

女子サッカーの試合中における歩数, 心拍数, METS, エネルギー消費量の動態

大橋 信行*・吉田 宏一*・斉藤 照夫*・芦原 正紀**・清田 寛***

(平成 7 年 4 月 20 日受付, 平成 7 年 7 月 17 日受理)

Changes of Stride Frequency, Heart Rate, METS and Energy Expenditure for Female Soccer Players in Soccer Game

Nobuyuki OHASHI, Kouichi YOSHIDA, Nobuo SAITO,
Masanori ASHIHARA, Hiroshi KIYOTA

The purpose of the present study was to learn the stride frequency, intensity (heart rate and METS) and energy expenditure during a female soccer game.

The subjects were 8 female soccer players, aged 19 to 20.

The results were as follows:

1. Stride frequency for non-regular group was 4718 ± 371 (strides) in the 1st half, 4546 ± 557 (strides) in the 2nd half and 9265 ± 928 (strides) in the whole game. On the other hand, stride frequency for the regular group was 4377 ± 369 (strides) in the 1st half, 4033 ± 71 (strides) in the 2nd half and 8409 ± 440 (strides) in the whole game. Obviously, there was a tendency in both the regular and non-regular groups to decrease their stride frequency in the 2nd half.

2. Heart rate (HR) for both the non-regular group and the regular group ranged from 170 to 180 (b/min). However, HR in the non-regular group was a little higher than that of the regular group in both halves.

3. METS for both the non-regular group and the regular group was about 10 to 11 METS, which is considerably strong.

4. Energy expenditure in both the non-regular group and the regular group was about 300 (kcal) in both halves, and about 600 (kcal) during the whole game.

Due to the above results, it was learned that the intensity and energy expenditure during a soccer game is considerably high. Therefore, we suggest that both practice and training to increase pulmonary-circulation is important.

目 的

近年, JリーグおよびLリーグの発足にともない, 我が国でもサッカーは上位にランクされる興味あるスポーツとなってきており, サッカーに関する報告も多々みうけられるようになってきた。従来よりサッカーの研究は技術, 戦術, 体力に関するものが多く^{6,9,10,11,13,14,15,19)}, サッカーの試合中における呼吸・循環器系に関する報告^{12,16)}は少なく, 特に女子サッカー選手についての運動強度や運動量に関する研究は, ほとんどみあたらない。最近になって, 運動時の活動量はペドメーター^{1,2,3,5,17)}による報告がなされているが, この装置を用いたサッカーの試合への活用は十分にされていないように推察される。大橋ら¹³⁾や山中ら²⁰⁾はサッカーの試合中の移動

距離を描記法により算出し, 活動量について検討をしている。この方法によると試合中における移動距離は男子の場合で約 10 km と報告している。したがって, 男子サッカー選手は呼吸・循環器系の能力がかなり高いことが推察される。しかし, このような報告にもかかわらず, サッカー選手の技術に関する練習方法や呼吸・循環器系の能力を高めるための具体的な方法についての報告はそれほどみあたらない。そこで著者らは, 女子サッカー選手の技能や呼吸・循環器系の機能を高めるための方法をみいだすための一環として, サッカーの試合中における歩数, 心拍数, 酸素摂取量およびエネルギー消費量について検討した。

* 運動方法 サッカー研究室, ** 湘南工科大学, *** 発育発達研究室

Table 1 Characteristics of female soccer players.

