

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：27104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700758

研究課題名(和文)水中ランニングの運動処方に関する学際的研究

研究課題名(英文) Insight into exercise prescription for running in water

研究代表者

増本 賢治 (MASUMOTO, KENJI)

福岡県立大学・人間社会学部・助教

研究者番号：20553423

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、種々の歩数条件下および最大運動条件下での、水中および陸上ランニング時の生理学的応答、生体力学的応答および主観的運動強度に関する研究を実施した。その結果、水中ランニング時の歩数の変化は、下肢筋活動動態(大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋)に影響を及ぼす可能性が示唆された。さらに、運動負荷試験を実施する環境(水中および陸上)の変化は、最大運動時の生理学的応答(酸素摂取量や心拍応答)および生体力学的応答(下肢筋活動および歩数)に影響を及ぼす可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated physiological responses, biomechanical responses, and rating of perceived exertion during running in water and on dry land at various stride frequency conditions and at maximal effort. Our observations suggest that a change in stride frequency may influence muscle activity from the rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior, and gastrocnemius during running in water. Furthermore, it was suggested that a change in exercising environment (i.e., dry land versus aquatic environment) may influence physiological (e.g., oxygen consumption, heart rate) and biomechanical (e.g., muscle activity, stride frequency) responses during running at maximal effort.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：応用健康科学

キーワード：水中ランニング 健康・スポーツ科学

1. 研究開始当初の背景

水中運動は、リハビリテーションおよび健康増進を目的とした運動プログラムにおいて、広く用いられてきた。その中でも、水中ランニングは、水泳のような特殊な技術を必要とせず、容易に実施することができる運動であるため、水中運動において、最も一般的に用いられている。

水中ランニング時の生体応答に関する研究は多岐にわたり、主に呼吸循環系応答などの観点から研究されてきた(例: Mercer and Jensen, 1998)。しかしながら、水中ランニング時の筋活動動態をはじめとする生体力学的応答について評価した研究は、散見に過ぎない。

私たちは、これまで、水中での運動プログラムの構築に関する基礎データを得るために、水中環境下での歩行およびランニング時における筋電図学的研究を実施してきた(Masumoto and Mercer, 2008)。

水中ランニング時には、水の物理的特性(浮力や抵抗)の影響を受けるため、陸上でのランニング時とは生体応答が異なり、運動強度を設定することが困難である。

最近、私たちは、運動強度を、主観的運動強度(Masumoto, DeLion, and Mercer, 2009)、歩数(Masumoto, Applequist, and Mercer, 2013)および生理学的応答(Masumoto, Horsch, Agnelli, McClellan, and Mercer, 2014)で規定した場合での、水中および陸上ランニング時の筋活動動態に関する研究を実施してきた。

その結果、運動強度を、同一の主観的運動強度で規定した場合には、水中ランニング時の下肢筋活動(例: 前脛骨筋および腓腹筋)は、陸上ランニング時と比較して、低いことが明らかになった(Masumoto, DeLion, and Mercer, 2009)。

また、同一の歩数条件下では、水中ランニング時の下肢筋活動は、陸上ランニング時よりも低い(大腿直筋、腓腹筋)または同等(大腿二頭筋、前脛骨筋)である可能性が示唆された(Masumoto, Applequist, and Mercer, 2013)。

さらに、運動強度を同等の生理学的応答(心拍数)で規定した場合、水中ランニング時における腓腹筋以外の下肢筋の筋活動量は、陸上ランニング時のそれと同等である可能性が示唆された(Masumoto, Horsch, Agnelli, McClellan, and Mercer, 2014)。

しかしながら、水中ランニング時の筋活動動態に関する基礎データは、未だ不足しており、異なる歩数条件下や最大運動条件下などの、種々の条件下での水中ランニング時の筋活動動態、生理学的応答(酸素摂取量や心拍応答など)および主観的運動強度を評価した学際的研究は存在しない。

2. 研究の目的

本研究では、水中ランニングの運動処方

開発に寄与するために、下記の研究を実施した。

(1) 健常者における水中および陸上ランニング時の歩数の変化が、筋活動動態に及ぼす影響について明らかにする(2012年度)。

(2) 健常者における最大運動条件下での水中および陸上ランニング時の筋活動動態、生理学的応答および主観的運動強度について明らかにする(2013年度)。

3. 研究の方法

(1) 2012年度

被験者: 健常成人 11 名(年齢: 26.2 ± 4.4 歳、身長: 174.0 ± 6.5 cm、体重: 73.0 ± 9.8 kg) に対して、水泳プールおよび陸上トレッドミルにおいて運動試験を実施させた。

