

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：12102
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2019～2023
課題番号：19K11436
研究課題名（和文）マラソントレーニングにおける「高強度＋持続走（ガチユル走）トレーニング」の効果
研究課題名（英文）Effect of Gachi-Yuru training which is performed high-intensity running before endurance running in marathon training
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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究はマラソントレーニング法に関する研究である。マラソンを完走するためには、身体に貯蔵している糖質（グリコーゲンなど）のエネルギー量では賄いきれない大きなエネルギーを必要とする。そのため、パフォーマンスの成否には、糖質を節約して走ることが重要となる。本研究では、エネルギー源として糖質の代わりに脂質を活用する脂質代謝に着目し、脂質代謝を高めるトレーニング法を検討した。その結果、持久走の前に高強度走運動を行うことで、その後の持久走中の脂質代謝が亢進することを明らかにし、新たなマラソントレーニング法として提案した。また、脂質代謝能力がマラソンのパフォーマンスと関連する可能性を突き止めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脂質代謝を亢進させるためには、絶食による空腹状態や運動など、摂取カロリーと消費カロリーのバランスを崩し、体内に貯蔵している糖質を減らすことが重要である。これまで伝統的にマラソントレーニングとして行われてきた、超長距離走、早朝空腹時のトレーニングなどは、これを具現化したトレーニング法である。一方、時間に制約のある市民ランナーや、長距離の走り込みによる障害のリスクなどを考えると、短時間で効率的に脂質代謝を亢進するトレーニング法の開発は重要課題である。本研究で明らかにした事前に「高強度の走運動」を行う「ガチユル走」は新たなマラソントレーニング法の一つとなる画期的なトレーニング法となり得る。

研究成果の概要（英文）：This study is about marathon training methods. To complete a marathon, we need a lot of energy, which cannot be met by the amount of energy stored in the body (such as glycogen). Therefore, it is important to save carbohydrates during running for the success or failure of the marathon performance. In this study, we focused on lipid metabolism, which utilizes lipids instead of carbohydrates as an energy source, and investigated a training method to enhance lipid metabolism.

As a result, it was revealed that performing high-intensity running before endurance running enhances lipid metabolism during the subsequent endurance running, and this was proposed as a new marathon training method. We also found that lipid metabolic ability may be related to marathon performance.

研究分野：体力学

キーワード：高強度運動 脂質代謝 血糖 マラソン トライアスロン ガチユル走 筋力トレーニング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

長距離走では、必要なエネルギーの 90%以上を有酸素性エネルギー供給系から賄うため、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 (VO_{2max})、走行中の酸素摂取水準 (マラソンでは乳酸性代謝閾値:LT)、そして走の経済性 (RE) の 3 要因によって説明できると言われている。とりわけ、一定速度で走行中の酸素摂取量の高低によって評価される走の経済性は、競技力の高いトップランナーのパフォーマンスの成否を分ける要因として知られている。

本研究課題の主要因子である脂質代謝は、運動の強度、時間、体内の糖の貯蔵量によって影響を受ける。したがって、一般に運動強度が低く、時間が長くなると脂質代謝は亢進することが広く周知されており、マラソンにおいては、トップランナーでも総エネルギー消費量の半分近くを脂質代謝で賄っている。しかしながら、ランナーの脂質代謝能力の特徴については、十分に検討されているとは言えない。

一方、事前に筋力トレーニングを行なうことによってその直後の持久性運動中の脂質代謝は促進されることが報告されており、アドレナリン、成長ホルモンの増大、筋グリコーゲンの低下がその要因として説明されている。本研究は、これらの先行研究から着想を得て、短時間の高強度運動 (ガチ) 後に LT 以下のペースで走る持続走 (ユル) を組み合わせたトレーニング法により、運動中の脂質酸化が亢進するという仮説のもとに行なった実践研究である。

