

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：32605

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20048

研究課題名（和文）疲労骨折発症メカニズムの検証-長距離選手におけるトレーニングの質と量に着目して-

研究課題名（英文）Verification of the Mechanisms of Stress Fracture Occurrence: Focusing on the Quality and Quantity of Training in Long-Distance Runners

研究代表者

藤田 真平（FUJITA, SHIMPEI）

桜美林大学・健康福祉学群・助教

研究者番号：30814529

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：長距離走のトレーニングには、走行距離の多いトレーニングや走速度の速いトレーニングがある。しかし、これらのトレーニングが骨に対してどのような影響を及ぼしているかは明らかでなかった。そこで、長距離走の異なるトレーニングが骨に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、週間走行距離が長くなる走行距離が長いトレーニング期は、筋へのダメージは大きい。骨吸収を抑制する可能性が示された。一方で、走速度の速いトレーニングを行っているときは、骨形成が優位な骨代謝動態を示した。このことは、疲労骨折を発症させないでトレーニングを行うための一助になると考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで明らかにされていなかった長距離選手のトレーニングの質と量が骨に及ぼす影響を明らかにした最初の研究となる。骨の状態やGPS搭載のスマートウォッチを用いて走行距離や走速度を定量化したことから、トレーニングの骨への影響を正確に把握できることを示した。得られた結果は、長距離選手のトレーニング計画立案の一助になると考える。

研究成果の概要（英文）：In the realm of long-distance running training, various types of workouts are involved, such as high mileage and high-speed training. However, the specific effects of these training methods on the bones remain unclear. Therefore, this study aimed to determine the impact of different long-distance running training modalities on bone health. The results of this study revealed that an increase in the weekly running mileage resulted in significant muscular damage and bone resorption suppression. Conversely, engaging in high-speed training during long-distance running exhibited a bone formation-dominant metabolic profile. Overall, these findings shed light on the effects of distinct training modalities on bone health and contribute to our understanding of long-distance running training strategies.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：疲労骨折 骨代謝マーカー トレーニング量 トレーニングの質 スマートウォッチ 走行距離 走行速度

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

疲労骨折は一度発症すると完治までに 2-3 ヶ月を要するため予防が重要であるが、疲労骨折のメカニズムの解明や予防法は未だ確立されていない。疲労骨折の発症率が高い陸上長距離選手は、遅い走速度で長い距離を走る「量」の多いトレーニングや、速い走速度で短い距離を走る「質」の高いトレーニングを実施しており、どちらのトレーニングが疲労骨折の要因なのか不明であった。我々はこれまでに、トレーニングの質が高い方が疲労骨折を発症させる可能性を示したが、走行距離や走速度は測定精度が低く、血中マーカー測定により骨代謝を評価したため、侵襲性の問題により経時的変化が追跡できず、トレーニング内容と骨状態の定量的評価が不十分であった。

近年、GPS 搭載のスマートウォッチが一般にも普及し、走行距離や走速度を測定することが可能となった。また、尿により測定が可能な骨代謝マーカーを用いることで、経時的変化についても追跡が可能なる。そこで、本研究では、GPS 搭載のスマートウォッチを被験者に装着させ、トレーニングの「量」と「質」を定量化するとともに、尿中マーカーを用いて骨の状態を定量化することにより、トレーニングによる骨代謝の時間的変化を調べ、トレーニングの違いによる骨代謝動態を明らかにすることができると考えた。

2. 研究の目的

本研究は、長距離選手におけるトレーニングの「質」と「量」が骨に対する影響を明らかにするため、下記の 2 つの目的で実験を行った。

- (1) 大学男子長距離選手を対象に、長距離走の異なるトレーニングが骨代謝動態(血清データ)に及ぼす影響を明らかにすること
- (2) 大学男子長距離選手を対象に、長距離走の異なるトレーニングが骨吸収マーカーの尿中 NTX に及ぼす影響を明らかにすること