方法: 運動様式は、水中ランニング(DWR)および陸上トレッドミル走(TMR)であった。

はじめに、選好ペースでの水中および陸上ランニング時の歩数(PSF)を測定した。次に、得られた PSF 値に基づいて、種々の歩数条件下(具体的には、 $PSF \pm 5\%$ 、 $PSF \pm 10\%$ および $PSF \pm 15\%$)での各運動中の筋活動を測定した。なお、水泳プールの水温および実験室の室温は、それぞれ、28 および 26 であった。

被験筋は、右側の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋の 4 筋であった。

運動試験を実施する前に、被験者の各被験筋での最大随意収縮時(MVC)の筋放電量を測定した。

(2) 2013年度

被験者: 健常成人 11 名(年齢: 22.6 ± 2.6 歳、身長: 174.1 ± 6.1 cm、体重: 74.4 ± 9.4 kg) に対して、水泳プールおよび陸上トレッドミルにおいて運動負荷試験を実施した。

方法: 運動様式は、水中ランニング(DWR)および陸上トレッドミル走(TMR)であった。

各被験者における最大運動条件下での DWR および TMR 時の生理学的応答(酸素摂取量および心拍数)、主観的運動強度(RPE)、バイオメカニクスの応答(筋活動)および歩数を測定した。水泳プールの水温および実験室の室温は、それぞれ、28 および 26 であった。

筋活動測定での被験筋は、右側の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋の 4 筋であった。

運動負荷試験を実施する前に、被験者の各被験筋での最大随意収縮時(MVC)の筋放電量を測定した。各運動時の筋活動は、MVC 時の筋活動に対する相対値(%MVC)として表示することによって、各条件下での比較検討を行った。

4. 研究成果

(1) 2012年度

DWR 時の PSF は、TMR 時のそれと比較して、有意に低かった。具体的には、DWR 時および

TMR時のPSFは、それぞれ、49.9 ± 11.0 ストライド/分および81.9 ± 4.8 ストライド/分であった (P<0.001)。

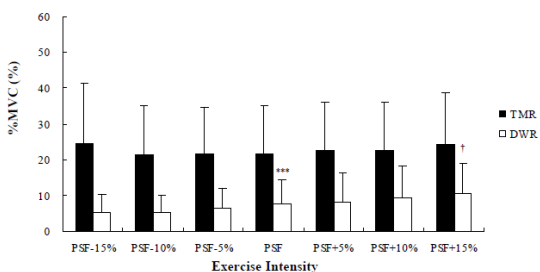
DWR-PSF時の大腿直筋、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動は、TMR-PSF時のそれらと比較して、有意に低かった (P<0.001)。

また、歩数の増加に伴って、DWR時の下肢筋活動は、増加する傾向がみられた。それに対して、TMR時には、歩数の増加に伴って、下肢筋活動が減少する傾向がみられた。例えば、DWR時には、高い歩数条件下(例:PSF+15%)での大腿直筋活動が、同等の低い歩数条件下(例:PSF-15%)での値よりも、有意に大きかった (P<0.05)。しかしながら、TMR時には、高い歩数条件下(例:PSF+15%)での大腿直筋活動が、同等の低い歩数条件下(例:PSF-15%)での値よりも有意に低かった (P<0.05)。

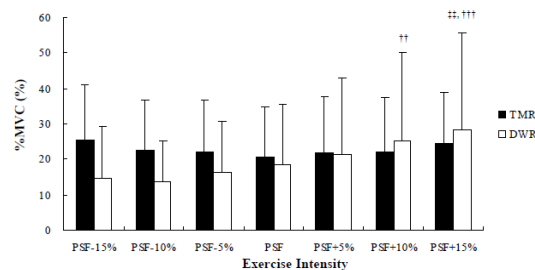
さらに、DWR時の大腿直筋、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動は、PSFおよびその他の歩数条件間で、有意差はみられなかった (P>0.05)。

これらのことから、運動を実施する環境の変化(水中および陸上)は、ランニング時の選好ペースに影響を及ぼす可能性が示唆された。また、DWR時の大腿直筋、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動は、選好ペースでのランニング時に、最適化されない可能性が示唆された。さらに、DWR時およびTMR時の歩数の変化は、下肢筋活動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