2. 研究の目的

本研究は、高強度 + 持続走 (ガチユル走) の運動中の生理応答、そのトレーニング効果を明らかにし、市民ランナーにとって有効なトレーニング法を提案することであり、以下の研究課題を設定した。

(1) 研究課題 : ガチユル走における高強度運動を定義する。すなわち、その強度、走行距離を変え、その後の持続走中の生理応答を明らかにし、最適な高強度負荷の提案に結び付ける。

(2) 研究課題 : 脂質代謝能力とマラソンパフォーマンスの関係性を明らかにする。

(3) 研究課題 : ガチユル走を用いたトレーニング介入を行ない、そのトレーニング効果について検証する。

3. 研究の方法

(1) 高強度走の後に持続走を行ない、その際の生理応答を明らかにする。特に高強度運動では VO_{2max} 強度を基準にして、複数の強度 (90 ~ 115% VO_{2max}) と時間 (距離: 200m ~ 3 km) を組み合わせ、その後の持続走中の脂質酸化量について、高強度走を行なわない条件と比較する。さらに高強度運動として 5 分程度で終了する筋力トレーニング (スクワット) も用いた。

(2) 幅広い能力を有する多くのランナーに対して、上記 3 要因の他に脂質代謝能力を同時に評価し、マラソンパフォーマンスにおける脂質代謝能力の重要性を明らかにする。フルマラソンレースに参加するランナーを対象に、レースの約 2 週間前にトレッドミルにて 3 要因と脂質酸化能力を評価した。レース中は、3 要因から予測されるマラソンペースで前半を走るよう指示した。レース中の心拍数、5 km 毎の所要時間を測定し、3 要因と脂質酸化能力を含め生理学的能力とマラソンにおける失速の関係性を明らかにした。

(3) ガチユル走のトレーニング効果を検証する。オーソドックスな持続走トレーニングを行なう群と、ガチユル走トレーニングを実践する群で、上記 4 つの要因に対する効果の違いを明らかにし、合わせてガチユル走を取り入れる頻度や留意点などの情報を得る。

4. 研究成果

(1) 高強度 + 持続走中のエネルギー代謝

長距離ランナー 10 名を対象に、高強度運動 (95% VO_{2max} の 1.5 km 走: 1.5 km 条件、110% VO_{2max} で 200m x 5 本: Int 条件) を行なわせた後に、引き続き持続走 (90% LT 強度) を行なわせると、通常の持続走のみの条件 (Cont 条件) に比べて運動中を通して脂質酸化量が増え、エネルギー消費量に差がないにもかかわらず、有意に脂質酸化量が増大した (図 1)。その結果、運動中のエネルギー基質割合が変化し、事前に高強度走を行わせた 2 つの条件では、脂質酸化率が増大し

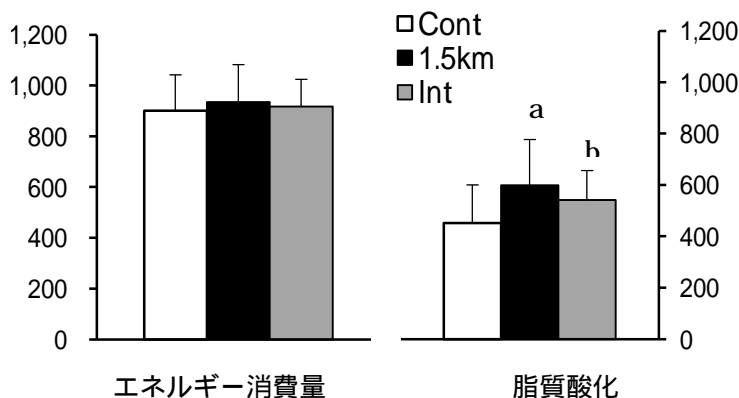


図1 3条件の持続走におけるエネルギー消費量と脂質酸化量(kcal: 平均値±標準偏差) P<0.05; a: Cont vs 1.5km、b: Cont vs Int

