

水中運動時の運動強度の推定と評価

Estimation of exercise intensity for water exercise

青葉貴明*, 松本高明**

Takaaki AOBA * and Takaaki MATSUMOTO **

ABSTRACT

The purpose of this research was to water exercise on HR at 21 elderly subjects. HR was measured during of water exercise. HR value was compared female and male, correlation between HRrest and blood pressure of rest.

In this water exercise program was aerobic exercise level, about 70% intense of HRMax. HR showed on significant increase for male during "water exercise" and "swimming". It was suggested significant correlation between HR and HRrest during "water exercise". Furthermore, BP were significant correlation HR during water exercise for male.

HR curve were suggested for 3types. Type-A was achieved for purpose of water exercise program. Type-B was too road for heart of elderly or hypertension subjects. Type-C was softly road and subjects who can't understand for purpose of water exercise program method.

Key words; Water exercise, HR, Elderly subjects

はじめに

屋内プールにおいての水中歩行や水中フィットネスは、健康維持や増進の手段として広く用いられている。水中運動では、個人の運動適性や運動強度を自ら調節して行うことができ、また誰にでも簡単にできるという特徴をもっている。水中運動が手軽に行える理由として、陸上運動とは異なり、多くの物理的特性のはたらきによる利点が多い。水中では常に浮力（負荷の軽減）、水圧（呼吸筋の鍛錬・肺機能の向上）、水温（寒冷刺激

による体温調節機能の向上）、抵抗（運動量の増大）などが作用する⁵⁾。また、水中運動と陸上運動の違いは、①呼吸の仕方、②水温と気温との皮膚感覚への影響、③水圧と気圧、④姿勢、などである。このような水中運動の特性は人体に種々の生理学的影響を与える。特に、心臓・血管系への影響が大きく、これらの影響は心拍数の減少（潜水徐脈）となって顕著に現れる⁸⁾。

運動における身体活動量の評価は、心拍数によるものが最も一般的である。他にも主観的運動強度（RPE）や加速度計を用いた評価法がある³⁾。

* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Lab. Graduate School of Sports System, Kokushikan University)

** 国士舘大学体育学部スポーツ医学研究室 (Lab. of Sports medicine. Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

いずれにしても個人差と運動様式を考慮しなければならぬために、個人内評価には適しているものの、一般化することは非常に難しい。しかしながら水中運動は、個人に運動強度が任されている観があり、運動者自身が目的や安全面に対し正確に強度を理解していない可能性がある。

そこで本研究は、温水プールで一般的に多く用いられていると考えられる、水中歩行、水中エクササイズ（ストレッチ、筋力トレーニング等）、水泳の3種目を含んだ50分間のプログラムについて心拍数を測定し、水中運動中における運動強度の評価を行い、運動者への適性運動強度の基礎資料とすることを目的とした。

方 法

I. 被験者

K市内の室内温水プール（水深1.1~1.2m、水温 $31.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 、室温 $30.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ ）において、週2回水中運動を実施している中高齢者21名（男性9名、女性12名）を対象とした。平均年齢は 67.7 ± 5.2 歳であった。被験者は軽度の高血圧症者を含んでいるものの、おおむね健康であった。被験者の身体的特徴を表1に示した。

II. 運動プログラム

陸上における準備運動を10分間行った後、水中運動プログラムを50分間実施した。水中運動内容は、水中歩行、水中エクササイズ（水中ストレッチおよび筋力トレーニング・水中ジャンプ等）、水泳の3種類であった。運動は普段水中運動を行っている強度（RPE11~13）で、運動内容も経験のある動作を中心に実施した。

III. 測定方法

運動中のHRの測定は、ハートレートモニター（S610 Polar社製）を用いた。水中運動開始と同時に測定を開始し、運動中5秒ごとに50分間計測した。また運動前には自動式血圧計（OMRON社製）を用いて、安静時HRと安静時血圧を各自で測定した。

IV. 分析方法

HRの値はすべて平均値±SDで示した。また群間の有意差検定にはunpaired t-testを用い、HRと安静時HR、HRと安静時血圧については回帰分析を行った。有意水準は $p < 0.05$ とした。