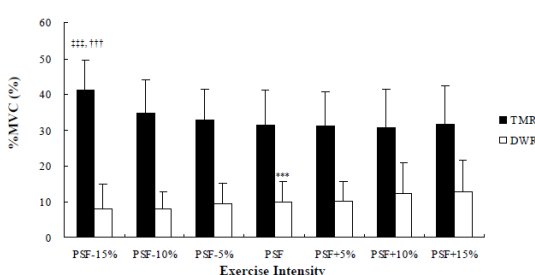
A. 大腿直筋



B. 大腿二頭筋



C. 前脛骨筋



D. 腓腹筋

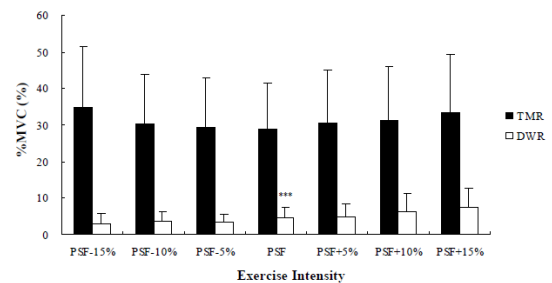


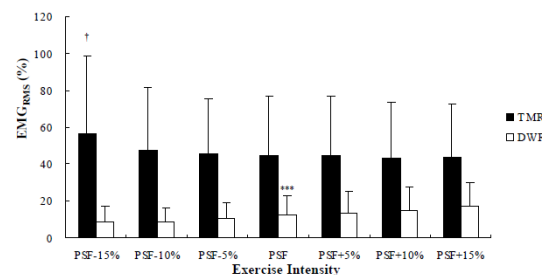
図1. 水中ランニング時(DWR)および陸上トレッドミルランニング時(TMR)の大腿直筋(A) 大腿二頭筋(B) 前脛骨筋(C)および腓腹筋(D)の筋活動(%MVC).

*** P<0.001、DWR-PSFおよびTMR-PSF間の有意差.

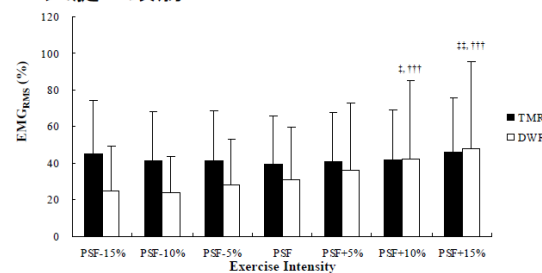
†† P<0.01、††† P<0.001、PSFおよびその他の歩数条件間の有意差.

† P<0.05、†† P<0.01、††† P<0.001、同等の高いおよび低い歩数条件間での有意差.

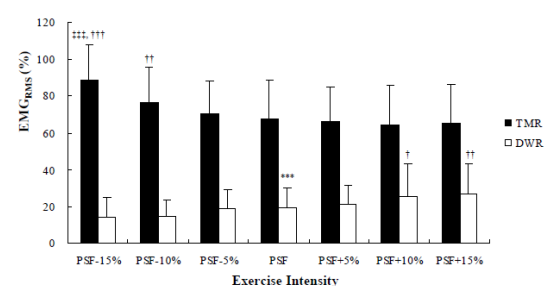
A. 大腿直筋



B. 大腿二頭筋



C. 前脛骨筋



D. 腓腹筋

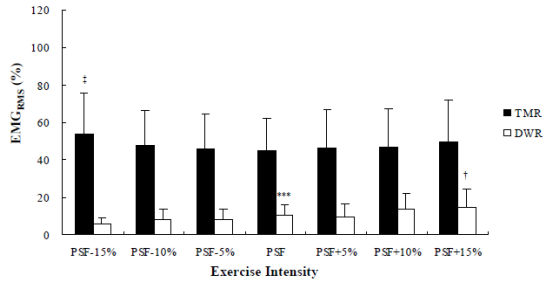


図2. 水中ランニング時 (DWR) および陸上トレッドミルランニング時 (TMR) の大腿直筋 (A)、大腿二頭筋 (B)、前脛骨筋 (C) および腓腹筋 (D) の筋活動 (EMG_{RMS} (%)).