	Position	H (cm)	W (kg)	Age (years)	Exp. Age (years)	$\dot{V}O_2 \text{ max/W}$ (mlO ₂ /kg·min)	
Non Regular							
	S. H.	GK	167.8	67.0	22	3	36.2
	T. J.	DF	162.8	51.4	22	3	34.9
	K. M.	MF	162.2	55.5	21	3	40.6
	T. Y.	FW	157.0	48.7	21	3	32.2
Regular							
	K. A.	GK	160.0	56.5	20	2	46.9
	O. S.	DF	161.8	58.5	21	2	33.6
	S. R.	MF	149.0	47.4	21	4	36.8
	M. Y.	FW	165.3	53.3	21	3	55.6

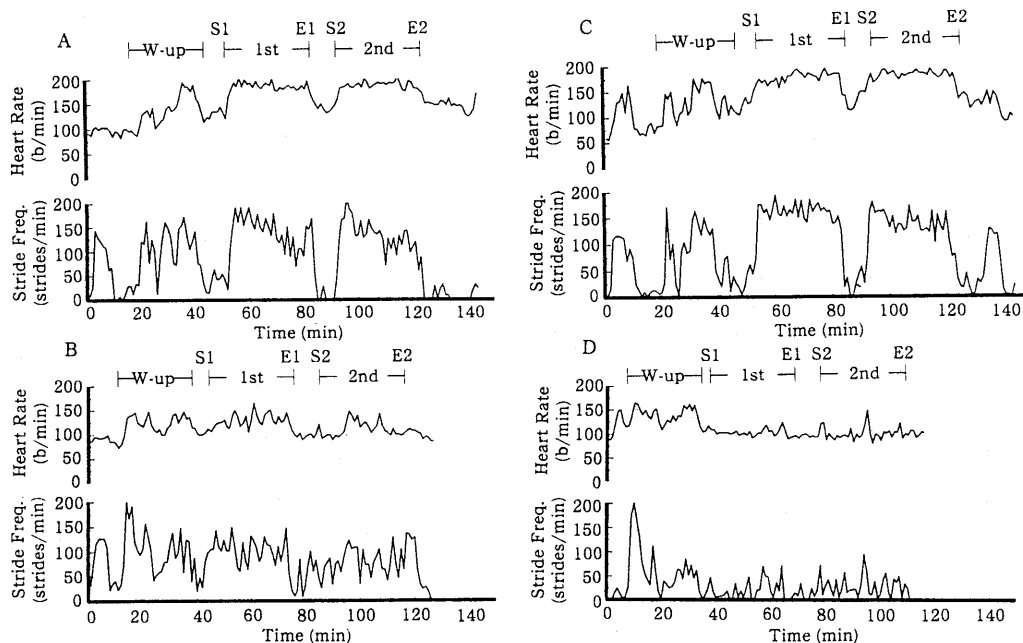


Fig. 1. Typical data of the stride frequency and the heart rate during soccer game in female soccer players.

The left figures (upper and bottom) shows the non-regular players (A: MF, B: GK).

The right figures (upper and bottom) shows the regular players (C: MF, D: GK).

方 法

対象は、本学女子サッカー選手8名で、年齢は19から22歳であった。内訳は全日本大学女子サッカー選手権優勝チームのレギュラー選手(レギュラー群)4名と、非レギュラー選手(非レギュラー群)4名の2群であり、各群ともにゴールキーパー(GK)、ディフェンダー(DF)、ミッドフィルダー(MF)、フォワード(FW)の各1名であった。女子サッカー選手の身体的特性はTable 1に示すごとくである。

サッカーの試合中の歩数と心拍数の測定

サッカーの試合中の歩数と心拍数は、多ch生体情報ロガー(竹井機器(株)製)を用いて清田ら⁷⁾と同様な方法で測定した。また、測定はウォーミングアップから試合中にかけて行った。

