

間欠的高強度持久性能力と体力・技術との関係

鬼頭伸和* 鈴木靖士** 境田雅章***

*保健体育講座

**碧南市立日進小学校

***愛知学院大学 教養部

Intermittent high intensity endurance ability is related to physical strength and skill

Nobukazu KITO*, Yasushi SUZUKI**, Masaaki SAKAIDA***

*Department of Health and Physical Education, Aichi University of Education, Kariya, Aichi 448-8542 Japan

**Hekinan Nishiin Elementary School, Hekinan, Aichi 447-0882 Japan

***Aichi Gakuin University, Division of General Education, nisshin, Aichi 470-0195 Japan

はじめに

2006 FIFA ワールドカップドイツで開催された64試合の熱闘は、現時点でもっとも進化したモダンサッカーである。それは、選手個人、グループ、チームがプレーする“time”の速さと正確性が、限りなく限界に近いレベルまで要求されることと、プレーをする“space”が限りなく狭くなってきていることである。ヨーロッパのトップクラブチームに君臨する、チェルシー、アヤックス、レアル・マドリー、ACミランなど、システムティックでコンパクトな戦術にも見られるように、プレーができる時間が瞬時で、プレーをするスペースが限界に近いところまで、狭くなったコンパクトなモダンサッカーは、90分間のいつの間帯にも攻守の別なく、必要な時にタイミングのいい、俊敏なダッシュや高いジャンプヘディングなど、高強度な運動を、何度となく反復して、プレーを継続しなければならない。

モダンサッカーで要求される体力は、戸苅¹⁶⁾によると、1)素早く、爆発的な筋収縮能力、2)速く、激しい動きを繰り返すスピード持久性能力、3)長時間運動に耐える持久性能力の3つの能力に分類されている。筋収縮に必要なエネルギー供給機構と対応させて、それらをアネロビックパワー(エクスプローシブパワーとスピード持久性)とエアロビックパワーの2つに対応している。

Bangsbo²⁾、山本³¹⁾は、間欠的運動における無酸素系と有酸素系エネルギー供給機構の関わりについて、一連の研究を行い、サッカーなど間欠的な運動が中心となるスポーツ種目の選手に、必要な間欠的持久能力やそれを開発するトレーニングについて報告している。磯川⁴⁾らは、間欠パワーのトレーニング効果につい

て研究している。また、山本³²⁾は自転車エルゴメーターを用いて、丸山²³⁾は走運動による、間欠的パワーの能力を評価するラボあるいはフィールドテストの開発について研究をしている。

そこで、本研究は、サッカー選手の間欠的高強度持久性能力と体力・技術との関係について、インターバル形式ミニゲーム中の移動距離、ゲーム前後の血中乳酸濃度、ボールタッチ数、プレーミス率と間欠的高強度持久性能力を比較・検討し、明らかにすることを目的とした。

研究方法

被検者は、愛知教育大学サッカー部員8名を対象にして、自転車エルゴメーターによる間欠パワーテスト²⁹⁾と12分走テストを実施した。また、3対3のインターバル形式ミニゲームを4セット実施した。

(1) 間欠的パワーテスト

被検者はウォーミングアップを行った後、自転車エルゴメーターを用いて、5秒間の全力ペダリングを十分な休息(5分間以上)をはさんで、2回行った。これら2回の全力ペダリングは、自転車エルゴメーターの全力ペダリングに馴れるということと、10セットのペダリングにおいて、ペース配分しないで運動したかどうかの確認に用いるという、2つのねらいがある。2回の全力ペダリングの終了後、再び十分な休息をとった。その後、5秒間の全力ペダリングを、20秒間の休息をはさんで10セット反復した。ペダリングの際には、あらかじめサドルを、各被検者の最もペダリングしやすい位置にセットし、ペダリング中はサドルから腰をあげないように指示した。また、足にはトーグリップを装着した。負荷は、被検者の7.5%の重量(kp)を用いた。負荷、運動時間、休息時間、反復回数は、自

