女子長距離走選手における初経発来前の トレーニング開始は初経発来遅延や 骨密度低下と関係する

鳥居 俊

Beginning of training before menarche relates to delay of menarche and low bone mineral density in female long distance runners

Suguru Torii

abstract

To investigate the relationship between age at beginning of training, onset of menarche, distance for training of running, and lumbar bone mineral density (LBMD), twenty-six female long distance runners aged 18 years old and above were examined. Runners suspected primary amenorrhea were excluded in this study.

Runners who started training before menarche were delayed their onset of menarche significantly. The age at onset of menarche was selected as determining factor for LBMD, and was significantly negatively correlated to LBMD. It should be important not to delay menarche for preventing low LBMD in female long distance runners.

Key words : female long distance runner, menarche, bone mineral density, beginning of training

女子長距離走選手, 初経, 骨密度, トレーニング開始

1 緒 言

陸上競技の女子長距離走選手では月経周期異常に伴う骨密度低下が問題になっている。併発しやすい食行動異常と合わせて女子選手の三徴 (female athletes triad) と呼ばれ (Yeager et al., 1993), 対策が模索されている。これらの現象は女性の内分泌状態と関連することが指摘されており (目崎ほか, 1988 ; Loucks, 1990), また激しいトレーニングのような心身へのストレスの影響とされている。

これまで女子長距離走選手の月経周期異常と骨密度低下との関連性を論じた報告は多数ある (Drinkwater et al., 1984 ; Cann et al., 1984 ; Mar-

cus et al., 1985 ; Cook et al., 1987 ; 鳥居ほか, 1989)。これらの報告では月経周期異常を有する選手ではエストロゲンの減少が見られ腰椎の骨密度の低下が生じていることが示されている。しかし、トレーニング開始時期や初経発来時期との関連性を検討した報告は少ない。初経発来時期とトレーニング開始時期との関係に関しては報告があり、一般に競技選手の初経発来時期は一般の女性よりも遅いことが知られている (Warren, 1980 ; 目崎ほか, 1984 ; Frisch et al., 1991)。初経発来の遅延や早期の専門的トレーニングの開始が骨密度の低下に関連するであろうことは容易に推測できるが、骨密度低下を生じさせる要因として最も影響の強い要因を抽出することは女子長距離走に限ら

表 1 対象者の年齢, 体格, トレーニング開始月齢, 初経発来月齢

年齢	22.1±2.7 歳 (18.5~26.6 歳)
身長	157.5±4.6 cm (146.2~165.0 cm)
体重	45.2±4.2 kg (37.5~54.0 kg)
トレーニング開始月齢	162.8±22.4 カ月 (110~218 カ月)
初経発来月齢	164.0±18.4 カ月 (132~199 カ月)
走行距離	560.0±170.7 km/月 (150~900 km/月)

ず, 女子選手の健全な養成に有意義であると思われる。

本研究の目的は, 女子長距離走選手の骨密度低下に関連する要因の抽出, 特にトレーニング開始時期や初経発来時期との関連を検討することである。

II 対象と方法

メディカルチェックの目的で腰椎骨密度の計測を行い, トレーニング開始時期や初経発来時期に関して調査できた大学生, 社会人長距離走選手 26 名 (18~26 歳, 平均 21.7±2.8 歳) を対象とした。

腰椎骨密度の計測は, DXA 法骨密度測定器である Hologic 社製の Delphi-QDR を用いた。毎回の計測前に腰椎ファントムを用いて calibration を実施しており, 骨密度の変動係数は 1% 以下である。対象には計測台上に仰臥位をとらせ, 股関節, 膝関節屈曲位を維持できるように下肢の下にマットを置き, 腰椎の前彎を除去した状態で計測を行った。得られた腰椎骨密度計測値は第 2 腰椎から第 4 腰椎までの前後像における平均骨密度である。

計測と同時にデジタル式身長計, 体重計による身長と体重の計測を行い, 0.1 kg および 0.1 cm まで読みとり記録した。また, 質問紙を用いて長距離走のトレーニングの開始時年齢, 継続年数, 初経発来時期, 月経周期異常の既往について調査した。なお, 調査時まで初経発来のない原発性無月経の選手は除外した。

