

全日本大学女子駅伝優勝チームの身体的特徴 および体力について（第1報）

鈴木 尚人・上田 大*

I. 緒 言

近年、競技スポーツ選手の基礎体力の分析や、その向上のための方法論についての検討が盛んに行われており、その結果に基づくトレーニング方法が採用されてきている。

陸上長距離選手を対象とした研究では様々な報告がみられるが、その多くは一流選手の運動・身体的能力に関するもの^{17,22)}である。長距離走のパフォーマンスを向上させるためには、選手の身体的特徴や体力の現状を把握した上でトレーニングを行い、長距離走に必要とされる体格と体力の向上を図る必要がある。パフォーマンス向上に目が向けられる一方で、女子長距離選手の運動性無月経が数多く報告されており^{1)~4),7,11,15,18,20)}、この原因として、長時間の激しい有酸素性トレーニングによりエストロゲン、プロゲステロンの分泌量低下が引き起こされたためであると指摘されている^{8,16)}。また、こういった月経異常に伴う女性ホルモンの低下が、骨代謝環境にマイナスに作用し、骨密度の低下をもたらすことが数多くの研究で指摘されており^{2,3,7,11)}、加えて、骨密度低下が女子長距離選手の疲労骨折発生の一要因として挙げている報告が数多くある^{1,9,11,18)}。

2000年度全日本大学女子駅伝対校選手権大会優勝チームである本学女子駅伝部は、2001年11月に行われた同大会では惜しくも準優勝の成績に終わったものの、最近4年間で全国制覇2回、準優勝1回を誇る大学女子駅伝の有力チームに発展してきた。今後より一層のパフォーマンス向上を目指すには、年間を通じて練習を充実させる必要がある。そのためには、骨密度や筋力といった身体的・体力的要素を把握し、それらの向上を目的としたトレーニングを導入することで、将来的な疲労骨折の発生¹⁰⁾の防止や障害予防²⁴⁾を図ることが重要であると考えられる。

そこで本研究では、本学女子駅伝選手を対象に骨密度や筋力を中心とした体力要素と身体的特徴に関する測定を実施した。また、月経状態のアンケート、および整形外科的メディカルチェックも同時に行い、月経不順や障害の有無などの現状を調査した。今回は、得られた測定結果を競技能力別で比較することで、競技能力の優劣と体力要素および身体的特徴との関係、加えて走行距離と骨密度との関係について若干の知見が得られたので報告する。

* 日本体育大学

II. 方 法

1. 対象者 (Table 1)

対象者は、本大学女子駅伝部に所属する選手 24 名であった。対象者を 5000 m 走のベストタイムの優劣によって、記録優位群（以下 H 群）と記録下位群（以下 L 群）に分類した。H 群と L 群の間に、競技経験年数、3000 m 走ベストタイム、および 5000 m 走ベストタイムにおいて有意な差が認められた（競技経験年数： $p < 0.05$ 、3000 m 走および 5000 m 走ベストタイム： $p < 0.01$ ）。

Table 1 Experience and Endurance Capacity of Subjects

	H Group (N=12)	L Group (N=12)
Experience (yr.)	7.9±1.2*	6.3±1.9
3000 m Best Time (min' sec")	9'39"±16"***	10'06"±14"
5000 m Best Time (min' sec")	16'25"±32"***	17'57"±39" (N=9)
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/min/kg)	58.74±3.86 (N=4)	57.51±2.37 (N=4)

Mean±S.D. * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.001$

対象者には、測定目的および測定結果の意義について説明し、研究への協力を得た。なお、L 群には 5000 m 走記録のない者が 3 名いたが、3000 m 走ベストタイムを検討したところ、対象者全体の中でも記録下位であったため、L 群として分類した。また、対象者の一部に対して、本研究の事前に Cosmed 社製 K4 システムを用いて最大酸素摂取量の測定を行ったところ、H 群の平均値±標準偏差は、58.74±3.86 ml/min/kg (N=4) であり、L 群は 57.51±2.37 ml/min/kg (N=4) であった。

