

【原著論文】

全体練習中断期間中のスプリントインターバルトレーニングが大学女子サッカー選手の  
全身持久力に及ぼす影響

金子 憲一<sup>1)</sup>

1) 徳島文理大学総合政策学部

要旨

本研究では、全体練習中断期間中のスプリントインターバルトレーニング（以下 SIT）の実施が、大学女子サッカー選手の全身持久力に及ぼす影響について検討した。参加者は大学女子サッカー選手 15 名を対象とし、SIT を実施するトレーニング群（以下 TG, n=8）と 15 日間トレーニングをしないディトレーニング群（以下 DG, n=7）の 2 群に分けられた。全身持久力は Yo-Yo endurance test (Yo-Yo ET) を用いて全体練習中断前（プレテスト）、15 日間の全体練習中断後（ポストテスト）、さらに、全体練習再開 1 週間後（リテスト）に実施した。その結果、プレテストを基準にポストテストおよびリテストの Yo-Yo ET の変化率では、DG よりも TG の方が小さくそれぞれ有意な差が認められた ( $p<0.01$ ,  $p<0.001$ )。これらのことから、本研究が実施した SIT は、全体練習中断期間中の体力低下を抑制するだけでなく、トレーニング再開後の持続的パフォーマンスの迅速な回復に役立つ可能性が示唆された。

**Key words** 全体練習中断期間, ディトレーニング, Sprint interval training, Yo-Yo endurance test, 女子サッカー

1. はじめに

サッカー選手の試合中の平均心拍数は最大心拍数の 75~80%程度と、これは最大酸素摂取量の 70~75%に相当する (Bangsbo, 2015)。そのため、サッカー選手は一定水準の全身持久力（最大酸素摂

取量）を備えておく必要がある。また、試合中はヒトやボールの動く状況に応じて様々な動きを連続的に繰り返すことから、無酸素性の間欠的な運動能力も求められる。

サッカー選手の体力は、ランニングやボ

ールを用いた高強度有酸素性トレーニング (Aerobic high-intensity training, 以下 AHIT) や高強度のインターバルトレーニング (High-intensity intermittent training, 以下 HIIT), さらには, HIIT よりも強度の高いスプリントインターバルトレーニング (Sprint interval training, 以下 SIT) などによって高めることができる (Christensen et al., 2011 ; Diker et al., 2023 ; Sperlich et al., 2011). 近年の研究によると, SIT よりも HIIT の方が最大酸素摂取量をより向上させることが明らかにされており (Hov et al., 2023), この理由の一つにトレーニング全体の強度よりも有酸素性の強度 ( $90\% \dot{V}O_{2max}$  以上) の累積時間が挙げられている. 一方, この研究の SIT 実施群の無酸素性運動である 300m 走の変化率は, プレからポストにおいて有意な向上を示したのに対して, HIIT 実施群の変化率は有意な向上が示されなかった. これらの結果は, 試合中に高い有酸素性能力だけでなく無酸素性能力も求められるサッカー選手の体力トレーニングには, SIT の方が適している可能性を示唆している.

2020 年初頭から発生した COVID-19 (コロナウイルス感染症) のパンデミックによってスポーツ活動の制限や停止が余儀なくされ, このことはサッカー選手の身体

組成や体力に負の影響をもたらした

(Alvurdu et al., 2022 ; Berkowicz et al., 2021 ; Kalinowski et al., 2021 ; Parpa and Michaelides, 2021). COVID-19 のような意図的ではなく何らかの事情によってトレーニングが一時的あるいは完全に中断され, かつ, 競技を行う上で必要な筋力や持久力およびスピードなどを維持・向上させるために十分なトレーニング刺激を与えられていない状況によって, これまでに獲得してきたトレーニング効果が損なわれてしまうことをディトレーニングという

(Mujika and Padilla, 2000 ; 村岡, 2015). ディトレーニングは, 4 週間未満の比較的短い期間でも最大酸素摂取量が 4 ~14%低下すると報告されている

