

原著

大学男子サッカー選手に対する wattbikePro を用いた 3 分有酸素テストは Cooper test と Yo-Yo test Intermittent Recovery Test Level 2 の代替となりうるか.

川端悠¹⁾, 松本直也²⁾, 井口祐貴³⁾, 竹内靖子⁴⁾, 大西 史晃²⁾
石村 広明⁵⁾, 山下 陽平⁶⁾

¹⁾ 大阪公立大学 都市健康・スポーツ研究センター

²⁾ 桃山学院大学 経済学部

³⁾ 桃山学院大学 法学部

⁴⁾ 桃山学院大学 社会学部

⁵⁾ 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科

⁶⁾ 福山大学 経済学部

キーワード: サイクル動作, 持久力, コンディショニングテスト

【要旨】

WattbikePro を用いたテストは, 疲労が蓄積された状態でも怪我のリスクが低いこと, 信頼性, そして妥当性が高いことが報告されており、テストやトレーニングに導入するチームが増加しているが, サッカー競技で求められる持久力との関係を明らかにした研究は少ない. 本研究はサッカー選手の持久力を評価するために実施されている Cooper test および Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 (YYIR2) と WattbikePro を用いた 3 分有酸素テスト(3mAT) の関係を検討することを目的とした. 対象者は大学サッカー部に所属する男子 25 名であった. 実験は対象者が所属するチームの年間トレーニング計画における最初の準備期に実施された. 無相関の検定の結果, 3mAT は Cooper test と有意な強い相関が認められた($r=0.70, p<0.05$) が, YYIR2 とは有意な相関が認められなかった($r=0.27, p>0.05$). 3mAT と Cooper test は連続的な運動様式に対して, YYIR2 は間欠的な運動様式であり, スプリント能力や回復能力が影響することが理由と推察される. 大学男子サッカー選手に対する wattbikePro を用いた 3mAT は, YYIR2 の代替とはならないが, Cooper test の代替となりうることが示唆された.

Paper

Can the 3-minute aerobic power test using the Wattbike Pro serve as an alternative to the Cooper Test and the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 for university male soccer players?

Haruka Kawabata ¹⁾, Naoya Matsumoto ²⁾, Yuki Iguchi³⁾, Yasuko Takeuchi⁴⁾, Fumiaki Onishi²⁾,
Hiroaki Ishimura⁵⁾, Yohei Yamashita⁶⁾

¹⁾ Research Center for Urban Health and Sports, Osaka Metropolitan University

²⁾ Department of Economics, Momoyama Gakuin University,

³⁾ Department of Law, Momoyama Gakuin University,

⁴⁾ Department of Sociology, Momoyama Gakuin University

⁵⁾ Monozukuri Department, Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

⁶⁾ Faculty of Economics, Fukuyama University

Key Words: Cycle, endurance, conditioning tests

[Abstract]

The test using the Wattbike Pro has been reported to have a low risk of injury even in a fatigued state, with high reliability and validity, and many teams have adopted it for testing and training. However, there are few studies that have clarified its relationship with the endurance required for soccer performance. This study aimed to examine the relationship between the 3-minute aerobic test (3mAT) using the Wattbike Pro and the Cooper Test and Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 (YYIR2), which are used to evaluate endurance in soccer players. The subjects were 25 male university soccer players. The experiment was conducted during the first preparatory phase of the annual training plan of the team to which the subjects belonged. The results of the correlation test showed a strong significant correlation between 3mAT and the Cooper Test ($r = 0.70$, $p < 0.05$), but no significant correlation with YYIR2 ($r = 0.27$, $p > 0.05$). It is speculated that the difference arises because 3mAT and the Cooper Test are continuous exercise tests, while YYIR2 involves intermittent exercise, which affects sprinting and recovery abilities. The results suggest that the 3mAT using Wattbike Pro may not be a substitute for YYIR2 but could serve as a replacement for the Cooper Test for university male soccer players.

