, Apr.19, Dec.19, Jan.20 は n=27. また、Mar.19 は n=26）

ASG：n=15（ただし、Mar.19, Jan.20 は n=14. また、Apr.19 は n=13）

IV. 考察

1. 各群の年齢、体格、体組成および体力の特徴

年齢においては、群間で差が認められ、ASG が同性の WEG (F) ならびに WEG (M) の各群に比べて約5歳、有意に高かった（表1参照）。水中運動の中でもアーティスティックスイミングは、泳ぐ、潜る、倒立するなどの様々な動作を組み合わせるため⁷⁾、一般的な水中歩行やアクアティックスダンスにはない高度な技術が必要となり、経験年数が長くなることが予想される。本研究に参加した ASG に関して、3分の2が10年以上の経験者であり、他の群に比べて高齢であったことは、アーティスティックスイミングのこうした種目特性が背景にあると考えられる。

身長、体重および体組成においては、WEG (M) が女

性の2群に比べて体格（身長、体重）が大きく、筋肉量が多いこと、ならびに体脂肪率が少ないことなど、一般的な性別による違いがみられたものの、同性の群間差、すなわち ASG の特徴は認められなかった（表1および表2参照）。体脂肪率でみると、各群とも軽度肥満の境界レベルにあると考えられるが、BMIについては、いずれの群も肥満基準値の 25kg/m^2 ⁸⁾ を下回っており、適正な体格を維持していると推察される。今回用いた体成分分析装置は、適性 BMI を 22 として身長から推定した適性体重を基にして骨格筋量の標準範囲（90～110%）を推定している。表2には示していないが、ASG の対象者で、この骨格筋量の標準範囲を下回った者は3名、全体筋肉量については1名いた。また、WEG (F) と (M) については、両指標で各1名であった。したがって、下回った者は小人数であり、表

2に示す平均値は、各群とも標準の範囲内であると考えられる。

本研究の対象者は、測定期間前から各グループに所属して運動トレーニングを継続してきた。そのため、今回の体力測定はトレーニング途中の中間測定的な意味合いとなるが、各グループの特徴を明示することができると考える。今回の測定結果（表3参照）を、スポーツ庁が実施している体力・運動能力調査⁴⁾の全国平均値（ASGは75-79歳区分、WEG（F）は70-74歳）と比較したところ、ASGの長座体前屈は全国平均値の38.89ならびにそれと同等のWEG（F）および（M）の各群の値を大きく上回る結果（ 50.0 ± 7.7 ）であり、柔軟性を必要とするアーティスティックスイマーとしての特徴が顕著に表れていた。年齢が有意に他の群より高いにも関わらず、ASGが高度な柔軟性を示したことから、高齢になってもストレッチトレーニングによって柔軟性を高め、維持することが可能であることが示唆された。

握力については、各群とも全国平均（75-79歳区分女子：22.6kg、70-74歳区分女子：23.9kg、同男子：37.8kg）と同様な値が示された。また、WEG（M）が女性の2群に比べて有意に高いという、一般的な傾向が確認された。ASGとWEGの両群が行っている水中運動は、握力の維持につながっていることが示唆された。

上体起こしは、同性の群間差は認められなかったが、ASGの値、 13.7 ± 5.3 回（30秒間あたり）は、全国平均7.26を大幅に上回り、55-59歳区分の全国平均値（13.59）と同等の結果となった。また、男性群のWEG（M）との群間差もなかった。これらの結果は、アーティスティックスイミングが様々な姿勢を不安定な水中で保つため、体幹の筋肉へのトレーニング効果が得られることを示唆するものである。70歳代後半になっても、約20歳若い体幹の筋力を維持できるという、アーティスティックスイミングの特徴が確認された。

10m障害物歩行でASGはWEG（M）との群間差を示したものの、 8.0 ± 1.4 秒は、全国平均の8.04秒と近似した値であった。

ASGは、開眼片足立ちと6分間歩行で全国平均値（開眼片足立ち75-79歳区分女子：57.8秒、6分間歩行同区分：540.8m）をやや下回っており、バランス力や歩行系の持久力の弱点が示される結果となった。WEG（F）の開眼片足立ち平均値をASGは20秒以上下回り、またWEG（F）の6分間歩行の平均値を60秒以上下回ったものの、ASG

