

水中竹馬運動時の心拍数変化

山本真帆*¹ 杉山佳宏*¹ 小田有里彩*¹ 赤星照護*¹ 小野寺昇*²

1. はじめに

水中運動は、呼吸循環器系や筋系の機能向上に有効な身体トレーニング手段になることが広く知られている¹⁻⁵⁾。水中での歩行は、健康・体力づくりに資する有酸素性運動であることが生理的見地から多くの研究によって裏付けられている¹⁻⁶⁾。そして、スイミングプールでの代表的な運動の1つとして多くの健康増進施設で実施されている^{3,6,8)}。

浮力や水の抵抗、静水圧などは、水の物理的特性である。静水圧により静脈還流が促され、静脈還流量が増加する^{4,9,10)}。そのため、一回拍出量が増加し、陸上よりも心拍数が低値を示す。陸上と水中の双方で同様の運動を行なうと、生理的負荷は水中運動時に軽減する⁴⁾。浸水時の生理的負荷は水位によって異なり、岩崎ら(1997)は、心拍数が腰部水位で陸上運動とほぼ同じ水準に達するが、胸部水位での水中運動は10拍程度低値を示すことを報告した⁵⁾。

水の物理的特性である浮力は水位によって異なり、臍水位で体重は、陸上で測定した重さの50~60%程度になる。剣状突起水位では30~40%程度、腋下水位では10~20%程度の体重になることが報告されている^{6,9,10)}。水中環境での浮力が体重を軽減することを考慮すると陸上では難しい動作も水中では容易に行なうことができるものと推測する^{7,9,10)}。この観点に立ち、水中での竹馬を用いた歩行の指導を取り入れている健康増進施設がある¹⁾。水中竹馬乗りは、楽しく運動を行なう要素をもった健康運動の様式としての応用が期待できる¹⁾。

水中では、浮力の影響を受けて無重力に近い環境となるため体重支持、姿勢保持に関わる抗重力筋を弛緩させる⁷⁾。水の温熱効果による自律神経機能の賦活など、リラクゼーション手法としても用いられる^{4,9,10)}。アクアピクスに竹馬を取り入れることで、陸上では乗れない竹馬に水中では乗れることから、陸上とは違う達成感を期待できる。

そこで我々は、独自の運動プログラム(以下、水中竹馬ピクスとする)を考案し、水中竹馬運動時の

心拍数変化を指標に陸上環境及び水中環境でのテンポの違いが運動強度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

(a) 被験者

被験者は、健康な成人男性8名(年齢 22.2 ± 1.1 歳、身長 171.9 ± 6.2 cm、体重 67.7 ± 7.5 kg)とした。被験者にはヘルシンキ宣言の趣旨に沿って、研究の目的、方法、不利益がないことについて説明を行ない、研究参加の同意を得た。

(b) 測定項目

測定項目は心拍数とした。水中条件の被験者において心拍数は、パルスウォッチ(S601i, POLAR社製)を用いて測定した。陸上条件の被験者において心拍数は、心電図(胸部双極誘導法)を用いて測定した。

(c) 実験条件

実験条件として水中条件と陸上条件を設定した。独自の運動プログラムの作成と実験条件設定のための予備実験として、異なるテンポおよび異なる水位での竹馬歩行の運動強度を陸上環境および水中環境で求めた。健康な成人女性1名(年齢23歳、身長160.3cm、体重49kg)の心拍数、酸素摂取量を指標とした。3分間の立位安静をとり、呼吸を採気し安静時の酸素摂取量をダグラスバック法にて測定した。運動は、陸上竹馬条件としてプールサイド(室温 28.0°C 、湿度48%)にて竹馬歩行を65bpm、100bpm、135bpmのテンポで各3分間行なった。さらに水中竹馬条件として水中環境(室温 28.0°C 、湿度48.2%、水温 30.1°C)にて竹馬歩行を65bpm、100bpm、135bpmのテンポで各3分間行なった。竹馬の高さについては、水中環境での水位が臍、剣状突起、鎖骨になるように設定し、陸上環境も同様の高さで行なった(以下高さをそれぞれ臍位、剣状突起位、鎖骨位とする)。

酸素摂取量の変化を表2、心拍数の変化を表3に示

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻 *2 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
(連絡先) 山本真帆 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-Mail: w6308002@std.kawasaki-m.ac.jp

