

サッカー競技者の全身持久力を 生理学的に評価するための 20m シャトルランテストの研究

片桐 幹雄 佐藤 佑

キーワード：20m シャトルランテスト、サッカー競技者、全身持久力

A physiological study on the 20m Shuttle Run Test to evaluate endurance performance in soccer players

Mikio Katagiri Tasuku Sato

Abstract

The purpose of this physiological study was to examine the usefulness of 20m shuttle run test for the evaluation of endurance performance in soccer players. Subjects were 44 male soccer players, age ranged from 18 to 33 years old. For all subjects, the maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) was measured on a treadmill, 20m shuttle run test authorized by the Ministry of Education, Science and Culture was administered, and heart rates were recorded on both occasions. The mean number of shuttle runs was 122.9 ± 14.4 , whose predicted $\dot{V}O_{2max}$ was 58.4 ± 3.9 ml/kg/min for '98 manual and 54.6 ± 4.4 ml/kg/min for '99 edition, and the measured $\dot{V}O_{2max}$ was 55.1 ± 5.3 ml/kg/min. Both predicted values of $\dot{V}O_{2max}$ were significantly correlated with the measured $\dot{V}O_2$ value ($r=0.673$, $P<0.001$; $r=0.671$, $P<0.001$). In the subjects with lower $\dot{V}O_{2max}$ (<60.0 ml/kg/min) their predicted $\dot{V}O_{2max}$ ('98 manual) tended to be higher than their measured values. The mean value of HR max obtained in the treadmill running was slightly lower than the one in the 20m shuttle run test. These results indicated that 20m shuttle run test was effective for evaluating endurance performance in soccer players.

Key words : 20m shuttle run test , soccer player, endurance performance

1. 緒言

サッカー競技はジョギング、ランニング、ダッシュなど試合の状況に応じた速度で移動しながらトラップ、ドリブル、キック、ヘディング等の技術を相手プレイヤーと競り合いながら行なわれる競技である。90分という試合時間からみても、サッカー競技者の全身持久力は最も基本的かつ重要な体力要素である。競技力を向上させるためには、全身持久性能力を高めるとともに、この能力の測定や評価は極めて重要である。とりわけ全身持久性

能力をフィールドで簡単にしかも精度の高い測定を可能にすることは、サッカー競技能力、特に身体能力を評価する上で大きな意味を持つと考えられる。

20mシャトルランテストは、ランニングやダッシュ、ターンの繰り返してありサッカー競技の動作特性に近い動きで、テスト結果から全身持久性能力の指標の1つである最大酸素摂取量(以下「 $\dot{V}O_{2max}$ 」と略す)を推定することが出来る。

従来、サッカー競技者の全身持久力は実験室でトレッ

ドミルや自転車エルゴメータ等を用いて直接法により $\dot{V}O_2\max$ の測定し評価されてきた (戸苅ほか, 1979; 山地, 1986; Puga et al., 1993; Wisloff et al., 1998). フィールドでは 12 分間走, 3200m 走等でその移動距離や走行時間などで間接的に評価してきた (戸苅ほか, 1991; 戸苅ほか, 1992). 生理学的には呼吸循環系機能や骨格筋での酸化能力を総合的に反映することや, 最大努力をしているか否かをより客観的に評価できるため $\dot{V}O_2\max$ が全身持久性能力の最も妥当な評価指標と考えられ国際的に最も広く採用されている (山地, 1993).

しかし, その一方で $\dot{V}O_2\max$ の測定は技術的, 設備上あるいは一人あたりの測定時間, 被験者の精神的, 肉体的負担等の制限があり, どこでもこれを行うというわけにはいかない (星川, 1993). さらに多くの人数を同時に測定することが困難であること, 定期的に測定が出来ない等の短所もある. またフィールドでは, 12分間走や, 3200m 走等で評価してきたがグラウンドの条件や環境, サッカーにおけるプレーとの運動形態の違い等から, サッカー競技者の全身持久力の評価として必ずしも適切なフィールドテストではないと考えられる.

本研究でとりあげた 20m シャトルランテストは, 従来の全身持久力テストに比べてテストの運動形式が球技特有の動きに類似している. また高価な器材を用いることなくフィールドや体育館で短時間に測定が行えるという実用上の利点を持っている. さらに全身持久性能力の測定や評価だけではなく全身持久力の維持や向上のトレーニング手段としても有用性が高いと考えられる. 加えてテストの方法が漸増負荷法であり, 被験者にとって精神的, 生理的な負担が少ないという利点もある. さらにフィールドにおいて $\dot{V}O_2\max$ が推定できる事はトレーニング現場においても極めて重要な指標となり全身持久力の評価のみならずコンディションの指標としての活用も考えられる.

そこで本研究は, 新体力テストの 20m シャトルランテストを用いて, サッカー競技者の $\dot{V}O_2\max$ を算出し, 20m シャトルランテストがサッカー競技者の全身持久力を生理学的に評価するためのテストとしての可能性と有用性について検討した.

