

## 高齢者の水中歩行動作ならびに 集団的水中運動プログラムにおける運動強度の特徴

松井健<sup>\*1</sup> 巽樹理<sup>\*2</sup> 斎藤辰哉<sup>\*3</sup> 小野寺昇<sup>\*4</sup> 濱田大幹<sup>\*4</sup>  
吉田升<sup>\*5</sup> 和田拓真<sup>\*4</sup> 馬込卓弥<sup>\*1,6</sup> 辰本頼弘<sup>\*1</sup>

### 要 約

高齢社会の進展に伴い、高齢者が安全かつ効果的に継続できる水中運動の需要が今後も高まることが予想される。本研究では、誰もが気軽に取り組むことができる水中歩行動作と集団的に行う水中運動プログラムに着目し、心拍数による強度測定データから、それらの特徴を明らかにすることを目的とした。高齢男性5名(平均74歳)を対象とし、水中歩行動作と集団で行う水中運動の2様式において、心拍計(POLAR社製:H10)を用いて心拍数を連続的に測定した。心拍数データからカルボネン法による運動強度(%Heart Rate Reserve:%HRR)を算出し、各動作および局面における個人データや平均値データを比較し、それらの特徴を探った。その結果、高齢者の歩行動作の強度は、「普通歩行」時の31%強度から「ツイスト歩行」や「ジョグ」時の58%HRR強度までの範囲で推移することが明らかとなった。また、集団的な水中運動ではその場にとどまる運動局面の場合、強度が低下しやすくなること、プログラム全体の平均強度は普通歩行動作とほぼ同じレベルの31%HRR程度になることなどが確認できた。プログラムの全局面で普通歩行強度以上の強度が得られた時間数は、年齢との有意な相関関係( $p<0.05$ )が認められ、より高齢の者ほど、短くなることが示された。本研究の結果から、高齢者の水中運動トレーニングを長期間にわたって継続する際には、運動強度を適切に把握し、安全で効果的な個別強度を設定することが重要であると結論づけられた。

### 1. 緒言

水中運動は、陸上運動と異なり、足、膝、腰の各関節部への衝撃が少なく、また、水の物理的特性によって筋力や持久力を高めるトレーニング効果が期待できる<sup>1)</sup>。そのため、医学的な疾患や健康不安を抱える人々の健康・体力づくり運動またはリハビリテーション用の運動として水中運動は人気が高い<sup>2,3)</sup>。特に高齢者の水中運動は、水温や室温が調整され、年間を通して利用できる室内温水プールにおいて安全に実施することができ、運動による一過性の効果や長期的な効果によって介護予防にもつながると考えられている<sup>4)</sup>。水中運動の様式としては、

全身を浮かせて行う水泳、足を床に付けた立位姿勢で直線的に進む水中歩行(走行)、その場でリズムミカルに全身を動かすアクアビクスに分けることができる。水中運動を個人で行う場合、水泳や水中歩行(走行)が中心となり、レーンローブに区切られた細長いエリアで単調に身体を動かすことを基本とすることが多い。そのため、楽しみながら行う要素が少なく、運動への動機づけを維持することが難しい。また、水泳は適度なスピードで泳ぐ技術を必要とするため、初心者には導入が難しい。一方、集団で行うアクアビクスを中心とした水中運動プログラムは、インストラクターの指示や音楽に合わせて、

\*1 追手門学院大学 社会学部 社会学科

\*2 追手門学院大学 基盤教育機構

\*3 国立スポーツ科学センター(2021年10月以降の所属:鳥取大学 医学部 医学教育学講座 健康運動科学分野)

\*4 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

\*5 岡山短期大学 幼児教育学科

\*6 大阪大学大学院 医学系研究科

(連絡先) 松井健 〒567-8502 茨木市西安威2-1-15 追手門学院大学

E-mail: t-matsui@haruka.otemon.ac.jp

リズムカルな動作を皆と一緒にを行うことを基本とし、参加者同士のコミュニケーションが取りやすい。また、その場で行う動作については、体力レベルや体調に合わせて強度を自己調整することが可能である。参加者が集まって続けることで仲間意識が醸成され、個人の運動継続への動機付けを高める点でも効果的であると考えられる。

誰もがより長く元気に活躍できる社会の実現が目標とされている現在においては<sup>5)</sup>、身近な地域における高齢者の運動プログラムの提供と充実が不可欠であり、前述のような集団的な運動プログラムの果たす役割が今後、ますます重要になると思われる。そして、安全かつ効果的に高齢者の集団的プログラムを遂行するためには、参加者の運動強度を把握し、その運動の特徴を把握することが不可欠である。そこで本研究では、安全かつ効果的に継続できる水中

運動という観点から、高齢者の誰もが気軽に取り組むことができる水中歩行運動と集団的水中運動プログラムに着目し、心拍数による運動強度測定によってそれらの特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 対象者

対象者は、1年間以上、週1、2回の水中運動トレーニングを行っている高齢男性5名とした。対象者の年齢、身体的および体力的特徴を表1に示した。なお、体脂肪率は、体成分分析装置（InBody430：InBody Japan社製）を用いて、また体力はスポーツ庁の新体力テストの要領に基づいて、それぞれ2019年2月に測定した。なお、体力については6分間歩行と総合得点のデータを用いた。対象者には、事前に口頭および文書にて実験の内容や目的、測定等によって

表1 対象者の年齢、身長、体重、体脂肪率および体力

対象者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	体 力			
					6分間歩行 距離(m)	6分間歩行 得点(点)	総合得点(点)	判定※
A	75	158.0	63.2	24.2	642.0	8	45	A
B	70	167.0	69.0	26.2	620.0	8	41	B
C	81	156.9	61.1	31.5	562.0	7	29	C
D	70	173.1	68.2	25.7	698.3	8	50	A
E	75	164.8	71.0	24.7	626.7	8	36	B
Mean	74.2	164.0	66.5	26.5	629.8	7.8	40.2	
SD	4.5	6.7	4.2	2.9	48.8	0.4	8.1	

※成人（65～79歳）新体力テスト「得点基準表」（スポーツ庁）に基づく総合評価

表2 測定1で用いた水中運動の基本動作

動作の名称	概 要
普通歩行	肘を約90°に曲げて軽く腕を振りながら歩く
大股歩行	上半身は普通歩行の要領で、前へ大きく踏み出して歩く
横歩き	身体全体を90°横向きにして進行方向への開脚・閉脚を繰り返して進む。開脚時には、両腕を伸ばし肩の高さまで引き上げて身体のバランスを保つ。閉脚時には腕も閉じて体側に付けるようにする。25mで同じ横方向を向いて折り返し、進行方向を左右逆にする
後歩き	後方への着地（つま先）に気を付けながら、普通歩行を後ろ向きで行う要領で歩く
前方キック歩行	脚を前方に振り出す際に、足の裏で前方の水をキックしながら歩く
ツイスト歩行	前方に振り出す反対側の肘と膝付近を接近させ（タッチさせ）上半身をひねりながら歩く
ジョグ	ジョギング動作を基本として、歩幅を狭くして、ピッチを上げながら前方に進む
シザース	定点で脚を前後に開いた状態から、軽くジャンプして一気に前後の脚を入れ替える。30回連続で入れ替える

