

男性長距離走選手では シーズン中に骨形成が低下する

Bone formation decreases during the competitive season in male
long-distance runners

初雁晶子*¹, 上久保利直*¹, 鳥居 俊*²

キー・ワード : bone turnover, male long-distance runner, training volume
骨代謝回転, 男性長距離走選手, トレーニング量

〔要旨〕 男性長距離走選手を対象にシーズン中の骨代謝回転の変化を明らかにすることを目的とした。大学生男性長距離走選手 66 名を対象に 2022 年シーズンの開始から終了までに 5 回測定を行い、最終的に 25 名が解析対象となった。測定項目は血液検査で骨形成マーカーとして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酒石酸抵抗性酸フォスファターゼ (TRACP-5b)、遊離テストステロン (free testosterone)、黄体化ホルモン (LH)、コルチゾール (cortisol) とし、骨形成と骨吸収のバランスを示す uncoupling index (UI) を算出した。さらに身体組成測定とトレーニング量として走行距離を集計し、混合モデルを用いて各項目の変化を検討した。また、トレーニング量と骨代謝マーカーの関係を各時点において検討した。その結果、BAP がシーズン中に低値を示した。運動は骨形成を亢進させることが報告されているが、本研究では先行研究とは異なる結果を示した。さらに、トレーニング量と骨代謝マーカーの間にはすべての時点において関連が認められなかった。骨代謝マーカーが変化する要因に低エネルギー・アベイラビリティ (LEA) が挙げられる。本研究においてトレーニング量との関連が認められなかったことから、今後はエネルギー摂取量を評価するとともに、LEA と骨代謝マーカーの関連について検討する必要がある。

緒 言

骨粗鬆症診断をはじめとした骨の評価には骨密度が広く利用されている。アスリートの骨の評価においてもアメリカスポーツ医学会 (The American College of Sports Medicine) が低骨密度の基準¹⁾を示しているように骨密度による評価が一般的である。しかし、骨密度の変化を追跡するには半年から 1 年以上測定間隔を空ける必要があり日々のスクリーニングには不向きである。また骨密度測定には高価な機器が必要であり、かつ操作資格を有する者が操作しなければならず、スポーツ現場において頻回に実施することは現実的では

ない。アメリカ国立衛生研究所 (National Institute of Health) は骨密度とは独立した骨強度の指標である骨質の一つに骨代謝回転を提唱した²⁾。骨代謝回転は血中や尿中から骨代謝マーカーを定量することで評価できる。骨代謝マーカーは骨代謝回転の状態をリアルタイムに反映するため、アスリートにおける骨の健康状態をスクリーニングする際に有用である。

運動と骨代謝回転との関連について多くの報告がなされている。レジスタンストレーニングや有酸素運動によって骨形成と骨吸収の両者が亢進することから^{3,4)}、運動は骨の健康に良い効果をもたらす。しかし、先行研究の多くが横断研究や非アスリートを対象にしたトレーニングによる一過性の応答に関する報告である。したがって、特定競技のアスリートにおいて骨代謝回転がどのように維持されているかは不明である。

*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*2 早稲田大学スポーツ科学学術院

Corresponding author : 鳥居 俊 (shunto@waseda.jp)

| | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | Jan. | Feb. | Mar. |
|---|-----------------------|-----|------|---------------------|------|------|----------------------|------|------|----------------|------|------|
| Blood sample collection | BL | | | TR | | TP | | RR | | | PS | |
| Season | → track race period → | | | → training period → | | | → road race period → | | | → pre-season → | | |
| measurements | a, b | | | a | | a, b | | a | | | a, b | |
| <i>BL</i> , baseline; <i>TR</i> , track race period; <i>TP</i> , training period; <i>RR</i> , road race period; <i>PS</i> , post season. a, blood sample collection; b, body composition | | | | | | | | | | | | |

