

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 24 日現在

機関番号：35314

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750292

研究課題名（和文）ランニングエコノミー向上を目的とした複合型アップヒルランニングプログラムの構築

研究課題名（英文）Development of uphill running program for improvement of running economy

## 研究代表者

吉岡 利貢（YOSHIOKA, TOSHITSUGU）

環太平洋大学・体育学部・講師

研究者番号：60508852

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、上り坂でのランニング後に水平面でのランニングを行う複合型アップヒルランニングプログラムの効果について明らかにすることであった。その結果、上り坂でのランニングによって、膝のつぶれが小さくなり、股関節を使ったフォームを獲得できることが明らかになった。しかし、その効果には個人差が大きく、高い効果を得るためには、低速で走ること、股関節の伸展筋力を強化する必要があることなどが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to investigate how to improve running economy through uphill running. Integral uphill running program that is composed of uphill and horizontal running improve running economy, but large individual differences were confirmed. To get a higher effect, athletes have to run at low intensity and to improve maximal muscle strength of hip extensors.

研究分野：体力学

キーワード：ランニングエコノミー アップヒル ランニングフォーム

### 1. 研究開始当初の背景

ランニングエコノミー（最大下強度における酸素摂取量）改善のためのトレーニングについては、2008年に Paavolainen らが「爆発的な筋力トレーニングがランニングエコノミーを向上させる」ことを報告して以来、同様の知見が複数の研究者によって報告されるようになった。一方で、アフリカ人選手がこのようなトレーニングに積極的かという点、必ずしもそうではない。この事実を踏まえた上で彼らのトレーニングを概観すると、傾斜面でのランニングを多用する点にランニングエコノミー向上のヒントが隠されていることが指摘できる。図1は、水平面および上り傾斜面に対して同様（大きさ・方向）の力①を加えたと仮定し、進行方向に対する推進力②がそれぞれどの程度得られるかを比較したものである。その結果、上り傾斜面（右図）において、水平面（左図）と比較して推進力が大きくなることを確認された。実際、Gottschall and Kram (2005=図2)は、下り傾斜面、水平面および上り傾斜面での地面反力を計測し、上りになるにつれて着地衝撃およびブレーキ成分が減少し、キック力および推進成分が大きくなることを報告している。この事実は、上り傾斜面でのランニング（アップヒルランニング）が、推進力を得るための適切な動作および力発揮を修得するための効果的なトレーニング手段である可能性を示唆している。また、その効果を高めるためには、アップヒルランニング中あるいは直後に水平面でのランニング（レベルランニング）を行う複合型トレーニングが必要であると考えられる。

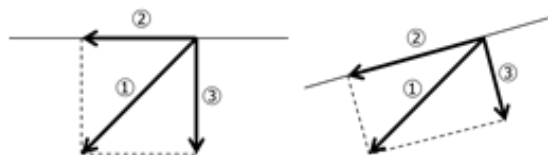


図1. 水平面および上り傾斜面に加わる力

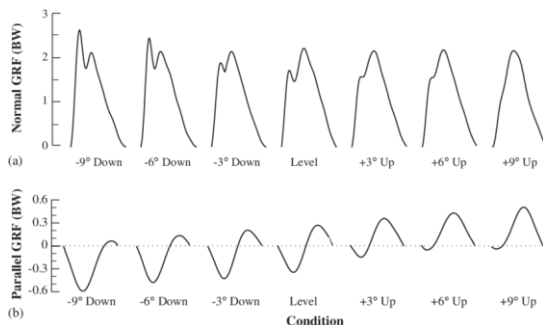


図2. 異なる傾斜でのランニング時の地面斑力

### 2. 研究の目的

本研究では、アップヒルランニング中あるいは直後に水平面でのランニング（レベルランニング）を行う複合型トレーニングがランニングエコノミーおよびその構成要素であるランニング時のキネマティクスについて明らかにすることを目的とし、以下の5つの課題を設定し、4つの実験を行った。

- 1) レベルランニングからアップヒルランニングにかけての疾走動作の変容およびその程度に股関節の筋力が及ぼす影響を明らかにすること（研究課題1）。
- 2) 中長距離ランナーがアップヒルトレーニングを行う際に求めるべきランニング技術とその最適な強度を明らかにすること（研究課題2）。
- 3) アップヒルランニングで獲得した獲得した技術を水平面で再現し続けるために獲得すべき筋力を明らかにすること（研究課題3）。
- 4) アップヒルランニングが水平面でのランニングエコノミーに及ぼす急性効果を明らかにすること（研究課題4）。
- 5) アップヒルランニングとレベルランニングを組み合わせた複合型アップヒルランニングの効果（研究課題5=事例）