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。本研究は、追手門学院大学研究倫理委員会の承認を得て実施した。

2.2 運動強度の測定

2.2.1 測定1 水中歩行動作の測定

はじめに水中運動の基本となる水中歩行動作（表2）の強度を測定した。運動強度は心拍数を指標とし、POLAR社製心拍計（H10）を用いて測定した（図1）。測定場所のプールサイドにて座位安静を10分程度保った後、陸上および水中での立位安静時の心拍数を測定した。これらの安静測定の後、水中歩行を行った（図2左）。水中歩行は普通歩行（100m）、大股歩行（50m）、横歩き（50m）、後歩き（50m）、前方キック歩行（50m）、ツイスト歩行（50m）の順に行い、各歩行の間に1分間の休憩時間を挟み、連続的に行った。対象者には、主観的に「普通」と感じる速度で歩くよう指示をした。ツイスト歩行の後には、ジョグ（50m）およびその場でのシザース動作（30回）を行った。値は測定区間移動時の平均値として算出した。この値を基に、安静値を基準に

加えたカルボーン法に基づく運動強度を推定した。

$$\begin{aligned} \text{運動強度}(\%) &= \% \text{Heart Rate Reserve} (\% \text{HRR}) \\ &= [\text{運動時平均心拍数} - \text{安静心拍数}] / \\ &\quad [\text{最高心拍数} - \text{安静心拍数}] \times 100 \end{aligned}$$

なお、計算式における最高心拍数は、(220-年齢)による推定値を用いるが、水中での心拍数応答を配慮して、10bpm 下方修正した値を用いた(220-年齢-10)。

2.2.2 測定2 集団的な水中運動における測定

集団的な水中運動プログラムについては、対象者が毎週参加し、1年以上取り組んでいるプログラム（2017年5月から実施）を測定対象とした。強度指標としての心拍数は、前述のPOLAR社製心拍計（H10）を用いて測定した。当日は25mプールの2レーン分のスペースを用いて25名（測定対象者5名を含む）が集団で水中運動を行った（図2中央および右）。プログラムはウォーミングアップ（周回）、直線移動、ダンス系、クーリングダウン（周回）のパートで構成した。通常は45分間のプログラムであるが、当日

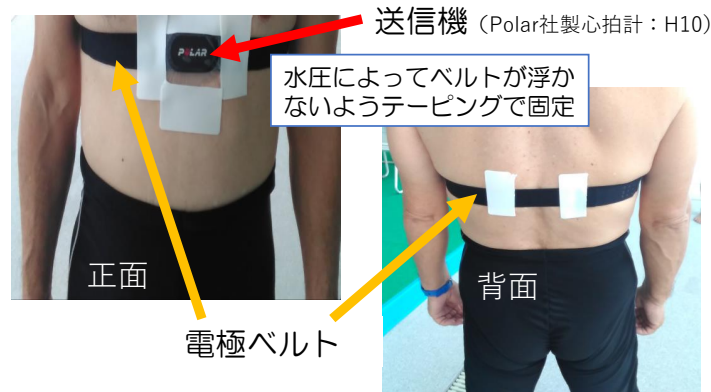


図1 心拍計・送信機の装着



測定1：水中歩行動作

測定2：集団的水中運動プログラム

図2 測定風景

は測定の間取りを含んだため、実質の運動時間は約35分間であった。なお、各動作や所要時間を把握するため、プールサイドにビデオカメラをセットし、運動開始から終了まで撮影を行った。

2.3 実施日と場所

測定1, 水中歩行動作の強度は、2018年10月23日に川崎医療福祉大学の屋内プール（水温31.5℃, 25m, 水深1.5~1.7m:測定時には高さ40cmのプールフロアを用いて水深を1.1~1.3mに調整）で実施した。また、測定2, 集団的水中運動プログラムにおける強度測定は、通常のトレーニング日の2019年2月22日に実施した。本研究の対象者のトレーニング拠点である茨木市営西河原市民プール（水温31℃, 25m, 水深1.0~1.25m）にて実施した。

2.4 分析および統計処理

測定1における水中歩行動作の移動速度は各動作を行った距離と所要時間によって算出し、歩数は測定区間における総歩数とした。また、心拍数は動作時間帯の平均心拍数とし、ばらつきを標準偏差にて示した。

測定2における安静時心拍数については、安静時の最低値で示した。集団的水中運動時の心拍数は、1秒ごとに得た測定値からウォーミングアップ、前・

後直線移動、ダンス系、クーリングダウンの局面ごとに平均値と標準偏差を算出した。

測定1および2における運動時心拍数から運動強度を前述の通り算出し、心拍数と同様に平均値±標準偏差値で示した。測定2の集団的水中運動においては、測定1で得られた各対象者の普通歩行時の強度を基準とし、その強度以上のデータが得られた部分の運動時間（総数）を算出した。

測定2において求めた、普通歩行以上の強度を示した運動時間については、全体の運動時間に占める割合と年齢との相関関係をSpearmanの相関係数を用いて分析した。なお、統計分析はSPSS Statistics ver.27 (IBM)を用いて行い、有意水準は5%とした。

3. 結果

3.1 水中歩行動作の移動速度、歩数およびテンポ

測定1における、普通歩行の平均速度は、30.58m/minであった(表3上段)。後歩き、前方キック歩行およびツイスト歩行は、概ね普通歩行と同様な速度であったが、横歩きは遅く、大股歩行は速い傾向にあった。ジョグは対象者間でのばらつきが大きい、平均値では各歩行と比較して速い傾向を示した。歩

表3 水中運動の基本動作時の移動速度、歩数およびテンポ

〈移動速度 m/min〉								
対象者	100m	50m	50m	50m	50m	50m	50m	50m
	普通歩行	大股歩行	横歩き	後歩き	前方キック歩行	ツイスト歩行	ジョグ	
A	32.0	32.9	29.4	31.2	30.0	31.9	34.9	
B	26.8	34.9	25.6	27.6	33.0	26.7	40.3	
C	33.3	38.7	29.0	32.9	31.6	34.1	33.0	
D	33.9	37.6	26.1	29.6	33.6	30.5	41.3	
E	26.9	34.6	27.7	29.6	29.7	31.6	36.0	
Mean	30.6	35.7	27.6	30.2	31.6	31.0	37.1	
SD	3.5	2.4	1.7	2.0	1.7	2.7	3.6	

〈総歩数 歩〉								
対象者	100m	(50mあたり)	50m	50m	50m	50m	50m	50m
	普通歩行		大股歩行	横歩き	後歩き	前方キック歩行	ツイスト歩行	ジョグ
A	176	88	35	53	110	64	66	112
B	211	106	55	50	60	54	58	131
C	224	112	55	50	126	55	64	158
D	158	79	46	53	62	44	55	154
E	168	84	54	44	76	48	57	160
Mean	187.4	93.7	49.0	50.0	86.8	53.0	60.0	143.0
SD	28.6	14.3	8.7	3.7	29.7	7.6	4.7	20.9

