

# 屋内体育施設で実施可能な間欠的持久力の測定手法の確立

吉田 昌弘\*

吉田 真\* 角谷 尚哉\*\*

## 抄 録

全身持久力は、20m シャトルランや Yo-Yo テストなどにより評価可能である。しかし、サッカーやバスケットボールなどの競技では、長時間走行する能力に加え、全力スプリントを繰り返す間欠的持久力が求められる。本研究の目的は、間欠的スプリント運動を課題としたフィールドテストを考案し、テスト結果の関連因子およびテスト中の心拍変動の特徴を検討することとした。

大学女子競技者 40 名を対象に、20m を全力で 5 往復走行する課題を計 5 セット行う『20m×5×5 テスト』を実施した。測定項目はタイム（5 セットの合計および最高値、最低値）、タイム低下率、心拍数とした。また、スプリント能力、繰り返し能力、全身持久力を計測し、合計タイムと各因子の関係をピアソンの相関係数により算出した。

20m×5×5 テストの合計タイムは  $247.7 \pm 16.7$  秒（平均±標準偏差）であった。合計タイムの上位群では  $233.3 \pm 6.8$  秒、下位群では  $262.0 \pm 9.7$  秒であり、上位群で有意に速かった（ $p < 0.01$ ）。20m×5×5 テストの合計タイムは 5 セット中の最高値（ $r=0.91, p < 0.01$ ）、最低値（ $r=0.55, p < 0.01$ ）、タイム低下率（ $r=0.59, p < 0.05$ ）と有意な相関を認めた。20m×5×5 テストの合計タイムは全身持久力（ $r=-0.69, p < 0.01$ ）、繰り返し能力（ $r=0.51, p < 0.05$ ）と有意な相関を認めた。一方、合計タイムとスプリント能力の間には有意な相関関係は認められなかった（ $r=0.31, p < 0.21$ ）。また、テスト中の最高心拍数は、 $173 \pm 14$  拍であり、タイム上位群と下位群で有意差は認められなかった（上位群： $173 \pm 14$  拍、下位群： $172 \pm 14$  拍）。テスト中の心拍は、走行期と休息期で上昇・低下を繰り返す傾向がみられ、休息期の心拍数は 1 セット目（上位群： $131 \pm 11$  拍、下位群： $139 \pm 13$  拍、 $p=0.04$ ）および 2 セット目（上位群： $138 \pm 11$  拍、下位群： $146 \pm 14$  拍、 $p=0.03$ ）において上位群で有意に低かった。

フィールドテスト「20m×5×5 テスト」は、屋内体育施設で実施可能であり、全身持久力のテストのみでは評価できない体力要素を評価できる可能性が示唆された。

キーワード：全身持久力，間欠的持久力，フィールドテスト，心拍数

---

\* 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科 〒069-8511 北海道江別市文京台 23 番地

\*\* 北海道大学大学院医学研究科循環病態内科学 〒060-8638 北海道札幌市北区北 15 条西 7 丁目

# An approach to establish the field test for repeated sprint ability

Masahiro Yoshida \*

Makoto Yoshida \*

Naoya Kakutani \*\*

## Abstract

Endurance ability can be evaluated using the 20-m shuttle run or yo-yo intermittent test. However, athletes engaged in field-based team sports such as football and basketball are required to repeatedly perform explosive and intermittent sprint activities. The aim of this study was to establish the field test that can be used to assess repeated sprint ability and investigate related factors of the test score. Forty female university athletes were included in the study. All subjects performed a 20-m ×5×5 test, 20-m sprint test, 20-m shuttle run test, and line drill test. Heart rate were measured during the 20-m ×5×5 test. To investigate the relationship between the 20-m×5×5 test and other tests, the Pearson correlation coefficient was used. The score of 20-m ×5×5 test was  $247.7 \pm 16.7$  sec (mean  $\pm$ SD). The score in Upper group was significant faster than lower group ( $233.3 \pm 6.8$ sec vs  $262.0 \pm 9.7$  sec). We found significant statistical correlations of total time with the fastest time ( $r = 0.55$ ,  $p < 0.01$ ), latest time ( $r = 0.91$ ,  $p < 0.01$ ), and percent sprint decrement ( $r = 0.59$ ,  $p < 0.05$ ) in the 20-m ×5×5 test. In addition, the total time in the 20-m ×5×5 test correlated with the score in the 20-m shuttle run ( $r = -0.69$ ,  $p < 0.01$ ). By contrast, no correlation was found between the total time in the 20-m×5×5 test and the time in the 20-m sprint ( $r = 0.31$ ,  $p < 0.21$ ). Maximum heart rate during the test were  $173 \pm 14$ bpm, and there was no significant difference between the upper and lower group ( $138 \pm 11$  bpm vs  $146 \pm 14$  bpm,  $p = 0.03$ ). Minimum heart rate in resting period at 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> set was significant difference between upper and lower group. We suggest that the 20-m×5×5 test can be used for assessing the endurance ability, which could not be evaluated using only the existing endurance tests.

