

低負荷全力ペダリングトレーニングが球技スポーツ選手の疾走能力に及ぼす影響

大石祥寛¹⁾, 渡邊夏海^{2),3)}, 蔭山雅洋⁴⁾, 亀田麻依⁵⁾, 前田明⁵⁾

¹⁾宮崎学園短期大学

²⁾東京 YMCA 社会体育・保育専門学校

³⁾順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

⁴⁾日本スポーツ振興センター

⁵⁾鹿屋体育大学

キーワード: 疾走速度, 無酸素性パワー, 最高回転数, ピッチ, ストライド

【要旨】

本研究は、低負荷全力ペダリングトレーニングが球技スポーツ選手 4 名の疾走能力に及ぼす影響について検討した。トレーニングは負荷 1.0 kp での 7 秒間の全力ペダリング運動を用い、5 本 × 2 セットを週 3 回 4 週間実施した。疾走能力の評価として 25 m 走タイムおよび 0—10 m 区間のピッチ・ストライドの変化を観察した。その結果、25 m 走タイムは 4 名中 3 名が短縮した。また、0—10 m 区間のピッチ・ストライドのトレーニング前の特性およびトレーニングによる変化はそれぞれの被検者で異なるものであった。各被検者の疾走の変化様相を検討した結果、4 週間の低負荷全力ペダリングトレーニングは、スタートダッシュ時のピッチが低い球技選手やショートスプリント後半の加速率が低い球技選手に対しては疾走能力向上の有効性が高く、スタートダッシュ時のピッチの優位性が高い選手には有効ではないものと考えられた。

スポーツパフォーマンス研究, 9, 481-500, 2017 年, 受付日: 2017 年 4 月 17 日, 受理日: 2017 年 11 月 10 日

責任著者: 大石祥寛 889-1605 宮崎市清武町加納丙 1415 y-oishi@mwjc.jp

Effects of low-load full-power pedaling training on the running ability of ballgame players

Yoshihiro Oishi¹⁾, Natsumi Watanabe^{2),3)}, Masahiro Kageyama⁴⁾, Mai Kameda⁵⁾,

Akira Maeda⁵⁾

¹⁾Miyazaki Gakuen Junior College

²⁾Tokyo YMCA College

³⁾Graduate School, Juntendo University

⁴⁾Japan Sport Council

⁵⁾National Institute Fitness and Sports in KANOYA

Key words: running speed, anaerobic power, maximum rotation, pitch, stride

[Abstract]

The present study examined the effect of low-load full-power pedaling training on the running ability of 4 ballgame players. In the training, the participants used a full-power pedaling motion under a load of 1.0 kp for 7 seconds. This was repeated 5 times per set, 2 sets x 3 times per week, for 4 weeks. The participants' running ability was evaluated from their 25-meter run time and their pitch and stride in the 0-10 meter portion of that run. The results showed that 3 of the 4 athletes improved their 25-meter run time. When the participants' scores before and after training were compared, it was found that each of them showed different changes in pitch and stride in the 0-10 meter portion. These results suggest that the low-load full-power pedaling training may have been effective for those athletes who were low in pitch at the start of the dash and for those who were low in acceleration in the latter half of the short sprint, whereas it may not have been effective for those athletes who were superior in pitch at the start of the dash prior to participating in the present training.

I. 問題提起

今日では、アマチュアスポーツの普及や選手の生活習慣の多様化により、アマチュアスポーツ選手のトレーニング環境は様々である。いつでも、どこでも、どんなトレーニングでも実施可能な状況を作れる選手は数少ないのが現状である。つまり、スポーツ指導者は、トレーニングプログラムを検討する上で、場所や時間、あるいはトレーニング器具などにおける制約を考慮する必要があると考えられる。本研究では球技スポーツ選手にとって重要である疾走能力の向上に焦点をあて、物理的および時間的な制約のある中でも実施可能なトレーニングの効果について検討することとした。

球技スポーツ選手の疾走能力向上のためのトレーニングについては、レジステッドスプリントトレーニング (Spinks et al., 2007; Harrison and Bourke, 2009)、スプリントトレーニングやプライオメトリクス (Lockie et al., 2012; Lockie et al., 2014)、下肢を中心としたレジスタンストレーニング (Lockie et al., 2012) の効果が報告されている。しかしながら、レジスタンストレーニングを除くいずれのトレーニングも体育館等の広いトレーニング場やグラウンドが必要となり、悪天候の日で室内トレーニング場が確保できない場合は実施が難しい。そこで著者らは、天候の影響を受けず、場所の制約が少ないトレーニングとしてペダリング運動を用いることとした。

ペダリング運動中の回転数と疾走能力との関係に着目した中丸ほか (2004) の研究によると、負荷 1.0 kp でのペダリング運動中の最高回転数は 30 m 走タイムとの間に有意な負の相関関係が認められたと報告されている。また、会田ほか (1992) によると、負荷が非常に小さい場合の無機質的パワー発揮の要因として神経筋機能がより大きく影響するとされている。これらの先行知見を踏まえると、負荷 1.0 kp での全力ペダリングトレーニングは高速度での筋収縮機能の改善を促し、無酸素性パワーが高まることで、疾走能力が向上する可能性が考えられる。

本研究の被検者は、都内の専門学校に通う球技スポーツ選手であり、授業や実習、またアルバイト等により、土日や放課後に個人の能力を高めるための十分なトレーニングの時間を確保できない状況であった。さらに、体育館やグラウンドを自由に使えない状況にあった。したがって、時間を確保することができ、更に場所の制約を受けないスプリントトレーニングを行う必要があるため、本研究では、朝の授業開始前の時間に教室で行えるペダリングトレーニングに着目した。

そこで本研究では、球技スポーツ選手の疾走能力の向上を目指し、週 3 回 4 週間の負荷 1.0 kp での全力ペダリングトレーニングが疾走能力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被検者

被検者は球技スポーツ選手 4 名であった。被検者 4 名の身体特性は表 1 に示す通りであった。被検者 A および被検者 B は、全国専門学校サッカー選手権大会第 3 位の成績を収めた際の主力選手であり、所属チームで週 2 日、2 時間程度のトレーニングを実践していた。被検者 C は、地域のフットサルチームに所属し、所属チームで週 5 日、1—2 時間程度のトレーニングを実践していた。被検者 D は専門学校の地域野球大会優勝の成績を収めた際の控え選手であり、所属チームで週 2 日、3 時間程度のトレーニングを実践していた。また、被検者 4 名は日常的に週 2 日程度のレジスタンストレーニングを実施していた。なお、いずれの被検者も高校時代に都道府県大会で上位に勝ち進んだ経験は無く、大学および高校のトップレベルの選手と比べると競技パフォーマンスは劣る選手であった。被検者には予め、本研究の趣旨や目的、潜在的な危険について十分な説明を行ったうえで研究協力への承諾を得た。

朝の時間帯は体温や血圧などの生理機能が一日の中でも低い(本間, 2012) ため, コンディショニングが重要となる。山口ほか(2011)によると, 生活リズムが夜型傾向を示す学生は朝型傾向を示す学生に比べて朝の自立神経活動レベルが全体的に低い。つまり, 夜型傾向の者はコンディショニングの不良によりトレーニング中に傷害を引き起す可能性があるため, 指導者は選手の朝型-夜型指向性を把握する必要がある。そこで本研究では, 概日リズムの位相差を推測する朝型-夜型質問紙(Morningness-Eveningness Questionnaire, 以下「MEQ」と略す)(石原ほか, 1986)を用いて朝型-夜型指向性を判定した。MEQは, Horne and Ostberg(1976)によって作成された質問紙であり, 日本語版は石原ほか(1986)によって作成された。質問紙は19項目からなり, 各項目の総得点(以下「MEQ score」と略す)をもとに「明らかな朝型(70—86点)」、「ほぼ朝型(59—69点)」、「中間型(42—58点)」、「ほぼ夜型(31—41点)」、「明らかな夜型(16—30点)」のいずれかに判定される(駒田, 2013)。本研究のすべての被検者は, 朝型あるいは夜型に偏りが無い「中間型」に属しており, 朝のトレーニングのためのコンディショニングは可能であると判断した。なお, トレーニング期間中は, 規則正しい生活を心がけ, 体調管理に努めること, 夜間の睡眠時間を十分に確保することを指示した。

表1 被検者の身体特性

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	MEQ Score	MEQ 判定	競技歴	平均通学時間 (分)
A	20	171.2	61.0	48	中間型	サッカー15年	60
B	20	176.2	65.0	45	中間型	サッカー15年	70
C	20	176.3	63.0	46	中間型	サッカー9年, フットサル2年	80
D	20	176.0	73.5	51	中間型	野球11年	50