〈テンポ 拍/分〉								
対象者	100m	50m	50m	50m	50m	50m	50m	50m
	普通歩行	大股歩行	横歩き	後歩き	前方キック歩行	ツイスト歩行	ジョグ	
A	56	23	31	69	38	42	78	
B	57	38	26	33	36	31	106	
C	75	43	29	83	35	44	104	
D	54	35	28	37	30	34	127	
E	45	37	24	45	29	36	115	
Mean	57.3	35.2	27.6	53.3	33.4	37.3	106.1	
SD	10.7	7.4	2.7	21.6	4.2	5.5	18.1	

数に関して、対象者間でばらつきが大きかったのは後歩きであった(表3中段)。対象者間での歩き方に違いが見られ、対象者AとCの後歩きは歩数を増やす(歩幅を狭くする)歩き方となり、普通歩行よりも歩数が多く、速度も他者より速い傾向にあった。しかし他の対象者、B、D、Eに関しては、普通歩行の歩数が最も多いことが示された。ジョグ動作は

テンポが速いため(表3下段)、歩行動作よりも歩数が多い。一方、大股歩行、横歩き、前方キック歩行およびツイスト歩行は、動作のテンポが遅く、歩数が少ない傾向が示された。

3.2 水中歩行動作の心拍数と運動強度

表4に、測定1における基本動作の心拍数とカルポーネン法によって算出した運動強度を示した。

表4 水中運動の基本動作時の平均心拍数と運動強度

<心拍数 bpm>

対象者	陸上立位		水中立位		普通歩行		大股歩行		横歩き		後歩き		前方キック歩行		ツイスト歩行		ジョグ		シザース	
	安静	安静	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
A	69	65	85.6	5.5	83.3	5.2	90.8	7.0	89.9	4.1	92.5	6.4	98.0	7.8	97.1	4.4	92.9	4.1		
B	92	82	98.6	2.7	106.9	6.0	108.2	6.8	107.2	5.7	104.9	6.4	116.9	6.1	117.1	4.0	122.9	3.3		
C	66	69	93.2	9.1	98.7	11.0	103.3	6.8	103.8	9.3	109.9	10.4	114.8	8.7	100.0	6.8	107.6	5.3		
D	87	75	99.4	7.3	105.5	7.7	106.5	6.1	111.3	7.1	109.2	6.2	112.3	6.5	127.1	9.5	113.2	6.1		
E	78	76	87.8	1.7	93.7	5.6	90.0	3.6	91.9	2.6	98.5	7.8	105.1	7.4	108.2	5.1	104.0	4.5		
Mean	78.4	73.4	92.9		97.6		99.8		100.8		103.0		109.4		109.9		108.1			
SD	11.2	6.6	6.2		9.6		8.7		9.5		7.4		7.8		12.4		11.1			

(bpm : beats per minute, 拍/分)

<%HRR>

対象者	普通歩行		大股歩行		横歩き		後歩き		前方キック歩行		ツイスト歩行		ジョグ		シザース	
	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
A	29.4	7.8	26.2	7.5	36.9	10.1	35.6	5.9	39.3	9.1	47.2	11.1	45.9	6.3	39.8	5.8
B	28.6	4.7	42.9	10.3	45.1	11.8	43.4	9.8	39.4	11.0	60.1	10.6	60.6	6.9	70.5	5.8
C	40.3	15.1	49.5	18.3	57.2	11.3	58.1	15.5	68.2	17.3	76.3	14.5	51.6	11.3	64.4	8.8
D	37.5	11.3	47.0	11.8	48.4	9.3	55.9	10.9	52.7	9.5	57.4	10.0	80.2	14.6	58.8	9.4
E	20.0	2.9	30.0	9.5	23.8	6.1	27.0	4.5	38.1	13.3	49.3	12.5	54.5	8.7	47.4	7.6
Mean	31.2		39.1		42.3		44.0		47.5		58.1		58.6		56.2	
SD	8.0		10.4		12.6		13.2		13.0		11.5		13.2		12.5	

表5 集団のプログラム水中運動プログラムの局面別動作

①ウォーミングアップ (周回)

No.	動作	経過時間 min, sec	運動時間 sec
1	もも上げ	0 00	20
2	前方キック	0 20	55
3	クロス膝タッチ	1 15	28
4	クロス腿タッチ	1 43	32
5	クロス尻タッチ	2 15	45
6	腕前水押	3 00	45
7	腕前水押クロス前方	3 45	33
8	両手広げ前方水送り 腕の開閉	4 18	37
9	送り足 横歩き	4 55	55
10	クロス 横歩き	5 50	52
	※スタート壁への移動	6 42	58
Total			460

②前・後直線移動

No.	動作	経過時間 min, sec	運動時間 sec
11	前方移動 同側腕・脚前方振り	7 40	56
12	後方移動 同側腕・脚後方振り	8 36	74
13	前方移動 着地を一直線に歩く	9 56	55
14	後方移動 脚を大きく後方に伸ばす	10 55	65
15	前方移動 左右に大きく開脚して	12 04	65
16	後方移動 膝を上げながら後方へ脚を運ぶ	13 9	73
17	前方移動 左右への脚の開閉を伴うジャンプ	14 22	71
18	前方移動 ダッシュ	15 33	52
	※次のエクササイズの配置へ移動	16 25	70
Total			581

③ダンス系

No.	動作	経過時間 min, sec	運動時間 sec
19	膝の屈伸	17 35	25
20	反対側斜め前方に足を払って戻す	18 00	40
21	同上に 反対側の腕の動作(上から下に向けてかく)を加える	18 40	36
22	同上動作で ベースアップ	19 16	18
23	上体を前方に倒して脚を後方に蹴る	19 34	31
24	同上に 両手で前方を押す動作を加える	20 05	28
25	同上動作で 軽くジャンプしながらベースアップ	20 33	30
26	軽く屈伸しながら手をグーにして腕を前方に伸ばす	21 03	17
27	同上動作で ベースアップ	21 20	14
28	脚を開いて立ち、両腕を開いて前方で閉じる	21 34	19
29	同上動作で ベースアップ	21 53	12
30	軽く膝の屈伸しながら、肘を曲げて側方へ上げた後に脇を締めて肘を降ろす(片方ずつ交互に)	22 05	15
31	同上動作で ベースアップ	22 20	15
32	脚を広めに開いて軽く膝屈伸をしながら両腕で上から下へ水を押す	22 35	18
33	同上動作を 両腕を左右に大きく開いて行う	22 53	31
34	前方へ片脚を踏み出し、上体を前方に移動して体重を乗せる	23 24	31
35	後方へ片脚を踏み出し、軽く体重を乗せる	23 55	29
36	腕を振りながら前後移動	24 24	44
37	送り足で 左右交互に移動	25 08	32
38	送り足で 前後交互、左右交互の2種類の移動	25 40	35
39	同上動作で 脚の開きを大きめにする	26 15	25
40	四角形を描くように、送り足でステップ	26 40	50
41	同上動作を 腕を振りながら行う	27 30	32
42	同上動作を 移動を逆回りで行う	28 02	31
43	同上動作で 手を開いて肩の付近でひらひらさせる	28 33	56
44	軽くジャンプしながら左右に脚を開いて、閉じる、を反復	29 29	27
45	同上動作に 横方向への腕の開閉動作を加える	29 56	34
Total			775

