

球技スポーツにおける無酸素性走パワーの間欠的発揮能力に関する簡易測定法の検討

明石 光史¹⁾ 田中 守¹⁾ 田中 宏暁¹⁾ 進藤 宗洋¹⁾

The development of a simple method to measure the intermittent anaerobic running power by means of a field test

Koji Akashi Mamoru Tanaka Hiroaki Tanaka Munehiro Shindo

Abstract

The purpose of this study was to develop a simple method for measuring the intermittent anaerobic running power by means of a field test. This study used an intermittent shuttle sprint test (which we named ISST), consisting of a 40 meter shuttle sprint within 20 seconds that was repeated 8 times. Based on the results of ISST, we analyzed the reproducibility of ISST and the relationships among the ISST, anaerobic power, aerobic power and aerobic/anaerobic ratio.

The results were as follows :

1. Regarding the reproducibility of ISST, the correlation coefficient was 0.820 regarding the rate of decrease in the sprint speed for the 5th sprint.
2. The correlation between the anaerobic speed (a 40m shuttle sprint) and the 40m shuttle sprint speed of each sprint of ISST was significant until the 4th sprint of ISST in the 0~40m segment and the 25~40m segment and a significant correlation was also seen until the 6th sprint of ISST for the 0~15m and 15~25m segments.
3. The correlation between the aerobic speed (a 12 minute run) and the %Best Time of each set of ISST showed no significance for either the sprint or the segments.
4. No significant correlation between the aerobic/anaerobic ratio and the %Best Time of each sprint of ISST was observed at the beginning of ISST, however, the correlation coefficient increased toward the end of ISST.
5. The %Best Time in the higher aerobic group of the aerobic/anaerobic ratio showed no significant difference throughout all the sprints in comparison to that in the lower aerobic group. However, a significant decrease in the speed tended to occur in the higher group during the 6th and 7th sprint.

1) 福岡大学スポーツ科学部
Fukuoka University, Faculty of Sports and Health Science

These results suggest that the newly developed ISSST thus appears to be a simple and accurate test for evaluating the intermittent anaerobic running power of individuals in the field.

緒 言

多くの球技種目は、場面に応じて高いスピード、パワー、筋力、調整力が要求され、それらを不定の低強度運動を挟みながら1試合通して低下させることなく発揮させる運動、即ち間欠的運動と捉えることが出来る。従って、場面に応じて要求される無酸素性作業能力と1試合を通してプレーできるための有酸素性作業能力のいずれも重要な要素と考えられる。現場における無酸素性作業能、有酸素性作業能の測定、評価の方法として、無酸素性作業能では、走力としての50m走、跳躍力としての垂直跳びや立ち5段跳び、投力としてのハンドボール投げが用いられ、有酸素性作業能では、12分間走やシャトルランテストなどの簡易なフィールドテストから推定最大酸素摂取量を求める方法が一般に用いられている。このように、体力要素ごとの測定、評価が一般であるが、多くの球技種目にみられる無酸素性作業能を不定の低強度運動で挟み間欠的に発揮する能力についての測定方法が確立できていないのが現状である。

ハンドボール競技のゲーム中の動きの質と量を分析した田中ら¹⁰⁾¹¹⁾の報告によると、無酸素的な動きが約8.9%、有酸素的な動きがStandingとWalkingの走りのない動きで約60~65%、緩やかな走りの動きで約25%となり、ゲーム中の約90%が有酸素性の動きであるという。また、Bangsbo²⁾は、サッカー競技のゲーム中に利用される全エネルギーのうち98%は有酸素系から供給され、無酸素系の貢献度は2%にすぎないと試算している。しかし、これらの数値は、ハンドボール競技においてもサッカー競技においても1試合を通しての割合であり、特定の短い時間帯だけを見ると、無酸素的な動きの割合が増大し有酸素的な動きの割合が減少することも少なくない。無酸素的な動きの時間の長短、回復期の時間の長短こそあれ、ハンドボール、サッカーなどの球技種目では高いパフォーマンスを発揮するために間欠的な高強度運動を持続させる能力が重要になると考えられる。

