

# 大学男子長距離選手における 疲労骨折の予防・早期発見に対する 骨代謝マーカーの有用性

Longitudinal study of the usefulness of bone metabolic markers for  
the prevention and early detection of stress fractures in collegiate male  
long-distance runners

藤田真平\*1, 桜庭景植\*1,2,3,4, 窪田敦之\*2,3  
若松健太\*5, 洪 定男\*6, 鈴木良雄\*3  
長門俊介\*3, 仲村 明\*3, 山澤文裕\*4

キー・ワード : Stress fracture, bone metabolic marker, long-distance running, screening  
疲労骨折, 骨代謝マーカー, 長距離走, スクリーニング

〔要旨〕 大学男子長距離選手を対象に骨代謝マーカーを経時的に前向きに調査し、疲労骨折予防・早期発見に対する骨代謝マーカーの有用性を検討することを目的とした。

対象は2011年から2014年に大学陸上競技部に所属した男子長距離選手29名(18~22歳)とし、定期的に骨代謝マーカーの測定を行った。骨代謝マーカーは、骨形成マーカーとしてBAP、骨吸収マーカーとしてTRACP-5b、尿と血清のNTXを測定した。骨代謝マーカーの測定を3回以上行っている選手を対象とした。選手ごとに疲労骨折のない時の測定値から平均値を算出し、出てきた値を通常値として分析に用いた。疲労骨折の既往歴の有無により群わけを行い、比較した。疲労骨折既往を有する選手(疲労骨折既往群)は5名で、疲労骨折既往のない選手(対照群)は21名であった。測定期間中に疲労骨折が発症した3名は分析から除外した。TRACP-5bにおいて疲労骨折既往群( $620.5 \pm 88.9 \text{ mU/dL}$ )は対照群( $501.7 \pm 94.8 \text{ mU/dL}$ )と比較して高値を示した( $p < 0.05$ )。疲労骨折を発症した3名は、疲労骨折のない時と比較し、疲労骨折発症時にNTXの値が高くなった。一方でTRACP-5bは、疲労骨折の発症に関係なく一般成人男性の基準値よりも高い値を示していた。

男子長距離選手において、疲労骨折の既往歴を有する選手はTRACP-5bが高いことが示された。またNTXの高値は、疲労骨折を発症している可能性が示された。

## 緒 言

疲労骨折は一度発症すると完治するまでに多くの時間を要することから、トレーニングが行えずスポーツ選手や指導者にとって重大な障害の一つで

ある。特に陸上競技の長距離種目のように持久系のアスリートでは疲労骨折の発症率が高く、男子選手に比べ女子選手の方が多く発症すると言われている<sup>1,2)</sup>。しかし、陸上競技の全国大会に出場した高校生を対象に行った外傷・障害に関する調査では、疲労骨折の罹患率は女子選手が16.7%だったのに対し、男子選手は14.0%であったことを報告している<sup>3)</sup>。このことから疲労骨折に関する調査は、女子選手に限らず男子選手を対象にした調査も行う必要がある。