2. 測定期間および場所

各測定は、2001 年 7 月に日本体育大学健志台キャンパス内実験室で行った。

3. 測定項目

1) 形 態

身長、体重および周径囲（上腕囲、大腿囲、下腿囲）の測定を行った。ただし、大腿囲に関しては、膝上 5 cm、膝上 10 cm、および最大囲の 3 箇所を測定した。また、体重 (kg) ÷ (身長 (m))² から BMI (Body Mass Index) を算出した。

2) 身体組成、骨塩量、骨密度

体脂肪率、除脂肪体重、骨塩量 (Bone Mineral Content, 以下 BMC) および骨密度 (Bone Mineral Density, 以下 BMD) は、LUNAR 社製 DPX-L による DEXA 法を用いて測定した¹²⁾。

BMC および BMD の測定部位は、第 1-4 腰椎部とした。なお、BMD の値は、BMC の値を骨面積で除すことで算出した。

3) 筋 力

背筋力、左右足関節底屈筋力、左右肘伸展・屈曲筋力および左右脚伸展・屈曲筋力について、日本体育大学運動処方研究室堀居昭教授開発による筋力測定装置を用いて測定した（Photo 1）。なお、背筋力は座位によるものであり、いずれの装置にも、竹井機器工業社製の筋力計が装着されている。対象者には最大努力による等尺性筋力発揮を各部位で 2 回ずつ行なわせ、その値の良い方を採用した。



Back Strength (Sitting)



Planter Flexion Strength



Arm and Leg Strength

Photo 1 Equipments for Measuring Muscular Strength

4) 月経状態に関するアンケート

Material 1 に示したアンケートを測定開始前に行った。対象者には、アンケートの個人的内容に関する秘守を条件に、正確に回答させた。なお、本研究では質問 1 において c もしくは d と答えた者を月経異常ありとした。

5) 月間走行距離

2000 年 7 月～2001 年 6 月における走行距離を調査した。平均月間走行距離は、対象期間の各月の走行距離を合算し、それを 12 で除することにより算出した。

6) 整形外科的メディカルチェック

整形外科医による問診および徒手検査から整形外科的メディカルチェックを行い、各対象者を Table 2 に示す医学的評価表に基づいて評価した。

Material 1 Questionnaire about Menstruation

現在の月経状態についての質問

1. 月経周期（月経が始まった日から次の月経が始まる日までの期間）について当てはまる記号（a. b. c. d.）を選び、記入して下さい。
 - a. ほぼ予定通りに月経がくる
 - b. たまに周期がずれることが事もあるが、だいたい予測できる
 - c. 不順なことが多くあまり予測できない
 - d. 次の月経がいつくるか全く分からない ()
2. 1. で a. または b. を選んだ人は、月経周期日数がおおよそ何日くらいですか。 ()
3. 月経持続日数（月経中の日数のこと）はおおよそ何日くらいですか。 ()
4. 月経時の出血量は、どのくらいですか。 (多い・普通・少ない)
5. 前回、月経が最後にきた日はいつですか。 ()
6. 今、現在（今日）の月経状態について、当てはまる記号（a. b. c. d.）を選び、選択肢に○を付けて下さい。
 - a. 月経中（1日目・2日目・3日目・4日目・5日目・6日目以上）
 - b. 月経後（1日目・2日目・3日目・4日目・5日目・6日目以上）
 - c. 月経前（おおよそ1日前・2日前・3日前・4日前・5日前・6日前以上）
 - d. その他 a. b. c. 以外の人は、以下の（ ）に自由に記述して下さい。 ()

※このアンケートの個人的内容については、その秘密を厳守致しますので、正確に回答して下さい。
ご協力ありがとうございました。

Table 2 Medical Evaluation

分類	管理	スポーツ
A（正常）	なし	継続
B-1（観察）	自己	継続
B-2（注意）	指導者	継続
C-1（精査）	医師	継続（制限）
C-2（治療）	医師	中止

4. 分析方法および統計処理

今回の測定結果に関しては、H群とL群間の差を対応のないT検定を用いて分析し、危険率5%未満を有意とした。また、腰椎BMDにおいて2000年7月に測定した測定結果と本実験での測定結果から1年間でのBMDの変化値を算出し、その値と月間走行距離との関係についてピアソンの相関係数を用いて分析し、5%水準を有意とした。

