

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 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：2012～2013

課題番号：24700643

研究課題名(和文)筋活動を考慮した高強度ランニングエコノミー評価法の開発

研究課題名(英文)Development of high-intensity running economy assessment using muscular activities

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) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：最大下強度における酸素摂取量と筋活動量の関係(一次回帰式)とレース速度における筋活動量を用いて、レース速度におけるランニングエコノミー(RE)を評価する方法を開発した。この方法を用いて求めたREには、伸張-短縮サイクル(SSC)運動の遂行能力が関与していたことから、ランナーの能力を適切に評価するためには、レース強度におけるREも測定する必要があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We have developed a measurement method for the running economy of race speed (RE<sub>race</sub>) using muscular activities and the linear regression equation between muscular activities and the oxygen uptake at submaximal running velocity. A significant relationship between RE<sub>race</sub> and the stretch-shortening cycle capacity have been suggested. So, the RE<sub>race</sub> must be measured in order to properly assess the ability of the runners.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：ランニングエコノミー 長距離走 筋活動 筋電位

### 1. 研究開始当初の背景

これまでに、長距離走パフォーマンスとランニングエコノミー (Running economy: RE) の間の有意な相関関係が報告され、最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2max}$ ) や乳酸性作業閾値 (Lactate threshold: LT) とともに、長距離走パフォーマンスを構成する主要な要因の一つとして広く認知されている (Midgley, 2007)。また、長距離走において世界選手権やオリンピックで上位を独占する東アフリカ諸国のランナーとその他の地域のランナーの間に、RE に決定的な差がある可能性が指摘されて以降、長距離走トレーニングに関わるコーチや研究者の RE への関心はさらには高まっている。RE は、一定速度で走行中の酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) の高低で評価され「 $\dot{V}O_2$  の低いランナーほど RE が優れている」とされる。RE には、ランニングフォーム、筋線維組成、身体組成など様々な要因が関与することがこれまでに明らかになっており、著者ほか (2009) も、下腿三頭筋 (特に腓腹筋) の横断面積が大きいランナーほど RE が劣っていることなどを明らかにしている。

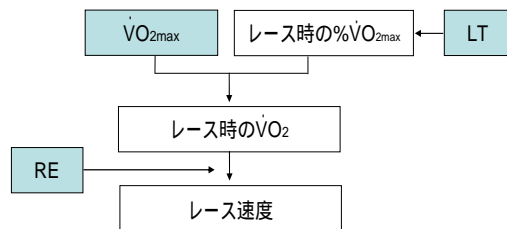


図 1. 中長距離走パフォーマンスの構成要因  
RE は、 $\dot{V}O_{2max}$  および LT によって規定されたレース時の  $\dot{V}O_2$  をいかに高い速度に変換できるかを決定する指標である。

中長距離走パフォーマンスを高めるためのトレーニングを計画する際、対象者の RE の優劣を把握することは必要不可欠であるが、測定には無酸素性代謝の貢献が極めて小さい LT 以下の強度を用いる点に注意が必要である。なぜなら、中距離走はもとより長距離走においても、ほぼすべての種目は LT 以上の強度でレースが展開される。したがって、レース強度と著しく異なる強度での RE 評価では、トレーニング課題およびトレーニングの成否を評価する際に誤った解釈を引き起こす可能性が残される。たとえば、低強度での RE を改善するためのトレーニングに重点が置かれることによって適切なトレーニング

強度が選択されない可能性や低強度の RE が高強度での RE に影響していないにも関わらず「トレーニング内容は適切であった」と評価される可能性である。

したがって、中長距離ランナーのトレーニング課題を明確にし、トレーニング計画の立案、実践および評価を適切に行うためには、レース強度における RE を評価することが必要になる。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、まず、下肢を構成する各筋の活動量と従来の RE 評価法である最大下強度における RE との関係性について明らかにした上で (課題 1) 低強度での  $\dot{V}O_2$  と筋活動量の関係性 (回帰式) にレース速度で疾走中の筋活動量を代入することによって、レース強度における RE を推定する方法を開発すること、またその有用性を競技パフォーマンスや体力・技術との関係から明らかにすること (課題 2) を目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 課題 1