### 3. 研究の方法

（実験1）大学生・男子中長距離ランナー 15名を対象に、18km/hで走行時のランニングエコノミー（酸素摂取量）、キネマティクスを水平面および斜度3%の条件で測定した。また、股関節の等速性最大筋力（伸展、屈曲および外転）を60度/秒および180度/秒の2条件で測定した。

キネマティクスは、側方より高速度カメラ（コーチングカム、ロジカルプロダクト社）で撮影し、接地時、立脚中期および離地時の膝関節角度を計測した。接地時から立脚中期にかけての変化量を膝関節屈曲量、立脚中期から離地時にかけての変化量を膝関節伸展量、接地時の両膝と大転子がなす角度をシザース角度とした（以下の実験でも同様）。

（実験2）大学生・男子中長距離ランナー 17名を対象に、15km/h（低速）および18km/h（中速）で走行時のキネマティクスを水平面および斜度5%の条件で測定した。また、股関節の等速性最大筋力（伸展および屈曲）を測定した。

(実験 3) 大学生・男子中長距離ランナー18名を2群に分け、斜度0%および5%でのスプリントインターバルトレーニング(5×30秒、休息时间4分)をおこなわせ、その前後のランニングエコノミー(18km/h・斜度0%)を測定した。

(実験 4) 大学生中長距離ランナーを対象に、アップヒルランニングとレベルランニングを組み合わせた複合型アップヒルランニングプログラムを行わせ、その前後にキネマティクスを測定した。

#### 4. 研究成果

##### (研究課題 1)

疾走時における接地から立脚中期にかけての膝関節屈曲量は、水平面(24.7±5.3度)より上り坂(18.7±5.3度)の方が、有意に低値を示した。一方、上り坂および水平面ともに、膝関節屈曲量が小さい者ほどランニングエコノミーが優れており、両者の間に有意な相関関係が認められた。また、膝関節屈曲量は膝関節の内転角度の影響を受けており(図4)、上り坂から水平面にかけての膝関節屈曲の変化量が小さい者ほど股関節外転筋力が高く両者の間に有意な相関関係が認められた。

以上の結果は、上り坂走は、“膝のつぶれ”が小さい経済的な走フォームを獲得する為の有効な手段となる可能性、また、股関節外転筋力を高めることで同様のフォームを水平面でも再現できる可能性を示唆している。

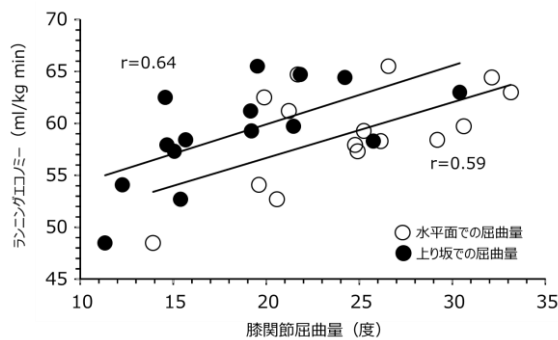


図3.膝関節屈曲量とランニングエコノミーの関係

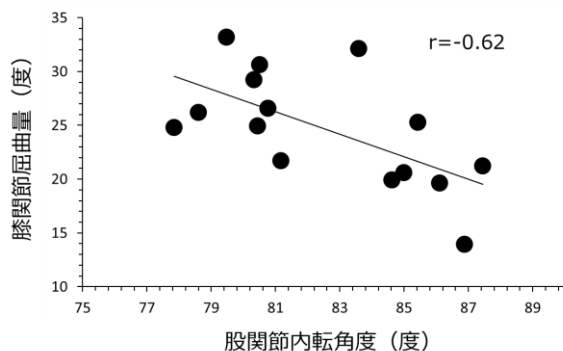


図4.股関節内転角度と膝関節屈曲量の関係

##### (研究課題 2・3)

1500m走および5000m走のパフォーマンスとランニング時のキネマティクスの関係を検討したところ、1500m走パフォーマンスが高い選手ほど、上り坂における膝関節の伸展量が小さく、かつシザース動作が速いこと( $r=0.505$ および $0.519$ )、また、5000m走パフォーマンスと膝関節屈曲量の関係は、水平面( $r=0.665$ )と比較して上り坂( $0.505$ )で弱く、その傾向は速度があがるにつれて顕著になること( $r=0.777, 0.326$ )が明らかとなった。股関節伸展・屈曲筋力とアップヒルランニングのキネマティクスの関係を検討すると、股関節伸展筋力が高い者ほど膝関節最小角度( $r=0.564$ )およびシザース角度( $r=0.655$ )が小さいこと、股関節伸展・屈曲筋力が大きい者ほど膝関節伸展への依存度が小さいことが明らかとなった。この結果は、1) 上り坂で膝関節の伸展に頼らないランニングフォームを獲得することが中長距離走パフォーマンスの向上に貢献すること、2) 股関節伸展・屈曲筋力の強化が上り坂の走フォームも改善し、中長距離走パフォーマンスを向上させること、3) 速度が上がると膝関節の伸展に依存する傾向があるため、筋力が低い者は低速でトレーニングすべきであることなどを示唆している。

