

事前のホッピングエクササイズにより陸上競技長距離走選手の stretch shortening cycle 能力と running economy は改善する

楠本達也¹⁾, 森寿仁²⁾, 山本正嘉³⁾

¹⁾鹿屋体育大学体育学部

²⁾鹿屋体育大学大学院

³⁾鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

キーワード: ホッピングエクササイズ, running economy, SSC, 長距離走, 体幹

論文概要

陸上競技の長距離走選手 8 名に, ランニングに先立って 1 分間のホッピングエクササイズ(HE)を行わせ, これにより長距離走のパフォーマンスにとって重要とされる stretch-shortening cycle (SSC)能力, および running economy が改善するかについて検討した. 実験1では, SSC 能力の指標とされるリバウンドジャンプとドロップジャンプの能力への効果について検討した. その結果, HE を行うことで, どちらのジャンプ能力にも有意な改善が見られた. 実験2では, 10000m 走のレースペースに相当する速度(310m/分)で 6 分間の一定速度走テストを行い, 酸素摂取量の測定から running economy を評価した. その結果, HE を行うことで酸素摂取量の有意な減少, すなわち running economy の改善が認められた. したがって, 陸上競技の長距離走選手がランニングに先立って短時間の HE を行うことは, SSC 能力を高め, ひいては running economy の改善を促し, 競技会でのパフォーマンスの向上や, トレーニング時の質的な改善につながる可能性があると考えられた.

スポーツパフォーマンス研究, 5, 237-251, 2013 年, 受付日:2012 年 4 月 4 日, 受理日:2013 年 10 月 5 日
責任著者:森寿仁 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水 1 鹿屋体育大学 m137009@sky.nifs-k.ac.jp

Improvements in the stretch shortening cycle and running economy of long distance runners after performing a hopping exercise

Tatsuya Kusumoto¹⁾, Hisashi Mori²⁾, Masayoshi Yamamoto³⁾,

¹⁾ Faculty of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: hopping exercise, running economy, SSC, long distance run,

trunk muscle

[Abstract]

The present study examined a way to improve the stretch-shortening cycle (SSC) and running economy of long-distance runners. These 2 factors are the most important influences on long-distance runners' performance. In the experiments, 8 long distance runners performed a 1-minute hopping exercise (HE) prior to experiments. Experiment 1 examined changes in the runners' rebound jumps and drop jumps, both of which are indices of stretch-shortening cycle performance, after performing the hopping exercise. The results revealed a significant improvement in both types of jump. Experiment 2 evaluated running economy, measured by the runners' oxygen intake during a 6-minute run at a constant speed of 310 meters per minute, which is equivalent to the typical pace in a 10,000-meter race. The results showed that after the runners performed the hopping exercise, there was a significant reduction in their oxygen intake, that is, an improvement in their running economy. These results suggest that performing a hopping exercise for a short time prior to running may improve the stretch-shortening cycle ability of long distance runners, which, in turn, would result in an improvement in their running economy and competitive performance, and in the quality of their training.

I. 問題提起

陸上競技の長距離走種目の競技力向上には、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$) に代表される有酸素性作業能力や、ランニングの経済性を示す running economy が重要な関わりを持つという研究が数多くある(山地ほか, 1990; Basset and Howley, 2000). これに加えて最近では、stretch-shortening cycle 能力(SSC 能力)が、長距離走選手のパフォーマンス発揮にも重要であることが注目されている(図子・平田, 1999; 図子, 2006; 宮脇・山本, 2012). SSC 能力とは、筋の伸張と短縮の組み合わさった運動動作を言い、下肢の SSC 能力が高まることは下肢の筋・腱連合系における弾性エネルギー機構が改善されたことを示しており、ランニングの効率が高まるとされる(図子, 2006).

長距離走選手の SSC 能力に着目した研究として、図子・平田(1999)は、長距離走選手の 5000m 走の記録と、試合当日のリバウンドドロップジャンプ能力(SSC 能力の指標)との間に密接な関係があり、同一個人内において SSC 能力が良好な状況では 5000m 走の記録も高く、それが低下した状況では記録が低いことを報告している。さらに、図子(2006)は SSC 能力の改善をねらいとして行われているプライオメトリックトレーニングを、数年間記録が低迷していた大学男子長距離走選手に実施させることで、記録の向上や、最大下負荷運動時における酸素摂取量の低下(運動効率の改善)が認められたことを報告している。

また最近、宮脇・山本(2012)は、ベルトで体幹部を圧迫することにより SSC 能力や running economy が改善することを報告している。これは長期間のトレーニングではなく、一過性の介入でも SSC 能力や running economy が改善する可能性があることを示している。

さらに武田ほか(2010)は、長距離走種目がリズムカルに長時間継続される最大下の SSC 運動であるという競技特性に着目し、連続的に繰り返される最大下のリバウンドジャンプ(ホッピングエクササイズ; HE)を経済的に遂行できる能力と、最大下スピードでのランニングを経済的に遂行できる能力との間には、密接な関係があると報告している。そして、running economy を高めるためには、HE の経済性(hopping economy)を高めることが重要であると述べている。