MEQ: 朝型-夜型質問紙

2. トレーニング内容

トレーニングは週3回, 4週間にわたって実施した。すべてのトレーニングは, 平日の朝の時間帯に学校校舎の教室にて実施した。使用できる自転車エルゴメーターは1台のみであったため, トレーニングの実施時間帯を1限の授業開始(9:30)までに終了するよう7:30—8:50と設定し, 各被検者はランダムに順にトレーニングを開始した。トレーニングは, 自転車エルゴメーター(Powermax VIII, コンビウェルネス社製)を用い, 低負荷全力ペダリング運動を実施した。トレーニング時のペダルの負荷は1.0 kpとし, 7秒間の全力ペダリングを30秒の休息を挟み, 5本行う運動を1セットとした。セット間の休息を5分間とし, 1回のトレーニングで2セット(計10本)を実施した。つまり, 1人のペダリングトレーニングにかかる時間は10分10秒であった。上述した中丸ほか(2004)は, ペダリング運動の時間を5秒間と設定し, 測定を実施している。しかし, 本研究では, 最高回転数到達後に回転数を維持するように努めることで疾走能力の向上に貢献できるものと考え, 中丸ほか(2004)よりも長い7秒間を採用することとした。また, 本研究ではセット内の本数間の休息時間を30秒間と設定した。サッカーなどの間欠的運動が多い球技種目では, 短時間の中で短い距離の疾走を何本も行うことが求められる時がある。休息30秒間は, 7秒の全力ペダリングによる疲労を回復するためには十分ではないが, より実践的な疾走能力の向上に寄与することを鑑み, 30秒と設定した。なお, トレーニング前は十分なウォーミングアップを行うように指示し, 実施させた。トレーニングは校舎での実施であったため, ウォーミングアップの内容は, 階段昇降やストレッチング, また狭いスペースでも実施可能なジャンプやランジ, ステップ等であった。

被検者には、できるだけ早く最高回転数に到達し、高い回転数を維持するように指示した。負荷 1.0 kp でのペダリング運動時の最高回転数については、自己のパフォーマンスを理解させ、トレーニングに対するモチベーションを維持するために即座にフィードバックした。なお、サドルおよびハンドルの高さは被検者が一番行いやすい高さに設定し、トレーニングを実施した。

3. トレーニング評価

本研究では、トレーニングの効果を検討するため、トレーニング前後の昼の時間帯 (12:00—13:00) に 25 m 走および最大無酸素性パワーの測定を実施した。2 つの測定は、コンディションを考慮して中 2 日以上空け、25 m 走、最大無酸素性パワーの順に別日に実施した。被検者の測定への慣れの影響を鑑み、トレーニング前の測定日の 3 日以上前に同様の測定を予め実施した。また、7 秒間のペダリングトレーニング時の最高回転数および平均パワーを記録した。なお、最大無酸素性パワーは体重が大きく影響するため、最大無酸素性パワーの絶対値を体重で除すことで評価した。

(1) 25 m 走

25 m 走の測定は体育館にて実施した。測定前は十分なウォーミングアップを行うように指示し、実施させた。被検者は、身体 (前額面) を走方向に向かって左右どちらかに向けた野球のリードのような姿勢から、検者の「ヨーイ、スタート」の掛け声および腕の振り下げ動作の合図で疾走を開始した。25 m 走タイムは、3 名の計測者がストップウォッチを用いて計測し、3 名の計測タイムの平均値をその試技の疾走タイムとした。先行研究 (蔭山ほか, 2016; 北ほか, 2013; 谷川ほか, 2011) における球技選手の疾走タイムの計測では 30 m の距離が用いられているが、本研究では使用する体育館での測定の安全面を考慮し、25 m とした。測定は 2 回実施し、短いタイムを採用した。

また、球技スポーツ選手の疾走能力については、スタート直後から高い疾走速度を獲得することが疾走速度を高める上で重要であること (蔭山ほか, 2016) や、可能な限り早く疾走速度を高めるといった熟練した疾走技術が不可欠であること (Lockie et al., 2014) が示されている。このように、スタート直後の疾走速度は球技種目のスプリント能力に影響を与えるため、0—10 m 区間のピッチとストライドの変化に着目することはトレーニング効果を検討する上で有益であると考えた。そのため、デジタル高速度カメラ (EX-FC160S, CASIO 社製) を用いて、25 m 走のうちスタートから 10 m までの区間の疾走映像を 240 fps で撮影した。その際、カメラの位置は走方向の側方に設置した。撮影した映像は、分析ソフト (Dartfish software, Dartfish 社製) を用いて、スタート時の前の足が離地した地点から 10 m 地点までの歩数、10 m 地点前までの 1 歩ずつの滞空時間と接地時間を求め、0—10 m 区間の平均疾走速度、平均ピッチ、平均ストライド、ピッチ指数、ストライド指数、ピッチ・ストライド比、平均滞空時間、平均接地時間、滞空比を算出した。ピッチ指数、ストライド指数、ピッチ・ストライド比は、内藤ほか (2013) にならい、次式を用いて算出した: ピッチ指数 = 平均ピッチ \cdot (身長 \cdot g⁻¹)^{1/2}, ストライド指数 = 平均ストライド \cdot 身長⁻¹, ピッチ・ストライド比 = 平均ピッチ \cdot 平均ストライド⁻¹ (g: 重力加速度 9.81 m/s²)。滞空比は、岩壁ほか (1995) にならい、次式を用いて算出した: 滞空比 = 滞空時間 / 接地時間。すべての被検者は 8 歩目に 10 m 地点を跨いでおり、7 歩目から 10 m 地点までの歩数は、7 歩目の離地から 10 m 地点通過までの距離を 8 歩目のストライドで除すことで求めた。

(2) 最大無酸素性パワー

最大無酸素性パワーが、30 m の疾走速度と高い関連性があること (三本木・黒須, 2011) を踏まえ、疾走能力に関係する無酸素性パワーの指標として最大無酸素性パワーの測定を実施した。最大無酸素性パワーの測定は、十分なウォーミングアップの後に自転車エルゴメーター (Powermax VIII, コンビウエルネス社製) にプログラムされている最大無酸素性パワー測定を用いて実施し、体重 1 kg 当たりの最大無酸素性パワーを求めた。すなわち、3 段階の負荷での 10 秒間の全力ペダリングを行い、各負荷と最高回転数との関係から求められた回帰直線をもとに負荷とパワー曲線を導き、最大無酸素性パワーを算出した (深代, 1990; 中村ほか, 1984)。サドルおよびハンドルの高さはトレーニング時と同様、被検者が一番行いやすい高さに設定し、トレーニング前後で同じ高さで実施した。

(3) 負荷 1.0 kp でのペダリングトレーニング期間中の最高回転数および平均パワー

本研究では、ペダリングトレーニング中に Powermax VIII の測定器に表示される最高回転数および平均パワーをもとに、トレーニング期間中 (12 回) の変化について検討した。上述した最大無酸素性パワーの評価は、測定時の 2, 3 セット目になると疲労により最大能力が出せず、回帰によって最大パワーを推定する際に誤差を生む可能性があることが指摘されており (山本ほか, 1995)、無酸素性パワーの指標は最大無酸素性パワー値だけでは十分ではないと考えられる。本研究では、ダッシュ能力を評価する際はスタートからの立ち上がりも含めた数秒間でのパワーを用いることが適切である (山本ほか, 1995) ことを鑑み、最大無酸素性パワーに加えてペダリングトレーニング中の最高回転数および平均パワーの最大値を無酸素性パワーの指標と定めた。また、ペダリングトレーニング中の最高回転数および平均パワーの平均値は、トレーニング継続による無酸素性パワーの持久性能力の指標と定めた。

なお、最高回転数および平均パワーの最大値は、1 回 (7 秒間×10 本) のトレーニングで記録した最も高い値とし、以下、「最高回転数 (Max)」、「平均パワー (Max)」と定義した。また最高回転数および平均パワーの平均値は、1 回のトレーニングで記録した 10 本の値の平均値とし、「最高回転数 (Ave)」、「平均パワー (Ave)」と定義した。

(4) POMS テスト

トレーニングの時間帯が朝であったため、被検者は早起きを強いられることになった。朝のコンディションの把握のため、POMS 短縮版を用いてトレーニング直前の「疲労」を評価した。

(5) 内省

トレーニング終了後に、トレーニングを振り返って感じたことに関して内省を記録した。

III. 結果

1. トレーニングによる疾走能力の変化

(1) 25 m 走タイムの変化

25 m 走タイムの変化を図 1 に示した。トレーニング前の 25 m 走タイムが最も速かったのは被検者 B であり、最も遅かったのは被検者 D であった。トレーニング後の 25 m 走タイムは、4 名中 3 名 (被検者 A, C, D) が短縮し、

1名(被検者B)は延長した.