Ⅲ. 結 果

1) 形態および身体組成

身長，体重，BMI，体脂肪率，および除脂肪体重は，H群とL群の間に有意差は認められなかった（Table 3）。また，周径囲については，両群間に有意な差は認められなかった（Fig. 1）。

Table 3 Physical Characteristics

	H Group (N=12)	L Group (N=12)
Height (cm)	158.9±5.6	159.7±5.4
Body Mass (kg)	48.6±4.3	49.4±5.4
Body Mass Index	19.3±2.2	19.3±1.3
% Body Fat (%)	17.8±6.5	19.8±6.0
Lean Body Mass (kg)	39.6±1.8	39.3±2.4

Mean±S.D.

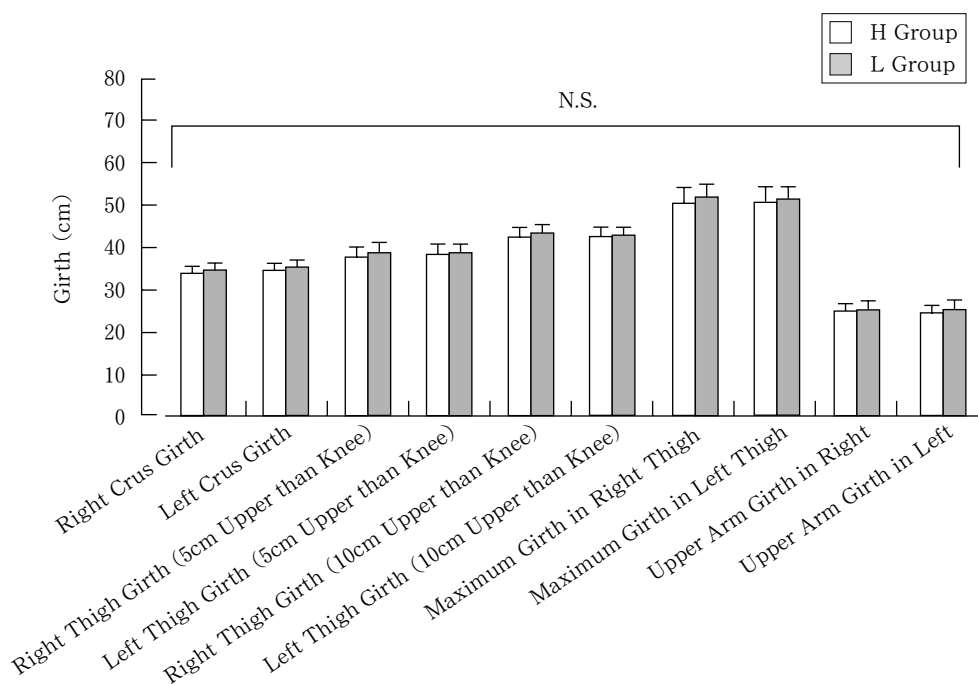


Fig. 1 Comparison in Partial Girths between Two Groups

2) BMC および BMD