以上のことに関連して、実際の競技現場では、ランニングや試合の前に短時間のピッチを意識したリズムカルな HE を行うことで「体幹が安定する」「ばねが得られる」といった実感を持ち、経験的に実践している選手がいる。このような事実は、一過性の HE を行うことで SSC 能力が改善され、パフォーマンスの向上に好影響を与える可能性を示すものと予想される。しかし、このような競技現場での感覚的な現象を、客観的なデータを用いて検証した研究は行われていない。

II. 本研究の目的

本研究では、陸上競技の長距離走選手に対して、ランニングの直前に短時間(1 分間)の HE を行わせ、これにより SSC 能力や running economy が改善するかについて、以下のような 2 つの実験により明らかにすることを目的とした。

実験1: SSC 能力の指標とされるリバウンドジャンプ(RJ)およびドロップジャンプ(DJ)の能力に対して、HE がどのような効果を及ぼすかを検証する。

実験2: トレッドミルを用いて、被検者の 10000m 走のレースペースに相当する一定速度走テスト

を行った際の酸素摂取量を running economy と見なし, この指標に対して HE がどのような効果を及ぼすかを検証する.

III. 方法

1. 実験1:SSC 能力への影響

(1)被検者

被検者は, 陸上競技部で中長距離を専門とする健康な男子大学生 8 名とした. 被検者の身体特性は, 表 1 に示した通りである. 各被検者には, 本研究の目的, 方法およびそれに伴う危険性に関する説明を行い, 本研究に参加する同意を得た.

表1. 実験1における被検者の身体特性

被検者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
A	21.8	174.3	58.2
B	21.3	172.6	59.1
C	20.3	165.4	53.7
D	21.4	180.3	62.3
E	18.9	155.6	48.2
F	21.9	174.0	54.0
G	21.4	161.2	50.2
H	20.7	165.6	56.5
平均値	21.0	168.6	55.3
標準偏差	1.0	8.1	4.7

(2)測定手順

測定手順を図 1 に示した. 各被検者は, 十分なウォーミングアップを行った後に RJ および DJ を測定した. そして, 10 分間の休息を挟んだ後, 再度 RJ および DJ を実施した. 被検者は, HE を行わせる条件(Hop 条件)と, 対照条件(Con 条件)としてジョギング(Jog)を行わせる条件の 2 条件に振り分けられ, 試行間の休息の 7 分目から 8 分目の 1 分間, HE または Jog を行った.



図1. 実験1の測定手順

HE は最大下の両足連続跳躍運動とし, ランニングと同じようなリズム(約 190bpm)で, 弾む様な意識で行うよう指示した(動画 1). HE を行う時間やリズムは, 著者が実験に先立って HE を実践し

た際に最も感覚の良かった時のものを採用した。なお、本実験の実際の HE のピッチ数は 189.0 ± 15.5 bpm となった。また、Jog はトレッドミル上を分速 100m で走行することとした。なお、トレッドミル走行中のピッチは指定しなかったが、本研究の被検者らの所属するチームの特性上、ピッチを意識して走行している者が多かった。条件設定はランダムとし、各測定は別日に行った。

本実験の RJ 測定は、遠藤ほか(2007)の報告に基づき、連続 5 回の RJ を 3 セット、DJ の測定は河端ほか(2008)の報告に基づき、0.4m の台上からの DJ を 5 セット行った。いずれの測定も、できるだけ短い踏切時間で、できるだけ高く跳び上がるように指示した。また、RJ は「1 回目から 5 回目まで、全て全力で跳躍する」こととした。全ての試技は腕の振り込み動作による跳躍高への影響を排除するために、手を腰に当てた姿勢で行わせた。試行順序は RJ, DJ の順とした。RJ 測定, DJ 測定前のウォーミングアップは、Jog やストレッチ等を行っており、HE は実施していなかった。

(3) 評価項目

全ての測定には、マットスイッチ計測システム(マルチジャンプテスタ, DKH 社製, Japan)を用いて、跳躍高, 接地時間を各試行で測定した。なお、跳躍高は滞空時間をもとに算出した $\{h = 1/8 \cdot g \cdot t_f^2\}$ 。RJ では跳躍高, 接地時間および跳躍高を接地時間で除した RJ 指数を評価指標とした。また、DJ では跳躍高, 接地時間および跳躍高を接地時間で除した DJ 指数を評価指標とした。

分析の際には、宮脇・山本(2012)と同様に、陸上競技長距離走種目の走動作が、変動の少ない連続運動になるという競技特性を考慮し、RJ 指数および DJ 指数が最高および最低となる試技を除くこととし、RJ では 1 回, DJ では 3 回の試技で得られた値の平均値を採用した。

(4) 統計処理

測定した値については、平均値 ± 標準偏差で表した。Hop 条件と Con 条件の差の検定には、繰り返しのある 2 要因の分散分析(条件 × 時間)を用いて、主効果および交互作用を確認した。交互作用が認められた場合には条件間およびエクササイズ前後の比較をするために対応のある t 検定を行った。なお、有意水準は 5%未満とした。

2. 実験 2: running economy への影響

(1) 被検者

被検者は、陸上競技部で中長距離を専門とする健康な男子大学生 8 名とした。被検者の身体特性は、表 2 に示した通りである。各被検者には、本研究の目的、方法およびそれに伴う危険性に関する説明を行い、本研究に参加する同意を得た。