結 果

I. 水中運動中の心拍数の特性

1. 水中運動中の心拍変化

50分間の水中運動中における心拍数の変化を図1に示した。12分間の水中歩行では、78~101bpmの間で運動が行われていた。続く14分間の水中エクササイズでは、94~111bpm、24分間の水泳においては103~150bpmで運動が行われていることが観察された。

2. 予測最高心拍数に対する強度

水中歩行、水中エクササイズ、水泳の各運動中の平均心拍数について、年齢から推定される年齢別予測最高心拍数（ $220 - \text{年齢}$ ）に対する心拍数の割合から運動強度を算出した（表2）。水中エクササイズ（全体平均：66.5%）と水泳（全体平均：71.1%）は水中歩行（全体平均：62.5%）よりも高い強度で運動が実施されている傾向があり、水中エクササイズと水泳については男性が女

表1 被験者の身体的特徴

	n	年齢(yrd)	身長(cm)	体重(kg)	安静時HR(bpm)	安静時血圧(mmHg)
女性	12	66.6 ± 4.0	150.8 ± 4.7	56.5 ± 6.3	74.0 ± 6.1	$130.5 \pm 9.6 / 77.9 \pm 5.2$
男性	9	69.1 ± 6.5	162.1 ± 5.7	66.3 ± 10.1	81.0 ± 10.9	$133.8 \pm 12.7 / 81.3 \pm 4.8$

mean±S.D.

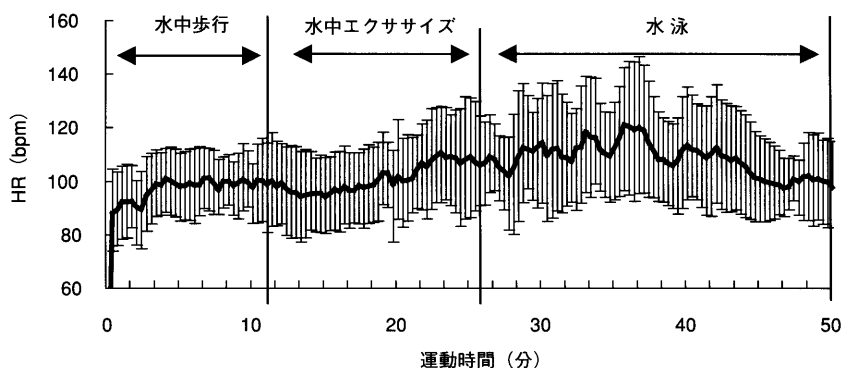


図1 50分間の水中運動プログラムの運動分類とHR変化 (n=21)

表2 各運動中の平均HRと予測最高HRに対する強度

	水中歩行		水中エクササイズ		水 泳	
全体	96.6± 9.1	62.5%	101.2±10.7	66.5%	108.1±13.6	71.1%
女性	96.9±10.3	63.1%	99.4±12.7	64.8%	99.4±16.2	69.9%
男性	94.9± 7.8	63.0%	103.7± 7.4	68.7%	109.6± 9.8*	72.8%

女性に対し*p<0.05 mean±S.D. beats/min.

表3 各運動における最高HR

	水中歩行	水中エクササイズ	水 泳
女性	113.0±11.9	113.0±18.0	134.6±15.0
男性	114.4±10.0	130.6±12.6*	136.8±13.0

女性に対し*p<0.05 mean±S.D. beats/min.

性に比べて約3~4%高い強度で運動している傾向がみられた。

3. 3種類の運動中の最高心拍数と平均心拍数

安静時心拍数と各運動中の平均心拍数及び最高心拍数の男女別の変化を表3、図2に示した。この図により男性と女性の各運動による心拍数の変化の特徴が明らかになった。男女とも安静時心拍数、水中歩行時の心拍数に差はみられなかったが、水中エクササイズにおいて女性の最高心拍数が113.0±18.0bpmであるのに対し、男性は130.6±12.6bpmと有意に高い値を示した (p<0.05)。また、水泳においては、最高心拍数に違いはなかったが、平均心拍数は、女性が99.4±16.2bpmであるのに対し男性は109.6±9.8bpmと有意に高かった (p<0.05)。