(Mujika and Padilla, 2000 ; Mujika and Padilla, 2008 ; 村岡, 2015 ; Powers and Howley, 2020). また, 2 週間程度のディトレーニングでもスプリントを繰り返す行う間欠的運動能力が低下することが報告されている (Christensen et al., 2011). これらのことに対して, シーズン終了後などのサッカー選手の体力はランニングやボールを用いた AHIT や HIIT を取り入れることで体力を維持することができる (Christensen et al., 2011 ; Joo, 2018). しかし, COVID-19 のような活動制限のあるディトレーニング期間 (以下,

これより本研究では全体練習中断期間と表記する)では、グラウンドに集まってそれらのトレーニングを行うことは困難である。したがって、そのような状況下でも、サッカー選手が個別に実施できるトレーニング方法を検討する必要がある。

一方、自転車エルゴメータを用いてHIITを実施した研究において最大酸素摂取量の向上が報告されている (Tabata, 1996 ; Tabata, 2019)。自転車エルゴメータを用いてトレーニングを行うことは、時間的な制約や三密を避けるなどの制限下の全体練習中断期間において合理的なトレーニング方法の一つであると思われる。前述の通り、SITは最大酸素摂取量だけでなく無酸素性を向上させることが報告されているもの (Hov et al., 2023 ; Rowan et al., 2012)、これまでの研究では、主に、屋外でのスプリント走によって行われることが多く、サッカー選手を対象に自転車エルゴメータを用いてSITの効果を検証した研究は行われていないようである。COVID-19のような突発的な全体練習中断期間にSITを実施することは、早期の競技復帰に向けてサッカー選手のコンディションに活用できる可能性がある。加えて、これまでのディトレーニング期間後の体力変化を調査した先行研究 (Joo, 2018 ; Joo, 2016 ; Suarez-Arrones et al., 2019)

の対象者はすべてが男性であり、女性を対象とした研究はなされていない。したがって、女性アスリートを対象に全体練習中断期間中のトレーニング方法およびその効果を検討することは、貴重なエビデンスの一つになりうると考えられる。

そこで、本研究では、全体練習中断期間中のSITの実施が、大学女子サッカー選手の全身持久力に及ぼす影響について検討することを目的とした。なお、本研究では、全体練習中断期間中にSITを実施する群とそうでない群では、トレーニング再開直後だけでなくその後の体力の変化において体力に差が出るという仮説を立てた。

## 2. 研究方法

### 2.1 参加者

参加者は、大学女子サッカー選手15名 (年齢:  $19.9 \pm 0.9$  歳, 身長:  $157.4 \pm 4.4$ cm, 体重:  $51.6 \pm 5.5$ kg, 競技経験年数:  $11.3 \pm 2.9$ 年)であり、全員がフィールドプレーヤーであった。本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に遵守し、文書にて実験の目的、方法、危険性およびデータの管理方法等、インフォームドコンセントに関する十分な説明を口頭および書面にて行い、実験参加への同意を署名により得た。また、実験参加に同意した後でも測定期間中であれば文書により同意を撤回できることを説

明し、実験参加者が不利益を受けないように配慮した。なお、本研究は、徳島文理大学倫理審査委員会の承認を得て実施した。

## 2.2 実験設定およびデータ収集

図1には、本研究の実験デザインを示した。事前の評価として、Pre-test（以下、プレまたはプレテスト）において全身持久力を計測した。このうち、プレテストの全身持久力の結果をもとに群間に差が生じないように2群に分類し、それぞれSITを行うトレーニング実施群（Training Group：TG，n=8）と15日間トレーニングを実施しないディトレーニング群（De-training Group：DG，n=7）に分け、全体練習中断期間終了後にPost-test（以下、ポストまたはポストテスト）を実施した。DGには、全体練習中断期間に自発的に運動をしないように指示した。さらに、トレーニングを再開して1週間後に再び全身持久力のRe-test（以下、リテスト）を

実施した。全体練習中断期間中のTGのSITは、先行研究（Joo, 2018）を参考に15日間で5回実施した。全体練習中断期間およびポストテスト終了後、両群ともにチームのトレーニングを再開し、リテストまでに4回、通常のボールを用いたチームトレーニング（90～120分）を行った。なお、TGの5回のSITおよび両群のポストテスト後の4回のチームトレーニングにおいて欠席者はいなかった。