表2. 実験2における被検者の身体特性

被検者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	10000m シーズンベスト	競技歴(年)
A	20.8	165.6	56.5	32'54"	9
B	22.5	172.5	71.2	32'12"	10
C	19.9	175.0	62.1	32'31"	5
D	22.5	166.5	50.6	30'46"	7
E	22.1	174.0	54.0	32'37"	7
F	21.6	161.2	50.2	32'14"	5
G	21.6	180.3	62.3	32'58"	9
H	21.5	172.6	59.1	32'49"	9
平均値	21.6	171.0	58.3	32'22"	8
標準偏差	0.9	6.1	7.0	0'42"	2

(2)測定手順

実験2の測定手順を図2に示した。被検者は、15分間のウォーミングアップを分速220mで行った後に、10分間の休息を挟み、6分間の一定速度走テストを分速310mで行った。また、休息の7分目から8分目の1分間、Hop条件はHE、Con条件は分速100mのJogを行った。なお、トレッドミル走行中のピッチは指定しなかったが、本研究の被検者らの所属するチームの特性上、ピッチを意識して走行している者が多かった。本研究の一定速度走テストで採用した分速310mという速度は、被検者にとって概ね10000m走のレースペースに相当するものであった。



図2. 実験2の測定手順

被検者はHop条件、Con条件の2条件にランダムに振り分け、一定速度走テストを行った。その後条件を入れ替えて再び一定速度走テストを行った。2回のテストは、疲労の影響を取り除くため別の日に実施した。

(3)評価項目

一定速度走テストにおいて、酸素摂取量($\dot{V}O_2$)、心拍数(HR)、血中乳酸濃度(La)、主観的運動強度(RPE)、ピッチ数およびストライド長の測定を行った。

$\dot{V}O_2$ は、ダグラスバッグを用いて走運動の4-6分間の間1分ごとに採気を行い、自動呼気ガス分析装置 (Vmax S-229c, Sensor Medics 社製, USA) にて呼気ガス濃度を測定し、乾式ガスメーターを用いて呼気量およびガス温の測定を行い、それらの値を元に算出した。

HR は、心拍計 (RS400, Polar 社製, Finland) を用いて連続的に測定し、4-6分間の2分間の平均値を算出した。La は、走運動終了後に指尖より血液を採取し、自動乳酸分析装置 (Lactate Pro, Arkray Factory 社製, Japan) を用いて測定した。RPE も、走運動終了後に Borg の主観的運動強度を用いて走行時の主観的な感覚を回答させた。

ピッチ数およびストライド長は、ビデオカメラ (EX-Z90BK, CASIO 社製, Japan) を用いて走動作を撮影し、その走動作が安定している4-5分の1分間のピッチ数を計測し、その値を走速度 (310m/min) から除することでストライド長を算出した。

また、測定後には HE に対する内省報告を各被検者に尋ねた。

(4) 統計処理

測定した値については、平均値±標準偏差で表した。Hop 条件と Con 条件の差の検定には、対応のある t 検定を行った。なお、有意水準は 5%未満とした。

IV. 結果

本実験の Hop 条件における、HE 中の HR の平均値は 103.2 ± 6.8 bpm であった。また、Con 条件の 100m/min における Jog の HR の平均値は 103.4 ± 7.7 bpm であり、各エクササイズ間に有意な差は認められなかった。

1. 実験1: SSC 能力への影響

(1) リバウンドジャンプ能力

図 3-a は、RJ における RJ 指数の変化を表したものである。Hop 条件と Con 条件の間で、介入後の変化に違いがみられ、Hop 条件では値の有意な増加が認められた (1.89 ± 0.25 m/s \rightarrow 2.04 ± 0.21 m/s; +7.9%)。一方、Con 条件では介入後の変化は認められず、介入後の値は、Hop 条件が Con 条件よりも有意に高値を示した (1.90 ± 0.28 m/s VS 2.04 ± 0.21 m/s; Con 条件 VS Hop 条件)。

図 3-b は、RJ における跳躍高の変化を表したものである。Hop 条件と Con 条件の間で、介入後の変化に違いがみられ、Hop 条件では値の有意な増加が認められた (28.0 ± 3.4 cm \rightarrow 29.4 ± 2.6 cm; +5.0%)。一方、Con 条件では介入後に変化は認められず、介入後の条件間の値に有意な差は認められなかった。

図 3-c は、RJ における接地時間の変化を表したものである。Hop 条件と Con 条件の間で、介入後の変化に違いがみられ、Hop 条件では値の有意な減少が認められた (151.6 ± 9.6 ms \rightarrow 148.5 ± 9.9 ms; -2.0%)。一方、Con 条件には認められず、トレーニング後の値は、Hop 条件が Con 条件よりも有意に低値を示した (154.6 ± 14.2 ms VS 148.5 ± 9.9 ms)。