④クーリングダウン (周回 + 移動なし)

No.	動作	経過時間 min, sec	運動時間 sec
46	周回歩行(普通)	30 30	70
47	両手を組んで、前方で左右に振りながら8の字を描く感じで歩行	31 40	120
48	同上動作を立ち止まって反復	33 40	14
49	手を後方で組んで肩のストレッチ	33 54	7
50	腕を上を上げたり胸の前で回旋して3回深呼吸動作	34 1	21
	終了	34 22	
Total			232

安静時には、陸上に比べ水中で心拍数が平均で約5bpm 低下する傾向が示された。水中運動は、動作毎に1分間の休憩時間を挟んで連続的に行い、20分22秒±32秒の所要時間であった。最初に行った普通歩行から徐々に心拍数が上昇していき、ツイスト歩行やジョグの段階において平均で約17bpm の上昇が観察された。また、普通歩行に比べて他の動作では、標準偏差が大きくなり、特にジョグにおいては対象者間で最大30bpmの個人差がみられた。シザース動作の心拍数においてもジョグと同様、標準偏差が大きくなる傾向が示された。なお、シザース動作30回の所要時間は、29.8±5.3秒であった。%HRRで示した運動強度については、普通歩行の強度、31%HRR から上昇していき、ツイスト歩行やジョグの段階で約58%HRR まで上昇した。シザースも56%HRR まで上昇し、これらと同等レベルであった。

### 3.3 集団的水中運動の各局面と運動時間

表5に、測定2を実施した集団的水中運動プログラムの詳細を示した。撮影した動画を分析し、各局面で実際に行った動作とその運動時間を確認した。動作の時間情報から算出した各局面の1動作あたりの

平均時間は、①ウォーミングアップが46±12秒、②前・後直線運動が64±9秒、③ダンス系が29±11秒、および④クーリングダウンが46±48秒であった。ダンス系は1動作あたりの運動時間が短い、動作が27種類あり、局面時間としては、最も長い775秒であった(全体の約38%)。

### 3.4 集団的水中運動の心拍数と運動強度

図3に、各対象者の集団的水中運動時の心拍数の変化を示した。2レーンのエリア内を周回する運動として行ったウォーミングアップでは、スタート時から徐々に心拍数が上昇し、概ね2分で一定のレベルに到達した。続く、前後・直線運動においては、1方向への移動となるため、移動の前後に待ち時間が生じ、心拍数が増減する傾向がみられた。18番目の運動、「ダッシュ」においては、各対象者とも顕著に心拍数が上昇した。ダンス系においては、前半部分に各運動の動作速度をペースアップさせて行う種目が入り入れられ、その影響で前半部分の心拍数が高くなる傾向が示された。しかし、ダンス系の後半では5名中3名が普通歩行強度の心拍数レベルを下回っていた。クーリングダウンでは、再び周回運動

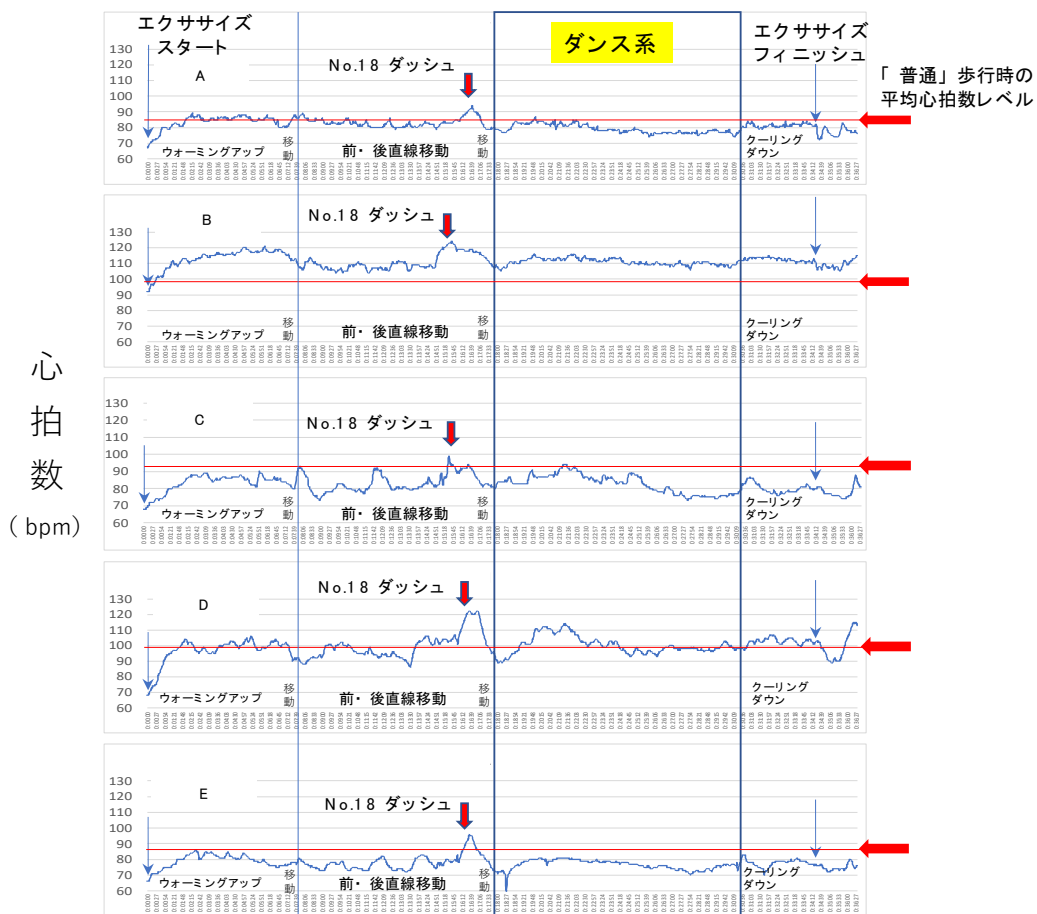


図3 集団的水中運動プログラム時の心拍数の変化



を行った。ダンス系の後半と同等もしくは上回る傾向が示された。

図4の左図に、各対象者の局面ごとの平均心拍数と全対象者の平均値を示した。局面によって個人内での増減はみられるが、全体平均値では、約90bpmで推移していた。5名の中で比較的年齢が若い対象者BとD(70歳)においては、平均値を約10~20bpm上回る心拍数が示された。図4の右図に示す運動強度においても心拍数と同様な傾向が示され、全体平均値では、約30%HRR強度で推移していた。対象者BとDの強度は40~50%HRRであったが、対象者Eは20%HRR以下であり、対象者Aとともにダンス系運動で低くなる傾向がみられた。