酸素摂取量、METSおよびエネルギー消費量の測定

酸素摂取量の測定は、自転車エルゴメータ(モナーク社製)を用いて、漸増負荷法にて行い、ダグラスバッグ

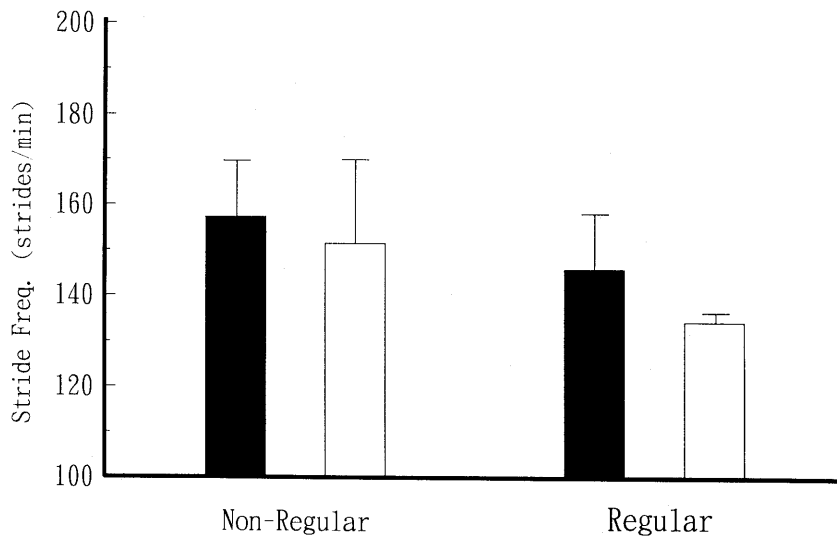


Fig. 2. Comparison of the stride frequency on the non-regular group with the regular group during soccer game in female soccer players. Closed bar shows the 1st half, and open bar shows the 2nd half. The both bar shows mean value and the standard deviation.

にて呼吸ガスを採気し、瞬時のガス分析器（日本電気三栄, Respina IH 26）で、酸素および炭酸ガス濃度を求めた。この結果と呼吸量 (STPD) をもとに、酸素摂取量及び炭酸ガス排出量を算出した。

また、運動負荷の前 30 分間は、椅座位で安静にし、安静時の酸素摂取量を測定した。自転車エルゴメータで得られた個人の心拍数と酸素摂取量の結果を用いて、個人ごとに両者の回帰式を求め、試合中の心拍数から酸素摂取量を算出した。なお、これらの測定は室内（約 24 度）で行った。

サッカー試合中の酸素摂取量は、試合中の前半および後半の平均心拍数を求め、心拍数-酸素摂取量の関係式より算出した。サッカー試合中の METS は、個人の回帰式より得られた酸素摂取量 (ml/kg·min) に 3.5 ml/kg·min を除して求めた。

サッカー試合中のエネルギー消費量は、心拍数より算出した酸素摂取量 (l/min) に熱量変換の 5 kcal/l（酸素 1 リットルを消費するときの熱量を 5 kcal とした）を乗じ、さら試合中の時間を乗じて、前半および後半ごとに求めた [$\dot{V}O_2$ (ml/分) \times 0.005 (kcal/ml) \times ハーフの時間 (分)]。さらに、前半、後半で得られた値を加えて、サッカーの試合中の総エネルギー消費量とした。

結 果

女子サッカーの試合中の歩数と心拍数の同時記録

多 ch 生体情報ロガーを用いて、女子サッカーの試合中における両群の MF と GK の 1 分間あたりの歩数と心拍数の結果を示したのが Fig. 1 である。横軸はウォーミングアップから試合終了までの時間を示し、縦軸の下端は歩数、上段が心拍数を示している。左の Sub. A (M. F), Sub. B (G. K) は、非レギュラー選手、右の Sub. C (M. F), Sub. D (G. K) は、レギュラー選手を示している。