H群の腰椎BMCおよびBMDは，第1～4腰椎のいずれにおいても，L群と比べて高い傾向を示したが，統計的な有意差は認められなかった（Fig. 2）。

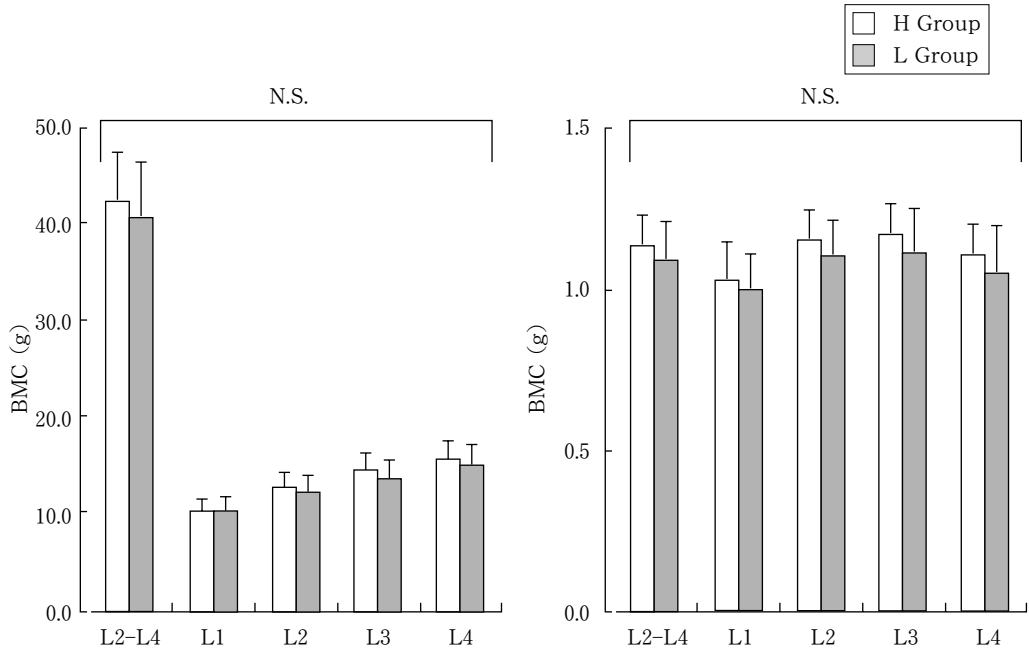


Fig. 2 Comparison between Two Groups in Partial BMC and BMD of Lumbar Vertebrae

3) 筋 力

背筋力, 左右足関節底屈筋力, 左右肘伸展・屈曲筋力および左右脚伸展・屈曲筋力において, H群とL群の間に有意差は認められなかった (Fig. 3)。

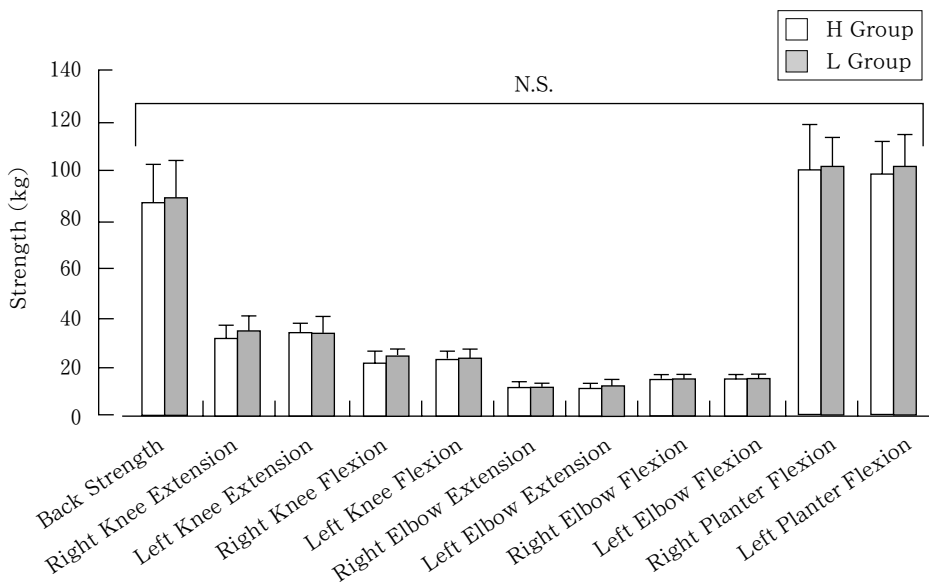


Fig. 3 Comparison between Two Groups in Isometric Muscular Strength

4) 平均月間走行距離と骨密度変化値との関係

2000年7月～6月における平均月間走行距離と第2-4腰椎骨密度の変化値との間には有意な負の相関関係が認められた ($r=0.8826$, $p<0.05$, $n=10$) (Fig. 4)。