これまで、間欠的運動に関する研究では、ラボラトリーテストにおいてはペダリング運動を使用し、フィールドテストにおいては様々な形の走運動を使用し、様々な方法で数多く研究されている。⁴⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾しかし、間欠的発揮能力をフィールドにおいて簡易に測定できるような実用性は備わっていない。そこで本研究は、多くの球技種目で重要視される走運動を取り上げ、無酸素性走パワーの間欠的な発揮能力の簡易測定法について検討することを目的とした。

方 法

1. 被検者

被検者は、大学男子ハンドボール選手15名で全員コートプレーヤーである。選手の特性は、表1の通りである。

表 1 被験者特性

被験者: 大学男子ハンドボール選手15名

年齢	(歳)	19.4 ±0.51
身長	(cm)	176.5 ±6.40
体重	(kg)	73.2 ±9.53
体脂肪率	(%)	14.3 ±2.52

2. 測定項目と方法

(1) 無酸素性作業能

40m 往復走

無酸素性作業能の指標として40m 往復走を測定した。十分にウォームアップを行った後、40m の距離を最大スピードで1 往復するのに要した時間を、光電管を使用し測定した。

(2) 有酸素性作業能

12分間走³⁾

有酸素性作業能の指標として K. Cooper の開発した12分間走を測定した。400mトラックにて12分間走行できる最長距離を m 単位で測定した。スタートは、スタートラインからスタンディングスタートで検者号令により行い、ゴールは合図により12分間経過時点での被検者の足の位置とした。

yo-yo endurance test¹⁾

有酸素性作業能の指標として J. Bangsbo の開発した yo-yo endurance test を測定した。ハンドボールコート²⁾の20m を利用し、テープに録音されたペースメーカーの音に合わせてながら往復走を繰り返し、徐々に速度を漸増させ、リズムについてゆけなくなった時点を疲労困憊とした。その時点での往復回数から走行距離を求めた。

(3) 間欠走

yo-yo intermittent recovery test¹⁾

比較的高強度の運動からの回復能力を見るもので、J. Bangsbo より開発されたものである。ハンドボールコート²⁾20m を利用し、スタート地点より後方 5m の地点に三角コーンを置いた。テープに録音されたペースメーカーの音に合わせて20m 往復走を行い、その後 jog をしながらマークした地点を10秒で周回する。以上のことを繰り返し、徐々に速度を漸増させ、リズムについてゆけない時点を疲労困憊とした。この時点での往復回数から走行距離を求めた。

ISST (Intermittent shuttle sprint test)

25m の距離を往復する50m 走を15秒間の jog と 5 秒間の休憩を挟んで繰り返す間欠走を ISST と命名した田中⁹⁾ の方法を改良し、実践で利用しやすい簡易な方法として改めて ISST と命名した。

十分にウォームアップを行った後、ハンドボールコートでの20m を利用して2分毎に40m 往復走の試走を2本行なった。その後、20秒毎に40m往復走を繰り返し8セット実施し、総数を10セットとした。セット間の休息方法は自由とした。スタート地点と15m 地点に光電管を設置し、0~40m、0~15m、15~25m、25~40m の各区間のタイムを計測した。

3. 統計処理

相関係数の算出にはピアソンの積率相関分析を用いた。統計処理の有意性は、いずれも危険率 5%未満で判定した。

結 果

(1) 再現性

同一被検者に日を改めて ISST を同じ方法で2度測定し再現性を検討した結果、図1に示すように5セット目で $r = 0.8197$ 、平均%Best Time で $r = 0.7188$ の相関係数を示し、誤差率は、それぞれ $1.59 \pm 1.61\%$ 、 $1.29 \pm 0.81\%$ であった。