転車エルゴメーターの操作パネルの「マニュアルトレーニングモード」を用いて設定した。

このテストは、被検者にはあらかじめこのテストの原理と方法について詳細に説明した。また、次のようなテスト結果が得られた場合には、ペース配分が行なわれたと見なして、テストをやり直した。

- 1) 1セット目の発揮パワーが、最初に行なった2回の全力ペダリング時の発揮パワー値の高いほうに比べて、5%以上低かった場合。
- 2) 運動の中盤における発揮パワーに対して、終盤の発揮パワーが著しく増加した場合。
- 3) 発揮パワーの低下の推移が滑らかでなく、変動が著しかった場合。

各セットで、自転車エルゴメーターの操作パネルの表示されるパワー値(単位: W)を記録した。(以下P1, P2, …, P10)。そして、P8, P9, P10のパワー値の平均を求めた。この値を間欠的パワーテストの持久性指標(以下Pst)とした。なお、Pstは、サッカー選手が自己の体重を移動させる運動であることから、被検者の体重で除し、体重あたりの相対的な能力(単位: W / kg)とした。

間欠パワーテストから、間欠的高強度持久性指標のPstを求めた。その測定値から、Pst上位群(Pst.H)と下位群(Pst.L)の2群に分けた。

(2) 12分間走

被検者全員について、本学陸上競技場(全天候型)の400mトラックにて、最大努力での12分間走を実施し、全被者の最高心拍数と走行距離を求めた。そして、そこで得られた最高心拍数から、ミニゲーム中の生理的運動強度を求めた。

(3) ミニゲーム

ミニゲームは、人数と時間、コートの広さを固定して3対3のインターバル形式で行なった。被検者のミニゲーム中の移動距離、心拍数を測定した。また、ミニゲーム前後での血中乳酸値も測定した。測定にあたっては、被検者に実験内容を説明し、承諾を得て行なった。

移動距離の測定は、これまでに多く行なわれてきた筆記法により、150秒を目安に独自に作成したミニゲームコートの1/100の縮図の用紙を交換しながら、被検者がグラウンドを移動する軌跡を、高所から観察、記録した。分析は、キルビメータにより移動距離を算出した。

心拍数の測定は、製携帯用心拍数測定器を用い、サンプリングインターバルを15秒にセットした。その方法は、無線式心拍連続測定法で被検者の胸部にトランスミッターを、そして、手首にはレシーバーを装着した。また、スムーズに機能させるためにトランスミッター裏側の電極部を水で濡らした。データ処理は、専用ソフトを介してパーソナルコンピューターで行い、

休息中を含めた心拍数を求めた。

血中乳酸値の測定は、簡易血中乳酸測定器を用いてミニゲーム前後の血中乳酸値を求めた。また、データの信頼性を得るために、牧田ら²¹⁾の実験で得られた、汗の影響を避けるための測定法を用いた。

ミニゲームは8mmビデオカメラで撮影し、ゲーム分析をして、ボールタッチ数、プレーミス数、プレーミス率を求めた。ボールタッチ数は味方からボールをもらい、パスをするまでを1回として記録した。

プレーミス数はパスミスやドリブルミス、トラップミス、ゴールの枠から外れた又は相手に防がれたシュートをミス数として記録した。プレーミス率は各セット及びミニゲーム全体において、プレーミス数をプレータッチ数で除して求めた。

なお、設定したミニゲームのコートの広さ、ゲーム時間、ミニゲームの条件については以下のとおりである。

- 1) コートの広さ: 縦30m × 横20m
- 2) ミニゲームの時間: 7分×4, 休息时间3分×4
- 3) ミニゲームの条件: すべての被検者は、休息中にジョギングを行なった。また、ミニゲームはタッチ制限をし、3タッチゲームで行い、3タッチを超えた場合はその場で相手ボールとした。なお、セットを以下sと略記した。