*** $P < 0.001$ 、DWR-PSF および TMR-PSF 間の有意差。
 $\dagger P < 0.05$ 、 $\dagger\dagger P < 0.01$ 、 $\dagger\dagger\dagger P < 0.001$ 、PSF およびその他の歩数条件間の有意差。
 $\dagger P < 0.05$ 、 $\dagger\dagger P < 0.01$ 、 $\dagger\dagger\dagger P < 0.001$ 、同等の高いおよび低い歩数条件間での有意差。

(2) 2013 年度

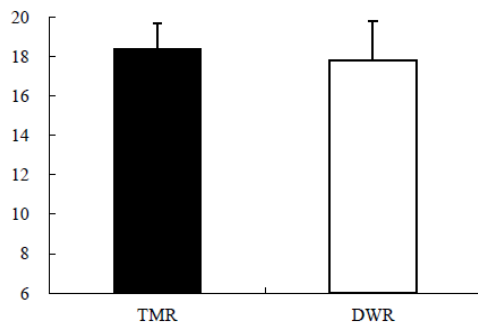
最大運動時の主観的運動強度 (RPE) は、DWR および TMR 間で、有意差はみられなかった ($P > 0.05$)。

最大運動条件下での、DWR 時の酸素摂取量、心拍数および歩数は、TMR 時のそれらと比較して、有意に低かった ($P < 0.001$)。

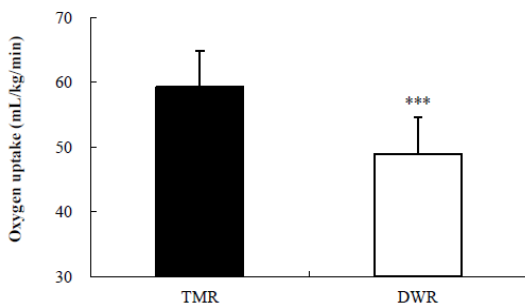
また、最大運動条件下での、DWR 時の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動は、TMR 時のそれらと比較して、有意に低かった ($P < 0.05$)。

これらのことから、運動負荷試験を実施する環境 (水中および陸上) の変化は、最大運動時の生理学的応答および生体力学的応答に影響を及ぼす可能性が示唆された。

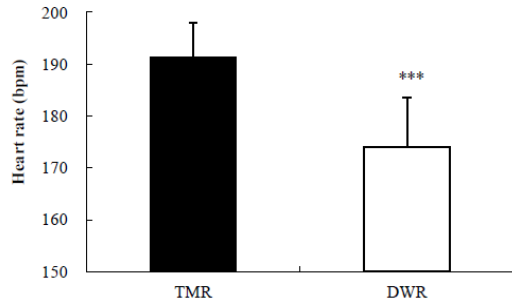
A. 主観的運動強度 (RPE)



B. 酸素摂取量



C. 心拍数



D. 歩数

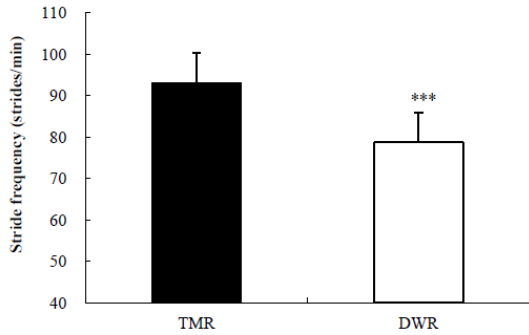


図1. 最大運動条件下での水中ランニング時 (DWR) および陸上トレッドミルランニング時 (TMR) の主観的運動強度 (A)、酸素摂取量 (B)、心拍数 (C) および歩数 (D).

*** $P < 0.001$ 、DWR および TMR 間の有意差。

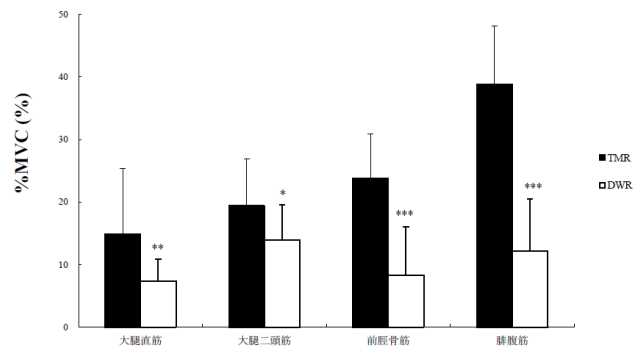


図2. 最大運動条件下での水中ランニング時 (DWR) および陸上トレッドミルランニング時 (TMR) の大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋の筋活動 (%MVC).