Key Words : Endurance, Repeated sprint ability, field test, Heart rate

\* Department of sport education, School of lifelong sport, Hokusho University  
23, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, Japan, 069-8511

\*\* Department of cardiovascular medicine, Faculty of medicine and graduate school of medicine, Hokkaido University  
Kita 15, Nishi 7, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido, Japan, 060-8683

## 1. はじめに

サッカー、バスケットボールなどのゴール型競技では、長時間にわたる試合を走りきる全身持久力が求められる。NBAのスタッツデータによると、1試合あたりの走行距離はトップ選手で4km以上であり、シーズンを通じての総走行距離は多い選手で300km以上にもものぼることが報告されている<sup>1</sup>。また、Jリーグの公式データでは、トラッキングデータで上位を占める選手は、1試合あたりの走行距離が13km以上になることが明らかとなっている<sup>2</sup>。これらの競技では、攻守の切り替えやボールポジションのため、試合時間の終盤まで走行を続ける能力、すなわち全身持久力が重要な要素の一つであると言える。

スポーツ現場における全身持久力の評価には、20mシャトルランやYo-Yoテスト<sup>3</sup>が広く用いられている。20mシャトルランは文部科学省が定める新体力テストの項目であり、20m間隔に引かれたラインを一定のペースで往復し、走行距離(折り返し回数)を測定するテストである。20mシャトルランは、特別な測定機器を必要とせず、屋内での実施も可能であるため簡便に実施可能な評価手法である。また、テストの記録からは、最大酸素摂取量が推定可能であり、フィールドテストの結果から実験室レベルでの測定が必要な数値が得られる点でも優れている。一方、Yo-Yoテストも20mの距離をシグナル音に合わせて走行するテストであるが、セット間に休息期間を設ける点が20mシャトルランと異なる。休息期間の違いにより複数のテストが設定されており、それぞれ持久力(Yo-Yo Endurance Test)、間欠性持久力や回復力(Yo-Yo Intermittent Endurance Test, Yo-Yo Intermittent Recovery Test)が評価可能とされている。さらに、先行研究では、鍛錬者と非鍛錬者ではYo-Yoテスト中の心拍数や乳酸値に差が生じることや<sup>4</sup>、テスト結果と最大酸素摂取量の間に関連を示すことが報告されている<sup>5</sup>。20mシャトルラン、Yo-Yoテスト共に一定のペースで長時間走行を続ける能力を評価する手法としては簡便性に優れており、全身持久力に関与する身体的因子と関連づけて検討できる可能性が示されている点からも、有用性が高い評価ツールと考えられている。

全身持久力をターゲットとした既存のテストでは、一定のペースで長時間走行を続ける能力を評価することが可能であるが、サッカーやバスケットボールでは、競技の特性上、単に一定のペースで長時間走行するだけではなく、シチュエーションによっては全カスプリントが必要となる場面がある。Jリーグの公式デ

ータによると、スプリント動作(24km/h以上、50m走換算で7.5秒未満の走行)はトップ選手で40回以上となる<sup>2</sup>。総走行距離が長い試合では、スプリント回数も増加する傾向にあることから、試合後半の疲労状況下においてスプリントを繰り返す能力が勝敗を左右する因子になる可能性もある。このように、全カスプリント動作を繰り返す能力は、Repeated splint ability(以下、RSA)と呼ばれ、「短時間のスプリント動作を短い休息(60秒以下)取りながら繰り返すことができる能力」と定義づけられている<sup>6</sup>。先行研究では、RSAを評価するテストで低値を示したサッカー選手では、試合時間が経過するに従いスプリントスピードが低下することが明らかにされた<sup>7</sup>。また、Mujikaらは、競技レベルが高いほど反復したスプリント動作のスコア低下率が小さいことを報告し、RSAがチームスポーツのパフォーマンスにとって重要と考察した<sup>8</sup>。このように、ゴール型の競技では全身持久力に加え、高いレベルで繰り返しスプリントを可能とする能力が重要であることが示されている。