図1 研究デザインと期分け

アスリートは1シーズンをいくつかに分けて中長期的なトレーニング計画を立てて実施していく。長距離走選手は距離や速度の異なるレースに出場するため1シーズンのうちでもトレーニング量や強度が変化していく。特に本邦大学生アスリートは夏ごろから駅伝への出場を目的としたトレーニングを重点的に行うため諸外国に比べシーズンが長期化していると考えられる。しかし、長距離走選手を対象に骨代謝回転の変動をシーズン通して縦断的に追跡した報告はない。そこで、本研究は大学生長距離走選手を対象に骨代謝マーカーを用いてシーズンを通した骨代謝回転の変化を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

長距離走を2年以上専門的に行っている大学生男性長距離走選手66名を対象とした。対象者は2022-2023年で研究に参加した。対象者には研究開始前に研究の目的、方法を説明したのち同意を得た上で測定を開始した。本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した(承認番号:2021-215)。

2. 研究デザイン

シーズン通した骨代謝マーカーの変化を追跡するために対象集団には計5回測定(4月, 7月, 9月, 11月, 2月)を実施した。本邦の大学生は4月から7月まで主にトラックレースに出場する(トラックレース期)。8,9月の夏季休業期間は10月からのロードレース期に備えて合宿を行うトレーニング期となる。その後、駅伝に代表されるロードレースに出場するロードレース期を迎え2月ごろにシーズンが終了し、3月から次シーズンに向けてプレシーズンが始まる。期分けをもとに

4月をベースライン(BL)、7月をトラックレース期(TR)、9月をトレーニング期(TP)、11月をロードレース期(RR)、2月をシーズン終了(PS)として図1に示した。また、すべての時点で採血を実施し、4月、9月、2月に二重エネルギーX線吸収法(DXA法)による身体組成測定を行った。

本研究の目的はシーズン中の変化を明らかにすることであるため、意図的にトレーニング量を減らした者以外を解析対象とする必要があった。そこで除外基準は、①初回測定(BL)に採血を実施しなかった者、②2回以上連続して採血を実施しなかった者、③各測定前4週間(28日間)のうち週1日の休養を除いた24日間で、トレーニング量の記録がない日数が12日以上あった者とした(図2)。なお、日数の設定には長距離走選手に多く発生し、日本臨床スポーツ医学会・日本アスレティックトレーニング学会共同声明⁹⁾にて示された脛骨疲労性骨損傷の離脱日数(11.3日)を参考にした。最終的に25名が解析対象となった。対象者の基本情報と人数は表1に示す。

3. 血液採取

日内変動が起こる項目を考慮し、すべての測定での検体採取は早朝7時から9時に実施することで統一した。対象者には採取日当日の朝練習は控えるよう伝え、採取前には約200mlの水の摂取を指示した。検査項目は骨形成マーカーである骨型アルカリフォスファターゼ(bone specific alkaline phosphatase:BAP)、骨吸収マーカーである酒石酸抵抗性酸フォスファターゼ(tartrate-resistant acid phosphatase-5b:TRACP-5b)、性ホルモンとして遊離テストステロン(free testosterone)、黄体化ホルモン(luteinizing hormone:LH)、コルチゾール(cortisol)とした。BAPはCLEIA法、TRACP-5bはEAI法、遊