Sub. A の平均心拍数は前半が 187.5 ± 7.5 拍、後半が 188.8 ± 6.9 拍であった。Sub. C の平均心拍数は前半が 179.1 ± 9.5 拍、後半が 183.7 ± 6.6 拍であり、平均心拍数は両者とも前半、後半ともに高値を示した。Sub. B の平均心拍数は、前半が 127.8 ± 14.8 拍、後半が 111.1 ± 16.1 拍であった。Sub. D の平均心拍数は、前半が 103.7 ± 7.5 拍、後半が 102.4 ± 14.2 拍であり、両者とも平均心拍数は低値を示したが、Sub. B よりも Sub. D の方が前、後半ともに低値を示した。また Sub. A の平均歩数は前半が 143.8 ± 32.7 歩、後半が 132.7 ± 33.5 歩であった。Sub. C の平均歩数は前半が 162.4 ± 16.0 歩、後半が 137.6 ± 25.3 歩であり、Sub. A, C とともに前半よりも後半の方が低値を示した。Sub. B の平均歩数は、前半が 102.6 ± 22.6 歩、後半が 76.8 ± 27.2 歩であった。Sub. D の平均歩数は、前半が 19.8 ± 20.8 歩、後半が 28.9 ± 22.6 歩であった。したがって、女子サッカーの試合中に

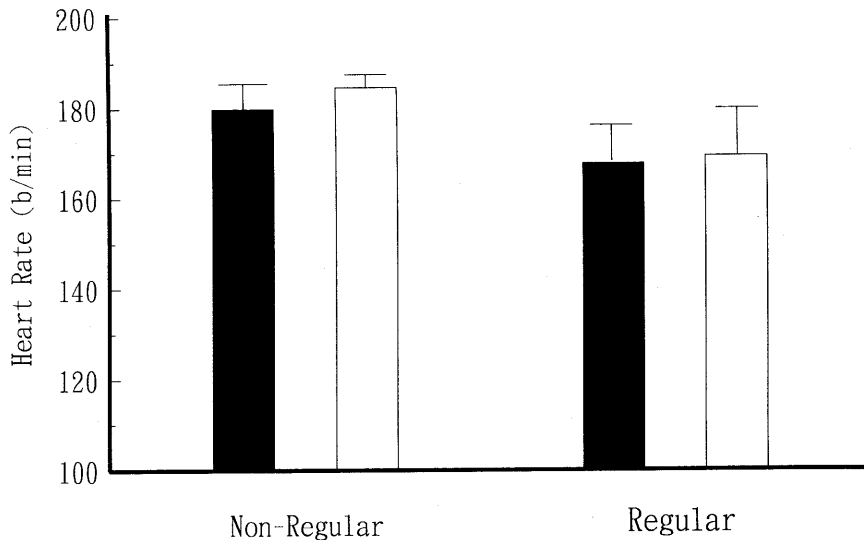


Fig. 3. Comparison of the heart rate on the non-regular group with the regular group during soccer game in female soccer players.

Closed bar shows the 1st half, and open bar shows the 2nd half.

The both bar shows mean value and the standard deviation.

おける歩数と心拍数はポジションによる特性が認められ、本装置による測定結果の妥当性の高いことがうかがえた。

女子サッカーの試合中の非レギュラー群とレギュラー群の歩数の比較

女子サッカーの試合中におけるGKを除いたDF, MF, FWの両群の1分間あたりの平均歩数を比較したのがFig. 2である。平均歩数は非レギュラー群の前半が 157.3 ± 12.4 歩、後半が 151.5 ± 18.6 歩、レギュラー群は前半 145.9 ± 12.3 歩、後半 134.4 ± 2.4 歩となっており、前半、後半ともに、レギュラー群の方が低値を示していた。また、両群ともに、前半よりも後半の方が低値を示した。

サッカーの試合中におけるGKを除いたDF, MF, FWの両群の歩数は、非レギュラー群の前半が 4718 ± 371 歩、後半が 4546 ± 557 歩で総歩数は 9265 ± 928 歩、レギュラー群は前半が 4377 ± 369 歩、後半が 4033 ± 71 歩、総歩数が 8409 ± 440 歩となっており、前半、後半ともにレギュラー群の方が低値を示した。しかし、試合中の歩数は両群ともに、前半よりも後半の方が低値を示した。