しかしながら、20mシャトルランやYo-Yoテストなどの既存の全身持久力テストは、一定のペースで長時間走行する能力を評価するものであり、疲労状況下で全カスプリントを繰り返す能力は評価することができない。このようなパフォーマンスを正確に把握するためには、全カスプリント動作を含めた持久力を評価するテストが必要であるが、現在までにゴールドスタンダードとなるテストは確立されていない。短時間で簡便に、かつ測定環境を問わず屋内外のいずれでも実施可能なフィールドテストを確立することで、スポーツ現場で容易に全カスプリント動作を含めた持久力を評価することができる。フィールドテストで得られた結果は、従来の持久力テストでは抽出されない能力を反映する可能性があり、アスリート、特にゴール型の競技選手においては、競技に必要な持久力の客観的指標として、トレーニングやコンディショニングに活用できると考える。

## 2. 目的

本研究の目的は、間欠的スプリント運動を課題としたフィールドテストを考案し、テスト結果の関連因子およびテスト中の心拍変動の特徴を検討することとした。

## 3. 方法

対象は、大学女子競技者40名(身長 $160.6 \pm 5.7$ cm, 体重 $58.1 \pm 5.7$ kg, 平均 $\pm$ SD)とした。包含基準は、

医学的判断により競技参加に制限がない者、スプリント動作、繰り返し動作時に下肢に痛みや違和感がないこととした。また、測定当日に体調不良等の訴えがある者は除外した。

運動課題は20mを全力で5往復走行する課題を計5セット実施する「20m×5×5テスト」とした。本テストでは、スタートの合図で1セット目を開始し、1セット目のスタートから2分後を2セット目のスタートと規定した。2セット目以降のスタート開始も前セットのスタートから2分後と定めた。各セットの走行終了から次セットのスタートまでを休息时间とした。測定項目は、20m×5×5テストの5セット分のタイムを合算した合計タイム、5セット中のタイム最高値および最低値、5セット中のタイム低下率、心拍数とした。タイム低下率の算出には、Glaisterらの計算方法を用いた<sup>9</sup>(図1)。心拍数の計測には、腕時計型心拍測定装置(Polar A360、Polar社製)を使用した。テスト中の心拍変動から、最高心拍数、各セットの最高および最高心拍数を算出した。

$$\text{タイム低下率} = 100 \times \left\{ \frac{(S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5)}{S_{\text{best}} \times 5} - 1 \right\}$$

S1~5: スプリント1セット目~5セット目のタイム  
Sbest: 5セット中のタイム最高値

図1. タイム低下率の算出方法

20m×5×5テストのスコアとの比較因子として、全身持久力、スプリント能力、繰り返し能力を評価した。全身持久力の指標には、20mシャトルランを採用した。スプリント能力、繰り返し能力の指標には、それぞれ20m走、ラインドリルを用いた。全ての測定は屋内(体

育館)で実施した。20m×5×5テストの結果(合計タイム、タイム低下率、最高値、最低値)および各因子の関係をピアソンの相関係数を用いて算出した。また、合計タイムの中央値を基準に上位群、下位群に分類し、心拍数を対応のないt検定を用いて比較した。統計学的解析には、SPSS (SPSS statistics 19, IBM Corp, NY, USA)を使用し、有意水準は5%未満とした。なお、本研究は北翔大学研究倫理委員会の倫理承認を得て実施した(HOKUSHO-UNIV:2014-002)。

## 4. 結果及び考察

### 4. 1. 結果

#### 4. 1. 1. 結果—20m×5×5テストの合計タイム—

20m×5×5テストの合計タイムは247.7±16.7秒(平均±標準偏差)であった(表1)。合計タイムの中央値を基準に分類した上位群では233.3±6.8秒、下位群では262.0±9.7秒であり、上位群で有意に速かった(p<0.01)。5セットの合計タイムは、237.3±7.0秒であった。タイム低下率は、全体で6.1±4.5%、上位群で3.6±1.6%、タイム下位群で8.7±5.1%であった。20m×5×5テストの合計タイムは、低下率(r=0.59, p<0.05)、5セット中のタイム最高値(r=0.55, p<0.01)および最低値(r=0.91, p<0.01)と有意な正の相関を認めた(表2)。