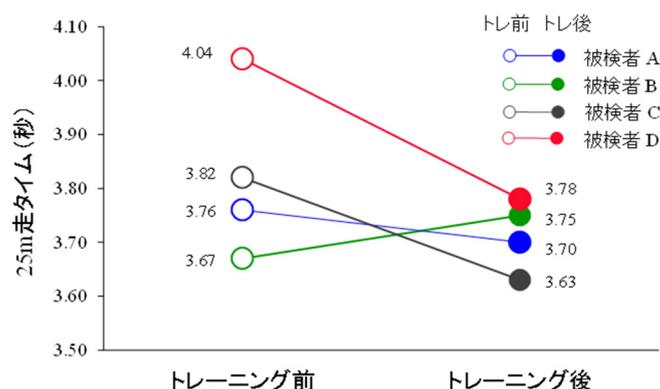


図1 25 m 走タイムの変化

(2) 0—10 m 区間のピッチおよびストライドの変化

0—10 m 区間におけるピッチ, ストライド, ピッチ指数, ストライド指数, ピッチ・ストライド比, 滞空時間, 接地時間, 滞空比, 疾走速度の変化を表2に示した. 被検者Aはストライド指数が減少(変化率: 96.7%, 以下同様), 疾走速度が低下(97.6%)した. 被検者Bは, ピッチ指数が減少(98.2%), 滞空時間が延長(120.1%), 疾走速度が低下(97.2%)した. 被検者Cは, ピッチ指数が増大(103.2%), ピッチ・ストライド比が増大(103.0%), 滞空時間が短縮(84.3%), 滞空比が低下(81.0%), 疾走速度が増大(103.3%)した. 被検者Dは, ピッチ指数が増大(102.6%), 滞空時間が短縮(82.3%), 滞空比が低下(79.5%), 疾走速度が増大(104.0%)した. また, トレーニング前の0—10 m 区間の疾走の特徴を見てみると, 被検者Aはストライドの優位性が高く, 被検者Bはピッチの優位性が高かった. 被検者Cは滞空時間が長く, 接地時間が短い(滞空比が大きい)反面, ストライドが長くないという特徴があり, 被検者Dは4名の中で25 m 走タイムが最も遅く, ピッチ指数が低いという特徴があった.

表2 0—10 m 区間のピッチおよびストライドの変化

	ピッチ (Hz)		ストライド (m)		ピッチ指数		ストライド指数		ピッチ・ストライド比		滞空時間 (秒)		接地時間 (秒)		滞空比		疾走速度 (m/s)	
	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後	トレ前	トレ後
被検者A	4.37	4.41	1.40	1.36	1.83	1.84	0.82	0.79	3.12	3.25	0.055	0.058	0.173	0.168	0.32	0.34	6.14	5.99
被検者B	4.66	4.58	1.29	1.27	1.98	1.94	0.73	0.72	3.62	3.59	0.059	0.071	0.156	0.149	0.38	0.48	6.00	5.83
被検者C	4.51	4.66	1.30	1.30	1.91	1.97	0.73	0.74	3.48	3.59	0.076	0.064	0.145	0.151	0.53	0.43	5.85	6.04
被検者D	4.35	4.46	1.26	1.28	1.84	1.89	0.72	0.72	3.45	3.50	0.064	0.053	0.166	0.172	0.39	0.31	5.47	5.69

2. トレーニングによる最大無酸素性パワーの変化

最大無酸素性パワーの変化を図2に示した. トレーニング前の最大無酸素性パワーは被検者A, Bが高く, 被検者Dは最も低かった. トレーニング後の最大無酸素性パワーは, 4名中3名(被検者A, B, C)が向上し, 1名(被検者D)はほぼ維持した.

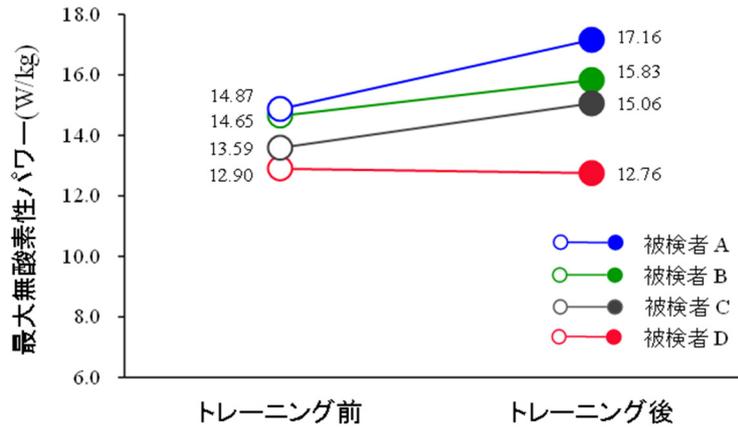


図2 最大無酸素性パワーの変化

3. 負荷 1.0 kp でのペダリングトレーニング期間中の最高回転数および平均パワーの変化

(1) 最高回転数 (Max) および最高回転数 (Ave) の経日変化

最高回転数 (Max) の経日変化を図 3 に, 最高回転数 (Ave) の経日変化を図 4 に示した. 最高回転数 (Max) の 1, 2 回目の値に対する変化をしてみると, 被検者 A, D はわずかな増大であったのに対して, 被検者 C はトレーニングにより最高回転数 (Max) は徐々に増大した. 被検者 B はトレーニング日によって最高回転数 (Max) にばらつきが見られ, 最後まで安定した値が得られなかった. 最高回転数 (Max) を週毎の平均値の推移で比較してみると, すべての被検者がトレーニング 3 週目以降に増大を示した (被検者 A: 1 週目 227.3 ± 4.0 rpm \rightarrow 2 週目 229.3 ± 0.6 rpm \rightarrow 3 週目 230.7 ± 1.5 rpm \rightarrow 4 週目 231.3 ± 0.6 rpm, 被検者 B: 1 週目 213.7 ± 4.0 rpm \rightarrow 2 週目 210.0 ± 12.1 rpm \rightarrow 3 週目 216.7 ± 7.8 rpm \rightarrow 4 週目 218.7 ± 2.5 rpm, 被検者 C: 1 週目 222.0 ± 4.4 rpm \rightarrow 2 週目 227.7 ± 2.1 rpm \rightarrow 3 週目 237.7 ± 9.7 rpm \rightarrow 4 週目 235.0 ± 1.7 rpm, 被検者 D: 1 週目 216.7 ± 3.2 rpm \rightarrow 2 週目 215.3 ± 4.0 rpm \rightarrow 3 週目 218.7 ± 0.6 rpm \rightarrow 4 週目 219.3 ± 2.1 rpm). 最高回転数 (Ave) は, 被検者 A, C, D がトレーニングを重ねるにつれて増大を示した. 被検者 B の最高回転数 (Ave) は, トレーニング 2, 3 週目は安定しない推移を示したが, トレーニング 4 週目では 1 週目に比べて高い値を示した (1 週目: 203.6 ± 3.6 rpm, 4 週目: 207.4 ± 0.7 rpm). なお, 本研究で用いた負荷 1.0 kp での全力ペダリング運動における回転数の変化は, すべての被検者すべての試技において, 7 秒の終了の前までに最高回転数に到達し, 最高回転数到達後から 7 秒の終了までは回転数が低下していくという変化を示した.

