

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01663

研究課題名(和文) 微小重力環境下でのランニング動態に関する学際的研究

研究課題名(英文) Gait mechanics of running with body weight support

研究代表者

増本 賢治 (MASUMOTO, Kenji)

九州大学・人間環境学研究院・准教授

研究者番号：20553423

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ランニング時の体重免荷の割合、ストライド頻度、走行速度および走行方向の変化が、生体力学的応答、生理学的応答および主観的応答に及ぼす影響について検討した。その結果、ランニング時の体重免荷の割合、ストライド頻度、走行速度および走行方向の変化は、ランニング動態(例：筋活動量・筋活動パターン、関節角度、酸素摂取量、心拍応答および主観的運動強度)に影響を及ぼす可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

健康の維持・増進を目的とした、ランニングの運動プログラムの安全かつ実践的な応用に関しては、より詳細な科学的検証が求められている。今後、ますます科学的根拠に基づく運動処方が必要不可欠となるが、本研究結果によって、種々の条件下でのランニング動態が明らかになり、安全かつ効果的なランニングの運動方法論に関する基礎データを得ることができた。

研究成果の概要(英文)：We investigated influences of body weight support, stride frequency, running speed, and running direction on biomechanical, physiological, and perceptual responses during running. Our observations suggest that changes in body weight support, stride frequency, running speed, and running direction may influence gait mechanics of running (e.g., muscle activity, knee angle, oxygen uptake, heart rate, and rating of perceived exertion).

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：ランニング 体重免荷

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

体重を免除した環境下でのランニングは、障害を有するスポーツ選手などのように、下肢への衝撃力の軽減を要する集団に対する運動プログラムにおいて積極的に用いられてきた。

従来、本領域における研究は、水中環境下でのランニング時の生体応答の面から研究されてきた。しかしながら、体重を免除した環境下でのランニング時の生体力学的応答、生理学的応答および主観的運動強度に関する基礎データは未だ不足しており、体重を免除した環境下でのランニング時における体重免除の割合、走行方向、ストライド頻度および走行速度の変化が、生体力学的応答、生理学的応答および主観的応答に及ぼす影響について同時に評価した研究は、存在しない。

したがって、健康の維持・増進を目的とした、体重を免除した環境下でのランニングの運動プログラムの安全かつ実践的な応用に関しては、より詳細な科学的検証が求められる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、体重を免除した環境下でのランニング時の自己快適ペースについて明らかにすることであった。

さらに、本研究では、体重を免除した環境下でのランニング時における、体重免除の割合、ストライド頻度、走行速度および走行方向の変化が、生体力学的応答、生理学的応答および主観的応答に及ぼす影響について検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 2016年度

健常成人9名(年齢：  
40.9 ± 14.4歳、  
身長：172.8 ±  
7.6cm、体重：  
77.7 ± 13.4kg)  
に対して、体重免除の割合を任意に調節可能な(LBPP)トレッドミル(図1)において、運動試験を実施させた。



図1. 体重免除の割合を任意に調節可能なトレッドミル

被験者に対して、異なる体重免除条件下(0%、20%および50%)での自己快適ペース(被験者が最も快適であると感じるペース)における、前方ランニングおよび後方ランニングの運動試験を、異なる試験日に実施した(各運動様式：3試行/日 × 4日間)。各運動中の酸素摂取量、心拍数、主観的運動強度、ストライド頻度および走行速度を測定した。

#### (2) 2017年度

健常成人9名(年齢：33.2 ± 12.1歳、身長：176.1 ± 11.8cm、体重：70.9 ± 14.7kg)を対象として、はじめに、異なる体重免除条件下(体重免除の割合：0%、20%および50%)における自己快適ペースでの前方ランニングおよび後方ランニング時のストライド頻度(PSF)を測定した。得られたPSF値に基づいて、異なる体重免除条件下および異なるストライド頻度条件下(PSF、PSF + 10%およびPSF - 10%)での各運動中の酸素摂取量、心拍数、主観的運動強度、下肢筋活動(大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋)および膝関節角度を測定した。

#### (3) 2018年度

健常成人11名(年齢：29.7 ± 12.3歳、身長：165.7 ± 9.4cm、体重：66.4 ± 10.2kg)を対象として、はじめに、異なる体重免除条件下(0%、20%および50%)での前方ランニングおよび後方ランニング時の自己快適速度(PS)を測定した。その後、異なる体重免除の割合、異なる走行方向および異なる走行速度条件下(PS、PS + 10%およびPS - 10%)でのランニング時の酸素摂取量、心拍数、下肢筋活動(大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋)、ストライド頻度および主観的運動強度を測定した。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の筋放電量を測定し、各運動時の筋活動を、最大随意収縮時の筋活動に対する相対値として比較検討した。