I. 序論

大学サッカーチームの多くは、一年間を準備期、試合期、移行期に分けるピリオダイゼーショントレーニングプログラム(Bompa and Haff, 2009; Favero and White, 2018)を活用し、定期的なコンディショニングテストの結果をもとにトレーニングが遂行され、テストやトレーニングに wattbikePro (Wattbike Ltd., Nottingham, UK)を利用するチームが増加している。wattbikePro は、電磁石と空気抵抗付きのサイクルエルゴメーターであり、この機器は電源を必要としないため、設置場所を選ばないという大きなメリットがある。wattbikePro のようなサイクルエルゴメーターによるテストは、疲労が蓄積された状態でも怪我のリスクが低いこと、信頼性、そして妥当性が高いことが報告されている(Driller et al., 2014; Driller et al., 2013; Hanson et al., 2022; Herbert et al., 2015; Hopker et al., 2010; Wainwright et al., 2017)。

サッカー選手の体力レベルを評価する際、 $\dot{V}O_{2max}$ (最大酸素摂取量) が強力な要因として利用され (Zemková and Pacholek, 2023), Cooper test や Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 (YYIR2) が広く実施されている (Bangsbo et al., 2008; Cooper, 1968)。Cooper test は 12 分間の走行距離から連続的持久力を、YYIR2 は強度の高い 20m のシャトルランと 10 秒間の休憩を繰り返し、その走行距離から間欠的持久力が評価される。前者は $\dot{V}O_{2max}$ との相関が強く (Bandyopadhyay, 2015), 後者は短時間のテストではあるが $\dot{V}O_{2max}$ を評価できることが報告されている (Bandyopadhyay, 2015; Hanson et al., 2022)。我々が Cooper test だけではなく、YYIR2 も大学サッカーチームで実施している背景には、サッカーは短い休息と激しい運動が繰り返えられるため、連続的持久力だけではなく、間欠的持久力が求められるからである。

サッカー、ドイツ 1 部リーグを対象とした怪我に関する調査 (Krutsch et al., 2020) では、サッカー選手は下肢の怪我が多いことが報告されており、大学サッカーにおいても下肢の怪我が多い。このため膝に不安を抱えていたり、身体への負担を少しでも軽減したい選手に対して、フィールドテストの代替となるテストを用意することは重要である。そこで我々は wattbikePro を用いたテストに着目した。wattbikePro は、体重が免荷されるため身体への負担を抑え、無酸素および有酸素能力テストや各種トレーニングメニューがプリセットされているため、様々な目的で使用可能な機器である。しかしながら、サッカー選手を対象とした wattbikePro の活用事例やエビデンスは多くはない。

本研究はサッカー選手がフィールドテストとして実施している Cooper test および YYIR2 における走行距離と wattbikePro を用いた 3mAT における平均パワーの関係を検討し、大学男子サッカー選手のコンディショニングテストとしての wattbikePro の有効性を検証することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

対象者は大学サッカー部に所属する男子 25 名 (19.5 ± 0.9 歳, 173.0 ± 4.5 cm, 66.7 ± 3.3 kg) であった。対象者は実験期間中に体調不良や身体に怪我はなかった。対象者には事前に本研究の内容および危険性を口頭および書面で十分に説明し、書面にてインフォームドコンセントと参加の承諾を得た。本研究は大阪公立大学国際基幹教育機構研究倫理委員会の承認のもとで実施された。実験は年間トレーニング計画における最初の準備期に実施された。対象者はテスト前に十分なウォーミングアップを行い、各テストは疲労の影響を考慮し、1週間以内の異なる日に実施された。