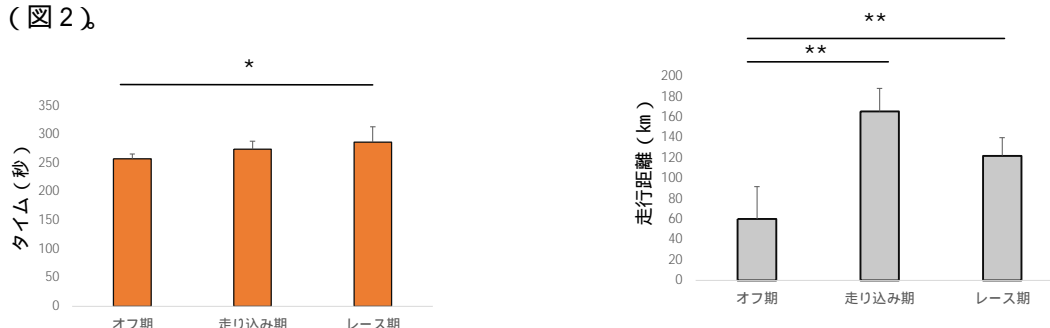
3. 研究の方法

(1) 大学陸上競技部に所属する男子 6 名を対象とした(19.5 ± 1.3 歳、体脂肪率 12.0 ± 2.3%)。測定は、オフ期、走り込み期、レース期の 3 期とした。オフ期は、比較的練習の少ない帰省中とした。走り込み期は、量を求めて走距離が長くなる合宿中とし、レース期は質を求めて走行速度が速くなる試合期間とした。各 1 週間のトレーニング内容は、スマートウォッチ(ForeAthlete935, Garmin)を用いて 1 週間の走行距離と 1 km の平均ラップタイムを記録した。骨代謝マーカーは、血清にて各期の後に測定を行った。なお、レース期の測定は、10000m の試合に出場した 2 日後に測定を行った。骨形成マーカーとして Ⅰ型プロコラーゲン-N-プロペプチド(TotalP1NP)、血清骨型アルカリフォスファターゼ(BAP)、骨吸収マーカーとして血清骨型酒石酸抵抗性酸性フォスファターゼ(TRACP-5b)の測定を行った。また、筋損傷の評価としてクレアチンキナーゼ(CK)の評価も行った。

(2) 大学陸上競技部に所属する男子 6 名を対象とした(19.7 ± 0.8 歳、体脂肪率 12.0 ± 2.5%)。10000m の平均タイムは、30 分 51 秒 ± 26 秒だった。(1) の 3 期に分けて測定を行った。骨代謝マーカーは、尿中Ⅰ型コラーゲン架橋-N-テロペプチド(尿中 NTX)の測定を、各期の後に 7 日間連続で測定した。尿中 NTX は基準値が広い(13.0-66.2 nmol BCE/mmol CRE)ため、各個人の骨吸収の状態を考慮するため、オフ期の 7 日間の平均値を対象者の通常値として用いた。通常値と比較して、レース期と走り込み期後の 7 日間の値を比較した。また、7 日間平均についても比較を行った。

4. 研究成果

(1) 1km の平均タイムは、オフ期(257.7 ± 8.0 秒)と比較してレース期(286.4 ± 27.2 秒)の方が遅かった(図 1)。走行距離は、オフ期(60.18 ± 31.6km)と比較して、レース期(122.1 ± 17.6km)、走り込み期(165.5 ± 22.4km)ともに長かった(図 2)。



*: p<0.05 ** : p<0.01

図 1. 各期における 1 km の平均タイムの比較

で高い値を示した ($p < 0.05$) (図 3)。骨代謝マーカーの TotalP1NP/TRACP-5b においてはオフ期 (0.12 ± 0.03) に比べてレース期 (0.17 ± 0.02) において高い値を示し ($p < 0.05$)、レース期の方が骨形成優位の骨代謝動態を示した (図 4)。

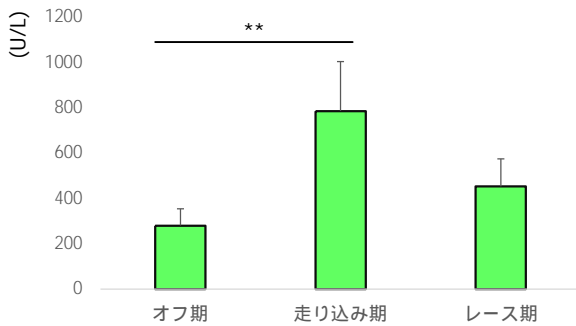


図 3. 各期における CK 値の比較

クレア 図 2. 各期における週間走行距離の比較

68.2U/L) と比べ走り込み期 ($786.33 \pm 283U/L$)

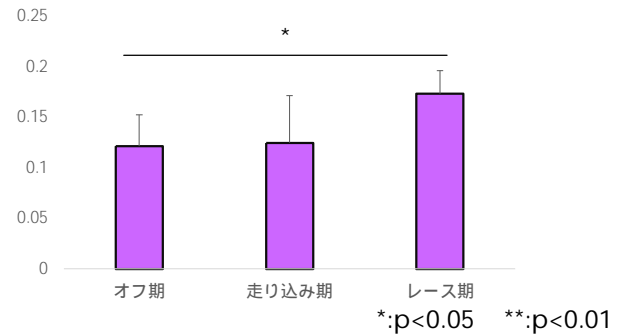


図 4. 各期における TotalP1NP/TRACP-5b の比較

(2)