対象には本研究の目的と方法について説明し, 不参加であっても不利益を受けないことも伝えた

上で, 文書にて研究参加の同意を得て計測と調査を行った。また本研究の実施に際して, 大学内の人を対象とした研究に関する倫理委員会の承諾を得ている。

計測値や調査値は平均値±標準偏差で表記する。骨密度に関連する要因を明らかにするため, 計測された腰椎骨密度を従属変数, 年齢, 体格(身長, 体重), トレーニング開始時年齢(月齢に換算), 継続年数, 初経発来時期(月齢に換算)を説明変数として重回帰分析とステップワイズ回帰分析を行った。トレーニング開始時期による初経月齢の比較や月経周期異常の有無による腰椎骨密度の比較には Mann-Whitney の U 検定を用いた。いずれも危険率 5% 未満を有意とした。

III 結 果

対象者の年齢, 体格, 調査時の走行距離を表 1 に示す。初経発来月齢は 132 カ月から 199 カ月 (11.0 歳から 16.6 歳) までに分布し, 平均 164.0±18.4 カ月 (13.7±1.5 歳) であり, 日本人女性の平均値 (12.24±0.92 歳; Tanaka ほか, 2005) より遅延していた。トレーニング開始時月齢は 110 カ月から 218 カ月までに分布し, 平均 162.8±22.4 カ月 (13.6±1.9 歳) であった。トレーニングの開始が初経発来前の者は 15 名, 初経発来後の者は 11 名であった。

トレーニングの開始時期と初経発来月齢との関係を図 1 に示す。初経発来前にトレーニングを開始した群ではトレーニング開始月齢が有意に早く ($p=0.0028$), 初経発来月齢は有意に ($p=0.0023$) 遅延していた。また, トレーニング開始月齢と初経発来月齢との間には図 2 に示すように有意な負の相関 (相関係数 = -0.386 , $p=0.0495$) が見られた。

腰椎骨密度に関する重回帰分析の結果, 表 2 のように初経発来月齢のみが有意な独立変数として採択された。なお, 全体として決定係数は 0.205 ($p=0.1249$) であった。同様の変数によりステップワイズ回帰分析を行った結果, 採用された変数は初経発来月齢のみとなり, 決定係数は 0.347 ($p=0.0015$) となった。初経発来月齢と腰椎骨密度との関係を図 3 に示す。初経発来前にトレーニ

図 1 トレーニング開始時期と初経発来月齢との関係

図 2 トレーニング開始年齢と初経発来月齢との関係

図 3 初経発来月齢と腰椎骨密度との関係

表 2 骨密度と各変数との回帰係数

	標準回帰係数	t 値	p 値
年齢	-0.245	-0.414	0.6857
トレーニング開始月齢	0.270	0.601	0.5520
継続年数	0.126	0.243	0.8109
初経月齢	-0.564	-2.659	0.0160
身長	0.184	0.671	0.5107
体重	0.080	0.302	0.7664
走行距離	-0.258	-1.101	0.2855

図 4 月経周期異常の既往と腰椎骨密度との関係

ングを開始した者でも、発来後に開始した者でも、両者の間には有意な ($p < 0.05$) 負の単相関が示された。

月経周期異常の既往の有無と腰椎骨密度との関係を図 4 に示す。月経周期異常の既往のある者で有意に ($p = 0.0479$) 低い値となっていた。初経発来前のトレーニング開始と月経周期異常の既往との間には χ^2 検定の結果、全く関連が見られなかった (表 3)。

表 3 初経発来前のトレーニング開始と
月経周期異常との関係

	初経前開始	初経後開始
正常月経周期	5 名	5 名
月経周期異常	10 名	6 名

$$\chi^2\text{値}=0.394 \quad (p=0.5302)$$

Ⅳ 考 察

女子長距離走選手の骨密度に関する報告は 1980 年代より多数行われている (Drinkwater et al., 1984; Cann et al., 1984; Marcus et al., 1985; Cook et al., 1987; 鳥居ほか, 1989) が, 骨密度と初経発来時期やトレーニング開始時期との関連性は必ずしも明確にされていない. 特に, 骨密度の低下がどのような要因により最も影響を受けているかを知ることは健全な選手の養成に不可欠であると考え, 本研究を行った.

初経発来時期とトレーニング開始時期との関係に関して, Warren (1980) は幼少期からトレーニングをしているバレエダンサーでは一般女性より約 3 年初経発来が遅延していることを, Frisch et al. (1981) は大学生の女子スポーツ選手で初経発来前にトレーニングを開始した選手の初経発来は初経発来後にトレーニングを開始した選手より明らかに遅延していることを報告している. 日本において目崎ほか (1984) は激しいトレーニングを行う女子選手の初経時期は初経前にトレーニングを開始した場合に遅延することを報告している.