II. 方法

1. 被験者

被験者は日本フットボールリーグ (JFL) に所属するプロプレーヤー ($n=19$), S 大学サッカー部 (全国大学サッカー選手権上位) に所属するプレーヤー ($n=28$) の合計 47 名とした. ポジション別の内訳は Forwards 12 名, Mid-fielders 16 名, Defenders 15 名, Goal keepers 4 名である. その中で後述する $\dot{V}O_2\max$ の判定基準を満たした 44 名のデータを採用した. 被験者の年齢, 身長,

体重, 体脂肪率の身体特性を Table 1 に示した. なお, 身長, 体重, 体脂肪率は, タニタ社製体内脂肪計 (TBF-202) を使用して測定した.

実験に先立って, 被験者には本実験の目的や測定内容および万一の危険性等について十分な説明をした後に, 実験参加への承諾を得て実施した.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

	Age years	Height cm	Weight kg	Body fat %
JFL Soccer players (n=17)	23.1±3.2	177.0±7.6	68.1±8.0	10.2±2.4
S college players (n=27)	20.2±0.9	174.1±5.4	66.9±6.8	10.4±2.0
All subjects (n=44)	21.3±2.5	175.2±6.5	67.4±7.2	10.3±2.2

mean ± S.D.

2. $\dot{V}O_2\max$ の測定

実測値の $\dot{V}O_2\max$ の測定は, 西川鉄工所製 NT-12 型のトレッドミルを使用し, 速度漸増負荷法により行った. 被験者は, 十分な安静状態を保った後, 角度 0 度, 走速度は 100m/min から運動を開始した. 運動開始から 3 分で勾配を 1 度上げ 4 分から走速度を 20m/min ずつ漸増し, 疲労困憊まで追い込んだ. (Fig.1)

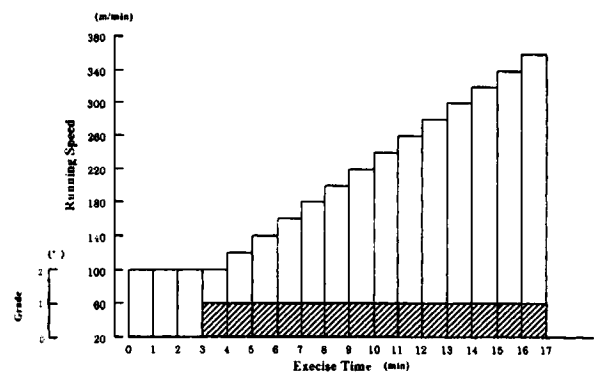


Fig.1 Test protocol for treadmill running test

$\dot{V}O_2\max$ の測定装置は SENSORMEDICS 社製呼吸代謝分析器 MMC4400tc であり, 酸素摂取量は呼吸マスク装着により 1 呼吸毎の呼気を装置内に通し, 30 秒毎に酸素摂取量を連続的に測定記録した.

$\dot{V}O_2\max$ の判定基準は酸素摂取量のレベリングオフが見られること, 心拍数が予測最大心拍数を越えること, 呼吸交換比が 1.1 を越えることとし以上の判定基準の内, 二つ以上を満たした場合とした (Howley et al., 1995). トレッドミル走行時の最大心拍数は, exhaustion 時点の

値を用いた。

20mシャトルランテストは文部省の新体力テストの実施要項(文部省体育局, 1998)に基づいて実施した。スピードは最初約8.5km/hの速度で走りはじめ, 1分毎にスピードを0.5km/hずつ漸増した(Fig.2)。被験者は設定されたスピードに追従できなくなった時点でテストを終了した。それまでの総往復回数をトータルシャトル数とした。さらに1分毎の各stageを完走できたときに, レベル数とし, そのレベルとシャトル数を記録し換算表(Table 2)(Table 3)を用いてVO₂maxを推定した。また, その時のスピードをmaximal aerobic speed(以下「MAS」と略す)とした。

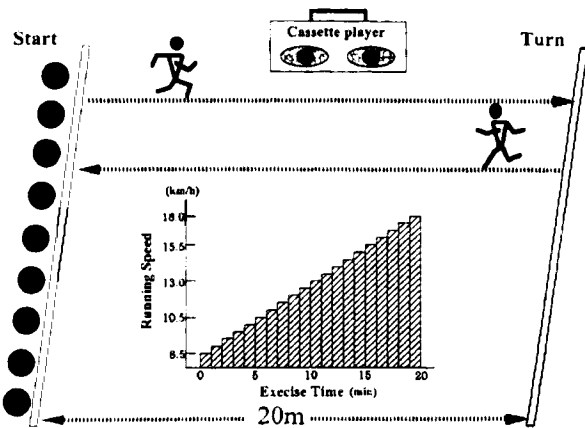


Fig.2 Protocol and gymnasium set up for the 20m Shuttle Run Test

Table 2. Table of predicted (1998) maximal oxygen uptake values for the 20m Shuttle Run Test