は特に個人間のばらつきが大きかったため、いずれの同性群間においても差が確認できなかった。ASGは水中で自在に動き回るため、上肢や体幹を中心とした運動には慣れているが、個人によっては、陸上でのバランスおよび歩行・移動系の動作が不得手で、それらに必要な脚の筋力あるいは持久力が低下している可能性が示唆された。

2. 動脈スティフネスおよび血圧の特徴

Kimら⁹⁾は、60～70歳の女性を対象とし、水中運動ならびに陸上運動のトレーニング（16週間）を実施した結果、両トレーニンググループで、動脈スティフネスが改善したことを報告している。松井ら⁵⁾も同様に、高齢者を対象とした水中運動ならびに陸上運動のトレーニング（12週間、週に2回）が動脈スティフネスに及ぼす影響を報告している。松井ら⁵⁾は、特に水中運動のグループで、トレーニング前のbaPWV値が1,500cm/秒以上の者は、baPWV値の変化量とトレーニング日数との間に有意な負の相関関係があることを示した。これらの報告から、動脈スティフネスは、運動トレーニングによって改善することが示唆されるが、本研究においては、1回の測定における結果であるため、変化を確認できない。しかし、平均レベルをみると、松井ら⁵⁾の報告にある、1,500cm/秒をすべての群が上回っていることから、本研究の対象者は現状のトレーニングを工夫し、頻度や量を増やすことで、トレーニング効果を得やすい可能性がある。Tomiyaら¹⁰⁾は、正常血圧の一般人（平均年齢42歳）を対象とした研究によって、将来において高血圧を発症しやすいカットオフ値は、13.5m/s（1,350cm/秒）としている。また、心血管疾患発症リスクが高まるハイリスクの目安としては、18m/sec（1,800cm/秒）が妥当であると考えられている⁶⁾。本研究では、平均値に群間差はないものの、1,800cm/秒を上回っている対象者は、ASG10名（測定した14名中：71%）、WEG（F）7名（18名中：39%）、WEG（M）5名（10名中：50%）であり、有意に年齢が高かったASGにおいて割合の高値が示された。アーティスティックスイミングという運動様式を長期に継続した結果か、年齢の影響かは、判断が難しいが、息こらえを伴う場面がある同種目の実践においては、特にハイリスクを有する対象者への安全管理や強度調整が重要になると考えられる。

ABI指標も高齢者においてケアすべき重要な項目であるが、本研究においては、いずれの群も平均値は基準範囲内であった。両群とも長期にわたり水圧がかかる環境下で運

動を行ってきたことが脚の血流を促進し、好影響を与えていたと考えられる¹¹⁾。

3. トレーニングセッションにおける運動前後の血圧応答の変化

表5に示すように、トレーニング期間全体の平均値でみた場合、ASGは運動後の血圧（最高血圧、最低血圧、脈圧）が上昇し、WEG（F,M）は低下した（ $p<0.05$ ）。水中運動の時間は同様であったため、両者が異なる傾向を示したことの要因は、主に運動強度であると考えられる。アーティスティックスイミングは、チームとしての演技の完成を目指しているため、演技練習中に強度を自己調整することは困難である。本研究では、演技中の心拍数を計測していないが、巽⁷⁾および小野寺¹⁴⁾の報告では、高齢のアーティスティックスイマーが、演技中に推定の最高心拍数を上回ることが報告されており、本研究でも運動強度が水中練習時にも高く維持されていることが予想される。一方、一般的な水中歩行やアクアティックダンスなどの水中運動では、インストラクターの動きを真似たマイペースの動作が可能であり、WEGの運動強度は、ASGに比べて低かったと考えられる。心拍数は、両群とも運動後の上昇がみられ、ASGが約6bpm、WEG（F,M）が約3bpm上昇した（ $p<0.05$ ）。ASGの上昇度合いが大きいことについては、前述の血圧上昇と同様に運動強度が影響していると考えられる。高齢者の運動後の心拍数の上昇が、その後、どのような回復動態を示すのかは、運動後の過剰酸素摂取量の観点からも興味深い。

