

## ○ Session I 講演

## 中距離走パフォーマンス向上のための スプリント・インターバル・トレーニング

吉岡 利貢  
(環太平洋大学教授)



### I. はじめに

陸上競技の中距離走におけるエネルギー代謝についてはこれまで数多くの研究がおこなわれているが、それらを概観すると、いわゆる無酸素性エネルギー供給系 (ATP-PCr系および解糖系) 由来のエネルギーに、800 m では男子で40%、女子で30%、1500 m では男子で25%、女子で15%程度依存している (Duffield and Dawson, 2005a; b) (図1)。このことを考慮すると、中距離走パフォーマンスを高めるためには、主に最大酸素摂取量 ( $\dot{V}O_{2max}$ ) によって評価される有酸素性エネルギー供給能力に加えて、最大酸素借によって評価される無酸素性エネルギー供給能力も高める必要がある。限られたトレーニング時間の中で両エネルギー供給能力を高めるために、著者がコーチを務める大学中距離チームでは、30秒程度の全力運動を複数回繰り返すスプリント・インターバル・トレーニング (Sprint Interval Training: SIT) をトレーニング計画の中心に位置づけている。スプ

リントトレーニングは、従来、無酸素性エネルギー供給能力を高めるためのトレーニング (McKenna et al., 1997) と考えられてきたが、これを長すぎない休息時間を挟んで繰り返すことで、有酸素性エネルギー供給能力の向上にも効果が高いことが明らかにされている (Sloth et al., 2013)。著者のチームでは、このトレーニングを導入してから、男子800 mの日本記録 (吉岡ほか, 2022)、男子1000 mのU20日本記録樹立をはじめ、競技レベルを問わず、ほぼすべての選手が自己記録を大幅に短縮している。本稿では、大学生中距離ランナーにおけるSITの実践方法とその効果について紹介する。

### II. トレーニング内容の変化とチームパフォーマンスの変遷

図1は、著者がコーチを務める大学中距離チームにおける日本インカレの標準記録突破者数を800 mと1500 mに分けて示したものである。日本インカレに出場するためには、Aある

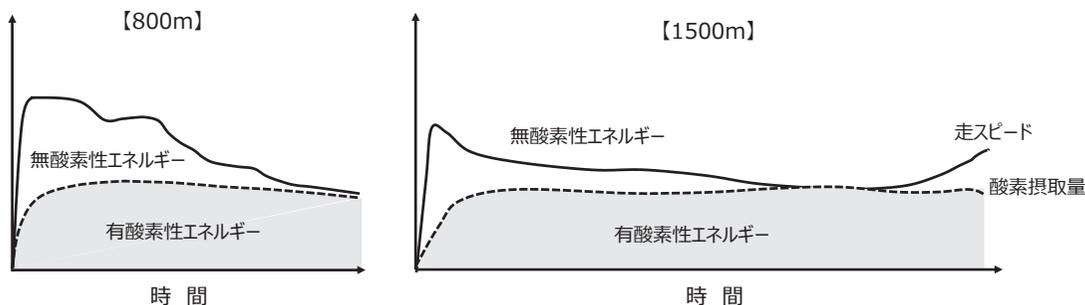


図1 中距離走におけるエネルギー代謝

いは B 標準記録を突破するか、所属地区のインカレで優勝する必要がある。A 標準記録突破者は最大 3 名、B 標準記録突破者および地区インカレ優勝者は合わせて最大 1 名まで出場できる。ここに示した数値は、A および B 標準記録の突破者を合わせたものである。

著者がコーチに就任した最初の年には、男子 1500 m で 1 名の A 標準記録突破者がいたが、その後、2015 年までは標準記録の突破者は 0 であった。そこで 2016 年シーズンを迎える 2015 年の冬からトレーニング内容を一新した。すなわち、それまで週に 2 回程度行う短時間高強度のトレーニングは、レースにおける走距離を分割し、短時間のリカバリーを挟んで繰り返す“分割型インターバル・トレーニング”がほとんどだったのに対して、それ以降は、全力に近い強度でのスプリントを 4 分の休息時間を挟んで繰り返す SIT に変更した。その結果、2016 年に 1 名の選手が日本インカレの標準記録を突破、その後、多少の増減はあるものの、順調に突破者が増加し、2022 年には男女合わせて 17 名の選手が標準記録を突破した。