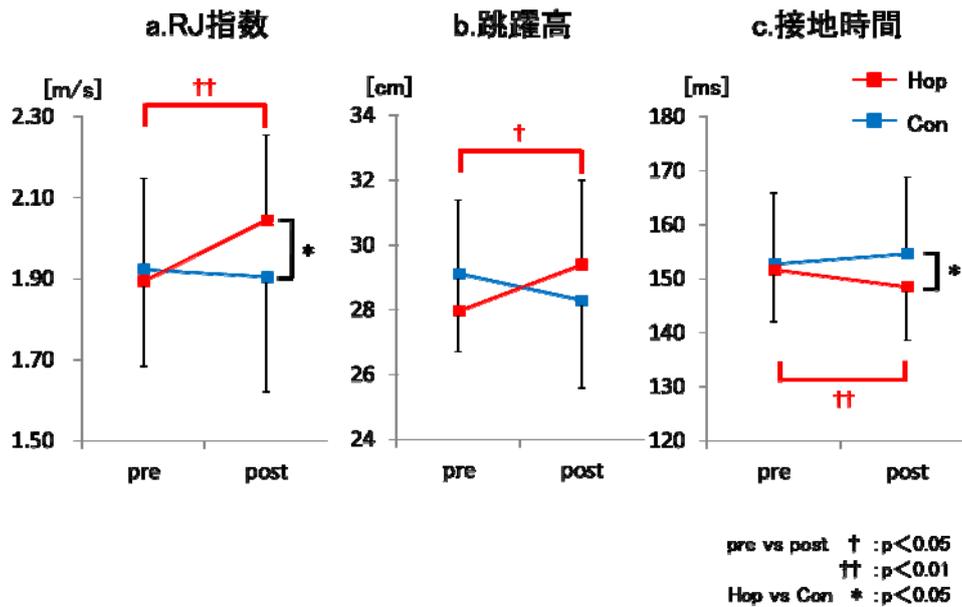


図3. リバウンドジャンプ能力に対する HE の効果

(2)ドロップジャンプ能力

図 4-a は, DJ における DJ 指数の変化を表したものである. Hop 条件と Con 条件の間で, 介入後の変化に違いがみられ, Hop 条件では値の有意な増加が認められた (2.01 ± 0.25 m/s \rightarrow 2.16 ± 0.24 m/s; +7.5%). 一方, Con 条件では介入後に値の変化は認められず, 介入後の値は, Hop 条件が Con 条件よりも有意に高値を示した (2.00 ± 0.25 m/s VS 2.16 ± 0.24 m/s; Con 条件 VS Hop 条件).

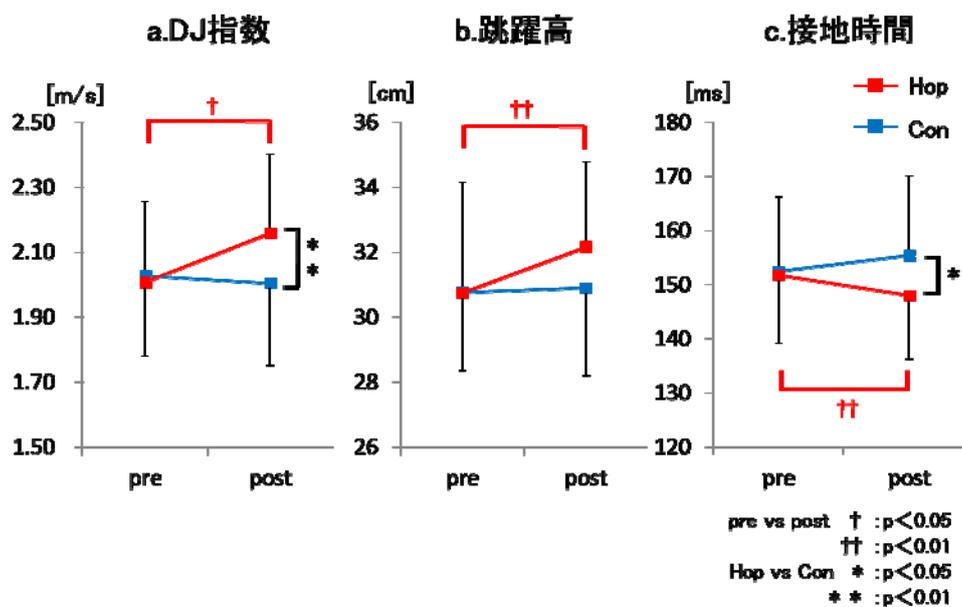


図4. ドロップジャンプ能力に対する HE の効果

図 4-b は, DJ における跳躍高の変化を表したものである. Hop 条件と Con 条件の間で, 介入後

の変化に違いがみられず, 両群で介入後に値の増加が認められた.

図 4-c は, DJ における接地時間の変化を表したものである. Hop 条件と Con 条件の間で, 介入後の変化に違いがみられ, Hop 条件では値の有意な減少が認められた ($151.8 \pm 12.6\text{ms} \rightarrow 148.0 \pm 11.7\text{ms}; -2.5\%$). 一方, Con 条件には認められず, 介入後の値は, Hop 条件が Con 条件よりも有意に低値を示した ($155.4 \pm 14.8\text{ms}$ VS $148.0 \pm 11.7\text{ms}$).