女子サッカーの試合中の非レギュラー群とレギュラー群の心拍数の比較

女子サッカーの試合中におけるGKを除いたDF, MF, FWの両群の1分間あたりの平均心拍数を比較したのがFig. 3である。平均心拍数は、非レギュラー群の前半が 179.9 ± 5.7 拍、後半が 184.7 ± 2.9 拍であり、レギュラー群の前半が 167.8 ± 8.1 拍、後半が 169.3 ± 10.3 拍であった。したがって、平均心拍数は、前、後半ともにレギュラー群の方が非レギュラー群よりも約10から15拍ほど低値を示した。また、平均心拍数は両群ともに、前半よりも後半の方がわずかではあるが高値を示した。

女子サッカーの試合中の非レギュラー群とレギュラー群のMETSの比較

女子サッカーの試合中におけるGKを除いたDF, MF, FWの両群のMETSを比較したのがFig. 4である。METSは非レギュラー群の前半が 11.5 ± 1.8 METS、後半が 12.1 ± 2.2 METSであり、レギュラー群の前半が 11.1 ± 0.8 METS、後半が 11.2 ± 0.6 METSとなっており、両群ともにほぼ同値を示した。

女子サッカーの試合中の非レギュラー群とレギュラー群のエネルギー消費量の比較

女子サッカーの試合中におけるGKを除いたDF,

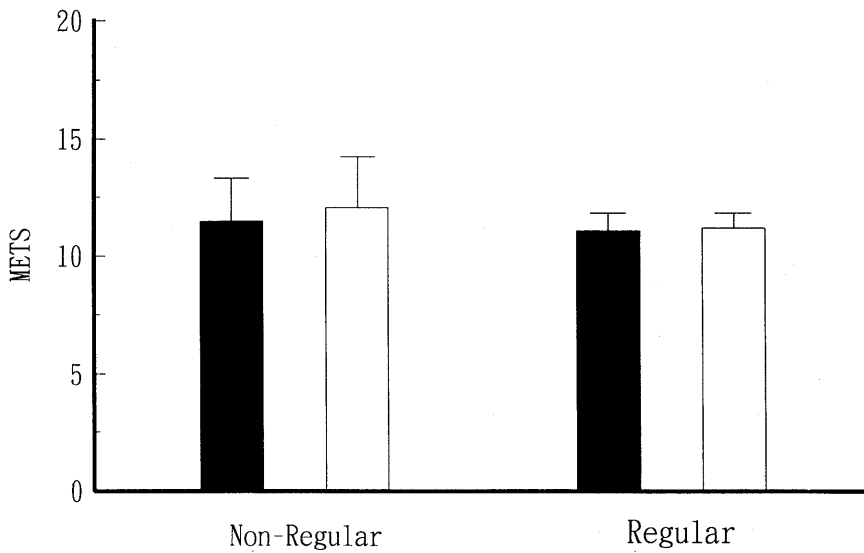


Fig. 4. Comparison of METS on the non-regular group with the regular group during soccer game in female soccer players. Closed bar shows the 1st half, and open bar shows the 2nd half. The both bar shows mean value and the standard deviation.

