

# 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

順天堂大学 桜庭景植  
(共同研究者) 同 石川拓次

## Bone Metabolic Marker and Bone Mineral Density and Stress Fracture of Long Distance Runners of Women

by

Keishoku Sakuraba, Takuji Ishikawa  
*Sports medicine, School of Health and Sports Science,  
Juntendo University*

### ABSTRACT

We studied prospectively the relationship between the bone mineral density (BMD), bone metabolic marker (BMM) and the practice volume, condition and over use injuries (stress fracture etc) in long distance runners of women (55 women) in a college.

The group in stress fracture showed significantly higher U-NTxCr than non injured group. Amount of U-NTxCr in the women runners who suffered stress fracture was normal at non injured period, but some runners showed high U-NTxCr just before suffering stress fracture. It suggested that BMM may become early markers about diagnosis of stress fracture.

## 要 旨

女子長距離ランナーの練習状況、体調および過労性骨障害と骨塩量および骨代謝マーカとの関連について検討した。対象は大学女子ランナー55名である。練習状況によって強化・通常期にわけ、骨塩量、U-NTx（尿中NTx量）、身長、体重および体脂肪率を測定した。また、練習状況、体調および障害を調査し、U-NTxとの相関を比較検討した。疲労骨折受傷群ではU-NTxCr（尿中NTxクレアチニン換算値）が有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。U-NTxCrと大腿骨頸部骨塩量の間有意な負の相関がみられた（ $p < 0.01$ ）。しかし、その他の項目に有意な相関はみられなかった。疲労骨折受傷後にU-NTxCrが上昇する症例がみられた。以上より、U-NTxCrと過労性骨障害の関連性が示唆され、骨代謝マーカは疲労骨折の早期診断のための有用な補助マーカとなる可能性がある。

## 緒 言

スポーツや身体活動を行うと、一般的に骨塩量は増加する<sup>1)</sup>。アスリートは身体の活動量が多く、競技レベルが高い選手ほど骨塩量は高いという報告があるが<sup>2,3)</sup>、近年、女子長距離ランナーは逆に骨塩量が低下していることが問題視されてきている。鳥居<sup>4)</sup>は、女子陸上競技選手に対して骨塩量評価を行い、無月経など健康管理上の問題点を有する選手の骨塩量は健康上問題のない者に比べて有意に低いと述べている。特に生理不順や無月経を有する女子長距離ランナーは骨塩量が低く、ほかの女子競技選手に比べ、疲労骨折の発症率が高い<sup>5,6)</sup>。女子長距離ランナーでは無月経と関連した女性ホルモンの低下、低栄養などが疲労骨折の危険因子とされるが、病因については不明な点が多い。

一方、骨塩量の測定に関しては様々な方法があ

るが、得られる結果は、測定時点でのタイムリーな骨代謝を反映しているわけではない。そこで、近年、骨代謝マーカの研究が進められている<sup>7,8)</sup>。骨代謝マーカとは、骨代謝が行われる際に出てくる代謝産物であり、骨吸収マーカと骨形成マーカに分けられる。骨代謝マーカの利点は、骨代謝の変化をタイムリーに反映することができ、定量測定が可能な点である<sup>9)</sup>。Shermanはアルカリフォスファターゼ（ALP）とオステオカルシン（OC）は骨密度と負の相関があると報告している<sup>10)</sup>。われわれは、女子長距離選手の尿から、骨形成マーカおよび骨吸収マーカを測定したところ、若い女子であるにもかかわらず、骨吸収マーカは高い値を示し、とくに疲労骨折の経験群でその値が高かったと報告している<sup>11)</sup>。また、その値は骨粗鬆症を有する高齢者と同等であった<sup>11)</sup>。これらのことより、骨代謝マーカは骨塩量の低下のみならず、疲労骨折との関連がある可能性を示唆している。しかし、女性長距離ランナーを対象として、骨代謝マーカ（特に骨吸収マーカ）と疲労骨折や過労性骨膜炎などの障害との関係についての報告はみられない。

そこで、本研究では特に女子長距離ランナーの疲労骨折と骨代謝マーカ・骨塩低下に注目し、骨代謝マーカを中心とした疲労マーカ解明の研究を行い、ランナーの障害発生防止に役立たせることを目的とした。