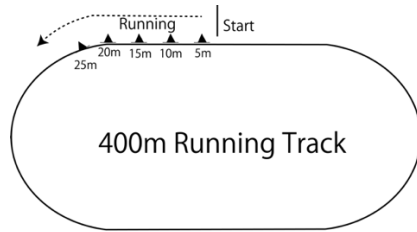


図 1 Cooper test の実施コース

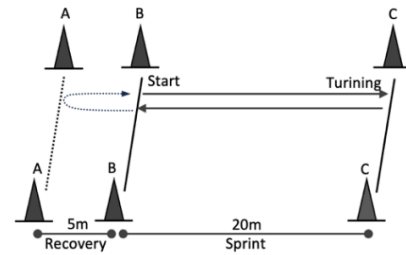


図 2 YYIR 2 の実施コース

2. テスト

1) Cooper Test

対象者は 5m 間隔でマーカーが設置された 400m トラック上を検者のスタートの合図と同時に走り出した。12 分間後、検者が再度、対象者へ合図を出すまでの走行距離 (m) が 5m 間隔で記録された (図 1 参照)。テストは 1 試行であった (Cooper, 1968)。

2) Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 2 (YYIR2)

対象者は最初のシグナルでスタートし、次のシグナルで 20m 先の折返し地点 (cone C) に到着し折返し、3 回目のシグナルでスタートライン (cone B) までに戻らなければいけない (図 2 参照)。スタートライン到着後、10 秒間の休息が与えられ、シグナルの合図に 2 回、間に合わなくなるまで繰り返した。シグナルの間隔は走行速度 13km/h から 0.5km/h ずつ増加するよう段階的に短くなった。テストは 1 試行実施し、走行距離 (m) が記録された (Bangsbo et al., 2008)。

3) 3 分有酸素テスト (3mAT)

3mAT は wattbikePro にプリセットされたテストである。対象者は各々、自身の体格に wattbikePro のサドルを合わせるため、下死点でペダルを踵で踏んだ際に下肢が一直線になるようサドルの高さを調節した。ハンドルはサドルと同じ高さに調整された。テスト中、対象者はサドルから身体を離さずに同じ姿勢でテストを完遂した。対象者はギア値を「7」にセットし、100rpm のケイデンス (回転速度) を 3 分間維持した。テスト中、対象者のケイデンスが 100rpm を下回った際、検者は対象者が 100rpm を維持できるように空気抵抗レベルを適宜下げた。テストは 1 試行実施し、ケイデンスと空気抵抗レベルの積であるパワー (w) の平均値が記録された。

3. 統計解析

テスト間の関係を検討するため、SPSS Statistictics28 (IBM) によってピアソンの相関係数が算出され、無相関の検定が実施された。統計学的仮説検定の有意水準は 5% に設定された。

III. 結果

表 1 は各テストの平均値、標準偏差、そして 95% 信頼区間を示している。テスト結果は 3mAT が $300.7 \pm 37.2w$ (95% CI: 285.4, 316.1), Cooper Test が $3326.0 \pm 105.0m$ (95% CI: 3282.7, 3369.1), YYIR2 が $1161.6 \pm 260.1m$ (95% CI: 285.4, 316.1) であった。図 3 はテスト間の関係を示したプロット図で相関係数、回帰直線、そして回帰係数の 95% 信頼区間 (灰色部分) を併記している。各テストの相関係数は 3mAT と Cooper test が 0.70 ($p < 0.05$) で有意であったが、3mAT と YYIR2 は 0.27 ($p > 0.05$) で有意ではなかった。Cooper test と YYIR2 の相関係数は 0.49 ($p < 0.05$) で有意であった。

表 1 各テストの平均値, 標準偏差そして 95%信頼区間

	平均値	標準偏差	95%信頼区間	
			下限	上限
1. 3 mAT (w)	300.7	37.2	285.4	316.1
2. Cooper Test (m)	3326.0	105.0	3282.7	3369.3
3. YYIR 2 (m)	1161.6	260.1	1054.2	1269.0