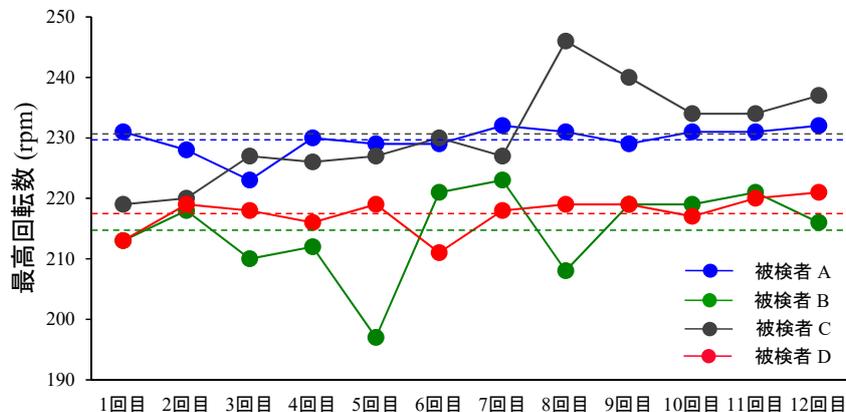


図3 負荷 1.0 kp ペダリング運動時の最高回転数 (Max) の経日変化
(点線は被検者毎のトレーニング 12 回の平均値を示す)

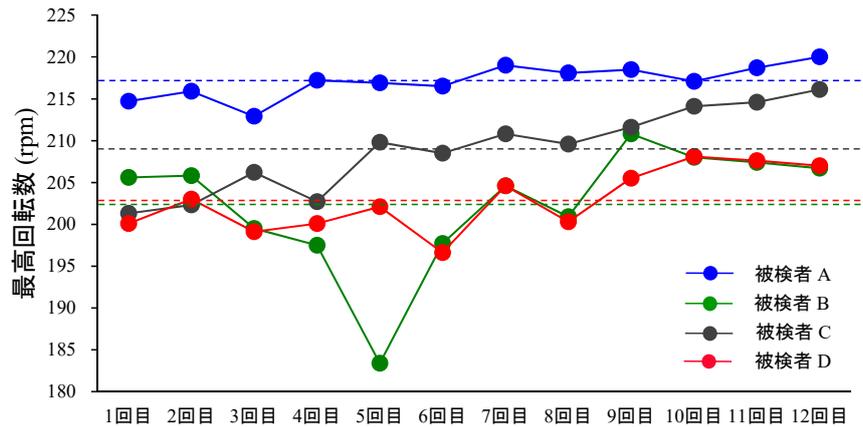


図4 負荷 1.0 kp ペダリング運動時の最高回転数 (Ave) の経日変化
(点線は被検者毎のトレーニング 12 回の平均値を示す)

(2) 平均パワー (Max) および平均パワー (Ave) の変化

負荷 1.0 kp ペダリングでの平均パワー (Max) の経日変化を図 5 に, 平均パワー (Ave) の経日変化を図 6 に示した. 平均パワー (Max) は, 被検者 A, B, C がトレーニングによって増大を示した. 被検者 D の平均パワー (Max) は増加傾向を示したが変化は小さかった. 平均パワー (Ave) は, 被検者 A, C が増大を示した. 被検者 B, D の平均パワー (Ave) はトレーニング後半では安定し, 4 週目の平均パワー (Ave) は計 12 回のトレーニングの平均値 (被検者 B: 緑の点線, 被検者 D: 赤の点線) より高い値であった.

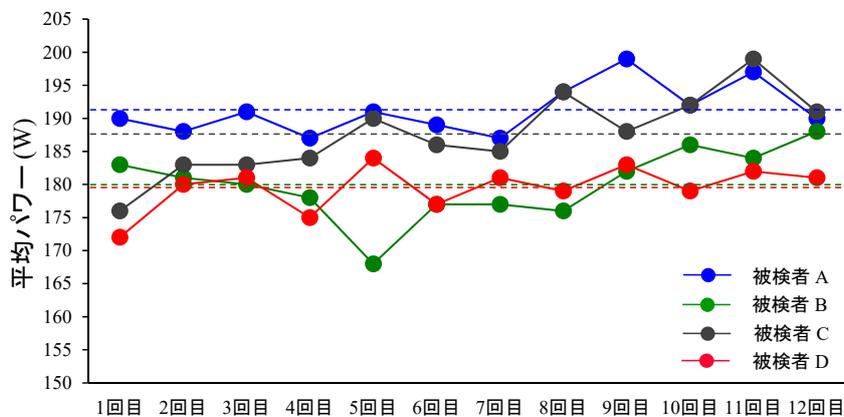


図5 負荷 1.0 kp ペダリング運動時の平均パワー (Max) の経日変化
(点線は被検者毎のトレーニング 12 回の平均値を示す)

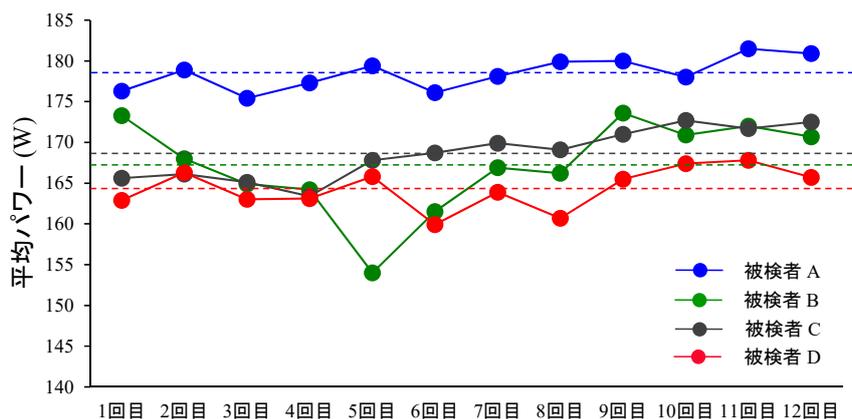


図6 負荷 1.0 kp ペダリング運時時の平均パワー (Ave) の経日変化
(点線は被検者毎のトレーニング 12 回の平均値を示す)

(3) トレーニングのセット内の最高回転数および平均パワーの推移

負荷 1.0 kp でのペダリングトレーニングのセット内の最高回転数および平均パワーの推移について、被検者毎の 1 週目の平均値と 4 週目の平均値の変化を図 7, 図 8 に示した. すべての被検者の最高回転数および平均パワーは、セット内での回数を重ねるごとに低下する傾向を示した. 最高回転数 (Max) および平均パワー (Max) は、被検者 C (最高回転数: 12 回中 12 回, 平均パワー: 12 回中 9 回), 被検者 D (最高回転数: 12 回中 11 回, 平均パワー: 12 回中 9 回) が 1 セット目の 1 本目にほとんど得られたのに対して、被検者 A は 2 セット目の 1 本目に最高回転数 (Max) および平均パワー (Max) が得られることがほとんどであった (最高回転数: 12 回中 12 回, 平均パワー: 12 回中 11 回). 被検者 B はトレーニング日間の傾向にばらつきがあり、1 セット目あるいは 2 セット目の 1 本目に最高回転数 (Max) や平均パワー (Max) が得られる日もあれば、1 セット目の 2, 4 本目や 2 セット目の 2 本目に最大値が得られる日があった. つまり、被検者 B は最高回転数 (Max) および平均パワー (Max) の出現するタイミングが安定していなかった. また、被検者 4 名におけるトレーニング 1 週目と 4 週目の最高回転数および平均パワーの変化を比較すると、ほとんどの試技で 4 週目の平均値が 1 週目の平均値より高かった.