2. 実験2: running economy への影響

(1) 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)

図 5-a は, 一定速度走テストにおける絶対値の $\dot{V}O_2$ の変化を示したものである. Con 条件と比較して Hop 条件で 8 名中 7 名が減少し, 平均値では $3.88 \pm 0.41\text{l/min}$ から $3.78 \pm 0.40\text{l/min}$ へと, 有意な減少 (-2.6%) が認められた.

図 5-b は, 一定速度走テストにおける体重あたりの $\dot{V}O_2$ の変化を示したものである. Con 条件と比較して Hop 条件で 8 名中 7 名が減少し, 平均値では $66.6 \pm 1.9\text{ml/kg/min}$ から $64.9 \pm 2.2\text{ml/kg/min}$ へと有意な減少 (-2.6%) が認められた.

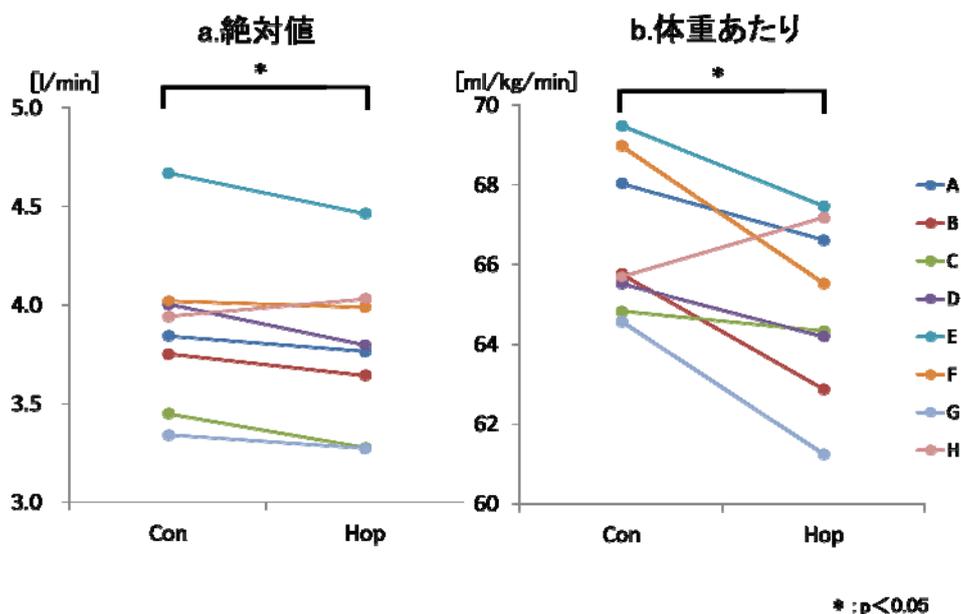


図5. 一定速度走テスト時の $\dot{V}O_2$ に対するHEの効果

(2) 心拍数 (HR)

図 6-a は, 一定速度走テストにおける HR の変化を示したものである. Con 条件と比較して Hop 条件で 8 名中 5 名が減少し, 平均値では $173.1 \pm 5.9\text{bpm}$ から $171.2 \pm 5.4\text{bpm}$ へとわずかに減少したが, 有意な差は認められなかった.

(3) 血中乳酸濃度 (La)

図 6-b は, 一定速度走テストにおける La の変化を示したものである. Con 条件と比較して Hop

条件で8名中5名が減少し, 平均値では $6.1 \pm 1.7 \text{ mmol/l}$ から $5.3 \pm 1.7 \text{ mmol/l}$ へとわずかに減少したが, 有意な差は認められなかった。

(4) 主観的運動強度 (RPE)

図 6-c は, 一定速度走テストにおける RPE の変化を示したものである。Con 条件と比較して Hop 条件で8名中4名が減少し, 平均値では 14.8 ± 0.5 から 14.3 ± 0.7 へとわずかに減少したが, 有意な差は認められなかった。