本研究の結果の中で、最も注目すべき点は、各トレーニングセッションの運動前後に測定した血圧の月次変化である。前述の全期間の平均値を算出した際の月次データから、運動前と運動後の値の差分を求め（運動後－運動前）、その時系列変化を確認した。ASGとWEG（F,M）の2群比較を実施した結果、運動前後の最高血圧の変化（ $F=3.78$, $p<0.05$ ）と、最低血圧の変化（ $F=3.77$, $p<0.05$ ）の間に共に時間×群の有意な交互作用が認められた（図3および図4参照）。また、全期間18か月のうち16か月において群間差が認められた（すべて $p<0.05$ ）。WEGは各月に運動後に血圧が安定して低下しており、過去の研究結果^{12, 13, 15)}を支持するものとなった。一方、ASGは18か月全ての測定月において、運動後に最高および最低の両血圧が上昇していることが示された。アーティスティックスイミングは、特に高度な呼吸制限を伴い、多様な姿勢（逆立ち含む）で

行う運動であるため、高齢者の呼吸循環器系の負担が大きくなることが予想され、そのことが運動後の血圧に影響したものと推察する。なお、各年度で共通する月（2018年と2019年の9, 10, 11, 12月、および2019年と2020年の1, 2月）に対して、データ比較を行った結果、ASGでは9月と10月に有意差が認められた（それぞれ $p<0.05$ ）。図1の運動計画に示している通り、同じ月でも、2018年は1Teamで、2019年はレベル別で2Teamにチーム編成をした。そのため、若いメンバー（50代）と同じ1Teamでトレーニングを行った2018年に、運動強度がより高まったと考えられる。今後は、チーム編成と練習内容（運動強度や競技特性）が運動後の最高・最低血圧の上昇に影響を及ぼすことを想定し、安全性を担保することが重要であると考えられる。

脈圧については、加齢による影響を受け、50歳以降に急速に上昇することが知られている¹⁶⁾。脈圧は、脈波の振幅を表し、加齢に伴う脈圧上昇は動脈壁のコンプライアンスの低下を表すとされている。本研究におけるトレーニングセッションの影響をみてみると、ASGは、全期間の平均において運動後に有意な上昇がみられた（ $p<0.05$, 表5参照）。また、運動前後の変化を月毎にみた場合、時間×群の有意な交互作用が認められ（ $p<0.05$ ）、運動後に有意に上昇する傾向がみられた（図5参照）。一方、WEGにおいては、2019年の春までは、最高血圧や最低血圧の低下に比べて、脈圧の変化が小さいが、2019年の夏以降は低下する傾向を示した。これは、運動後の脈圧が低下し、前後の差が顕著な低下を示したと推察される。WEGにみられた運動後の最高血圧の低下による脈圧の低下から、水中歩行・アクアティックダンス系の運動においては、高齢者に対する適切なトレーニング強度が維持され、末梢血管系への適度な運動刺激がもたらされていたと推察できる。

4. 運動前後の心拍数の変化

今回の各群の測定は、運動前後とも概ね5分以内に測定することをお願いしていた。そのため、運動の影響を概ね反映した心拍数応答が得られたと考える。表5に示すように、全期間の平均値で運動前後の変化をみた場合、両群で運動後の有意な上昇がみられた（ $p<0.05$ ）。また、群間比較では、ASGの方がWEG（F,M）に比べて有意に高い値を示した（ $p<0.05$ ）。運動前後の変化を月毎にみた場合、血圧同様、時間×群の有意な交互作用と群間差（8箇所）が認められた（ $p<0.05$, 図6参照）。ASGの方が月毎の変動は大きくなる傾向がみられたが、これは、アーティス