Level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Level 1	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0	21.5	22.0
Level 2	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5
Level 3	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.5	37.0	37.5	38.0	38.5	39.0	39.5	40.0
Level 4	42.0	42.5	43.0	43.5	44.0	44.5	45.0	45.5	46.0	46.5	47.0	47.5	48.0	48.5	49.0
Level 5	52.0	52.5	53.0	53.5	54.0	54.5	55.0	55.5	56.0	56.5	57.0	57.5	58.0	58.5	59.0
Level 6	62.0	62.5	63.0	63.5	64.0	64.5	65.0	65.5	66.0	66.5	67.0	67.5	68.0	68.5	69.0
Level 7	72.0	72.5	73.0	73.5	74.0	74.5	75.0	75.5	76.0	76.5	77.0	77.5	78.0	78.5	79.0
Level 8	82.0	82.5	83.0	83.5	84.0	84.5	85.0	85.5	86.0	86.5	87.0	87.5	88.0	88.5	89.0
Level 9	92.0	92.5	93.0	93.5	94.0	94.5	95.0	95.5	96.0	96.5	97.0	97.5	98.0	98.5	99.0
Level 10	102.0	102.5	103.0	103.5	104.0	104.5	105.0	105.5	106.0	106.5	107.0	107.5	108.0	108.5	109.0
Level 11	112.0	112.5	113.0	113.5	114.0	114.5	115.0	115.5	116.0	116.5	117.0	117.5	118.0	118.5	119.0
Level 12	122.0	122.5	123.0	123.5	124.0	124.5	125.0	125.5	126.0	126.5	127.0	127.5	128.0	128.5	129.0
Level 13	132.0	132.5	133.0	133.5	134.0	134.5	135.0	135.5	136.0	136.5	137.0	137.5	138.0	138.5	139.0
Level 14	142.0	142.5	143.0	143.5	144.0	144.5	145.0	145.5	146.0	146.5	147.0	147.5	148.0	148.5	149.0
Level 15	152.0	152.5	153.0	153.5	154.0	154.5	155.0	155.5	156.0	156.5	157.0	157.5	158.0	158.5	159.0

Table 3. Table of predicted (1999) maximal oxygen uptake values for the 20m Shuttle Run Test

Level	8	9	10	11	12	13	14	15
Level 2	19.8	20.1	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9
Level 3	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3
Level 4	24.7	25.0	25.3	25.6	25.9	26.2	26.5	26.8
Level 5	27.4	27.7	28.0	28.3	28.6	28.9	29.2	29.5
Level 6	30.1	30.4	30.7	31.0	31.3	31.6	31.9	32.2
Level 7	32.8	33.1	33.4	33.7	34.0	34.3	34.6	34.9
Level 8	35.5	35.8	36.1	36.4	36.7	37.0	37.3	37.6
Level 9	38.2	38.5	38.8	39.1	39.4	39.7	40.0	40.3
Level 10	40.9	41.2	41.5	41.8	42.1	42.4	42.7	43.0
Level 11	43.6	43.9	44.2	44.5	44.8	45.1	45.4	45.7
Level 12	46.3	46.6	46.9	47.2	47.5	47.8	48.1	48.4
Level 13	49.0	49.3	49.6	49.9	50.2	50.5	50.8	51.1
Level 14	51.7	52.0	52.3	52.6	52.9	53.2	53.5	53.8
Level 15	54.4	54.7	55.0	55.3	55.6	55.9	56.2	56.5

松坂ほか(1999)によれば文部省作成のCDのペースは, 最初の段階で8km/h次は9km/hでありその後0.5km/hずつ漸増されていると報告している。さらに各stageは正確には1分毎の漸増ではなく61秒から66秒での漸増となっていることも報告している。一般的には, 最初8.5km/hの速さで走りはじめ, 1分毎にスピードを0.5km/hずつ漸増する方法がとられているが本研究で用いた方法も一般的な方法とほぼ同じとみなしてよいと思われる。

3. 心拍数の測定

トレッドミル走行時には, 胸部双極導出のハートモニタ(日本光電社製0E0-6301)により得られた心電図波形をモニタリングすることで被験者の安全確保に努めるとともに, 心電図を連続記録し心拍数を測定した。また20mシャトルランテスト走行時にはHEART RATE MONITOR(POLAR社製ACCUREX PLUS)を用いて心拍数を連続記録し測定値とした。

III. 結果

1. トレッドミルランニングテストおよび20mシャトルランテストによるVO₂max

Table 4は, 20mシャトルランテストから得られたレベル, トータルシャトル数, トレッドミルランニングテストによるVO₂maxの実測値および1998年と1999年度版の換算表から得られた推定VO₂maxの値を被験者ごとに示している。

サッカー競技者 44 名のそれぞれの平均値は (mean ± S.D.), レベルが 12.0 ± 1.2, トータルシャトル数 122.9 ± 14.4, VO₂max 実測値が 55.1 ± 5.3 ml/kg · min であった。1998 年度版の換算表による VO₂max の推定値は 58.4 ± 3.9 ml/kg · min であり, 1999 年度版の換算表による推定値は 54.6 ± 4.4 ml/kg · min であった。

Table 4. Comparison of measured value of Vo₂max by the treadmill running test and 20m Shuttle Run Test