表1 水中竹馬ピクス運動のステップとカウント

	ステップの種類と順序	カウント数	合計カウント数	心拍数測定
1	足踏み運動	8カウント×6	48カウント	
2	前進後進運動	8カウント×4	32カウント	
3	足踏み運動	8カウント×4	32カウント	
4	その場ジャンプ	8カウント×5	40カウント	
5	足踏み運動	8カウント×4	32カウント	
6	前方Vステップ	8カウント×2	16カウント	
7	後方Vステップ	8カウント×2	16カウント	
8	その場ジャンプ	×1	1カウント	○
9	足踏み運動	8カウント×4	32カウント	
10	サイドステップ	8カウント×5	40カウント	
11	足踏み運動	8カウント×2	16カウント	
12	前方Vステップ	8カウント×2	16カウント	
13	後方Vステップ	8カウント×2	16カウント	
14	サイドステップ前後進	8カウント×4	32カウント	
15	足踏み運動	8カウント×2	16カウント	
16	BOXステップ	8カウント×2	16カウント	
17	足踏み運動	8カウント×2	16カウント	
18	足踏み運動	8カウント×2	16カウント	
19	BOXステップ	8カウント×2	16カウント	
20	足踏み運動	8カウント×2	16カウント	○
21	サイドステップ	8カウント×4	32カウント	
22	サイドステップダブル	8カウント×4	32カウント	
23	足踏み+左右片脚ジャンプ	8カウント×4	32カウント	
24	前方Vステップ	8カウント×2	16カウント	
25	後方Vステップ	8カウント×2	16カウント	
26	左右サークル歩行	8カウント×2	16カウント	
27	その場ランニング	8カウント×1	8カウント	
28	ジャンプ	×1	1カウント	
29	左右サークル歩行	8カウント×2	16カウント	
30	その場ランニング	8カウント×1	8カウント	
31	ジャンプ	×1	1カウント	○

した。陸上立位安静時の酸素摂取量は4.5ml/kg/minであった。水位臍位においてテンポ65bpmの時、酸素摂取量10.8ml/kg/min、テンポ100bpmの時、酸素摂取量15.0ml/kg/minおよびテンポ135bpmの時、酸素摂取量20.4ml/kg/minであった。水位剣状突起位においてテンポ64bpmの時、酸素摂取量15.7ml/kg/min、テンポ100bpmの時、酸素摂取量11.8ml/kg/minおよびテンポ135bpmの時、酸素摂取量17.6ml/kg/minであった。水位鎖骨位においてテンポ100bpmの時、酸素摂取量14.3ml/kg/min、テンポ135bpmの時、酸素摂取量18.7ml/kg/minであ

った。陸上立位安静時の心拍数は65.7±0.6beat/minであった。水位臍位においてテンポ100bpmの時、心拍数110.7±2.5beat/minおよびテンポ135bpmの時、心拍数132.0±11.4beat/minであった。水位剣状突起位においてテンポ65bpmの時、心拍数103.0±5.3beat/min、テンポ100bpmの時、心拍数105.7±2.3beat/minおよびテンポ135bpmの時、心拍数124.0±1.0beat/minであった。さらに水位鎖骨位においてテンポ65bpmの時、心拍数101.7±8.1beat/min、テンポ100bpmの時、心拍数111.7±3.1beat/min、テンポ135bpmの時、心拍数

表2 異なるテンポの竹馬歩行における酸素摂取量の変化

水位 \ 条件	テンポ	水中条件	陸上条件
剣状突起位	65bpm	13.6	15.7
	100bpm	18.0	11.8
	135bpm	21.7	19.3
臍位	65bpm	16.0	10.8
	100bpm	16.6	15.0
	135bpm	22.3	20.3
鎖骨位	65bpm	12.3	-
	100bpm	14.0	14.3
	135bpm	17.6	18.8

単位: ml/kg/min

表3 異なるテンポの竹馬歩行における心拍数の変化

水位 \ 条件	テンポ	水中条件	陸上条件
剣状突起位	65bpm	78.0±5.3	103.0±5.3
	100bpm	90.3±2.5	105.7±2.3
	135bpm	89.7±17.6	123.5±0.7
臍位	65bpm	81.7±3.8	101.7±8.1
	100bpm	84.7±3.2	111.7±3.1
	135bpm	98.0±5.3	127.7±6.4
鎖骨位	65bpm	65.7±1.2	-
	100bpm	78.7±1.2	110.7±2.5
	135bpm	85.7±1.2	132.0±11.6

