

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500720

研究課題名(和文) 中・長距離走におけるレース中の生理応答とパフォーマンスの関係

研究課題名(英文) Relationships between running performance and physiological response during middle-long distance running race

研究代表者

鍋倉 賢治 (NABEKURA, Yoshiharu)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：60237584

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：長距離走は、有酸素性能力(最大酸素摂取量、乳酸性代謝閾値、走の経済性の3要因)によってパフォーマンスの大部分を説明できると言われている。本研究では、レース中の生理応答、縦断的な体力測定などから中・長距離走のパフォーマンスと体力特性について検討した。中距離走の場合、有酸素性能力だけでなく無酸素性能力の貢献も大きく、また、体力特性に応じたレース戦略が重要であることが明らかとなった。一方、優れた長距離ランナーでは、3要因の中でも走の経済性の貢献が特に大きいこと、そして脂質をエネルギーに利用する能力が優れていることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：It is considered that performance of long distance running can be explained by aerobic capacity (Maximal oxygen uptake: $\dot{V}O_{2max}$, lactate threshold: LT and running economy: RE). In this study, relationships between running performance and characteristic of energy metabolism were investigated by examining physiological kinetics (response) during middle-long distance running race and longitudinal measurement of aerobic capacity.

It was demonstrated that as well as aerobic metabolism, anaerobic energy metabolism showed high contribution to run fast during middle distance race. In addition, it seemed important to choose suitable strategy according to runners' physical fitness. When focused on highly trained long distance runners, it was observed that RE was the most relating factor to running performance compared to $\dot{V}O_{2max}$ and LT, and they showed superiority in fat oxidization ability.

研究分野：体力学

キーワード：中距離走 長距離走 マラソン 走の経済性 脂質酸化能力 無酸素性エネルギー代謝 有酸素性エネルギー代謝

1. 研究開始当初の背景

(1) 長距離走では、必要とされるエネルギーの 90%以上を有酸素性エネルギー供給系から賄われるため、そのパフォーマンスの大部分は、有酸素性エネルギー供給能力である最大酸素摂取量や乳酸性代謝閾値 (LT) によって説明できる。また、一定速度での走行中の酸素摂取量によって評価される走の経済性 (RE) も重要となり、この 3 要因によって長距離走パフォーマンスの 7 割程度を説明できると言われている。

(2) しかしながら、長距離走には 10 分前後 (男子 3000m) と比較的短時間で終了する競技から、フルマラソンやウルトラマラソン (100km) などのように数時間に及ぶ競技まで多岐にわたる (国際陸連公認レース)。比較的短い時間で終了する 3000m~5000m 走の場合、相対的運動強度は最大酸素摂取量の 100%近くに達し、レース中盤の速度変化やラストスパートを考慮すると、有酸素性エネルギーだけではなく、無酸素性エネルギー代謝の貢献も無視できない。さらに、中距離種目になれば、無酸素性エネルギー供給系の評価を抜きにパフォーマンスを説明することはできない。

(3) その反対に、運動が長時間になる長距離レースほど相対的運動強度は下がるが、エネルギー需要量は増え、グリコーゲンの減少に伴う血糖値の低下がパフォーマンスを制限する要因となりうる。さらに、例えば同じフルマラソンでも 2 時間余りでゴールするトップランナーに対し、その 2~3 倍の時間を要する市民ランナーとなると、相対的運動強度も主たるエネルギー供給系も変化し、レース後半の失速の要因も同一とは言えない。そのため、フルマラソンなどのエネルギー供給を包括的に評価するためには、血糖動態を評価する必要がある。

2. 研究の目的

以上のように、走距離や対象者の能力によって、運動強度、エネルギー需要量、主たるエネルギー供給系が異なってくる。そこで本研究では、800m などの中距離走を含め、中・長距離走全般にわたりレース中の生理応答およびエネルギー供給能力を明らかにし、レースや対象者の能力に応じたトレーニング課題、効果的なトレーニング法について提案することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 中長距離走者を対象にトラックでの 800m 走を行なわせ、その際の酸素摂取量を携帯型呼気ガス分析装置によって測定し、レース中の走速度の変化とエネルギー代謝の関係を検討した。また、トレッドミルにて、有酸素性能力及び無酸素性能力を測定し、レースにおけるペース戦略との関係を明らかにした。

(2) 学生中・長距離ランナーを対象に期間中縦断的に体力測定を実施し、最大酸素摂取量、LT、REなどの持久性体力データを集積し、パフォーマンスとの関係性を検討した。また、最大乳酸定常 (MLSS) の簡易指標となりうる最小乳酸値という新しい評価テストの妥当性を検証した。

(3) LTを超える高強度における走の経済性を評価するために、運動後の血中乳酸値から無酸素性エネルギー代謝量を推定し、酸素摂取量から求めた有酸素性エネルギー代謝量に加えてエネルギー代謝量を評価し、パフォーマンスとの関係について検討した。

(4) 長距離ランナーの脂質代謝能力を評価するために、漸増負荷試験中の酸素摂取量から脂質酸化量を測定し、強度に対する脂質酸化動態を評価した。これをサイン関数モデルに適合させることによって、数学的に脂質代謝

量を評価した。

4. 研究成果

(1) 800m 走の平均走速度は最大酸素摂取量の 120%にも達し、無酸素性エネルギー供給量が全エネルギー需要量の 30%を占めた。また、前半の走速度が速いランナーは無酸素性能力が高く、かつ無酸素性エネルギー供給に依存する割合が高かった。一方、後半型のランナーは有酸素性能力が高く、かつ有酸素性エネルギー供給に依存する割合が高かった。これらの結果は、体力の評価がレースパターンを修正するための手段としても有効であることや、目標とするレースパターンを遂行するためのトレーニング課題を提示できる可能性があることを示唆している。