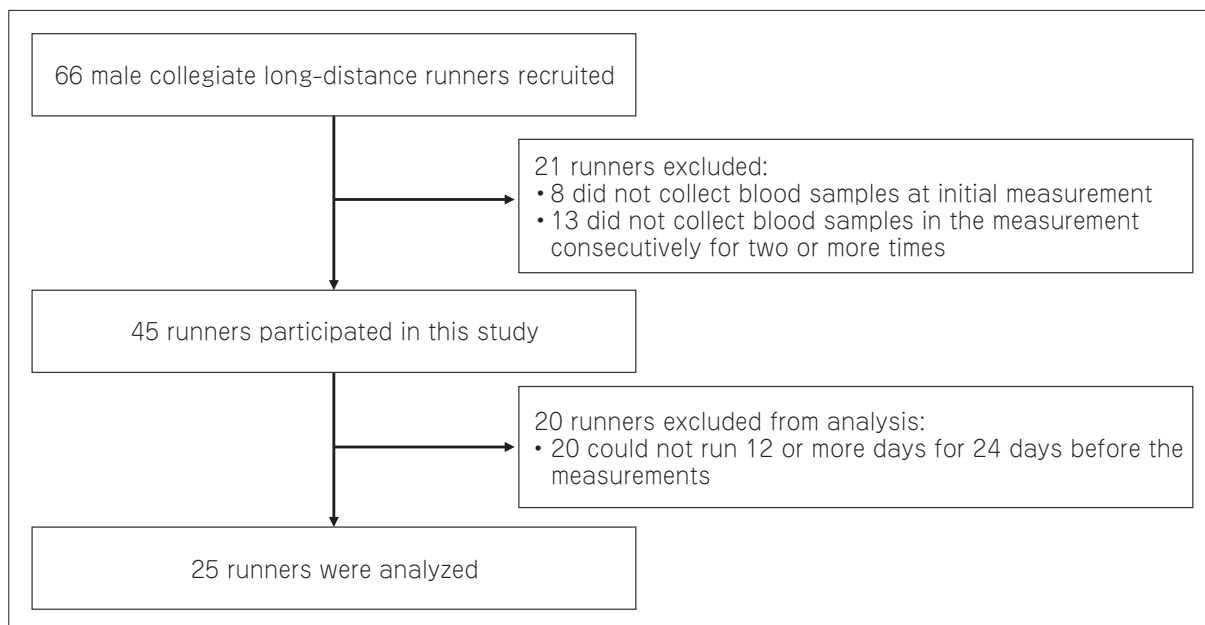


図2 対象者の除外基準とフローチャート

表1 対象者の基本情報と測定参加人数

| | Mean | SD | All measurement | One skipped measurement |
|------------------|-------------|----|-----------------|-------------------------|
| Age (y) | 19.2 ± 0.9 | | | |
| Height (cm) | 170.2 ± 4.1 | | | |
| Weight (kg) | 57.6 ± 0.8 | | | |
| Participants (n) | | | 19 | 6 |

Data are presented as mean ± SD

離テストステロンはRIA 固相法, LH とコルチゾールは CLIA 法で検査を行った. 全ての項目の定量化は株式会社ビー・エム・エル(東京, 日本)に委託した.

4. 身体組成測定

DXA 法装置 (Horizon, Hologic 社製) により身体組成測定を行った. 身体組成として骨密度 (bone mineral density : BMD), 脂肪量 (fat mass : FM), 除脂肪量 (fat-free mass : FFM), 全身質量 (body weight), 体脂肪率 (% body fat) を算出した.

5. トレーニング情報

シーズン中は目標距離の異なるレースに参加するためにトレーニング量が変化し, 血液指標に影響を及ぼす可能性がある. そのため血液採取前4週間の走行距離を1日ごとに集計し, トレーニング量として算出した. 記録がない場合は, トレーニングを実施しなかったと解釈した.

6. 統計処理

まず骨形成と骨吸収のバランスを評価するために uncoupling index (UI) を算出した⁶⁾. BL 時点の骨形成・骨吸収マーカーの平均値と標準偏差から各時点におけるそれぞれの Zスコアを算出し (i), 骨形成マーカーの Zスコアと骨吸収マーカーの Zスコアの差を UI として算出した (ii). UI が 0 より大きい値を示すと骨形成優位, 0 より小さい値を示したら骨吸収優位とした.

$$Z\text{-score} = (\text{Subject value} - \text{Mean}_{\text{baseline}}) / \text{SD}_{\text{baseline}} \quad (\text{i})$$

$$\text{UI} = Z\text{-score}_{\text{BAP}} - Z\text{-score}_{\text{TRACP-5b}} \quad (\text{ii})$$

