

【研究題目】

主題：サッカー選手の包括的オーダーメイド型体力トレーニングプログラムの開発

副題：試合中のパフォーマンス評価に基づいたトレーニングの有効性について

【研究代表者】

宮森隆行

【目次】

	頁
要旨	1
第1章 緒言	2
第2章 サッカー選手の間欠的能力を評価するためのフィールドテストの開発（実験 1）	4
第1節 目的	4
第2節 方法	4
第3節 結果	6
第4節 考察	7
第3章 間欠的能力評価を利用した体力トレーニングプログラムの有効性について（実験 2）	9
第1節 目的	9
第2節 方法	9
第3節 結果	11
第4節 考察	14
第4章 試合中の移動距離・移動スピードから評価したグループ別体力トレーニングの効果（実験 3）	17
第1節 目的	17
第2節 方法	17
第3節 結果	19
第4節 考察	20
第5章 結語	22
引用文献	23

【研究題目】

サッカー選手の包括的オーダーメイド型体力トレーニングプログラムの開発 ～試合中のパフォーマンス評価に基づいたトレーニングの有効性について～

【研究者名】

宮森隆行 吉村雅文 青木和浩 綾部誠也 長尾雅史 鈴木茂雄

【要旨】

本研究では、サッカー選手に必要な間欠的能力を評価するためのフィールドテストを開発したところ、間欠的能力テストの前半は無気的能力を反映し、後半は有気的能力を反映していることが確認された。

また、この間欠的能力テストを評価して、対象者を無気的能力の群および有気的能力の群の2群に分類し、同一体力トレーニング期間と、グループ別体力トレーニング期間の効果を検証した。その結果、皆一律に同様の体力トレーニングを処方した期間と比較して、各群に対して体力的短所を捉えたグループ別体力トレーニング期間は、2群ともに間欠的能力が有意に向上した。

さらに、グループ別体力トレーニング期間に焦点を当て、試合中のパフォーマンス評価として総移動距離および移動スピードの経時的変化を評価した。その結果、コントロール群と比較して、グループ別体力トレーニング群は、2群ともに総移動距離が増加した。また、有気的能力の群は総移動距離に占める無気的能力的な移動の割合が有意に向上していることが観察された。

従って、本研究で開発した間欠的能力テストを評価して、それぞれの体力的な短所を明確に捉えたグループ別体力トレーニングを処方することは、各対象者の間欠的能力を向上させるとともに、試合中のパフォーマンス向上に影響を与える手段であることが示唆された。

【勤務先】

順天堂大学スポーツ健康科学部
〒270-1695 千葉県印旛郡印旛村平賀学園台 1-1
TEL : 0476-98-1001 FAX : 0476-98-1028

第1章 緒言

近年のサッカーは、オフサイドルールの改正、マルチボールシステムの導入により、試合展開が非常にスピーディーとなっている。そして、それぞれのチームが目指すサッカーを確立していくためには、選手が、①戦術の理解、②相手に走り負けないスピードとスタミナ、③ボールをキープしコントロールする高いスキル、を備えてプレーしなければチームとして戦えない(宮村 2005)とされている。また、戦術面では、守備におけるプレッシングという方法の導入により、相手の技術を発揮するために必要な時間とスペースを限定することによってボールを奪い、素早い攻守の切り替えから得点を奪うプレースタイルが多く見受けられる。さらに、競技レベルと比例して試合中のプレッシングは激しくなり、時間とスペースが限られた中で、いかにして攻撃を活性化するかが思考錯誤され、サッカー選手に求められる体力水準も非常に高くなってきている(瀧井 1995)。このように、サッカーの競技能力を評価する上では、技術・戦術・体力等の要因が複合的に絡み合っているが、中でも体力的要因は数値化することが可能であるため、競技能力を客観的に評価するのに適した要因であると言える。

Bangsbo(2002)は、サッカー選手に必要とされる体力要素を「持久的パフォーマンス、高強度パフォーマンス、スプリントパフォーマンス、筋力発揮能力」に分類している。また、宮城ら(1999:2004)は、Jリーグ選手の試合中の動きとして1試合における移動距離の平均が10.3-12.5kmであり、試合中は2-3m/sec以下で動きながら、時折8m/sec以上の速いスピードでフィールドを移動し、競技能力の高い選手ほど、試合中は高強度運動での移動の占める割合が多いことを報告しており、選手の競技能力と間欠的能力との関係性を説いている。このようにサッカー選手の試合中に要求される体力要素は、長い距離を移動するための有気的能力と、ダッシュ・ターン・ジャンプ等の無気的能力の双方が重要である。そして、中でも短い休息や軽運動を挟みながら、ダッシュのような無気的能力運動を継続的に行うための間欠的能力は、サッカー選手にとって最も重要な体力要素であると言える。

そこで、実際のサッカーの指導現場では、技術・戦術トレーニングと併用してさまざまな体力トレーニングを実施している。しかし、サッカーが集団競技であるという特性上、皆一律に同様の体力トレーニングを実施しているため、各選手のトレーニング効果に相違が認められる(星川ら 2006)。つまり、選手全員で同一トレーニングを実施することにより、急速に体力的な成長を遂げる選手と、まったく反応をしない選手の双方が存在してしまうことが課題として挙げられている。

このように、サッカー選手の体力を効果的に向上させていくには、各選手の体力要素の水準を正確に評価していくとともに、トレーニングの効率性を高めるために、競技特性に応じた各選手の体力要素を構造的に捉えていくことが重要である(Bangsbo2001)。しかし、その評価方法は実験室レベルからフィールドテストに至るまで様々であり、活用方法は所属チームや指導者の目的や考え方によって異なっている(JFA2006)。さらに、実験室レベルでの高価な機器類や分析ソフトを必要とするような体力測定を実施することは、選手の負担と得られる情報価値、あるいは検者側の作業量とのバランスにおいて、選手、指導者としても測定を敬遠しがちである(星川ら 2006)。そのため、今後のサッカー選手の体力評価は、実験室レベルの体力測定結果を現場に落としこみ、より安価かつ簡易的な方法で実施できるフィールドテストを活用していくことが望まれている。

これらの背景を踏まえて、本研究では、競技能力の高い大学サッカー選手を対象として、1)サッカー選手に必要とされる動きや生理学的特徴を捉えた間欠的能力を評価するためのフィールドテストを開発すること、および、2)この間欠的能力テストの結果を評価して、対象者を無気的能力優位群および有

気的能力優位群の2グループに構造的な分類を行い、それぞれの体力的短所を捉えたグループ別体カトレーニングを処方することが有効か、否かについて、さらに、3)実際の試合中の総移動距離および移動スピードの経時的変化を評価して、グループ別体カトレーニングの効果を検討すること、以上の3課題について焦点を当て、サッカー選手の競技特性を考慮したオーダーメイド型体カトレーニングプログラムの有効性について検証することを目的とした。

第2章

サッカー選手の間欠的能力を評価するためのフィールドテストの開発（実験1）

第1節 目的

これまでサッカー選手の間欠的能力評価に関する研究は、実験室レベルやフィールドレベルでの研究において数多く報告されている。しかし、実験室レベルにおいて、サッカーの動きや生理学的特徴を考慮に入れた研究報告は少なく、また、フィールドレベルにおいてサッカー選手の間欠的能力を構造的に分類し、得られた評価内容からトレーニング方法を立案した研究報告は見当たらない。

そこで、本実験においては、サッカー選手の間欠的能力を構造的に評価するためのフィールドテスト（間欠的能力テスト）を開発し、得られた評価内容から今後のトレーニングプログラムを提案していくことを目的とした。

第2節 方法

（1）被験者

対象は、関東大学サッカー1部リーグに所属する男子サッカー部員17名（年齢 19.6 ± 0.9 歳、身長 176.6 ± 4.2 cm、体重 71.6 ± 5.1 kg）であった。彼らは、大学サッカー部で規則的なトレーニングを行っており、実験の手順および考えられる危険性に関する説明を受けた後、自主的に同意書を提出した。本実験は、順天堂大学スポーツ健康科学研究等倫理委員会の承認を得て行われた。

（2）研究デザイン

間欠的能力テストを開発するにあたり、テストの妥当性を検証するため、全被験者に対して無気的能力を評価するための 20m Sprint test と、有気的能力を評価するための On set of Blood Lactate Accumulation（以下、OBLA）を測定した。

OBLA は、血中乳酸濃度が 4mmol/l 時の走速度を評価した無酸素性代謝域値の指標であり、有酸素性エネルギー供給を基本とする持久性能力と密接な関係があり、サッカー選手の有酸素性能力の評価法として広く利用されている。

提案する間欠的能力テストは、Bangsbo(1994a)のテスト法に独自のアレンジを加えたものであり、サッカー選手に必要とされる動きの要素を取り入れた 30m の移動動作を 30 秒毎に全 20 回全力で実施するものである。全被験者は、間欠的能力テスト中の心拍数（以下 HR）を記録するため、HR モニター（Polar 社製）を装着した。テストの結果より、前半の 1-3 本目の平均タイム（m/sec）と 20m Sprint test の平均タイム（sec）、および、後半の 18-20 本目の平均タイム（m/sec）と OBLA の平均タイム（m/sec）の相関性を明らかにし、間欠的能力テストの妥当性を検証した。また、テストによって得られた結果を坂井ら（2006）の評価法を利用して、被験者の間欠的能力を構成している体力要素を構造的に分類し、今後の体力トレーニングプログラムを立案した。