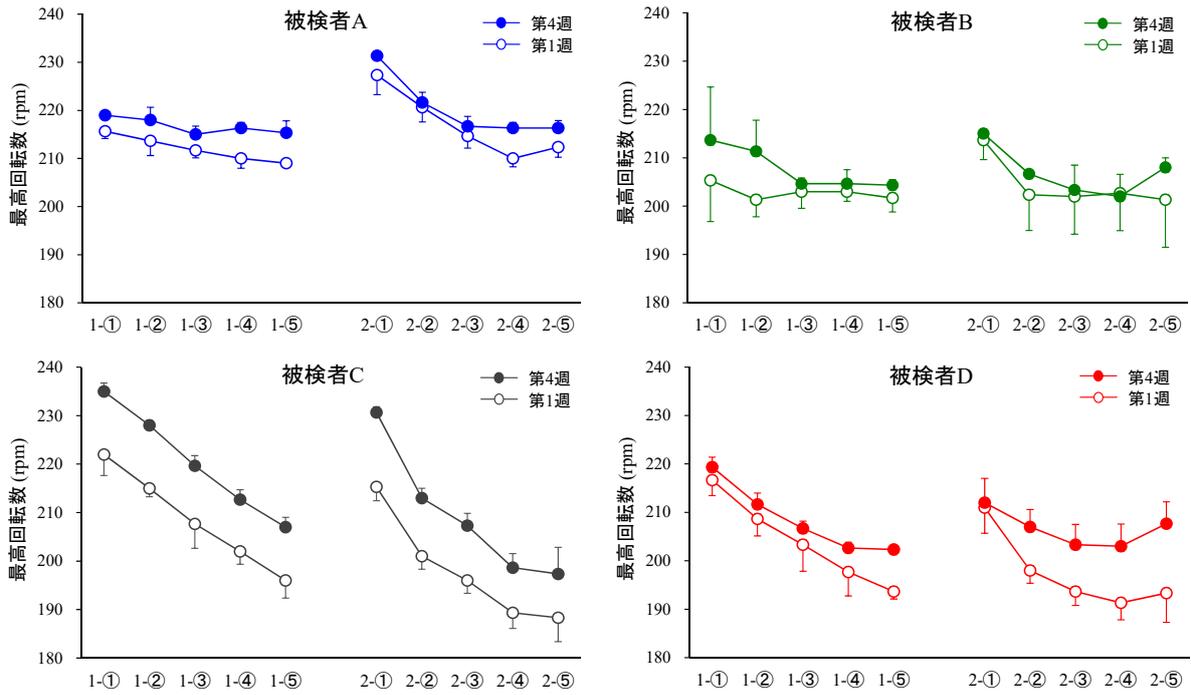


図7 トレーニング内における最高回転数の推移

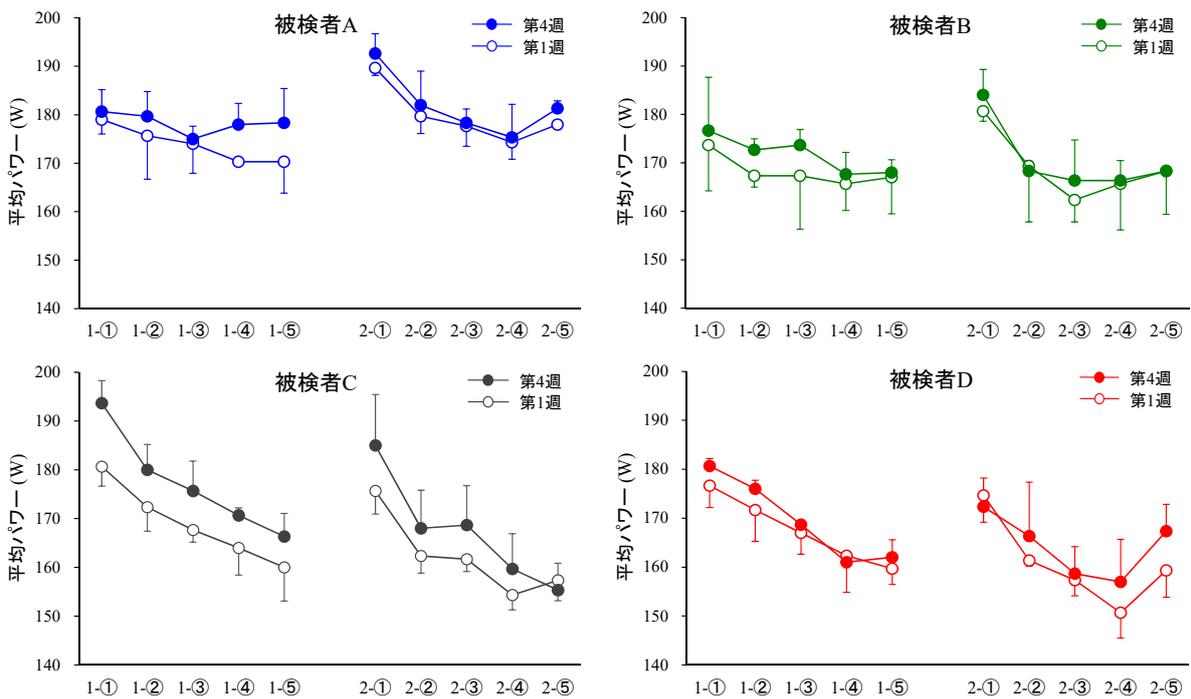


図8 トレーニング内における平均パワーの推移

4. POMS テストの「疲労」の尺度の変化

トレーニング期間中の「疲労」の尺度の変化を図 9 に示した。「疲労」の尺度はトレーニング期間を重ねるにつれて低下を示した。

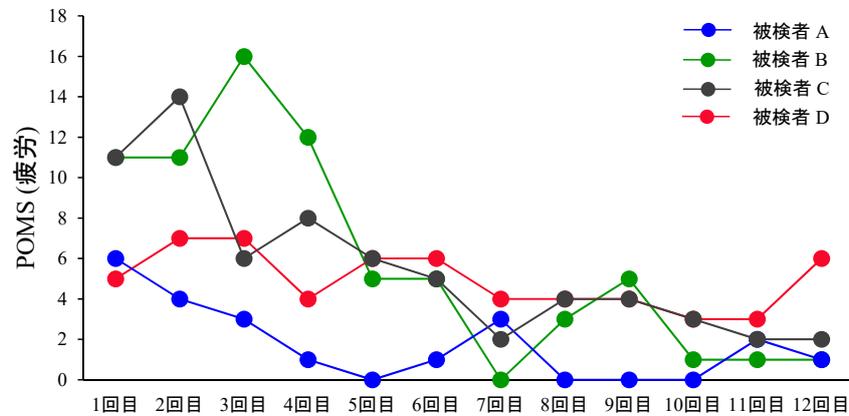


図9 POMS (疲労) の変化

5. 内省

トレーニング後の内省を表 3 に示した。すべての被検者から疾走に関するポジティブな回答が得られた。被検者 B, C から、トレーニングによる疲労感が高かったことをうかがわせる内省が得られた。なお、被検者 B は毎回のトレーニング後に床に座った状態で壁に寄りかかるほど、被検者 C はトレーニング後に床に横になるほど疲労している様子がうかがえた。また、被検者 A, C, D から、早起きへの慣れ、あるいは朝のトレーニングの効果に関する内省が得られた。

表3 内省

被検者A	被検者B
ポジティブ回答	ポジティブ回答
<ul style="list-style-type: none"> ・25m走だけではなく、サッカーのプレー中の走りが速くなった ・トレーニングによって体力が付き、あまり疲れなくなった ・ダッシュのスタート時の出だし、踏み込みが速くなった ・大腿部が少し太くなり、普段の自転車漕ぎが速くなった ・朝早く起きられるようになり、朝食も摂取するようになった 	<ul style="list-style-type: none"> ・サッカーの競技中に速く走れるようになったと感じる
ネガティブ回答	ネガティブ回答
<ul style="list-style-type: none"> ・寝坊を恐れて寝付けられない日があった 	<ul style="list-style-type: none"> ・早起きが毎回辛く、トレーニングも非常に辛かった ・朝早いとお腹が痛くなることも多く、体調が悪くなりやすかった ・体調が良い時と悪い時の差が大きかった ・ものすごく頑張ったのに、最高回転数の記録が高くなって悔しかった ・やる気とトレーニング記録が比例しなくて不甲斐なさを感じた ・毎回のトレーニングで気持ち悪くなるので朝が辛かった
その他	
<ul style="list-style-type: none"> ・体調は常に普通であった 	
被検者C	被検者D
ポジティブ回答	ポジティブ回答
<ul style="list-style-type: none"> ・25mのスタートから加速までがスムーズになった気がする ・フットサルのプレー中に疲れることが少なくなった ・下肢の筋肉が太くなり(特に大腿部)、足が速くなった気がする ・朝起きてからのだるさや眠気が次第になくなり、寝起きが良くなった ・朝のトレーニングのお陰で学校生活をしっかり送ることができた 	<ul style="list-style-type: none"> ・25mの走りの際に脚がスムーズに回った ・階段を上る際に脚がスムーズに上がるようになった ・早起きの辛さは次第になくなり、朝から身体にキレがあると感じた ・朝のトレーニングにより、体調が良くなり、便通が良くなった ・朝のトレーニングにより体重が減少した
ネガティブ回答	ネガティブ回答
<ul style="list-style-type: none"> ・朝のトレーニング実践後は必ず気持ち悪くなった 	<ul style="list-style-type: none"> ・最初の頃は早起きして登校すると気持ち悪くなるが多かった
その他	
<ul style="list-style-type: none"> ・朝のトレーニングに対してモチベーションを高めておくことが大事であると感じた 	

IV. 考察

本研究は、負荷 1.0 kp での (以下「低負荷」と略す) 全力ペダリングトレーニングが疾走能力に及ぼす影響を明らかにするために、球技スポーツ選手 4 名の 25 m 走タイム (以下「疾走タイム」と略す) の変化から検証した。その結果、疾走タイムは 4 名中 3 名 (被検者 A, C, D) が短縮したことから、低負荷全力ペダリングトレーニングは地域のカテゴリーにて上位の成績を目指して練習に励んでいる球技スポーツ選手の多くにとって疾走能力の向上に有効である可能性が考えられる。しかしながら、被検者 1 名 (被検者 B) の疾走タイムは延長した。このことから、低負荷全力ペダリングトレーニングは対象者によっては効果をもたらさない、あるいは負の効果を与え得るものと考えられる。以下では、低負荷全力ペダリングトレーニングがどのようにして疾走能力の向上に貢献する可能性があるのか、被検者の特性およびトレーニングによる変化の様相から検討する。