結果及び考察

(1) ミニゲーム中の移動距離

各セットの移動距離を図1に示した。各セットにおける平均移動距離は、Pst.Hが1s: 798.3 ± 21.8m, 2s: 831.5 ± 30.5m, 3s: 850.6 ± 40.3m, 4s: 806.8 ± 56.3mであった。Pst.Lが1s: 765.4 ± 34.8m, 2s: 758.9 ± 54.1m, 3s: 745.3 ± 69.3m, 4s: 718 ± 33.6mであった。Pst.Hの移動距離は、3・4セット目にPst.Lとの間に有意な差が認められた。Pst.Lの移動距離は、セットが増えるごとに徐々に低下し、Pst.Hは3セット目にピークがあった。ミニゲーム全体の平均移動距離は、Pst.H

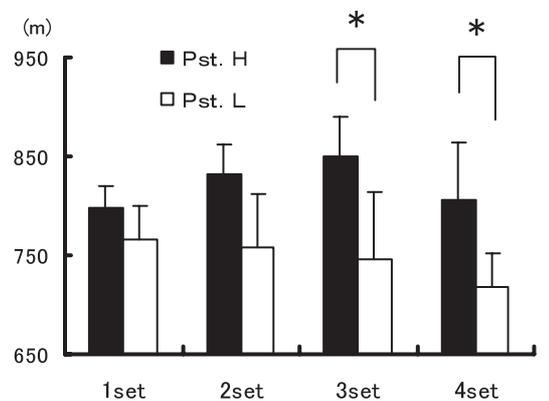


図1 各セットの移動距離

が 821.8 ± 23.8 m, Pst.L が 746.9 ± 21.0 m であった。2つの群の間に有意な差が認められた。

(2) ミニゲーム前後の血中乳酸

ミニゲーム前後の血中乳酸値は、図2に示すように、ミニゲーム前の値は、Pst.H : 1.1 ± 0.3 mmol / l, Pst.L : 1.3 ± 0.5 mmol / l であった。ミニゲーム終了後の血中乳酸値は Pst.H : 4.2 ± 0.7 mmol / l, Pst.L : 6.2 ± 0.8 mmol / l であり、両群とも有意な増加が認められた。また、ミニゲーム終了後に、Pst.H と Pst.L との間に有意な差が認められた。八田は²⁶⁾「血中乳酸濃度は乳酸を作ることと、使うこととのバランスである。筋で乳酸を作る量が減ったり、使う量が増えたりすれば、血中乳酸濃度は下がる。」と述べている。このことから、間欠的な持久性能力の高い選手は、ハイパワーなプレーを繰り返し行うことによって、耐乳酸性能力が高く、増大する乳酸の除去能力に優れていると考えられる。だから、それらの選手はサッカーのゲーム中、ローパワー発揮の有酸素系に加えて、スピード持続性のミドルパワー系を動員する高強度のプレーが、交互に反復して、その質を落とさないで行うことが可能だと示唆される。