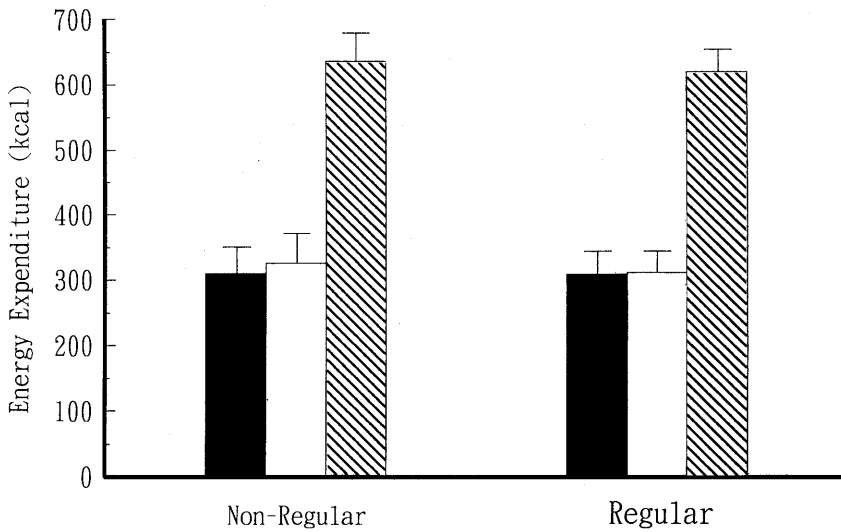


Fig. 5. Comparison of the energy expenditure on the non-regular group with the regular group during soccer game in female soccer players. Closed bar shows the 1st half, and open bar shows the 2nd half, and oblique line shows the total time. The each bar shows mean value and the standard deviation.

MF, FW の両群のエネルギー消費量を比較したものが Fig. 5 である。エネルギー消費量は、非レギュラー群の前半が 310 ± 40 kcal, 後半が 326 ± 47 kcal, レギュラー群の前半が 309 ± 36 kcal, 後半が 312 ± 32 kcal で

あった。総エネルギー消費量は非レギュラー群が 636 ± 44 kcal, レギュラー群が 621 ± 34 kcal とほぼ同値を示した。

考 察

多くのスポーツの場面で試合中における運動強度と運動量を推定することは、個々のスポーツの技術を向上させるための基礎的な研究として重要である。したがって、スポーツ種目別の特性に合わせた、運動のプログラムを考慮する必要がある。この目的を達成するためには、個々のスポーツを実践しているときの運動強度や運動時間、運動量を知る必要がある。また、運動強度の指標としては、心拍数、酸素摂取量、METSを用いており、酸素摂取量に運動時間を乗じて、運動量（エネルギー消費量）としている⁸⁾ことが多く、それぞれの指標は、呼吸・循環器系を中心としたものである。運動のプログラムを作成するには、他の体力要素も考慮しながらスポーツの特性にあわせることも重要なことであるが、これらは、運動強度の指標としては有効ではあるが、運動を実践した結果に生じるものである。運動を実践している様子を知る方法としては、ビデオや16mmカメラと同期しながら分析することが多いが、これらの方法は条件の設定が困難であるために簡易的には用いられない。最近になってペドメーター^{1,2,3,5,17)}を用いた研究が注目を集めており、運動の場面への応用がなされるようになってはいるが、多くの問題点が残されているようにみうけられる。また、サッカーに関する研究の中で大橋¹³⁾や山中²⁰⁾が描記法により試合中の移動距離を算出し、これを活動量として用いている。しかし、移動距離は速度と時間の積であり、活動量として用いるのには有効な手段と考えられるが、描記時における誤差や時間分解能については、多くの問題を含んでいるように推察される。そこで、著者らは走速度（歩幅×歩数）が心拍数や酸素摂取量と関係がある^{1,2)}ことを利用して、運動中の歩数の動態に注目し、これが運動強度となることに期待して研究を進めてきた。筆者らの研究において、歩数と心拍数の同時測定が可能となった⁷⁾ので、この方法を女子サッカーの試合中にも応用してみた。その結果、心拍数と歩数を同時記録することにより、女子サッカーの試合中におけるポジション別の特性がうかがわれた。なかでも、試合中の心拍数はレギュラー選手のGKの場合は、非レギュラー選手のGKよりも低値を示し、歩数は、レギュラー選手のGKよりも非レギュラー選手のGKの方が高値を示していたことから、非レギュラー選手側で試合が展開されていたことをうかがい知ることができた。このような状況下での、試合中におけるGKを除いたDF、MF、FWでは両群ともに心拍数が170拍から180拍と、ほぼ最大心拍数に近い水準を維持していたことは、従来の報告¹⁸⁾とほぼ一致していた。スポーツ活動中の