mean±S.D

単位: beat/min

127.7±6.4beat/minであった。水位臍位テンポ65bpmの時は、テンポがゆっくりであるため、試技を3分間継続することが困難であった。

水中立位安静時の酸素摂取量は7.0ml/kg/minであった。水位臍位においてテンポ65bpmの時、酸素摂取量16.3ml/kg/min、テンポ100bpmの時、酸素摂取量16.6ml/kg/minおよびテンポ135bpmの時、酸素摂取量22.3ml/kg/minであった。水位剣状突起位においてテンポ65bpmの時、酸素摂取量13.6ml/kg/min、テンポ100bpmの時、酸素摂取量18.0ml/kg/minおよびテンポ135bpmの時、酸素摂取量21.7ml/kg/minであった。水位鎖骨位においてテンポ65bpmの時、酸素摂取量12.3ml/kg/min、テンポ100bpmの時、酸素摂取量14.0ml/kg/min、テンポ135bpmの時、酸素摂取量17.6ml/kg/minであった。水中立位安静時の心拍数は、63.3±1.5beat/minであった。水位臍位においてテンポ65bpmの時、心拍数81.7±3.8beat/min、テンポ100bpmの時、心拍数84.7±3.2beat/minおよびテンポ135bpmの時、心拍数98.0±5.3beat/minであった。水位剣状突起位においてテンポ65bpmの時、心拍数78.0±5.3beat/min、テンポ100bpmの時、心拍数

90.3±2.5beat/minおよびテンポ135bpmの時、心拍数89.7±17.6beat/minであった。水位鎖骨位においてテンポ65bpmの時、心拍数65.7±1.2beat/min、テンポ100bpmの時、心拍数78.7±1.2beat/minおよびテンポ65bpmの時、心拍数85.7±1.2beat/minであった。

水中条件での水位鎖骨位はテンポ65bpmの時33%HR_{max}:3.5Mets、テンポ100bpmの時40%HR_{max}:4.0Metsでありテンポ135bpmの時43%HR_{max}:5.0Metsであった。水中条件での水位剣状突起位はテンポ65bpmの時39%HR_{max}:3.9Mets、テンポ100bpmの時45%HR_{max}:5.1Mets、テンポ135bpmの時45%HR_{max}:6.2Metsであった。水位臍位ではテンポ65bpmの時41%HR_{max}:4.6Mets、テンポ100bpmの時42%HR_{max}:4.7Mets、テンポ135bpmの時49%HR_{max}:6.4Metsであった。陸上条件での水位鎖骨位はテンポ100bpmの時55%HR_{max}:4.1Mets、テンポ135bpmの時66%HR_{max}:5.0Metsであった。水位剣状突起位はテンポ65bpmの時52%HR_{max}:4.5Mets、テンポ100bpmの時53%HR_{max}:3.4Mets、テンポ135bpmの時60%HR_{max}:5.5Metsであった。水位臍位はテンポ65bpmの時50%HR_{max}:3.1Mets、テンポ100bpmの時56%HR_{max}:4.3Mets、テンポ135bpmの時64%HR_{max}:5.8Metsであった。これらのことから水位は最も竹馬が安定した剣状突起位とした。テンポは、5.1Metsの100bpmと6.2Metsの135bpmとした。テンポ65bpmは、動作が遅いため除外した。

(d) 実験手順

水中条件は、水中(室温27.8℃、湿度48%、水温29.5℃)にて立位安静を3分間保った後、6分間の竹馬ピクス運動(表1)を行なった。1分30秒、3分、6分に心拍数を測定した。陸上条件は、陸上(室温27.8℃、湿度48%)にて3分間の立位安静を保った後、6分間の運動を行なった。1分毎に心拍数を測定した。

水中条件の音楽テンポを100bpm、130bpmの2条件に設定し各1回ずつ行なった。竹馬の高さは、水位を剣状突起位に設定した。陸上条件の竹馬ピクス運動は、水中条件と同様の運動をプールサイドで行ない、テンポ100bpm、テンポ130bpmの運動を各2回ずつ行なった。