Sub.	Level	Total shuttles	Direct Vo ₂ max (ml/kg·min)	Predict 98 (ml/kg·min)	Predict 99 (ml/kg·min)	difference	
						Direct-Predict98	Direct-Predict99
1	10	98	45.0	51.4	47.1	-6.4	-2.1
2	10	99	50.1	51.7	47.4	-1.6	2.7
3	10	100	50.5	51.9	47.7	-1.4	2.8
4	10	105	46.3	53.4	49.2	-7.1	-2.9
5	11	115	62.8	56.3	52.2	6.5	10.6
6	11	115	47.0	56.3	52.2	-9.3	-5.2
7	11	117	50.0	56.8	52.8	-6.8	-2.8
8	11	101	49.1	52.2	48.0	-3.1	1.1
9	11	105	49.0	53.4	49.2	-4.4	-0.2
10	11	112	48.9	55.4	51.3	-6.5	-2.4
11	11	113	52.3	55.7	51.6	-3.4	0.7
12	11	107	52.2	54.0	49.8	-1.8	2.4
13	11	113	58.4	55.7	51.6	2.7	6.8
14	11	112	58.9	55.4	51.3	3.5	7.6
15	11	109	53.3	54.6	50.4	-1.3	2.9
16	11	109	53.1	54.6	50.4	-1.5	2.7
17	11	116	53.5	56.3	52.5	-2.8	1.0
18	12	127	53.9	59.6	55.9	-5.7	-2.0
19	12	130	55.8	60.3	56.8	-4.5	-1.0
20	12	125	53.0	59.0	55.3	-6.0	-2.3
21	12	124	57.2	58.7	56.0	-1.5	2.2
22	12	130	53.3	60.3	56.8	-7.0	-3.5
23	12	130	52.3	60.3	56.8	-8.0	-4.5
24	12	107	52.2	54.0	49.8	-1.8	2.4
25	12	130	53.4	60.3	56.8	-6.9	-3.4
26	12	129	57.8	60.1	56.5	-2.3	1.3
27	12	119	62.4	57.4	53.4	5.0	9.0
28	13	141	54.3	63.2	60.1	-8.9	-5.8
29	13	131	62.7	60.6	57.1	2.1	5.6
30	13	121	49.6	57.9	54.0	-8.3	-4.4
31	13	143	66.6	63.7	60.7	2.9	5.9
32	13	136	58.4	62.0	58.6	-3.6	-0.2
33	13	140	64.9	63.0	59.8	1.9	5.1
34	13	131	55.4	61.4	58.0	-6.0	-2.6
35	13	119	51.5	57.4	53.4	-5.9	-1.9
36	13	134	55.3	61.4	58.0	-6.1	-2.7
37	13	133	53.7	61.1	57.7	-7.4	-4.0
38	13	132	57.6	60.9	57.4	-3.3	0.2
39	13	140	57.9	63.0	59.8	-5.1	-1.9
40	14	149	56.8	65.4	62.5	-8.6	-5.7
41	14	135	59.6	61.7	58.3	-2.1	1.3
42	14	132	62.2	60.9	57.4	1.3	4.8
43	14	132	60.7	60.9	57.4	-0.2	3.3
44	15	159	66.0	68.0	65.6	-2.0	0.4
mean	12.0	122.9	55.1	58.4	54.6	-3.2	0.5
S.D.	1.2	14.4	5.3	3.9	4.4	4.0	4.0

Fig.3 は, 実測値と換算表 (1998 暫定版) (1999 決定版) による VO₂max を比較したものであり, 実測値と 1999 年度版による VO₂max の推定値とは極めて近い値を示し有意差は認められなかったが, 1998 年度版による推定 VO₂max の値とは明らかに有意差が認められた (P < 0.001).

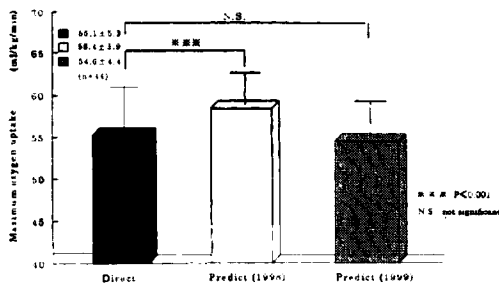


Fig.3 Comparison of Vo₂max (direct, predict98, predict99)

Fig.4 はトレッドミルランニングテストから得られた実測値と 20m シャトルランテストから得られた推定値 (1998 年, 1999 年) の関係を個人毎にプロットしたものである。図からも明らかなように 1998 年の換算表によると実測値が 60 ml/kg/min 以下であると 2 名を除く 34 名が過大評価され, 60 ml/kg/min 以上では 1 名を除いて 6 名が過少評価されていることがわかる。1999 年度版の換算表ではこの傾向が見られなかった。Table 5 は 20m シャトルランのテスト結果を JFL (n=17), S 大学 (n=27) に分けて Level, Total shuttles, Total distance, MAS を見たものである。JFL プレーヤーのレベルは 13.4 ± 1.2, S 大学のプレーヤーは 12.5 ± 1.0 であった。トータルシャトル数は JFL プレーヤーでは 130.8 ± 14.1, S 大学のプレーヤーは 117.9 ± 12.4 であった。Total distance は JFL のプレーヤーが 2616.5 ± 282.9m, S 大学のプレーヤーが 2358.5 ± 248.4m, であった。さらに, MAS は JFL のプレーヤーは 14.4 ± 0.6 km/h, S 大学のプレーヤーは 13.8 ± 0.5 km/h, であった。

Table 6 はトレッドミルランニングテストにおける VEmax, VO₂max, RER, HRmax を示したものである。JFL プレーヤーの実測値 VO₂max は 57.7 ± 6.3 ml/kg · min, S 大学プレーヤーの実測値 VO₂max は 53.5 ± 3.9 ml/kg · min であった。最高心拍数 (HRmax) や呼吸交換比 (RER) からみて VO₂max の判定基準を十分満たしていると考えられる。