(2) 各種測定結果

各種測定結果を表2に示した。

無酸素性作業能

40m 往復走の平均は、 6.81 ± 0.22 秒で6.48~7.14秒の範囲であった。

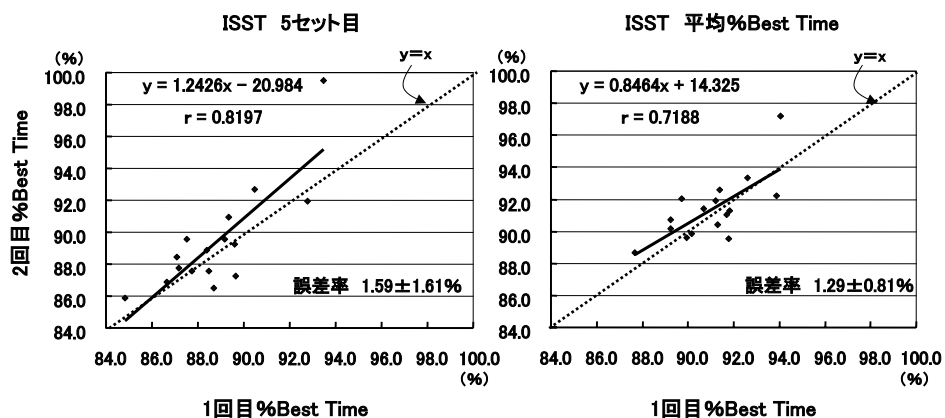


図1 各セット%Best Time (0~40m) の1回目と2回目の相関関係

有酸素性作業能

12分間走の平均は、 2722 ± 196 mで2443～3088mの範囲であった。

yo-yo endurance testの平均は、 2365 ± 251 mで2000～2800mの範囲であった。

12分間走と yo-yo endurance testの間には、有意な相関関係が ($r = 0.722$, $p < 0.01$) 見られた。

間欠走

yo-yo intermittent recovery testの平均は、 2366 ± 419 mで1400～2880mの範囲であった。

ISST (Intermittent shuttle sprint test) の結果処理は、以下の通りである。

(3) ISST %Best Time の変化

図2に、測定したISSTのタイムを速度に換算し、無酸素性作業能の指標として測定した40m往復走を100%として各区間のベストタイムに対する比率(以下、%Best Time)を示した。各

表2 各種測定結果

無酸素性作業能			
① 40m往復走	(sec)	6.81 ± 0.22	
有酸素性作業能			
① 12分間走	(m)	2722 ± 196	
② yo-yo endurance test	(m)	2365 ± 251	
間欠走			
① yo-yo intermittent recovery test	(m)	2366 ± 419	

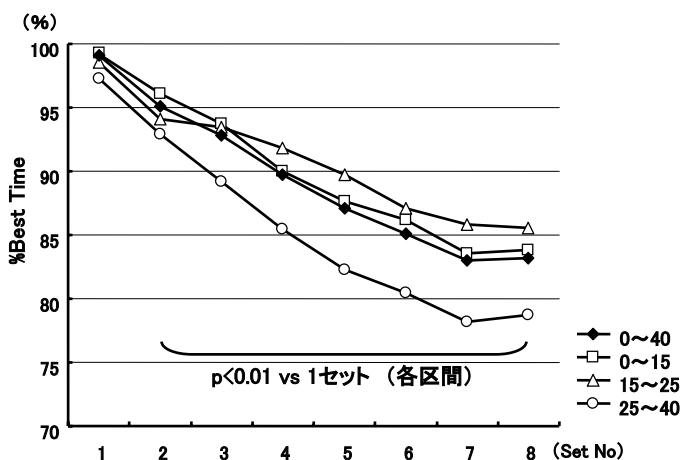


図2 ISST %Best Time の変化

区間共に、1セット目に対して2～8セット目まで有意な低下を示した。

(4) ISST 各セット実速度と無酸素性作業能との相関係数の変化

図3に、無酸素性作業能の指標として測定した40m 往復走速度と、ISST 各セット速度との相関係数の変化を示した。ISST の0～40m、25～40m区間では4セット目まで、0～15m、15～25m区間では、6セット目まで有意な相関関係が認められた。その後、どの区間においてもセットが進むにつれ相関係数は減少していった。

(5) ISST 各セット%Best Time と12分間走との相関係数の変化

図4に、12分間走の走行距離とISST 各セット%Best Time との相関係数の変化を示した。その結果、どの区間、どのセットにおいても有意な相関関係は認められなかった。yo-yo endurance test、yo-yo intermittent recovery test においても同様な結果が見られた。

