

## 高校長距離走新入部員の腰椎骨密度は発育段階により異なる

早稲田大学スポーツ科学学術院

鳥居 俊

**要 旨** 疲労骨折の発生は高校1年生に多く、低骨密度は疲労骨折の危険因子と考えられる。2年度間の高校生長距離走の新入部員29名を対象に骨密度値に関連する要因を検討するため、最大身長増加年齢(PHVa)、腰椎骨密度や男性ホルモン(遊離テストステロン:FT)、骨代謝マーカー(骨型アルカリホスファターゼ:BAP、酒石酸抵抗性酸性ホスファターゼ:TRACP)の測定を行った。PHVa後の年齢が高いと身長増加量は有意に少なく、FTや腰椎骨密度は有意に高値、骨代謝マーカーは有意に低値となった。腰椎骨密度とFTとの間には正の相関傾向( $p=0.06$ )があり、FTが高いと腰椎骨密度が高い傾向があった。一方、腰椎骨密度と骨代謝マーカーとの間には有意な負の相関があり、BAPやTRACPが高いと腰椎骨密度が低かった。同じ年齢でもFTが低く骨代謝マーカーが高い部員は発育段階が未熟と考えられる。発育段階が未熟な部員では骨密度が低いと推測し、トレーニングへの配慮が必要である。

### 緒 言

疲労骨折の発生は16歳、すなわち高校1年生に多いことが報告されている<sup>6)7)</sup>。高校1年生に発生が多い原因として、中学3年生で運動部活動を引退して、しばらく運動量が減少した後に再開すること、高校3学年のなかで同等のトレーニングを行うと身体的に最も不利であること、などが考えられている。高校1年生の選手の全員に疲労骨折が発生するわけではなく、どのような特徴を有する選手に疲労骨折が発生しているのかについて明らかにすることができれば、予防策を立案することが可能となる。

骨密度が低いことは、骨折や疲労骨折の危険因子と考えられている。発育期の終盤にあたる高校生でも、1年生では発育の早い者と遅い者との体格差が少なくない。発育段階が幼い者では骨密度が低いことが想定されるが、高校運動部員で検討

した報告はない。

そこで、本研究は高校運動部の新入部員で骨密度値と発育段階の指標として男性ホルモン、骨代謝マーカーを測定し、それらの関連性から骨密度値に関連する要因を明らかにすることを目的とした。

### 対象と方法

2012年度と2013年度にS県の某高校の陸上競技部長距離走部門に入部し、トレーニングを開始した男子新入部員29名を対象に測定を行った。

骨密度値としてDXA法装置Delphi A-QDR(Hologic社)を用い、腰椎骨密度を測定した。骨密度値に関連する要因を検討するため、男性ホルモン(遊離テストステロン:以下、FT)、骨代謝マーカー(骨型ALP:以下、BAP、酒石酸抵抗性酸性ホスファターゼ:以下、TRACP)の測定を行った。

**Key words** : adolescent(発育期), long distance runner(長距離走選手), bone mineral density(骨密度), growth stage(発育段階)

**連絡先** : 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学スポーツ科学学術院 鳥居 俊 電話(04)2947-6746

**受付日** : 2014年3月13日

表 1. 対象の体格, 測定値と標準値

	本研究の対象	標準値
身長(cm)	168.4±5.3 (156.8~178.0)	168.3±5.9 cm*1
体重(kg)	54.5±5.6(44.9~65.5)	58.9±10.6kg*1
腰椎骨密度 (g/cm <sup>2</sup> )	0.873±0.090 (0.678~1.085)	1.088
BAP(μg/l)	51.2±18.9(15.2~84.3)	3.7~20.9*2
TRACP (mU/dl)	1129.4±331.7 (644~1880)	170~590*2
FT(pg/ml)	6.0±2.2(1.6~11.0)	8.5~27.9*3

\*1: 文献 5), \*2: 20 歳代男性標準値, \*3: 文献 4)