## 目 的

本研究の目的は、女子長距離ランナーにおける練習状況、体調および過労性骨障害と骨塩量および骨代謝マーカとの関連について検討することである。

## 1. 方 法

### 1.1 対 象

対象は、2000年から2007年の間にJ大学陸上

競技部に所属し、長距離走を専門に行った女子ランナー55名である。被験者の身体特性は年齢 $20.2 \pm 1.1$ 才，身長 $159.5 \pm 4.8$ cm，体重 $49.6 \pm 3.7$ kgであった。

## 1. 2 測定および調査項目

本研究では、以下の項目を測定および調査した。

### (1) 骨塩量

大腿骨頸部および膝関節の骨塩量を骨塩量測定装置QDR-2000 (Hologic社製)を用いてDEXA法にて測定した。骨塩量は通常期とした4月に測定したが、過労性骨障害受傷時は適時追加測定を行った。

### (2) 骨代謝マーカー

骨代謝マーカーとして、骨吸収を反映するI型コラーゲン架橋N-テロペプチド (NTx) を測定した。尿中NTxの日内変動を極力避けるため、被験者の午前中の第2尿を採取し、尿中NTx測定キット「オステオマーク」(持田製薬社製)<sup>12)</sup>を用いて測定を行った。測定されたNTxは、個人の濃度差を考慮してクレアチニン換算値(以下、U-NTxCrと記す)にて示した。前向き調査として全例定期的に、シーズン開始前の4月(通常期)および強化期の7、8月に採尿したが、被験者によっては練習状況によって分けられた通常期と強化期の他に、過労性骨障害受傷時などの必要な時に測定を行った。用いたデータは計111件であった。

### (3) 体格測定

体格として、身長および体重を測定し、BMI(体重kg/身長 $m^2$ )を算出した。体格については被験者は毎日記録しているが、測定値は骨代謝マーカー測定時の値を用いた。また、体脂肪率を超音波診断装置SM-206(誠鋼社製)を用いて測定した。

### (4) 練習状況および身体状況

被験者には、記録用紙に毎日の走行距離、主観

的な練習強度、コンディションおよび生理の有無および期間を記入させ、毎月集計を行った。練習強度は一日の練習量より、1;最も弱い、2;弱い、3;普通、4;強い、5;最も強い、の5段階で評価し、NTx測定日の月間(測定前後2週間づつ)の平均値を算出した。また、コンディションは一日の体調を自己評価し(10点が最良のコンディション)、NTx測定日の月間の平均値を算出した。また、過労性骨障害を中心とした障害を調査した。障害調査の項目は障害名、部位、発症時期、治癒までの期間についてである。

## 1. 3 研究方法

### (1) 各測定・調査項目間の比較検討

それぞれ測定および調査した項目と骨代謝マーカーの関係について比較検討した。また、生理異常群と正常群、および疲労骨折などの過労性骨障害群(疲労骨折群)、障害なし群、その他の障害群に群分けを行い、骨代謝マーカーの値と比較検討を行った。

### (2) 過労性骨障害受傷者の骨代謝マーカーの経時的变化についての比較検討

疲労骨折を中心とした過労性骨障害受傷者に対して受傷前後から骨代謝マーカーを経時的に測定し、障害がない時期との比較を行った。

## 1. 4 検定方法

すべての結果は、平均±標準偏差で示した。2群間の比較では、対応のないt検定を用いた。また、3群間以上の比較には、1元配置の分散分析の後、有意差のあるものについてのみ、Fisher's PLSDにて多重比較検定を行った。また、相関関係の検定については、ピアソンの相関係数を求め、有意差を検定した。危険率5%未満を有意差ありとした。

## 2. 結果

55名分, U-NTxCrは111件, すべての測定データを用いて分析を行った.

### 2.1 U-NTxCrと各測定調査項目との関係

#### (1) U-NTxCrと骨塩量の関係

大腿骨頸部および膝関節の骨塩量とU-NTxCrの相関係数は, それぞれ $r=-0.694$  ( $p<0.001$ ),  $r=-0.359$ であり, 大腿骨頸部骨塩量との間に有意な負の相関がみられた.

#### (2) U-NTxCrと体格との関係

U-NTxCrとBMIおよび体脂肪率の相関関係を見る. BMIおよび体脂肪率とU-NTxCrの相関係数は, それぞれ $r=-0.148$ ,  $r=-0.050$ で共に有意な相関はみられなかった.

#### (3) U-NTxCrと練習状況との関係

一人で複数回測定したものは, 疲労骨折受傷の有無に応じてデータとしてすべて用いた. 練習強度および走行距離はU-NTxCrを測定した日の月間のデータを用い, 練習強度は平均値を用いた. U-NTxCrと主観的な練習強度および走行距離との相関係数は, それぞれ $r=-0.086$ ,  $r=-0.104$ で共に有意な相関はみられなかった.