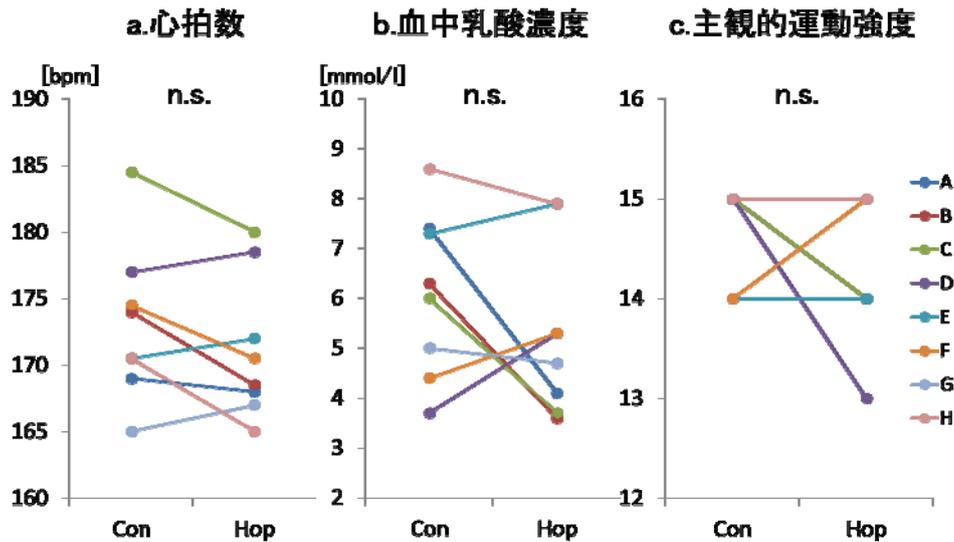


図6. 一定速度走テスト時のHR, La, RPEに対するHEの効果

(5) ピッチ数およびストライド長

図 7-a は, 一定速度走テストにおけるピッチ数の変化を示したものである。Con 条件と比較して Hop 条件で8名中4名が減少し, 平均値では $191.6 \pm 8.6 \text{ bpm}$ から $190.4 \pm 7.7 \text{ bpm}$ へと減少したが, 有意な差は認められなかった。

図 7-b は, 一定速度走テストにおける一歩あたりのストライド長の変化を示したものである。Con 条件と比較して Hop 条件で8名中4名が増加し, 平均値では $1.62 \pm 0.08 \text{ m}$ から $1.63 \pm 0.07 \text{ m}$ へと増加したが, 有意な差は認められなかった。

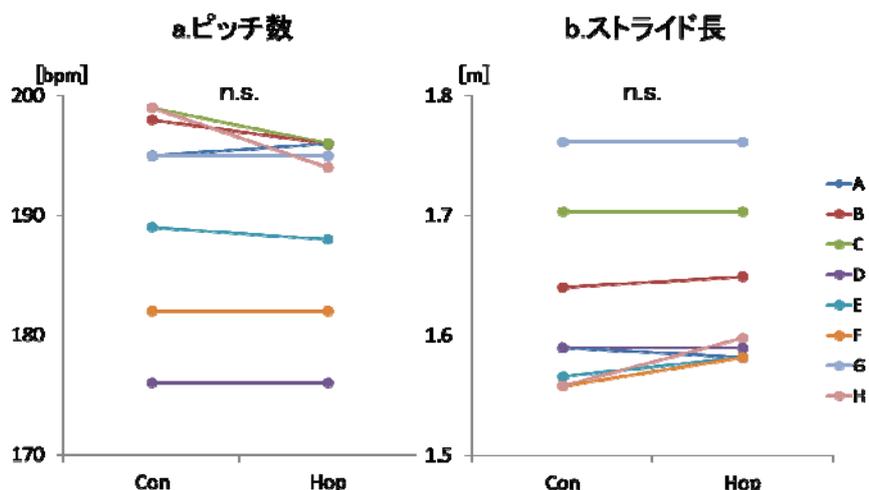


図7. 一定速度走テスト時のピッチ数とストライド長に対する HE の効果

(6) 内省報告

表 3 は, 各被験者の HE に対する内省報告を示したものである. あわせて, HE を行ったことによって, RE と RPE がどのように変化したかも示した. 彼らの内省報告をみると, 8 名中 5 名 (A~E) がポジティブな意見を述べていた.

ネガティブな意見を述べた者の内 2 名 (F, H) については, いずれも「腓腹筋が張ってしまった」と述べており, このうち H については RE が改善していなかった. しかし F のように, HE により腓腹筋が張ったと述べ, RPE も HE 条件の方がよりきつかったと述べているにもかかわらず, RE には大きな改善がみられた者もいた.

表3. HE に対する各被験者の内省報告
RE と RPE については, HE を実施しない場合に対する実施した場合の変化を示している

被験者	内省報告	RE(ml/kg·min)	RPE
A	脚の回転がしやすくなった. 地面からの反発を受ける感覚が掴めた.	68.0→66.6(-2.1%)	15→14
B	体幹が安定した. 脚への衝撃が減少した.	65.8→62.9(-4.4%)	15→14
C	ランニングのようなイメージで HE を行ったためか, 楽に感じた.	64.8→64.3(-0.8%)	15→14
D	HE を走っている感覚で行ったら楽だった.	65.5→64.2(-2.0%)	15→13
E	体幹が安定した.	69.5→67.5(-2.9%)	14→14
F	腓腹筋が張ってきつかった.	69.0→65.5(-5.0%)	14→15
G	特になし.	64.6→61.2(-5.2%)	15→15
H	腓腹筋が張ってしまった.	65.7→67.2(+2.3%)	15→15

V. 考察

1. SSC 能力の改善について

実験1では、ランニングの直前に行った1分間のHEにより、RJおよびDJ動作時の接地時間に有意な短縮、RJ動作時の跳躍高に有意な増加、RJ指数およびDJ指数に有意な増加が認められた(図3, 図5)。RJ指数およびDJ指数はSSC能力の指標とされていることから(図子・平田, 1999; 図子, 2006; 武田ほか, 2010), この結果は一過性のHEを行うことによりSSC能力が向上したことを示している。