* $P < 0.05$ 、** $P < 0.01$ 、*** $P < 0.001$ 、DWR および TMR 間の有意差。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

John A. Mercer、Bryon C. Applequist、Kenji Masumoto、Muscle activity during running with different body weight support mechanisms: aquatic environment versus body weight support

treadmill、Journal of Sport Rehabilitation、査読有、2014、印刷中
中尾武平、片平誠人、兄井彰、田口晴康、市川浩、増本賢治、磯貝浩久、福岡県タレント発掘事業選考通過者の形態および運動能力測定結果に基づく評価基準表の作成、福岡スポーツ医科学研究、査読無、9巻、2014、5 - 15

Kenji Masumoto, Sarah E. Horsch, Ciro Agnelli, Jeffrey McClellan, John A. Mercer, Muscle activity during running in water and on dry land: matched physiology, International Journal of Sports Medicine、査読有、35巻1号、2014、62 - 68、

<http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1345131>

Kenji Masumoto, Yoshiko Nishizaki, Ayako Hamada, Effect of stride frequency on metabolic costs and rating of perceived exertion during walking in water, Gait and Posture、査読有、38巻2号、2013、335 - 339、

<http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.12.010>

John A. Mercer, Bryon C. Applequist, Kenji Masumoto, Muscle activity while running at 20-50% of normal body weight, Research in Sports Medicine、査読有、21巻3号、2013、217 - 228、

<http://dx.doi.org/10.1080/15438627.2013.792084>

Kenji Masumoto, Bryon C. Applequist, John A. Mercer, Muscle activity during different styles of deep water running and comparison to treadmill running at matched stride frequency, Gait and Posture、査読有、37巻4号、2013、558 - 563、

<http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.019>

[学会発表](計7件)

Kenji Masumoto, Joshua Bailey, John A. Mercer, Muscle activity as a determinate of preferred movement pattern during running in water, American College of Sports Medicine 61th Annual Meeting, 5th World Congress on Exercise is Medicine, and 1st World Congress on the Role of Inflammation in Exercise, Health and Disease, Orland, USA, 2014年5月27日~31日

Kenji Masumoto, Ayako Hamada, Hiro-omi Tomonaga, Kana Kodama, Yuko Amamoto, Yoshiko Nishizaki, Noboru Hotta, Metabolic costs and RPE during backward walking in water and on dry land, American College of Sports Medicine 60th Annual Meeting、

Indianapolis, USA, 2013年5月28日~6月1日

佐藤雅紀、高杉紳一郎、増本賢治、小松孝弘、橋本和信、山本元司、柔軟な素材を用いた歩行アシスト装具の消費エネルギーによる評価、第13回計測自動制御学会(SICE2012)、2012年12月16日~18日

佐藤雅紀、高杉紳一郎、増本賢治、小松孝弘、橋本和信、山本元司、股関節の位相情報に着目した伸長性ベルトを用いた歩行アシスト手法の提案、第10回生活支援工学系学会連合大会(LIFE2012)、2012年11月2日~4日

佐藤雅紀、高杉紳一郎、増本賢治、小松孝弘、橋本和信、山本元司、歩行時の下肢筋活動を低減する柔軟な素材を用いた歩行アシスト装具の開発、第30回記念日本ロボット学会学術講演会(RSJ2012)、2012年9月17日~20日

Kenji Masumoto, Yoshiko Nishizaki, Ayako Hamada, Effect of stride frequency on metabolic costs and RPE during walking in water, 59th Annual Meeting and 3rd World Congress on Exercise is Medicine of the American College of Sports Medicine, San Francisco, USA, 2012年5月29日~6月2日

John A. Mercer, Bryon C. Applequist, Kenji Masumoto, Muscle activity during running with different body weight support mechanisms, 59th Annual Meeting and 3rd World Congress on Exercise is Medicine of the American College of Sports Medicine, San Francisco, USA, 2012年5月29日~6月2日

[図書](計1件)

高杉紳一郎、河野一郎、上島隆秀、増本賢治、岩本幸英、メディカルレビュー社、ロコモティブシンドローム、中村耕三編、太極拳による高齢者の運動機能向上、2012、263-269

6. 研究組織

(1) 研究代表者

増本 賢治 (MASUMOTO KENJI)

福岡県立大学・人間社会学部・助教

研究者番号：20553423