先行研究では、骨密度が低いことは疲労骨折の

\*1 順天堂大学女性スポーツ研究センター

\*2 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科スポーツ医学

\*3 順天堂大学スポーツ健康科学部

\*4 日本陸上競技連盟医事委員会

\*5 桜美林大学健康福祉学群健康科学専修

\*6 コウ整形外科クリニック

発症リスクを高くすることが報告されている<sup>4-6)</sup>。しかし、骨密度が低いにもかかわらず疲労骨折を発症せずに優秀な成績を上げている選手もおり<sup>7)</sup>、骨密度のみで疲労骨折の発症を予測することは難しい。骨の強さ（骨強度）は、骨密度と骨質（骨代謝・コラーゲン架橋など）に分けられる<sup>8)</sup>。骨密度の測定結果は、測定の前2~3ヶ月前の骨へのメカニカルストレスや栄養状態を反映している。一方で、尿中や血中から測定することのできる骨代謝マーカーの結果は、測定時の骨の状態を反映している。そのため疲労骨折の早期発見・予防マーカーとして注目され、スポーツ選手に対して調査が行われている。これまでに女子選手を対象にした研究では、疲労骨折の発症時に骨吸収マーカーであるI型コラーゲン架橋Nテロペプチド（TypeI collagen crosslinked N-telopeptide in serum : NTX）が高値を示すことが報告されている<sup>9,10)</sup>。また、疲労骨折既往歴のある選手は、疲労骨折既往がない選手と比較して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5b（Tartrate-resistant acid phosphatase 5b : TRACP-5b）が高い<sup>11)</sup>。この研究では、1回の骨代謝マーカーの測定から対象者の骨代謝動態を捉え、疲労骨折既往の有無による群分けにより比較を行っている。骨吸収マーカーのTRACP-5bや骨形成マーカーの骨型アルカリフォスファターゼ（Bone alkaline phosphatase : BAP）は、運動の影響を鋭敏に反応し変動するマーカーである<sup>12-14)</sup>。そのため1回の測定では測定前の運動状況などから疲労骨折がない状態の骨代謝動態を正確に捉えることができている可能性がある。しかし、アスリートにとって運動の影響を考慮するために測定前にスポーツ活動を休止することは難しい。そのため、アスリートの骨代謝動態を把握するためには、スポーツ活動を継続させた上で複数回の測定を行い、個人の骨代謝動態の特徴を把握し、評価する必要があると考えた。

そこで、本研究では大学男子長距離選手を対象に骨代謝マーカーを経時的に前向きに調査し、疲労骨折の予防・早期発見に対する骨代謝マーカーの有用性を検討することを目的とした。

## 対象および方法

### 1. 対象

対象は2011年から2014年に大学陸上競技部に

所属した男子長距離選手29名（18~22歳）とした。身体特性は、身長 $171.2 \pm 5.6$ cm、体重 $55.5 \pm 5.2$ kg、BMI $18.9 \pm 0.9$ kg/m<sup>2</sup>、5000mの平均タイムは14分24秒 $\pm 15$ 秒だった。本研究は順天堂大学院研究等倫理委員会の承認（院25-6）のもと、対象者および所属チームの指導者に対して実験の説明を口頭および文章によって行い、書面にて同意を得て行われた。

### 2. 骨代謝マーカー

骨代謝マーカーの測定は、血液と尿により測定を行った。日内変動を避けるため、採血は午前9時~11時の間に行った。採尿は第2尿とした。

骨形成マーカーは、BAPを測定した。BAPはCLESIA法により行った（Access ostase, Beckman Coulter）。単位は $\mu$ g/Lとした。

骨吸収マーカーには、TRACP-5b、血清NTX（s-NTX）、尿中NTX（u-NTX）の測定を行った。TRACP-5bの測定はEIA法にて行った（osteorinkse, DS Pharma Biomedical）。単位はmU/dLとした。s-NTXの測定はELISA法にて行った（OSTEOMARK NTx Serum, Alere Medical Co.）。単位はnmol BCE/Lとした。u-NTXの測定はELISA法により行った（OSTEOMARK, Inverness Medical）。u-NTXは、腎臓の影響を排除するためクレアチニン換算値を分析に用いた。単位はnmol BCE/mmol CREとした。すべての測定は（株）保健科学研究所に外部委託して行われた。また、破骨細胞の活性化状態をみるために、s-NTXおよびu-NTXをTRACP-5bで除した値も分析に用いた。

### 3. 測定回数

測定は2011年に2回、2012年1回、2013年に5回、2014年に4回行った。そのうち、最低3回以上測定している対象者を分析に用いた。最も測定回数の多い対象者は8回の測定を受けた。測定は大学陸上競技部が測定を行うタイミングで行った。2011年4月8日は基礎体力養成期間後の測定、2011年8月30日は持久力養成集中トレーニング期間後の測定、2012年3月30日は基礎体力養成期間後の測定、2013年3月29日は基礎体力養成期間後の測定、2013年7月23日はトラックレース期間後、2013年8月19日は持久力養成集中トレーニング期間中での測定、2013年8月27日は持久力養成集中トレーニング期間後の測定、2013年10月21日は実践的トレーニング期間中