本実験で使用したフィールドは、ロングパイル人工芝サッカーグラウンドであり、被験者は、少なくとも測定の前 3 時間前に食事をしないように依頼された。

(3) 20m Sprint test

0m と 20m にマグネットバー (Acty 社製) を 2 台ずつ並列に設置した。被験者は、腰部にパーソナルタイマー (Acty 社製) を装着してスタートラインの 50cm 後方のマーカーよりスタートした。20m の全力疾走を完全休息を挟みながら全 2 回疾走し、0-20m の最短時間を採択し記録した。

(4) OBLA

グラウンド上に 300m トラックをエンジニアロードメジャー1000 (タジマツール社製) を利用して作成し、1 グループ 5-6 名に設定した速度漸増式の多段階運動負荷試験により評価した。運動負荷は、4 分間に 880m、960m、1040m、1120m のように、80m ずつ漸増させた。つまり初期負荷を 220m/min とし、各ステージに速度を 20m/min ずつ漸増させ、血中乳酸濃度が 4mmol/l を超えるまで継続して測定した。走速度の調整においては、グループごとに熟練した長距離選手である男子大学生 1 名が伴走に加わった。各ステージは 4 分間とし、休憩は 1 分間設けた。血中乳酸濃度は安静時ならびに各ステージの終了後に指先より自己採血を行い、ラクテートプロ (ARKRAY 社製) を用いて分析した。

測定終了後、乳酸値解析ソフトウェア (ARCRAY 社製, MEQNET LT Manager) を用いて OBLA を判定した。

(5) 間欠的能力テスト

サッカーの競技特性を考慮に入れ、試合中に要求されるジャンプ、ダッシュ、ターン等の専門的な動きを取り入れたテストである。スタート地点および 25m 先のゴール地点にマグネットバー (Acty 社製) を設置し、被験者は腰部にパーソナルタイマー (Acty 社製) を装着した。被験者は、スタート時に 30cm ミニハードルジャンプを 2 回実施、5m 先からのスラロームを通過しながら、25m 先のゴールを目指すものであり、スタートからゴールまでの疾走時間を記録した。ゴール後は、10m 先のマーカーでターンをし、リカバリーをしながらゴールまで戻る。この一連の動きをスタートから 30 秒毎に全 20 回全力で実施した。そのため、必然的に前半のスタートからゴールまでの疾走時間と、後半のスタートからゴールまでの疾走時間に差が出てくる設定となっている (図 1)。

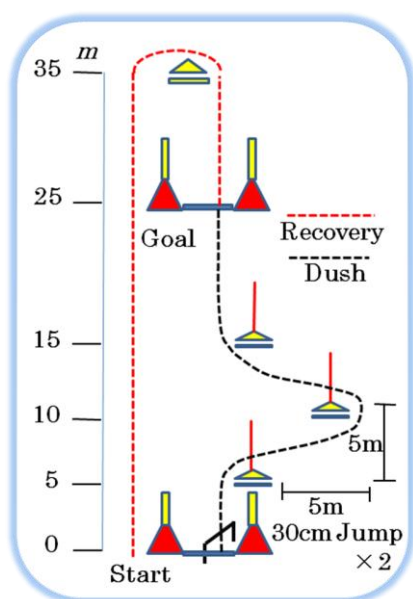


図 1) 間欠的能力テストの測定方法

(6) 統計処理

間欠的能力テストの妥当性を検証するために、前半の 1-3 本目の平均速度(m/sec)と 20m Sprint test の平均疾走時間(sec)、および、後半の 18-20 本目の平均速度(m/sec)と OBLA の平均速度(m/sec)、共に 2 変数の相関性を明らかにする為に、ピアソンの相関係数を用いて検定した。また、両群間の平均 HR の差の検定においては、対応のない t-test (Unpaired t-test)を用いた。統計処理の有意性は危険率 5%未満で判定した。

第3節 結果

(1) 間欠的能力テストにおける無気的能力と有気的能力の妥当性

無気的能力を評価した 20m Sprint と間欠的能力テストの 1-3Ave、および有気的能力を評価した OBLA と間欠的能力テストの 18-20Ave の相関性を図 2 に示す。20m Sprint と 1-3Ave には強い負の相関($r=-0.782$ 、 $p<0.01$)が認められた。また、OBLA と 18-20Ave には強い正の相関($r=0.746$ 、 $p<0.01$)が認められた。

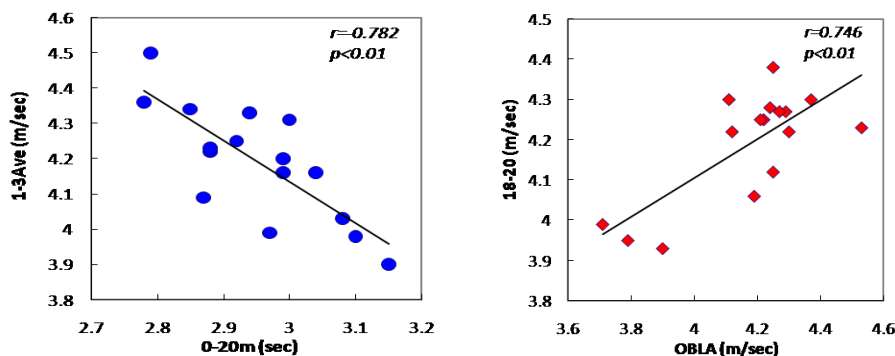


図 2) 間欠的能力テストにおける無気的能力と有気的能力の妥当性

(2) 間欠性能力テストにおける平均心拍数

間欠的能力テストにおける平均 HR は、無気的能力群では、 $175.1 \pm 3.7 \text{ beat/min}$ であり、有気的能力群では、 $172.0 \pm 3.0 \text{ beat/min}$ であった。また、両群間の平均 HR には有意差が認められた ($p < 0.05$)。

(3) 1-3Ave および 18-20Ave から判定したグルーピング

(6) 間欠的能力テスト評価法

間欠的能力テストの結果を、坂井ら(2006)の報告を参考に、リカバリーによる低強度運動を挟みながら、高強度運動を頻回に繰り返す能力について構造的に評価したものを図 3 に示した。この評価法では、間欠的能力テストにおける 1 セットから 3 セットまでの平均速度 (以下、1-3Ave) を無気的能力の指標、18 から 20 セットまでの平均速度 (以下、18-20Ave) を有気的能力の指標とし、被験者全体の 1-3Ave と 18-20Ave の平均値を通り、18-20Ave の標準偏差(SD)を 1-3Ave の SD で除した値(18-20Ave の SD/1-3Ave の SD) を傾きとする直線をタイプ分けの基準線として設定した。そして、基準線よりも上方に位置する

者を、被験者の中で相対的に有気的能力に優れる有気型群、下方に位置する者を相対的に無気型群として分類した。更に図3のA-Dには、被験者全体の1-3Aveと18-20Aveの平均値を中心として、無気的能力と有気的能力の優劣から、被験者を4象限にタイプ分けするための基準線も合わせて設定した。すなわち、A象限は無気的能力と有気的能力の双方に優れるタイプ、B象限は有気的能力に優れるタイプ、C象限は無気的能力に優れるタイプ、D象限はいずれのタイプにも劣るタイプに分類した。

この評価法を用いて、間欠的能力テストの1-3Aveと18-20Aveの結果を評価したところ、基準線(18-20AveSD/1-3AveSD)よりも上方に位置する有気群においてはA象限に4名、D象限に5名の計9名が収束した。また、基準線よりも下方に位置する無気群においては、A象限に2名、C象限に1名、D象限に5名の計8名が収束した。

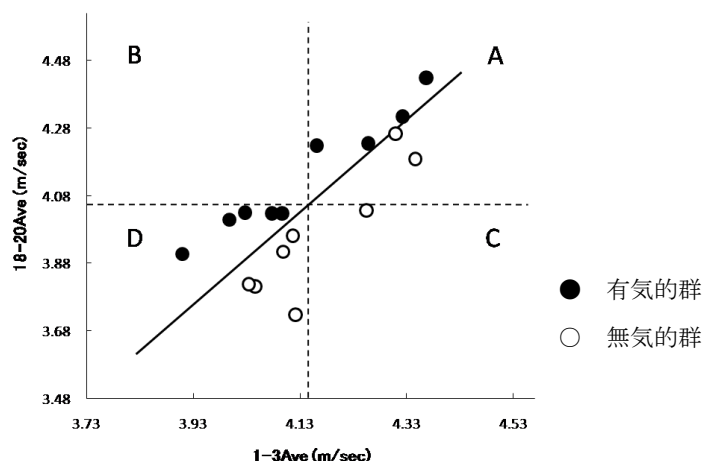


図3) 1-3Aveと18-20Aveから判定した間欠的能力評価

第4節 考察

(1) 間欠的能力テストの妥当性

無気的能力を評価した20m Sprintと間欠的能力テストの1-3Aveにおいては、強い負の相関($r=-0.782$, $p<0.01$)が認められ、また、有気的能力を評価したOBLAと間欠的能力テストの18-20Aveには強い正の相関($r=0.746$, $p<0.01$)が認められた。

