

間欠的スプリント運動を課題としたフィールドテストの考案

An Approach to Establish the Field Test for Repeated Sprint Ability

吉田昌弘¹⁾ 中島千佳²⁾ 角谷尚哉³⁾
吉田真¹⁾ 沖田孝一¹⁾

Masahiro YOSHIDA¹⁾ Chika NAKAJIMA²⁾ Naoya KAKUTANI³⁾
Makoto YOSHIDA¹⁾ Koichi OKITA¹⁾

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. Twenty female basketball players 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. To investigate the relationship between the 20-m × 5 × 5 test and other tests, the Pearson correlation coefficient was used. 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 ($r=0.31$, $p=0.21$). We suggest that the 20-m × 5 × 5 test can be used for assessing the endurance ability, which could not be evaluated by using only the existing endurance tests.

Keywords : Endurance, Repeated sprint ability, field test

1. 緒言

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¹⁾。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²⁾。これらの競技では、攻守の切り替えやボールポゼッションのため、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テストが広く用いられている³⁾。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

1) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科

2) 北翔大学大学院生涯スポーツ学研究科

3) 北海道大学大学院医科学院循環病態内科学

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⁴⁾、テスト結果と最大酸素摂取量の間に相関を示すことが報告されている⁵⁾。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力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²⁾。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、全力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⁶⁾。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⁷⁾。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⁸⁾。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、疲労状況下で全力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、全力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。先行研究の報告は、実験レベルでRSAの現象を明らかにしたものの、テスト手法の確立や活用については言及されていない。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力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。よって、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、テスト結果に関連する因子を検討することとした。本研究では、間欠的スプリント運動を課題としたフィールドテストの結果には、全身持久力とスプリント能力が反映されると仮説を立てた。

II. 方 法

対象は、大学女子バスケットボール選手20名 (身長 160.6 ± 5.7 cm, 体重 58.1 ± 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、切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 \times 5 \times 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時間とした。測定項目は、20m \times 5 \times 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⁹⁾ (図1)。20m \times 5 \times

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

タイム低下率の算出式

*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

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、切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、切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。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）。

Ⅲ. 結果

20m×5×5テストの各セットのタイムは、①45.5±1.4秒、②46.7±1.3秒、③48.0±1.7秒、④48.8±2.2秒、⑤48.3±2.1秒（平均±標準偏差）であった（図2）。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、5.5±2.7%であった。20mシャトルランは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（図3）。また、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（ $r=0.31$, $p=0.21$ ）（図4）。

Ⅳ. 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^{8), 10-12)}。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¹⁰⁾、休息時間を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秒間全力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