対象は、大学生中距離ランナー 11 名であった。彼らに、4 分間を 5 段階の間欠的漸増負荷ランニングテストを実施し、各速度における  $\dot{V}O_2$  を測定し、RE を求めた。その後、同一速度で疾走中の下肢筋活動量を測定するために、1 段階あたりの時間を短縮した同様のテストを実施した。測定時間は、動作が安定してから 10 秒間とし、そのうちの 10 歩を分析対象とした。なお、動作が安定したことの確認は、日ごろから被験者のランニングフォームを観察しているコーチが行った。筋活動量の測定には、多チャンネルテレメータシステム (日本光電社、WEB-7000) を、 $\dot{V}O_2$  の測定には、自動呼気ガス分析器 (Mijnhardt 社製、Oxycon-Alpha) を用いて、運動開始 1 分前から運動終了まで breath by breath 法によって 30 秒ごとに連続して呼気ガス分析をおこなった。

このテストによって測定した RE と各筋の活動量および活動比の関係について検討した。

## (2) 課題 2

対象は、大学生長距離ランナー11名であった。彼らに、4分間を5段階の連続的漸増負荷ランニングテストを実施し、各速度における $\dot{V}O_2$ を測定した。なお、速度は5段階目が5000m走のシーズン最高記録と同等の速度になるよう設定し、その速度から1km/hずつ、4段階速度を漸減させることによって初期の速度を決定した。3段階目(5000m走速度の90%)の $\dot{V}O_2$  (ml/kg/min)を1km走行するのに要した酸素摂取量に換算し、この値を最大下強度におけるRE (REsub)とした。その後、ランニング中の下肢筋活動量、地面反力および下肢キネマティクスを測定するための間欠的漸増負荷ランニングテストを実施した。このテストは、前述の連続的漸増負荷ランニングテストと速度が同一になる5段階の間欠的漸増負荷テストに、1500m走および800m走の速度に相当する速度を追加した。疾走時間は、動作が安定してからの10秒間とし、そのうちの10歩を撮影および測定した。なお、動作が安定したか否かは、日ごろから被験者のランニングフォームを観察しているコーチの指示によって行った。

また、伸張-短縮サイクル(SSC)運動の遂行能力を評価するため、リバウンドジャンプ(RJ)テストを実施した。このテストは、6回の最大連続跳躍時の接地時間および跳躍時間をランニングジャンプデータ収集システム(OptojumpNext)を用いて測定し、跳躍時間から跳躍高(m)を算出、この値を接地時間(秒)で除してRJindexを求め、SSC運動の遂行能力の指標とした。

## 4. 研究成果

### (1) 課題 1

下肢を構成する各筋の活動量とREの関係について調査したところ、外側広筋の活動レベルとREの間に正の相関関係( $r = 0.54$ )が、半腱様筋の活動レベルとランニングエコノミーの間に負の相関関係( $r = -0.56$ )が認められた。また、半腱様筋に対する外側広筋の活動レベルが高い者ほどREが低かった( $r = 0.64$ )(図2)。

筋活動量と最大下強度におけるREとの間に、正および負のそれぞれの関係が認められたことは、レース強度(超最大強度)においても、同様に筋活動量がREに影響すること、

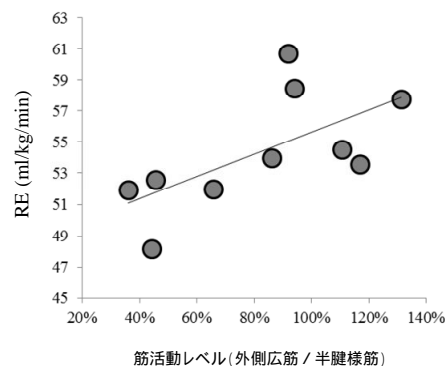


図2. 筋活動レベルとREの関係

また、総活動量を評価することによって、正負のそれぞれの影響を含めてREを推定できる可能性を示唆している。

### (2) 課題 2

全対象者11名中9名において、総活動量(大腿直筋、外側広筋、腓腹筋、ヒラメ筋および大腿二頭筋長頭の活動量の総和)と $\dot{V}O_2$ との間に直線関係( $r < 0.93$ )が確認された。

この回帰式( $y = ax + b$ ; y: 酸素摂取量、x: 筋活動量)に1500m走のシーズン最高記録と同等の速度における総活動量を代入し、1500m走のレース速度における $\dot{V}O_2$