#### (4) U-NTxCrとコンディションとの関係

同一選手でもコンディションの良い時と悪い時があるため, データは同一人物でもその都度用いた. コンディションの点数はU-NTxCrを測定した日の月間の平均値を用いた. コンディションとU-NTxCrの相関係数は,  $r=-0.077$ であり有意な相関はみられなかった.

#### (5) 過労性骨障害の有無とU-NTxCrとの比較

障害の有無を3群に分けた. 疲労骨折群18件, 障害なし群74件, その他障害群14件であった. その他障害群の内訳は, シンスプリント5件, 膝内障3件, 足底腱膜炎3件, 腰椎分離症1件, 不明2件であった. U-NTxCrの値は障害を有した群

では受傷時の測定値を用いた. 受傷していない期間に測定した場合は障害なし群としてデータを用いた.

過労性骨障害の有無とU-NTxCrの比較を図1

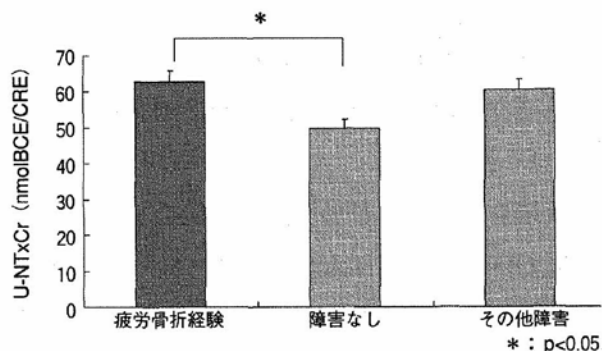


図1 疲労骨折 vs 障害なし (U-NTxCr)  
疲労骨折経験群18件, 障害なし74件, その他障害14件

に示した. 疲労骨折群では $65.5 \pm 30.3 \text{ nmolBCE/CRE}$  (以下, 単位略), 障害なし群では $49.5 \pm 20.8$ , 疲労骨折以外の障害群 (以下, その他障害群) では $60.4 \pm 23.1$ であった. 疲労骨折群と障害なし群で比較すると, 有意に疲労骨折群のU-NTxCrの値が高かった ( $p<0.05$ ). しかし, 障害なし群とその他障害群の間, および疲労骨折群とその他障害群の間に有意な差はみられなかった.

#### (6) U-NTxCrと生理異常との比較

生理周期とU-NTxCrの比較を図2に示した.

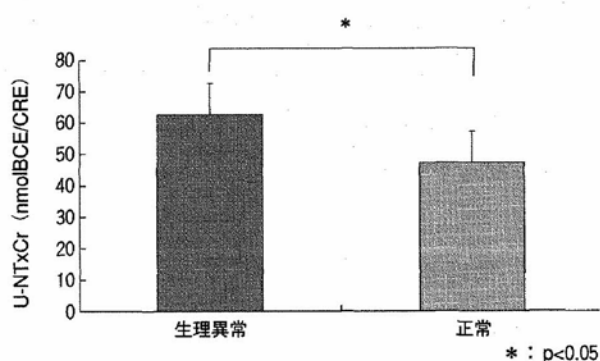


図2 生理異常群 vs 正常群 (U-NTxCr)  
生理異常15件, 正常43件

生理異常群15件, 生理正常群43件を対象とした. 同一人物が複数回測定された例では, U-NTxCr測定時点での異常の有無により別々に分類した. 生理異常群ではU-NTxCrは $62.6 \pm 28.9$ であり, 正常群では $47.2 \pm 17.5$ であった. 生理異常群の方

が有意にU-NTxCrの値が高かった ( $p < 0.05$ ).

## 2. 2 過労性骨障害受傷者のU-NTxCrの経時的変化

本研究の調査期間中に疲労骨折を受傷した被験者は11名であった。その内、疲労骨折受傷後にU-NTxCrの値が高値となった症例は6例であった。疲労骨折受傷直前にU-NTxCrを測定でき、高値を示した症例は2例であった。この2例は疲労骨折受傷中もU-NTxCrは高値を示した。しかし通常期のU-NTxCrは正常範囲内であった。残り4例は通常期のU-NTxCrは正常範囲内であったが、疲労骨折受傷中のU-NTxCrは高値であった。しかし疲労骨折受傷直前のデータは得られなかった。症例の一部を供覧する。