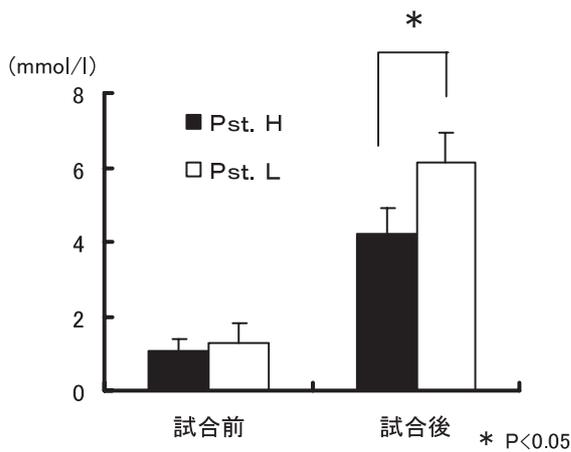


図2 ミニゲーム前後の血中乳酸値

(3) ミニゲーム中のボールタッチ数

各セットにおけるボールタッチ数を図3に示した。各セットにおけるボールタッチ数は、Pst.H が1s : 26 ± 1.3 回, 2s : 21.8 ± 1.7 回, 3s : 23.8 ± 1.9 回, 4s : 26 ± 2.3 回であった。Pst.L は、1s : 20.3 ± 5.9 回, 2s : 20.3 ± 2 回, 3s : 20.3 ± 6.4 回, 4s : 19.8 ± 4 回であった。Pst.H が Pst.L に比べて、比較的高い数値を示す傾向が見られた。ミニゲーム全体のボールタッチ数は、Pst.H が 24.4 ± 2 回, Pst.L が 20.1 ± 0.3 回であった。2つの群の間に有意な差が認められた。

(4) ミニゲーム中のプレーミス率

各セットにおけるプレーミス率を図4に示した。各セットにおけるプレーミス率は、Pst.H が1s : $29.9 \pm 8.6\%$, 2s : $29.9 \pm 10.6\%$, 3s : $27.9 \pm 4.9\%$, 4s : $29.8 \pm$

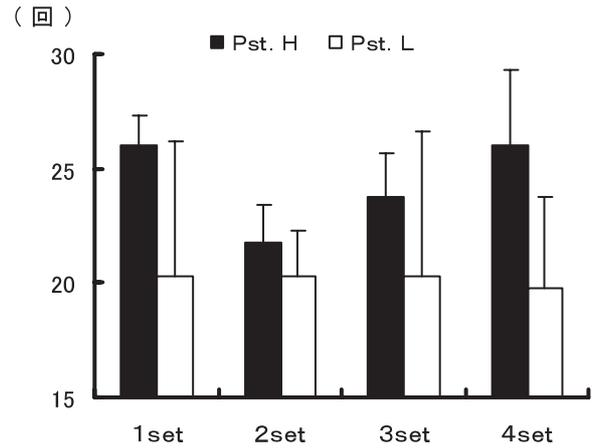


図3 各セットにおけるタッチ数

7.7%であった。Pst.L が、1s : $39.1 \pm 7.4\%$, 2s : $39.1 \pm 6.6\%$, 3s : $40.7 \pm 7\%$, 4s : $41 \pm 7.5\%$ であった。ゲーム中のプレーミス率は、各セットとも Pst.H が Pst.L と比べて10%程度少なく、3セット目で両群の間に有意な差が認められた。ミニゲーム全体のプレーミス率は、Pst.H が $29.4 \pm 1\%$, Pst.L が $40 \pm 1\%$ であった。Pst.H が10%低い値であった。ミニゲーム中におけるプレーヤーの生理的変化は、グリコーゲンの分解による乳酸産生の増大と乳酸の基質利用による除去の差が血中乳酸値として測定される。したがって、移動距離とゲーム終了直後の血中乳酸濃度の結果を合わせて考えると、Pst.L は、乳酸蓄積由来の短時性疲労による間欠的持久性能力の低下が、プレーの正確性と状況判断を低下させたために、プレーミス率が多かったと考えられる。

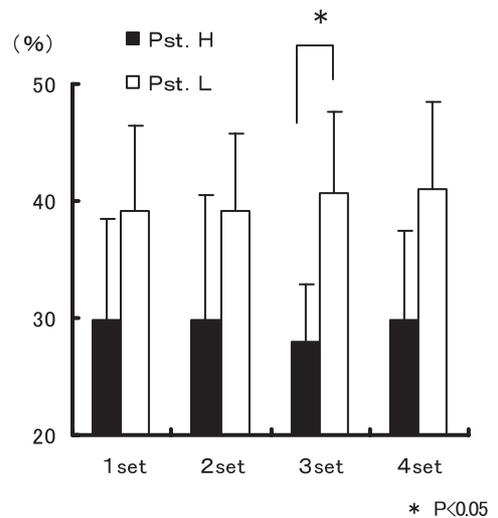


図4 各セットにおけるミス率

(5) ミニゲーム中の生理的運動強度

各セットにおける生理的運動強度を図5に示した。各セットにおける生理的運動強度は、Pst.H が1s : $80.1 \pm 5.3\%$ HRmax, 2s : $86.4 \pm 5.4\%$ HRmax, 3s : $87.9 \pm 5.8\%$