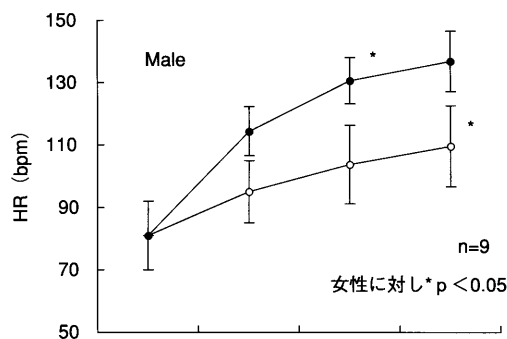
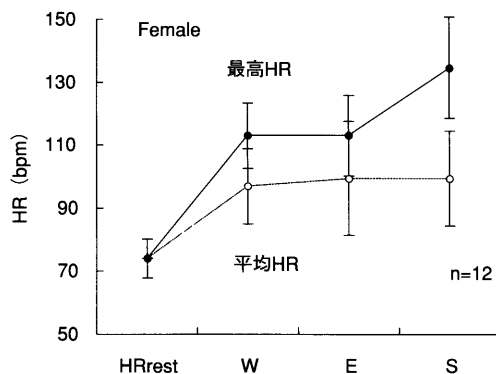


図2 安静時HR及び各運動中の平均HR・最高HRの男女別変化

II. 安静時心拍数、安静時血圧、運動中の心拍数の関係

各運動中の平均心拍数について、安静時心拍数と相関関係を算出したところ、水中歩行及び水泳

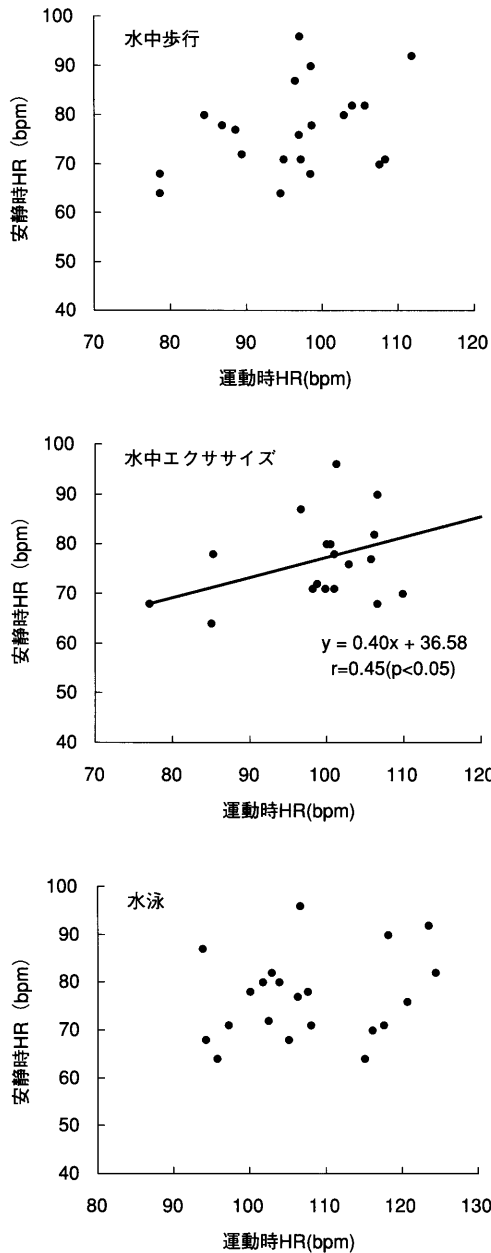


図3 各運動中の平均HRと安静時HRの関係 (n=21)

においては関係がみられなかったが、水中エクササイズ的心拍数と安静時心拍数の間に相関が認められた (図3: $r=0.45, p<0.05$)。

また、運動中の平均心拍数と安静時血圧の関係については、水中歩行において男性の収縮期血圧 (SBP: $r=0.86, p<0.05$) 及び拡張期血圧 (DBP: $r=0.76, p<0.05$) に有意な相関関係が示された (図4)。