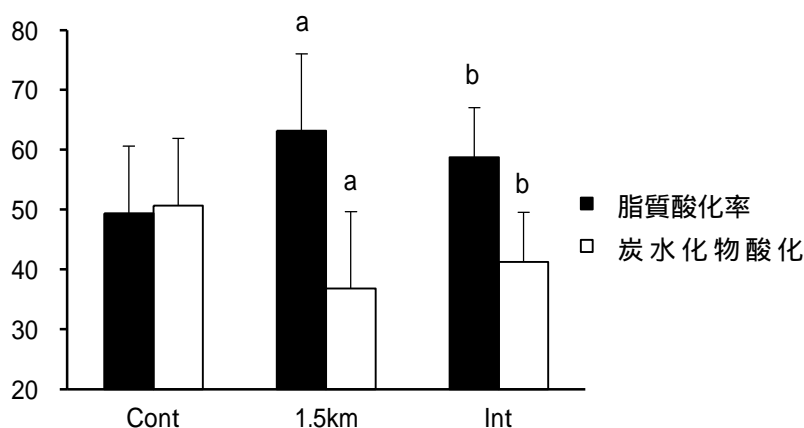


図2 3条件の持続走におけるエネルギー基質割合(%: 平均値±標準偏差) P<0.05; a: Cont vs 1.5km、b: Cont vs Int

た(図2)。さらに、別の被験者に対して、高強度運動を500m(115% VO₂max)に代えても同様の脂質酸化の亢進が認められたが、高強度運動を200m走スプリント1本や5分程度のスクワット運動による筋力トレーニングに代えた場合、有意な脂質酸化の亢進は認められなかった。この時、成長ホルモンの向上は認められず、血中乳酸値の上昇は軽微であった。そのため、ユルにおける脂質酸化の亢進は、高強度運動(ガチ)における解糖系の動員によって筋グリコーゲンが低下することに由来すると考えられ、高強度走の直後に持続走を行なわせるガチユル走は脂質酸化量を増進させる効果的なトレーニング法になる可能性が示唆された。

(2) マラソンと脂質代謝の関係

フルマラソンを走る24名の市民ランナーに対して、事前に漸増負荷試験を行い、3要因と脂質代謝指標を測定した。脂質代謝指標はChenevierreら(2009)の方法を用い、最大脂質酸化量(MF0)、最大脂質酸化量時の運動強度(Fatmax)、最小脂質酸化量時の運動強度(Fatmin)を算出した。フルマラソンは、2023年11月のつくばマラソン大会(11月26日開催、レース中の平均気温6.5)を用いた。レースを完走した21名について、レースで後半に走速度を低下させた失速群(10名)と後半の走速度が向上した非失速群(11名)に分類し、それぞれの群の能力を比較したところ、Fatminのみ有意差があり、非失速群は、高いFatminを有することが明らかとなった。Fatminは、脂質代謝が使われる最大の強度と定義されており、マラソンの走速度は、FatmaxからFatminの間に相当するため、マラソンにおける脂質代謝能力の重要性が明らかとなった。

(3) トレーニングの効果

フルマラソン完走を目指す21名の一般大学生を対象に、約3か月間(6月から9月)のトレーニング実験を行った。トレーニングの前と後にトレッドミルにてVO₂maxなどの3要因と脂質代謝能力を評価した。トレーニングは、全員に高強度+持続走トレーニング(ガチユル走)を指導したのちに、対象者の意向によって、主にガチユル走を実践した群と、通常の持久性トレーニングを実践した対象群の2群に分けた。トレーニング記録を分析し、途中で離脱した4名、著しくトレーニング量が少なかった2名、トレーニング記録に不備があった1名を除き、14名を対