20m シャトルランテスト, トレッドミルランニングテストのそれぞれの結果において JFL のプロプレーヤーが S 大学のプレーヤーよりも優れていた。

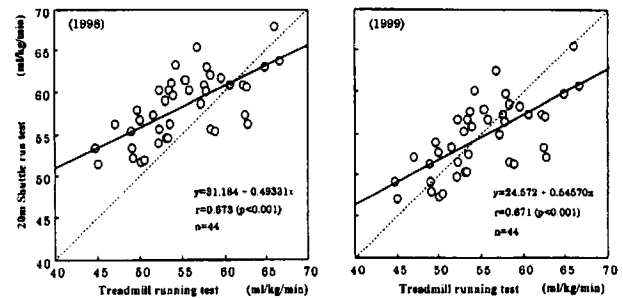


Fig. 4 Relationship between direct and predicted (1998), (1999) values of Vo₂max

Table 5. Levels, total shuttles and distance in the 20m Shuttle Run

Test	Levels	Total shuttles	Distance (m)	MAS (km/h)
JFL Soccer players (n=17)	13.4±1.2	130.8±14.1	2616.5±282.9	14.4±0.6
S college players (n=27)	12.5±1.0	117.9±12.4	2358.5±248.4	13.8±0.5
All subjects (n=44)	12.8±1.2	122.9±14.4	2458.2±288.5	14.0±0.6

mean ± S.D.

Table 6. Pulmonary ventilation (VEmax), maximal oxygen uptake (Vo2max), respiratory exchange ratio (RER) and maximal heart rate (HRmax) in the treadmill running test

	VEmax (l/min)	Vo2max (ml/kg·min)	RER	HRmax (beats/min)
JFL Soccer players (n=17)	145.2±14.9	57.7±6.3	1.24±0.07	188±7.6
S college players (n=27)	152.6±13.2	53.5±3.9	1.31±0.07	193±7.7
All subjects (n=44)	149.8±14.2	55.1±5.3	1.29±0.08	191±7.8

mean ± S.D.

2. ポジションごとのVO2maxの比較

ポジション毎の結果を Fig. 5 に示した。実測値のVO2max は Goal keeper が 53.4±4.1ml/kg·min, Defender が 54.6±5.8ml/kg·min, Mid-fielder が 55.0±5.0ml/kg·min, Forward が 56.1±5.4ml/kg·min であった。20m シャトルランテストの 1998 年度版の換算表では, Goal keeper が 53.9±1.3ml/kg·min, Defender が 58.1±3.6ml/kg·min, Mid-fielder が 58.7±4.8ml/kg·min, Forward が 59.3±2.9ml/kg·min であり, 実測値に比べていずれも過大評価の傾向にあった。さらに 1999 年度版の換算表では, Goal keeper が 49.7±1.3ml/kg·min, Defender が 54.3±4.3ml/kg·min, Mid-fielder が 55.0±5.3ml/kg·min, Forward が 55.7±3.7ml/kg·min であった。

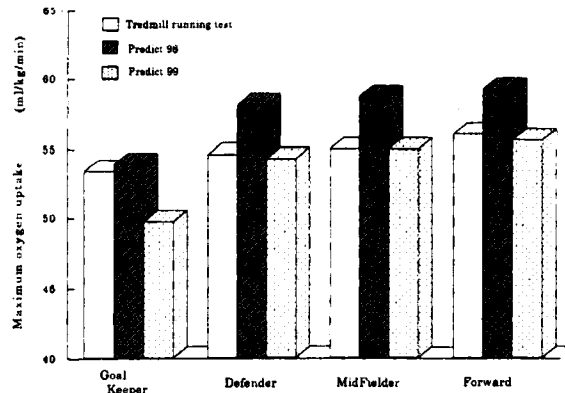


Fig. 5 Comparison of Vo2max (direct, predict98, predict99) according to playing position

3. 心拍数

Table 7 はトレッドミルランニングテストと 20m シャトルランテストで得られた最高心拍数を示している。トレッドミルランニングテストにおける最高心拍数は JFL のプレーヤーが 188±7.6beats/min, S 大学のプレーヤーは 193±7.7beats/min 全体では 191±7.8beats/min であった。20m シャトルランテストでは JFL のプレーヤーは 195±8.6beats/min, S 大学のプレーヤーは 193±6.5beats/min, 全体では 194±7.3beats/min であった。

Table 7. Maximal heart rate measured during the treadmill running test and 20m Shuttle Run Test

	Treadmill running test (beats/min)	20m Shuttle Run Test (beats/min)
JFL Soccer players (n=17)	188±7.6	195±8.6
S college players (n=27)	193±7.7	193±6.5
All subjects (n=44)	191±7.8	194±7.3

mean ± S.D.