表 1 年間トレーニングの概要

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
課題	基礎体力養成			トラックレース			持久力養成 集中的トレーニング			実践的トレーニング		
競技会	東京箱根間往復大学駅伝 競争 ロードレース クロスカンントリーレース			大学対校戦 日本選手権 全日本大学駅伝予選会					日本学 生対校 選手権 大会 (日本 IC)	出雲全日本大学選抜駅伝 競走 全日本大学駅伝対校 選手権大会		
トレーニング 内容	ウエイトトレーニング ファルトレクトレーニン グ 距離走・LSD			ショートインターバル レペティショントレーニン グ			距離走 LSD ロングインターバル			日本 IC に向けて レペティショントレーニン グ 駅伝に向けて ロングインターバル ロードでのトレーニング		

ファルトレクトレーニング：起伏の多い丘陵地形を利用して、ゆっくり走ったり、ダッシュやもも上げを入れたりしながら走るトレーニング

距離走：走る距離を決めて走るトレーニング

LSD (Long Slow Distance)：長い距離をゆっくり走るトレーニング

レペティショントレーニング：予定した距離をほぼ全力で走り、5～30分の完全な休息後にまだ同様の全力走を繰り返すトレーニング

表 2 疲労骨折既往歴の一覧

	回数	年齢	部位	練習休止 期間
1	1回	20歳	脛骨	3ヶ月
2	1回	18歳	大腿骨	3ヶ月
3	2回	16歳, 18歳	脛骨・大腿骨	3ヶ月
4	1回	17歳	脛骨	1.5ヶ月
5	1回	13歳	腓骨	2週間

の測定, 2014年4月8日は基礎体力養成期間後の測定, 2014年5月8日はトラックレース期間前半の測定, 2014年6月18日はトラックレース期間中盤での測定, 2014年7月18日はトラックレース期間後の測定であった(表1)。測定の時期によって練習内容や練習の位置づけは異なったが, 先行研究<sup>9)</sup>と同様の方法にて対象者ごとに通常値を算出した。通常値は各対象者の疲労骨折のない複数回の測定から平均値を算出した。

また, 測定期間中に医師によりMRIまたはレントゲンを用いて疲労骨折の確定診断が出た時点で, 随時測定を行った。疲労骨折が発症している時の値は通常値からは除外した。なお疲労骨折の発症日は, 対象者が負傷部位に痛みを感じたときとした。

#### 4. アンケート

対象者には最初の測定時にアンケートに回答してもらった。アンケートの内容は, 身長, 体重,

年齢, 過去に医師によって診断された疲労骨折の既往の有無であった。

#### 5. 統計処理

すべての値を平均値±標準偏差で表した。疲労骨折の既往歴のある対象者を疲労骨折既往群, 疲労骨折の既往のない対象者を対照群に群分けし, 対応のないt-testを用いて比較を行った。測定期間中に疲労骨折を発症した3名については分析から除外した。統計ソフトはIBM SPSS version 22.0 (IBM Corp. Armonk, NY)を使用した。なお, 有意水準は全て, 危険率5%未満とした。

### ■ 結 果

#### 1. 疲労骨折の既往および身体特性

疲労骨折の既往がある対象者(疲労骨折既往群)は5名で, 身長 $170.2 \pm 6.1$ cm, 体重 $53.4 \pm 2.6$ kg, BMI $18.4 \pm 0.5$ kg/m<sup>2</sup>であった。疲労骨折の既往がない対象者(対照群)は21名で身長 $170.8 \pm 6.2$ cm, 体重 $55.2 \pm 5.5$ kg, BMI $18.8 \pm 0.8$ kg/m<sup>2</sup>であった。身長, 体重, BMIは両群間に差はみられなかった。なお, 疲労骨折既往の内訳については表2に詳細を示した。

#### 2. 骨代謝マーカー

BAP(骨型アルカリフォスファターゼ)は, 疲労骨折既往群 $19.4 \pm 3.4$ μg/L, 対照群 $18.5 \pm 4.5$ μg/Lで両群間に差はみられなかった。また, s-NTX(血清I型コラーゲン架橋-N-テロペプチド)は,