HRmax, 4s: 88.7 ± 7.1% HRmax であった。Pst.L が1s: 82.4 ± 4.0% HRmax, 2s: 87.6 ± 2.6% HRmax, 3s: 88.3 ± 2.6% HRmax, 4s: 89.7 ± 1.9% HRmax であった。Pst.L の1s と Pst.L の4s に有意な差が認められた。ミニゲーム全体の生理的運動強度は、Pst.H が85.3 ± 3.5% HRmax, Pst.L が87.0 ± 3.2% HRmax であった。Pst.L が Pst.H に比べて、比較的高い数値を示す傾向が見られた。外岡¹⁷⁾ は体力トレーニングの目的に適した生理的運動強度と運動時間を提案している。それによると、ローパワー（有酸素能力）の向上が期待できるのは、エリート選手で80～90% HRmax - 60分間、一般選手で75～85% HRmax - 40～60分間、ミドルパワー（乳酸除去能力）向上にはそれぞれの選手で90～95% HRmax - 5～10分間、80～90% HRmax - 5～10分間、ハイパワー（無酸素能力）向上にはそれぞれ95% HRmax 以上 - 1～5分間、90% HRmax 以上 - 1～3分間である。今回のアクティブレストのインターバル形式3対3のミニゲームは、ローパワー（有酸素能力）とミドルパワー（乳酸除去能力）の向上が期待できる運動強度と時間であると考えられる。

(6) 間欠的高強度持久性能力と体力および技術との関係

間欠的高強度持久性能力（Pst）と体力・技術との関係を表1に示した。間欠的持久性能力は、12分間走距離との間に有意な相関が認められた。試合後の血中乳酸値は、12分間走距離との間に有意な相関が認められたが、間欠的高強度持久能力、試合前の血中乳酸値との間の関係には、有意な相関が認められなかった。ミニゲーム中のミス率は、12分間走の距離、間欠的持久能力、試合後の血中乳酸値、移動距離との間に、いずれにも有意な相関が認められた。また、ミニゲーム中の移動距離は、12分間走距離、試合後の血中乳酸値との間に、いずれにも有意な相関が認められたが、間欠的持久能力、試合前の血中乳酸値との間には有意な相関が認められなかった。