### 3.5 集団的水中運動の水中運動強度と年齢の関係

測定2における集団的水中運動の強度の特徴をみるため、測定1の普通歩行強度以上の強度が得られ

た時間数を対象者別に算出した(表6)。対象者BとDにおける時間数は、全運動時間の89~95%に相当していた。また、全運動時間に対する割合の平均値は、約48%であった。この時間数については個人間での差が大きく、図5に示すように年齢との有意な相関関係が認められた( $p < 0.05$ )。

### 4. 考察

本研究は、高齢者の運動プログラムの中でも人気の高い水中歩行と集団的水中運動に焦点をあて、心拍数による運動強度測定によってその特徴を明らかにすることを目的とした。高齢者は、日常生活において不活動な状態になることで筋肉量の低下が若年者に比べて早いことが知られている。Tanner et al.<sup>6)</sup>は5日間のベッドレスト実験で足の除脂肪量の変化を観察し、平均22歳の若年者はベッドレスト後に除脂肪量を維持していた。一方、平均66歳の高齢

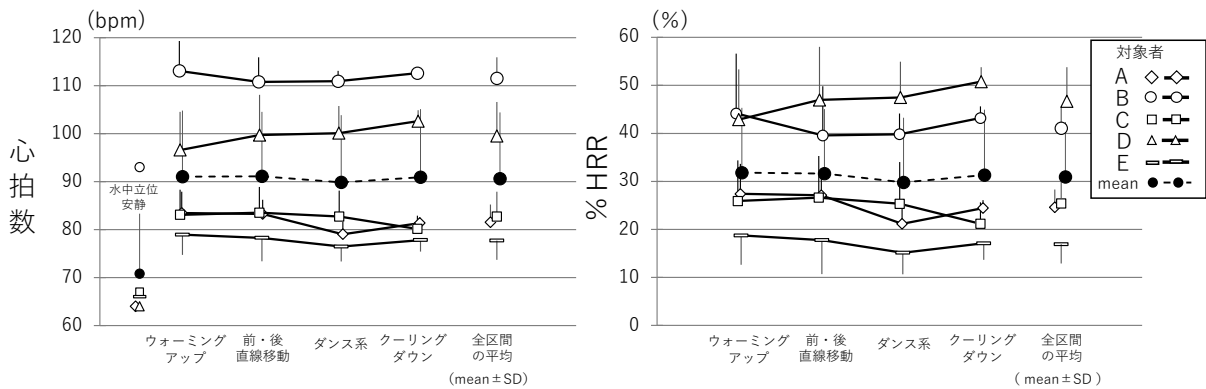


図4 集団的水中運動プログラム中の平均心拍数と運動強度

表6 集団的水中運動において普通歩行以上の強度で運動を行っていた時間とその割合

対象者	普通歩行 %HRR	集団的水中運動において 普通歩行の強度を上回った時間	
		時間, sec	全運動時間※ に対する%
A	29.4	429 (7min 9sec)	20.8
B	28.6	1960 (32min 40sec)	95.0
C	40.3	118 (1min 58sec)	5.7
D	37.5	1836 (30min 36sec)	89.0
E	20.0	594 (9min 54sec)	28.8
Mean	31.2	987 (16min 27sec)	47.9
SD	8.0	850 (14min 10sec)	41.2

※集団的水中運動の全運動時間：2063  
※普通歩行の強度は表3の再掲

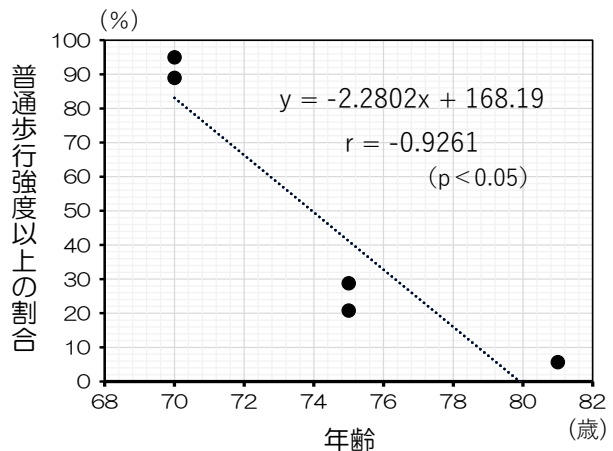


図5 集団的水中運動プログラム時の普通歩行以上の強度の割合と対象者の年齢の関係  
(普通歩行強度以上の割合：運動時間全体に占める普通歩行強度以上の運動時間の割合)

者は4%の低下がみられたことを報告している。同様に筋力は、若年者が約5%、高齢者は約15%の低下がみられたことを報告している。また、その後の8週間のリハビリエクササイズによって高齢者の筋力は若年者とほぼ同様に回復したが、除脂肪量は、若年者に比べて回復に時間がかかったことが示されている。このような、筋力が低下しやすく、回復に長い時間を要するという特徴を考慮すると、高齢者の運動は、継続に重点を置き、中断しないことが肝要であると考えられる。

高齢者の運動トレーニングを継続の観点で捉えようと、運動様式や内容とともに、強度や頻度の調整が重要になると考えられる。特に本研究が焦点を当てている運動強度については、高齢者の場合、強すぎると日常生活全体での身体活動量を減らすことが報告されており<sup>7)</sup>、高齢者の運動トレーニングは日常生活において無理なく実践可能な強度に設定することが重要であると考えられる。

#### 4.1 高齢者の水中運動の強度

Bergamin et al.<sup>1)</sup>は高齢者における水中運動トレーニングの効果について、持久力と筋力が向上することについては、十分なエビデンスがあることを指摘している。持久力の向上を目的としたトレーニングにおいて運動強度設定を行う場合、年齢で推定した最高心拍数の70%<sup>8)</sup>、75~85%<sup>9)</sup>、65~80%<sup>10)</sup>などの強度設定が見受けられる。本研究と同様なカルボーネン法を用いて強度を確認している研究報告では、75%HRR<sup>11)</sup>、70-85%HRR<sup>12)</sup>、55-65%HRR<sup>2)</sup>という報告もある。本研究では、水中運動の基本動作測定において平均約47%HRR (31-58%HRR)、集団的水中運動の測定では平均約31%HRR (29.8-31.8%HRR)の強度であった。先行研究に比べて低い運動強度が示されたが、理由の一つとして、週2回のトレーニングを対象者が無理なく長期間継続できるよう、強度を軽度設定していた可能性が示唆された。なお、いくつかの研究によって示されているように、安静時心拍数を考慮せずに、年齢推定最高心拍数との対比によって強度(% of HRmax)を求める場合、本研究における集団的水中運動の強度は前述の約2倍、62%の強度となる。