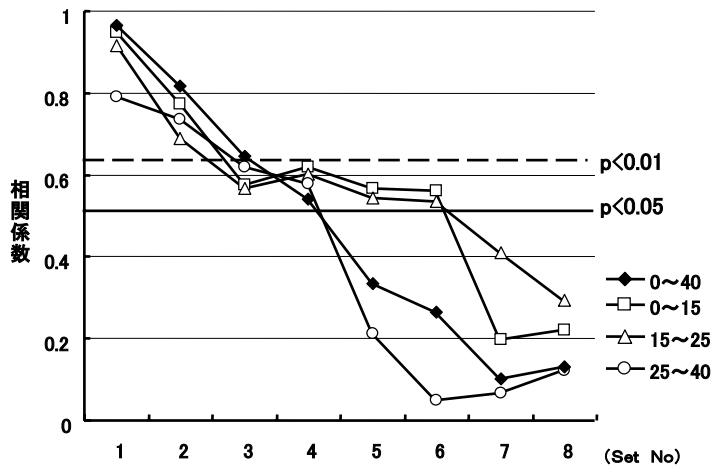


図3 各セット実速度と無酸素性作業能との相関係数の変化

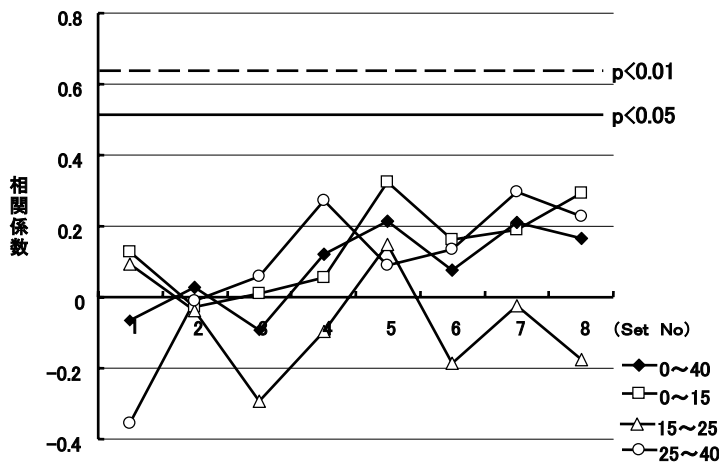


図4 各セット%Best Time と12分間走との相関係数の変化

(6) ISST 各セット%Best Time と相対的有酸素性作業能力との相関係数の変化

図 5 に、有酸素性作業能の12分間走速度を無酸素性作業能の40m 往復走速度で除した値を有酸素 / 無酸素比として相対的に表わし、その数値と ISST 各セット%Best Time との相関関係を示した。全体的に ISST 初期の相関係数は低いが、セットが進むにつれ相関係数は上昇していった。0～15m区間の5セット目と25～40m区間の7セット目において有意な相関関係が認められた。

(7) ISST 後半数セット%Best Time 平均と各有酸素性作業能との相関関係

表 3 に、ISST 各区間の5～7セット、6～8セット、6、7セット、7、8セットの平均%Best Time と有酸素 / 無酸素比との相関係数を示した。その結果、ISST 後半数セット%Best Time 平均と相対的有酸素性作業能の中の25～40m区間で有意な相関関係が認められた。

