

## 水中運動における運動強度と血圧応答の関係

### Relationship between exercise intensity and BP response in water exercise

青 葉 貴 明\*, 松 本 高 明\*\*

Takaaki AOBA\* and Takaaki MATSUMOTO\*\*

#### 目 的

運動は血圧を変動させる大きな因子である。激しい運動は血圧を上昇させ、また急激な低下は循環器系への負担などから、安全かつ有効な運動プログラムの作成が求められる。運動療法では、動的な有酸素運動が効果的であるとされ<sup>4) 8)</sup>、陸上運動や水中運動で多く実施されている。水中では、水のもつ静水圧、浮力、水温、抵抗などの物理的特性の影響を受け、身体が陸上と異なる生理学的反応を示す<sup>12)</sup>。水中運動と血圧との関係では、静水圧の静脈還流亢進や脈拍の低下、副交感神経系の促進が効果的にはたらく<sup>2)</sup>。これまでも水中運動による縦断的な報告によって、週2日間程度の水中運動によって約8週から2ヶ月ほどで血圧の低下が報告されている<sup>1)</sup>。多くの研究者は、静的な運動は血圧上昇を過度に招くとの認識から、動的な有酸素運動による $\dot{V}O_{2max}$ の40~70%の範囲やA T~L Tレベル<sup>4)</sup>、Borg指数13程度の運動強度が適当であると報告されている<sup>8)</sup>。また、運動強度と収縮する筋との関係については、速筋線維が主に収縮するような運動様式では血圧の上昇を招くとされている<sup>8)</sup>。一般的に水中運動による降圧の効果は、一過性の運動効果はないとされている。しかしながら水中運動を遂行するうえで、安全かつ有効な運動プログラムの作成・実施には、

実際のプログラム構成や運動強度、血圧値をチェックすることが重要であると思われる。

そこで本研究では、水中運動プログラムの指導的な立場から、水中運動による血圧応答について一過性の影響について検討することを目的とした。

#### 方 法

##### I. 被験者

平成14年1月~平成15年12月までの24ヶ月の期間にK県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1~2回水中運動を実施している中高齢者33名(男性8名、女性25名)を対象とした。平均年齢は $66.8 \pm 5.8$ 歳であった。被験者の身体的特徴をTable1に示した。

##### II. 運動プログラム

プログラムは約60分間実施した。約10分間の陸上における準備運動の後、約50分間の水中運動プログラムを実施した。プログラム内容は主に、水中歩行、水中ストレッチ及び水泳であった。

##### III. 測定方法

###### 1. 血圧測定

血圧(以下BP)は、水中運動開始前及び終了

\* 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 Sport medicine, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

後に十分安静状態を保ち、上腕カフにて自動式血圧計（OMRON社製）を用いて各自で測定した。

## 2. 心拍数測定

心拍数（以下HR）は、運動前後の安静時についてBPと同時に血圧計を用いて測定した。また運動中のHRは、被験者の16名についてハートレートモニター（S610 Polar社製）を用いて測定した。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。

## Ⅳ. 分析方法

HR及びBPはすべて平均値±SDで示した。また運動前後及び群間の有意差検定にはt-testを用い、BPと運動強度の関係については回帰分析を行った。有意水準は5%とした。

## 結果と論議

約60分間の水中運動プログラムによって、運動前の収縮期血圧（以下SBP）が $127.5 \pm 13.6$ mmHgから運動後 $122.6 \pm 14.8$ mmHgに約5mmHg有意に

低下を示した（ $p < 0.05$ ；Table1, Fig.1）。また拡張期血圧（以下DBP）においては運動前 $75.1 \pm 8.1$ mmHgに対し、運動後は $75.6 \pm 8.4$ mmHgで変化を示さなかった。一方HRについては、運動前 $78.6 \pm 9.0$ bpmから運動後 $85.9 \pm 8.6$ bpmに約8bpm前後の有意な増加を示した（ $p < 0.05$ ；Table1, Fig.2）。身体運動に伴って心拍出量は増大し、主