初経発来と骨量や骨密度の増加との関係に関しても縦断的研究がなされている. Sabatier et al. (1999) は健康な女子を 10 歳から 24 歳まで追跡した縦断研究から, 身長発育のピークは初経発来の 1.5 年前, 骨密度と骨量の増加のピークは初経発来の各々 0.6 年, 0.7 年前であると報告している. Rauch ほか (2004) は, 女子で骨量の増加のピークは最大身長増加の時期 (11.80 歳) より約 10 カ月遅れる (12.69 歳) ことを報告している. このように初経発来時期は骨量獲得のピーク時期とかなり近く, この時期のトレーニングが初経発来の遅延や骨量獲得に影響を与えることは充分考えられる.

一般女性において初経発来時期と骨密度との関

係を検討した報告では, Anai et al. (2001) は 180 名の女子大学生を調査し, 初経発来が遅いと骨密度が低いと述べている. Kitagawa et al. (1998) はビタミン D 受容体多型が初経発来を早め, 骨密度を高くする影響があることを報告している. Warren et al. (2002) はバレエダンサーと一般女性とで初経発来時期と骨密度との関係を検討し, 両群において初経発来遅延が骨密度を低くすることを示した. これらの結果から, 初経発来が早いと骨密度が高く, 初経発来が遅延すると骨密度が低くなると考えることは妥当である. これらの先行研究と本研究の結果を比較すると, 対象となった女子長距離走選手はトレーニング開始時期が初経発来前の者でも初経発来後の者でも初経発来月齢は日本人女性の平均値より遅延していることになる. その原因として長距離走選手たちの体脂肪率が一般女性より低いことが考えられる.

一方, 女性に多い骨粗鬆症の予防のため最大到達骨量を増加させるには小児期の身体活動が重要であるとされ, 初経発来前の身体活動が有効とされている. 9 歳から 10 歳の女兒に 10 カ月の運動介入を行った Morris et al. (1997) の報告では衝撃の高い筋力を養うトレーニングが骨量獲得に有益であったとされている. 長距離走においても, エリートでない競技レベルの選手では初経発来年齢, その後の月経周期異常, 骨密度は対照群と差がなかったことを Lucas et al. (2003) は報告している. また, テニスやスカッシュのような非対称性の運動の利き腕の骨への影響は初経発来前に運動を開始すると 2 倍になることを Kannus et al. (1995) が報告している. これらの結果を総合すると, 初経発来前のトレーニングは骨量獲得を促進させることになる.

以上の議論を総合すると, 初経発来前の運動介入やトレーニングはその内容によっては骨量獲得に有利であるが, 初経発来を遅延させるような運動やトレーニングでは骨量獲得を妨げることになるとまとめられる. Torii and Kamiyama (2005) は人間の初経発来前のトレーニングに相当する動物実験モデルをラットにおいて作成し, 初経発来遅延と骨密度低下が観察されたことを報告した.

長距離走トレーニングは身体活動としては多大となりうることから, 開始時期が初経発来や女子

選手の骨密度に与える影響を検討することは女子選手の養成計画を考える上で重要である。先行研究よりトレーニングの開始時期が初経発来前であると初経発来が遅延する危険性はあるが、本研究の結果から初経発来時期が最も骨密度に与える影響が大きいことが示された。また、その後の月経周期異常の既往も低骨密度の原因になることより、月経周期を乱さないトレーニングが骨密度の獲得の条件であると考えられる。

本研究ではカルシウムを含む栄養摂取状況についての調査は行っていないためトレーニング開始時期の栄養の影響に関しては言及できないが、Chevalley et al. (2005) は8歳前後の女兒に48週間のカルシウムを補充することで初経発来が早まり、骨密度が増加することを報告している。長距離走のトレーニング開始時期にはカルシウムの補充も骨密度低下に対する一つの対策として考えられる。