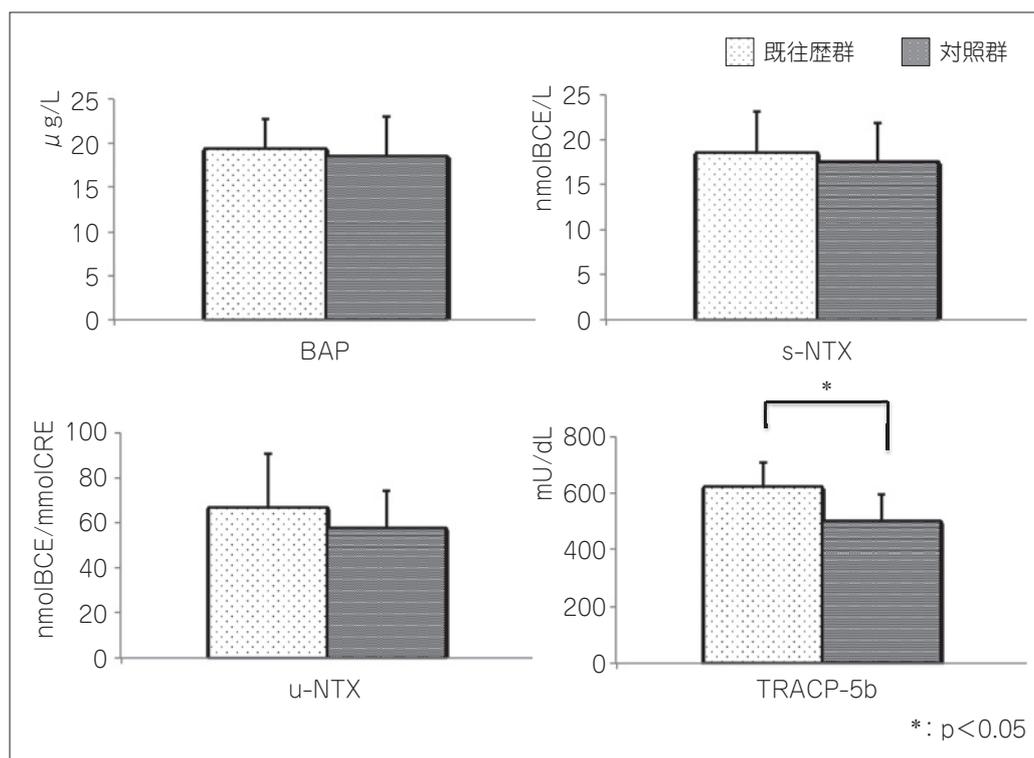


図1 疲労骨折既往歴の有無による骨代謝マーカーの通常値の比較

疲労骨折既往群  $18.5 \pm 4.6$  nmol BCE/L, 対照群  $17.5 \pm 4.3$  nmol BCE/L で両群間に差はみられなかった。さらに, u-NTX (尿中 I 型コラーゲン架橋-N-テロペプチド) においても, 疲労骨折既往群  $66.7 \pm 23.9$  nmol BCE/mmol CRE, 対照群  $57.8 \pm 16.5$  nmol BCE/mmol CRE で両群間に差はみられなかった。一方で TRACP-5b では, 疲労骨折既往群  $620.5 \pm 88.9$  mU/dL, 対照群  $501.7 \pm 94.8$  mU/dL で両群間に差がみられ ( $p < 0.05$ ), 疲労骨折既往群の値が高かった (図 1)。

s-NTX/TRACP-5b は, 疲労骨折既往群  $0.030 \pm 0.009$ , 対照群  $0.036 \pm 0.001$  で両群間に差はみられなかった。また, u-NTX/TRACP-5b では, 疲労骨折既往群  $0.107 \pm 0.033$ , 対照群  $0.118 \pm 0.032$  で両群間に差はみられなかった。

### 3. 測定期間中に疲労骨折を発症した 3 例

測定期間中に疲労骨折を発症した対象者 3 名の骨代謝マーカーを表 3 に示した。

対象者 A は, 2013 年 11 月初旬に右脛骨近位 1/3 の疲労骨折を発症し, 痛みが出る 1 週間前に骨代謝マーカーの測定をすることができた (図 2)。s-NTX と u-NTX は受傷直前に高値を示していたが, TRACP-5b は疲労骨折に関係なく常に一般成人男性の基準値以上の値を示していた。BAP に関

しては大きな変動はみられなかった。

対象者 B は 2012 年 7 月初旬に肋骨の疲労骨折を発症した。BAP と u-NTX は, 2011 年 4 月の測定は基準値を超えていたが, その後の測定では疲労骨折に関係なく, 基準値内であった。また, TRACP-5b は, 疲労骨折に関係なく一般成人男性の正常値を示した。また, s-NTX は疲労骨折時にのみ基準値以上の値であった。しかし, u-NTX の値は疲労骨折時に変動がみられなかった。