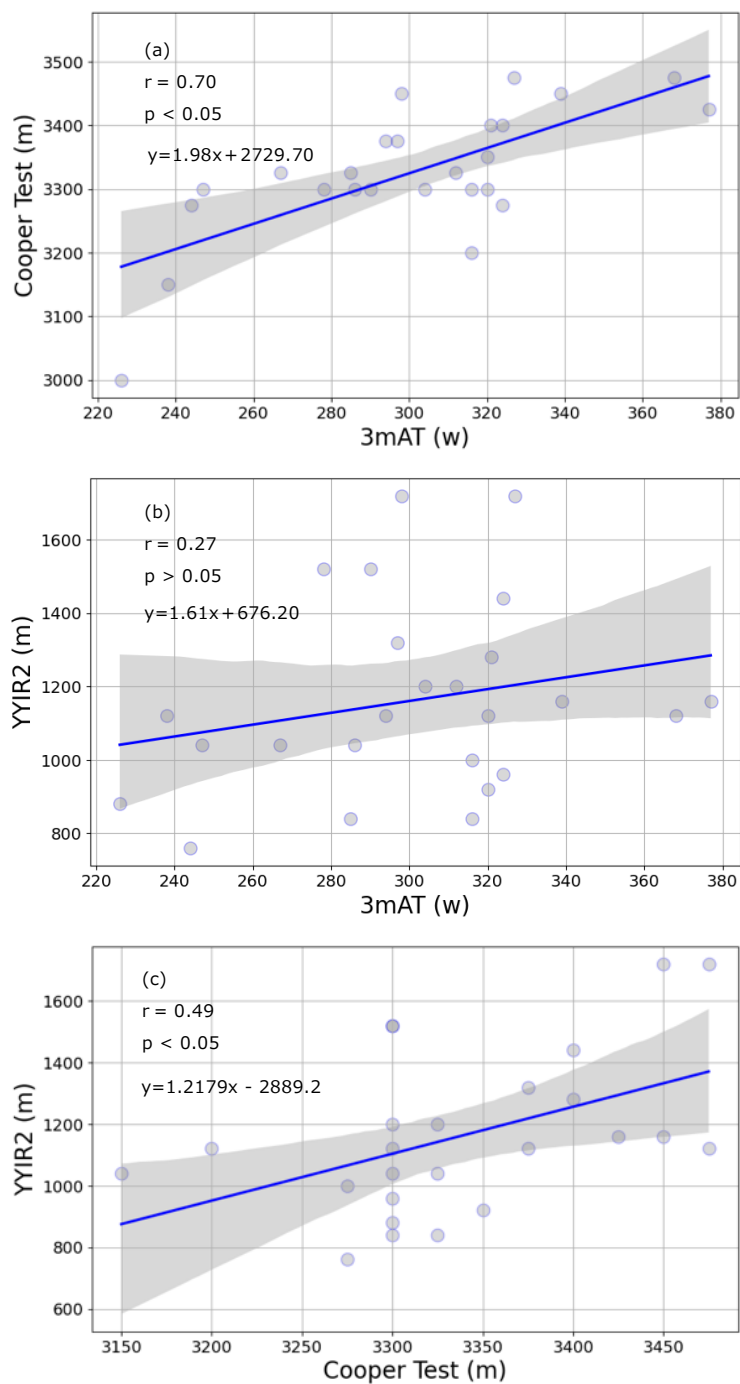


図 3 各テスト間の関係

(a) 3mAT と Cooper test, (b) 3mAT と YYIR2, (c) Cooper test と YYIR2

IV. 考察

本研究結果から WattbikePro を使用した 3mAT は Cooper Test と中程度以上の相関が認められ、Cooper Test の代替テストとして活用できることが示唆された。