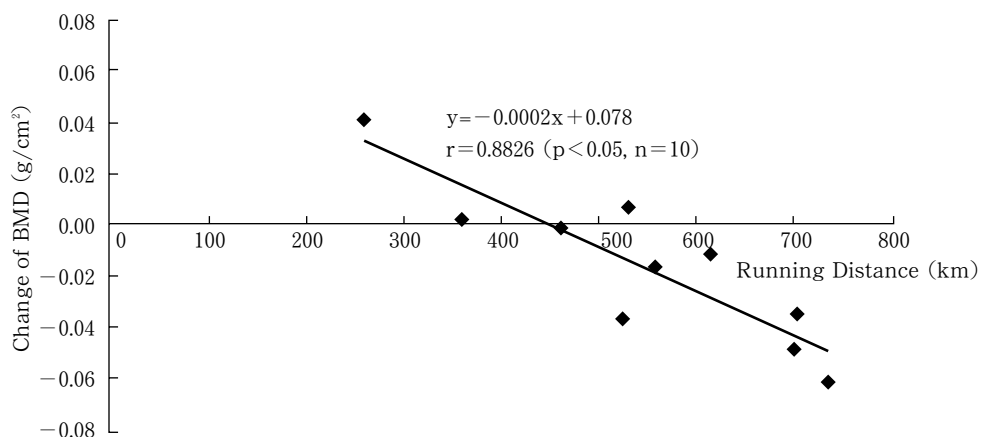


Fig. 4 Relationship between Mean Monthly Running Distances and Change of BMD in Lumbar Vertebrae 2-4 from July, 2000 to June, 2001

5) 月経に関するアンケート

本研究では質問1においてcもしくはdと答えた者はH群7名、L群7名であった。

6) 整形外科的メディカルチェック

問題なし (A) と評価されたのはH群3名、L群1名であった。観察 (B) と評価されたのはH群7名、L群10名であった。注意 (B-2) と評価されたのは、H群1名、L群0名であった。精査 (C-1) と評価されたのはH群0名、L群1名であった。両群とも治療 (C-2) と評価された者はいなかった (Table 4)。

Table 4 Results of Medical Evaluation

評価	H Group (N=11)	L Group (N=12)
正常 (A)	3名	1名
観察 (B-1)	7名 腸脛靭帯炎・膝関節痛・腰痛・ 関節弛緩など	10名 腸脛靭帯炎・膝関節痛・腰痛・ 関節弛緩・母趾痛など
注意 (B-2)	1名 右膝痛・伸展制限	0名
精査 (C-1)	0名	1名 右足根骨疲労骨折の疑い
治療 (C-2)	0名	0名

IV. 考 察

本研究の H 群と L 群における骨塩量と骨密度を比較した結果、H 群が L 群より高い値を示す傾向を示したものの、統計的な有意差は認められなかった。Fisher ら⁴⁾、および Rutherford¹⁵⁾ らは、DEXA 法による無月経女子ランナーの腰椎骨身度が、それぞれ $1.10 \pm 0.09 \text{ g/cm}^2$ 、 $1.17 \pm 0.02 \text{ g/cm}^2$ であったと報告している。

本研究の H 群および L 群の両方で得られた腰椎骨密度の値は、競技能力による差異は認められなかったが、両群ともにこれら先行研究の結果とほぼ同等の値を示した。本研究の対象者の約半数が月経不順を訴えており、このことが、骨塩量および骨密度へ少なからず影響を及ぼしたものと推察される。

また、平均月間走行距離と腰椎骨密度の変化値との間には有意な負の相関関係が認められた。Hutlund⁶⁾ らは、走行距離が多いほど、運動性無月経になる可能性が高いことを示唆している。走行距離と骨密度とを直接的に関連付けた研究は今のところ見受けられない。だが、本研究の結果は、Hutlund⁶⁾ らが示す走行距離が月経に及ぼす影響を間接的に支持すると同時に、走行距離の増大が、女性ホルモンの分泌に影響を及ぼし、骨代謝環境をマイナス方向に傾けさせる可能性を示唆している。

女子長距離選手においては、月経異常を骨量低下の大きな要因として掲げる先行研究は少なくない^{2,3,7,11)}。本研究においても、そのことを間接的に裏付ける結果となったが、一方で、陸上長距離における Low impact, High frequency な Mechanical Load を特性とした運動様式そのものが骨代謝に悪影響を及ぼしている可能性も示唆されており²⁰⁾、月経異常といったファクターが影響を及ぼすことのない男子長距離選手でも骨密度の低下が報告されている⁵⁾。