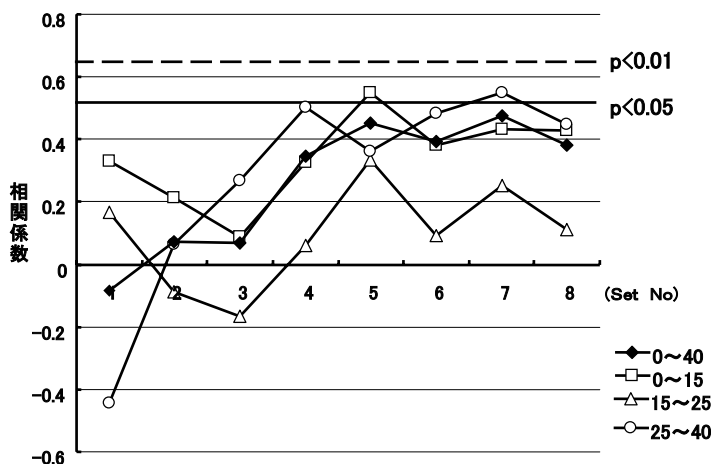


図 5 各セット%Best Timeと有酸素 / 無酸素比との相関係数の変化

表 3 ISST%Best Time 後半数セット平均と有酸素 / 無酸素比との相関関係

	5～7セット平均	6～8セット平均	6, 7セット平均	7, 8セット平均
0～40 m	0.4568 \$	0.4343 \$	0.4499 \$	0.4377 \$
0～15 m	0.4824 *	0.4503 \$	0.4348 \$	0.4507 \$
15～25 m	0.2495	0.1640	0.1871	0.1865
25～40 m	0.4914 *	0.5170 *	0.5332 *	0.5103 *

\$ p<0.1 * p<0.05

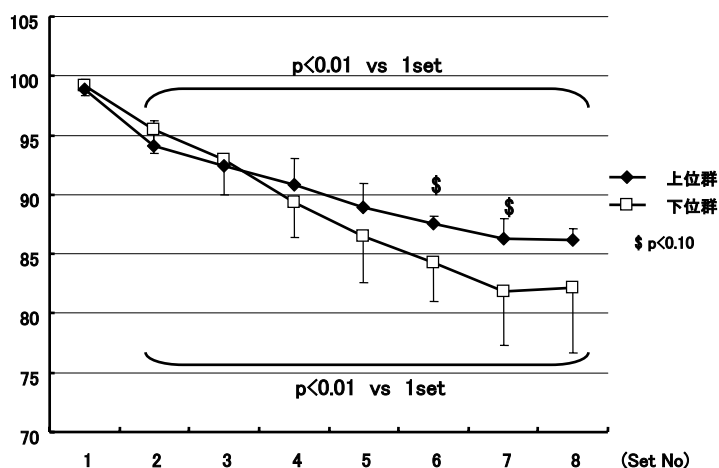


図 6 有酸素 / 無酸素比の優劣別 ISST%Best Time の変化

(8) 有酸素 / 無酸素比の優劣別 ISST%Best Time

図 6 に、有酸素 / 無酸素比の優劣から分けた有酸素性作業能上位群と下位群別の ISST%Best Time を示した。両群間には全セットを通して有意な差は認められなかったが、6、7セット目に上位群が下位群よりも低下の少ない傾向がみられた。yo-yo endurance test、yo-yo intermittent recovery test それぞれの T-score と40m 往復走速度の T-score の値を除いて、相対的に有酸素性作業能上位群と下位群に分けた場合でもほぼ同様な結果になった。

考 察

間欠運動は、主運動の運動強度、持続時間、回復期の時間、反復回数の因子によって構成されると浜岡ら⁵⁾ は述べている。山本ら¹³⁾ は、10秒間の全力ペダリング運動を10セット行い、その時のセット間の回復期の時間を10、20、50秒と変えて発揮パワーの推移を検討した。その結果、発揮パワーは50秒群において若干低下しただけであったが、20秒群、10秒群と回復時間が短くなるにつれ著しい低下を示したと報告している。坂井^{7) 8)} らは、主運動の運動強度を約6秒の25m 方向変換走とし、回復期の時間を3.08m / sec のスピードで往復40m 走を1往復(約15秒)の場合と、4往復(約52秒)の場合とを比較し、有酸素性作業能の能力別に走パワーの検討を行った。その結果、有酸素能力に優れる者は回復期の時間が短い場合においても低下を少なくすることが出来るが、有酸素能力に劣る者は休息時間が短い場合に著しい低下を示したと報告している。このように、間欠運動は、回復期の時間の違いにより間欠運動後半のパフォーマンスに大きく影響すると考えられる。そこで、本研究は、回復期の時間、その中でも短時間休息からの回復能力に着目して、フィールドで簡易に行えるようハンドボールコート20m を活用し20秒間に40m 往復走を1セット(回復期の時間12~13秒)行い、その前の試走を含めて10セット行う間欠的発揮能力測定法の検討を行った。