対象者 C は, 2012 年 5 月初旬に左脛骨遠位 1/3 の疲労骨折を発症し, その時に採血はできなかったが u-NTX のみ測定することができた。受傷時の測定では, u-NTX が明らかに高い値を示し, 基準値以上の値であった。

## 考 察

本研究では, 大学男子長距離選手に対し経時的に前向きに骨代謝マーカーの測定を行い, 疲労骨折の既往歴の有無による比較を行った。その結果, 骨吸収を示す TRACP-5b は疲労骨折既往群が高値を示した。また, 測定期間中に疲労骨折を発症した症例では, 疲労骨折時に TRACP-5b の変化はみられなかったが, NTX で高い値を示した選手もいた。

表 3 疲労骨折受傷時の測定データがある 3 名の骨代謝マーカー

対象者 A (身長 176cm, 体重 59kg, BMI 19.04kg/m<sup>2</sup>) 2013 年 11 月初旬 右脛骨近位 1/3 の疲労骨折

	2013/3/29	2013/7/23	2013/10/21	2014/4/8	2014/5/8	2014/6/18
BAP (μg/L)	20.8	25.1	18.1	22.3	17.0	18.0
TRACP-5b (mU/dL)	726.0	812.0	674.0	974.0	713.0	859.0
s-NTX (nmol/BCE/L)	—	22.6	25.8	16.9	13	16.2
u-NTX (nmolBCE/mmolCRE)	43.6	80.7	113.6	53.8	30.3	43.9
s-NTX/TRACP-5b	—	0.028	0.038	0.017	0.018	0.019
u-NTX/TRACP-5b	0.060	0.099	0.169	0.055	0.042	0.051

対象者 B (身長 176cm, 体重 54kg, BMI 19.36kg/m<sup>2</sup>) 2012 年 7 月初旬に肋骨の疲労骨折

	2011/4/8	2012/7/1	2013/3/29	2013/7/23	2013/8/19
BAP (μg/L)	24.1	16.5	20.1	16.2	16.4
TRACP-5b (mU/dL)	538.0	507.0	519.0	444.0	492.0
s-NTX (nmol/BCE/L)	11.5	21.3	—	16.7	16.5
u-NTX (nmolBCE/mmolCRE)	86.4	54.4	41.4	42.7	47.4
s-NTX/TRACP-5b	0.021	0.042	—	0.038	0.034
u-NTX/TRACP-5b	0.161	0.107	0.080	0.096	0.096

対象者 C (身長 175cm, 体重 62kg, BMI 20.2kg/m<sup>2</sup>) 2012 年 5 月初旬に左脛骨遠位 1/3 の疲労骨折

	2012/3/30	2012/5/11	2013/3/29	2013/7/23	2014/4/8	2014/5/8
u-NTX (nmolBCE/mmolCRE)	55.9	72.2	28.8	50.2	33.9	39.6