$\dot{V}O_2$ は測定が困難なため、小林⁸⁾は走運動や自転車エルゴメーターを用いて、個人の心拍数と $\dot{V}O_2$ の関係を求め、スポーツ活動中の $\dot{V}O_2$ を心拍数から推定している。 $\dot{V}O_2$ は、走運動の方が自転車エルゴメーターよりも約10%ほど高値を示していたと報告しているが、今回、筆者らは、簡易的で安全性の高いことを考慮して、自転車エルゴメーターを用いて個人の心拍数と $\dot{V}O_2$ の関係を求め、サッカーの試合中の $\dot{V}O_2$ を心拍数より求めた。METSは両群ともに10から11METSで過度な運動強度であり、ほぼ最大に近い水準に達していたことは、心拍数と同様に注目すべきことであった。さらに歩数は、両群ともに前、後半ともに試合の経過にともない減少する傾向を示しており、従来の報告¹⁹⁾と類似した結果であることから、かなり疲労困憊になっているものと推察された。したがって、従来までは心拍数や酸素摂取量を運動強度の指標としていたことが、今回のように歩数を加えることによってさらに、運動中の生体反応を考察する上で、重要な要素となりうるものと考えられる。また心拍数は、レギュラー群よりも非レギュラー群の方が、前半よりも後半の方が高値を示していたのは、技術水準の相違が運動強度に大きく影響しているものであり、技術を高めることも不可欠な要素であるものと推察される。さらに、本学の女子サッカー選手の場合、試合中の心拍数が最大値に近い水準を維持しているにもかかわらず、歩数は前、後半ともに試合の時間経過にともない低下する傾向を示していたので、走力を中心とした呼吸・循環器系の機能を高めるような練習を多く取り入れることが重要であり、さらに他の基礎的な体力の向上をはかることがサッカーの技術を向上させ、障害を予防することにもなると推察される。また、エネルギー消費量は、健康のためには1日300kcal⁴⁾といわれているが、1試合のエネルギー消費量は約600kcalと運動量がかなり大きいので、栄養の摂取や休養には注意を十分払わなければならないものと推察される。

要 約

本学の女子サッカー選手（レギュラー選手、非レギュラー選手）8名を対象として、試合中における歩数、心拍数、METS、エネルギー消費量については、以下にまとめることができた。

1. 生体情報ロガーを用いることにより、試合中の歩数と心拍数を同時に測定することができた。
2. GKを除く非レギュラー群では、1分間あたりの平均歩数は、前半が157.3±12.4歩、後半が151.5±18.6歩。歩数は、前半が4718±371歩、後半が

4546±557 歩で総歩数は, 9265±928 歩であった。GKを除くレギュラー群では, 平均歩数は, 前半 145.9±12.3 歩, 後半 134.4±2.4 歩で歩数は, 前半が 4377±369 歩, 後半が 4033±71 歩, 総歩数が 8409±440 歩であった。両群ともに前半よりも後半の方が減少し, さらに前, 後半ともに, 試合の経過とともに減少した。

3. 1 分間あたりの心拍数は両群ともに 170 から 180 拍であったが, 非レギュラー群の方がレギュラー群よりも, 前半, 後半ともにわずかに高かった。
4. METS は両群ともに約 10 から 11 METS であり, 過度な強度であった。
5. エネルギー消費量は両群とも前, 後半ともに約 300 kcal, 1 試合は約 600 kcal と推定された。