#### (4) 2019年度

健常成人12名(年齢：35.4 ± 11.2歳、身長：171.8 ± 9.0cm、体重：68.9 ± 12.8kg)を対象として、LBPPトレッドミルにおける、同一走行速度での、前方ランニングおよび後方ランニングの運動試験を実施した。各運動時の体重免除の割合は、0%、20%および50%であった。各運動中の酸素摂取量、心拍数、下肢筋活動(大腿直筋、大腿二頭筋、前脛骨筋および腓腹筋)、ストライド頻度および主観的運動強度を測定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 2016年度

前方ランニングおよび後方ランニング時の体重免荷の割合の変化は、ランニング動態に影響を及ぼすことが示唆された。

例えば、体重免荷の割合の増加に伴って、前方ランニングおよび後方ランニング時の心拍数、主観的運動強度およびストライド頻度は、有意に減少した( $P < 0.05$ )。

さらに、自己快適ペースにおける、異なる体重免荷条件下でのランニング時の酸素摂取量、主観的運動強度、走行速度およびストライド頻度には、試験日間で、有意差は認められなかった( $P > 0.05$ )(図2)。

本研究結果は、既に、International Journal of Sports Medicine 誌(参考文献1)に、掲載済みである。

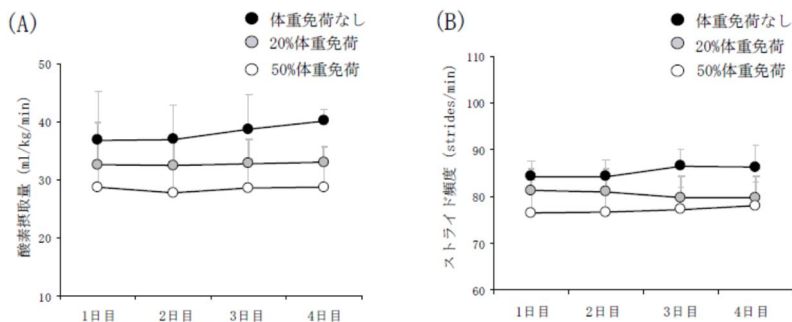


図2. 異なる試験日における、種々の体重免荷条件下でのランニング時の酸素摂取量 (A) およびストライド頻度 (B)

##### (2) 2017年度

異なる体重免荷条件下での、前方ランニングおよび後方ランニング時のストライド頻度の変化は、生理学的応答に影響を及ぼす可能性が示唆された。

例えば、PSF条件下でのランニング時の酸素摂取量は、PSF + 10%条件下でのランニング時のそれと比較して、有意に低かった( $P < 0.05$ )(図3 - A)。

しかしながら、ランニング時の主観的運動強度には、PSF およびその他のストライド頻度条件間で、有意差はみられなかった( $P > 0.05$ )(図3 - B)。

本研究結果は、既に、European Journal of Applied Physiology 誌(参考文献2)に、掲載が受理されている。

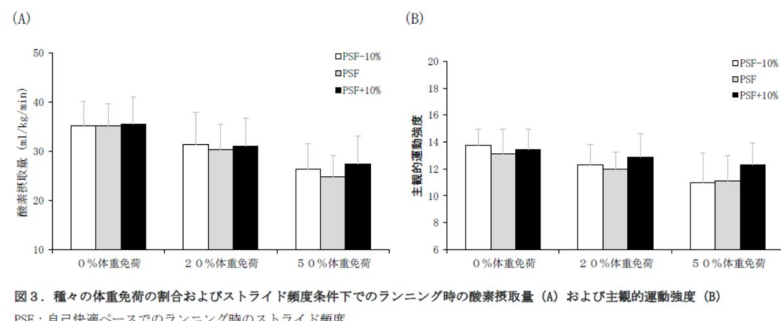


図3. 種々の体重免荷の割合およびストライド頻度条件下でのランニング時の酸素摂取量 (A) および主観的運動強度 (B)  
PSF: 自己快適ペースでのランニング時のストライド頻度

##### (3) 2018年度

異なる体重免荷条件下での、前方ランニングおよび後方ランニング時の走行速度の変化は、代謝応答、筋活動および主観的運動強度に影響を及ぼす可能性が示唆された。

例えば、PS条件下でのランニング時の筋活動量(大腿直筋)は、PS + 10%条件下でのランニング時のそれと比較して、有意に低かった( $P < 0.01$ )(図4)。

本研究結果は、現在、詳細な解析を進めており、学術論文として、国際誌に投稿準備中である。

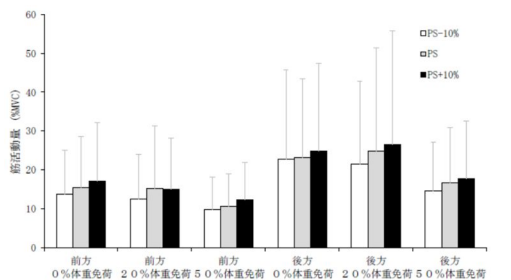


図4. 種々の走行速度、体重免荷の割合および走行方向条件下でのランニング時の筋活動量(大腿直筋)  
PS: 自己快適速度; %MVC: 最大随意収縮時 (MVC) の筋活動に対する相対値