■ : 疲労骨折時

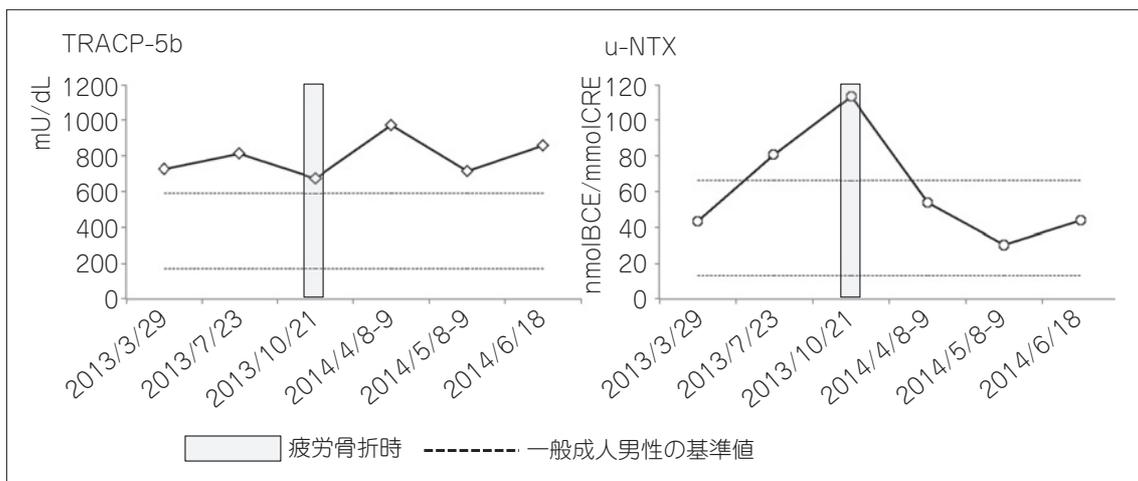


図 2 対象者 A の骨吸収マーカー (TRACP-5b, u-NTX) の変動

近年, TRACP-5b や BAP は測定精度や再現性に優れ, 日内・日間変動が小さく, 食事や腎機能などの影響も受けない有用なマーカーとして用いられている<sup>15,16)</sup>. 骨代謝マーカーに対する運動の影響をみた先行研究では, 運動直後から数日後にかけて TRACP-5b や BAP が高値に変動することが報告されている<sup>17-19)</sup>. このことから, TRACP-5b や BAP は前日の運動の影響を受けて値が変動することが考えられる. そのため, 本研究では練

習強度の差はあるが, 複数回の測定の平均値を通常値として用いることで, 対象者の疲労骨折がない状態の骨代謝動態を把握し, 比較検討を行った. その結果, TRACP-5b のみ疲労骨折既往群が高値を示し, 先行研究<sup>11)</sup>と同様の結果を示した. これは疲労骨折を過去に経験したことで TRACP-5b の値が高くなったわけではなく, 疲労骨折の発症しやすい選手は通常時の練習から骨に加わるメカニカルストレスが高く, 破骨細胞が活性化してい

たとえる。骨にかかるメカニカルストレスが高かった理由としては、疾走フォームやアライメント、練習強度など様々な要因が考えられるが、本研究では明らかにすることはできないため、今後より詳細な調査を行う必要がある。

本研究では疲労骨折時のデータを測定することができた症例が3例あった。この3例では疲労骨折時に TRACP-5b や BAP は通常値の測定と特に変動はみられなかったが、3例中2例は NTX でのみ高値を示していた。また NTX は疲労骨折がないときには、一般正常値内を示していた。特に対象者 A は、受傷部位に痛みが出る1週間前に全体測定があり、痛みが出る前に NTX が高くなっていった。先行研究において u-NTX は中強度のレジスタンストレーニングを行った翌日の測定では運動前と差がみられない<sup>18)</sup>。また、疲労骨折時には u-NTX が高値を示すことが報告されている<sup>9,10)</sup>。このことから、NTX は練習量に関係なく通常値内を示すが、疲労骨折時にのみ高値を示す可能性があると考えられる。さらに、対象者 A において NTX は痛みが出る前に高値を示したことから、NTX は疲労骨折が発症する前から高値を示す可能性もある。しかし、対象者 B のように疲労骨折を発症しても NTX が変動しない選手もみられた。この要因として疲労骨折の重症度が異なることや対象者 B のみ受傷部位が上半身（肋骨）であったことが考えられる。これらの要因を明らかにするには、疲労骨折時の症例が少ないため、今後症例数を増やして検討していく必要がある。

同じ骨吸収マーカーであるにも関わらず、TRACP-5b と NTX で結果が異なった理由は、マーカーの特徴が異なることが要因として考えられる。TRACP-5b は、破骨細胞の数が増えたときに出る酵素を測定している。一方で、NTX は実際に骨吸収が行われた後の代謝産物であるコラーゲンの末端を測定している。つまり、TRACP-5b は破骨細胞の数を示し、NTX は実際に行われた骨吸収の量を示している。先行研究では、動物実験において NTX を TRACP-5b で除すことで破骨細胞の活性状態を検討している<sup>19)</sup>。その結果、エストロゲン分泌のないメスマウスでは破骨細胞が活性化していた。本研究においても NTX/TRACP-5b の値は疲労骨折が発症しているときに高値を示していた。疲労骨折の発症メカニズムは骨へのメカニカルな負荷が繰り返し加わること