Brocherieら(2003)は、サッカー選手の無酸素性スプリント能力を評価する場合、20mが最適な距離であると報告しており、また、日本サッカー協会フィジカル測定ガイドライン(JFA 2006)においても20m Sprint testを推奨している。また、OBLAは血中乳酸濃度から無酸素性作業域値を評価するものであり、サッカー選手の有酸素性能力を評価することに広く利用されている。

さらに、坂井と高松(1999)は、総合的能力である間欠的なハイパワー発揮能力と、非乳酸系、乳酸系および有酸素系の各エネルギー産生能力との関係について検討しており、その結果、間欠的なパワー発揮能力は、間欠的運動の開始直後から数セットまでは非乳酸系のエネルギー産生能力に大きく影響されるが、セットが進むにつれて小さくなり、終盤では、有酸素系のエネルギー産生能力の影響が大きくなることを報告している。

本実験による結果と、これらの報告をまとめると、本実験で利用した間欠的能力テストの1-3本目はサッカー選手の無気的能力を反映しており、18-20本目は有気的能力を反映していることが確認された。

また、テスト中の HR は、無気群的群では $175.1 \pm 3.7 \text{ beat/min}$ であり、有気群的群では、 $172 \pm 3.0 \text{ beat/min}$ であった。Bangsbo(1994b)は、サッカー選手の試合中の心拍数の平均は、前半および後半でそれぞれ 171 beat/min 、 164 beat/min であったと報告しており、本実験で利用した間欠的能力テストは、試合中の運動強度を生理学的に反映しているものであることが確認された。つまり、このテストを実施することにより、サッカー選手の試合中に要求されるスプリント、ターン等の無気群的能力と、筋の酸化能力を高めることにより持続的な運動を行うための有気群的能力を同時に評価することが可能となる。

(2) 間欠的能力評価法を利用した体力トレーニングプログラムの立案

図 3 の間欠的能力評価において、無気群的群と有気群的群の 2 群間の優劣からみた場合と、4 象限の 4 タイプに分類した場合とを構造的に解明しながらトレーニング課題を提案する。まず、無気群的群と有気群的群の 2 つに分類した場合、個人内でのバランスという観点からみると、間欠的能力を向上させるためには、第一に相対的に有気群的群になることが必要となる(坂井ら 2006)。なぜなら、サッカー選手に必要とされる間欠性能力を向上させるための体力をエネルギー供給機構から考えていくと、試合中に無気的な動きを不規則に繰り返すことにより、乳酸が蓄積し、筋中 Ph も低下し、やがて筋肉の収縮に悪影響を及ぼすことになる。そのため、トレーニングによって有気群的能力を高めることで筋の酸化能力を高めていくことが必要である。また、有気群的能力の向上は、非乳酸性や乳酸性供給機構からエネルギー供給の動員割合を抑えることにもつながってくる。いわば、有気群的能力はサッカー選手の土台として高めておかなければならない体力要素でもある。そのため、個別に測定した選手の無気群的能力、有気群的能力の成績とバランスを考慮に入れた上で、各選手がそれぞれ個人内で相対的に有気群的群になるように、選手ごとにトレーニング課題を設定していくことが必要である。

次に、エネルギー産生能力から 4 タイプに分類した場合では、相対的に無気群的能力に優れる C タイプは、先に述べたように回復能力を高めるための有気群的能力を高めることが必要であり、高強度運動を頻回に繰り返しても、筋収縮力が低下しないようなトレーニング課題を設定していく必要がある。これに対して、B タイプは、土台となる有気群的能力が相対的に優れているため、サッカーの試合におけるダッシュやターン、ジャンプといった無気的な動きの瞬発力や筋パワーを高めて、間欠的能力発揮における全体的なバランスを向上させていくためのトレーニング課題を設定することが必要である。最後に、無気群的能力・有気群的能力のいずれの能力にも優れる A タイプに属する選手であるが、このタイプは、一見トレーニング課題がないように思われる。しかし、この評価は、対象者全体における対象者間評価であり、対象者間の間欠的能力を相対的に分類したものであることを考慮しなければならない。つまり、今回の測定で A タイプに分類されたとしても、より競技レベルの高い対象者間評価においては、A タイプに属するとは限らない。そのため、さらに無気群的能力と有気群的能力のバランスを高めるためのトレーニング課題を設定していく必要がある。このように、無気群的能力と有気群的能力は、独立したひとつの体力要素であると同時に、相互に影響しあいながら発揮されることによって、総合的な間欠的能力の向上につながると思う。

第3章

間欠的能力評価を利用した体力トレーニングプログラムの有効性について(実験2)

第1節 目的

サッカーのトレーニング現場では、間欠的能力を向上させるため、さまざまな体力トレーニングが工夫されている。しかし、トレーニングの効率性を追求した体力トレーニングの効果を集団的に管理することには課題が多い。また、「個別性」はトレーニングの原則とされているが、今後は、サッカーにおいても選手の体力的な個別評価を実施し、各選手の長所と短所を明確に捉えた個別化・グループ化した効果的な体力トレーニングを実施していくことも課題として挙げられる。

そこで、実験2では、実験1で開発された間欠的能力テストを利用した間欠的能力評価に従って、間欠的能力を構成する体力要素を構造的に捉え、被験者を有気的能力優位群および無気的能力優位群の2群にグループ化し、それぞれの体力的な短所を明確に捉えた体力トレーニングを処方し、グループ別体力トレーニングプログラムの有効性を検証していくことを目的とした。

第2節 方法

(1) 被験者

対象は、関東大学サッカー1部リーグに所属する男子サッカー部員17名(年齢 19.6 ± 0.9 歳、身長 176.6 ± 4.2 cm、体重 71.6 ± 5.1 kg)であり、実験1を実施した同様の被験者を利用した。彼らは、大学サッカー一部で規則的なトレーニングを行っており、実験の手順および考えられる危険性に関する説明を受けた後、自主的に同意書を提出した。なお、本実験は、順天堂大学スポーツ健康科学研究等倫理委員会の承認を得て行われた。

(2) 研究デザイン

実験1で実施した間欠的能力テストをもとに作成した間欠的能力評価(図3)に従って、各被験者の間欠的能力を構成する体力要素を構造的に捉え、有気的能力優位群および無気的能力優位群の2群にグループ化(Pre)。当初の4週間はコントロール期間と設定し、有気的能力優位群および無気的能力優位群の双方に、無酸素性トレーニング、有酸素性トレーニングを交互に処方した同一トレーニング期間を設けた。4週間後、間欠的能力テストを実施し、有気的能力群および無気的能力群の双方における同一トレーニング期間の効果を検証した(Mid)。次に、有気的能力群および無気的能力群の2群においてそれぞれの短所を改善させるトレーニングを4週間処方した。つまり、有気的能力群には無酸素性トレーニングを、無気的能力群には有酸素性トレーニングを処方し、再度、間欠的能力テストを実施した(Post)。これらの評価をもとに、同一トレーニング期間とグループ別トレーニング期間における被験者の間欠的能力の構造的な推移を比較し、グループ別体力トレーニングプログラムの有効性を検証した。なお、実施する体力トレーニングは、通常行われている技術・戦術トレーニング後に35分程度実施し、被験者は、少なくともトレーニングの3時間前からは食事を摂取しないよう依頼された。

(3) 無酸素性トレーニング

サッカー選手の無気的能力を向上させるために、スプリントや瞬発的能力の向上を狙いとし、サッカーの動きの特徴であるダッシュ、ターン、ジャンプ等の動作を組み合わせ、非乳酸(ATP-PC)系、乳酸系エネルギー供給機構を利用した無酸素性フィールドトレーニングを処方した。なお、いずれの種目も30秒以内の設定となっており、5種目を計5セット実施した。各種目間は、1-3分間の完全休憩を挟んだ35分間のレペティショントレーニングとした。

a) ラダートレーニング

ラダーのひと升ずつに足を踏み入れ加速し、10m全力でダッシュする。

b) ハードルジャンプダッシュ

前方への60cmのハードルジャンプを5つ通過した後、全力でダッシュする。

c) スラローム走

ミニハードルジャンプを2回実施し、10m、15m先のスラロームを通過しながら残り10m先のゴールまで全力でダッシュする。

d) 4ポイントステップ

一辺が3mの正方形を作成し、4か所のコーナーにコーンを置く。正方形の中央部にスタート地点の目安として皿コーンを置く。2人一組となり、4か所のコーナーにそれぞれ名称を付け、スタート地点からパートナーの指示した名称のポイントまで素早く移動し、素早くスタート地点まで戻る。この動作を連続して20回行う。パートナーの指示する名称は無作為で構わない。

e) 5ポイントステップ

一辺が5mの扇形を作成し、スタートである中心から延長線上の5つのポイントに名称を付けコーンを置く。パートナーの指示した名称へ素早く移動し、素早く戻る。この動作を連続して15回行う。また、トレーニング中は、常にパートナーの位置を目視しながら動作を行うことに注意をする。