統計処理には統計解析ソフト EZR (Easy R version 1.61, 自治医科大学) を用いた. 期間中の各指標における変化を検討するために測定タイミングを固定効果, 個人差を変量効果として混合効果モデルを用いた. なお, 対象には発育途上の可能性がある年齢が含まれていること, 骨代謝マーカーは運動の量や継続時間の影響を受ける^{3,7)}ことから

表2 血中指標とトレーニング量の変化

| | BL (n=25) | | TR (n=24) | | TP (n=24) | | RR (n=23) | | PS (n=23) | |
|----------------------------|---------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|-------------------------|----|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Blood values | | | | | | | | | | |
| BAP (µg/L) | 24.1 ± 9.4 | | 21.5 ± 10.3 ^a | | 20.8 ± 5.7 ^a | | 19.1 ± 4.5 ^a | | 20.7 ± 5.2 ^a | |
| TRACP-5b (mU/dL) | 466.6 ± 136.5 | | 470.4 ± 137.6 | | 425.2 ± 119.1 | | 441.0 ± 137.9 | | 436.4 ± 109.7 | |
| UI | 0.0 ± 1.2 | | -0.3 ± 1.1 | | -0.1 ± 1.1 | | -0.4 ± 1.1 | | -0.1 ± 0.9 | |
| Free testosterone (pg/mL) | 15.3 ± 5.9 | | 14.1 ± 5.3 | | 13.3 ± 4.6 | | 14.2 ± 4.4 | | 14.5 ± 3.6 | |
| LH (mIU/mL) | 2.5 ± 1.0 | | 3.1 ± 1.3 | | 3.0 ± 1.2 | | 3.4 ± 1.5 | | 3.0 ± 1.3 | |
| Cortisol (µg/dL) | 15.4 ± 5.1 | | 14.4 ± 5.1 | | 16.2 ± 4.0 | | 15.3 ± 4.1 | | 16.5 ± 4.1 | |
| Training volume (km/month) | 343.5 ± 168.5 | | 479.4 ± 112.2 ^a | | 488.4 ± 172.8 ^a | | 463.5 ± 117.6 ^a | | 373.4 ± 158.9 | |

Data are presented as mean ± SD and were adjusted for age and training volume. Training volume was adjusted for age only.

BAP, bone specific alkaline phosphatase ; TRACP-5b, tartrate-resistant acid phosphatase-5b ; UI, uncoupling index ; LH, luteinizing hormone.

^a Significant difference from BL ($p < 0.05$).

表3 身体組成の変化

| | BL (n=25) | | TP (n=25) | | PS (n=23) | |
|--------------------------|---------------|----|---------------|----|----------------------------|----|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| Body weight (kg) | 57.6 ± 0.8 | | 56.6 ± 4.5 | | 56.9 ± 5.1 | |
| Whole body | | | | | | |
| FM (kg) | 5.4 ± 3.8 | | 5.0 ± 0.8 | | 5.4 ± 0.8 | |
| FFM (kg) | 49.8 ± 4.5 | | 49.2 ± 3.8 | | 49.1 ± 4.3 | |
| % body fat (kg) | 9.3 ± 1.0 | | 8.8 ± 1.1 | | 9.4 ± 1.0 | |
| BMD (g/cm ²) | 1.170 ± 0.075 | | 1.177 ± 0.072 | | 1.169 ± 0.076 | |
| BMD T-score (SD) | 0.3 ± 1.0 | | 0.4 ± 1.0 | | 0.3 ± 0.9 | |
| BMD Z-score (SD) | 0.5 ± 1.2 | | 0.6 ± 1.2 | | 0.4 ± 1.2 | |
| Lumbar | | | | | | |
| BMD (g/cm ²) | 0.973 ± 0.074 | | 0.970 ± 0.073 | | 0.959 ± 0.076 ^a | |
| BMD T-score (SD) | -0.1 ± 0.7 | | -0.2 ± 0.6 | | -0.3 ± 0.7 | |
| BMD Z-score (SD) | 0.1 ± 0.6 | | 0 ± 0.6 | | -0.1 ± 0.6 | |

Data are presented as mean ± SD and were adjusted for age and training volume.