1. ISSTにおける無酸素性作業能の影響

無酸素性作業能の指標として測定した40m 往復走速度（以下、最大無酸素性走パワー）と ISST 各セット実速度との相関では、どの区間においても1セット目に相関係数が一番高く、その後4セット目まで有意な相関関係を示した。山本ら¹⁴⁾は、10秒間のペダリング運動を20秒間の回復期の時間を挟んだ間欠的運動が、3種のエネルギー供給能力とどのように関係しているか検討している。その中で、ATP-CP能力の最大無酸素性パワーと1セット毎に発揮された無酸素性パワーとの相関係数は、間欠運動初期に有意に高い値を示したが、その後セットが進むにつれ低くなり3セット目以降有意性を示さなくなったと報告している。さらに、Gaitanosら⁴⁾は、自転車エルゴメーターを用いて、6秒間の全力ペダリング運動を30秒間の回復期の時間を挟み10セット行い、その時の1セット目前後と10セット目前後10秒の時間帯に外側広筋のバイオプシーを行った。その結果、10セット目の無酸素的ATP供給量は1セット目と比較して65%減少したと報告している。約6～7秒の40m 往復走を12～13秒の回復期の時間を挟んで間欠走（ISST）を行った本研究においても、これらの間欠運動の研究と同様に、ISST初期は最大無酸素性走パワーの影響が大きく、セットが進むにつれ影響が少なくなっている事を示唆するものである。

次に、この相関係数の変化をISST各区間で詳しくみてみた。各区間の中で、各セットの前半0～15m区間は、6セット目まで有意な相関関係がみられた。ATP-CP系によるエネルギー供給は運動開始7.7秒で枯渇し回復に2～3分要し、ATP-乳酸系も運動開始2～3秒でスタートするといわれている。⁶⁾ 今回のISSTの各セット40m 往復走の運動時間は約7～8秒であり、回復期の時間は12～13秒である。よって、セットが進むにつれ無酸素性パワーのエネルギーを供給する筋中ATP量、並びにその回復割合は徐々に少なくなってきたと推測できる。0～15m区間は各セットの前半部分なので、無酸素性パワーの影響が強く0～40m区間より遅いセットまで有意な相関関係が見られたと考えられる。

各セットの15～25m区間は、ほとんど0～15m区間と同様に相関係数が推移していった。15～25m区間は、切り返しのための減速、切り返し、加速、という局面が考えられる。これらの動きは無酸素性パワーの運動と考えられ、同じく無酸素性パワーの影響が強い0～15m区間と同様にISST後半まで有意な相関関係が見られたと考えられる。

各セットの後半25～40m区間については、40m往復走1セット目の相関係数は他と比べ低く、間欠走後半も他と比べ低い値を示している。1セット目は、先に述べたように無酸素性作業能の影響が強く、さらに運動開始直後から無酸素性エネルギーが使用されるが、ATP-CP系によるエネルギー供給は運動開始7.7秒で枯渇するため、各セットの後半は無酸素性作業能の影響が他の区間より低くなることは推測できる。さらに間欠走終盤になると、無酸素的ATP供給量自体が少なくなり、それぞれのセット後半において無酸素性作業能の影響が減少し、相関係数も他と比べ低くなったと考えられる。

2. ISST における有酸素性作業能の影響

山本らを始めとする多くの間欠運動に関する先行研究⁴⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾において、間欠運動後半に有酸素性作業能の貢献が大きいことが示唆されている。Gaitanos ら⁴⁾は、先の報告から間欠運動の1セット目に対し10セット目に無酸素的 ATP 供給量は約65%減少したのに対して、発揮パワーの減少は27%にとどまっていることから、有酸素的代謝の貢献度が増大したと述べている。しかし、今回の測定方法での間欠的運動では先行研究と同様な結果にはならなかった。