表1. 1500m走(上)および5000m走(下)パフォーマンスとキネマティクスの関係

	低速 15km/h		中速 18km/h	
	水平面	上り坂	水平面	上り坂
膝関節・屈曲量	<b>0.665</b> $p<0.05$	<b>0.505</b> $p<0.10$	<b>0.777</b> $p<0.01$	0.326
膝関節・伸展量	0.122	0.263	0.080	0.040
膝関節・最小角度	0.474	0.305	<b>0.708</b> $p<0.01$	0.271
シザース角度	0.222	0.022	0.358	0.278

	低速 15km/h		中速 18km/h	
	水平面	上り坂	水平面	上り坂
膝関節・屈曲量	<b>0.587</b> $p<0.05$	0.426	0.290	0.014
膝関節・伸展量	0.398	<b>0.505</b> $p<0.10$	0.351	<b>0.519</b> $p<0.10$
膝関節・最小角度	<b>0.597</b> $p<0.05$	0.373	<b>0.685</b> $p<0.01$	0.266
シザース角度	<b>0.706</b> $p<0.01$	<b>0.459</b> $p<0.10$	<b>0.813</b> $p<0.01$	<b>0.726</b> $p<0.05$

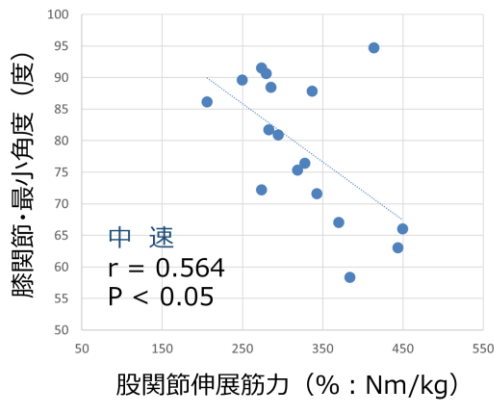


図 5.股関節伸展筋力と離地後の膝関節角度の関係

(研究課題 4)

水平面および上り坂でのインターバルトレーニングは、ともにランニングエコノミーを変化させなかった。しかしながら、その変化には個人差が大きく、上り坂での技術がランニングエコノミーの変化に差をもたらす可能性が示唆された。

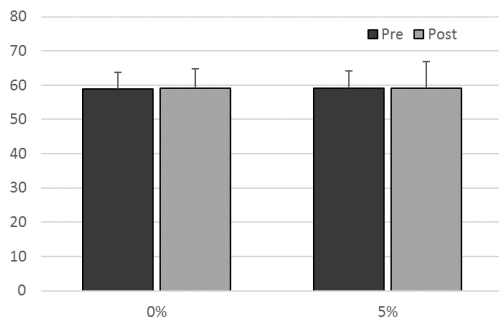


図 6. アップヒルランニング前後の酸素摂取量

(研究課題 5)

研究 3 において上り坂でのインターバルトレーニング後にランニングエコノミーが大きく改善した 1 名の選手に、複合型アップヒルプログラムを行わせた。

その結果、接地時の膝関節角度および立脚期の膝関節屈曲量が減少した。すなわち、膝がやや曲がった状態で接地し、その後につぶれることなく蹴り出せるようになった。また、これらの変化に伴い、1500m 走および 5000m 走のパフォーマンスが著しく向上した。

以上の結果は、複合型アップヒルランニングが動作の改善を通して、ランニングエコノミーおよびパフォーマンスを向上させることを示している。しかしながら、そのためにはアップヒルでの意識付けが重要であることも明らかとなった。

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)

[学会発表] (計 2 件)

吉岡利貢・田中耕作・岡本隆宏・前村公彦 (2017) 中長距離走パフォーマンス向上のためのアップヒルトレーニングを成功させる要因. 第 29 回ランニング学会大会, 九州共立大学. 2017 年 3 月.

田中耕作・吉岡利貢・吉村海澄・山本正嘉 (2016) 傾斜の有無による疾走動作の変容と股関節筋力の関係. 第 28 回ランニング学会大会, 環太平洋大学. 2016 年 3 月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉岡利貢 (Yoshioka, Toshitsugu)

環太平洋大学・体育学部・講師

研究者番号：60508852