1. 低負荷全力ペダリングトレーニングによる疾走能力の変化

(1) 被検者 A

被検者 A はトレーニングによって疾走タイムが短縮 (98.4 %) (図 1) した選手であり、最大無酸素性パワーの増大 (115.4 %) (図 2) と、無酸素性パワーの指標として位置づけた低負荷ペダリングの平均パワー (Max) の増大 (図 5) が見られた。このことから、低負荷全力ペダリングトレーニングは、無酸素性パワーの向上を伴って疾走能

力を高める可能性が考えられる。無酸素性パワーは筋の収縮能力に大きく依存すること（深代, 1990）から、トレーニングによって被検者 A の筋の収縮能力が改善した可能性が考えられる。被検者 A の低負荷全力ペダリングの最高回転数と平均パワーの変化では、平均パワー (Max) (図 5) は増大した一方で、最高回転数 (Max) (図 3) はわずかな増大に留まった。これらの結果は、低負荷全力ペダリングトレーニングによってペダリング開始から最高回転数到達までの時間が短縮した、または最高回転数到達後の高い回転数が維持した、あるいは両者の改善が見られたことを示すものであると考えられる。つまり、低負荷全力ペダリングトレーニングが、筋の収縮速度の立ち上がりの速さや高い収縮速度の維持といった筋の収縮能力の改善を可能にしたものと考えられる。高い疾走速度を獲得するには高速で移動している地面に対して短時間に大きな加速力を発揮することが重要である（福田・伊藤, 2004）ため、トレーニングによる被検者 A の筋収縮能力の改善が高速度での高いパワーを生み出し、疾走能力の向上に貢献したと考えられる。

疾走動作の変化に関しては、トレーニングによって 0—10 m 区間のストライド指数が減少 (96.7 %) し、疾走速度が低下 (97.6%) した (表 2)。疾走タイムがトレーニングによって短縮したことから、被検者 A の疾走タイムの短縮は、10 m 以降 (10—25 m) の疾走速度の向上によるものであり、10 m 以降のピッチ・ストライドが改善した可能性が考えられる。サッカーやフットサルの競技では試合中に 10 m 前後の全力疾走を必要とする状況があること、30 m 疾走速度を高めるためにはスタートダッシュにおける高い疾走速度の獲得が重要であることが示唆されていること（蔭山ほか, 2016）から、被検者 A はスタート直後の疾走速度の維持または向上を目指すことで、競技中の疾走パフォーマンスを更に高めることができると考えられる。

トレーニング前の最大無酸素性パワーおよび疾走動作の特徴について検討する。被検者 A の最大無酸素性パワー (14.87 W/kg) は、被検者 4 名の中で最も高かった。この測定値は、先行研究で示されたサッカー日本代表選手 (値は抽出不可であるが、15.5 W/kg より大きい) (秋間ほか, 1992) には劣るものの、地区ブロックの大学サッカーリーグ 1 部に加盟する大学サッカー部の選手の平均値 (13.6 W/kg) (三本木・岩本, 2009)、23 歳以下のオリンピック代表あるいは 19 歳以下のユース代表のサッカー選手 6 名の平均値 (数値は抽出不可であるが、14.0 W/kg 程度) (秋間ほか, 1992) と比べて高く、高い無酸素性パワーを持つ選手であると考えられる。この最大無酸素性パワーは、30 m 走における 0—10 m 区間の疾走速度よりも 10—20 m 区間および 20—30 m 区間の疾走速度と関連性が強いこと (三本木・黒須, 2011) から、高い最大無酸素性パワーは短い距離の疾走の中でも後半の加速により貢献する可能性が考えられる。このことから、被検者 A は、25 m 疾走時における後半の加速を高め得る能力を有している可能性が考えられる。疾走動作に関しては、他の被検者に比べて 0—10 m 区間のストライドの優位性が高く、0—25 m の疾走速度 ($25 \text{ m} / 3.76 \text{ sec} = 6.65 \text{ m/s}$, 以下同様) に対する 0—10 m の疾走速度 (6.14 m/s) の割合 ($6.14 / 6.65 \times 100 = 92.3 \%$, 以下同様) が大きい被検者であった (被検者 B: 88.1 %, 被検者 C: 89.1 %, 被検者 D: 88.4 %) (表 2)。つまり、被検者 A は、スタート直後に急激な加速を示す前半加速型の選手と言える。

したがって、高い最大無酸素性パワーを持ち、スタートダッシュ時のストライドの優位性が高い前半加速型の球技スポーツ選手は、低負荷全力ペダリングトレーニングを実践することで、高速度でのパワー発揮の向上を伴って 10m 以降の疾走能力を高めることができると考えられる。

(2) 被検者 B

被検者 B は、最大無酸素性パワーの増大 (108.1 %) (図 2)、低負荷ペダリングの平均パワー (Max) の増大 (図

5) が見られたものの、疾走タイムが延長した (102.2 %) (図 1)。このことから、低負荷全力ペダリングトレーニングは、被検者 B の疾走能力に対してパワー以外の要因から負の影響を与えたものと考えられる。

被検者 B は、1 日のトレーニングの中での最高回転数 (Max) (図 7) および平均パワー (Max) (図 8) の出現のタイミングが安定しておらず、トレーニング後の内省において「ものすごく頑張ったのに最高回転数の記録が高くて悔しかった」、「やる気とトレーニング記録が比例しなくて不甲斐なさを感じた」、「毎回のトレーニングで気持ち悪くなる」と回答した (表 3)。これらのことから、被検者 B は低負荷での全力ペダリングトレーニングに適応できず、そのことが疾走タイムの延長を招いた可能性が考えられる。

被検者 B は、トレーニングによって 0—10 m 区間のピッチ指数が減少 (98.2 %)、滞空時間が延長 (120.1%)、疾走速度が低下 (97.2 %) した (表 2)。同一の被検者に対してピッチ型疾走とストライド型疾走を実施させ、その際のバイオメカニクス的な個人内変動を検証した研究 (豊嶋ほか, 2015) によると、ストライド型とピッチ型の差異は滞空時間の長さ (ストライド型がピッチ型より長い) であり、ストライド型とピッチ型の水平方向の力は変わらなかったが、ストライド型は鉛直方向の力が大きかったことが示されている。この先行知見から、鉛直方向の力を増大して推進方向の力を維持することで、滞空時間の延長を伴ってストライドが増大すると考えられるため、トレーニング後に被検者 B の滞空時間が延長してストライドが増大しなかったのは、鉛直方向の力の増大と推進方向の力の減少によるものと推察される。つまり、被検者 B の疾走動作は疾走中の脚の回転が水平方向よりも上下方向に働き、いわゆる空回りの状態で走っていたものと推察される。さらに、トレーニングによる疾走速度の低下率は、0—25 m 区間 $((25 \text{ m} / 3.67 \text{ sec}) / (25 \text{ m} / 3.75 \text{ sec}) \times 100 = 97.9 \%$, 以下同様) と 0—10 m 区間 $(5.83 / 6.00 \times 100 = 97.2 \%)$ でほとんど変わらず、10 m 以降の疾走速度は 0—10 m 区間の疾走速度の低下と同程度であることから、25 m すべての区間において空回りの状態で疾走していたものと推察される。このことについては今後、力発揮の方向などのキネティクスや下肢のキネマティクスを分析することで疾走タイムが延長した要因がより明確になるだろう。

被検者 B はトレーニング前の疾走タイムが 4 名中最も速く、最大無酸素性パワーが被検者 A と同様に高かった。それに対してトレーニング初日の最高回転数が被検者 4 名の中で最も低かった (図 3)。また、疾走の特徴として、他の被検者と比較して 0—10 m 区間のピッチの優位性が高かった (表 3)。つまり、被検者 B は、疾走能力および最大無酸素性パワーが高い反面、低負荷高速度でのペダリング運動において十分なパワーを発揮できないという特性を持つピッチ型の選手と言える。

したがって、疾走能力およびピッチの優位性が高く、かつ、低負荷全力ペダリング運動での最高回転数が低い球技スポーツ選手は、低負荷全力ペダリングトレーニングには向いておらず、他のトレーニングプログラムの実践が必要であると言えるだろう。平地、上り坂、下り坂を利用して、プライオメトリクスの効果検証した研究 (松田・田村, 2016) によると、ストライドの獲得を狙う場合は、ピッチも効果的に高め、疾走タイムも有意に短縮させることが可能な下り坂でのプライオメトリクスが有効であることが示されていることから、上述の特徴を有する選手に対してはプライオメトリクスの実践が効果的である可能性が考えられる。