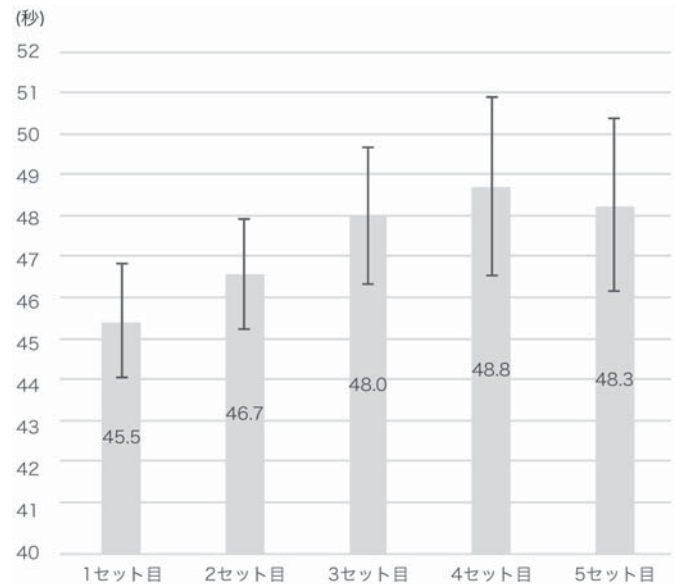


図2 20m×5×5テストの各セットのタイム

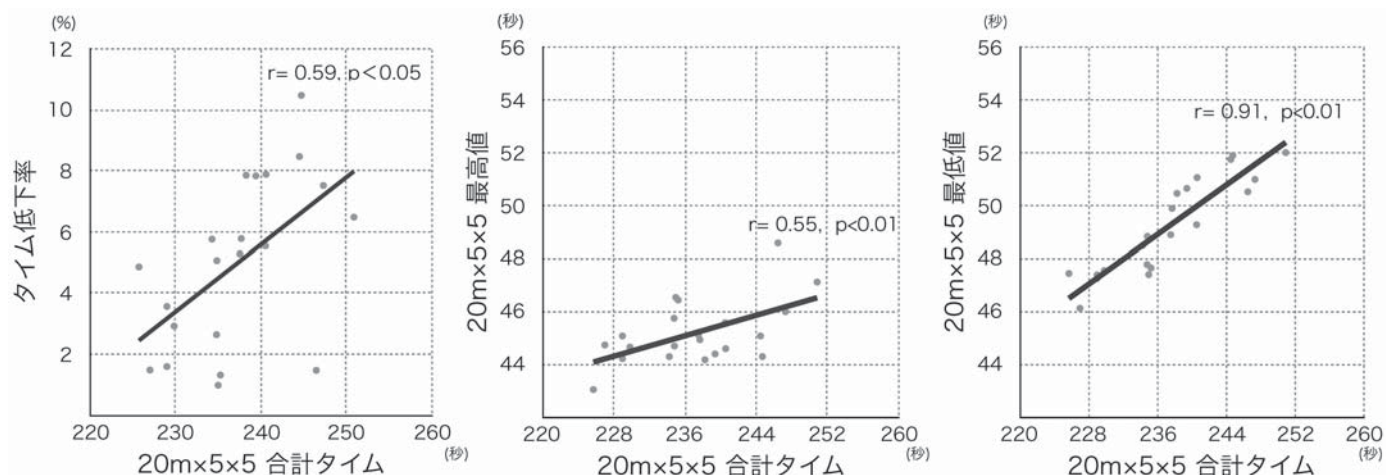


図3 20m×5×5テストの合計タイムとタイム低下率、最高値、最低値の関係

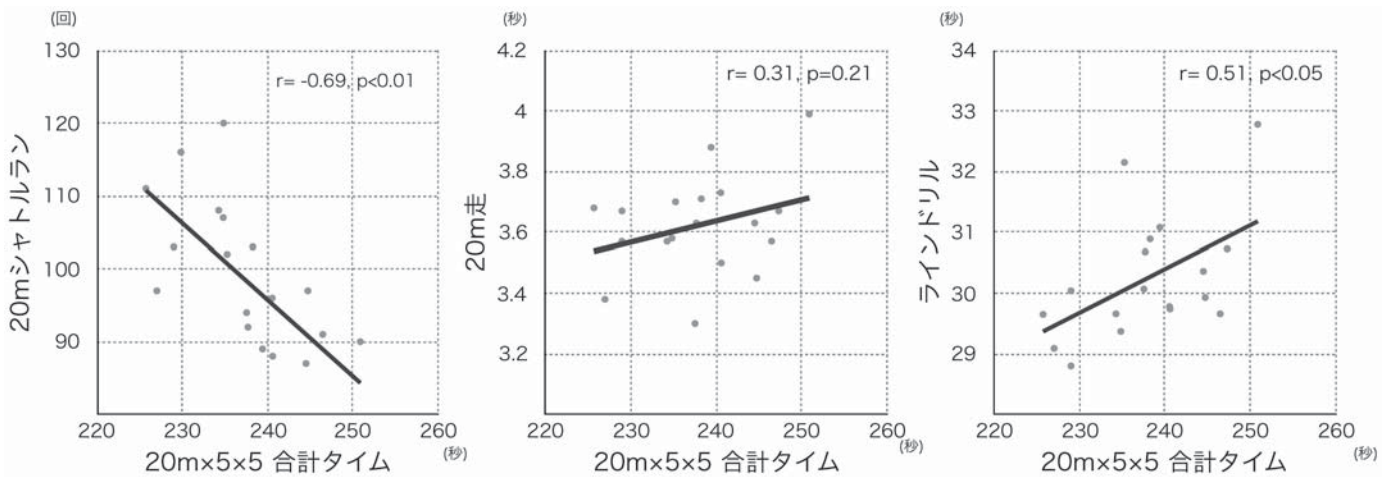


図4 20m×5×5テストの合計タイムと20mシャトルラン，20m走，ラインドリルの関係

表1 20m×5×5テストの結果と各種測定の間関係

	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**	0.20			
20m シャトルラン (回)	-0.69**	-0.40	-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

率は4.0-5.6%であった⁸⁾。本研究のタイム低下率も5.4%であり、全力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テストの合計タイムは、繰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、本テストは繰り返し能力を反映することが考えられる。繰り返し能力は、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¹³⁾。また、20mシャトルランの走行軌跡をビデオカメラで分析した研究では、カッティング動作を含むラグビー選手と陸上競技選手でターンの特性が異なることが明らかにされており、ターンを多用するラグビー選手では、繰り返し動作が直線的で効率的であった¹⁴⁾。先行研究のデータからも、一定の距離を繰り返して往復走行するフィールドテストでは、繰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繰り返し動作が含まれるため、繰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¹⁵⁾。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¹⁵⁾。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広げて今後検討する必要があると考える。