レース

期後には尿中 NTX の変化はみられなかった (図 5)。一方で、走り込み期後の尿中 NTX の値は、オフ期の平均値と比較して 1 日後 (39.7 ± 9.5 nmolBCE/mmolCRE)、5 日後 (37.2 ± 7.9 nmolBCE/mmolCRE) で低値を示した ($p < 0.05$) (図 6)。

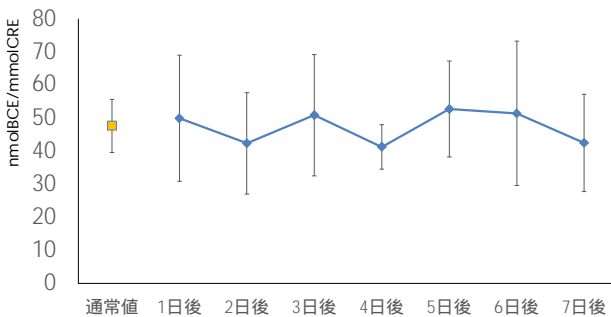


図 5. レース期における尿中 NTX の変動

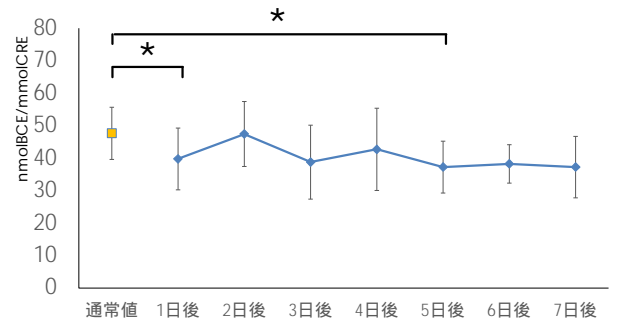


図 6. 走り込み期における尿中 NTX の変動

また、走り込み期後の 7 日間の平均値 (40.2 ± 9.5 nmolBCE/mmolCRE) で、オフ期の平均値よりも低値を示した ($p < 0.05$) (図 7)。

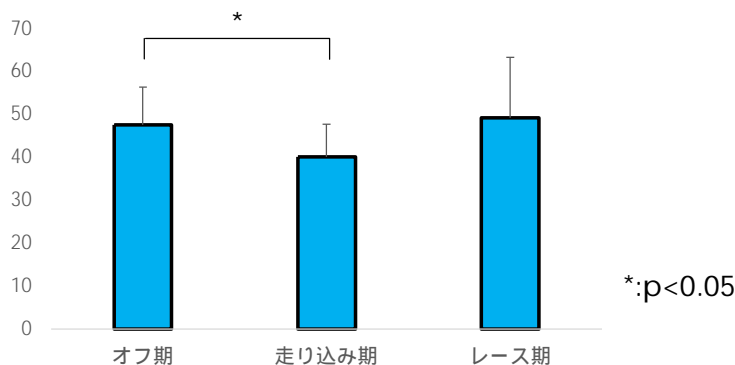


図 7. 各期における尿中 NTX の 7 日間平均の比較

これらの結果は、週間走行距離が長くなる走行距離が長いトレーニングは、筋へのダメージは大きい、骨吸収を抑制する可能性が示された。一方でレース期は、走速度の速いトレーニングや試合を行っているが、その他の走行時の走速度は遅く、1 km の平均タイムはオフ期や走り込み期より遅かった。そのため、レースが骨に対して刺激となり骨形成を優位の骨代謝動態になっている可能性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fujita S, Nagato S, Sakuraba K, Wakamatsu K, Kubota A	4. 巻 179(4)
2. 論文標題 High-speed running influences bone metabolism markers in collegiate male long-distance runner.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gazz Med Ital Arch Sci Med	6. 最初と最後の頁 231-237
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23736/S0393-3660.19.04084-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤田真平、櫻庭景植、若松健太、窪田敦之	4. 巻 28(2)
2. 論文標題 骨代謝マーカーを用いた疲労骨折の早期発見と予防	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本臨床スポーツ医学会誌	6. 最初と最後の頁 281-283
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 藤田真平、若松健太、櫻庭景植、渡辺修一郎、武田一
2. 発表標題 大学男子長距離選手における異なるトレーニング内容が尿中NTXに及ぼす影響
3. 学会等名 第33回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田真平、櫻庭景植、若松健太、武田一
2. 発表標題 大学男子長距離選手における異なるトレーニング内容が骨代謝マーカーに及ぼす影響
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujita S, Sakuraba K, Kubota A, Kishimoto K, Wakamatsu K
2. 発表標題 The characteristics of bone metabolic markers to stress fracture prevention and early detection by longitudinal study in collegiate male long distance runners
3. 学会等名 European College of Sports Science 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019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

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