(4) 有酸素性トレーニング

サッカー選手の有酸素トレーニングは、実際に処方されるトレーニングの具体的な運動強度と時間、休憩時間の設定において、実施するトレーニングの時期や、環境条件などにより異なってくる。本研究期間では、被験者の所属するチームにおいては、公式試合にむけての準備期であったため、サッカーの専門的な持久力を高めると同時に、試合期における持続的能力を維持することが必要であった。そのため、本実験では、高強度負荷設定による有酸素性トレーニングを処方した。

設定したトレーニングは、サッカーグラウンド内に333メートルトラックをエンジニアロードメジャー1000(タジマツール社製)利用して作成し、運動強度は実験1で測定した無気群的群の平均OBLAスピード(4.15m/sec)に設定した。また、1セットの走行距離は1000m、歩行を取り入れた積極的休息を1分間と設定した。すなわち4分間で1000m(3周)を走行し、積極的休息1分間の運動を計7セット、合計35分間の有酸素性トレーニングを処方した。

トレーニング中は、各被験者の心拍応答を把握するために、Hosand TM200(Hosand社製)を利用して、各被験者のHRをリアルタイムに管理した。

(5) 統計処理

間欠的能力テストの結果を群とトレーニングとセットの2要因で比較するために、反復測定-分散分析(repeated measure ANOVA)を行い、F 値が有意な場合、Bonferroni/Dunn 法を用いて多重比較検定を行った。また、1 セット目と各セット間の成績を比較した差の検定においては、対応のある t 検定(Paired t-test)を用いた。統計処理の有意性は、いずれも危険率 5%未満で判定した。

第3節 結果

(1) 間欠的能力テスト 20 セットにおける平均速度変化

Pre、Mid、Post における間欠的能力テスト 20 セットの平均速度変化を有気的群および無気的群で群間比較した。反復測定分散分析の結果、Pre、Mid、Post のいずれにおいてもセットの要因に有意な主効果が認められた。また、Pre においてセットと群の要因に有意な交互作用が認められた。多重比較検定および 1 セット目と比較した差の検定においては、Pre では、1 セット目と比較して、無気的群で 4 セット目以降において有意に低値を示したのに対して、有気的群では、いずれのセットにおいても有意差は認められなかった。また、両群間には、いずれのセットにおいても有意差は認められなかった。Mid では、1 セット目と比較して、無気的群で、4、10、15、20 セット目において有意に低値を示し、有気的群では、2、3、8、11、18-20 セット目以降において有意に低値を示した。また、両群間には、10 セット目において有意差が認められた。Post では、1 セット目と比較して、無気的群で、15、16、20 セット目において有意に低値を示し、有気的群では、8-15、17-20 セット目において有意な低値を示した。また、両群間ではいずれのセットにおいても有意差は認められなかった。

次に、トレーニングにおける間欠的能力テストの平均速度変化を群内で比較したものを図 4 に示した。反復測定-分散分析の結果、無気的群ではセットの要因に有意な主効果が認められ、有気的群においては、トレーニングとセットのいずれの要因においても有意な主効果が認められた。また、両群ともに有意な交互作用は認められなかった。多重比較検定の結果、無気的群では、Pre と Post 間には、2、4-11、13、17-20 セットにおいて、Mid と Post 間には、2、4-11、13、18-20 セットにおいてそれぞれ有意差が認められた。一方、有気的群では、Pre と Post 間では、1-3、5-9、13-15、17-18 セットにおいて、Mid と Post 間には、7-8、10、15-20 セットにおいてそれぞれ有意差が認められた。

(2) 1-3Ave と 18-20Ave の変化

トレーニングにおける 1-3Ave(上段)と 18-20Ave(下段)の変化を図 5 に示した。反復測定-分散分析の結果、1-3Ave ではトレーニングの要因に有意な主効果が認められ、18-20Ave では、群とトレーニングのいずれの要因にも有意な主効果が認められた。また、いずれも有意な交互作用は認められなかった。多重比較検定の結果、1-3Ave と 18-20Ave のいずれにおいても Mid と Post、Pre と Post の間に有意差が認められた。

次に、Pre、Mid、Post に至るまでの 1-3Ave と 18-20Ave との関係の推移を各群の平均値で示した(図 6)。Pre において B 象限であった有気的群と、C 象限であった無気的群は、Post においていずれもトレーニング目標である A 象限に収束した。また、無気的群(上段)、有気的群(下段)とに分けて、トレーニングにおける個人内変化を示したものを図 7 に示した。Post においては、無気的群では、8 人中 8 人が A 象限に入り、有気的群では、9 人中 8 人が A 象限に入った。

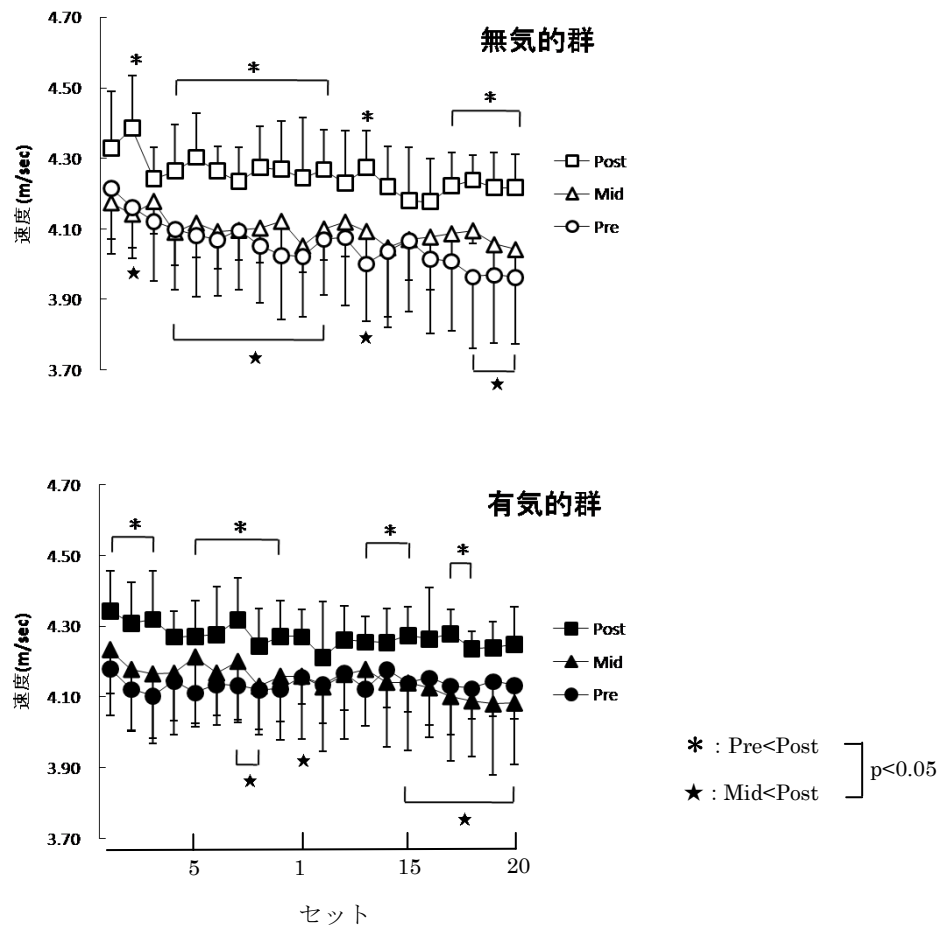


図 4) 間欠的能力テストにおける平均速度変化の群内比較
(無気的群：上段 有気的群：下段)