SSC能力を改善させる代表的な方法としてプライオメトリックトレーニングがある(図子, 2006; 岩竹ほか, 2008)。プライオメトリックトレーニングとは、筋を強制的に引き伸ばして大きな筋力発揮をするようなトレーニングと定義されている(渡邊, 2008)。プライオメトリックトレーニングによりSSC能力が改善する理由として、先行研究では、接地時に筋が伸張性収縮から短縮性収縮へと急激に変化する際に、それに対応する筋群がより素早く反応できるようになるためと報告されている(ラドクリフほか, 1987)。また、プライオメトリックトレーニングの実施の際には、神経筋システムの働きが素早く切り替えられるようなエクササイズを設定することが重要であるとも報告されている(ラドクリフほか, 1987)。

本研究で用いたHEは、大きな筋力発揮ではないものの、素早い切り替えを含んだ連続跳躍動作であり、この意味ではプライオメトリックトレーニングに似たものといえる。そして本研究の結果は、このようなHEを一過性で行うことによっても、下腿の筋-腱複合体を刺激し、SSC能力の改善が起こる可能性があることを意味している。

一方、SSC能力と体幹の安定性についても研究が行われている。河端ほか(2008)はドロップジャンプの着地局面前期において、腹横筋、内腹斜筋の筋活動と腹腔内圧が上昇し、これが体幹安定化に貢献すると報告している。また、長期間のトレーニングではなく、ベルトによる一過性の体幹部の圧迫でもSSC能力が改善することが報告されている(宮脇・山本, 2012)。これは、体幹部にのみ介入を行っていることから、体幹部の安定性が増大し、接地時間が短縮することでSSC能力が改善したと説明されている。

本研究でも、一過性のHEにより接地時間の短縮が見られ、RJ指数およびDJ指数が向上した(図3, 5)。そして、「体幹が安定した」という被検者の内省報告も複数見られた(表3)。このように、本研究のRJ, DJに関する結果は、先行研究の結果と類似した傾向を示し、なおかつ、体幹の安定性の向上に関する内省報告も得られていることから、一過性のHEは、体幹の安定性を向上させる効果を持ち、これがSSC能力を改善させた可能性も考えられる。

以上のことから、本研究で用いたHEは、下腿の力発揮能力の改善や体幹の安定化に寄与し、それらがSSC能力を改善させた可能性がある。しかし本研究では、このようなメカニズムについては検討を行っていないため、この点の解明は今後の課題である。

2. running economy の改善について

実験2では、一過性のHEを行い、その後に310m/minの一定速度走テストを行うことで、 $\dot{V}O_2$ に有意な減少が認められた(図5)。一定速度走時の $\dot{V}O_2$ の大小はランニングの経済性を示すとされ

(Basset and Howley, 2000), 同じスピードに対する $\dot{V}O_2$ が少ないほどランニングの経済性は高いとされる(勝田ほか, 1986).

本研究の一定速度走テストで用いた 310m/min という速度は, おおむね本研究の被検者の 10000m 走のレースペースに相当するものであった. したがって, HE は 10000m レースにおける RE を改善させる効果を有し, ひいては競技パフォーマンスの改善や, これと類似した速度で行う練習の質の向上にもつながる可能性があるといえる. なお, 一定速度走テストのピッチ数(約 190bpm)と HE のピッチ数はほぼ同じ値(約 190bpm)であり, また鍋倉(2011)が報告している長距離走トップ選手のピッチ数(180~210bpm)とも同程度であった. この事実は, HE をランニングと近いピッチで行うことが望ましいことを示唆している.

HE により RE が改善した理由の一つとして, 前節で述べたような SSC 能力の改善が考えられる. 先行研究を見ると, 同一個人内において SSC 能力が良好な状況では 5000m 走の記録も良く, 逆にこの能力が低下した状況では 5000m 走の記録も悪いことが報告されている(関子・平田, 1999). 実際に本研究の実験1においても, HE により SSC 能力の向上が認められている. したがって, 実験1と同一プロトコルで行った実験2でも SSC 能力の向上が起こっており, それが running economy の改善をもたらした可能性が考えられる.

なお本研究では, 一定速度走テスト時の RE は 8 名中 7 名で改善したが, このうちの 5 名(A~E)は何らかのポジティブな内省報告をしており, そのうちの 4 名(A~D)は RPE も低下していた(表 3). したがって, 過半数の選手にとっては, HE は主観的にも生理的にもプラスの効果があったと言える.

残りの 2 名のうち 1 名(G)は, 内省的には「特になし」であり, RPE も変化していなかったが, RE は 5%程度改善していた. もう 1 名(F)については, 「腓腹筋が張ってしまった」と述べ, RPE もきつさが増していたが, RE は 5%程度改善していた. つまり, この 2 名については, 主観的にはポジティブな感覚はないものの, 生理的には改善が見られたことになる.

8 名中で RE が改善しなかった 1 名(H)は, 「腓腹筋が張ってしまった」というネガティブな意見を述べていた. したがってこの選手にとっては, 本研究で設定した HE の強度や量が強すぎた可能性が考えられる.

以上のことを考えると, 腓腹筋が張りすぎないように HE の強度や量を調節し, 「ランニングのようなイメージで HE を行う」ことで, HE は全ての選手にとって SSC 能力を高め, ひいては RE の改善を促すエクササイズとなりうる可能性が考えられる.