### III. SIT とは

上述のように順調にチームのパフォーマンスが高まった主な要因の一つである SIT は、30 秒から 45 秒の全力に近い運動を 4 分間あるいはシリーズ間の 25 分間の休息時間を挟んで、7～8 回程度繰り返すものであった。SIT が 30 秒間の全力ペダリング時におけるパワーに及ぼす効果を検証した McKenna et al. (1997) は、7 週間のトレーニングによって最高パワーから最低パワーへの低下率が抑えられ、総仕事量が有意に向上したことを報告している。その後、Burgomaster et al. (2005) が、無酸素性エネルギー供給能力に加えて、有酸素性エネルギー供給能力の代表的な指標である  $\dot{V}O_{2max}$  をも向上させることを報告すると、その後も数多くの研究者が同様の報告をしている (Sloth et al., 2013)。

なお、異なる運動時間における全力ペダリング時のエネルギー代謝を評価した Serresse et al. (1988) は、ATP-PCr 系、解糖系および酸化系の貢献率が、10 秒ではそれぞれ 53%、44% および 3%、30 秒では 23%、49% および 28%、90 秒では 12%、42% および 46% 程度であることを報告している。また、90 秒間の全力ペダリ

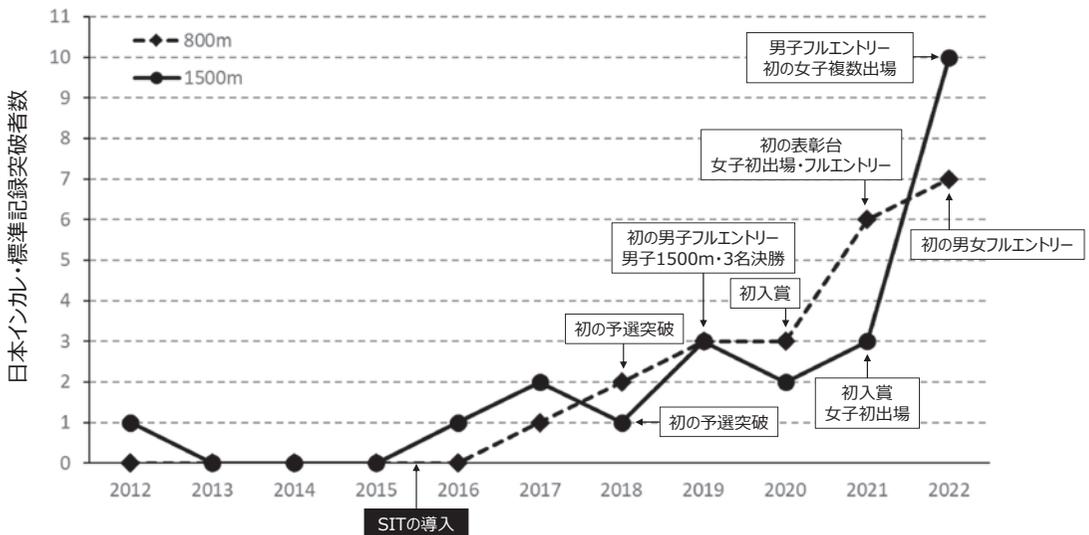


図 2 日本インカレ標準記録突破者数の推移

ング中の 15 秒毎のエネルギー代謝を評価すると、15 秒から 45 秒までの区間においては解糖系の割合が最も高かった。これらを勘案すると解糖系を含む無酸素性エネルギー供給能力の向上を目指す際には、45 秒以内の全力運動を繰り返し行う方法が効果的であると考えられる。実際、Hazell et al. (2010) は、30 秒間の全力運動を 4 分の休息を挟んで繰り返す SIT と 10 秒間の全力運動を 4 分間の休息を挟んで繰り返す SIT では、解糖系の能力を向上させるためには前者が効果的であったことを報告している。一方、有酸素性能力の向上には上記のグループ間で差が認められなかったこと、10 秒間の全力運動を 2 分間の休息を挟んで行った際には、その効果は小さくなったことも報告している。

上述のように、中距離走パフォーマンス向上のためには無酸素性エネルギー供給能力と有酸素性エネルギー供給能力の両方を向上させるバランスの良いトレーニングプログラムの構築が必要である。現在のところ、30 秒から 45 秒の全力運動を 4 分間の休息時間を挟んで行う SIT が、中距離走パフォーマンスを向上させる最も効果的な方法の一つといえよう。

#### IV. SIT の実践

以上の研究結果を勘案し、著者のチームでは、一般的準備期には、スレッド (100~120 m)、自転車エルゴメータ (30 秒) および上り坂 (170~185 m) を用いたスプリント、専門的準備期および試合期にはトラックでの 300 m あるいは 250 m のスプリントを 4 分間の休息を挟んで繰り返す SIT を実践している (表 1)。