また, 20m シャトルランテスト時の欠損のあった心拍数を除いた, 32 名のトレッドミルランニングテスト時の最高心拍数, 20m シャトルランテスト時の最高心拍数との間に有意差は認められなかった。

Fig. 6 は, トレッドミルランニングテストおよび 20m シャトルランテストでの最高心拍数の関係と 20m シャトルランテスト走行時の心拍数の変化を示している。被験者は 20m シャトルランテストスタート時には毎分約 80 拍から 90 拍で推移している。レベルが上がる毎に心拍数も徐々に上昇して行く傾向であった。

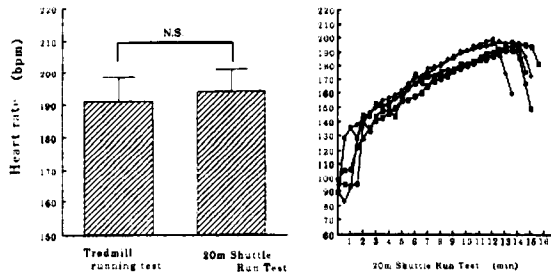


Fig.6 The comparison of maximal heart rate of treadmill running test and 20m Shuttle Run Test and heart rate during the 20m Shuttle Run Test for the typical subjects

IV. 考察

20mシャトルランテストは、文部省が平成11年度より新スポーツテストに新たに取り入れた全身持久性のテスト項目である。20mシャトルランテストについて、このテストに用いられている運動負荷法やVO₂maxを推定するための方法にはいくつかの差違はあるが、20mの間を往復することや走速度漸増負荷法である点は、いずれの報告でも同様である。

本研究では、20mシャトルランテストの推定値を文部省の換算表(文部省1998)と新たに文部省が改良を加えた換算表(文部省1999)を用いてVO₂maxを推定した。トレッドミルランニングテストで得られた実測値のVO₂maxと1998年度版の20mシャトルランテストから得られた推定値のVO₂maxとの間には $r=0.673$ ($P<0.001$)、1999年度版では $r=0.671$ ($P<0.001$)といずれも高い相関関係が認められた。しかし、1998年度版において実測値が約60ml/kg/minを境にして実測値が60ml/kg·min以下の場合、20mシャトルランテストから得られる推定値VO₂maxが過大評価される傾向にあり、実測値が約60ml/kg·min以上では過少評価される傾向にあった。1999年度版の換算表を用いるとそのような傾向は認められなかった。1999年度版の推定値はより実測値に近い傾向にあり推定値が過大評価される1998年度版の換算表よりもサッカー競技者には1999年度版の換算表を用いたほうがよいと思われる。

Ramsbottom et al. (1988)は20mシャトルランテストのトータルシャトル数からVO₂maxを推定する換算表を作成している。文部省の1998年度版の換算表はこれとほぼ同様のものである。Gibson et al. (1998)はLeger et al. (1988)が報告した方法を用いてスカッシュの選手と長距離選手に対し20mシャトルランのテスト結果から得られた推定値のVO₂maxとトレッドミルランニングテストから得られた実測値のVO₂maxの検討を行っている。頻りにターンの動作が繰り返されるスカッシュに対し長距離走は一定のペースで方向変換が伴わない競技である。長距離選手による20mシャトルランテストの推

定値のVO₂maxは実測値のVO₂maxと比較して過小評価されているとし、それぞれのスポーツの競技特異性の影響を受けていると報告している。

ラグビー選手では、20mシャトルランテストがストップとターンの繰り返しでありラグビー競技の運動様式に類似しており、一定方向での漸増的負荷によるトレッドミル走よりも20mシャトルランテストの方がラグビーの走動作に近く、ラグビー選手はこの種のテストでVO₂maxが高く推定されることも否定できないとの報告もある(村上ほか, 1992)。

サッカー競技者のVO₂maxは、測定の方法によっても異なるが、自転車エルゴメータによる方法はトレッドミル走に比べて若干少ない値になると言われている。

Williams et al. (1973)はイギリスのプロサッカープレイヤーのVO₂maxを自転車エルゴメータで測定した。被験者は11人であるが、体重あたりのVO₂maxは 57.8 ± 6.5 ml/kg·minと報告している。また、Raven et al.

(1976)は北アメリカサッカーリーグ所属のダラスチームのプレイヤー18名に対してトレッドミルを用いてVO₂maxを測定している。これらプレイヤーの体重あたりのVO₂maxは 58.4 ± 0.8 ml/kg·minであった。その中でもForwardのプレイヤーが最も高い値を示し 59.6 ml/kg·minであった。さらにDefenderのプレイヤーは、 56.1 ml/kg·minと若干低い値を示している。Goal keeperは 53.7 ml/kg·minと最も少なかった。

Bangsbo et al. (1991)はデンマークのプロプレイヤー14名を被験者としてトレッドミルを用いてシーズン中にVO₂maxの測定を行った。その結果Defenderのプレイヤーは、 58.9 ± 1.5 ml/kg·min、Mid-fielderのプレイヤーは 61.9 ± 1.8 ml/kg·min、Forwardのプレイヤーは 60.2 ± 1.7 ml/kg·minであり全体では 60.6 ± 1.0 ml/kg·minと報告されている。国外のサッカー競技者のVO₂maxは、Goal keeperを除くと約60-70ml/kg·minであることが報告されている(Shephard, 1999)。

日本におけるサッカー競技者のVO₂maxについてもトレッドミルを用いて測定されている報告がある。戸苅ほか(1977)は全日本代表選手、日本リーグ1部、2部の競技者およびユース候補選手のVO₂maxについてトレッドミルを用いて測定をした。その結果、1977年度の報告ではユース候補選手のVO₂maxが最も優れており 62.0 ml/kg·minであった。一方、北川ほか(1974)は、大学サッカー選手17名の被験者に対し自転車エルゴメータによりVO₂maxの測定を試みた。その結果は 54.4 ml/kg·minであった。大橋ほか(1990)は日本人の一流サッカー選手に対しVO₂maxの測定を行っている。そこでのVO₂maxは 57.3 ± 5.93 ml/kg·minと報告されている。また、武井ほか(1993)も日本代表選手のVO₂maxを測定している。この報告では、VO₂maxが