3. 競技現場での HE の活用方法についての提案

本研究の結果から, ランニングに先立って行う 1 分間の HE は, 多くの長距離走選手において走行中にポジティブな感覚をもたらし, ランニングの経済性を高めることが明らかとなった(8 名中 5 名). 一方で, 一部の被検者(2 名)では, これを行うことで腓腹筋が張るというマイナスの感覚を持ち, このうちの 1 名ではランニングの経済性が改善していたが, もう 1 名については効率が低下していた.

つまり, 多くの選手にとっては 1 分間程度の HE が良好な結果をもたらすが, 一部の選手にとって

は HE の時間が長すぎて、内省感覚の悪化や、実際のランニング効率の低下をもたらしてしまうといえる。そこで、現場で HE を有効活用するためには、HE の実施時間を個人別に微調整する必要があると考えられる。

以下は、このことも含めて、現場で HE を活用する際の具体的な方法について提案したものである。これらの内容は、全てが検証されているわけではないが、本研究のデータや被検者の内省報告を考慮して、暫定的な提案としてまとめたものである。

- HE はランニングを意識したピッチとし、弾むような感覚で行う。最大連続跳躍のように大きく弾む必要はない。
- HE は競技や練習を開始する 2 分くらい前に完了しているとよい。
- 試験的に 1 分間程度の HE を実施した後に実際のランニングを行ってみて、腓腹筋が張るようなマイナスの感覚がある場合には、HE の実施時間を短縮する。そして、HE 後のランニングで「体幹が安定した」「地面からの反発を受ける感覚が掴めた」等(表 3 の A~E の内省報告を参照)の感覚が得られる時間を模索する。なお、その日の調子(疲労度)によって、HE の実施時間を調節する必要があるかもしれない。

VI. まとめ

陸上競技の長距離走選手 8 名に、ランニングに先立って 1 分間の軽いホッピング運動(HE)を行わせ、これが SSC 能力の指標とされるリバウンドジャンプとドロップジャンプに及ぼす効果(実験 1)、および 10000m 走のレースペース相当する一定速度走時の running economy に及ぼす効果(実験 2)について検討した。

実験 1 では、HE を行うことで、SSC 能力の指標とされている RJ 指数および DJ 指数に有意な改善が認められた。また実験 2 では、一定速度走時の $\dot{V}O_2$ の有意な低下、すなわち running economy の改善が認められた。

以上の結果から、陸上競技の長距離走選手がランニング開始前に HE を行うことで、SSC 能力を高め、ひいては RE の改善を促し、競技パフォーマンスの向上やトレーニング時の質的な改善につながる可能性が考えられた。

VII. 引用文献

- Basset, DR and Howly, EL (2000) Limiting for maximum oxygen uptake and determinants of performance., Med.Sci.Sports Exerc., 32:70-84.
- 遠藤俊典, 田内健二, 木越清信, 尾縣貢 (2007) リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. 体育学研究, 52:149-159.
- 岩竹淳, 山本正嘉, 西菌秀嗣, 川原繁樹, 北田耕司, 関子浩二 (2008) 思春期後期の生徒における加速および全力疾走能力と各種ジャンプ力および脚筋力との関係. 体育学研究, 53, 1-10.
- ジェームス C ラドクリフ, ロバート C ファレンチノス: 村松茂, 野坂和則 (1987) プライオメトリックス: 爆発的パワートレーニング. ベースボール・マガジン社.

- ・ 勝田茂, 宮田浩文, 麻場一徳, 原田健, 永井純(1986)中長距離選手におけるランニング効率とパフォーマンスとの関係について. 大学体育研究, 8:45-52.
- ・ 河端将司, 加賀谷善教, 島典広, 西菌秀嗣(2008)ドロップジャンプ動作中における体幹の筋活動および腹腔内圧の変化. 体力科学, 57:225-233.
- ・ 宮脇悠伍, 山本正嘉(2012)腹部圧迫ベルトの装着が陸上競技長距離走選手の stretch shortening cycle(SSC)能力および running economy(RE)に及ぼす効果. スポーツパフォーマンス研究 4,93-104.
- ・ 鍋倉賢治(2011)知識を知恵に! コントロールのスポーツ・マラソン(6)ランニングの中のピッチとストライドの関係, ランニングの世界「11:」, 140-147.
- ・ 武田誠司, 石井泰光, 山本正嘉, 関子浩二(2010)長距離ランナーにおけるランニングと連続跳躍による経済性の関係. 体力科学 59:107-118.
- ・ 渡邊将司(2008)プライオメトリックトレーニングを取り入れた運動教室の頻度が子どものリバウンドジャンプ能力に及ぼす影響. 体力科学 57,420.
- ・ 山地啓司, 池田岳子, 横山泰行, 松井秀治(1990)最大酸素摂取量から陸上中長距離走, マラソンレースの競技記録を占うことが可能か. ランニング学研究, 1:7-14.
- ・ 関子浩二, 平田文夫(1999)下腿の神経・筋・腱系の状態が長距離走者の競技成績に及ぼす影響. バイオメカニクス研究概論, 172-176.
- ・ 関子浩二(2006)ランニングパフォーマンスの向上に対するプライオメトリックスの可能性. ランニング学研究, 18:15-24.