#### 4.2 水中歩行動作のテンポ、心拍数と運動強度

星島ら<sup>13)</sup>は、20歳代の若年女性を対象とした研究で、水中運動動作時のテンポ(1分あたり)の影響を報告している。その場での前後移動と上下移動を含む動作では、テンポの上昇に伴って心拍数が増加すること、ならびにテンポ100拍/分(最大)の時に、心拍数が最も高くなり、平均で94bpmまで上昇したことを示している。一方、本研究では、測定

1において、表2に示す動作を任意のペース(テンポ)で行った。区間の総歩数を移動区間(100mもしくは50m)における所要時間で除すと、1分あたり歩数が約57であった。したがって、本研究は、一般的な歩行運動を行っており、運動様式は、若干異なるが、平均テンポが約57拍/分の運動であったと考えられる。星島ら<sup>13)</sup>の若年対象者と比べて、約6割のテンポであったが、心拍数は同等の92bpmであった(表4参照)。若年者と比べて、高齢者は低いテンポでも生理的な強度が大きいことが明らかである。普通歩行以外の歩行のテンポは表3に示すように、多いものから後歩き、ツイスト歩行、大腿歩行、前方キック歩行、横歩きの順であった。日常的に慣れている普通歩行のテンポが最も多いことがわかる。また、横歩きはテンポ、歩数、移動速度とも他の歩行を下回る傾向にあり、物理的強度が低くなる可能性が示唆された。

ジョグについてはテンポが106拍/分であり、普通歩行の約1.9倍のテンポであった。しかし、表4に示したジョグの心拍数をみると、テンポ37拍/分のツイスト歩行と同等であった。つまり、ジョグはテンポが速く歩数が多いが、比較的推進効率が良く、生理的な強度が小さいことが考えられる。一方、テンポが37拍/分であるにもかかわらず、ツイスト歩行の生理的な強度が上がった点については、上体をひねって膝を引き上げる動作のため、物理的な強度が大きかったことが考えられる。テンポは遅いがジョギング並みの生理的な強度が期待できるのであれば、ツイスト歩行は高齢者向けの強めの水中運動動作として、有効に活用できることが示唆された。峯田ら<sup>14)</sup>は、20歳代の若年男性を対象として5分間のシザース動作(テンポ128拍/分)の生理的強度を報告しており、トレーニングを行っていないグループでは、心拍数が平均114bpmであったとしている。本研究でのシザース動作は任意のテンポで両脚を前後に大きく開くよう指示した結果、概ねテンポ60拍/分(30回を約30秒で行うペース)となり、峯田ら<sup>14)</sup>の約半分のテンポであったが、心拍数は108bpmまで上昇した。前述の星島ら<sup>13)</sup>の報告と同様、本研究の高齢対象者は、シザース動作においても若年者と比べて生理的強度が高くなることが確認できた。

本研究では任意のテンポ、速度で歩行動作を行ったため、相対比較は難しいが、表4に示す普通歩行の平均運動強度(31%HRR)をベースとした場合、大腿歩行、横歩き、後歩きおよび前方キック歩行が約1.4倍(43%HRR)、ツイスト歩行、ジョグおよびシザースの各動作が約1.8倍(57%HRR)の運動強



度となった。これらの結果から、高齢者の任意のペースでの水中歩行運動においても、動作のバリエーションによって概ね60%レベルまで運動強度の調整が可能であることが示唆された。

しかし、より高精度で運動強度（心拍数による生理的強度）の特徴を調べるためには安静時の回復状態から定常状態までの心拍数の上昇をそれぞれの動作で確認する必要がある。今回、各対象者の測定時の負担を軽減するため、安静時の時間を長く設定して完全に心拍数が安静状態にもどるプロトコルを採用せず、一律1分間の休憩としたところに本研究の測定1の限界があると考えられる。すなわち、動作順序の影響を受けて後半の動作になるにしたがい、前の運動の影響が加算されていた可能性が否定できない。一方、現場での水中運動プログラムはウォーミングアップでの普通歩行から徐々に強度を高めていくことが予想されるため、その点では本研究の一連の測定動作における強度変化は現場での強度変化に近いと考えられる。これらの側面については、引き続き研究課題としたい。

水中浸漬時の循環器系応答に関して、若年者では脚から胸部への静脈還流量が増加し、一回拍出量や心拍出量の増加がみられる。一方、高齢者ではこのような反応が減弱することが確かめられている<sup>15)</sup>。こうした反応や年代による差は運動時にもみられる。Takeshima et al.<sup>16)</sup>は水中安静時と水中トレッドミルによる漸増負荷運動時の一回拍出量を測定し、同一心拍数における一回拍出量の値を年代別に水中と陸上の2条件で比較した（両群で身長、体重、BMI (Body Mass Index) における有意差なし）。その結果、若年者（平均22歳）は安静時や100bpmまでの軽い負荷運動時に、陸上に比べて水中条件下で有意に高い値を示したが、高齢者（平均78歳）では両条件下の差がみられなかったことを報告している。また、Takeshima et al.<sup>16)</sup>は、水中トレッドミルを用いた漸増負荷最大運動を用いて高齢男性と若年男性の最高心拍数を実測し、比較した。それによると、高齢者は平均136bpm、若年者は平均169bpmであった。両群間での統計的な有意差は認められていないものの、高齢者の方が推定の最高心拍数（220-年齢）に近似した値を示していた。Takeshima et al.<sup>16)</sup>の結果においては、陸上条件最大運動時のピーク酸素摂取量が若年者に比べて高齢者で有意に低く（ $p < 0.05$ , 高齢者:  $34.1 \pm 6.2 \text{ ml/kg/min}$ , 若年者:  $43.6 \pm 3.6 \text{ ml/kg/min}$ , 平均値  $\pm$  SD）、年齢による持久的能力の差が水中での循環器系応答の差につながった可能性も考えられる。同様に前述の星島ら<sup>13)</sup>および峯田ら<sup>14)</sup>が報告している若年者と比較して、

テンポが同程度の本研究の高齢者において生理的強度が高くなったことについても、体力レベルの差が要因となっていると考えられる。本研究の対象者の持久的体力についてみてみると、6分間歩行の10段階評価で7が1名、8が4名であり、相対的には高い方であった（表1参照）。しかし、若年者と共通する体力指標がないため、明確な要因として位置付けることができない。高齢者の水中運動における生理的強度の特徴についてさらなる知見を得るために、今後は物理的強度（テンポ、速度）を統一して、年代、体力、体格等の因子を考慮することを課題としたい。

#### 4.3 集団的水中運動の心拍数と運動強度

本研究の対象者は、1回45分間、週2回の頻度で、表4に示すような集団的水中運動トレーニングを1年以上行っていた。そのため対象者は測定時の連続的な運動展開にも慣れており、特別な緊張感を持つことなく、運動を遂行できたと考える。集団運動は、すべてインストラクターの指示する運動・動作を模倣するかたちで実施した。