## 2.3 全身持久力の測定

全身持久力の測定は、Bangsbo（1994）によって考案されたYo-Yo Endurance Test（以下、Yo-Yo ET）を用いた。このテストは、時速8km（20mを9秒で走る速度）から始まり、20mの距離をシグナル音に合わせて走りだし、次のシグナル音が鳴るまでに再び20m先までに着くようにスピードを調節する。20m位置でターンをし、再び、次のシグナル音ま

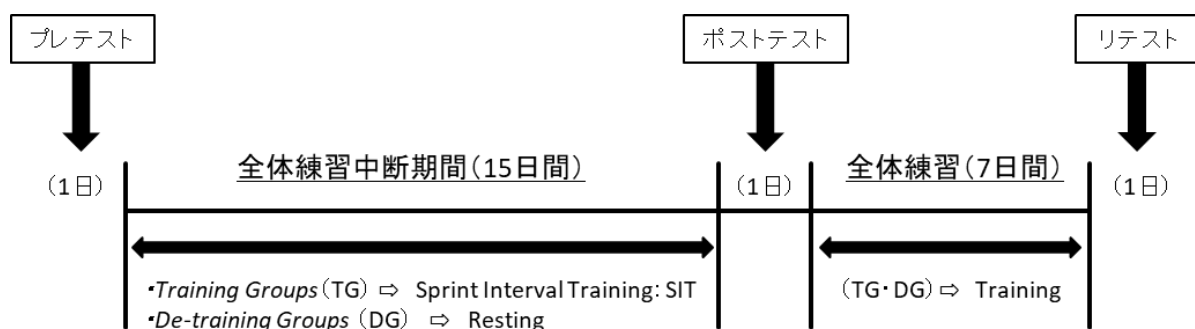


図1 実験デザイン

でに 20m 位置まで移動していく。シグナル音の間隔は徐々に短くなるため、ランニングスピードを高めて限界まで走り続け、シグナル音についていけなくなった時点までの距離が記録 (m) となる。

## 2.4 スプリントインターバルトレーニング (SIT)

SIT は、先行研究 (Tabata, 1996 ; Tabata, 2019 ; Hov et al., 2023) を参考に、固定式自転車 (Wattbike Pro, Wattbike 社製) を用いて実施した。TG は、ストレッチと 10 分間ランニングマシンにて十分にウォーミングアップを行った後、SIT を実施した。参加者は固定式自転車のサドルの高さと奥行きを調整しペダルに足を固定した。体重値を入力後、車輪の空気抵抗の負荷は予備実験の状況を踏まえて本研究ではレベル 3 で設定を統一した。全ての準備が整った状態から、参加者に 20 秒間の全力ペダリング (10 秒の休息) を最大で 8 セット、疲労困憊に至るまで最大努力で行わせた。その間、検者は固定式自転車の横で時間計測を行った。なお、参加者には、トレーニング中のパワー出力 (W) の目安として、常時モニター上の数値においてペダルこぎの回転数を 90 (回転/分) 以上、かつ、200W 以上を超えるように求めた。SIT 終了後、クールダウン

はランニングマシンとストレッチを 10 分程度実施した。コロナ禍を想定し全体のトレーニングを 30 分程度で終了するように配慮した。

## 2.5 統計処理

各変数は、平均値±標準偏差 (SD) および中央値で示した。ポストとリテストにおける TG と DG の差の比較には、マン・ホイットニーの U 検定 (Mann-Whitney U-test) を用いた。さらに、SIT の効果を検証するために効果量 (r) を算出した。帰無仮説として、TG と DG のポストとリテストの値には差がないとし、対立仮説として、TG と DG のポストとリテストの値には差があるとした。いずれの検定においても、危険率 5%未満をもって有意とした。

## 3. 結果

表 1 には、Yo-Yo ET の中央値 (四分位値) を示した。両群ともに Yo-Yo ET は、プレからポストにかけて低下し、リテストではポストよりも高値を示した。