謝 辞

本研究は研究計画の段階より坂見敏夫, 安部康之 (日本体育大学運動方法, ゴルフ研究室), 浜野 学 (日本体育大学, 発育発達研究室), 小林康孝 (聖マリアンナ医科大学第二生理学教室) の共同研究者の協力があつたことを付記し, 感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 星川 保, 豊島進太郎, 鬼頭伸和, 松井秀治, 出原鎌雄, 国富 猛: ペドメーター歩数と酸素摂取量との関係, 体育科学, 14, 7-14 (1986).
- 2) 星川 保, 豊島進太郎, 宮崎保信, 近藤 鈔, 出原鎌雄, 松井秀治: Pedometer の歩数および心拍数から見た小学校体育授業時の活動量について, 体育科学, 9, 1-11 (1981).
- 3) 星川 保, 松井秀治, 水谷四郎, 出原鎌雄, 国富猛, 村田 好: Pedometer Score からみた中学校正課体育授業時の生徒の運動量について, 体育科学, 12, 14-24 (1984).
- 4) 勝木新次: 中高年者における体育運動の効果をめぐって, 体力研究, 23, 1-11 (1972).
- 5) Kemper, H. C. G. and Verschuur: Validity and reliability of pedometers in habitual activity, research. Europ. J. Appl. Physiol. 37, 71-82, (1977).
- 6) 清田 寛, 西原隆一, 上条 隆, 芦原正紀, 加藤敏夫, 斉藤照夫: 本学サッカー選手の体力について—日本代表選手及びユース代表選手との比較を中心にして—, 日本体育大学紀要, 16(2), 143-149 (1987).
- 7) 清田 寛, 浜野 学, 岩瀬康信, 大和 眞, 坂見

- 敏夫, 阿部康之, 斉藤照夫, 大橋信行, 笹渕五夫, 小林康孝, 芦原正紀: シーズン中における中高年者のゴルフプレイ中の歩数と心拍数, METS, エネルギー消費量の動態, 日本体育大学紀要, 24 (2), 63-71 (1995).
- 8) 小林康孝: 運動量の概算法に及ぼす年齢・肥満の問題, デサントスポーツ科学, 14, 175-189 (1993).
 - 9) 増永正幸: サッカーのゲーム分析 (第1報) —ゲーム中における技能評価と測定方法—, 国学院大学体育学研究室紀要, 24, 23-27 (1992).
 - 10) 松坂 晃, 岡部英昭, 高橋幸博, 西嶋尚彦, 太田茂秋, 服部恒明: カロリーカウンターによるサッカー試合中のエネルギー消費量測定を試み, 茨城大学教養部紀要, 26, 453-460 (1994).
 - 11) 宮村茂紀: 女子サッカーにおける技術・戦術に関する要因分析的研究—大会種別による選手の走行距離とボールの移動距離—, 神戸女子大学教育学科研究会 教育諸学研究論文集, 5, 107-121 (1991).
 - 12) 大橋二郎, 兵頭圭介, 戸苺晴彦, 丸山剛生: 日本人一流サッカー選手の最大酸素摂取量—ポジション及び年齢別の比較—, 東京大学教養学部体育学紀要, 24, 65-71 (1990).
 - 13) 大橋二郎, 戸苺晴彦, 瀧井敏郎: 世界一流サッカー選手のゲーム中の移動距離, 東京大学教養学部体育学紀要, 25, 1-6 (1991).
 - 14) 大橋二郎: サッカーのゲーム分析—サッカーにおけるゲーム中の選手の動き—, 体育方法専門分科会会報, 25, 33-40 (1993).
 - 15) Reilly T. and Thomas V.: Motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play, J. Human movement studies, 87-97, (1976).
 - 16) 鈴木 滋: サッカー選手の有酸素性能力とフィールドテスト, 体育方法専門分科会会報, 25, 41-48 (1993).
 - 17) Saris, W. H. and Binkhorst, R. A.: The use of pedometer and actmeter in studying daily physical activity and actmeter measuring the daily physical activity, Europ. J. Appl. Physiol. 37, 229-235 (1977).
 - 18) 田島幸三: サッカーの選手の素質について, 体育の科学, 43(11), 892-895 (1993).
 - 19) 田中和久, 俵藤 晶, 戸苺晴彦: サッカー競技におけるボールの移動軌跡による戦術的検討—スペースの使い方を中心に—, スポーツ方法学研究, 6(1), 31-39 (1993).
 - 20) 山中邦夫, 五所伸之, 西嶋尚彦, 中山雅雄, 小野剛, 宮崎純一: 一流プロサッカー選手の試合における移動距離, 筑波大学体育科学系紀要, 12, 85-94 (1989).