#### 4. 1. 2. 結果—20m×5×5テストの心拍変動—

テスト中の心拍は、走行期と休息期で上昇・低下を繰り返す特徴的な変動を示した(図2)。テスト全体を通じた最高心拍数は162±14拍であり、タイム上位群と下位群で有意差は認められなかった(上位群:163±14拍、下位群:161±14拍)。各セットの最高および

表1. 20m×5×5テストのタイム

	合計	1セット目	2セット目	3セット目	4セット目	5セット目
全体(秒)	247.7 ± 16.7	B47.0 ± 3.0	49.1 ± 3.6	50.2 ± 4.0	W50.9 ± 4.1	50.5 ± 4.1
上位群(秒)	233.3 ± 6.8**	B45.3 ± 1.5*	46.2 ± 1.4*	47.1 ± 1.6*	W47.5 ± 1.5*	47.4 ± 1.7*
下位群(秒)	262.0 ± 9.7	B48.8 ± 3.2	52.1 ± 2.6	53.3 ± 3.1	W54.3 ± 2.6	53.6 ± 2.8

B: 5セット中の最高値  
W: 5セット中の最低値  
上位群 vs 下位群 \*\*p<0.01  
\*p<0.05

表 2. 20m×5×5 テストのタイムと各テストの相関関係

	20m×5×5テスト 合計タイム(秒)	タイム低下率(%)	5セット中の タイム最高値(秒)	5セット中の タイム最低値(秒)	20mシャトルラン(回)	20m走(秒)
タイム低下率(%)	0.59*					
5セット中の タイム最高値(秒)	0.55**	-0.39				
5セット中の タイム最低値(秒)	0.91**	0.80**	0.2			
20mシャトルラン(回)	-0.69**	-0.4	-0.39	-0.64**		
20m走(秒)	0.31	0.12	0.22	0.21	-0.12	
ラインドリル(秒)	0.51*	0.17	0.41	0.44	-0.34	0.68**

\* p<0.05  
\*\* p<0.01

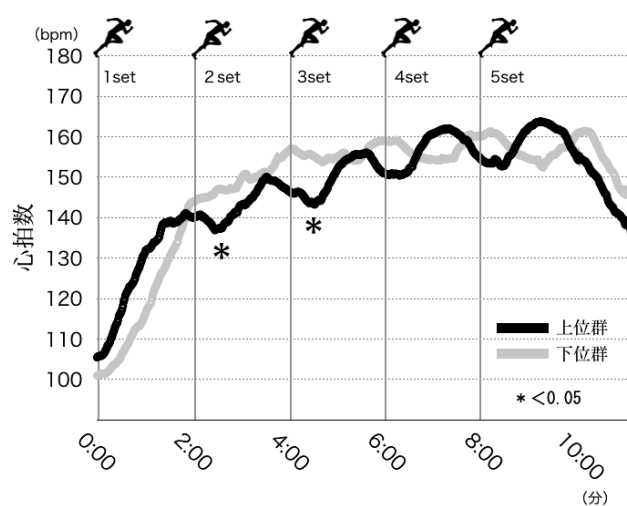


図 2. 20m×5×5 テスト中の心拍変動

び最低心拍数を比較したところ、1セット目(上位群: 137±11 拍, 下位群: 144±13 拍, p=0.04) および 2 セット目(上位群: 143±11 拍, 下位群: 153±14 拍, p=0.03) の最低心拍数は上位群で有意に低かった。各セットの最高心拍数には有意差が認められなかった。

#### 4. 1. 3. 結果—20m×5×5 テストの影響因子—

20m のシャトルランの記録は 97.1±10.2 回、20m 走は 3.6±0.2 秒、ラインドリルは 30.2±1.0 秒であった。20m×5×5 テストの結果(合計タイム、タイム低下率、最高値、最低値) および各因子の相関関係を表 1 に示した。20m×5×5 テストの合計タイムと 20m シャトルランには有意な負の相関 (r=-0.69, p<0.01)、ラ

インドリルとは有意な正の相関 (r=0.51, p<0.05) を認めたが、スプリント能力 (20m 走) とは相関を認めなかった (r=0.31, p=0.21) (表 2)。