図 2 には、プレの Yo-Yo ET の結果を基準 (帰無仮説) にポストとリテストの Yo-Yo ET の変化率を示した。Yo-Yo ET のポストとリテストの変化率には、それぞれ統計上有意な差が認められた (ポスト (図 2

表1 Yo-Yo ETの中央値(四分位値)

Variables		Median [interquartile range]		
endurance ability		Pre	Post	Retest
Distance (m)	TG	1980[1960-2010]	1940[1910-1960]	1990[1960-2020]
	DG	2040[1810-2180]	1740[1660-1890]	1900[1740-2040]

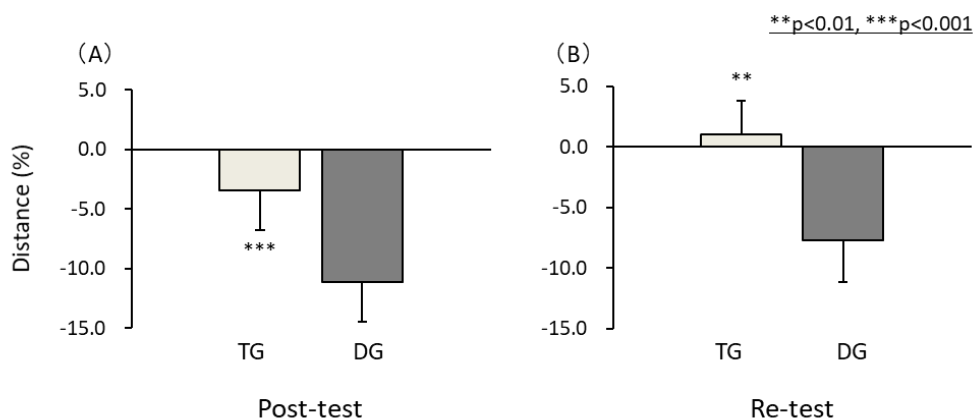


図2 Yo-Yo ETの変化率の比較

(A) ; TG : -3.4%, DG : -11.1%,  
 $p < 0.001$ , 効果量 ( $r$ ) = -0.81, リテス  
 ト (図 2 (B)) ; TG : 1.0%, DG : -  
 7.7%,  $p < 0.01$ , 効果量 ( $r$ ) = -0.69).  
 その結果, 帰無仮説が棄却され対立仮説が  
 採択された.

#### 4. 考察

本研究では, 大学女子サッカー選手を対  
 象に短期間の全体練習中断期間中に固定式  
 自転車による SIT の実施がトレーニング  
 再開直後およびその後の体力の変化につい  
 て検討した. その際, 本研究では,  
 COVID-19 のような時間的な制約や三密を  
 避けるなどの制限下のある全体練習中断期

間を想定して, 休息時間を合わせても 4 分  
 程度で終了する非常に短いプロトコルを採  
 用した (Tabata, 1996 ; Tabata, 2019).

SIT の介入に関わらず両群の Yo-Yo ET  
 はプレからポストにかけて低下した (表  
 1, 図 2). 全体練習中断期間中の TG は  
 SIT によって体力を維持・向上させること  
 ができなかった. このことについて, SIT  
 は最大酸素摂取量が発生する最大有酸素速  
 度 (Maximal Aerobic Speed) の 150%以  
 上と運動強度が非常に高いため (Tabata,  
 1996 ; Hov et al., 2023), トレーニングを  
 開始すると急激な疲労が生じる. その際,  
 酸素輸送能力や活動筋での酸素利用能力を  
 反映する VO2 kinetics も停滞するため,

したがって、本研究のような短いインターバルの SIT では、有酸素性能力への適応を引き起こす効果が低かった可能性がある (Hov et al., 2022 ; Olek et al., 2018). さらに、サッカーの競技特性や動作様式とは互換性のない固定式自転車を用いての SIT の効果を Yo-Yo ET によって検討している点も考慮すべきかもしれない。