ティックスイミングの大会に向けて ASG の練習内容と強度が定期的に変化することが影響していると思われる。一方、WEG の 2019 年の夏 (7,8,9 月) には運動後の上昇が小さくなっているが、これについては、自主トレーニングもしくはプール環境の温度上昇 (水温、気温) の影響が考えられる。つまり、これらによって運動強度が低く抑えられた可能性がある。

先行研究では、高齢女性におけるアーティスティックスイミングが高強度運動であり、年齢から推測した最高心拍数に近い強度が報告されている⁷⁾。

本研究の ASG においても運動時に強度が高まっていたと考えられ、その結果、運動後の心拍数が WEG (F,M) を上回ったと推察される。

運動強度が高くなる可能性が競技特性といった影響が否定できず、今後原因究明が求められる。これらの点から、高齢者の水中運動のトレーニングに関する知見、特にアーティスティックスイミングの普及につながる様々な知見を本研究で得ることができたと考える。

V まとめ

本研究は、循環器系負荷が高いと考えられるアーティスティックスイミングに焦点を当て、長期水中運動を実践している高齢者の体力と循環器系応答の変化を中心に長期的な変化を調べた。対象者は、アーティスティックスイマー (ASG : n=15 すべて女性 : 平均 78.5 ± 6.9 歳) と水中歩行やアクアティックダンスの実践者 (WEG (F) : 女性 n=18 平均 73.0 ± 3.2 歳、WEG (M) 男性 n=10 平均 72.7 ± 4.9 歳) で、18 か月、週 2 回 (45-50 分 / 回) のトレーニングを行った。体力の特徴として、同性の ASG と WEG (F) の群間比較を行ったところ、長座体前屈のみに有意差が認められ、ASG が高い値を示した ($p < 0.05$: ASG 50 ± 7cm, WEG (F) 39 ± 9cm)。ASG が高度な柔軟性を示したことから、高齢になってもストレッチトレーニングによって柔軟性を高め維持することが可能であることが示唆された。中心動脈のスティフネス (baPWV) については、同性比較において ASG の方が高い平均値を示したが、有意な差はみられなかった (ASG 1913 ± 361cm/秒, WEG (F) 1708 ± 307cm/秒)。各トレーニングセッションの運動前後に測定した血圧の変化 (運動後 - 運動前) においては、月毎の平均値を算出し、ASG と WEG (F, M) の 2 群で比較を行ったところ、時間 × 群の有意な交互作用が認められた ($p < 0.05$: 最高血圧 $F=3.78$, 最低血圧 $F=3.77$, 脈圧 $F=1.73$)。

WEG (F, M) では、先行研究と同様、運動後の安定的な血圧の低下がみられ、同運動様式が適切な運動強度になっていたと考えられる。一方、ASG は全ての測定月において、運動後に血圧が上昇していることが示された。アーティスティックスイミングは、特に高度な呼吸制限を伴い、多様な姿勢 (逆立ち含む) で行う運動であるため、高齢者の呼吸循環器系の負担が運動後の血圧に影響したものと考えられる。本研究では、様式の異なる 2 つの水中運動を比較し、高齢実践者の体力および血圧応答の違いを明らかにすることができた。今後は運動強度や競技特性、その他の要因なども調査していく必要がある。

IV 謝辞

本研究は、追手門学院大学の「特色ある研究奨励費制度」の助成を受けて実施しました。また、本研究に長期的なご協力をいただきました A スイミングクラブ、茨木市スポーツ推進課の皆様、茨木市老人クラブ連合会の皆様、ならびにシンコースポーツ (株) の関係者の皆様に感謝申し上げます。また本研究にご賛同くださったアーティスティックスイミングクラブの会員の皆様、地域の高齢者の皆様に敬意と感謝の意を表します。