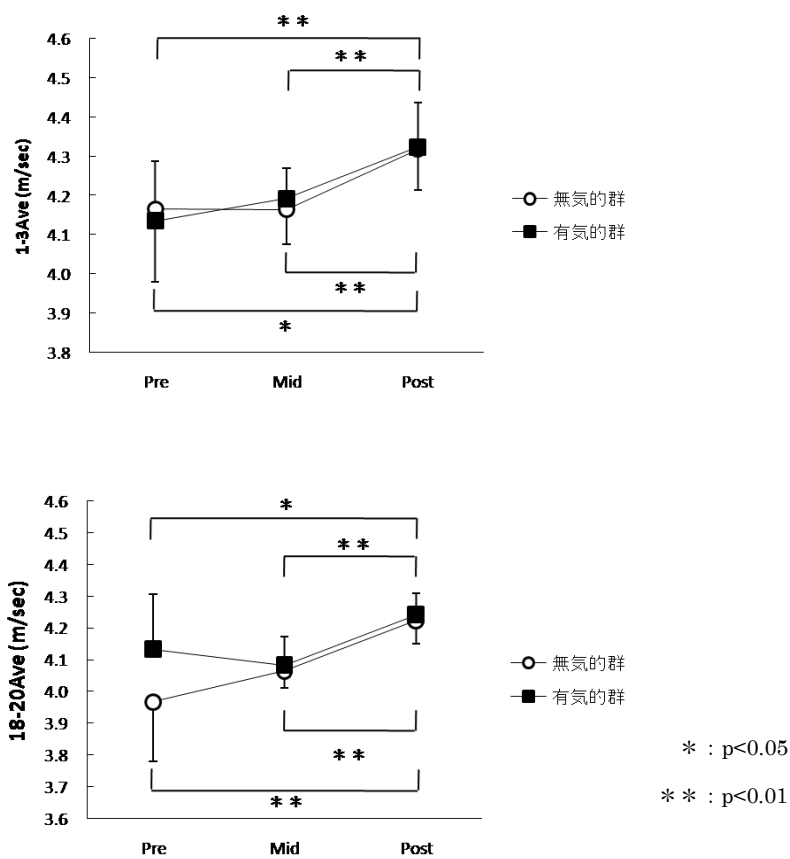


図 5) Pre, Mid, Post における 1-3Ave(上段) と 18-20Ave(下段) の変化

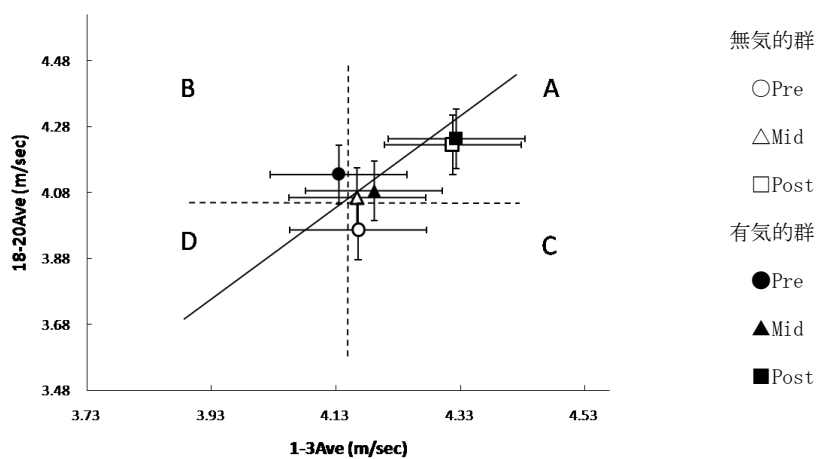


図 6) Pre, Mid, Post における 1-3Ave と 18-20Ave との関係の推移(平均値の変化)

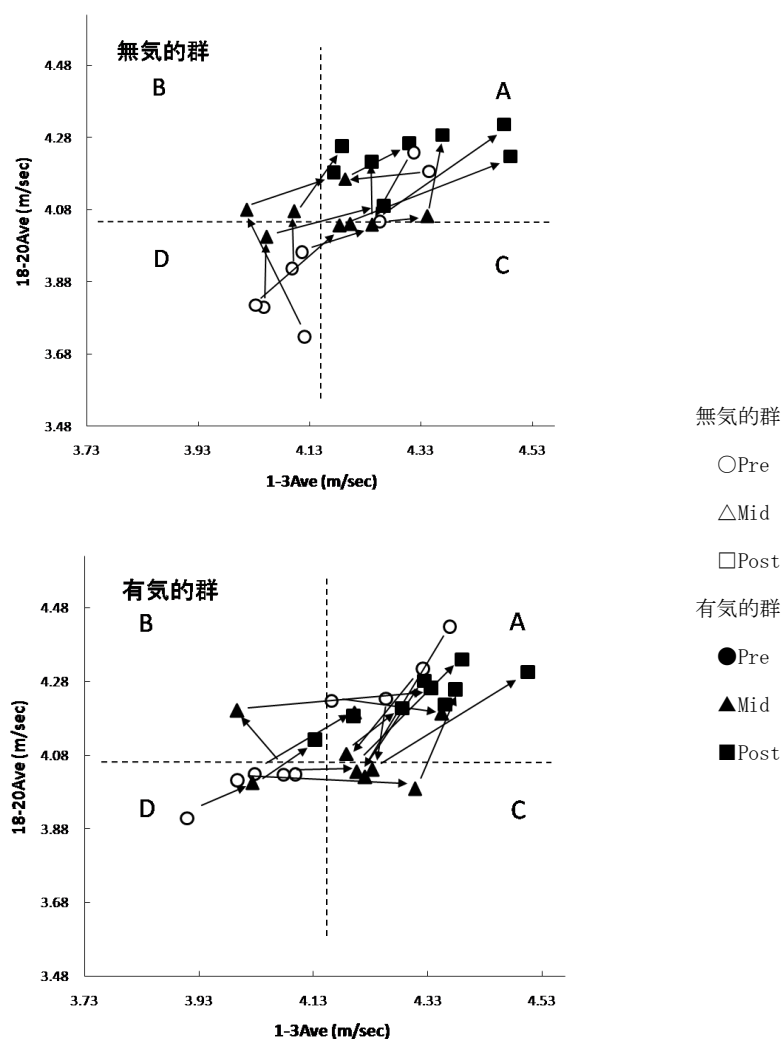


図 7) Pre, Mid, Post における 1-3Ave と 18-20Ave との関係の推移
(個人の変化 無氣的群：上段 有氣的群：下段)

第4節 考察

(1) Pre、Mid、Post から推測されるトレーニングの手段について

Pre における間欠的能力テスト 20 セットを群間で比較した結果、セットと群の要因に有意な交互作用が認められた。このことは、両群ともにセットが進むにつれて平均速度は低下するが、その低下の特徴には、無氣的群と有氣的群に明らかな違いがあることである。すなわち、無氣的群は、有氣的群と比較してセットが進むにつれて後半の平均速度低下が大きいことを示している。

Mid においては、セットと群の要因に有意な交互作用が認められず、同一トレーニングによって無氣的群と有氣的群の疾走速度の減少に差が認められなくなった。また、図 5 にある 1-3Ave と 18-20Ave の推移を見てみると、1-3Ave の有氣的群の平均疾走速度は僅かながら上方へ推移し、18-20Ave の無氣的群の平均疾走速度も同様に上方へ推移している。つまり、同一トレーニングによって、有氣的群では前

半の平均速度が、無氣的群では後半の平均速度が少なからず改善されたことを示している。しかし、同様に図 5 の 1-3Ave と 18-20Ave の変化を見てみると、Pre、Mid において有意差は認められていないが、無氣的群の 1-3Ave と有氣的群の 18-20Ave は僅かながら減少しているのが確認できる。無氣的群の長所が 1-3Ave であり、短所が 18-20Ave であるのに対し、有氣的群の長所が 18-20Ave であり、短所が 1-3Ave と仮定すれば、この結果は、両群ともに同一トレーニングを実施したことにより、両群間の短所は改善されたが、長所の更なる向上には至らなかったため、Mid において両群間の間欠的能力テストにおける平均速度の変化に差が認められなくなったことを示唆している。

これに対して、グループ別トレーニングを実施した Post では、Mid と同様にセットの要因に有意な主効果が認められたが、セットと群の要因には有意な交互作用が認められなかった。しかし、図 5 の 1-3Ave と 18-20Ave の変化を見てみると、Mid-Post、Pre-Post とともに、両群とも有意に平均疾走速度が向上していることが確認できる。また、図 6 における 1-3Ave と 18-20Ave との関係の推移を見ると、両群ともに大きく A 象限に推移していることが確認できる。更に、個人別にみても、無氣的群では 8 名中 8 名が、有氣的群では 9 名中 8 名が A 象限に収束した(図 7)。この最終的な Post での結果は、狙いどおりの課題が解決される方向に進んだことを意味している。

本研究で処方した有酸素トレーニングでは、有氣的能力向上のために、OBLA を用いて無酸素性作業域値を設定したトレーニングを採用した。戸刈ら(1991)は、運動強度を無酸素性作業域値に合わせた一定時間のトレーニングが有酸素性能力を向上させることを提唱しており、長浜ら(1990)は、血中乳酸濃度から求めた無酸素性作業域値である OBLA を利用して 15-20 分の持続走を提唱している。また、Bangsbo(1994c)は、競技レベルの高い試合においては、高強度の運動の頻度が多いため、その土台となる最大酸素摂取量の向上を図るためには、HR が 170-180 拍/分程度まで高める High-intensity training の重要性を強調している。さらに、サッカーにおいては、試合中に長い距離を移動するための有酸素性能力が必要ではあるが、90 分間持続的に同じ速度で走っているのではなく、時折、歩行などの積極的休息が加わる点なども考慮に入れ、有酸素トレーニングにおける運動強度は、OBLA トレーニングを採択するとともに、集団的に HR を管理しながら、歩行を組み入れた 35 分間の有酸素トレーニングを処方した。その結果、同一トレーニングでは、無氣的群の 18-20Ave は少なからず向上したが、有氣的群の 18-20Ave は僅かながら減少した。