61.5±5.0ml/kg·min であった。

本研究におけるサッカー競技者の $\dot{V}O_2\max$ は 55.1±5.3ml/kg·min であった。ポジション毎に見てみると Goal keepers が 53.4±4.1ml/kg·min, Defenders が 54.6±5.8ml/kg·min, Mid-fielders が 55.0±5.0ml/kg·min, Forwards が 56.1±5.4ml/kg·min とこれまでに報告された国内外のサッカー競技者の $\dot{V}O_2\max$ と比較するとやや低い値である。20m シャトルランテストの 1998 年度版における推定値はそれぞれポジション毎に Goal keepers, 53.9±1.3ml/kg·min, Defenders, 58.1±3.6ml/kg·min, Mid-fielders, 58.7±4.8ml/kg·min, Forwards, 59.3±2.9ml/kg·min であり、全体では 58.4±3.9ml/kg·min であった。ポジション毎にみても推定値が高い値を示している。一方、文部省が新たに改良を加えた換算表を用いて推定値を求めた。Goal keepers から順に 49.7±1.3 ml/kg·min, Defenders, 54.3±4.3 ml/kg·min, Mid-fielders, 55.0±5.3 ml/kg·min, Forwards, 55.7±3.7 ml/kg·min であり、全体では、54.6±4.4 ml/kg·min であった。ポジション毎に比較しても Goal keepers を除くと 1998 年度版と比べると明らかに実測値と推定値の差は縮まる傾向にあった。

Grant et al. (1995) の報告では、20m シャトルランテストでの推定値が実測値に比較して低い値であると報告している。その理由として、シャトルランにおけるターンの技術的な優劣が影響していると述べている。ターンの技術が劣る者は運動効率が悪くシャトル数が減り、実測値に比べ低い $\dot{V}O_2\max$ になると報告している。

サッカー競技は比較的ターン等の方向変換を伴う競技であり、ターンの技術的要素はラグビープレーヤー等と同様にポジションの違いはあるにせよ優れていると考えられる。したがって推定値の $\dot{V}O_2\max$ が過大評価される 1998 年度版の換算表よりも 1999 年度版の換算表を用いる方がよりサッカー競技者の全身持久力を評価するためには優れていると推察される。

本研究では、20m シャトルランテスト走行時の心拍数の計測を行った。テストスタート時には、毎分 80 拍から 90 拍前後で推移し、レベルが上がる毎すなわちペースメーカーの速度が速くなるにつれ心拍数も徐々に上昇しオールアウトになっている。これは被験者にとっては精神的および生理的な負担が少ないと考えられる。

一方、トレッドミルランニングテスト、20m シャトルランテストの最高心拍数の値を見てみると、トレッドミルランニングテストにおいては 191±7.8 (beats/min)、20m シャトルランテスト時には 194±7.3 (beats/min) と約 3 拍ではあるが高い値を示している。Gibson et al. (1998) による報告でもトレッドミルランニングテストでの最高心拍数よりも 20m シャトルランテストでの最高心拍数が高い値である事を報告している。これは、20

m シャトルランテストがより最大負荷水準まで追い込んでいる状態であることが考えられる。

本研究の結果から 20m シャトルランテストは、20m の平行線を引き、カセットテープをセットすれば測定ができる。また、20m の平行線が取ればよいから、従来のフィールドテストのようにグラウンドや環境条件に影響されることなく測定ができる。また、他のフィールドテストでも比較的多人数を測定できるが、人数が多いとスタート時の混乱や追い抜くためのコース取り、ペース配分など競技的要素が加わり、被験者の心理的な負担が大きいと考えられる。20m シャトルランテストはテストのペースはカセットテープによる電子音によりコントロールされるため、被験者は電子音についていく事に集中すればよく、心理的影響は他のフィールドテストに比べ少ないと推察される。

そのうえ 20m シャトルランテストは、1 分毎にスピードが漸増する。その段階をレベルで表し、レベルで何往復できたかをシャトル数で表わす。このようにレベルとシャトル数の数量化は、トレーニングのフィールドにおいて重要なことでありかつその値が明瞭である事が大切である。さらに、換算表により推定 $\dot{V}O_2\max$ が得られることは、生理学的指標としても大きな意味を持つとともにフィールドで競技者を客観的に評価できるすぐれたテストであると考えられる。

20m シャトルランテストはサッカー競技の動作特性に近いランニングやダッシュ、ターンの繰り返し動作の設定で行われ、1999 年度版の換算表を使用することによりフィールドで簡便に $\dot{V}O_2\max$ を推定することができ、同時に全身持久力のトレーニング手段となりうるので、サッカー競技者にとって極めて有効な全身持久力の測定法であることが示唆された。

V. 要約および結論

本研究はサッカー競技者の全身持久力を評価するための 20m シャトルランテストの有用性について検討した。被験者は 18 歳から 33 歳までの大学サッカー部員および JFL (日本フットボールリーグ) 所属のプロプレーヤー 44 名である。 $\dot{V}O_2\max$ の測定はトレッドミル法により、20m シャトルランテストは文部省新体力テスト (1998 年暫定版および 1999 年決定版) により実施し、同時に心拍数も計測した結果、以下の結論を得た。