#### 4. 2. 考察

本研究で実施した 20m×5×5 テストにおけるパフォーマンス(タイム)の変化は、RSA を評価した先行研究と同様に、運動課題を繰り返すにつれてパフォーマンスが低下する傾向を示した<sup>8,10-12</sup>。4 秒間の全力ペダリング動作を計 5 セットと設定した研究では<sup>10</sup>、休息期間を 2 分とした場合はパフォーマンス低下が認められなかったのに対し、休息時間が 30 秒では 2 本目からパフォーマンスが低下したことを明らかにした。本研究でも、2 セット目からタイムが低下し、4 本目まではタイムが有意に低下する傾向が認められた (p<0.01)。また、U11 から U18 カテゴリにおける 134 名のサッカー選手を対象とした調査では、30 秒間全カスプリントとジョギングを 6 セット繰り返す運動課題におけるタイム低下率は 4.0-5.6%であった<sup>8</sup>。本研究のタイム低下率も 5.4%であり、全カスプリント動作を課題とした先行研究と同程度であった。また、本研究では、20m の 5 往復走行を 1 セットとし、計 5 セット走行することを運動課題と設定したが、1 セットの運動継続時間は 45-60 秒程度であり、休息時間は 50-60 秒程度であった。先行研究では、RSA を評価する際の休息時間は 60 秒以下と定められているが、本研究の課題設定も先行研究が規定する範囲と同程度

であった。以上より、20m×5×5テストで設定した運動課題は、RSAの評価を実施した先行研究と同程度の運動強度や休息時間であったと言える。

20m×5×5テストにおける心拍数には、各セットの走行期に上昇し、休息期に低下する特徴的な変動が認められた。タイムの上位群、下位群の間には、テスト中の最高心拍数に有意差は認められなかったが、1セット目および2セット目の最低心拍は上位群で有意に低い値であった。運動直後に生じる心拍数の急激な低下はHeart rate recovery（以下、HRR）と呼ばれ、先行研究でも報告されている<sup>13</sup>。HRRは運動後数分以内の心拍低下を指し、特に運動直後（1分以内）の急速な心拍低下は副交感神経の影響による現象と考えられている<sup>13</sup>。また、HRRは最大酸素摂取量と相関があることや、持久力の優れたアスリートでは運動後30～60秒後のHRRが早いことが明らかとなっている<sup>14-16</sup>。本研究においても、運動後30～60秒程度で心拍数が低下する現象がみられており、これらはHRRのメカニズムによるものと推察された。また、タイム上位群ではテスト中の全てのセットにおいてHRRが認められたものの、タイム下位群では運動前半（1セット～2セット目）にHRRが明確に認められなかった。両群の違いは、間欠的持久力の差が反映されたものと考えられる。

20m×5×5テストの合計タイムは、切り返し能力の指標としたラインドリルと相関を認めたことから、本テストは切り返し能力を反映することが考えられる。切り返し能力は、カッティングやターン動作を含めたフィールドテストでは、評価結果に影響を及ぼすことが報告されている。先行研究では、20mシャトルラン中の走行特性を加速度センサーにより評価した結果が報告されており、20mシャトルランのターン動作がターン後の加速度に影響することが示唆されている<sup>17</sup>。先行研究のデータからも、一定の距離を切り返して往復走行するフィールドテストでは、切り返し動作の質がテストのタイムに影響することが確認された。20m×5×5テストには、全力スプリント中の切り返し動作が含まれるため、切り返し能力はよりテストのタイムに反映されるものと推察された。

また、20m×5×5テストは全身持久力とスプリント能力が共に反映されると仮説を立てたが、スプリント能力との関連性は認められなかった。サッカー選手を対象とした先行研究によると、スプリント動作を繰り返したRSA評価の結果とスプリント能力（10m、25m、35m走）の間には強い相関関係が認められた<sup>18</sup>。また、RSAとYo-Yoテストの間には相関関係が認められたが、

Yo-Yoテストとスプリント能力には相関関係を認めなかった。Ingebrigtsenらは、これらの結果より、RSAの評価ではスピードと全身持久力の双方の能力が反映されており、RSAとYo-Yoテストで評価される能力は異なると考察している<sup>18</sup>。本研究の20m×5×5テストは、20mシャトルランの結果と相関を認めたことから、全身持久力を反映するテストであったと考えられる。しかし、20m×5×5テストの合計タイムとスプリント能力には相関を認めなかった。本研究では20m×5×5テストとスプリント能力には相関を認めなかったものの、合計タイムと5セット中の最高値の間には相関が認められた。したがって、スピードと切り返しを含めた能力とは関連性があると考えられる。先行研究と異なる傾向を示した結果については、対象の性別や競技レベルを広げて今後検討する必要があると考える。