参考・引用文献

- 1) Nualnim N, Barnes JN, Tarumi T, Renzi CP, Tanaka H (2011) . Comparison of central artery elasticity in swimmers, runners, and the sedentary. *Am J Cardiol.*, 107 (5) 783-787.
- 2) Reichert T, Costa RR, Barroso BM, da Rocha VMB, Delevatti RS, Kruel LFM (2018) . Aquatic training in upright position as an alternative to improve blood pressure in adults and elderly: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.*, 48, 1727-1737. doi.org/10.1007/s40279-018-0918-0
- 3) Alkatan M, Machin DR, Baker JR, Akkari AS, Park W, Tanaka H (2016) . Effects of swimming and cycling exercise intervention on vascular function in patients with osteoarthritis. *Am J Cardiol.*, 117 (1) , 141-145.
- 4) スポーツ庁「平成 30 年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書」
https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1421920.htm

(2021年2月参照)

- 5) 松井 健, 巽 樹理, 斎藤辰哉, 小野寺昇, 倉藤利早, 馬込卓弥, 松山博明, 辰本頼弘 (2020): 3ヶ月間の有産とトレーニングが高齢者の動脈スティフネスおよび体力に及ぼす影響. 追手門学院大学スポーツ研究センター紀要第5号, 17-27.
- 6) 合同研究班参加学会 (日本循環器学会, 日本高血圧学会, 日本心臓病学会, 日本腎臓学会, 日本超音波医学会, 日本糖尿病学会, 日本動脈硬化学会, 日本脈管学会, 日本臨床生理学会, 日本老年医学会) 「循環器病の診断と治療に関するガイドライン(2011-2012年度合同研究班報告) 血管機能の非侵襲的評価法に関するガイドライン」
https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2020/02/JCS2013_yamashina_h.pdf (2021年2月参照)
- 7) 巽 樹理, 松井 健, 斎藤辰哉, 濱田大幹, 吉田 升, 和田拓真, 住田 健 (2019): 高齢者アーテイスティックスイミング演技時における心拍数変化～国内最高齢の演技に着目して～. 追手門学院大学スポーツ研究センター紀要第4号, 9-15.
- 8) 厚生労働省「令和元年 国民健康・栄養調査結果の概要」
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf> (2021年2月参照)
- 9) Kim JH, Jung YS, Kim JW, Ha MS, Ha SM, Kim DY (2018). Effects of aquatic and land-based exercises on amyloid beta, heat shock protein 27, and pulse wave velocity in elderly women. *Exp. Gerontol.* 108, 62-68.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.024>
- 10) Tomiyama H, Matsumoto C, Yamada J, Yoshida M, Odaira M, Shiina K, Nagata M, Yamashina A (2009). Predictors of progression from pre-hypertension to hypertension in Japanese men. *Am J Hypertens* 22, 630-636.
- 11) Mohammad AJ, Farag AA, Mohammed AO, Ahmad HA, Mohamed YB (2012). Therapeutic effect of an underwater exercise program for patients with peripheral arterial disease. *J Phys Ther Sci* 24, 687-690.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/24/8/24_JPTS-2012-012/_pdf/-char/en
- 12) 青葉貴明, 松本高明, 菅野篤子, 野村武男 (2001): 水中運動教室実施が中高齢者の降圧効果に与える影響. 国士舘大学体育研究所報. 第20巻, 99-104.
- 13) 青葉貴明, 松本高明 (2004): 水中運動の継続期間が血圧に与える影響. 国士舘大学体育・スポーツ科学研究, 第4巻, 9-15.
- 14) 小野寺昇, 巽 樹理, 松井 健, 和田拓真, 玉里祐太郎, 村田めぐみ, 吉田 升, 斎藤辰哉, 中野 真, 原 英喜 (2016): 高齢者シンクロナイズドスイミング時における心拍数変化. 第78回日本体力医学会中国・四国地方会.
- 15) Júnior, FA, Gomes, SG, da Silva, FF, Souza, PM, Oliveira, EC, Coelho, DB, Nascimento-Neto, RM, Lima, W, Becker, LK (2020). The effects of aquatic and land exercise on resting blood pressure and post-exercise hypotension response in elderly hypertensives. *Cardiovasc J Afr.* 31 (3), 116-122.
<https://doi.org/10.5830/CVJA-2019-051>
- 16) 小澤利男 (2005): 脈圧測定 of 臨床. *Arterial Stiffness*, 8, 9-15.