一方、ポストから1週間後に実施したりテストの結果をみると、TGの Yo-Yo ET は、プレの値を上回る傾向を示した (表1, 図2 (B)). すなわち、本研究の SIT では、選手の体力を一定水準に維持することは叶わなかったが、トレーニング再開後に選手の体力が全体練習中断期間前の水準にまで早期の回復傾向を示したことを鑑みると、TGの骨格筋の代謝機能に対して、少なからず SIT による働きかけがあったと推測できる。このことについて、自転車エルゴメータを用いて6週間の HIIT (30秒間全力ペダリング×4~6セット, 週3回) を実施した研究 (Burgomaster et al., 2007) によれば、6週間のディトレニングを経過しても、糖輸送タンパク質 (筋 GLUT4) や筋ミトコンドリアの代謝機能がプレよりも高い値が維持されていたと報告されている。また、アスリートが活動を停止すると、その直後から筋ミトコンドリア容量の減少が起こるが、再びトレーニン

グを開始すると筋ミトコンドリア容量が急激に増加することが明らかにされている (Madsen et al., 1993 ; Mujika and Padilla, 2000 ; Mujika and Padilla, 2008 ; Powers and Howley, 2020). ゆえに、本研究の TG では、全体練習中断期間中では、HIIT でみられる代謝応答のように SIT による生体内の糖輸送タンパク質や筋ミトコンドリアの代謝機能への働きかけがあり、そして、トレーニング再開後には、身体活動量の増加による筋ミトコンドリア容量の急激な増加が起こり、リテストでは、SIT によるそれまでの生体反応効果と身体活動量の増加などの影響が相まって、プレと同程度のパフォーマンス (Yo-Yo ET) を示したのではないかと推察される。一方、DG の変化率はポストで-11.1%, リテストでも-7.7%とトレーニング再開後、1週間を経ても体力が戻っていないことが明白であった (図2 (B)). そのため、全体練習の中断 (自粛) 期間が続くような場合には、サッカー選手の体力 (全身持久力) が顕著に低下する可能性が高く、そのような状態で運動を再開することは極めて危険であり、ケガのリスクも高まることが予想されるため、ケガの予防を徹底しながら負荷強度を段階的に上げていくことが望ましいと思われる (公益財団法人日本サッカー協会, 2021)

## 5. 本研究の限界

本研究では、SITの効果をパフォーマンス (Yo-Yo ET) の変化で検討しているが SITによる生体反応効果を詳細に説明することはできない。また、本研究では、参加者の月経周期が本結果に与える影響を考慮していない。

## 6. 結論

本研究では、大学女子サッカー選手を対象に全体練習中断期間中のSITの実施がトレーニング再開後の全身持久力に及ぼす影響について検討した。その結果、本研究が実施した固定式自転車によるSITは、全体練習中断期間中の体力低下を抑制するだけでなく、トレーニング再開後の持続的パフォーマンスの迅速な回復に役立つ可能性が示唆された。

## 文献

Alvurdu, S., Baykal, C., Akyildiz, Z., Senel, Ö., Silva, A.F., Conte, D., and Clemente, F.M. (2022) Impact of prolonged absence of organized training on body composition, neuromuscular performance, and aerobic capacity: A study in youth male soccer players exposed to COVID-19 lockdown. *Int. J. Environ.*

*Res. Public Health.* 19: 1148.  
 Bangsbo, J. (2015) *Fitness training in football: A scientific approach*, 1994.  
 Bangsbo, J., M. Mohr, M. (2015) (著), 長谷川裕, 安松幹展 (訳): パフォーマンス向上に役立つサッカー選手の体力測定と評価, 大修館書店, 東京, pp7-22.  
 Berkowicz, K., Obmiński, Z., Michnik, K., and Czaja, R. (2021) The impact of COVID - 19 lockdown on aerobic capacity in female soccer players. *J. Kinesiology and Exerc. Sci.* 96 (31): 49-53.  
 Burgomaster, K.A., Cermak, N.M., Phillips, S.M., Benton, C.R., A. Bonen, A., and Gibala, M.J. (2007) Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. *Am.J. Physiol. Regul Integr Comp. Physiol.*, 292, R1970-R1976.  
 Christensen, P.M., Krstrup, P., T.P. Gunnarsson, T.P., Kiilerich, K., Nybo, L., and Bangsbo, J. (2011) VO2 kinetics and performance in soccer players after intense training and inactivity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43(9):1716-1724.