1. トレッドミル走による本被験者の $\dot{V}O_2\max$ の平均および標準偏差は 55.1±5.3ml/kg·min であり、シャトル数は 122.9±14.4 であった。このシャトル数から推定した $\dot{V}O_2\max$ は 58.4±3.9ml/kg·min (98 年版) および 54.6±4.4ml/kg·min (99 年版) であった。

2. 98年度版の換算表を用いると、60ml/kg・min以下であると過大評価され、60ml/kg・min以上であると過少評価される傾向にあるが、99年度版の換算表を用いることにより実測値に近いVO₂maxの値が得られた。
3. 20mシャトルランテストで得られた最高心拍数はトレッドミル走中の心拍数よりも高い値が得られたことにより、20mシャトルランテストはサッカー競技者を疲労困憊に追い込んでいと推察される。
4. 以上の結果から現行の新体力テストの20mシャトルランテスト(99年版)は、サッカー競技者の全身持久力を評価するためのフィールドテストとして極めて有効であることが明らかとなった。

文 献

- 1) Bangsbo, J., Norregaard, L. and Thorseo, F. (1991)
- 2) Activity profile of competition soccer. *Can. J. Spt. Sci.* 16(2):110-116.
- 3) Gibson, A., Broomhead, S., Lambert, M. and Hawley, J. (1998) Prediction of maximal oxygen uptake from 20-m shuttle run as measured directly in runners and squash players. *J. Sports Sci.* 16: 331-335.
- 4) Grant, S., Corbett, K., Amjad, A., Wilson, J. and Aitchison, T. (1995) A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Birt. J. Sports Med.* 29(3):147-152.
- 5) Howley, E., David, Bassett, D., Jr. and Welch, H. (1995) Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1292-1301.
- 6) 星川 保 (1993) 体力測定法の再検討—Health related physical fitnessの観点から—. *J. Sports Sci.* 12 (10) : 601-603.
- 7) 北川薫・生田香明・広田公一・原 優子 (1974) 最大酸素摂取量の規定因子としての除脂肪体重の検討. *体力科学* 23 : 96-100.
- 8) Leger, L., Mercier, D., Gadoury, C. and Lambert, J. (1988) The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* 6: 93-101.
- 9) 松坂 晃・熊倉尚美・長瀬朗子・一之瀬真志・稲葉勉・山添正行・田中喜代次・浅野勝巳(1999) マルチステージ20mシャトルランテストによる有酸素能評価の妥当性について. 茨城大学教育学部教育研究所紀要 30 : 75-80.
- 10) 文部省体育局 (1998) 新体力テスト試行実施要項.
- 11) 村上 純・中原 一・山本純生・河野一郎・江田昌佑 (1992) ラグビー選手の持久力に関する研究. 福岡大学体育学研究 22 (2) : 1-17.
- 12) 大橋二郎・兵頭圭介・戸苺晴彦・丸山剛生 (1990) 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.
- 13) Puga, N., Ramos, J., Agostinho, J., Lomba, I., Costra, O. and de Freitas, F. (1993) Physical profile of a first division Portuguese professional soccer team. In *Science and Football II* (edited by T. Reilly, J. Clarys and A. Stibbe). E&FN Spon: London, pp.40-46.
- 14) Ramsbottom, R., Brewer, J. and Williams, C. (1988) A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *Birt. J. Sports Med.* 22 (1):141-144.
- 15) Raven, P., L. Gettman, M., Pollock, and Cooper, K. (1976) A physiological evaluation of professional soccer players. *Brit. J. Sports. Med.* 10(2):209-216.
- 16) Shephard, R. (1999) Biology and medicine of soccer: An update. *J. Sport Sci.* 17(10):757-786.
- 17) 武井経憲・若山待久・河野照茂・大島 襄 (1993) サッカー選手の身体的プロフィールとスポーツ外傷・障害. *臨床スポーツ医学* 10 (12) : 1433-1438.
- 18) 戸苺晴彦ほか (1977) サッカー選手の体力と体力基準の作成. 昭和52年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告書 No.2 競技種目別体力トレーニング処方に関する研究—第1報 49-60.
- 19) 戸苺晴彦・浅見俊雄・足立長彦・山本恵三・杉山進・大橋二郎 (1979) 一流サッカー選手の体力について. 東京大学教養学部体育学紀要 13 : 33-42.
- 20) 戸苺晴彦ほか (1991) サッカーにおけるフィールドテストの検討. 平成3年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告競技種目別競技力向上に関する研究—第15報 122-133.
- 21) 戸苺晴彦ほか (1992) サッカーにおけるフィールドテストの検討. 平成4年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学研究報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究—第16報 89-100.
- 22) Williams, C. Reid, R. and Couttes, R. (1973) Observation on the aerobic power of university rugby players and professional soccer players. *Birt. J. Spor. Med.* 7:390-391.
- 23) Wisloff, U., Helgerud, J. and Hoff, J. (1998) Strength and endurance of elite soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(3):462-467.
- 24) 山地啓司 (1986) エリートスポーツ選手の最大酸素摂取量の国際比較. *体育の科学* 36 : 371-376.
- 25) 山地啓司 (1993) 体力測定法の再検討—最大下酸素摂取量による有酸素性代謝能力テスト—. *J. J. SPORTS SCI.* 12 (10) : 616-619.