ウォーミングアップの局面では、エリアを周回する水中歩行を行った。単純な歩行動作ではなく、体幹をひねる動作、水の抵抗を負荷にして脚や腕で水を前方に押し出す動作、横歩きなど、毎回の運動プログラムを単調な動作にしない工夫がなされている。スタートから2分程度で、約20bpmの心拍数の増加が観察され、用いられた運動がウォーミングアップの強度的にも適度であったと考えられる（図3および図4参照）。しかし、心拍数のレベルとしては、前述の測定1で示した、普通歩行の心拍数レベルと比較して、同様な者が2名、やや下回る者が2名、大幅に上回る者が1名と多様であった。特に対象者Eについては、測定1で行った普通歩行強度の20%HRRを下回っており、トレーニングの強度的には低いことが示唆された。聞き取り結果から、心拍数に影響を与える $\beta$ ブロッカーなどの薬を服用していないこと、当日は外科的な症状や障害をかかえている状態ではなく、いつも通りにプログラムに参加していたことなどが確認できた。また、週2回の水中運動を1年9ヶ月継続しているため、持久的にも平均以上の体力レベルを保持しており（表1参照）、水中運動にも慣れていると考えられる。測定実施当日の5段階の主観的運動強度（きつい・ややきつい・普通・やや楽・楽）もいつもと同じ「普通」の強度であった。唯一考えられる可能性は、過去に腰痛症を経験していたという点である。無意識的に強い強度の運動を避け、低強度に自己調節していた可能性が考えられる。一方、対象者Eが選択的に行っていた低強度運動によって、運動前後の血圧応答に

において、運動前の血圧、158/89 mmHg（最高血圧/最低血圧）が運動後には142/73 mmHgへと低下しており、血圧の側面からは、強度が適したものになっている可能性が示唆された。後期高齢者が健康を維持するためには、低強度のトレーニングを長期的に続けることも適度なトレーニング刺激になると考えられた。

ウォーミングアップに続いて、直線移動の歩行動作（壁に着いたら進行方向を逆にする）を行った。この局面では周回と同様、規定の動作を意識しながら、浮力や水の抵抗を利用して腕、肩、股関節等をストレッチしながら歩き、終盤にジャンプ動作やダッシュ動作を行った。他の動作に比べてダッシュ動作では、顕著に心拍数が上昇するが（図3参照）、前半の動作では折り返しの順番待ちのために立ち止まる場面が見受けられ、心拍数の上下動が生じた。結果的に直線移動の局面の平均値は、ウォーミングアップとほぼ同じで約31%HRRであった（図4参照）。強度に幅を持たせ、高齢者に強度の高い運動を処方する際には、このような強度の高低差を伴うプログラムが適していると考ええる。

3番目の局面としてダンス系の運動を配置した。ダンス系の運動は、移動せずにその場で止まって動作を行うため、個人のペースでテンポを調節できるメリットがある。インストラクターが全体の流れを考慮してテンポを指示するため、それに合わせる事が理想であるが、個人の体調や体力レベルに合わせて自己調節することも可能である。本研究の対象者で75歳を超えるA、C、Eにおいては、前の局面よりも若干強度を下げる傾向がみられた（図3参照）。また、測定1で示した普通歩行の心拍数レベルとの比較からも強度が低いことがわかる。これらのことから、休憩時間を挟まず30分以上の連続的な運動を行うために、後期高齢者は強度を落とす場面を自ら設定していることが示唆された。一方、対象者個別の身体特性が影響している可能性も否定できない。特に対象者Cは体脂肪率が高く（表1参照）、身長の高さからも浮力の影響が強く作用し、物理的な運動強度を上げることが難しかった可能性もある。体脂肪率の多寡によって、軽い重りを運動時に装着するなど、デバイスによる負荷調整の工夫などが必要かもしれない。

ダンス系の運動は表4に示した通り、動作局面が短時間で遷移する傾向にあるため、参加者は集中してインストラクターを観察して動作を遂行することが求められる。この展開の早さと日常生活では経験しないような身体への新たな動作刺激は、高齢者の認知機能を鍛えるという点でも効果があると考え

られる。Sato et al.<sup>17)</sup>は高齢者を対象にして、一般的な水中歩行や筋力およびステップ系のトレーニングを行う水中運動群と、水中歩行を行いながらデュアルタスクおよびマルチタスクの運動を行う水中運動群の2群でトレーニング効果を比較した。週1回、1時間、10週間の水中運動トレーニングによって、前者は歩行能力と下肢筋力といった体力要素に改善が認められ、後者は注意力、記憶力、学習能力、および一般的な認知機能に効果があったことを報告している。特に、デュアルおよびマルチタスクの運動プログラムでは、他者の動きをコピーするmirror movementがトレーニング内容に含まれている。本研究では、認知機能の測定は行っていないが、Sato et al.<sup>17)</sup>の研究のように、インストラクターの動きを模倣する運動様式であるため、同様に認知機能面での効果が期待できると考える。また、今回測定したダンス系局面の特徴として、前半に各動作のペースアップバージョンが含まれており、その影響で局面前半の心拍数が高く、後半は低くなる傾向がみられた。

最後のクーリングダウンの局面では、周回する水中歩行を3分以上行った。その時の心拍数は対象者全員においてダンス系運動後半の心拍数を上回る傾向にあった（図3参照）。その結果、局面の平均値も5名中4名においてクーリングダウン局面がダンス系運動の局面を上回っていた（図4参照）。運動強度を弱めて循環器系の応答を回復させるというクーリングダウンの本来の目的を考えると、他の人のペースに同調して行う周回運動ではなく、その場で行う形式の運動の方が望ましいと考えられた。

#### 4.4 集団的水中運動の水中運動強度と年齢の関係

測定2における集団的水中運動強度は、測定1の普通歩行の強度と比較してほとんど上回っている者が2名、2、3割上回っている者が2名、ほとんど下回っていた者が1名であった（表6参照）。これらの傾向は、図5に示すように年齢との有意な相関関係が認められ（ $p<0.05$ ）、加齢とともに集団運動プログラムの中で普通歩行以上の強度を保ち続けることが難しくなることを示していると考えられる。本研究では、1回のみデバイスを装着して、心拍数による運動強度を計測したが、近年はデバイスが使いやすくなり、日常のトレーニング活動中にも十分活用できると考える。また、今後はこのような年齢と運動強度の関係や体力、体調との関係なども確認していき、運動強度の特徴から個別の補強運動やプログラムの改編などを検討していくことが重要であると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、高齢者の水中運動強度の特徴を明らかにするため、高齢男性（平均74歳）における個別の水中歩行動作と集団で行う水中運動の2様式を用いて強度（カルボネン法による強度）の計測を行った。各様式で、強度の指標となる心拍数を、心拍計を用いて連続的に測定した結果、高齢者の歩行動作の強度は、平均で普通歩行の強度、31%HRRからツイスト歩行やジョグの強度、約58%HRRまでの範囲で推移することが明らかとなった。また、集団的な水中運動では参加者がプログラム内容と継続時