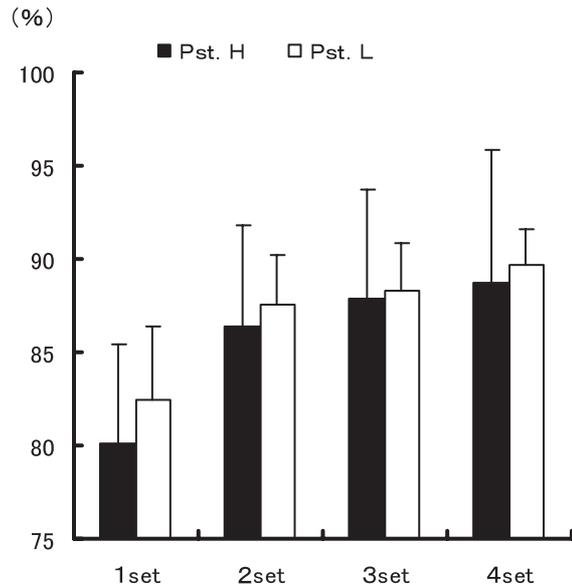


図5 各セットにおける相対的運動強度

八田²⁶⁾ は、「長距離・マラソンのような長時間運動の種目では、持続的なトレーニングを行うと、乳酸を作る量が減り、使う量が増え、競技中の血中乳酸濃度がトレーニング前に比べて低くなる。サッカーやラグビーでは、持続的なトレーニングによって、ダッシュ後のジョグ中により乳酸が使われることになる。また、インターバルトレーニングを行うことによって、産生された乳酸の利用度が高まると考えられる。また、高強度の運動をした後に、軽度の運動をすると血中乳酸濃度の低下が早くなることが知られている。持続的なトレーニングを行うことによって乳酸をより使えるようになれば、ダッシュ後のジョグ中に血中乳酸濃度がより早く低下する。」と考えている。石原³⁾ は、基礎的研究で「間欠的走運動トレーニングは、fast twitch, slow twitch 両タイプにおける alpha 運動単位の酸化能力を向上させたことが示唆された。」と述べている。間欠的高強度持久性能力の高い選手は、低い選手と比較して12分間走距離が長く、試合後の血中乳酸値が低く、両者に有意な相関関係が得られたことは、こ

表 1 間欠的高強度持久性能力と体力・技術との関係

	12分間走 (m)	間欠的持久力 (W/kg)	血中乳酸値 (mmol/l)	移動距離 (m)	タッチ数 (回)	ミス数 (回)	ミス率 (%)
12分間走	1						
間欠的持久力 (Pst)	* 0.774	1					
血中乳酸値	* -0.853	-0.61	1				
移動距離	* 0.757	0.592	* -0.806	1			
ボールタッチ数	0.457	0.653	-0.284	0.383	1		
プレーミス数	-0.386	-0.274	0.532	-0.059	0.371	1	
プレーミス率	* -0.872	* -0.889	* 0.852	* -0.861	-0.516	0.314	1

* <0.05

これらの考え方を支持するものである。山本は³¹⁾、「間欠的運動においては、ATP - PC系と有酸素系が相互の長所を生かし、また短所を補完しあいながら、高強度の運動を反復可能にしている。」と述べている。俊敏でハイパワーなプレーを、間欠的に発揮することが可能なエネルギー供給機構の特性は、1)有酸素系を利用して、プレー中に消耗したATP - PC系のエネルギー物質をできるだけ早く回復させることである。2)プレー中に消費した酸素を、筋中および血中の貯蔵庫に充足することである。このように2つのエネルギー供給系が効率よく補完しあえば、乳酸系を動員することなく、OBLAを超える高強度なプレーを繰り返し継続できる。乳酸系が中心になって機能してくるのは、プレー中の強度の増大、高強度のプレー時間の延長、休息時間の短縮のいずれかが原因である。これらのことから、サッカーなどの球技選手は、乳酸性関連疲労に対して耐性が高く、短い休息時間で、乳酸除去による疲労回復ができる高い能力が必要であり、向上するためのトレーニングの開発が、必要不可欠であると考えられる。

Pst. 上位群のプレーミス率は、Pst 下位群と比較して、3セット目のゲームで有意な差が得られ、あわせて全体のプレーミス率で10%も低い値であったことは、間欠の高強度持久性能力の高い選手が、ボールを正確に止め、広い視野が確保でき、周囲がよく見えており、判断の的確なパスが出せるなど、技術面でも優れていると考えられる。また、プレーミス率は、12分間走の距離、間欠的持久能力、試合後の血中乳酸値、移動距離との間に、いずれにも有意な相関が認められた。これらのことから、間欠の高強度持久性能力は、全身の持久能力と技術力との連携に強い関係がある。さらに、その能力を鍛えることを目的にして、運動強度、休息時間、インターバルのセット数、運動内容など、最適な「質」と「量」の組み合わせについて、科学的に検討されたトレーニング法の意図的な開発が、進化しつづけていかなければならないと考えられる。

結 論

本研究では、大学サッカー選手を対象に、間欠的高強度持久性能力と体力、技術との関係について、3対3のインターバル形式ミニゲーム中の移動距離、ゲーム前後の血中乳酸値、ボールタッチ数、プレーミス数、プレーミス率、心拍数と間欠的高強度持久性能力を比較検討し、明らかにすることを目的とした。

- 1) ミニゲーム中の移動距離は、3セット目、4セット目において、Pst 上位群が Pst 下位群比べて、有意に高い値が認められた。ゲーム全体においても有意に高い値が認められた。
- 2) 血中乳酸値は、ゲーム終了後で比較すると、Pst 上位群と Pst 下位群との間に、有意に高い値が認