V 結 語

女子長距離走選手では初経発来前のトレーニング開始により初経発来月齢の遅延が見られ、腰椎骨密度には初経発来月齢が最も影響を与えていた。

文 献

- Anai, T., Miyazaki, F., Tomiyasu, T. and Matsuo, T. (2001) Risk of irregular menstrual cycles and low peak bone mass during early adulthood associated with age at menarche, *Pediatr. Int.*, 43, 483-488
- Cann, C. E., Martin, M. C., Genant, H. K. and Jaffe, R. B. (1984) Decreased spinal mineral content in amenorrheic women, *JAMA*, 251, 626-629
- Chevalley, T., Rissoli, R., Hans, D., Ferrari, S. and Bonjour, J. P. (2005) Interaction between calcium intake and menarcheal age on bone mass gain : an eight-year follow-up study from prepuberty to postmenarche, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 90, 44-51
- Cook, S. D., Harding, A. F., Thomas, K. A., Morgan, E. L., Schnurpfeil, K. M. and Haddard, R. J. (1987) Trabecular bone density and menstrual function in women runners, *Am. J. Sports Med.*, 15, 503-507
- Drinkwater, B. L., Nilson, K., Chesnut, C. H., Bremner, W. J., Shainholtz, S. and Southworth, M. B. (1984) Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes, *New Eng. J. Med.*, 311, 277-281
- Frisch, R. E., Gotz-Welbergen, A. V., McArthur, J. W., Albright, T., Witschi, J., Bullen, B., Birnholtz, J., Reed, R. B. and Hermann, H. (1981) Delayed menarche and amenorrhea of college athletes in relation to age of onset of training, *JAMA*, 246, 1559-1563
- Kannus, P., Haapasalo, H., Sankelo, M., Sievanen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., Oja, P. and Vuori, I. (1995) Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players, *Ann. Int. Med.*, 123, 27-31
- Kitagawa, I., Kitagawa, Y., Kawase, Y., Nagaya, T. and Tokudome, S. (1998) Advanced onset of menarche and higher bone mineral density depending on vitamin D receptor gene polymorphism, *Eur. J. Endocrinol.*, 139, 522-527
- Loucks, A. B. (1990) Effects of exercise training on the menstrual cycle : existence and mechanism, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22, 275-280
- Lucas, J. A., Lucas, P. R., Vogel, S., Gamble, G. D., Evans, M. C. and Reid, I. R. (2003) Effect of sub-elite competitive running on bone density, body composition and sexual maturity of adolescent females, *Osteoporos. Int.*, 14, 848-856
- Marcus, R., Cann, C., Madvig, P., Minkoff, J., Goddard, M., Bayer, M., Martin, M., Gaudiani, L., Haskell, W. and Genant, H. (1985) Menstrual function and bone mass in elite women distance runners, *Ann. Int. Med.*, 102, 158-163
- 目崎 登, 佐々木純一, 庄司 誠, 岩崎寛和 (1984) 初経発来に及ぼすスポーツの影響, *思春期学*, 2, 46-50
- 目崎 登, 本部正樹, 佐々木純一, 庄司 誠, 岩崎寛和 (1988) 女子運動選手の視床下部一下垂体系機能, *日本不妊学会雑誌*, 33, 291-296
- Morris, F. L., Naughton, G. A., Gibbs, J. L., Carlson, J. S. and Wark, J. D. (1997) Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls : positive effects on bone and lean mass, *J. Bone Miner. Res.*, 12, 1453-1462

- Rauch, F., Bailey, D. A., Baxter-Jones, A., Mirwald, R. and Faulkner, R. (2004) The muscle-bone unit during the pubertal growth spurt, *Bone*, 34, 771-775
- Sabatier, J. P., Guaydier-Souquieres, G., Benmalek, A. and Marcelli, C. (1999) Evolution of lumbar bone mineral content during adolescence and adulthood : a longitudinal study in 395 healthy females 10-24years of age and 206 premenopausal women, *Osteoporos. Int.*, 9, 476-482
- Tanaka, T., Niimi, H., Matsuo, N., Fujieda, K., Tachibana, K., Ohyama, K., Satoh, M. and Kugu, K. (2005) Results of long-term follow-up after treatment of central precocious puberty with leuporelin acetate : evaluation of effectiveness of treatment and recovery of gonadal function. The TAP-144-SR Japanese Study Group on Central Precocious Puberty, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 90, 1371-1376
- 鳥居 俊, 横江清司, 萬納寺毅智, 中嶋寛之 (1989) : 女子長距離ランナーの月経異常に伴う骨量減少, 臨床スポーツ医学, 6, 667-672
- Torii, S. and Kamiyama, H. (2005) Effects of running training on body composition, ovarian cycle, and bone mineral density : experimental comparison between pre-and post-menarcheal onset of training, *Jpn. J. Orthop. Sports Med.*, 24, 419-424
- Warren, M. P. (1980) The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 51, 1150-1157
- Warren, M. P., Brook-Gunn, J., Fox, R. P., Holderness, C. C., Hyle, E. P. and Hamilton, W. G. (2002) Osteopenia in exercise-associated amenorrhea using ballet dancers as a model : a longitudinal study, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 87 : 3162-3168.
- Yeager, K. K., Agostini, R., Nattiv, A. and Drinkwater, B. (1993) The female athletes triad : decreased eating, amenorrhea, osteoporosis, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 775-777
- (受付:2006年5月2日 受理:2006年10月16日)