III. 水中運動中のHR変化のタイプ

図5のA~Cは、猪飼ら¹⁾の方法に準拠して、運動時の最高心拍数と安静時心拍数との差を100として運動中の心拍数変化を示した被験者の例で

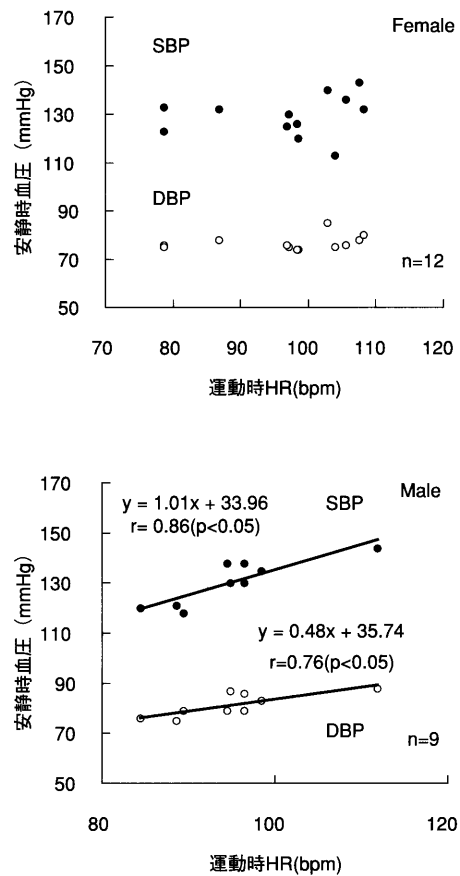


図4 水中歩行における平均HRと安静時血圧の関係

ある。各被験者の心拍変化の軌跡から大別して次の3つのタイプに分類した。図5-Aは、運動プログラムの流れに任せたタイプと考えられ、多くの被験者（21名中9名）に観察された。この多くは健康な中高齢者であり、とくに女性（7名）が占めた。

図5-Bは、運動プログラム中の動作や活動毎に心拍が増大し、すぐに安静レベルまで回復している、心拍の激しい変化が観察された。このタイプは男性（5名）もしくは高血圧傾向にある被験者にみられた。

図5-Cは運動プログラム中に大きな心拍変化が見られなかった。このようなタイプはさほど多くみうけられないものの、女性2名に観察された。

考 察

本実験で用いた運動プログラムでは、個人差はあるものの、水中歩行<水中エクササイズ<水泳の順で漸増的に心拍数が増加した（図1）。本プログラムによる水中運動の目的は、中高齢者の健康維持・増進及び運動処方である。筋パワー的な運動も含んでいるが、中高齢者の運動処方には、軽度な負荷で比較的長めに行うことがよいと考えられる。したがって心拍数から観察できた50分の運動強度は100bpm～120bpmの範囲が中心に行われているため、軽度な負荷でしかも有酸素的持久運動が中心を成した強度で遂行され、主観的運動強度の11～13の範囲であったことから、中高齢者の運動処方には妥当な強度ではなかったかと考えられる。

水中運動では潜水徐脈（diving bradycardia）の影響で、最高心拍数が5～10%低く抑えられると考えられている⁹⁾。年齢別予測最高心拍数から推定した運動強度（表2）よりも実際には5～10%程度高い強度で運動を実施されている可能性が考えられる。また、水中運動において推奨される強度は最大強度の80%とされているが⁹⁾、本研究の被験者の運動強度は潜水徐脈を考慮しても約70%強度と考えられる。中高齢者の運動処方という目的では、筋を伸ばしたり関節の可動域を広げるなどの身体動作が過負荷なくできることを中心としているため、運動負荷によって体力の向上を図るためには強度が不足している可能性が考えられる。水中運動の利点の1つが各自で運動強度の調節ができるところにあるため、このような場合意識的に負荷をかける必要性が示唆された。