象とし、ガチユル群（7名）は全体の約50%をガチユル走でトレーニングし、通常群（7名）は10%であった（表）。また、1回で走った最長距離は、両群で差がなかったが、月間の走行距離はガチユル群で短かった。3要因に関しては、最大酸素摂取量は、ややガチユル群で向上が大きかったものの有意差はなく、唯一脂質代謝能力の一つであるFatminに有意差が認められた。トレッドミル実験の約2か月後に参加したフルマラソンでは、ガチユル群でやや速いものの、有意差はなかった。しかし、レース途中で歩いてしまった者は、通常群で67%、ガチユル群では29%であった。

ガチユル走によって、通常のトレーニングよりも走距離が少ないにもかかわらず、より脂質代謝能力が改善し、マラソンへの適性が高まった可能性がある。

表 通常群とガチユル群のトレーニング内容とマラソンの成績

	人数 (女性)	走頻度 (回/月)	走距離 (km/月)	ガチユル 実践(%)	最長距離 (km)	マラソン完 走時間	歩行率 (%)
通常群	7(3)	12.2	103.2	10.9	14.1	4時間33分	66.7
ガチユル群	7(1)	9.2	73.7	51.9	15.1	4時間22分	28.6

以上の研究成果を総合して、持続走の前に短時間の高強度走運動を行なう「ガチユル走」によって、その後の持続走中の脂質代謝が亢進することが明らかとなった。また、マラソンで失速する要因の一つに脂質代謝能力の優劣が関連すること、ガチユル走トレーニングを用いることで脂質代謝能力が向上することが明らかとなり、ガチユル走は市民ランナーのマラソントレーニングとして有効であると言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 鍋倉賢治、中村和照、岩山海渡、服部聡士、丹治史弥、小川慶凶、大木祥太	4. 巻 35
2. 論文標題 短時間・高強度走後に行う持続走中のエネルギー代謝	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ランニング学研究	6. 最初と最後の頁 105-115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 大木祥太、鍋倉賢治	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 短時間高強度運動がその後の持久性トレーニング中の脂質酸化量に及ぼす影響	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 体育学研究	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大木祥太、畑浦秀哉、小山和人、鍋倉賢治
2. 発表標題 脂質酸化能力に着目したマラソンパフォーマンス第4の要因の探索
3. 学会等名 第35回ランニング学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Oki S., Watanabe K., Hataura S., Nabekura Y.
2. 発表標題 Combining strength training and endurance training to Exploring new training methods to improve fat oxidation capacity and running economy in runners
3. 学会等名 ARIHHPフォーラム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Oki S, Ono S, Yonamine M, Shishikura Y, Ichihara H, Takekoshi K, Nabekura Y
2. 発表標題 Development of a new endurance training method by combining strength training and endurance training
3. 学会等名 ARIHHP Science week 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鍋倉賢治、小川慶図、大木祥太、小山和人、畑山大知
2. 発表標題 プロジェクト事業報告 ハーフマラソンプロジェクト～フルマラソンへの道標～
3. 学会等名 第36回ランニング学会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大木祥太、畑山大知、小山和人、鍋倉賢治
2. 発表標題 マラソン中のエネルギー動態に影響を及ぼす要因の探索的研究
3. 学会等名 第36回ランニング学会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 鍋倉賢治、大木祥太、小山和人、畑山大知
2. 発表標題 フルマラソンの失速を事前のハーフマラソンの結果から予測できないか
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会 第73回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大木祥太、小山和人、鍋倉賢治
2. 発表標題 フルマラソンの失速に影響を及ぼす生理学的要因の検討
3. 学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会 第73回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青柳篤、石倉恵介、鍋倉賢治
2. 発表標題 脂質酸化能力はオリンピックディスタンストライアスロンにおけるランニングパフォーマンスの決定要因になり得るか：Classic modelの3要因を超えて
3. 学会等名 第11回JTUトライアスロン・パラトライアスロン研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	中村 和照 (Nakamura Kazuteru) (10613292)	中京大学・スポーツ科学部・准教授 (33908)	
研究分担者	榎本 靖士 (Enomoto Yasushi) (90379058)	筑波大学・体育系・准教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------