(3) 被検者 C

被検者 C は、疾走タイムが短縮し (95.0 %) (図 1)、最大無酸素性パワーが増大 (110.9 %) (図 2) した。低負荷ペダリングの最高回転数 (Max) (図 3) および平均パワー (Max) (図 5) は、トレーニングによって増大した。無酸素性パワーは筋の収縮能力に大きく依存すること (深代, 1990)、短距離走ではより高速度の筋収縮が要求される

こと(中丸ほか, 2004)を鑑みると, 低負荷全力ペダリングトレーニングは, 被検者 C に対して筋の収縮速度を高めることで高速度でのパワー発揮の向上を可能にし, 疾走能力を高めることができたと考えられる。また, 被検者 A と同様, 「下肢の筋肉が太くなり」との内省(表 3)を得たことから, 低負荷全力ペダリングトレーニングと日頃のレジスタンストレーニングが大腿部の筋量を増加させ, 無酸素性パワーおよび疾走能力を高めたと考えられる。

疾走の動作については, 低負荷全力ペダリングトレーニングによって 0—10 m 区間のピッチ指数が増大(103.2%), ピッチ・ストライド比が増大(103.0%), 滞空時間が短縮(84.3%), 滞空比が低下(81.0%), 疾走速度が増大(103.3%)した(表 2)。高いピッチを生み出す動作の特徴については, 球技スポーツ選手を対象とした研究により明らかにされている(岩壁ほか, 1995)。球技スポーツ選手は, 短距離走や跳躍を専門とする陸上競技選手と比較するとピッチが高く, 高いピッチはキック後に下腿を折りたたまずに前方に振り出す動作によって可能となっていること, また滞空比(滞空時間/接地時間)が小さく, 腰を落とした走りをしている可能性(岩壁ほか, 1995)が示されている。これらの先行知見を踏まえると, 被検者 C のピッチの増大と滞空比の低下は, ペダリング動作によって素早い下腿の振り出し動作と腰を落とした疾走動作を習得したことが大きく影響したと推察される。

被検者 C は専門種目の実施頻度が被検者 4 名の中で最も高く, 週 5 日程度実践する選手であった(他 3 名は週 2 日程度であった)。トレーニング後の変化では, 疾走タイムが被検者 4 名の中で最速であり, 低負荷全力ペダリングの最高回転数が最も高かった。また, トレーニング前の疾走の特徴として, 0—10 m 区間の滞空時間が長く, 接地時間が短い(滞空比が高い)反面, ストライドが長くないことが挙げられ, 被検者 C のトレーニング前のスタートダッシュの動作が, いわゆる飛び跳ねるような動作であった可能性が考えられる。つまり, 被検者 C は, 専門種目の実施頻度が高いため疾走の機会が多く, かつ, スタート直後の疾走の特徴として地面を素早くキックできるものの, 地面をキックした後の前方への下腿の振り出し動作が遅い選手と言える。

したがって, 地面を素早くキックできる能力を有しているにもかかわらずピッチが低い球技スポーツ選手は, 低負荷全力ペダリングトレーニングを専門種目のトレーニングと併用して実践することで, 無酸素性パワーの向上とピッチの増大によって疾走能力を高めることができるものと考えられる。

(4) 被検者 D

被検者 D は, トレーニングによって疾走タイムが短縮(93.6%)(図 1)した。しかしながら, 最大無酸素性パワー(図 2)の向上は見られず, 低負荷ペダリングでの平均パワー(Max)(図 5)は増加傾向を示したが変化が小さかった。一方, 最高回転数(Max)(図 3)は, 10 回目までの最大値が 219 rpm であったのが, 11 回目で 220 rpm, 12 回目で 221 rpm となり, 終盤で向上した。さらに, 最高回転数(Ave)(図 4)はトレーニングを重ねるごとに向上した。これらの結果から, 被検者 D は, 低負荷全力ペダリングトレーニングによる神経筋機能の改善によって, 高速度でのペダリング動作の維持を可能にし, 疾走タイムが短縮した可能性が考えられる。

0—10 m 区間の疾走動作の変化では, トレーニングによって, ピッチ指数が増大(102.6%), 滞空時間が短縮(82.3%), 滞空比が低下(79.5%), 疾走速度が増大(104.0%)した(表 2)。疾走速度を決定づけるピッチとストライドの関係については, ストライドが増大すればピッチは減少し, ピッチが増大すればストライドは減少すること(Hunter et al., 2004)が示されているが, 被検者 D はトレーニングによりストライドは維持し, ピッチは増大した。つまり, 被検者 D にとって低負荷全力ペダリングトレーニングは, 疾走技術を改善する有効なトレーニングであったと考えられる。疾走動作について被検者 D は「25 m の走りの際に脚がスムーズに回った」(表 3)と感じており, トレーニングが疾走動作の改善に大きく寄与したと推察される。球技スポーツ選手は滞空比(滞空時間/接地時

間) が小さく、腰を落とした走りをしている可能性があること、高いピッチはキック後に下腿を折りたたまずに前方に振り出す動作によって可能となっていること(岩壁ほか, 1995)を踏まえると、被検者 D のピッチの増大は、被検者 C と同様の効果によって改善されたと推察される。

被検者 D は、トレーニング前の疾走タイムが被検者 4 名の中でも最も遅く(図 1)、最大無酸素性パワー(図 2)、最高回転数(Max)(図 3) および平均パワー(Max)(図 5) が最も低い選手であった。また、被検者 D の 0-10 m 区間のピッチ指数はストライドの優位性が高い被検者 A のピッチ指数と同程度であり、被検者 B、被検者 C と比べて低かった(表 2)。これらのことから、被検者 D は、疾走能力および無酸素性パワー能力が低く、疾走時のピッチが低い選手と言える。

したがって、疾走能力および無酸素性パワー能力が低く、疾走時のピッチが低い球技スポーツ選手は、低負荷全力ペダリングトレーニングを実施することで神経筋機能および疾走技術が改善し、疾走能力を高めることができると考えられる。

2. 低負荷全力ペダリングトレーニングによる無酸素性パワーの持久性能力の変化

本研究では、最高回転数(Ave) および平均パワー(Ave) を無酸素性パワーの持久性能力の指標として位置づけた。最高回転数(Ave) はすべての被検者が増大し(図 4)、平均パワー(Ave) は被検者 A、C が増大した(図 6)。このことから、本研究で用いた低負荷全力ペダリングトレーニングは球技スポーツ選手の無酸素性パワーの持久性能力の向上に有効である可能性が考えられる。被検者 A の「トレーニングによって体力が付き、あまり疲れなくなった」、被検者 C の「フットサルのプレー中に疲れることが少なくなった」との内省(表 3) が得られことを鑑みると、被検者 A、C は、低負荷全力ペダリングトレーニングにより高速度でのパワー発揮の持久性が向上したことで、専門種目とするサッカーあるいはフットサルの競技中において、より速いダッシュを何本も連続して行うことが可能となった可能性が考えられる。

3. 授業開始前の時間帯の有効活用

本研究では 1 限の授業開始前である朝の時間帯を使って 4 週間にわたってトレーニングを実施した。被検者からは、「早起きが毎回辛く(被検者 B)」、「朝早いとお腹が痛くなることも多く、体調が悪くなりやすかった(被検者 B)」、「朝起きてからのだるさや眠気(被検者 C)」、「早起きの辛さ(被検者 D)」、「最初の頃は早起きして登校すると気持ち悪くなるが多かった(被検者 D)」など早起きを強いられたことによる負担をうかがわせる内省が得られた。睡眠と覚醒は毎日ほぼ一定時刻に出現・消褪を繰り返している(三島, 2012) ため、普段と異なる時刻に起床することは多少なりとも負担があったと考えられる。また、「毎回のトレーニングで気持ち悪くなる(被検者 B)」や「朝のトレーニング実践後は必ず気持ち悪くなった(被検者 C)」など朝のトレーニングの負担の高さがうかがえる内省が得られた。一般的に、体温、血圧、心臓機能などの生理機能は、概日時計による影響を受けているため朝が 1 日の中でも最も低値を示し(本間, 2012; Martino and Young, 2015)、筋力や柔軟性(Gifford, 1987) も朝が低い。これらの先行知見より、生理機能、筋力、柔軟性が低い状態でのトレーニングを行うためには様々なコンディショニングのアプローチが必要となるため、被検者が各々の経験と感覚に基づいて十分なウォーミングアップを実施したとしても身体的な負担は大きかったものと推察される。一方で、「朝早く起きられるようになり(被検者 A)」、「寝起きが良くなった(被検者 C)」、「早起きの辛さは次第になくなり、朝から身体にキレがあると感じた(被検者 D)」などトレーニングの継続による早起きへの順応をうかがわせる内省も得られた。また、トレーニング開始

前に調査した POMS 短縮版の「疲労」がトレーニングを重ねる毎に徐々に低下を示した (図 9) ことから, 早起きを伴う朝のトレーニングの実践を継続することによって早起きによる疲労感は次第に小さくなり, 早起きに身体が適応していくものと考えられる. したがって, 早起きと朝のトレーニングによる二重の負担があると言える朝のトレーニングの実施にあたっては, 朝のトレーニングを導入する前に予め早寝早起きの習慣を身に付けることで早起きの身体的負担を軽減あるいは無くしておくことや, 朝の生理機能が低いことを踏まえたコンディショニングのアプローチを実施することで, 朝のトレーニングによる身体的負担を軽減することが重要となるだろう.