FM, fat mass ; FFM, free-fat mass ; BMD, body mineral density.

^a Significant difference from BL ($p < 0.05$).

年齢とトレーニング量を交絡因子として調整したうえで解析を行った。混合モデルの仮定条件は残差が正規分布することであり、残差が正規分布していない項目は対数変換したのちに再度分析を行った。さらに、各時点におけるトレーニング量と骨代謝マーカー (BAP, TRACP-5b) との関連について Pearson の積率相関係数を用いて検討した。

データはすべて平均値 ± 標準偏差で示し、統計学的有意水準は危険率 5% 未満とした。

結果

血中指標と走行距離の変化を表2に示した。血中指標では、BAPはすべての時点でBLより有意に低値を示した (PT, $p = 0.017$; TP, $p = 0.021$; RR, $p = 0.001$; PS, $p = 0.014$)。それ以外の血中指標では有意差は認められなかった。また、共変量として投入した年齢とトレーニング量は主効果を認めなかった。トレーニング量はPT ($p < 0.001$)、TP ($p < 0.001$)、RR ($p = 0.002$)においてBLより有意に多かった。身体組成で腰椎BMDはPS ($p = 0.017$)でBLより有意に低かったが、その他の

項目では有意差は認められなかった (表 3)。

トレーニング量と骨代謝マーカとの関連について測定時点ごとに検討したが、すべての時点と項目において関連は認められなかった。

考 察

本研究は男性長距離走選手を対象にシーズンを通して骨代謝回転の動態を明らかにすることを目的とした。その結果、シーズン中は骨吸収マーカーである TRACP-5b は変化せず、骨形成マーカーである BAP の低下が観察された。この結果は、男性トライアスロン選手を対象にしたシーズン中の骨代謝マーカの変化に関する報告を支持するものであった⁸⁾。長距離走選手を対象に行われた骨代謝回転に関する先行研究は、女性を対象とした月経異常やエネルギー・アベイラビリティに関する報告が多い。エストロゲンには骨吸収を抑制させる作用があり、エストロゲン低下により引き起こされる月経異常を有する選手では骨吸収が亢進することが報告されている⁹⁾。一方、テストステロンには骨芽細胞分化を促す作用があるため骨形成の亢進に作用すると考えられる。本研究では遊離テストステロンの低下は確認されなかったものの、20歳代の一般男性の基準値 (8.5-27.9pg/mL) と比べて低値で推移している¹⁰⁾。したがって恒常的なテストステロンの低さが BAP 低下に影響している可能性がある。本研究の結果は男性長距離走選手の骨代謝回転の乱れは、女子長距離走選手で生じる骨吸収の亢進とは異なる機序で生じることを示唆している。

骨吸収と骨形成のカップリングを示す UI は変化しなかったものの、シーズン中は 0 より小さい値であり、骨吸収優位の状態を示している。骨吸収優位ではあるが、本研究では骨形成が低下したことにより相対的に骨吸収が上回った状態であったと解釈できる。

腰椎 BMD はシーズン終了時点でベースラインより低下していた。骨代謝回転の異常は BMD 低下を招くが、両者の間には時間差が生じる。BMD の変化を観察するには半年から 1 年の期間を空けて測定することが推奨されることを踏まえると、海綿骨である腰椎 BMD 低下は BAP 低下により骨吸収優位の状態が半年以上続いたことで生じたと考えられる。しかしながら、DXA 法による腰椎 BMD の最小有意変化率は 5.3% であり¹¹⁾、本研究