これに対し、本研究で処方した無酸素トレーニングでは、無氣的能力向上のために、ジャンプ、ストップ、ターンなどのサッカーの動きの要素を取り入れた無酸素性フィールドトレーニングを処方した。Commetti(2002)は、サッカー選手にとって敏捷性を損なう危険性があるほどに筋量が過剰であることは望ましくないとしており、筋量の改善を抑えながら十分な速さを獲得できるような筋力トレーニングを考えるべきだとして、高強度の求心性収縮と、筋の伸展-短縮サイクルを組み合わせるといった方法を提唱している。また、Weineck(2002)は、サッカー選手の無酸素性トレーニングを全般的コーディネーションやサッカーの動きに近いトレーニング形式によるスタート能力と反応能力の改善などを図り、実際のサッカーのプレースタイルに近づけたトレーニングの必要性を提唱している。そのため、処方した無酸素性トレーニングは、スピードやアジリティー能力の向上を狙いとし、サッカーの動きの特徴であるスプリント、ターン、ストップ、ジャンプの動作を組み合わせ、非乳酸(ATP-CP)系、乳酸系エネルギー供給機構を利用した無酸素性フィールドトレーニングを処方した。その結果、有氣的群の 1-3Ave は少なからず増加したが、無氣的群の 1-3Ave は僅かながら減少した。このように Mid において両群の平均速度変化の差が改善された原因としては、両群ともに体力的な長所が低下したことも影響している

と考えられ、このことは同一トレーニングによって生じた問題点として注目する必要がある(図 5)。

また、図 5 を見てみると Post においては、グループ別トレーニングにより両群とも長所および短所の明らかな改善が認められた。Peter と David(1996)は、トレーニングには、低強度で量的負荷の大きいトレーニングを行うことにより有気的能力の向上を狙い、徐々に強度を高めていきながら無気的能力の向上を狙ったトレーニングへと移行させていくのが一般的であると報告している。この報告は、漸進性の原則として重要である。しかし、本実験のように専門的なトレーニングを進めているサッカー選手の場合は、間欠的能力を高めるトレーニングの手順として、チーム全体に処方する同一トレーニングよりも、グループ別トレーニングを処方したほうが効果的であったことを示唆している。

このように、サッカー選手の体力トレーニングプログラムを検討するためには、チームとして全体トレーニングを抽象的に処方するのではなく、サッカー選手特有の体力要素である間欠的能力を構造的に評価し、無気的能力と有気的能力からみた個人のタイプを評価し、各タイプの課題に応じたグループ別トレーニングにより、個人の課題を解決していく視点が必要であることが観察された。そして、本実験で得られた結果は、そのトレーニング手順の有効性を実証するものであるが、本実験での評価は、被験者全体における被験者間評価であり、被験者間の間欠的能力を相対的に分類したものであることを考慮しなければならない。つまり、今回の測定で A タイプに分類されたとしても、より競技レベルの高いサッカー選手であれば、A タイプに属するとは限らない。そのため、図 6 の A タイプに収束した後は、さらに右上方へ推移させることがトレーニング目標となる。その際には、無気的能力と有気的能力のどちらのバランスを高めるのかを、個人の特性によって選択することが課題であると考えられる。

第 4 章

試合中の移動距離・移動スピードから評価したグループ別体力トレーニングの効果(実験 3)

第1節 目的

サッカー選手における体力評価および体力トレーニング効果に関する研究報告は数多く存在する。本研究においても、実験 1、2 においてサッカー選手に必要とされる間欠的能力に着目し、その測定および評価法に基づく体力トレーニングの有効性について検証してきた。しかし、これらの先行研究において、体力トレーニングの効果を実際の試合中のパフォーマンスの変容から評価した報告は見当たらない。

そこで本実験では、実験 2 で実施したグループ別体力トレーニング期間において焦点を当て、トレーニング前・後の試合中の総移動距離・移動スピードの経時的変化を評価し、グループ別体力トレーニングの効果を検証することを目的とした。

第2節 方法

(1) 被験者

- a) 実験群：実験 1 の間欠的能力評価で分類された 2 群のうち、無氣的群及び有氣的群のそれぞれにおいて、ポジション(FW、OMF、DMF、SB、CB)ごとに 1 名ずつ抽出し、各群 5 名を抽出した(年齢 19.3 ± 0.7 歳、身長 175.6 ± 3.2 cm、体重 70.6 ± 3.1 kg)。
- b) コントロール群(非体力トレーニング群)：関東大学サッカー1部リーグ所属の男子サッカー部員において、ポジション(FW、OMF、DMF、SB、CB)ごとに 1 名ずつ、計 5 名を抽出した。

尚、被験者は、実験の手順および考えられる危険性に関する説明を受けた後、自主的に同意書を提出した。本実験は、順天堂大学スポーツ健康科学研究等倫理委員会の承認を得て行われた。

(2) 研究デザイン

実験 1 の手順で分類した無氣的群および有氣的群の 2 群に加えてコントロール群を設定し、3 群の各対象者の無酸素性作業閾値を測定するため、血中乳酸濃度が 4mmol/l 時の走速度(以下 OBLA)を測定した。また、各被験者のパフォーマンスを評価するため、試合中の移動距離、移動スピードの経時的変化を記録した(Pre)。

グループ別体力トレーニングは、実験 2 で実施した同様の方法において処方され、無氣的群および有氣的群の 2 群において、それぞれの体力的短所を明確に捉えたグループ別体力トレーニングを 4 週間実施した。その後、再び実験群およびコントロール群における各被験者の OBLA 測定を実施するとともに、実際の試合中の移動距離および移動スピードの経時的変化を記録した(Post)。

以上の手順で、Pre-Post における実際の試合中の総移動距離および移動スピードの経時的変化と OBLA を評価し、総移動距離に占める無酸素性エネルギー(以下 Over OBLA)および有酸素性エネルギー(以下 Under OBLA)供給機構の動員比率を算出することによりグループ別体力トレーニングの効果を検証した。

(3) OBLA 測定

実験群およびコントロール群の 3 群それぞれの被験者に対して、実験 1 と同様の方法で測定した。
(詳細は実験 1 の OBLA 測定を参照)

(4) グループ別体力トレーニング

無気的群には有酸素性トレーニングを、有気的群には無酸素性トレーニングをそれぞれ 4 週間処方した。(詳細は実験 2 の有酸素性トレーニング、無酸素性トレーニングを参照)

(5) 試合中の総移動距離・移動スピードの測定

三角測量法を応用した高速移動解析システム(DKH 社製)を用いて算出した。このシステムは、フィールドのタッチラインの延長線上 2 ヶ所に高精度照準器を装着したポテンショメータを設置し、プレーヤーが照準器の中心に入るように 2 人の計測者が同時に操作し、測定した角度から三角測量の原理で平面上の座標を求めるものである。計測中はリアルタイムでパソコン画面上に移動軌跡が表示される。尚、試合中における移動距離の算出は 0.5 秒ごとに行い、得られた距離を時間で除して移動スピードを求めていった(図 8)。

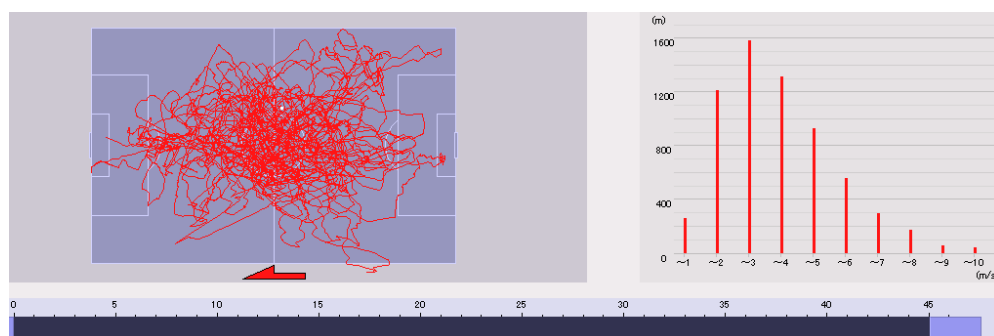


図 8) 試合中の移動軌跡および移動スピードの分布

(6) 対象とする試合

無気的群および有気的群の試合の選択は、関東大学サッカー1部前期リーグ 5 試合、後期リーグ 5 試合の計 10 試合を対象とした。コントロール群の試合の選択は、県社会人 1 部リーグ前期 5 試合、後期 5 試合の計 10 試合を対象とした。

(7) 統計処理

総移動距離、OBLA、Over OBLA、Under OBLA の測定値を平均値±標準偏差で示した。また、得られた結果を、群とトレーニング(Pre-Post)の 2 要因で比較するため、反復測定 - 分散分析(repeated measure ANOVA)を行い、F 値が有意な場合、Bonferroni/Dunn 法を用いて多重比較検定を行った。統計処理の有意性は、いずれも危険率 5%未満で判定した。

第3節 結果

トレーニングにおける3群間の各測定値(総移動距離、OBLA、Under OBLA、Over OBLA)を表1に示した。また、Over OBLA および Under OBLA 動員比率の推移を図11、12に示した。

表1) グループ別トレーニング前後(Pre-Post)の各測定項目の平均値

	Pre				Post			
	Distance (m)	OBLA (m/sec)	Over (m)	Under (m)	Distance (m)	OBLA (m/sec)	Over (m)	Under (m)
無気的群	11542.0±98.1	4.09±0.03	2440.6±163.2	9113.4±195.6	11881.6±159.6	4.27±0.05	2546.4±88.6	9335.2±158.6
有気的群	11884.8±64.2	4.36±0.15	2329.2±138.3	9555.6±159.1	12188.8±86.7	4.45±0.11	2921.2±248.1	9267.6±201.2
コントロール群	11436.4±334.2	4.09±0.04	2258.0±550.1	9178.4±289.0	11401.0±326.4	4.11±0.04	2269.6±535.3	9140.6±349.5