(e) 統計処理

各測定値は、平均値±標準偏差で示した。安静時および各条件間の比較には対応のあるt検定を用いた。いずれの場合も危険率(P)5%未満を検定の有意水準とした。

3. 結果

水中条件での心拍数の変化を表4に示した。各時間における心拍数を以下に示した。テンポ100bpmでの安静時心拍数は 70.1 ± 5.3 beat/minであった。1分30秒の時、心拍数 81.1 ± 6.5 beat/min、3分の時、心拍数 79.2 ± 7.7 beat/min、6分の時、心拍数 87.6 ± 7.4 beat/minであった。全ての区間に対して安静時と比較して有意に高値を示した。6分間の運動を通しての平均心拍数は 82.6 ± 6.7 beat/minであった。テンポ130bpmでの安静時心拍数は 66.7 ± 8.1 beat/minであった。1分30秒の時、心拍数 87.3 ± 4.7 beat/min、3分の時、心拍数 84.7 ± 7.3 beat/min、6分の時、心拍数 87.8 ± 7.8 beat/minであった。テンポ100bpmと同様、全ての区間に対して安静時と比較して有意に高値を示した。6分間の運動を通しての平均心拍数は 86.6 ± 6.0 beat/minであった。水中環境条件においてテンポ100bpmとテンポ130bpmの心拍数に有意な差が認められた($p < 0.05$)。このことは、テンポの増加に伴い心拍数も有意に増加することを示唆する。しかしながら、被験者AとBの心拍数は、テンポ130bpmよりテンポ100bpmのほうが高値を示した(表5)。被験者Aにおいてテンポ100bpmの時、心拍数 88.3 ± 4.9 beat/min、テンポ130bpmの時、心拍数

84.0 ± 1.7 beat/minであった。また被験者Bにおいてテンポ100bpmの時、心拍数 93.3 ± 4.0 beat/min、テンポ130bpmの時、心拍数 91.0 ± 2.0 beat/minであった。

陸上条件での心拍数の変化を表4に示した。各時間における心拍数を以下に示した。テンポ100bpmでの安静時心拍数は 98.0 ± 2.8 beat/minであった。1分の時、心拍数 129.5 ± 1.7 beat/min、2分の時、心拍数 146.0 ± 7.1 beat/min、3分の時、心拍数 149 ± 2.8 beat/min、4分の時、心拍数 145.0 ± 7.1 beat/min、5分の時、心拍数 153.0 ± 9.9 eat/min、6分の時、心拍数 157.0 ± 0 beat/minであった。6分間の運動を通しての平均心拍数は 146.6 ± 4.4 beat/minであった。テンポ130bpmでの安静時心拍数は 94.5 ± 2.2 beat/minであり、1分の時、心拍数 138.5 ± 2.2 beat/min、2分の時、心拍数 151.0 ± 8.5 beat/min、3分の時、心拍数 150.5 ± 3.5 beat/min、4分の時、心拍数 148.5 ± 2.2 beat/min、5分の時、心拍数 156.5 ± 0.7 beat/min、6分の時、心拍数 166.5 ± 2.2 beat/minであった。6分間の運動を通しての平均心拍数は 151.9 ± 1.5 beat/minであった。陸上条件においても水中条件においても心拍数はテンポ速度の増加に伴い増加する傾向であった。

表4 異なるテンポの竹馬ピクスにおける心拍数の経時的変化
a: 水中条件, b: 陸上条件

a	テンポ	100bpm	130bpm
	時間		
	安静	70.1 ± 5.3	66.7 ± 8.1
	1分30秒	81.1 ± 6.5	87.3 ± 4.9
	3分	79.2 ± 7.7	84.7 ± 7.3
	6分	87.6 ± 7.4	87.8 ± 7.8
mean \pm S. D			
単位: beat/min			

b	テンポ	100bpm	130bpm
	時間		
	安静	98.0 ± 2.8	94.5 ± 2.2
	1分	129.5 ± 0.7	138.5 ± 2.1
	2分	146.0 ± 7.1	151.0 ± 8.5
	3分	149.0 ± 2.8	150.5 ± 3.5
	4分	145.0 ± 7.1	148.5 ± 2.1
	5分	153.0 ± 9.9	156.5 ± 0.7
	6分	157.0 ± 0.0	166.5 ± 2.1
mean \pm S. D			
単位: beat/min			

表5 水中竹馬ピクスにおける被験者別心拍数の変化
I: テンポ100bpm, II: テンポ130bpm

被験者	時間			
	安静時	1分30秒	3分	6分
A	76	86	85	94
B	76	91	91	98
C	63	85	72	90
D	76	72	72	84
E	70	82	85	96
F	71	74	76	82
G	72	89	86	93
H	64	77	73	80
I	61	73	67	74
J	72	81	80	88
K	70	82	87	85

単位: beat/min

被験者	時間			
	安静時	1分30秒	3分	6分
A	64	83	83	86
B	78	89	91	93
C	54	83	75	89
D	71	87	80	84
E	76	93	92	94
F	57	80	83	75
G	70	94	93	98
H	59	85	83	92
I	62	83	72	74
J	75	89	86	95
K	68	94	94	86

単位: beat/min

陸上条件のほうが水中条件と比べて20beat/min程度高値を示した。水中では、水の物理的特性である浮力が働き、心拍数が低値を示したものとする。

4. 考察

水中条件において水位が低いほど運動強度は高くなる傾向が認められた。水位鎖骨位で最も運動強度が低くなったのは、水の物理的特性である浮力が作用したことに加え、水の抵抗により速い動きに対応できず十分な運動を行なうことができなかったのが要因であると考えられた。特にテンポ135bpmでは