められた。

- 3) ボールタッチ数は、4セットの合計数においては Pst 上位群が Pst 下位群比べて、有意な差が認められた。
- 4) ミニゲーム中のプレーミス率は、3セット目、4セット目において Pst 上位群と Pst 下位群との間に、有意な差が認められた。同様に、4セットの合計数においても有意に高い値が認められた。
- 5) 間欠の高強度持久性能力は、12分間走距離、プレーミス率との間に有意な相関が認められた。12分間走距離は、間欠の高強度持久性能力 (Pst)、移動距離、プレーミス率との間のにおいて有意な相関が認められた。試合後の血中乳酸値は、12分間走距離、移動距離、プレーミス率の間に有意な相関が認められた。
- 6) ミニゲーム全体の生理的運動強度は、Pst 上位群が $85.3 \pm 3.5\%$ HRmax、Pst 下位群が $87.0 \pm 3.2\%$ HRmax であった。

以上のことから、間欠の高強度持久性能力の高い選手は、移動距離と血中乳酸濃度、プレーミス率において、低い選手との間に有意な差が認められ、精度が高い判断力を伴う、最適かつ高強度なプレーを繰り返し持続することができ、間欠的に質の高い運動強度を持続することが可能であると考えられる。

引用・参考文献

- 1) 浅見俊雄, 磯川正教: スポーツの科学的レビューシリーズ 1・サッカー, 新体育社, P74 77, 1981.
- 2) Bangsbo J.: The physiology of soccer; with special reference to intense intermittent exercise. Acta Physiol Scand 151 (Suppl 619) 1-153.
- 3) 石原昭彦, 勝田 茂, 藤田紀盛: 間欠的走運動によるトレーニングが神経・筋組織の組織化学的特性におよぼす影響について, 体育学研究30 (2), 129 135, 1985.
- 4) 磯川正教, 桜井智野風, 安松幹展: 間欠的パワーのトレーニング効果, サッカー医・科学研究15, 51 55, 1995.
- 5) 大橋二郎: サッカー選手の試合中における移動スピードの測定, 東京大学教育学部体育学紀要, 21, 54 61, 1987.
- 6) 大橋二郎, 小宮喜久, 瀧井敏郎, 小野太佳司: トヨタカップにおける選手の移動距離: 第5回 サッカー医・科学研究会報告書, 57 63, 1985.
- 7) 大橋二郎, 戸苅晴彦: サッカーの試合中における移動距離の変動, 東京大学教育学部体育学紀要, 15, 27 34, 1981.
- 8) 掛水隆, 沼澤秀雄, 大橋二郎, 中塚義実: サッカーのゲーム型練習の運動強度とボールタッチ回数, サッカー医・科学研究17, 133 137, 1997.
- 9) 鬼頭伸和, 伊藤智式, 吉村克也: インターバル形式ミニゲーム練習の休息時間について, サッカー医・科学研究17, 107 112, 1997.
- 10) 鬼頭伸和, 小島了, 道山和重, 伊藤智式: インターバル形式ミニゲーム練習における異なる2つの休息方法について-完全休息と動的休息が運動強度に及ぼす影響-, サッカー医・科学研究19, 105 108, 1999.
- 11) 鬼頭伸和, 尾崎省吾, 道山和重, 伊藤智式: インターバル