間に応じて強度を自己調整する傾向にあり、平均するとやや低い、約31%になることが明らかとなった。全局面において普通歩行強度以上の強度が得られた時間数は、年齢との有意な相関関係が認められ（ $p < 0.05$ ）、より高齢の者ほど、短くなることが示された。

本研究の結果から、高齢者の水中運動トレーニングを長期間にわたって継続する際には、運動強度を適切に把握し、安全で効果的な個別強度を設定することが重要であると結論づけられた。

## 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP16K01745 の助成を受けて実施しました。また、茨木市、茨木市老人クラブ連合会、ならびにシンコースポーツ(株)の関係者の皆様にご協力をいただきました。深く感謝を申し上げます。開示すべき利益相反はありません。

## 文 献

- 1) Bergamin M, Zanuso S, Alvar BA, Ermolao A and Zaccaria M : Is water-based exercise training sufficient to improve physical fitness in the elderly? *European Review of Aging and Physical Activity*, 9, 129-141, 2012.
- 2) Haynes A, Naylor LH, Carter HH, Spence AL, Robey E, Cox KL, Maslen BA, Lautenschlager NT, Ridgers ND and Green DJ : Land-walking vs. water-walking interventions in older adults: Effects on aerobic fitness. *Journal of Sport and Health Science*, 9, 274-282, 2020.
- 3) Casilda-López J, Valenza MC, Cabrera-Martos I, Diaz-Pelegrina A, Moreno-Ramírez MP and Valenza-Demet G : Effects of a dance-based aquatic exercise program in obese postmenopausal women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Menopause*, 24, 768-773, 2017.
- 4) 健康体力づくり事業財団：水中運動特化型施設を開設し、「水中運動＋貯筋運動」で介護予防効果を上げる。<http://www.health-net.or.jp/shikaku/syokai/pdf/201712.pdf>, 2017. (2021.9.9確認)
- 5) 厚生労働省健康局 健康課：現在の健康づくりの取組と今後の施策について。<https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/000765913.pdf>, 2021. (2021.9.9確認)
- 6) Tanner RE, Brunner LB, Agergaard J, Barrows KM, Briggs RA, Kwon OS, Young LM, Hopkins PN, Volpi E, ...Drummond MJ : Age-related differences in lean mass, protein synthesis and skeletal muscle markers of proteolysis after bed rest and exercise rehabilitation. *The Journal of Physiology*, 593, 4259-4273, 2015.
- 7) Goran MI and Poehlman ET : Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. *The American Journal of Physiology*, 263, E950-E957, 1992.
- 8) Bocalini DS, Serra AJ, Murad N and Levy RF : Water-versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatrics and Gerontology International*, 8, 265-271, 2008.
- 9) Broman G, Quintana M, Lindberg T, Jansson E and Kaijser L : High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 117-123, 2006.
- 10) Tsourlou T, Benik A, Dipla K, Zafeiridis A and Kellis S : The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 811-818, 2006.
- 11) Júnior FA, Gomes SG, da Silva FF, Souza PM, Oliveira EC, Coelho DB, Nascimento-Neto RM, Lima W and Becker LK : The effects of aquatic and land exercise on resting blood pressure and post-exercise hypotension response in elderly hypertensives. *Cardiovascular Journal of Africa*, 31, 116-122, 2020.
- 12) Park SY, Kwak YS and Pekas EJ : Impacts of aquatic walking on arterial stiffness, exercise tolerance, and physical function in patients with peripheral artery disease: A randomized clinical trial. *Journal of Applied Physiology*, 127, 940-949, 2019.
- 13) 星島薬子, 小野寺昇, 宮地元彦, 宮川健, 西村正広, 山元健太, 山口英峰：水中運動における曲の拍子が心拍数と酸素摂取量に及ぼす影響。水泳水中運動科学, 3, 22-28, 2000.

- 14) 峯田真悠子, 河野寛, 丸藤祐子, 浅香明子, 樋口満 : アクアビクスの基本動作における運動強度とその決定要因 . 水泳水中運動科学, 15, 1-10, 2012.
- 15) Itoh M, Fukuoka Y, Kojima S, Araki H, Hotta N, Sakamoto T, Nishi K and Ogawa H : Comparison of cardiovascular autonomic responses in elderly and young males during head-out water immersion. *Journal of Cardiology*, 49, 241-250, 2007.
- 16) Takeshima N, Narita M, Matsui T, Okada A, Islam MM and Brechue WF : Comparison of cardiovascular response to water immersion in elderly during rest and exercise. 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科紀要, 1, 17-25, 2018.
- 17) Sato D, Seko C, Hashitomi T, Sengoku Y and Nomura T : Differential effects of water-based exercise on the cognitive function in independent elderly adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 27, 149-159, 2015.

(2021年11月30日受理)

## Intensity of Aquatic Walking and Collective Water-based Exercise Programs for Older People

Takeshi MATSUI, Juri TATSUMI, Tatsuya SAITO, Sho ONODERA,  
Hiroki HAMADA, Noboru YOSHIDA, Takuma WADA,  
Takuya MAGOME and Yoshihiro TATSUMOTO

(Accepted Nov. 30, 2021)

Key words : water exercise, exercise intensity, aerobic training, older people

### Abstract

As the aging population in society increases, older people will increasingly desire water-based exercise that can be performed safely and effectively. In this study, we focused on two movement patterns, a walking movement in water (aquatic walking) and a collective water-based exercise program, consisting of exercises that can be easily performed by anyone, such as aquatic dance, aquatic walking, warm-up and cooling-down exercise. The purpose of this study was to clarify their intensity based on the heart rate. Five older men (average age, 74 years) participated in the study. The heart rate was continuously measured using a heart rate monitor (POLAR: H10, Finland) in two modes for each exercise. Exercise intensity (%Heart Rate Reserve: %HRR) was calculated from the acquired data using the Karvonen Formula, and each walking movement and program phase were analyzed. We compared individual data and group average data to explore the exercise characteristics. From the results, it was observed that the intensity of the walking movement in water among the study participants ranges from 31%HRR intensity of "normal walking" to 58%HRR intensity of "twisted walking" and "jogging." In addition, it was confirmed that in the water-based exercise program performed collectively, the intensity tended to decrease during exercises wherein the person stayed in the same place, such as during an aquatic dance. We calculated the minutes and seconds when the intensity was higher than the normal walking intensity in all aspects of the water-based exercise program. The data were significantly correlated with the subject's age ( $p < 0.05$ ), indicating that the older the subject, the shorter the time exceeded the normal walking intensity level. From the results of this study, it was concluded that it is important to accurately assess the exercise intensity and set a safe and effective individual intensity level when conducting water-based exercise training for the older people over a prolonged period.

Correspondence to : Takeshi MATSUI

Department of Sociology  
Faculty of Sociology  
Otemon Gakuin University  
2-1-15 Nishiai, Ibaraki, 567-8502, Japan  
E-mail : [t-matsui@haruka.otemon.ac.jp](mailto:t-matsui@haruka.otemon.ac.jp)

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.31, No.2, 2022 477 – 488)