対象者の Cooper Test および YYIR2 の結果は、いずれも競技者レベルであった(Bangsbo et al., 2008; Cooper, 1968). Cooper Test と YYIR2 はいずれもランニングによって評価されるテストであるが、Cooper test の平均値付近は 95%信頼区間の下にプロットされる傾向が見られ(図3c), 実施方法および評価される能力の違いが両テストの関係性を高めなかった理由と推察される. 参考値ではあるが両テストの走速度は Cooper Test が $16.6 \pm 0.5 \text{ km/h}$, YYIR2 は $18.4 \pm 0.4 \text{ km/h}$ と, YYIR2 の方が有意に速かった($t=17.3, p<.05, d=0.5$). また, Cooper Test の平均速度である 16.6 km/h は YYIR2 の 7 往復目にあたる Level「6」と早いタイミングで要求される. Cooper Test は連続的な運動様式で比較的速度変化が少ないため, 一定の強度で運動を継続する基礎的な全身持久力が評価されるが, YYIR2 は一往復毎に 10 秒間のレストが設定され, 漸増的にスプリント速度が変化する間欠的な運動様式を特徴としており, 限られた時間内での回復(Krustrup et al., 2003)と反復スプリント能力が評価される. サッカー選手は 1 試合で 10~13km の距離を走行し, そのうち約 15%が高強度のスプリントである(Krustrup et al., 2005). また, 平均スプリント距離は 10~30m で試合後半には疲労によってスプリント回数が減少することが報告されている(Mohr et al., 2003). このような競技特性のため, サッカー選手の持久力を YYIR2 で評価する研究(Clemente et al., 2022; Mooney et al., 2024)が多い. しかし, サッカーは試合中に一定レベルの運動を持続するための基礎的な全身持久力の必要性を軽視することはできないため, Cooper Test と YYIR2 の両方を活用した選手のコンディショニングが, 総合的なパフォーマンスの向上に寄与すると考える.

本研究は, サイクル動作による 3mAT がランニング動作である Cooper Test と YYIR2 の代替手段として適用可能であるかを, 相関係数を用いて検討したものである. 3mAT が Cooper Test と YYIR2 の代替として活用できるならば, 実施場所を選ばず, 短時間で評価可能なテストをチームは得られる.そしてこれは選手のコンディショニングにとって大きな利点である. サイクル動作は下肢への負担が少ないことが以前から報告(Ericson and Nisell, 1986, 1987)されており,このことはサイクルエルゴメータが今日まで, トレーニング現場だけではなく医療現場でも使用されてきた理由の一つであろう.しかし, 下肢中心の 3mAT とランニングによって実施される Cooper Test と YYIR2 は筋収縮様式にも違いがあるため, テスト間の相互関係を考慮せず, 安易に代替テストとして取り入れて良いかは検討が必要であった.

ランニング動作は足が地面に接地し, その後地面を蹴るまでの過程において, 下肢筋群にはエキセントリックとコンセントリック収縮の両方が生じる. 特にエキセントリック収縮は筋線維に大きな機械的ストレスを与え, 筋痛を引き起こす主な原因となることが知られている. 一方, 等速性のコンセントリック収縮が中心のサイクル動作はエキセントリックな収縮をほとんど生じることはない.このような相違点や取り扱う変数の影響を受けてなのか, 3mAT と YYIR2 のプロット図をみると 95%信頼区間の上下両方へのバラツキが多かった(図 3b). しかし, 3mAT と Cooper Test に中程度以上の相関係数が確認されたことは, 両者が連続的で休息がないこと, そしてテスト中にペース変化が少ないという特徴が影響したと推察される. 3mAT の $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の推定値と 10 分間のサイクル動作によるプロトコルで測定された $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の級内相関係数は 0.96(Hanson et al., 2022)と, 非常に高い信頼性が報告されており, 3mAT は短時間でも $\dot{V}O_{2\text{max}}$ の推定が可能である. さらに, Cooper test の走行距離は $\dot{V}O_{2\text{max}}$ との相関が 0.96 と非常に強い(Bandyopadhyay, 2015). つまり, 両者テストは時間や動作様式の相違点がありつつも

$\dot{V}O_{2max}$ が評価でき、YYIR2 とは異なる能力をパワーと走行距離によって評価できるといえよう。

以上のことから 3mAT は実施場所を問わず、3 分間という短い時間で Cooper Test と類似した評価ができる。また、身体への負担も少ないことから怪我などでランニングには不安があるが、サイクル動作に不安を持たないサッカー選手のコンディショニング評価のひとつに 3mAT を活用していきたい。