- 形式ミニゲームトレーニングにおける休息方法と血中乳酸について-完全休息と2種類の動的休息が血中乳酸除去に及ぼす影響-, サッカー医・科学研究20, 94-99, 2000.
- 12) 久野譜也: 乳酸と高強度運動時のエネルギー代謝, 運動生理学20講(第2版), 勝田茂編著, 第10講, 71-76, 朝倉書店, 1999.
- 13) 斎藤洋之介, 丹信介: サッカーにおける間欠的な高強度運動の持続能力と有酸素能力との関係に関する検討, サッカー医・科学研究21, 68-73, 2001.
- 14) 桜井智野風: サッカーにおける間欠的な高強度運動の持続能力と有酸素能力との関係に関する検討, サッカー医・科学研究21, 68-73, 2001.
- 15) 塩川勝行, 島畑欣史, 塚本浩史, 井上尚武: ポジション別におけるサッカー選手の試合中の心拍数と移動距離について, サッカー医・科学研究19, 14-17, 1999.
- 16) 戸苅晴彦, 鈴木滋: サッカーのトレーニング, 大修館書店, 4-5, 1991.
- 17) 外岡立人: 心拍数をトレーニングに生かす方法, トレーニングジャーナル16(10), 12-15, 1994.
- 18) 寺門大輔, 宮城成広, 石崎忠利: 中高年サッカー愛好家の試合中の移動距離について, サッカー医・科学研究17, 75-79, 1997.
- 19) 道山和重, 鬼頭伸和, 伊藤智式: 心拍数からみたミニゲームの運動強度に関する研究, サッカー医・科学研究18, 137-141, 1998.
- 20) 中西健一郎, 生駒武志, 稲木光晴, 山中邦夫, 西嶋尚彦: サッカー選手のみドルパワートレーニングの必要性, サッカー医・科学研究17, 107-112, 1997.
- 21) 牧田茂, 里見潤: 簡易血中乳酸測定器(ラクテート・プロ)の信頼性について, 臨床スポーツ医学 Vo114, No7, 815-819, 1997.
- 22) 松本光弘, 小宮喜久, 久保田洋一, 岩村英吉: サッカーのゲーム分析の研究 ゲーム中の運動強度を中心として, 福島大学教育学部論集第29号, 55-65, 1977.
- 23) 丸山剛生, 磯川正教, 戸苅晴彦, 沼沢秀雄, 金子保敏, 池田誠剛: 間欠的ランニングテストの検討, サッカー医・科学研究16, 101-105, 1996.
- 24) 宮城修, 須佐徹太郎, 北川薫: サッカー選手の試合中の生理学的特徴及び動きの特徴, デサントスポーツ科学18, 231-238, 1997.
- 25) 宮城修, 塚中敦子, 松尾浩世, 北川薫, 瀧弘之: 血中乳酸濃度を指標とした国体成年1部サッカー選手の運動強度, サッカー医・科学研究15, 9-12, 1995.
- 26) 八田秀雄: 乳酸を作る能力, 使う能力, コーチングクリニック, 4, 6-8, 1997.
- 27) 山口明彦: 無酸素的作業閾値(AT), 運動生理学20講, 勝田茂編著, 朝倉書店, 1999.
- 28) 山本利春, 池田誠剛, 寺本寧則, 平治郎, 都所亮介, 行方啓文: 心拍数の回復からみた疲労回復能力の評価, サッカー医・科学研究18, 127-131, 1998.
- 29) 山本正嘉, 金久博昭: 間欠的な全身運動の持久性に関する研究: 無酸素性および有酸素性作業能関係から, Jpn. J. Sports. Sci. 9, 526-530, 1990.
- 30) 山本正嘉, 金久博昭: 間欠運動における血中乳酸濃度の蓄積; 運動強度, 休息時間, および運動時間との関係から Jpn. J. Sports. Sci. 10, 764-770, 1991.
- 31) 山本正嘉: Anaerobics と Aerobics の二面性を持つ運動をとらえる; 間欠的運動のエナジェティクス Jpn. J. Sports. Sci. 13, 607-615, 1994.
- 32) 山本正嘉, 山本利春, 湯田一弘: 間欠的パワーテストを用いたサッカー選手の体力評価, サッカー医・科学研究15, 45-49, 1995.
- 33) 山村千晶, 宮城修, 奥村雅之, 山下則之, 大橋二郎, 北川薫: Jリーグ選手の試合中における動きの特徴, サッカー医・科学研究17, 71-74, 1997.

(平成18年9月19日受理)