(2) 学生中長距離ランナーを対象として、パフォーマンスと体力要因等の関係性を検討した場合、最大酸素摂取量やLTといった指標よりも、REとの関係が最も強くなった。また、縦断的な体力を評価することによって、最大酸素摂取量が低下するのに、走の経済性が改善されることによってパフォーマンスが劇的に向上した例など、走の経済性の重要性を示す知見が得られた。

(3) 最小乳酸閾値という新しい評価テストを用い、既存のLTなどよりもトラック種目のパフォーマンスにより密接に関わることを明らかにした。

(4) LT 以上の強度では、無酸素性エネルギー代謝の貢献が大きくなるため、走の経済性の妥当な評価は困難であるとされてきた。本研究では、運動後の血中乳酸濃度から無酸素性由来のエネルギー消費量を算出し、酸素摂取量から求めた有酸素性のエネルギー消費量と合わせることで、妥当な酸素需要量を評価でき、高速度における走の経済性を評価できる可能性を明らかにした。

(5) 漸増負荷中の呼気ガスパラメーターから推定した脂質酸化動態をサイン関数モデルに当てはめることによって、定量的にも定性的にも個人の脂質酸化動態を特徴できることを明らかにし、優れたランナーは絶対強度はもちろん相対強度でもより高強度において脂質が酸化され、高い脂質酸化能力を有することを明らかにした。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

丹治史弥、鍋倉賢治：中長距離ランナーに対する Lactate minimum test の有用性についての検討．陸上競技研究、査読有、92、2013、30-37

品田貴恵子、吉岡利貢、服部聡士、白井祐介、鍋倉賢治：800m 走中の有酸素性および無酸素性エネルギー供給量の推移．陸上競技研究、査読有、91、2012、14-22

[学会発表](計13件)

丹治史弥、白井祐介、黒川心、榎本靖土、鍋倉賢治：中長距離ランナーのパフォーマンスと生理応答の関係 ~ V02max と Running Economy に着目して ~ ．第 27 回ランニング学会、2015.2.28、日本女子体育大学(東京都世田谷区)

丹治史弥、白井祐介、黒川心、河合謙一、鈴木健太、鍋倉賢治：無酸素性エネルギー代謝を考慮した走の経済性と走パフォーマンスの関係 - 女子大学生ランナーを対象として - ．第 69 回日本体力医学会、2014.9.20、長崎大学(長崎県長崎市)

丹治史弥、白井祐介、黒川心、鍋倉賢治：中長距離ランナーの走パフォーマンスおよび生理的パラメーターの相互関係の変化．第 65 回日本体育学会、2014.8.27、岩手大学(岩手県盛岡市)

Tanji F, Shirai Y, Kurokawa K, Kawai K,

Nabekura Y: The Evaluation of Running Economy in above LT Intensity Running 19th annual Congress of the European College of Sport Science, 2014.7.3、アムステルダム (オランダ)

丹治史弥、小林優史、河合謙一、鈴木健太、鍋倉賢治: 高強度走行におけるランニングエコノミーの評価 .第26回ランニング学会、2014.3.22、大阪体育大学 (大阪府和泉南郡熊取町)

鍋倉賢治: 運動と脂肪代謝 - 脂質酸化を高めるランニングとその評価 - (パネルディスカッション) .第26回ランニング学会、2014.3.21、大阪体育大学 (大阪府和泉南郡熊取町)

丹治史弥、小林優史、白井祐介、黒川心、鍋倉賢治: 接地時間とランニングエコノミーの関係性についての検討 .第68回日本体力医学会、2013.9.23、学術総合センター(東京都千代田区)

丹治史弥、白井祐介、黒川心、鍋倉賢治: 走行中の接地時間とランニングエコノミーの関係について 大学生中長距離ランナーを対象として .第64回日本体育学会 2013.8.30、立命館大学 (滋賀県草津市)

鍋倉賢治、中村和照、岩山海渡、服部聡士、小林優史、品田貴恵子、吉岡利貢: マラソンレースにおける体重減少の実態 .第25回ランニング学会、2013.3.24、東京学芸大学 (東京都小金井市)

小林優史、岩山海渡、中村和照、鍋倉賢治: 早朝・絶食状態が長距離走に及ぼす影響及びそのトレーニング効果について .第25回ランニング学会、2013.3.24、東京学芸大学 (東京都小金井市)

丹治史弥、小林優史、榎本靖士、鍋倉賢治: 中長距離ランナーの接地時間と酸素摂取量の関係について .第25回ランニング学会、2013.3.24、東京学芸大学(東京都小金井市)

鍋倉賢治: ランニングと脂質代謝 ~ 実践的

事例 ~ 第24回ランニング学会、2012.3.19、立正大学 (東京都品川区)

品田貴恵子、吉岡利貢、服部聡士、白井祐介、鍋倉賢治: 800 m 走のレースパターンと体力特性との関係 第24回ランニング学会、2012.3.18、立正大学 (東京都品川区)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

鍋倉 賢治 (NABEKURA, Yoshiharu)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号: 60237584

(2) 研究分担者

榎本 靖士 (ENOMOTO, Yasushi)
筑波大学・体育系・准教授
研究者番号: 90379058

門野 洋介 (KADONO, Hirosuke)
仙台大学・体育学部・助教
研究者番号: 20601016

(3) 研究協力者

品田 貴恵子 (SHINADA, Kieko)

白井 祐介 (SHIRAI, Yusuke)

丹治 史弥 (TANJI, Fumiya)

小林 優史 (KOBAYASHI, Masashi)