男性は女性に比べ、運動中の心拍数が高い傾向がみられた（図2）。男性

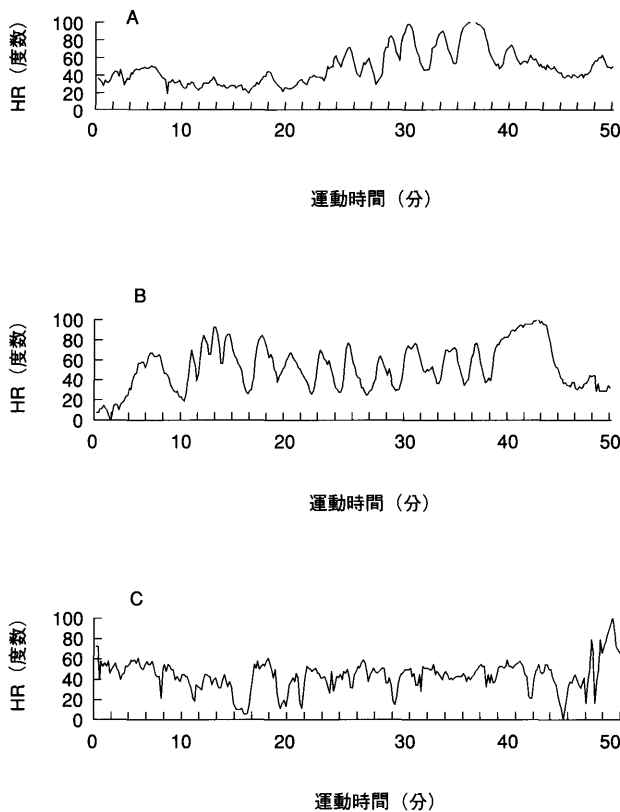


図5 HR変化のタイプ分けによる被験者の例

はとくに壮年期に負荷強度の大きい運動において心拍数が著しく増大すると報告されている⁷⁾。とくにストレンクス系の運動においては筋量の多い男性にとって、腕によるハイパワーの運動が過負荷となり、水中エクササイズにおいて最高心拍数が女性に比較して高くなったと考えられる。また、水泳において男性は女性よりも浮くためのエネルギー消費が大きいと考えられる。本研究に参加した被験者の泳力レベルでは、長距離をゆったり泳ぐことが難しく、短距離を力泳する傾向がみられた。とくに初心者にとっては男性の心拍数が高くなる要因となっている可能性が考えられた。

運動時心拍数と安静時心拍数との間には全体的に関係がみられる傾向にあった。とくに水中エクササイズにおいては有意な相関がみられた(図3)。水中エクササイズではストレンクス系の運動やストレッチ、ジャンプ運動を行っている。心拍数が100bpm前後で運動が行われていることから筋を使ったストレンクス運動もしくはジャンプ運動による影響が考えられた。したがって安静時心拍数は運動中の心拍数の動向に影響を与える可能性があり、中高齢者に対する水中運動処方において中等度の運動強度を評価するには、安静時心拍数を考慮したうえで評価しなければならないことが示唆された。また運動時血圧と安静時心拍数との間では水中歩行時の男性に相関関係がみられた(図4)。運動時の血圧反応は、運動強度が増すとともに収縮期血圧が上昇する²⁾。これは心拍出量の増加が主因と考えられる。男性は女性に比べ運動による著しい収縮期血圧の上昇が報告されている⁴⁾⁷⁾ことから、男性の心拍数増加はとくに注意すべきであると考えられる。

50分間の水中運動中の心拍変化は大別して3つのタイプに分類できた。図5-Aのタイプは女性に多くみられた。女性は力を瞬間的に発揮するより、持続的に緩やかに発揮するという特徴が示された。水中歩行は歩行運動を用いたウォーミングアップの目的がある。すなわち強度を意識的に低く抑えたプログラムとなっている。また、水中エクサ

サイズではストレンクス運動を用いて徐々に負荷がかけられている。心拍数が一定に保持され、安静時レベルにまで低下しないのは、50分の限られた時間内で有酸素運動を行う目的がある。また心拍数の急激な低下は身体を冷やすこととなり、さらに次の水泳で急激な心拍増加を防ぐ役割を果たしている。したがって運動の目的に合致した、ねらい通りの負荷であると考えられ、中高齢者の水中運動処方として期待できるタイプであると考えられる。