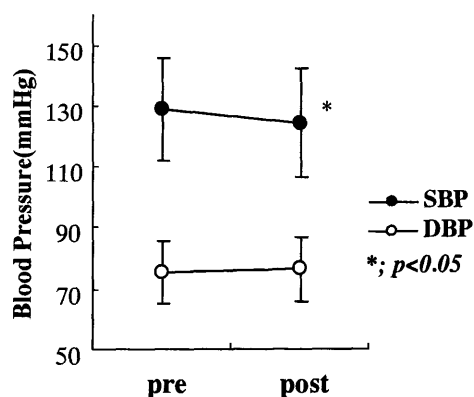


Fig.1 Changes of BP in all subjects following water exercise (N=33).

Table1. Age and physical characteristics and HP values of rest and following water exercise in subjects.

	Female	Male	All Subjects
N	25	8	33
Age(yrs)	$66.7 \pm 6.0$	$67.5 \pm 5.4$	$66.8 \pm 5.8$
Height(cm)	$151.4 \pm 6.3$	$164.8 \pm 6.8$	
Weight(kg)	$55.9 \pm 7.3$	$67.9 \pm 12.8$	
<i>Pre</i>			
SBP(mmHg)	$126.4 \pm 13.2$	$131.1 \pm 15.0 \#$	$127.5 \pm 13.6$
DBP(mmHg)	$73.9 \pm 7.9$	$78.6 \pm 7.8 \#$	$75.1 \pm 8.1$
HR(bpm)	$77.6 \pm 8.5$	$81.7 \pm 10.0 \#$	$78.6 \pm 9.0$
<i>Post</i>			
SBP(mmHg)	$122.5 \pm 14.9^*$	$123.1 \pm 15.2^*$	$122.6 \pm 14.8^*$
DBP(mmHg)	$74.9 \pm 8.3$	$77.9 \pm 8.4 \#$	$75.6 \pm 8.4$
HR(bpm)	$84.7 \pm 8.1^*$	$89.4 \pm 9.6^* \#$	$85.9 \pm 8.6^*$

Values are Mean±SD, #; vs Female, \*; vs Pre:  $p < 0.05$

にSBPを上昇させるが、末梢血管の抵抗は運動に伴って一般に低下することから、この影響を強く受けるDBPに大きな変化はみられないとされている<sup>6) 10)</sup>。したがって運動によるBPへの影響は、主にSBPに対して起こると推察された。また運動療法は、縦断的な検討によってその効果が実証されてきている<sup>1) 4) 5) 8) 11)</sup>。水中運動による降圧への影響の一つとして、血管の弾性(収縮拡張作用)の亢進が考えられる。中高齢者や高血圧症者は、この機能が低下している可能性が考えられるため、血圧値に対する降圧反応が低いと思われる。しかし一過性の運動において、血圧値の低下が見られることは、血管の収縮拡張作用を促し、長期的な検討で明らかにされてきている血圧上昇を抑制する効果に役立っていると考えられる。

次に、WHOの血圧分類(1999)に従って被験者を2群に分類した(Table2)。SBPが130mmHg、DBPが85mmHg未満の「正常血圧」者は18名で、全ての者が運動後に正常値を維持した。一方SBPが130mmHg、DBPが85mmHg以上の「正常高値」及びSBPが140mmHg、DBPが90mmHg以上の「高血圧軽症」の者は、SBPにおいてのみ有意な低下がみられた

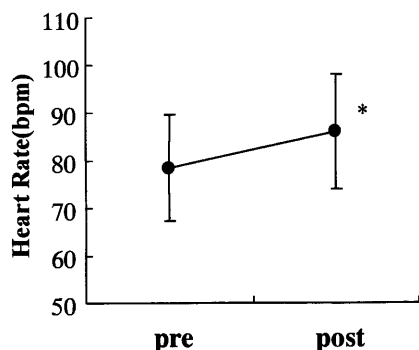


Fig.2 Changes of HR in all subjects following water exercise (N=33).