##### (4) 2019年度

異なる体重免荷条件下でのランニング時の走行方向の変化は、筋活動動態、ストライド頻度および主観的運動強度に影響を及ぼす可能性が示唆された。

例えば、種々の体重免荷条件下でのランニング時の走行方向の変化は、下肢筋の協調性パターン(大腿直筋 大腿二頭筋の協調性パターン)に影響を及ぼすことが示唆された(図5)。

本研究結果は、現在、詳細な解析を進めており、学術論文として、国際誌に投稿準備中である。

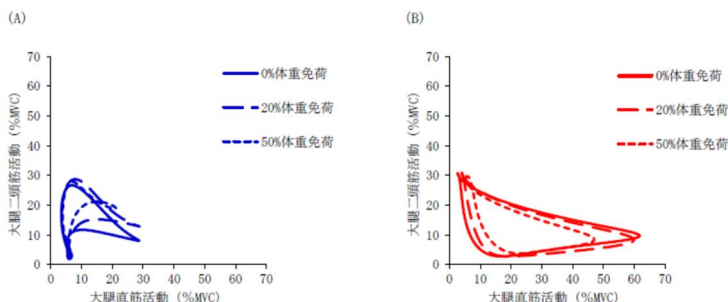


図5. 異なる体重免荷条件下での前方 (A) および後方 (B) ランニング時の大腿直筋-大腿二頭筋の協調性パターン  
%MVC: 最大随意収縮時 (MVC) の筋活動に対する相対値

( 5 ) 要約

これらの研究結果から、ランニング時の体重免荷の割合、ストライド頻度、走行速度および走行方向の変化は、ランニング動態（生体力学的応答、生理学的応答および主観的運動強度）に影響を及ぼす可能性が示唆された。

<参考文献>

Kenji Masumoto, Kendell Galor, Andrew Craig-Jones, John A. Mercer, Metabolic costs during backward running with body weight support, International Journal of Sports Medicine, 40 巻, 2019, 269-275

Kenji Masumoto, Daniel Denton, Andrew Craig-Jones, John A. Mercer, The effects of stride frequency manipulation on physiological and perceptual responses during backward and forward running with body weight support, European Journal of Applied Physiology, 2020, 印刷中

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masumoto Kenji, Galor Kendell, Craig-Jones Andrew, Mercer John A.	4. 巻 40
2. 論文標題 Metabolic costs during backward running with body weight support	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 269 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/a-0806-7537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Masumoto Kenji, Joerger Jared, Mercer John A.	4. 巻 61
2. 論文標題 Influence of stride frequency manipulation on muscle activity during running with body weight support	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Gait and Posture	6. 最初と最後の頁 473 ~ 478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2018.02.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Masumoto Kenji, Soucy Michael T., Bailey Joshua P., Mercer John A.	4. 巻 55
2. 論文標題 Muscle activity during backward and forward running with body weight support	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Human Movement Science	6. 最初と最後の頁 276 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.humov.2017.08.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Masumoto Kenji, Mefferd Kyle C., Iyo Riley, Mercer John A.	4. 巻 32
2. 論文標題 Muscle activity and physiological responses during running in water and on dry land at submaximal and maximal efforts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Strength and Conditioning Research	6. 最初と最後の頁 1960 ~ 1967
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1519/JSC.0000000000002107	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Masumoto Kenji, Denton Daniel, Craig-Jones Andrew, Mercer John A.	4. 巻 -
2. 論文標題 The effects of stride frequency manipulation on physiological and perceptual responses during backward and forward running with body weight support	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-020-04380-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 増本賢治
2. 発表標題 運動時の選好ペース
3. 学会等名 公益財団法人日本心理学会 認定心理士の会 公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Masumoto, Daniel Denton, Andrew Craig-Jones, John A. Mercer
2. 発表標題 Stride frequency manipulation: physiological and perceptual responses during backward running with body weight support
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 66th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Masumoto, Kendell Galor, Andrew Craig-Jones, John A. Mercer
2. 発表標題 Influences of direction of locomotion and body weight support on metabolic costs during running
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 65th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masumoto Kenji, Joerger Jared, Mercer John A.
2. 発表標題 Influence of stride frequency manipulation on muscle activity during running at reduced body weight
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 64th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenji Masumoto, Joshua Bailey, Michael Soucy, John Mercer.
2. 発表標題 Muscle activity during backward and forward running at reduced body weight.
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 63rd Annual Meeting. (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大柿哲朗、西村秀樹、熊谷秋三、丸山徹、斉藤篤司、山本教人、高柳茂美、杉山佳生、眞崎義憲、村木里志、増本賢治、内田若希、松下智子	4. 発行年 2016年
2. 出版社 大修館書店	5. 総ページ数 182
3. 書名 実習で学ぶ健康・運動・スポーツの科学 改訂版 九州大学健康・スポーツ科学研究会 編	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	マーサー ジョン  (MERCER John)	ネバダ州立大学	