図5-Bのタイプは、一定負荷運動に対する心負担が大きいことを示していると考えられ、心疾患者や高血圧傾向にある中高齢者には注意が必要であると考えられる。また健康な場合においては、運動者自らが負荷のコントロールを行い、意識的に負荷が大きくなる努力をしている可能性が考えられた。しかしながら、過負荷による急激な心拍の増減が頻繁に行われることは、“運動のしすぎ”になることが考えられ、時々休息する必要性が示唆された。

図5-Cのタイプは、被験者の個人差はあるものの、運動指導的立場から考えると、運動の目的と具体的な動作方法を理解していないか、運動に不慣れである可能性が考えられる。指導者はこのような被験者に対し細部に渡る動作の指導と強度の増減を意識的に行わせる工夫が望まれた。

ま と め

本研究では中高齢者21名について水中運動を実施し、水中運動中の心拍を測定し、プログラム中の3種類の運動における心拍変化を検討し次の結果を得た。

本実験で用いた運動プログラムでは、水中歩行<水中エクササイズ<水泳の順で漸増的に心拍数が増加し、主に有酸素的持久運動によって実施されていた。本研究のプログラムは最高強度の約70%前後で運動されていると推定された。中高齢者の運動処方としては妥当であると思われるが、

体力の向上を図るには運動強度が不足していると考えられた。

運動中の最高心拍数は水中エクササイズにおいて男性が女性に比べ有意に高い値を示した。水泳時においては、平均心拍数は男性が女性に比べ有意に高かった。また水中エクササイズ時の心拍数と安静時心拍数の間に相関が認められた。運動中の平均心拍数と安静時血圧の関係については、水中歩行において男性の収縮期血圧、拡張期血圧ともに有意な相関関係が示された。男性には運動による著しい収縮期血圧の上昇が報告されていることから、男性の心拍数増加は運動指導においてとくに注意すべきであると考えられた。

水中運動中の心拍数の変化には大別して3つのタイプが観察された。1つは運動プログラムの流れに任せたタイプと考えられ、健康な中高齢者であり、女性の多くが占めた。このタイプは、中高齢者にとって安全であり、運動動作が理解され、かつ目的が達成されていると考えることができた。また2つ目のタイプは、水中運動中に心拍の著しい変化を示した。このタイプは男性もしくは高血圧傾向にある被験者に多くみられた。一定負荷運動に対する心負担が大きいことを示していると考えられ、心疾患や高血圧傾向にある中高齢者には注意が必要であると考えられた。3つ目は運動プログラム中に大きな心拍変化がみられず、運動の目的と具体的動作方法を理解していない

か、運動に不慣れである可能性が考えられ、指導の工夫が望まれた。

本研究は国士舘大学体育研究所の2002年度研究助成を受けて行われた。

参考文献

- 1) 猪飼道夫、吉沢茂弘、中川功哉：トレッドミル法による全身持久性の評価について、*体力科学*、**10**：227-238、1962.
- 2) 北村和夫、牧野 毅：運動に対する循環系の反応、呼吸と循環、**16**：471-489、1975.
- 3) Meijer, G., Westerterp, K., Koper, H., et al.: Assessment of energy expenditure by recording heart rate and body acceleration. *Med Sci. Sports Exerc.*, **21**: 343-347, 1989.
- 4) Michelsen, S., J. E. Otterstad: Blood pressure response during maximal exercise in apparently healthy man and women. *J. Intern. Med.*, **227**: 157-163, 1990.
- 5) 野村武男：水泳とポジティブ・ヘルス、*Health Science*、**2 (4)**：36-43、1986.
- 6) 野村武男：アクアフィットネス—水中健康法、善本社、東京、1996.
- 7) 佐藤 佑、石河利寛、青木純一郎、清水達雄、前嶋孝：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**：165-176、1977.
- 8) Sholander, P. F., et al.: Circulation adjustment in rearl divers. *J. Appl. Physiol.*, **27**: 323-327, 1969.
- 9) 山地啓司：水中運動中の心拍数：*J.J.of Sports Science*、**7-8**：484-490、1988.