( $p < 0.05$ )。とくに高血圧軽症の者は、運動後の血圧分類レベルの低下が見られ、多くの者が正常高値にまで低下する傾向を示した(Fig.3)。水中運動では、長期的な運動効果として、軽症の高血圧者には効果があるとされている<sup>4) 11)</sup>。また本研

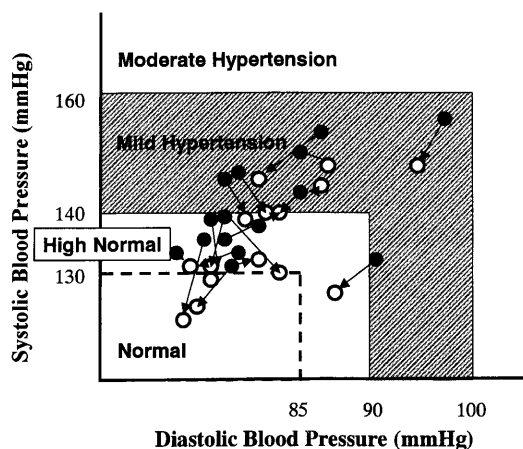


Fig.3 Changes of BP in subjects of High normal and Mild hypertension following water exercise (N=15).

Table2. Changes of BP and HR values of rest and following water exercise in subjects of BP-level

	Normal Group	High Normal and Mild Hypertension Group
N	18	15
Age(yrs)	66.8±6.0	67.0±5.7
<i>Pre</i>		
SBP(mmHg)	117.0±6.5	140.3±7.4 #
DBP(mmHg)	70.0±4.0	81.2±7.6 #
HR(bpm)	77.7±8.0	79.8±9.2
<i>Post</i>		
SBP(mmHg)	112.1±8.3*	135.4±9.9*#
DBP(mmHg)	70.6±5.0	81.7±7.5 #
HR(bpm)	84.7±7.9*	87.3±9.5*#

Values are Mean±SD., #; vs Normal group, \*; vs Pre:  $p < 0.05$

究における被験者は中等症以上の高血圧者はいなかったが、中等症や重症の高血圧症に対しての運動療法の可能性は低いとされている。しかしながら高血圧軽症は、高血圧中等症・重症の予備群と考えられ、水中運動プログラムによるレベル低下の傾向は高血圧予防の観点から効果が高いと考えられた。また高血圧者の多くは他の合併症を有していることがあり、高血圧の軽減や是正は種々の症状も含み健康の方向へ働きかけると考えられる。

また、運動中監視したHRから平均HRを算出し、中高齢者の最高心拍数の目安となる、220-年齢の値に対するHRの割合（%HRmax）を求め、プログラムの平均運動強度を推定した。Fig.4に示したように、プログラムを平均50～55%HRmaxのやや低い強度で運動した者は、運動前に比べ運動後のSBPに変化がない傾向がみられた。また、およそ75%HRより高い強度で運動した者も運動後の有意な低下は観察されず、上昇傾向がみられた。一方運動強度を平均60%前後～70%前後で実施した者については運動前に比べ運動後のSBPが低下している傾向にあった（ $r=0.847$ ； $p<0.05$ ）。被験者のうち最も平均%HRが低値を示した者は運動の監察から、明らかに活動量が低いと考えられた。運動強度の極端に低い運動は、筋肉を収縮・伸張

させるような動的な身体運動が少ないと考えられた。また高強度の運動は急激なBPとHRの上昇を招き、循環器系への負担が高くなると考えられ、また交感神経系を刺激し、降圧効果に寄与するとされている副交感神経系と逆行すると考えられた。このように水中運動による一過性の効果は、運動を高強度で続けることや運動量が少ない場合は血圧応答を示さない可能性があり、降圧反応に対する一過性の至適運動強度は、最高心拍数のおよそ60～70%前後であることが示唆された。