本研究による臨床的意義は、20m×5×5テストが既存の全身持久力を評価するテストのみでは抽出されない、間欠的なスプリント能力の評価を可能とした点である。特に、タイムを低下させずにスプリントを繰り返す能力が反映されるため、サッカーやバスケットボールなど、疲労状況下で最大スプリントが求められる競技に必要なパフォーマンスを客観的に評価できるテストであることが示唆された。また、走行距離も幅広い測定環境で実施可能な設定であり、測定時間についても他の持久力テストと比して短時間で測定可能であった。さらに、20m×5×5テストの合計タイムと20mシャトルランの結果の間には、高い相関関係が認められた。この結果は、20m×5×5テストの結果から全身持久力を推定できる可能性を示している。本テストの結果から全身持久力が推定可能となれば、単一のテストにより間欠的持久力と全身持久力の双方の能力を把握することができ、体力測定における対象者の物理的、体力的負担の軽減に繋がると考えられる。

本テストを幅広く一般化するためには、様々な年齢や競技レベルを対象にデータを蓄積することが求められる。蓄積したデータを元に、本テストでサッカーやバスケットボールなどの競技で要求される「疲労状況下でスプリントを繰り返す能力」を評価する、妥当性、再現性の高いテストバッテリーを確立し、スポーツ現場で活用することを目指す。

## 5. まとめ

屋内体育施設で実施可能な間欠的持久力を評価するフィールドテスト「20m×5×5テスト」を考案し、テスト結果に影響する体力因子について検討した。本テストには、全身持久力や切り返し能力が反映され、さ

らにスプリントを繰り返す RSA が評価可能であることが明らかとなった。また、テスト中の心拍変動からは、Heart rate recovery も評価する可能性が示唆された。

#### 【参考文献】

1. NBA 公式ホームページ.<https://stats.nba.com/>.
2. Jリーグ公式ホームページ.  
<https://www.jleague.jp/stats/sprint.html>.
3. Fernandes L, Krstrup P, Silva G, Rebelo A, et al. 2016. Yo-Yo Intermittent Endurance Test-Level 1 to monitor changes in aerobic fitness in pre-pubertal boys. *Eur J Sport Sci.*16,159-64.
4. Krstrup P, Bradley PS, Christensen JF, et al. 2015. The Yo-Yo IE2 test: physiological response for untrained men versus trained soccer players. *Med Sci Sports Exerc.* 47,100-8.
5. Bradley PS, Bendiksen M, Dellal A, et al. 2014. The application of the Yo-Yo intermittent endurance level 2 test to elite female soccer populations. *Scand J Med Sci Sports.* 24.43-54.
6. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. 2011. Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med.* 41:673-94.
7. Chaouachi A, Manzi V, Wong del P, et al. 2010. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res.* 24.2663-9.
8. Mujika I, Spencer M, Santisteban J, et al. 2009. Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci.* 27.1581-90.
9. Glaister M, Howatson G, Pattison JR, et al. 2008. The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. *J Strength Cond Res.* 22. 1597-601.
10. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. 2011. Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med.* 41.741-56.
11. Monks MR, Compton CT, Yetman JD, et al. 2016. Repeated sprint ability but not neuromuscular fatigue is dependent on short versus long duration recovery time between sprints in healthy males. *J Sci Med Sport*
12. Mendez-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. 2008. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol.*103.411-9.
13. Bradley PS, Mohr M, Bendiksen M, et al. 2011. Sub-maximal and maximal Yo-Yo intermittent endurance test level 2: heart rate response, reproducibility and application to elite soccer. *Eur J Appl Physiol.*111.969-78.
14. Esco MR, Williford HN, Olson MS. 2011. Skinfold thickness is related to cardiovascular autonomic control as assessed by heart rate variability and heart rate recovery. *J Strength Cond Res.*25. 2304-10.
15. Ostojic SM, Markovic G, Calleja-Gonzalez J, et al., 2010. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *Eur J Appl Physiol.*108. 1055-9.
16. Watson AM, Brickson SL, Prawda ER, et al. 2017. Short-Term Heart Rate Recovery is Related to Aerobic Fitness in Elite Intermittent Sport Athletes. *J Strength Cond Res.*31.1055-61.
17. 吉田雄大・高橋信二・千葉智則他 (2013) 3軸加速度センサを用いたシャトルランにおける走行特性の評価. *体育学研究*, 35.
18. Ingebrigtsen J, Brochmann M, Castagna C, et al. 2014. Relationships between field performance tests in high-level soccer players. *J Strength Cond Res.* 28. 942-9.

この研究は笹川スポーツ研究助成を受けて実施したものです。