身体発育の評価として, 高校入学時の学校検診での身長値および中学 3 年時を含めた身長履歴を提出してもらい, 1 年間の身長増加量を算出するとともに, 最終身長算出ソフト Auxal 3.1 を用いて最大身長増加年齢(以下, PHV 年齢)を算出した。

これらの測定は, 部の指導者の要請に基づくメディカルチェックとして 7 月に行われ, 対象者には測定の目的や意義について事前に説明し同意を得て実施した。また, 骨密度測定と採血は, 同一研究者が実施した。本研究は著者の所属機関の「人を対象とした研究に関する倫理委員会」の審査と承認を得て実施した。

## 結 果

対象の身長は 156.8 cm から 178.0 cm までであり, 平均 168.4±5.3 cm と平成 24 年度の文部科学省による学校保健調査報告の高校 1 年生(15 歳)の値と等しかった。体重は 44.9 kg から 65.5 kg までであり, 平均 54.5±5.6 kg となり, 学校保健調査報告の同学年の値 59.2 kg より有意に低値であった(表 1)。1 年間の身長増加量は 0.1~9.9 cm と個人差が大きく, 平均 3.4±2.7 cm であった。PHV 年齢は 11.77~14.67 歳であり, 平均 13.09±0.70 歳となった。測定時の暦年齢から PHV 年齢を引いた測定時 PHV 年齢は, 2.76±0.82 歳であった。

腰椎骨密度は 0.678 g/cm<sup>2</sup> から 1.085 g/cm<sup>2</sup> までであり, 平均 0.873±0.090 g/cm<sup>2</sup> であった。若

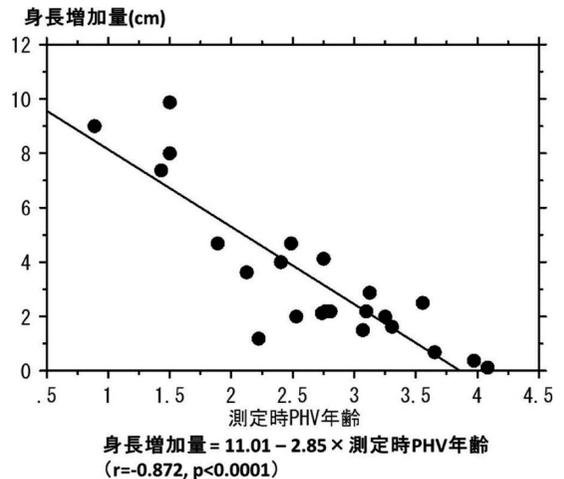


図 1. 測定時 PHV 年齢と 1 年間の身長増加量との関係  
測定時 PHV 年齢が高いほど身長増加量は小さい有意な負の相関を示す。

年成人男性の平均値に対する比は 66% から 105% であり, 平均 85% であった。

BAP は 15.2~84.3 μg/l であり, 20 歳代男性正常値である 3.7~20.9 μg/l の範囲内は 1 名のみで, それ以外は全員が高値であった。TRACP は 644~1880 U/dl であり, 20 歳代男子正常値の 170~590 mU/dl を全員が上回っていた。FT は 1.6~11.0 pg/ml であり, 20 歳代男性の正常値<sup>1)</sup>である 8.5~27.9 pg/ml の範囲内は 2 名のみで, それ以外は全員が下回っていた。

測定時 PHV 年齢と 1 年間の身長増加量との関係は, 図 1 のように有意な負の相関を示し, 測定時 PHV 年齢が高いほど身長増加量は小さくなっていた。測定時 PHV 年齢と FT および腰椎骨密度との関係を見ると, 図 2 のようにいずれも有意な正の相関を示し, 測定時 PHV 年齢が高いほど高い値を示した。次いで, 測定時 PHV 年齢と骨代謝マーカーとの関係を見ると, 図 3 のように BAP, TRACP とともに高い有意な負の相関を示した。

腰椎骨密度と FT との間には正の相関傾向(p = 0.06)があり, FT が高いほど腰椎骨密度が高い傾向があった(図 4)。一方, 腰椎骨密度と骨代謝マーカーの間には有意な負の相関があり, BAP や TRACP が高いほど腰椎骨密度が低かつ