## 要 約

本研究は、水中運動プログラムの指導的な立場から、水中運動による血圧応答について一過性の影響について検討したところ、次のことが明らかとなった。

- 1) 水中運動による運動前後の血圧値は収縮期血圧に降圧の効果がみられたが、拡張期血圧は変化を示さなかった。
- 2) 血圧分類による変化の違いでは、正常血圧の者は運動後も正常値を維持し、高血圧予備群と考えられる正常高値や高血圧軽症者は血圧レベルが低下する傾向がみられ、水中運動の効果として高血圧予防に役立つと考えられた。
- 3) 運動強度は最高心拍数に対し60～70%前後を目安に水中運動を行うことが、運動後の降圧効果に影響を与える可能性が示唆された。

このように、水中運動は長期的なねらいを持ったうえで、一過性の運動による血圧応答をチェックするにあたり、水中運動実施者の身体特性と指導における至適運動強度のガイドラインを明らかにした。

本研究は国士舘大学体育研究所の2003年度研究助成を受けて行われた。

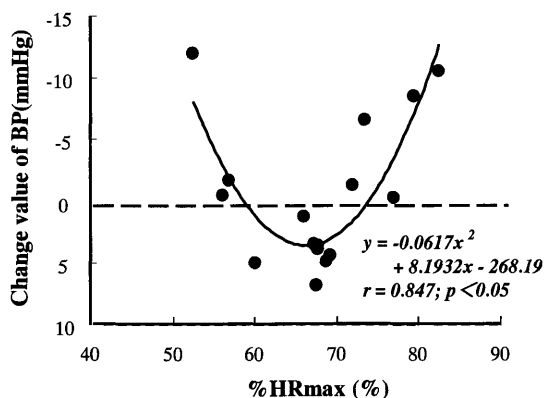


Fig.4 Relationship between change values of BP and %HRmax (N=16).

## 引用・参考文献

- 1) 青葉貴明・松本高明・菅野篤子・野村武男：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：99-104，2001.
- 2) 井川幸雄・鈴木政登・塩田正俊：カテコールアミン，レニン，アンギオテンシンおよびcAMP反応に及ぼす運動負荷強度の影響，体育科学，12：201-212，1994.
- 3) 木村真規・田中さくら・鈴木政登・清水桃子・永田晟：中高齢者における水中等尺性運動時の血圧応答，デサントスポーツ科学，20：56-65，1999.
- 4) 清永 明：高血圧症に対する運動のきき目，体力科学，40，3：1985-189，1991.
- 5) Michelsen, S., J. E. Otterstad: Blood pressure response during maximal exercise in apparently healthy man and women. J. Intern. Med., 227: 157-163, 1990.
- 6) 長沢純一・村岡 功：一過性の運動に対する血圧応答，J.J.of Sports Science，11-4：240-241，1992.
- 7) 中野昭一（編著）：図説・運動の仕組みと応用，医歯薬出版（株），東京，pp57-59，1982.
- 8) Petrofsky, J. S. Phillips, C. A. Sawka, M. N., Hanpeter, D., Lind, A. R. and Stafford, D.: Muscle fiber recruitment and blood pressure response to isometric exercise. J. Appl. Physical., 50:32-37, 1981.
- 9) 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.
- 10) 島津秀昭：血圧の基礎，J.J.of Sports Science，11-4：230-239，1992.
- 11) Tipton, C. M.: Exercise, training and hypertension: an update. Exercise and Sport Science Reviews, American College of Sport Medicine Series, 19: 477-505, 1991.
- 12) Town, G. P., Bradley, S. S.: Maximal metabolic response of deep and shallow water running in trained runners, Medical Science. and Sports Exercise., 23, 238-241, 1991.