小沢¹³⁾、辻ら¹⁹⁾、碓井ら²¹⁾、および山縣ら²³⁾ による先行研究は、筋力、運動習慣、体重、BMI などと骨密度との間に有意な正の相関関係があることを示している。つまり、筋力発揮を伴う運動様式でのトレーニングは、筋力や除脂肪体重の向上とともに骨密度の向上にも有効的であると考えられる。これは、Rubin ら¹⁴⁾ によって提唱されている骨形成における Mechanical load の必要性からも支持することができる。

本研究の筋力と形態の測定結果を見ると、H 群と L 群において有意な差は認められなかった。このことから、陸上長距離における競技能力の差異による筋力や形態への影響はそれほど大きくないことが示唆される。だが、陸上長距離走の指導現場においては、長時間走行を主とした有酸素性トレーニングが中心であり、また、競技の特性上から体脂肪の少ない身体組成や有酸素的な体力向上が重要視されている。そのために、筋力向上や筋肥大を目的としたトレーニングを行う機会は必然的に少ないように見受けられる。以上のことから、長距離走という運動様式と筋力ト

レーニングを行う機会の少なさが、本学駅伝選手の全体的な低骨塩量および骨密度に影響を及ぼしているのではないかと推察される。

また、何らかの障害を有する者が、対象者の半数以上を占めていた。山本²⁴⁾は、脚伸展筋力は膝関節部の傷害と関連性が深く、スポーツ活動を安全に行うために必要な脚伸展筋力は、体重の1.0倍から1.2倍を超える程度が望ましいとしている。本研究の対象者の脚伸展筋力はほとんどが体重以下であり、このことが障害保有率を高めている要因の一つであると推察される。

以上のことから、現在の大学女子駅伝のトップチームである本大学選手の骨密度と筋力は全体的に低い傾向にあり、また、月経異常と障害を有する者が多いことが明らかになった。加えて、走行距離と骨密度との間には負の相関関係があることが示された。今後、骨密度低下と障害発生の予防を目的とした適切なトレーニング処方確立の必要性が示唆され、そのためには、今回の測定結果と障害の有無、栄養摂取状況、性ホルモンなどとの関係を含めて検討し、選手の現状をより詳細に把握する必要があると考えられた。

V. 要 約

本研究では、本学女子駅伝選手の骨密度や筋力を中心とした体力要素と身体的特徴に関する測定を実施した。得られた測定結果を競技能力別で比較することにより、骨密度の低下と障害発生を防止しながら、さらなる競技力向上を目指すための基礎的データの獲得とトレーニング処方の一助とすることを試みた。

本研究の結果から、現在の大学女子駅伝のトップチームである本大学選手の骨密度と筋力は全体的に低い傾向にあり、また月経異常と障害を有する者が多いことが明らかになった。さらに、走行距離と骨密度との間には負の相関関係があることが示された。今後、骨密度低下と障害発生の予防を目的とした適切なトレーニング処方確立の必要性が示唆され、そのためには、今回の測定結果と障害の有無、栄養摂取状況、性ホルモンなどとの関係を含めて検討し、選手の現状をより詳細に把握する必要があると考えられた。