(1) 総移動距離、OBLA、Over OBLA、Under OBLA について

総移動距離は、トレーニングと群のいずれの要因においても主効果が認められ、群とトレーニングにおいて交互作用が認められた。また、多重比較検定の結果、Preにおいては、有気的群がコントロール群に対して有意に高値を示し、Postにおいては、無気的群および有気的群がコントロール群に対して有意に高値を示した。また、Pre-Postにおける変化を群内で比較したところ、Postにおいて、無気的群および有気的群がそれぞれ有意な高値を示した。

OBLAは、トレーニングと群のいずれの要因においても主効果が認められ、群とトレーニングにおいて交互作用が認められた。また、多重比較検定の結果、Preにおいては、有気的群が、無気的群およびコントロール群に対して有意な高値を示した。Postにおいては、無気的群および有気的群がコントロール群に対して有意な高値を示すとともに、有気的群が無気的群に対して有意な高値を示した。また、Pre-Postにおける変化を群内で比較したところ、Postにおいて、無気的群が有意な高値を示した。

Over OBLAは、トレーニングの要因に主効果が認められ、群とトレーニングにおいて交互作用が認められた。また、多重比較検定の結果、Postにおいては、有気的群がコントロール群に対して有意な高値を示した。また、Pre-Postにおける変化を群内で比較したところ、Postにおいて、有気的群が有意な高値を示した。

Under OBLAは、群およびトレーニングの要因には主効果が認められなかったが、群とトレーニングの要因に交互作用が認められた。多重比較検定の結果、Preにおいては、有気的群が無気的群に対して有意な高値を示した。また、Pre-Postにおける変化を群内で比較したところ、Postにおいて、有気的群が有意な低値を示した。

(2) 総移動距離に占める Over OBLA および Under OBLA の動員比率について

Over OBLAの動員比率は、トレーニングの要因に主効果が認められ、群とトレーニングの要因に交互作用が認められた。また、多重比較検定を行いPre-Postにおける変化を群内で比較したところ、Postにおいて、有気的群が有意な高値を示した(図11.12)。

Under OBLAの動員比率は、トレーニングの要因に主効果が認められ、群とトレーニングの要因に交互作用が認められた。また、多重比較検定を行いPre-Postにおける変化を群内で比較したところ、Post

において有氣的群が有意な低値を示した(図 11)。

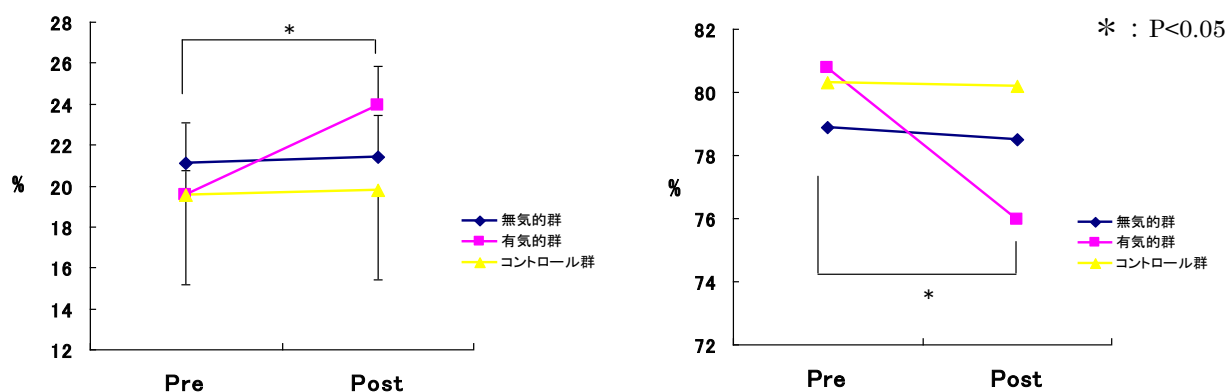


図 11) 総移動距離に占める Over OBLA および Under OBLA の動員比率の推移

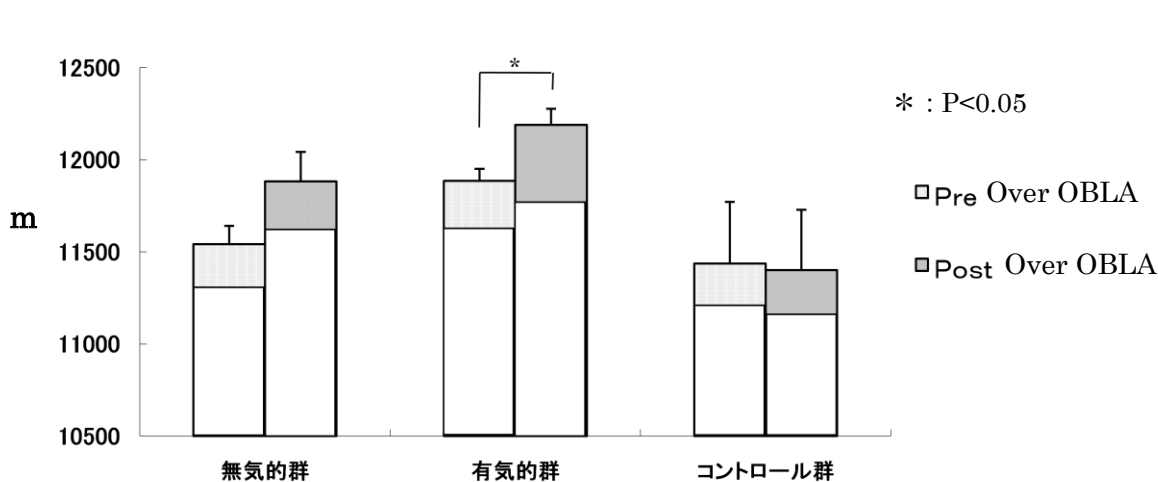


図 12) 総移動距離に占めるトレーニングにおける Over OBLA の推移

第4節 考察

グループ別トレーニングを実施した結果、無氣的群および有氣的群は、コントロール群と比較して総移動距離が有意に増加した。また、有酸素性作業閾値を評価した OBLA においても、無氣的群および有氣的群が有意に向上していることが観察された。これらの原因としては、無氣的群では、有酸素トレーニングによって乳酸蓄積が抑えられ、筋の酸化能力および回復能力が高まったことが考えられる。また、有氣的群では、無酸素性トレーニングによって、Type II 線維の直径が増大してエネルギー供給を刺激したことにより解糖系酵素活性が増大したことなどが推察される。Bangsbo(1988)らは、試合中における平均的な生理学的強度は、最大酸素摂取量 (VO_2max) 70-80%、心拍数(以下、HR)170beat/min 前後、血中乳酸濃度 5mmol/l 前後であったと報告している。さらに、試合中の HR と HR-酸素摂取量 (VO_2max) との関係から酸素摂取量について明らかにした報告 (Bangsbo1994a) では、HR の平均値は、前半および後半で

それぞれ 171 beat/min と 164 beat/min であり、 VO_2 レベルについては、前半および後半でそれぞれ 51.1 mL/kg/min と 46.2 mL/kg/min に相当し、この値はそれぞれ 78% および 72% $\text{VO}_{2\text{max}}$ (65.3 mL/kg/min) の相対的運動強度に相当していたとしている。しかし、星川ら (2002) は、90 分間の試合での移動距離が 10,000m と仮定すると、走行速度は平均で 111 m/min (1.85 m/sec) となり、これは歩くことも可能な速度であり、持続性持久力での $\text{VO}_{2\text{max}}$ は 50% にも満たないとしている。

したがって、本実験で得られた移動距離の増加および OBLA の向上は、競技能力を直接的に反映させる指標でないと言える。宮村 (2005) は、クイックネス、タイミング、正確性、多様性などの戦術的理解とともに、技術的な要素を含めたアジリティードリル、スピード、ドリブル、キック、ジャンプ等の瞬発的な高強度運動を瞬時の判断で最適に発揮することができるかが重要であるとしている。また、1 試合あたりにいかに長時間にわたり、これらの瞬発的な高強度運動を頻回に繰り返すことができるかが、競技能力を評価するのに重要な指標となっており、血中乳酸濃度と相関関係があるとする報告もある (Bangsbo 1991)。さらに、これらの結果を裏付けるものとして、宮森ら (2008) は、競技能力の高い大学サッカー選手の試合中の総移動距離と、それに占める無酸素性および有酸素性エネルギー機構の動員比率をポジション別で比較した結果、総移動距離に占める無酸素性スピードでの移動の割合は、各ポジション別の平均が 24.8% であり、他の大学サッカー選手の平均 10.3% (大橋ら 1988) と比較すると無酸素性スピードでの移動の割合が多いことを報告している。勿論ではあるが、Gerish (1998) はこの点について、個人差、技術的特徴、チーム戦術および試合内容により影響を受けるものとしているが、レベルの高い試合中では、長い距離を走行するための有気的運動をしながら、高強度の無酸素性運動を何度も繰り返し行っていることが生理学的に解明されている。