- Diker, G., Darendeli, A., Chamari, K., Dellal, A., Müniroğlu, S., Ön, S., and Özkamçı, H. (2023) Recovery time variation during sprint interval training impacts amateur soccer players adaptations - a pilot study. *Biol Sport*. 40(2):417-424.
- Hov, H., Wang, E., Lim, YR., Trane, G., Hemmingsen, M., Hoff, J., and Helgerud, J. (2023) Aerobic high-intensity intervals are superior to improve VO<sub>2</sub>max compared with sprint intervals in well-trained men. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 33(2), 146-159.
- JFA | 公益財団法人日本サッカー協会：サッカー活動再開に向けたフィジカルガイドライン（育成年代向け）Sports assist you～いま，スポーツにできること～，[https://www.jfa.jp/grass\\_roots/sportsassistyou/physical\\_guideline.html](https://www.jfa.jp/grass_roots/sportsassistyou/physical_guideline.html), 2021.（2023年6月1日閲覧）
- Joo, C.H (2018) The effects of short term detraining and retraining on physical fitness in elite soccer players. *PLoS One* 13(5): e0196212.
- Joo, C.H (2016) The effects of short-term detraining on exercise performance in soccer players. *J. Sport Rehabil*. 12(1): 54-59.
- Kalinowski, P., Myszkowski, J., and Marynowicz, J. (2021) Effect of online training during the COVID-19 quarantine on the aerobic capacity of youth soccer players. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18: 6195.
- Madsen, K., Pedersen, P.K., Djurhuus, M.S., and Klitgaard, N.A. (1993) Effects of detraining on endurance capacity and metabolic changes during prolonged exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol*. 75:1444-1451.
- Mujika, I., and Padilla, S. (2000) Detraining: Loss of training induced physiological and performance adaptation. Part I. Short term insufficient training stimulus. *Sports Med*. 30(2): 79-87.
- Mujika, I., and Padilla, S. (2008) Physiological and performance consequences of training cessation in athletes: detraining. In: Frontera WR ed., *Rehabilitation of sports injuries: scientific basis*, Blackwell Science, pp117-143.
- 村岡 功 編著 (2015) 新・スポーツ生理学，東京，有限会社市村出版，pp162-175.

- Olek, R.A., Kujach, S., Ziemann, E., Ziolkowski, W., Waz, P., and Laskowski R. (2018) Adaptive Changes After 2 Weeks of 10-s Sprint Interval Training With Various Recovery Times. *Front Physiol.* 9: 392.
- Parpa, K., and Michaelides, M.A (2021) The impact of COVID-19 lockdown on professional soccer players' body composition and physical fitness. *Biol. Sport.* 38(4): 733-740.
- Powers, S.K., E.T. Howley, E.T (著), 内藤久士, 柳谷登志雄, 小林裕幸, 高澤祐治監修 (2020) パワーズ運動生理学—体力と競技力向上のための理論と応用—, 東京, 株式会社メディカル・サイエンス・インターナショナル, p302-340.
- Rowan, A.E., Kueffner, T.E., and Stavrianeas, S (2012) Short Duration High-Intensity Interval Training Improves Aerobic Conditioning of Female College Soccer Players. *Int. J. Exerc. Sci.* 5(3): 232-238.
- Sperlich, B., M.D. Mareš, M.D., Koehler, K., Linville, J., Holmberg, H., and Mester, J. (2011) Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 25(5):1271-1278.
- Suarez-Arrones, L., Lara-Lopez, P., Maldonado, R., Torreno, N., De Hoyo, M., Nakamura, F.Y., Di Salvo, V., and Mendez-Villanueva, A. (2019) The effects of detraining and retraining periods on fat-mass and fat-free mass in elite male soccer players. *Peer J*, 7, Article e7466.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., and Yamamoto, K. (1996) Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28: 1327-1330.
- Tabata, I (2019) Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *J. Physiol. Sci.* 69: 559-572.

(令和5年10月11日受理)