### (1) 被験者M.K. (右大腿骨上1/3疲労骨折)

疲労骨折受傷時からのU-NTxCrの経時的変化を表1に示した。疲労骨折受傷3週間後のU-

表1 症例① M.K. 19歳

測定時期	受傷時期	骨塩量 (大腿骨頸部)(ng/ml)	PICP	U-NTxCr (※1)
00/4/ 3(通常)		0.790		
00/7/27(受傷)	受傷後3週間	0.780	219	141.7
02/7/19(強化)		-	-	54.4

※1 : nmolBCE/CRE

NTxCrは141.7と高値を示したが、疲労骨折の影響がない時期には54.4と正常範囲以内であった。

### (2) 被験者N.I. (左脛骨下1/3疲労骨折)

疲労骨折受傷4週間後のU-NTxCrは88.8と高値を示し、また、過労性骨膜炎受傷直後にも64.3と高値を示した。しかし、なんら障害がない時期では、U-NTxCrは24.8と正常範囲以内であった。

### (3) 被験者I.M. (右脛骨上1/3疲労骨折)

疲労骨折受傷時からのU-NTxCrの経時的変化を表2に示した。疲労骨折受傷4週間後のU-NTxCrは83.0と高値を示したが、通常障害がみられない時期では、月間走行距離が500km以上であってもU-NTxCrは35.8と正常範囲以内であ

表2 症例③ I.M. 21歳

測定時期	受傷時期	U-NTxCr (※1)	走行距離 (km)	練習強度
2004/6	受傷直後	49.8	457.5	3.50
2004/7	受傷後4週後	83.0	-	1.61
2005/4	受傷なし	39.8	359.0	3.08
2007/7	受傷なし	35.8	546.0	2.22

※1: nmolBCE/CRE

った。

### (4) 被験者T.S. (左脛骨疲労骨折)

偶然疲労骨折受傷直前にU-NTxCrを測定する機会があり、コンディションも不良であった。U-NTxCrは71.9と高値を示し、疲労骨折受傷3週間後再度測定したところ、68.9と依然高値のままであった。しかし、過労性骨障害のない時期では、U-NTxCrは24.8と正常範囲以内であった。

## 3. 考 察

本研究では、女子長距離ランナーにおける疲労骨折などの過労性骨障害が骨塩量および骨代謝マーカーに及ぼす影響について検討した。これまでになれわれが行った研究で、骨吸収マーカーであるU-NTxCrが疲労骨折受傷時に高値を示すことがあるとの結果<sup>11)</sup>より、今回は特にU-NTxCrと練習状況やコンディションなどの各種測定および調査項目との関連について検討した。本研究の結果として、骨吸収マーカーであるU-NTxCrと大腿骨頸部の骨塩量に有意な負の相関がみられ、また、生理異常群は正常群と比較して、有意にU-NTxCrが高かった。そして、疲労骨折受傷群は障害なし群と比較して有意にU-NTxCrの値が高かった。向井らは疲労骨折を受傷したランナーは、骨塩量が有意に低かったと報告している<sup>13)</sup>。また、鯉川ら<sup>14)</sup>は、実業団ランナーの生理に関して調査を行い、女子長距離ランナーは初経年齢が遅い傾向にあり、無月経の経験がある者は有意にBMIが低いと報告している。そして、Shermanは、骨形成マーカーであるオステオカルシンと大腿骨頸部の骨塩量に有意な負の相関がみられたと述べ

ており、骨代謝マーカーと骨塩量の関連性について言及している<sup>10)</sup>。骨代謝マーカーは、測定時点での骨代謝動態を示すものであり、骨吸収マーカーが高値となるということは、リアルタイムでの骨吸収の亢進を示す<sup>9)</sup>。これらのことから、骨吸収マーカーであるU-NTxCrは、骨代謝動態とくに骨吸収の亢進をリアルタイムに反映し、過労性骨障害と関連があることが示唆された。

また、本研究においては、疲労骨折または、過労性骨膜炎の受傷者に対して経時的にU-NTxCrを測定し、その変化をみた。その結果、疲労骨折受傷直前または受傷中にU-NTxCrが高値となる症例が11症例中6例にみられた。U-NTxCrの特長として、デオキシピリジノリン(DPD)などの他の骨吸収マーカーに比べて、閉経後の骨代謝回転の亢進に伴う上昇が高いことが報告されている<sup>15)</sup>。つまり、U-NTxCrは骨吸収代謝をよりよく反映する指標になるものと考えられる。これらのことから、女子長距離ランナーに対して、骨吸収マーカーであるU-NTxCrを経時的に測定し、女子長距離ランナーの骨吸収代謝動態を把握することは、疲労骨折などの過労性骨障害を予防、予見および早期発見する一助となる可能性が考えられる。