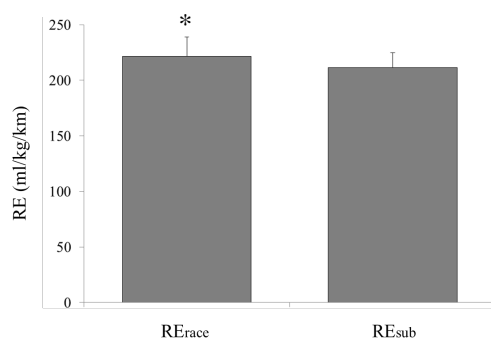


図3. レース速度および最大下速度におけるRE

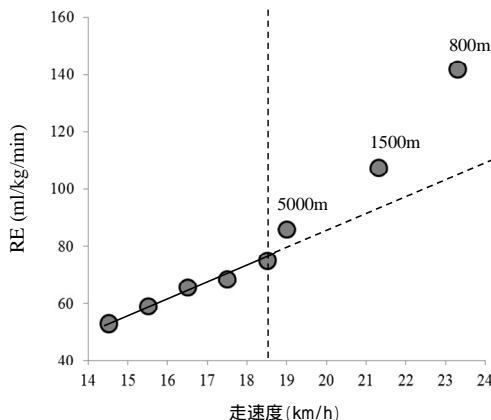


図4. 走速度の上昇に伴うREの変化(典型例)

(RE<sub>race</sub>)を算出した。その結果、RE<sub>sub</sub>は、 $211.4 \pm 13.6$  ml/kg/km、RE<sub>race</sub>は、 $221.5 \pm 17.5$  ml/kg/kmと、RE<sub>race</sub>が有意に高値を示した(図3)。

この結果は、走速度の上昇に伴う筋活動量の変化から説明できる。すなわち、ほぼすべての被験者において、最大下強度における走速度と筋活動量の関係性に比して、超最大強度では筋活動量が高値を示した(図4)。この“余分な”筋活動がレース速度におけるREを低下させる原因となることは明らかである。

一方、超最大強度において、最大下強度における走速度とREの関係性に比して筋活動量が低い被験者も数名確認できた。研究代表者は、この筋活動変化の個人差にSSC運動の遂行能力やランニング技術が関与していると考え、RE<sub>sub</sub>およびRE<sub>race</sub>とSSC運動の遂行能力および下肢キネマティクスとの関係を検討した。その結果、RE<sub>sub</sub>とRJindexの間には有意な相関関係が認められなかったが、RE<sub>race</sub>とRJindexの間には有意な相関関係が認められた(図5)。また、1500m走速度における立脚期の膝関節屈曲量とRE<sub>race</sub>の間にも有意な相関関係が認められた。

これらの結果は、レース強度におけるREには、最大下強度と比較して、動作の特徴や伸張-短縮サイクル運動の遂行能力が強く関与することを示唆している。今後は、SSC運動の遂行能力やランニング中の接地時間・滞空時間比、関節角度の変化量など、簡易な体力および技術的な指標を用いて超最大強度のREを推定する手法を開発する必要があるだろう。

なお、本研究において、RE<sub>race</sub>と1500m走パフォーマンスの間に相関関係は認められなかった。このことには、本研究の被験者の集団としての特性が関係している。本研究の被験者間には、REのみならず、最大酸素摂取量や無酸素性作業閾値など様々な差があるものと考えられる。したがって、REの差だけではパフォーマンスを説明できなかったものと推察される。今後は、 $\dot{V}O_{2max}$ もあわせて測定し、 $\dot{V}O_{2max}$ に対するREの水準とパフォーマンスの関係を明らかにすることで、この評価法の妥当性および有用性を示すことができると考えられる。

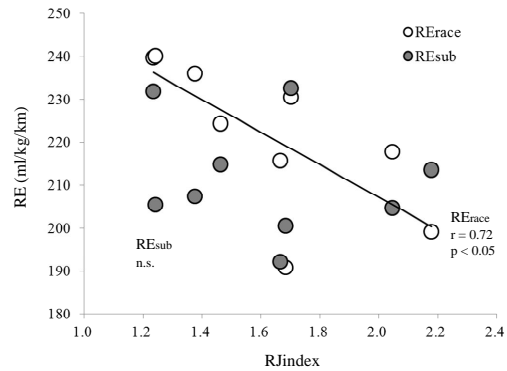


図5. RJindexとREの関係

## 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 1 件)

吉岡利貢、筋力・筋パワーが長距離走動作および筋活動に及ぼす影響、第26回ランニング学会大会、平成26年3月22日、大阪体育大学

## 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