我が国において朝練は, 学校のクラブ活動を中心に以前から実施されてきた. アマチュアのスポーツ選手のように日中に学校での授業や業務がある場合, トレーニングが可能な時間帯は朝と夕方に限られるため, 朝の時間帯はトレーニングを実践する上で貴重な時間である. そのため, 授業前である朝の時間帯のトレーニングは, 被検者の朝型-夜型の指向性を含めた特性, あるいは生活スタイルや過去の朝練の実施状況とコンディション等を踏まえて実施することで, その効果を最大限に引き出せるだろう.

4. 研究の限界と今後の課題

朝のトレーニングの実用性を高めるためには, トレーニング内容以外でのパフォーマンス向上に影響する要因と, 朝のトレーニングによって生じる負の要因を検討する必要がある. 今後は, 朝のトレーニングによって睡眠覚醒リズムが朝型へシフトするのか, また日中の眠気の増大や作業効率の低下が起こるのか, あるいは, ウォーミングアップの違いがトレーニング効果にどの程度貢献するのかを明らかにすることで, 朝のトレーニング効果の要因あるいはさらなる向上を目指したトレーニング指導方法の解明につながるだろう.

V. まとめ

週 3 日 4 週間の負荷 1.0 kp での全力ペダリングトレーニングが球技スポーツ選手 4 名の疾走能力に及ぼす影響について検討した. 球技スポーツ選手 4 名のトレーニング前の疾走の特徴およびトレーニングによる疾走の変化より, 4 週間の低負荷全力ペダリングトレーニングは, スタートダッシュ時のピッチが低い球技選手やショートスプリント後半の加速率が低い球技選手に対しては疾走能力向上の有効性が高く, スタートダッシュ時のピッチの優位性が高い選手には有効ではないものと考えられた.

VI. 文献

- ・ 会田 宏, 高松 薫, 杉森弘幸, 向井俊哉 (1992) 自転車エルゴメーターの全力ペダリングにおいて発揮される無機的パワーの特性. 筑波大学体育科学系紀要, 15: 191-197.
- ・ 秋間 広, 久野譜也, 西嶋尚彦, 丸山剛生, 松本光弘, 板井悠二, 下條仁士, 勝田 茂 (1992) NMR による国内一流サッカー選手の筋エネルギー代謝および筋横断面積の検討. 体力科学, 41: 368-375.
- ・ 深代千之 (1990) 無酸素パワーの測定と評価法. スポーツ医・科学, 4(2): 25-34.
- ・ 福田厚治, 伊藤 章 (2004) 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速: 接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか. 体育学研究, 49: 29-39.
- ・ Gifford, L.S. (1987) Circadian variation in human flexibility and grip strength. Aust. J. Physiother., 33: 3-9.
- ・ Harrison, A.J., Bourke, G. (2009) The effect of resisted sprint training on speed and strength

- performance in male rugby players. *J. Strength Cond. Res.*, 23: 275-283.
- 本間さと (2012) 脊椎動物の概日リズム 4 章 主時計—視交叉上核を中心に—. 時間生物学. 海老原史樹文, 吉村 崇編. 化学同人:京都, pp. 55-66.
 - Horne, J.A., Ostberg, O. (1976) A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Int. J. Chronobiol.*, 4: 97-110.
 - Hunter, J.P., Marshall, R.N., McNair, P.J. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36: 261-271.
 - 石原金由, 宮下彰夫, 犬上 牧, 福田一彦, 山崎勝男, 宮田 洋 (1986) 日本語版朝型—夜型 (Morningness-Eveningness) 質問紙による調査結果. *心理学研究*, 57: 87-91.
 - 岩壁達男, 尾縣 貢, 関岡康雄, 永井 純, 清水茂幸 (1995) 球技プレイヤーにおける疾走動作の検討. *スポーツ教育学研究*, 15: 91-97.
 - 蔭山雅洋, 藤井雅文, 土川千尋, 鈴木智晴, 前田 明 (2016) 大学野球選手における 30 m 走タイムと跳躍能力との関係. *トレーニング科学*, 27: 93-100.
 - 北 哲也, 古川統英, 小松昌平, 亀田麻依, 前田 明 (2013) 高負荷全力ペダリングトレーニングが野球選手の 30m 疾走タイムに及ぼす影響. *トレーニング科学*, 25: 69-78.
 - 駒田陽子 (2013) 睡眠改善の技術とツール 質問紙による評価法. 堀 忠雄, 白川修一郎, 福田一彦監修. 応用講座睡眠改善学. ゆにま書房:東京, pp. 207-219.
 - Lockie, R.G., Murphy, A.J., Callaghan, S.J., Jeffriess, M.D. (2014) Effects of sprint and plyometrics training on field sport acceleration technique. *J. Strength Cond. Res.*, 28: 1790-1801.
 - Lockie, R.G., Murphy, A.J., Schultz, A.B., Knight, T.J., Janse de Jonge, X.A.K. (2012) The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 26: 1539-1550.
 - Martino, T.A., Young, M.E. (2015) Influence of the cardiomyocyte circadian clock on cardiac physiology and pathophysiology. *J. Biol. Rhythms*, 30: 183-205.
 - 松田 亮, 田村孝洋 (2016) 異条件下における伸張反射プログラムが陸上競技選手の走運動パフォーマンス向上に及ぼす有用性 : 9 週間のトレーニング実施がピッチ・ストライドに与える効果についての比較検証. *広島経済大学研究論集*, 38(4): 153-165.
 - 三島和夫 (2012) 脊椎動物の概日リズム 9 章 概日リズムと睡眠. 時間生物学. 海老原史樹文, 吉村 崇編. 化学同人:京都, pp.118-130.
 - 内藤 景, 荻山 靖, 宮代賢治, 山元康平, 尾縣 貢, 谷川 聡 (2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた 100 m レース中の加速局面の疾走動態. *体育学研究*, 58: 523-538.
 - 中丸信吾, 濱名慶匡, 青木和浩, 佐久間和彦, 廣瀬伸良, 鈴木大地, 越川一紀, 金子今朝秋 (2004) 男子大学スプリンターの無酸素パワー能力とスプリントパフォーマンスおよびフィールドテストとの関連性について. *陸上競技研究*, 56: 2-6.
 - 中村好男, 武藤芳照, 宮下充正 (1984) 最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる測定法. *Jap. J. Sports Sci.*, 3: 834-839.

- 三本木 温, 岩本寿生 (2009) 大学サッカー競技者の無酸素性パワーに関する研究. 八戸大学紀要, 39: 69-73.
- 三本木 温, 黒須慎矢 (2011) 陸上競技選手における 30m 走の疾走能力と無酸素性パワーおよび柔軟性との関係. 八戸大学紀要, 42: 57-64.
- Spinks, C.D., Murphy, A.J., Spinks, W.L., Lockie, R.G. (2007) The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *J. Strength Cond. Res.*, 21: 77-85.
- 谷川 聡, 島田一志, 一川大輔, 吉岡 宏, 尾縣 貢 (2011) 試合期におけるサッカー競技者のスプリント技術トレーニングがスプリントおよびジャンプ能力に及ぼす影響. *コーチング学研究*, 24: 129-138.
- 豊嶋陵司, 田内健二, 遠藤俊典, 磯 繁雄, 桜井伸二 (2015) スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクスの要因. *体育学研究*, 60: 197-208.
- 山口光枝, 渡邊敏明, 高木絢加, 脇坂しおり, 坂根直樹, 森谷敏夫, 永井成美 (2011) 女子大学生における生活リズムの朝型-夜型度と朝の自律神経活動の関連. *女性心身医学*, 16: 160-168.
- 山本正嘉, 山本利春, 井上哲朗, 吉永孝徳, 金久博昭, 斉藤雅彦 (1995) スポーツ選手のための新しい体力テストシステムの開発と標準値の作成(1)- 上肢, 下肢の筋パワーテストについて-. *武道・スポーツ科学研究所年報*, 1: 113-125.