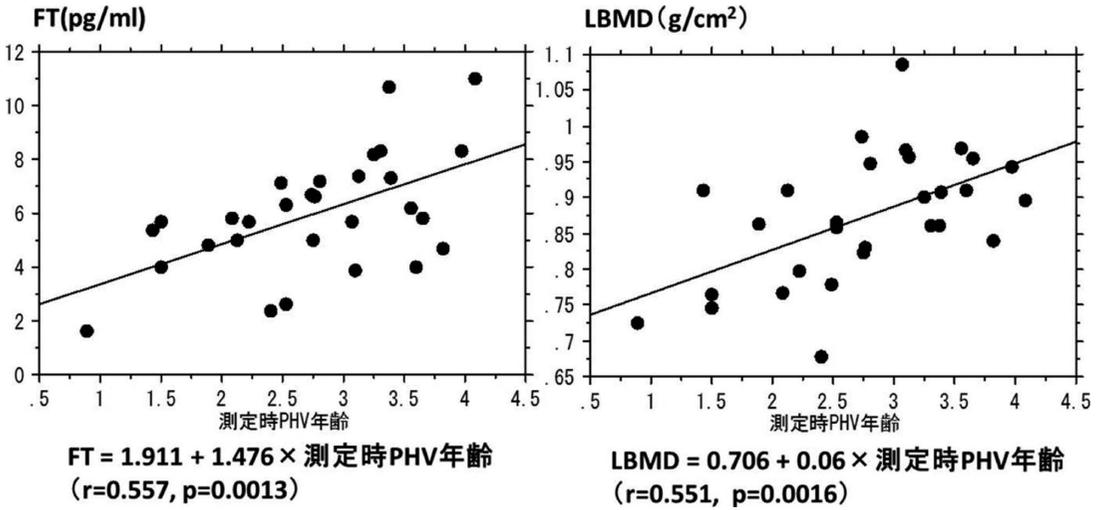


図2. 測定時 PHV 年齢と FT, 腰椎骨密度との関係  
測定時 PHV 年齢が高いほど FT, 腰椎骨密度は高い有意な正の相関を示す。

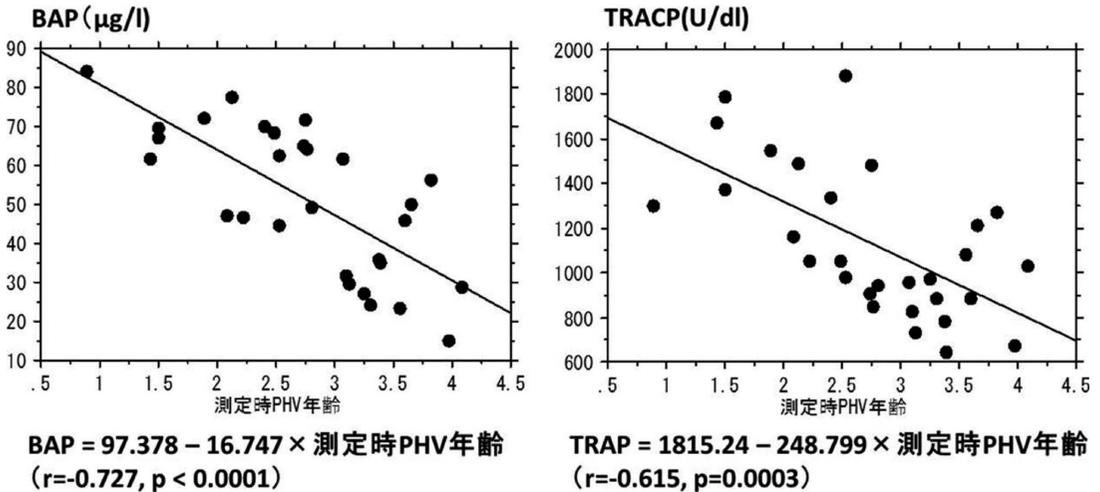


図3. 測定時 PHV 年齢と骨代謝マーカとの関係  
測定時 PHV 年齢が高いほど骨代謝マーカは低い有意な負の相関を示す。

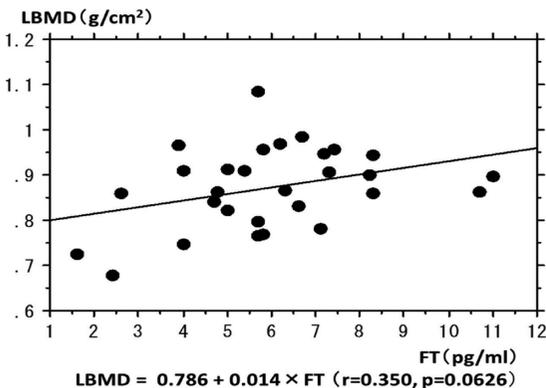


図4. 腰椎骨密度と FT との関係  
腰椎骨密度と FT は正の相関傾向を示す。

た(図5)。

### 考 察

文部科学省の学校保健統計調査<sup>5)</sup>によれば、高校1年生男子の身長は全国平均値でみると168.4 ± 5.91 cmであり、標準偏差は中学1年生の最大値7.99 cmに比べれば減少している。そして、高校3年生の全国平均値170.7 ± 5.85 cmまで2.3 cmの差が存在する。高校1年生で疲労骨折発生が最も多いのは、上級生と比べてなお体格的に劣