一方、今回の研究結果からはU-NTxCrと主観的な練習強度や走行距離などの練習状況およびコンディションとの間には有意な相関はみられなかった。向井ら<sup>16)</sup>は、一般男性に対して、長距離走のトレーニングおよびフルマラソンを行わせ、骨代謝マーカーの変化について調査した。その結果、トレーニング期間中は骨代謝回転が抑制され、フルマラソン完走後は、骨代謝回転が亢進されたと報告している。運動によって骨代謝は亢進され、骨形成に優位に働くことはよく知られている<sup>2,3)</sup>が、本研究の結果からは、女子長距離ランナーにおいて、長距離走の継続的なトレーニングによる骨代謝への影響はみられなかった。今後、練習状

況およびコンディションなどをより詳細に調査し、練習状況およびコンディションが骨代謝に与える影響についてさらに検討していく。

### 3. 結 論

骨吸収マーカーであるU-NTxCrは疲労骨折などの過労性骨障害発生時に高い値を示すことがあり、過労性骨障害の予防、早期発見に有用なマーカーになる可能性が考えられる。しかし、練習状況およびコンディションとU-NTxCrの関連については明確な結果が出ていないため、今後の課題とする。

### 謝 辞

本研究への助成を賜りました財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝いたします。

### 文 献

- 1) 岩本潤, 竹田毅: 骨粗鬆症の予防 III. 運動 I. スポーツ, *THE BONE*, 20, 89-96 (2006)
- 2) 小沢治夫: スポーツ種目と骨密度, *臨床スポーツ医学*, 11, 1245-1251 (1994)
- 3) Tsuzuku, S. Et al: Effects of high-intensity resistance training on bone mineral density in young male powerlifters., *Calcif. Tissue Int.*, 63, 283-286 (1998)
- 4) 鳥居俊: 女子陸上競技選手の骨塩量値からみた健康管理上の諸問題, *臨床スポーツ医学*, 12, 1431-1434 (1995)
- 5) 佐々木純一, 本部正樹, 鍋島雄一他: 女子運動選手における疲労骨折と月経異常の関係, *産婦人科の実際*, 38, 227-232 (1989)
- 6) 辻秀一, 勝川史憲, 大西祥平他: 女子運動選手の月経状態と骨密度-運動性無月経の影響に関する多角的検討一, *臨床スポーツ医学*, 13, 1413-1418 (1996)
- 7) 福永仁夫, 曾根照喜, 友光達志: 骨代謝マーカーの年齢・性別の基準値, *Osteoporosis Japan*, 9, 123-129 (2001)
- 8) Delmas P.D., Eastell R., Garnero P. et al: The use

- of biochemical markers of bone turnover in osteoporosis., *Osteoporosis Int.*, 6, 2-17 (2000)
- 9) 松本俊夫：骨代謝マーカー 福永仁夫編, 東京, 2-11 (1995)
  - 10) Sherman, S. S. et al. : Biochemical parameters associated with low bone density in healthy men and women, *J. Bone Miner. Res.*, 7, 1123-11130 (1992)
  - 11) 桜庭景植, 澤木啓祐, 石川拓次他：下肢の疲労骨折—MRIおよび骨代謝マーカーを中心に—, 日本臨床スポーツ医学会誌, 12, 385-392 (2004)
  - 12) 橋口佳枝, 斉藤節子, 野崎順子他：尿中NTx (I型コラーゲン架橋N-テロペプチド) 測定キット「オステオマーク」の基礎検討, 医学と薬学, 39, 609-614 (1998)
  - 13) 向井直樹, 宮永豊, 下條仁人他：女子長距離ランナーにおける骨代謝関連生化学マーカーと疲労骨折の関連, 臨床スポーツ医学, 16, 817-821 (1999)
  - 14) 鯉川なつえ, 宮崎亮一郎：実業団女子長距離ランナーの月経に関する研究, 陸上競技研究, 56, 14-20 (2004)
  - 15) 高橋正哲他：骨代謝マーカー 福永仁夫編, 東京, 112-116 (1995)
  - 16) 向井直樹, 石井朝夫, 鎌田浩史：長距離走に伴う骨代謝マーカーの変動, 体力科学, 48, 179-186 (1999)