本研究で最も重要な知見は、20m×5×5テストの合計タイムには5セット中のタイム低下率が反映された点である。すなわち、本テストで設定したスプリントを繰り返す運動課題において、課題の前半および後半で大きくタイムが低下しない者のスコア（合計タイム）が優れていた。また、20m×5×5テストの合計タイムは最高値および最低値と有意な相関を示したが、特に最低値と強い相関が認められた。これらの結果より、2本目以降のタイムの低下幅が大きく、最低値がより低くなることで合計タイムが低下する可能性が高いと考えられる。したがって、20m×5×5テストの合計タイムは、2本目以降のタイムを低下させず、スプリントを繰り返す能力が反映されており、サッカーやバスケットボールで求められる間欠的な持久力を評価する指標となる可能性があると言える。

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で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。

本研究で目的とした点については、一定の結果が得られたが、今後の課題もいくつか挙げられた。本テストで

は最大努力を強いるため、対象者が最大努力で実施するための教示の工夫や、測定実施中の運動強度を何らかの手法で確認することが必要である。これらの課題の解決により、最大努力を下回る強度で実施した際に発生する測定エラーを回避することができ、本テストから得られる合計タイムやタイム低下率の意味を正確に解釈することが可能となる。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。

付 記

本研究は、笹川スポーツ財団の『笹川スポーツ研究助成』および平成28年度北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター選定事業の助成を受けて実施したものである。

利益相反

本論文に関連した、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) NBA公式ホームページ. https://stats.nba.com/players/speed-distance/?sort=DIST_MILES&dir=1.
- 2) Jリーグ公式ホームページ. <https://www.jleague.jp/stats/sprint.html>.
- 3) Fernandes L, Krusturup P, Silva G, et al. Yo-Yo Intermittent Endurance Test-Level 1 to monitor changes in aerobic fitness in pre-pubertal boys. *Eur J Sport Sci*, 16 : 159-164. 2016.
- 4) Krusturup P, Bradley PS, Christensen JF, et al. The Yo-Yo IE2 test : physiological response for untrained men versus trained soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 47 : 100-108. 2015.
- 5) Bradley PS, Bendiksen M, Dellal A, et al. The application of the Yo-Yo intermittent endurance level 2 test to elite female soccer populations. *Scand J Med Sci Sports*, 24 : 43-54. 2014.
- 6) Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability-part I : factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41 : 673-694. 2011.
- 7) Chaouachi A, Manzi V, Wong del P, et al. Intermittent endurance and repeated sprint ability

- in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24 : 2663-2669. 2010.
- 8) Mujika I, Spencer M, Santisteban J, et al. Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27 : 1581-1590. 2009.
 - 9) Glaister M, Howatson G, Pattison JR, et al. The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work : an issue revisited. *J Strength Cond Res*, 22 : 1597-1601. 2008.
 - 10) Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-sprint ability-part II : recommendations for training. *Sports Med*, 41 : 741-756. 2011.
 - 11) Monks MR, Compton CT, Yetman JD, et al. 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*, 20 : 600-605. 2017.
 - 12) Mendez-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur J Appl Physiol*, 103 : 411-419. 2008.
 - 13) 吉田雄大, 高橋信二, 千葉智則他. 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*, 58 : 35-44. 2013.
 - 14) 吉田雄大, 板谷厚, 高橋信他. 競技特性と個人差が20mシャトルランテストのターンにおよぼす影響. *体育測定評価研究*, 15 : 25-32. 2016.
 - 15) Ingebrigtsen J, Brochmann M, Castagna C, et al. Relationships between field performance tests in high-level soccer players. *J Strength Cond Res*, 28 : 942-949. 2014.

抄 録

全身持久力は、20mシャトルランやYo-Yoテスト等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等の競技では、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。間欠的持久力を評価するためには、全力スプリントを運動課題とした評価が必要であるが、評価手法は確立されていない。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を検討することとした。大学バスケットボール女子選手20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。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。測定項目はタイム（5セットの合計および最高値、最低値）、5セット中のタイム低下率とした。また、スプリント能力（20m走）、切り返し能力（ラインドリル）、全身持久力（20mシャトルラン）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（ $r=-0.69$, $p<0.01$ ）、切り返し能力（ $r=0.51$, $p<0.05$ ）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（20m走）の間には有意な相関関係は認められなかった。本研究結果より、20m×5×5テストは既存の全身持久力評価とは異なる体力要素を評価できることが示唆された。