そこで、本実験においては、試合中のパフォーマンスを評価する指標として、総移動距離に占める無酸素性および有酸素性エネルギー供給機構の動員比率に着目した。そして、各対象者の無酸素性作業閾値である OBLA を基準として、総移動距離に占める Over OBLA および Under OBLA の動員比率を 3 群間で比較した。その結果、トレーニングにより有気的群では、他の 2 群と比較して Over OBLA は有意に向上し、Under OBLA は有意に低下していることが観察された。これは、有気的群では、無酸素性トレーニングの効果として、試合中に長い距離を移動しながら、無気的な高強度運動を繰り返す割合が向上したことを意味している。

宮村 (1997) らは、有気的能力は影響する要因が多く呼吸循環器系の構造的あるいは機能的適応が大きく期待できるためにトレーニング効果が大きいことを報告しており、これに対する無気的能力は、筋線維組成に依存する割合が高く (Tesch ら 1985)、後天的に Type I 線維から Type II 線維への移行が認められない (Allemeier ら 1992) ために改善が難しいと考えられている。しかし、本実験では、有気的群に処方した無酸素性トレーニングの効果として、Post では、総移動距離に占める Over OBLA での移動の割合が有意に増加した。本研究では、この原因について 2 つ考えている。1 つ目は、有気的群において、無気的トレーニングを継続的に実施したことにより、解糖系の酵素活性が高まったことが推察される。Hildebrandt ら (1992) は、運動後に軽度の運動を実施すると、軽度の運動に必要な ATP は身体に蓄積した乳酸を一部代謝することによって供給されることを報告している。つまり、無酸素性トレーニングを継続的に処方したことにより、ATP-PC 系の再合成を刺激するとともに、試合中の高強度運動後に適度なリカバリーを挟むことで、ATP が身体に蓄積した乳酸を代謝するための効率性が向上し、血中から乳酸が素早く除去されたことで、Over OBLA の動員比率が向上したことが考えられる。2 つ目は、サッカーの専門的な動きの要素を取り入れた無酸素性フィールドトレーニングを処方したことにより技術的な

要因が相互に影響していることが考えられる。本実験で処方した無酸素性トレーニングであるスラロームやハードルジャンプでは、下肢筋の伸展-短縮サイクルを利用した遠心性収縮や、ダッシュの加速局面で重要な股関節の伸展活動を強化できること、また、方向変換角度の深い5ポイントステップを加えたことにより、動作の切り替えや反応時間等が短縮され、瞬発的な動作の獲得につながることで、さらに、これらの動作にラダートレーニングや、4ポイントステップを加えたことにより、加速・減速・方向変換等の巧緻性能力が向上すること、などが期待される。本実験では、筋線維組成や、筋力のほかに、サッカー選手特有の動きであるターンやジャンプ、スペースへの動き、あるいは敏捷性など、これらの技術的な要因が相互に影響し合うことで、試合中の無気的能力の獲得につながったと考えられる。

サッカー選手の体力に関する研究では、これまで実験室レベルにおいて、技術的な要素を排除するかたちで、対象者の体力要素を個別に測定する重要性が報告されている(神崎と田畑 1998)。しかし、サッカー選手の間欠的能力を構成する要素は、無気的能力および有気的能力が複合的に絡み合い、その中でも専門的な動きの特徴を捉えた技術的要素が影響することが少なからず考えられる。そのため、今後は、実験室レベルの体力測定結果を現場に落としこみ、競技パフォーマンスとの関連性を明らかにしていく必要がある。さらに、サッカー選手における体力面の準備は、チームが目指す戦術を忠実に消化していくための一要素に過ぎないことを理解しなければならない。そのため、今後も、「体力」、「トレーニング」、「競技パフォーマンス」、さらに、サッカー競技を支えている様々な分野との関連性を定量的に解明していくことが数値化したものを現場に還元するステップであると言えよう。

第5章 結語

本研究では、サッカー選手に必要な間欠的能力を評価するためのフィールドテストを開発したところ、間欠的能力テストの前半は無気的能力を反映し、後半は有気的能力を反映していることが確認された。

また、この間欠的能力テストを利用して、サッカー選手に必要とされる間欠的能力を構造的に個別評価するとともに、無気的能力群および有気的能力群の2群に分類し、グループ別体力トレーニングを処方した。その結果、皆一律に同様の体力トレーニングを処方した期間と比較して、各群に対して体力的短所を明確に捉えたグループ別体力トレーニングを処方した期間は、両群ともに間欠的能力が有意に向上した。

さらに、グループ別体力トレーニング期間に焦点を当て、試合中のパフォーマンス評価として総移動距離および移動スピードの経時的変化を評価した。その結果、コントロール群と比較して、グループ別体力トレーニング群は、総移動距離と、それに占める無気的能力および有気的能力のスピードでの移動の割合が有意に向上していることが観察された。

従って、本研究で開発した間欠的能力テストを利用して、個別化・グループ化した体力評価をもとに、それぞれの体力的な短所を明確に捉えたグループ別体力トレーニングを処方することは、サッカー選手に必要とされる間欠的能力を効果的・効率的に向上させる手段であることが示唆された。

引用文献

- Allemeier C, et al, 1992, Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle, Journal of Applied Physiology, 77, 2385-2390
- Bangsbo J, 1991, Activity profile of competition soccer, Journal of Sport Science, 16
- Bangsbo J, 1994a, The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise, Acta Physiology, 151, 1-153
- Bangsbo J, 1994b, Fitness training in football -a science approach-. H0+Storm DK-2880 Bagsvard, danmark
- Bangsbo, 1994c, Physical conditioning. Handbook of Sports Medicine and Science Football (Soccer), Blackwell Science Publications LTD, London, 124-138
- Bangsbo J, 2001, ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise, Effect of previous exercise, American Journal of Physiology 280, 956-964
- Bangsbo J, Michalsik L, 2002, Assessment of the physiological capacity of elite soccer players, Science and Football IV, 53-62
- Brocherie F, et al, 2003, Pre-season anaerobic performance of elite Japanese soccer players, Science and Football V, 144-154
- Cometti G, (小野剛), 2002, サッカーの筋力トレーニング, 90-154, 大修館書店
- Gerish G, Rutemoller E, Weber K, 1988, Sports medical measurements of performance in soccer, Science and Football, 60-67
- Hildebrandt W, Schutze H, Stegemann J, 1992, Cardiovascular limitations of active recovery from strenuous exercise, European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 64, 250-257
- 星川佳広, 2002, サッカーの生理学的特性と一流選手の体力, 体育の科学 52, 355-366
- 星川佳広, 菅野淳, 澁川賢一, 2006, サッカーにおける体力の研究-これからの展望-, フットボールの科学, 1, 10-17
- JFA 技術委員会フィジカルフィットネスプロジェクト, 2006, JFA フィジカル測定ガイドライン, 財団法人日本サッカー協会
- 神崎素樹, 田畑泉, 1998, 高強度・強度漸減間欠的トレーニングが最大酸素借と最大酸素摂取量に及ぼす影響, トレーニング科学, 3, 83-94
- 宮森隆行ら, 2008, 大学サッカー選手のポジション別体力特性に関する研究, 理学療法科学, 23, 189-195
- 宮城修ら, 1999, Jリーグ選手の体力と試合中の動きについて, バイオメカニクス研究, 3, 125-131.
- 宮城修, 大橋二郎, 瀧剛志: サッカーの移動スピードと距離からみたポジション間の比較, 日本体育学会第 55 回大会号, 2004, 528.
- 宮村実晴. 1997, 呼吸と持久力, 石河利寛・竹宮隆編 持久力の科学, 98-102 杏林書院, 東京
- 宮村司, 2005, サッカー選手の体力特性, 理学療法, 22, 305-313
- 長浜尚史, 1990, サッカー選手に必要な体力について, サッカー医・科学研究会報告書 10, 149-153

- 大橋二郎ら, 1988, サッカー選手の試合中における移動スピードと Anaerobic Threshold, 体力科学, 37, 656
- Peter R and David J, 1996, Training for Speed and Endurance, Allen&Unwin, NSW, 76-96
- 坂井和明, 高松薫, 1999, 間欠的なハイパワー発揮能力と3種類のエネルギー産生能力との関係, 体力科学, 48, 453-466
- 坂井和明ら, 2006, 球技スポーツ競技者における個別性の原則を考慮した体力トレーニングの効果, 体育学研究, 51, 21-32
- 瀧井敏郎, 1995, ワールドサッカーの戦術, 2-27, 初版ベースボールマガジン社
- Tesch P, et al, 1985, The influence of muscle metabolic characteristics on physical performance, European Journal of Applied Physiology, 54, 237-243
- 戸刈晴彦, 鈴木滋, 1991, サッカーのトレーニング, 初版, 1-7, 大修館書店
- Weineck J, (戸刈晴彦), 2002, サッカー選手のスピードトレーニング, サッカーの最適トレーニング, 242-262, 大修館書店