各有酸素性作業能と各セット%Best Time との相関関係は、先行研究とは違い ISST 後半の相関係数は上昇せず、有意な相関関係が認められたセット、区間は全くなかった。本研究の被検者であるハンドボール選手には、無酸素性作業能と有酸素性作業能のいずれも必要であるが、いずれにも優れるもの、劣るもの、いずれかに優れるもの、劣るものが混在していること¹⁰⁾から、有酸素性作業能と無酸素性作業能を構造的に捉える必要があると考えられる。また、坂井ら⁷⁾⁸⁾は、間欠運動の測定を行った際に有酸素性作業能の優劣を判断する基準として、有酸素性作業能と無酸素性作業能をそれぞれ測定し相対的に有酸素性作業能に優れているものと劣っているものとに分け比較している。そこで、12分間走速度を40m 往復走速度で除した有酸素/無酸素比で各セット%Best Time との相関関係を調べてみると、ISST のセットが進むにつれ相関係数は上昇していき先行研究に近い推移を示した。このことは、相対的に有酸素性作業能に優れる方が ISST の低下が少ないことを示唆している。また、25~40m 区間の相関係数の推移は0~40m 区間と類似していることから、40m 往復走の後半の区間ほど有酸素性作業能の影響を受けることを示唆しており、Gaitanos ら⁴⁾の報告からも理解できる。このように、球技選手の無酸素性走パワーの間欠的発揮能力向上には無酸素性作業能、有酸素性作業能のいずれも向上させ、さらに相対的に有酸素性作業能に優れる事が重要と考えられる。

なお、今回のように先行研究と異なった結果となった要因の一つとして、40m 往復走における繰り返し時の方向変換能力も関与していると思われる。繰り返しは、繰り返しのための減速、繰り返し、加速、と言った運動局面が考えられ、それをスムーズに行う能力はエネルギー供給系と異なった要素と考えられる。この能力と今回の間欠的発揮能力の因果関係については言及出来なかったが、今後の検討の材料としたい。

3. ISST の簡易測定法としての検討

今回の ISST は、現場において簡易に、多人数を同時に行うことが出来る簡易測定法としても検討した。このような観点から、現場において簡易に活用できるようハンドボールコート20m を利用し、出来るだけ少ないセットで行えるよう検討を試みた。さらに、同一被検者に日を改めて ISST を同じ方法で2度測定し再現性を検討した結果、5セット目で $r = 0.8197$ 、平均低下率で $r = 0.7188$ の相関係数を示し、誤差率は、それぞれ $1.59 \pm 1.61\%$ 、 $1.29 \pm 0.81\%$ であった。

簡易測定法として本研究の測定方法は、ISST 7セット目に%Best time の低下が終わったこと、有酸素/無酸素比と ISST %Best Time との相関係数は5~8セットの少ないセットで有意であっ

たこと有酸素 / 無酸素比の優劣別 ISST%Best Time において 6、7 セット目に上位群が下位群よりも %Best Time の低下の少ない傾向が認められたことから個人のスプリント能力と有酸素作業能力を反映させた無酸素性走パワーの間欠的発揮能力測定法・評価法の有用性が示唆された。

また、間欠走の一つとして測定した yo-yo intermittent recovery test は、今回の目的である無酸素性走パワーの間欠的発揮能力の簡易測定法、すなわち、ISST との関連性を見出せなかったことと、田中⁹⁾ の指摘するように yo-yo intermittent recovery test の方法についての検討も必要と思われる。

総 括

本研究は、球技スポーツにおける無酸素性走パワーの間欠的発揮能力を簡易に測定評価する方法の開発を目的に、男子大学ハンドボール選手を対象として20秒毎に40m往復走を繰り返し8セット行う ISST (Intermittent shuttle sprint test) の検討を行った。