で、微細損傷が繰り返し起こり、骨の修復が間に合わなくなり、局所的に骨量が減少することで発症する<sup>20)</sup>。そのため、疲労骨折が発症していたときは、実際に骨量の減少が起きていたことで骨吸収の量を示す NTX のみ疲労骨折発症時に変動し、高値を示したのではないかと考える。また前述した通り、疲労骨折既往歴群の方が、TRACP-5b の高値を示していることから、TRACP-5b が高い選手は疲労骨折発症リスクが高い可能性があると考えられる。

以上のことより、骨吸収マーカーである TRACP-5b は、疲労骨折の発症しやすい選手をスクリーニングするのに有用であると考えられる。一方で、NTX は疲労骨折が発症したときに高値を示すことがあるため、疲労骨折の早期発見の補助マーカーとなる可能性がある。しかし、NTX は疲労骨折時に変動しない症例もあるため、NTX が疲労骨折の早期発見や復帰目安の補助マーカーになるかどうかは、さらなる検討が必要である。

## 結 語

男子長距離選手において、疲労骨折の既往歴を有する選手は骨吸収マーカーである TRACP-5b が高いことが示された。また NTX の高値は、疲労骨折を発症している可能性が示された。

## 利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

## 文 献

- 1) Fredericson, M, Jennings, F, Beaulieu, C, Matheson, GO. Stress fractures in athletes. *Top Magn Reson Imaging*. 2006; 17: 309-325.
- 2) Nattiv, A. Stress fractures and bone health in track and field athletes. *J Sci Med Sport*. 2000; 3: 268-279.
- 3) 山澤文裕, 鳥居 俊, 櫻庭景植, 向井直樹, 菅原誠, 前澤克彦, 真鍋知宏, 難波 聡, 田口素子, 松生香里, 鎌田浩史. 陸上競技ジュニア選手のスポーツ外傷・障害調査. In: 公益財団法人日本陸上競技連盟 (編). *インターハイ出場選手調査報告～第1報 (2014年度版)～*. 東京: 10-12, 2015.
- 4) Bennell, KL, Malcolm, SA, Thomas, SA, Wark, JD, Brukner, PD. The incidence and distribution of stress fractures in competitive track and field athletes. A twelve-month prospective study. *Am J*

- Sports Med. 1996; 24: 211-217.
- 5) Darzins, P, Jones, G, Smith, BJ. Bone density of elite female athletes with stress fractures. *Med J Aust.* 1991; 154: 492-493.
  - 6) Välimäki, VV, Alftan, H, Lehmuskallio, E, Löytyniemi, E, Sahi, T, Suominen, H, Välimäki, MJ. Risk factors for clinical stress fractures in male military recruits: a prospective cohort study. *Bone.* 2005; 37: 267-273.
  - 7) 向井直樹. 女子長距離ランナーの骨密度と骨代謝マーカー, 疲労骨折発生との関係. *臨床スポーツ医学.* 1998; 15: 737-740.
  - 8) Saito, M, Marumo, K. Collagen Cross-links as a determinant of bone quality: a possible explanation for bone fragility in aging, osteoporosis, and diabetes mellitus. *Osteoporos Int.* 2010; 21: 195-214.
  - 9) Fujita, S, Sakuraba, K, Kubota, A, Wakamatsu, K, Koikawa, N. Stress fracture influences bone resorption marker (u-NTX) in female long distance runners. *Int J Sports Med.* 2017; 38: 1070-1075.
  - 10) 桜庭景植, 石川拓次. 女子長距離ランナーの骨塩量および骨代謝マーカーと疲労骨折に関する研究. *デサントスポーツ科学.* 2008; 29: 183-189.
  - 11) Wakamatsu, K, Sakuraba, K, Suzuki, Y, Maruyama, A, Tsuchiya, Y, Shikakura, J, Ochi, E. Association between the stress fracture and bone metabolism/quality markers in lacrosse players. *Open Access J Sports Med.* 2012; 3: 67-71.
  - 12) Tsuchiya, Y, Sakuraba, K, Ochi, E. High force eccentric exercise enhances serum tartrate-resistant acid phosphatase-5b and osteocalcin. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2014; 14: 50-57.
  - 13) Rogers, RS, Dawson, AW, Wang, Z, Thyfault, JP, Hinton, PS. Acute response of plasma markers of bone turnover to a single bout of resistance training or plyometrics. *J Appl Physiol (1985).* 2011; 111: 1353-1360.
  - 14) Mouzopoulos, G, Stamatakos, M, Tzurbakis, M, Tsembeli, A, Manti, C, Safioleas, M, Skandalakis, P. Changes of bone turnover markers after marathon running over 245 km. *Int J Sports Med.* 2007; 28: 576-579.
  - 15) 若松健太, 桜庭景植, 土屋陽祐, 山澤文裕, 越智英輔. 大学女子スポーツ選手における疲労骨折と骨代謝マーカーとの関係: 骨吸収マーカー “TRACP-5b” に着目して. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2013; 21(1): 119-124.
  - 16) 尾上佳子, 太田博明. BAPによる骨代謝の評価. *分子リウマチ.* 2007; 4(2): 141-146.
  - 17) Crespo, R, Revilla, M, Villa, LF, Usabiaga, J, Leibar, X, Rico, H. Transient dissociation of bone metabolism induced by high performance exercise: a study in elite marathon runners. *Calcif Tissue Int.* 1999; 64: 287-290.
  - 18) Whipple, TJ, Le, BH, Demers, LM, Chinchilli, VM, Petit, MA, Sharkey, N, Williams, NI. Acute effects of moderate intensity resistance exercise on bone cell activity. *Int J Sports Med.* 2004; 25: 496-501.
  - 19) Rissanen, JP, Suominen, MI, Peng, Z, Halleen, JM. Secreted tartrate-resistant acid phosphatase 5b is a Marker of osteoclast number in human osteoclast cultures and the rat ovariectomy model. *Calcif Tissue Int.* 2008; 82: 108-115.
  - 20) Turner, CH. Functional determinants of bone structure: beyond Wolff's law of bone transformation. *Bone.* 1992; 13: 403-409.