では満たしていない。したがって、統計学的な有意差ではあるものの臨床的な変化ではない可能性があり、さらなる検討が必要である。

骨代謝回転の変化にはエネルギー・アベイラビリティ (energy availability : EA) も影響を及ぼす。EA とはエネルギー摂取量から運動時エネルギー消費量を差し引き除脂肪量で除した値として定義され、EA が 30kcal/kg FFM/日未満になると low EA (LEA) とされる。EA は生命維持のために利用できるエネルギー量であることから LEA ではアスリートにとって様々な支障をきたす Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) を引き起こすことが国際的に注目されている^{12,13)}。LEA は性別に関わらず生理学的、心理的にアスリートにおいてネガティブな影響を及ぼし、競技パフォーマンス低下を招くことが問題視されている¹⁴⁾。特に長距離走選手はよりよいランニングエコノミーを獲得するために体重や体脂肪率を低く維持することから、REDs のリスクを高める危険性が示唆されている¹⁵⁾。

骨に着目すると EA の制限は骨形成の低下につながり¹⁶⁾、5 日間の LEA 条件でも骨形成の低下と骨吸収の上昇が報告されている¹⁷⁾ ことから、LEA は骨代謝回転を変化させることで骨の健康を害してしまうと考えられる。さらに、Papageorgiouらは運動時エネルギー消費量の増加による LEA ではなく、エネルギー摂取量の制限に起因する LEA でのみ骨形成の低下を引き起こすことを報告した¹⁸⁾。本研究においても BAP の変化を検討する際に共変量として投入したトレーニング量に有意差はなかった。運動時エネルギー消費量の増加ではなくエネルギー摂取量の低下が骨形成の低下に影響を及ぼした可能性が考えられ、エネルギー摂取量を評価したさらなる検討が必要である。

本研究の限界点は 2 点ある。1 点目は疲労骨折を含めた Bone stress injury (BSI) の発生を追跡できなかったことである。疲労骨折の発生要因の一つである低骨密度は骨代謝回転の異常により引き起こされるため、BSI は通常とは異なる骨代謝回転であった可能性は否定できない。したがって、解析対象者の中に骨代謝回転に異常をきたしていた者が含まれた可能性が考えられる。2 点目は一定のトレーニングが実施できた者を解析対象とするために、トレーニング量の記録が 12 日以上ある者を対象としたことである。今回はトレーニング

量を各個人が1日ごとに記録する走行距離データとした。中には空欄であった対象者がいたが走行していない、もしくは記録不備かの判別ができず解析対象者数が本来より少なく見積もられている可能性がある。

結 語

大学生男性長距離走選手を対象にシーズンを通じた骨代謝回転の変化を検討し、シーズン中は骨形成が低下することが明らかになった。

謝 辞

公益財団法人日本スポーツ医学財団の2021年度研究助成金を受けて実施した。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

A.H.: conceptualization, data curation, formal analysis, funding acquisition, investigation, methodology, visualization, and writing original draft; T.K.: investigation and writing review & editing; S.T.: supervision and writing review & editing.