VI. 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、ご助言と機材面のご助力を賜りました日本体育大学運動処方研究室主任教授堀居昭先生とメディカルチェックにご協力賜りました横浜市立市民病院整形外科金児英敏先生に深謝いたします。また、実験にご協力頂いた日本体育大学の森田修一先生と大学院生の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) Barrow, G. W., et al.: Menstrual irregularity and stress fractures in collegiate female runners. *Am. J. Sports Med.* **16**: 209-216, 1988.
- 2) Drinkwater, B. L., et al.: Bone mineral content of amenorrheic and enmenorrheic athletes. *N. Engl. J. Med.* **311**: 277-281, 1984.
- 3) Drinkwater, B. L., et al.: Bone mineral density after resumption of menses in amenorrheic athletes. *JAMA* **256**: 380-382, 1986.
- 4) Fisher, E. C., et al.: Bone mineral content and levels of gonadotropins and estrogens in amenorrheic running women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **62**: 1232, 1986.
- 5) Hetland, M. L., et al.: Low bone mass and high bone turn over in male long distance runners. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **77**: 770-775, 1984.
- 6) Hetland, M. L., et al.: Running induced menstrual disturbances but bone mass is unaffected, except in ammenorrheic women. *Am. J. Med.* **95**: 53-60, 1993.
- 7) 今村まゆみ, 他: トレーニングによる月経異常と骨塩量の変動. *Jpn. J. Sports Sci.* **11**: 218-222, 1992.
- 8) 石河利寛: 健康・体力のための運動生理学. 杏林書院, 東京: 2000.
- 9) Kathryn, H., et al.: Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann. Intern. Med.* **113**: 754-759, 1990.
- 10) 小池達也, 他: エリート女性長距離ランナーにおける低骨塩量と骨密度. *臨床スポーツ医学* **12**: 1425-1429, 1995.
- 11) Marcus, R., et al.: Menstrual function and bone mass in elite women distance runners. *Ann. Intern. Med.* **102**: 158-163, 1985.
- 12) 荻野 浩, 他: 全身の DXA 法. *整形・災害外科* **40**: 679-689, 1997.
- 13) 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.
- 14) Rubin C. T., et al.: Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcif. Tissue Int.* **37** (4): 411-417, 1985.
- 15) Rutherford, O. M.: Spine and total bone mineral density in amenorrheic endurance athletes. *J. Appl. Physiol.* **74**: 411-417, 1993.
- 16) 白木正孝: 特集 退行期骨粗鬆症—骨粗鬆症の病因および危険因子. *The Bone* **4**: 49-58, 1990.
- 17) 田村真一, 他: 陸上中長距離の体力特性. *スポーツ医・科学*. **10**: 41-48, 1997.
- 18) 鳥居 俊, 他: 女子長距離ランナーの月経異常と骨量変化. *日本整形外科スポーツ医学会誌* **8**: 149-152, 1989.
- 19) 辻 秀一, 他: 若年スポーツ選手の骨密度に関する多角的検討. *臨床スポーツ医学* **12**: 1421-1424, 1995.
- 20) 辻 秀一, 他: 女性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. *臨床スポーツ医学* **13**: 1413-1418, 1996.
- 21) 碓井外幸, 他: 女子スポーツ選手の骨密度に及ぼす運動と栄養の影響. *体力科学* **43**: 259-263, 1994.
- 22) 若山章信, 他: 陸上競技の短・中・長距離一流選手における脚筋力発揮特性の比較. *スポーツ医・科学* **7**: 7-13, 1993.
- 23) 山縣正庸, 他: 運動選手における腰椎および大腿骨頸部の骨密度の変化—非スポーツ群との比較—. *臨床スポーツ医学* **8**: 305-308, 1991.
- 24) 山本利春: 測定と評価. ブックハウス HD, 東京: 2001.

Physical Characteristics and Fitness of the Championship Team in Japan Inter-University Women's EKIDEN (Part 1)

Naoto SUZUKI and Dai UEDA*

Abstract

The purpose of this study was to investigate physical characteristics and fitness in runners of J University women EKIDEN team which gained Japan Inter-University Women's EKIDEN Championship in 2000.

The subjects were 24 female EKIDEN runners of Josai University. They were all divided into higher ranked group (H Group, N=12) and lower ranked group (L Group, N=12). The division was based on each best record of 5000 m run.

The results were summarized as follows:

- 1) In height, body mass, BMI, % body fat, and lean body mass, significant difference between H Group and L Group were not accepted.
- 2) The value of bone mineral density (BMD) in lumbar vertebra of H Group showed higher tendency compared with L Group, but statistical significant difference was not accepted. The mean values of BMD in both groups were almost equivalent to amenorrheic runner's BMD shown by former researches [Fisher et al. (1986), Rutherford et al. (1993)].
- 3) Isometric muscular strength and girth were almost equivalent by H Group and L Group.
- 4) Significant negative correlation was shown between mean monthly running distance and changing value of BMD in 2ed to 4th lumbar vertebra from July, 2000 to June, 2001 ($r=0.8826$, $p < 0.05$, $n=10$).
- 5) From the results of Medical Evaluation, both H Group and L Group had a lot of injured or disordered runners.

In response to above results, it was suggested, for grasping runners condition further and making suitable training prescription, that there is some necessity of investigating the relationship between the measurement values and injuries, nutrient situation, or sex hormones.

* Nippon Sport Science University