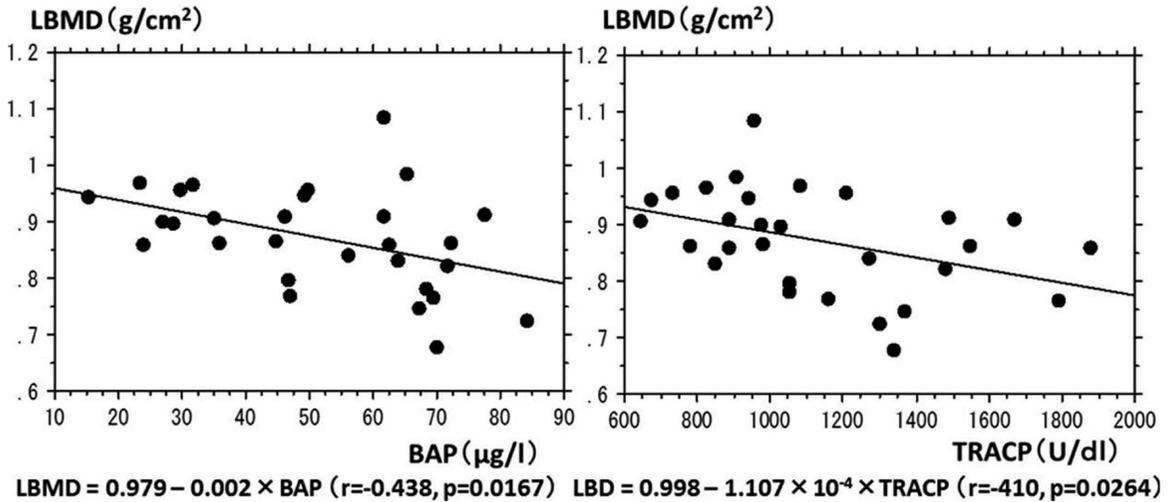


図5. 腰椎骨密度と骨代謝マーカーとの関係

腰椎骨密度と骨代謝マーカー(BAP, TRACP)は有意な負の相関を示す。

る点、中学3年生での部活動引退後の運動休止期間の存在などが原因とされている<sup>6)</sup>。

一般に、選手個人に内在する疲労骨折の発生要因として挙げられているのは、骨密度、骨格配列(アライメント)、体格や身体組成、筋力、柔軟性、骨代謝、内分泌状態などである<sup>2)</sup>。これらの要因の多くは発育段階により変化するため、発育途上の選手では発育段階自体が発生要因として考えられる。しかし、高校生男子選手を対象にした疲労骨折の発生要因に関する先行研究はほとんどなく、女子選手では低骨密度がさまざまな年代においても発生要因として指摘されている。また、ランニングを含む3競技の男子大学生スポーツ選手において、骨密度と血中エストラジオール値が関連するとの報告<sup>1)</sup>もある。