歩くというより足踏みを行なっている状態にあった。これらの結果から水の物理的特性を生かす最も運動を行ないやすいと考えられた水位剣状突起位を採用し、独自の水中竹馬ピクスを作成した。テンポの設定について陸上条件でのテンポ65bpmは困難であったため、テンポ100bpmおよびテンポ130bpmの2条件とした。

アクアピクスは水中で運動するため、重力による身体への負担が少なく障害が発生しにくいこと、水の抵抗を負荷とするため身体を速く動かすほど運動量が大きくなるのが特徴である^{4,9,10)}。しかし

ながら，水中で行なう運動と同様の運動を陸上で行なうアクアビクスインストラクターの怪我の発生率は78%と高い⁸⁾．そのため独自の運動プログラムである水中竹馬ビクス時における陸上と水中の運動強度の違いを検討した．その結果，陸上条件での心拍数は水中条件と比較して50~70beat/min高値を示した．水中条件においてテンポ100bpm およびテンポ130bpm，どちらのテンポにおいても約40~45%HR_{max} 程度の運動強度であった．それに対して陸上条件は，約80%HR_{max} 程度の運動強度であった．

水中竹馬ビクスにおいてテンポ130bpm での運動は大きく速い動作が求められるにも関わらず水の粘性抵抗が大きくなり，実際には速い動きを求めると小さい範囲でしか動けなかった．そのため心拍数は，テンポ130bpm よりテンポ100bpm の水中竹馬ビクス運動の方が高い値を示す被験者がいた．このこと

から陸上条件では，テンポと心拍数からみた運動強度には整合性がみられたが，水中条件ではテンポが速くなると水の粘性抵抗の影響で，必ずしもテンポ100bpm と同様の移動距離を確保できなかった可能性が高いものと考えられた．このことから，水中竹馬ビクスにおいては，必ずしもテンポの増加と運動強度の増加は一致しないものと考えられた．

5. まとめ

水中条件は，テンポ100bpm およびテンポ130bpm の竹馬ビクス運動のどちらにおいても約40~45%HR_{max} 程度の運動強度であったのに対して陸上条件は，約80%HR_{max} 程度の運動強度であることが明らかになった．

本研究に御協力頂きました川崎医療福祉大学大学院，梶原綾氏に深く感謝いたします．

文 献

- 1) 東章弘，野阪智宏，奥山実男：竹馬を用いた水中歩行時の呼吸代謝反応．*体育の科学*，58(5)，341-345，2008．
- 2) 堀田昇：水中歩行 — 陸上歩行と比較して — ．*バイオメカニクス研究*，2(1)，48-52，1998．
- 3) 西村正剛，山口紀子：アクア・エクササイズ．初版，大泉書店，東京，80-107，1998．
- 4) 松井健，西村正広：水中運動の理論と実践．*体力科学*，55(1)，97-98，2006．
- 5) 岩崎直美，濱田豊，白井克佳，斉藤実，前田清司，松田光生：陸上運動と水中運動における呼吸・循環応答の比較．*体力科学*，46(6)，901，1997．
- 6) 鈴木一行：水中運動プログラムの作成と指導法．目黒伸良編，*アクアフィットネス・アクアダンスインストラクター教本*，初版，大修館書店，東京，107-113，2008．
- 7) 原文貴，吉川貴仁，中雄勇人，汪立新，鈴木崇士，藤本繁夫：中高齢女性のバランス機能に対する水中運動の効果．*体力科学*，56(3)，357-363，2007．
- 8) 鈴木一行：水中運動プログラムの計画と管理．立川規子編，*アクアフィットネス・アクアダンスインストラクター教本*，初版，大修館書店，東京，328-335，2008．
- 9) 小野寺昇：水中運動と健康増進．*体育の科学*，50(7)，510-516，2000．
- 10) 小野寺昇，宮地元彦：水中運動の臨床応用：フィットネス，健康の維持，増進．*臨床スポーツ医学*，20(3)，289-295，2003．

(平成21年6月1日受理)

Changes in Heart Rate while Walking on Stilts in and out of Water

Maho YAMAMOTO, Yoshihiro SUGIYAMA, Arisa ODA, Shogo AKAHOSHI and Sho ONODERA

(Accepted Jun. 1, 2009)

Key words : walking on stilts, heart rate, water

Correspondence to : Maho YAMAMOTO Master's Program in Health and Sports Science
Graduate School of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-Mail: w6308002@std.kawasaki-m.ac.jp
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.19, No.1, 2009 137-143)