文 献

- 1) Otis CL, Drinkwater B, Johnson M, et al. American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29: i-ix doi: 10.1097/00005768-199705000-00037.
- 2) NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA.* 2001; 285: 785-795 doi: 10.1001/jama.285.6.785.
- 3) Scott JPR, Sale C, Greeves JP, et al. The role of exercise intensity in the bone metabolic response to an acute bout of weight-bearing exercise. *J Appl Physiol.* 2011; 110: 423-432 doi: 10.1152/jappphysiol.00764.2010.
- 4) Kish K, Mezil Y, Ward WE, et al. Effects of plyometric exercise session on markers of bone turnover in boys and young men. *Eur J Appl Physiol.* 2015; 115: 2115-2124 doi: 10.1007/s00421-015-3191-z.
- 5) 砂川憲彦, 真鍋知宏, 半谷美夏, 他. スポーツ外傷・障害および疾病調査に関する提言書: 日本臨床スポーツ医学会・日本アスレティックトレーニング学会共同声明. *日本アスレティックトレーニング学会誌.* 2022; 7: 155-171 doi: 10.24692/jsatj.7.2_155.
- 6) Kim TY, Shoback DM, Black DM, et al. Increases in PYY and uncoupling of bone turnover are associated with loss of bone mass after gastric bypass surgery. *Bone.* 2020; 131: 115115 doi: 10.1016/j.bone.2019.115115.
- 7) Maimoun L, Manetta J, Couret I, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. *Int J Sports Med.* 2006; 27: 105-111 doi: 10.1055/s-2005-837621.
- 8) Maimoun L, Galy O, Manetta J, et al. Competitive season of triathlon does not alter bone metabolism and bone mineral status in male triathletes. *Int J Sports Med.* 2004; 25: 230-234 doi: 10.1055/s-2003-45257.
- 9) Idolazzi L, El Ghoch M, Dalle Grave R, et al. Bone metabolism in patients with anorexia nervosa and amenorrhoea. *Eat Weight Disord.* 2018; 23: 255-261 doi: 10.1007/s40519-016-0337-x.
- 10) 岩本晃明, 柳瀬敏彦, 高 栄哲, 他. 日本人成人男子の総テストステロン, 遊離テストステロンの基準値の設定. *日本泌尿器科学会雑誌.* 2004; 95: 751-760 doi: 10.5980/jpnjurol1989.95.751.
- 11) Shuhart CR, Yeap SS, Anderson PA, et al. Executive summary of the 2019 ISCD Position Development Conference on monitoring treatment, DXA cross-calibration and least significant change, spinal cord injury, Peri-prosthetic and orthopedic bone health, transgender medicine, and pediatrics. *J Clin Densitom.* 2019; 22: 453-471 doi: 10.1016/j.jocd.2019.07.001.
- 12) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018; 28: 316-331 doi: 10.1123/ijnsnem.2018-0136.
- 13) Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, et al. The IOC consensus statement: beyond the Female Athlete Triad—Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br J Sports Med.* 2014; 48: 491-497 doi: 10.1136/bjsports-2014-093502.
- 14) Melin AK, Areta JL, Heikura IA, et al. Direct and indirect impact of low energy availability on sports performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2023 doi: 10.1

- 111/sms.14327.
- 15) Mooses M, Hackney AC. Anthropometrics and Body Composition in East African Runners: Potential Impact on Performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017; 12: 422-430 doi: 10.1123/ijsp.2016-04-08.
- 16) Ihle R, Loucks AB. Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. *J Bone Miner Res.* 2004; 19: 1231-1240 doi: 10.1359/JBMR.040410.
- 17) Papageorgiou M, Elliott-Sale KJ, Parsons A, et al. Effects of reduced energy availability on bone metabolism in women and men. *Bone.* 2017; 105: 191-199 doi: 10.1016/j.bone.2017.08.019.
- 18) Papageorgiou M, Martin D, Colgan H, et al. Bone metabolic responses to low energy availability achieved by diet or exercise in active eumenorrheic women. *Bone.* 2018; 114: 181-188 doi: 10.1016/j.bone.2018.06.016.

(受付 : 2023 年 8 月 21 日, 受理 : 2024 年 2 月 18 日)

Bone formation decreases during the competitive season in male long-distance runners

Hatsukari, A.^{*1}, Kamikubo, T.^{*1}, Torii, S.^{*2}

^{*1} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Key words: bone turnover, male long-distance runner, training volume

[Abstract] This study aimed to investigate changes in bone turnover during a competitive season. Twenty-five of 66 male collegiate long-distance runners were analyzed. They participated in measurements five times a year. Bone turnover markers (bone specific alkaline phosphatase and tartrate-resistant acid phosphatase-5b), sex hormones (free testosterone and luteinizing hormone), and cortisol were measured through blood sample collections; we calculated the uncoupling index from bone formation and resorption markers. Running mileage was calculated as the training volume. Changes in blood values, body composition, and running mileage were analyzed using a mixed model. The relationships between bone turnover markers and training volume were assessed. Results showed that during a competitive season, the bone formation marker level decreased compared to the baseline level, while the bone resorption marker did not change. Moreover, bone turnover markers did not correlate with training volume. Low energy availability was a factor in the change of bone turnover. The present study only focused on energy expenditure. Therefore, it is necessary to assess the relationship between bone metabolism and energy availability.