結果は、以下の通りである。

1. ISST を 2 度測定し再現性を検討した結果、5 セット目で $r = 0.8197$ 、平均低下率で $r = 0.7188$ の相関係数を示し、誤差率は、それぞれ $1.59 \pm 1.61\%$ 、 $1.29 \pm 0.81\%$ であった。
2. 無酸素性作業能 (40m 往復走) の速度と ISST 各セット速度との相関係数は、0 ~ 40m と 25 ~ 40m 区間では4セット目まで、0 ~ 15m と 15 ~ 25m 区間では6セット目まで有意であった。
3. 有酸素性作業能 (12分間走走行距離) と ISST 各セット %Best Time との相関係数は、いずれの区間とセットにおいても有意ではなかった。
4. 有酸素 / 無酸素比と ISST 各セット %Best Time との相関関係について、ISST 初期の相関係数は低いが、セットが進むにつれ相関係数は上昇していった。
5. 有酸素 / 無酸素比の優劣から有酸素性作業能上位群と下位群に分け ISST %Best Time を比較したところ、両群間には全セットを通して有意差は認められなかったが、6、7 セット目に上位群が下位群よりも低下の少ない傾向がみられた。

本研究の結果から、個人のスプリント能力と有酸素作業能力を反映させた無酸素性走パワーの間欠的発揮能力測定法・評価法の有用性が示唆された。

謝辞：本研究は、平成13年度～平成16年度文部科学省科学研究補助金 (基盤研究 C) 「フィールドにおける無気的パワーの間欠的発揮能力測定法開発に関する研究」(代表 田中 守) によるものである。

参考文献

- 1) Bangsbo, J. : Fitness training in football-A scientific approach-, pp.81-99, HO + Storm, Bagsvaerd, Denmark, 1994
- 2) Bangsbo, J. : The physiology of soccer ; with special reference to intense intermittent exercise. Acta Physiol. Scand. 151 (Suppl.619) : 1-155, 1994
- 3) Cooper, K.H. : A means of assessing maximal oxygen intake, JAMA.203 : 189-192, 1968
- 4) Gaitanos, G.C., Williams, C., Boobis, L.H. and Brooks, S. : Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. J. Appl. Physiol. 75 (2) : 712-719, 1993
- 5) 浜岡隆文、本間俊之、永澤 健 : トレーニングの生理学 芳賀脩光、大野秀樹 編, pp.113-117, 杏林書院, 2003
- 6) Margaria, R., Olivari, R.D., Di Prampero, P.E. and Cerretelli, P. : Energy utilization in intermittent exercise of supramaximal intensity. J. Appl. Physiol. 26 : 752-756, 1969
- 7) 坂井和明、John Sheahan、高松 薫 : 間欠的なハイパワー発揮能力と3種のエネルギー生産能力との関係, 体力科学48 : 453-466, 1999
- 8) 坂井和明、水上 一、斉藤一人、John Sheahan、高松 薫 : 球技選手における間欠的なハイパワー発揮能力のトレーニング課題に関する研究 : エネルギー産生能力のタイプに着目して, 体育学研究45 : 239-251, 2000
- 9) 田中 守 : ハンドボール — 発想の転換による体力づくりと体力測定・評価 — , 体育の科学 49 (10) : 817-821, 1999
- 10) 田中 守、樋口幸治、溝岡賀子、中根智子、田中宏暎、進藤宗洋 : ハンドボールゲーム中の動きの質・量と心拍応答, 福岡大学体育学研究27 (2) : 1-13, 1997
- 11) 田中 守、Michalsik, L.B., Bangsbo, J. : デンマークにおける一流ハンドボール選手の公式ゲーム中の活動特性, スポーツ方法学研究15 (1) : 61-73, 2002
- 12) 田中 守、溝岡賀子、半田信吾、中根智子、田中宏暎、進藤宗洋 : ハンドボール競技に必要な全身持久力に関する研究 — 間欠的な走パワーの持続能力について — , 福岡大学体育学研究28 (1) : 9-23, 1997
- 13) 山本正嘉 : 筋のエネルギー出力. 田畑 泉、山本正嘉 共著, 宮下充正 監修, 身体運動のエネルギー学, pp.113-205, 高文堂, 1989
- 14) 山本正嘉, 金久博昭 : 間欠的な最大努力作業時におけるパワーの持続能力とエネルギー供給能力の関係, 疲労と休養の科学4 : 87-96, 1989