さいごに、本研究はサッカー競技に特化したトレーニングを日々実施している対象者から得た知見であり、広く一般化が可能か体組成、競技レベル、年代等の影響も検証していくことが必要である。

V. 結論

大学男子サッカー選手に対する wattbikePro を用いた 3mAT は、YYIR2 の代替とはならないが、Cooper test の代替となりうる。

利益相反

本研究の結果に影響を与える可能性のある企業や製造業者との専門的な関係はなく、著者はこの論文に関係する利益相反がないことを宣言する。

謝辞

本研究は、2021-23 年度桃山学院大学共同研究プロジェクト「大学サッカー選手におけるオフフィートテストの有効性」(21 共 282)の成果報告のひとつである。

文献

- Bandyopadhyay A (2015) Validity of Cooper's 12-minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students, *Biol Sport*, 32(1), 59-63.
- Bangsbo J Iaia F M and Krstrup P (2008) The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports, *Sports Medicine*, 38(1), 37-51.
- Bompa T O and Haff G (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics.
- Clemente F Oliveira R Silva R Akyildiz Z Ceylan H Raya-González J González Fernández F T Araújo R Sarmiento H Lima R Silva B Matos S Chen Y S and Afonso J (2022). Discussion of Field-Based Soccer Tests for Aerobic Fitness. In (pp. 87-94).
- Cooper K H (1968) A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing, *Jama*, 203(3), 201-204.
- Driller M W Argus C K Bartram J C Bonaventura J Martin D T West N P and Halson S L (2014) Reliability of a 2-Bout Exercise Test on a Wattbike Cycle Ergometer, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 340-345.
- Driller M W Argus C K and Shing C M (2013) The Reliability of a 30-s Sprint Test on the Wattbike Cycle Ergometer, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(4), 379-383.
- Ericson M O and Nisell R (1986) Tibiofemoral joint forces during ergometer cycling, *Am J Sports Med*, 14(4), 285-290.

- Ericson M O and Nisell R (1987) Patellofemoral joint forces during ergometric cycling, *Phys Ther*, 67(9), 1365-1369.
- Favero T G and White J (2018) Periodization in College Soccer, *Strength & Conditioning Journal*, 40(3), 33-44.
- Hanson N J Scheadler C M Katsavelis D and Miller M G (2022) Validity of the Wattbike 3-Minute Aerobic Test: Measurement and Estimation of $\dot{V}O_{2max}$, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(2), 400-404.
- Herbert P Sculthorpe N Baker J S and Grace F M (2015) Validation of a six second cycle test for the determination of peak power output, *Res Sports Med*, 23(2), 115-125.
- Hopker J Myers S Jobson S A Bruce W and Passfield L (2010) Validity and Reliability of the Wattbike Cycle Ergometer, *International Journal of Sports Medicine*, 31(10), 731-736.
- Krustrup P Mohr M Amstrup T Rysgaard T Johansen J Steensberg A Pedersen P K and Bangsbo J (2003) The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity, *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Krustrup P Mohr M Ellingsgaard H and Bangsbo J (2005) Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status, *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1242-1248.
- Krutsch V Grechenig S Loose O Achenbach L Zellner J Striegel H Alt V Weber J Braun M Gerling S and Krutsch W (2020) Injury Analysis in Professional Soccer by Means of Media Reports - Only Severe Injury Types Show High Validity, *Open Access J Sports Med*, 11, 123-131.
- Mohr M Krustrup P and Bangsbo J (2003) Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue, *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.
- Mooney M Worn R Spencer M and O'brien B J (2024) Anaerobic and Aerobic Metabolic Capacities Contributing to Yo-Yo Intermittent Recovery Level 2 Test Performance in Australian Rules Footballers, *Sports*, 12(9), 236.
- Wainwright B Cooke C B and O'hara J P (2017) The validity and reliability of a sample of 10 Wattbike cycle ergometers, *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1451-1458.
- Zemková E and Pacholek M (2023) Performance in the Yo-Yo Intermittent Recovery Test May Improve with Repeated Trials: Does Practice Matter?, *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(2), 75.