本研究は疲労骨折発生との関連性を追跡したものではなく、高校1年生において骨密度や骨代謝、発育段階や内分泌状態にどの程度の個人差があるかを知り、今後の追跡により疲労骨折と関連するかどうかを検討する出発点である。発育段階の評価に近年は第二次性徴の視診を用いることは難しく、本研究では過去の身長履歴からPHV年齢を算出した。内分泌状態の評価として用いたFTは男性としての発育段階の指標と考え、また、近年成人において男性性が低いとされる男性で

FTが低いとの報告<sup>3)</sup>があり、女子選手におけるエストロゲンと同様に、高負荷のトレーニングでさらに低下する可能性を考えた。結果より、骨密度には個人差が大きく、男性ホルモンが低く、骨代謝(形成、吸収)マーカーが高い者で低いという関連性が見出された。

換言すれば、発育段階が未熟な部員では、骨密度が低いと考えることができる。現場で発育段階を簡便に知る方法として、体格(特に身長)やその履歴が考えられる。最大身長発育年齢より後に骨量獲得のピークが訪れることから、血液検査を行わなくても身長履歴の把握により推測が可能と考えられ、発育段階が幼いと推測される1年生に対してはトレーニングへの配慮が必要である。

## 結語

高校長距離走新入部員に対して腰椎骨密度と体格、男性ホルモン、骨代謝マーカーとの関連性を検討した。身長や男性ホルモンが低く、骨代謝マーカーが高い選手で骨密度が低く、発育段階が未熟な選手で骨密度が低いと考えられる。

## 文献

- 1) Ackerman KE, Skrinar GS, Medvedova E et al: Estradiol levels predict bone mineral density in

- male collegiate athletes: a pilot study. Clin Endocrinol **76** : 339-345, 2012.
- 2) Bennell K, Matheson G, Meeuwisse W et al: Risk factor for stress fracture. Sports Med **28** : 91-122, 1999.
  - 3) 池岡清光, 小西未来, 岡川泰子: 草食系男子のホルモン動態. 日本医事新報 **4659** : 32-36, 2013.
  - 4) 岩本晃明, 柳瀬敏彦, 高 栄哲ほか: 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. 日泌尿会誌 **95** : 751-760, 2004.
  - 5) 文部科学省: 学校保健統計調査. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001046936&cyclo=0>, 2013.
  - 6) 鳥居 俊, 来田吉弘: 男子高校駅伝選手のランニング障害の発生状況. 臨床スポーツ医学 **10** : 1529-1532, 1993.
  - 7) 内山英司, 岩噌弘志, 平沼憲治ほか: 外来新患統計からみた成長期下肢スポーツ障害の年齢分布. 日本臨床スポーツ医学会誌 **14** : 346-351, 2006.

## Abstract

### Bone Mineral Density According to Growth Stage among Long-Distance Runners at High School

Suguru Torii, M. D.

Faculty of Sport Sciences, Waseda University

I report the variations according to growth stage in the bone mineral density (BMD) among 26 long-distance runners in their first-year at high school. Using the peak height velocity age (PHVa), the growth stage was defined here as Age minus PHVa denoted as post-PHVa. I also determined the BMD of the lumbar spine, the level of free testosterone (FT), the bone-specific alkaline phosphatase level (BAP), and the tartrate-resistant acid phosphatase level (TRACP) in each case. Analysis showed post-PHVa was positively correlated to FT and to BMD, and negatively correlated to BP and to TRACP. Additionally there was non-significant tendency for BMD to be positively correlated to FT, and significant negative correlation to BAP and to TRACP. Overall BMD was higher with higher FT, lower BAP and lower TRACP. A person is considered to be at younger growth age and BMD is generally low, where FT is low, and BAP high and TRACP high. Since low BMD is a risk factor for a bone stress fracture, and since those at age of around 16 years show a highest incidence of stress fracture, then these findings suggest that a more careful training regimen should be used for those at younger growth age.