---

(受付: 2017年11月17日, 受理: 2018年4月16日)

## Longitudinal study of the usefulness of bone metabolic markers for the prevention and early detection of stress fractures in collegiate male long-distance runners

Fujita, S<sup>\*1</sup>, Sakuraba, K<sup>\*1,2,3,4</sup>, Kubota, A<sup>\*2,3</sup>  
Wakamatsu, K<sup>\*5</sup>, Koh, S<sup>\*6</sup>, Suzuki, Y<sup>\*3</sup>  
Nagato, S<sup>\*3</sup>, Nakamura, A<sup>\*3</sup>, Yamasawa, F<sup>\*4</sup>

\*1 Japanese Center for Research on Women in Sport, Juntendo University, Chiba, Japan

\*2 Department of Sports Medicine, Graduate School of Health and Sports Science, Juntendo University, Chiba, Japan

\*3 Faculty of Health and Sports Science, Juntendo University, Chiba, Japan

\*4 Medical Committee, Japan Association of Athletics Federations, Tokyo, Japan

\*5 College of Health and Welfare, J. F. Oberlin University, Tokyo, Japan

\*6 Koh Orthopaedic Clinic, Saitama, Japan

**Key words:** Stress fracture, bone metabolic marker, long-distance running, screening

**[Abstract]** We aimed to investigate the usefulness of bone metabolic markers for the prevention and early detection of stress fractures using a longitudinal study in collegiate male long-distance runners.

The participants were 29 male long-distance runners (18 to 22 years old) who studied at a college from 2011 to 2014. BAP, TRACP-5b and NTX (urine-NTX, serum-NTX) were measured. Participants whose values were measured at least three times were used for analysis. The mean value of measurements without stress fractures of each participant was calculated and used as the normal value. Three participants who developed stress fractures during the measurement period were excluded from the analysis. Comparison was made based on the presence or absence of a history of stress fracture. Five participants had a history of stress fracture (SF group) and the remaining 21 participants had no history of stress fracture (Control group).

The normal value of TRACP-5b was significantly higher in the SF group ( $620.1 \pm 88.9$  mU/dL) than the control group ( $501.7 \pm 94.8$  mU/dL,  $<0.05$ ). Three participants developed stress fractures. In the 3 participants, only NTX showed a high value at the onset of the stress fracture.

It was shown that male long-distance runners who had a history of stress fracture had a high TRACP-5b value. A NTX value also indicated the possibility of developing a stress fracture.