一般的準備期に用いているスレッドおよび上り坂においては、接地してから地面を押す (あ

るいは蹴る) のではなく、最も大きな力を加えられる場所を強く踏む意識を持たせることでスプリント技術の改善にも努めている。また、自転車エルゴメータは、シート高を上前腸骨棘高、グリップ高をシート高と同じかそれより低い位置に設定させた上で、ペダルが下死点にある際に膝関節がやや屈曲しているかどうかを確認している。これらの設定はランニングと同様に股関節伸展筋群を強く動員するためのものである (吉岡ほか, 2016)。著者はこれまでに、自転車ペダリング時にランニング時と著しく異なる筋群を動員した場合にはランニングによるパフォーマンスが向上しないばかりか、低下する可能性もあることを指摘している (吉岡ほか, 2010)。なお、一般的準備期においてトラックでのスプリントを行わない理由は、運動 1 サイクルにおける筋の活動時間の割合が高い運動を採用することで、筋の活動レベルを高め、それによって無酸素性エネルギー供給能力 (吉岡ほか, 2010b) および有酸素性エネルギー供給能力、とりわけ筋での酸素の抜き取り能力 (吉岡ほか, 2009) をランニングよりも効率よく高めるためであった。また、低温環境下でのトレーニングとなるため、障害のリスクを軽減する意味も含まれている。

専門的準備期および試合期に行うトラックでの SIT は筋へのダメージも大きく、最大 8 本を連続して実践した場合に速度の低下が極めて大きい。そのため、8 本を 2 シリーズに分け、シリーズ間には 25 分の休息時間を設けている。表 2 は、男子 800 m および 1500 m でチーム最高記録を持つ 2 選手の実践例 (各シーズンで最も平均タイムの高かったトレーニングのタイム) を示したものである。自己記録を樹立した

表 1 SIT の実践方法一覧

手段	時期	距離・時間	負荷	本数	休息时间	シリーズ	休息时间
スレッド	一般的準備期	100~120m	体重×0.3~0.4kg	7	4分	1	---
自転車	一般的準備期	30秒	体重×0.06kp から漸減	8	4分	1	---
上り坂	一般的準備期	30秒 (170~185m)	---	4	4分	2	15分
トラック	専門的準備期・試合期	250m or 300m	---	4	4分	2	25分

表 2 トラックでの SIT の実践事例 (300m タイムの推移)

	SB	①				②				①平均	②平均	全平均	
		1	2	3	4	1	2	3	4				
A	大学 3 年	1:49.64	39.1	40.3	39.2	42.4	40.8	41.6	42.0	39.7	40.3	41.0	40.6
	大学 4 年	1:45.75	37.3	38.0	37.7	39.9	38.0	38.2	39.3	41.1	38.2	39.2	38.7
B	大学 1 年	3:53.28	40.3	40.9	40.1	40.3	41.3	41.8	41.4	41.4	40.4	41.5	41.3
	大学 2 年	3:52.40	39.2	39.8	39.7	40.9	40.5	41.1	40.9	41.3	39.9	41.0	40.8
	大学 3 年	3:40.90	39.6	39.6	39.1	40.2	42.1	40.3	40.1	40.8	39.6	40.8	40.3
	大学 4 年	3:41.24	40.2	39.8	39.9	41.0	40.6	40.5	40.5	40.3	40.2	40.5	40.4

シーズンの平均タイムが最も優れていること、多くのケースにおいて 2 シリーズ目の 1 本目のタイムが 1 シリーズ目の 4 本目より優れていることが分かる。自転車エルゴメータでの 30 秒間の全力運動 2 本を様々な休息時間を挟んで行い、その際のパワーおよびエネルギー代謝の変化を比較した白木ほか (2022) は、4 分間の休息を挟んだ場合には最高パワーおよび平均パワーの有意かつ著しい低下が見られるのに対して、20 分間の休息を挟むと、1 本目と 2 本目のパワーに有意な差がなくなることを報告している。シリーズ間に 25 分の休息時間を設けることによって、上述の実践例からは、このことに近い現象が起きていることが推察される。一方、30 秒の全力運動を 4 分の休息を挟んで繰り返す SIT が、ミトコンドリアのエネルギー産生に関わる酵素の 1 つであるクエン酸合成酵素 (citrate synthase: CS) 活性を 11~42% 改善 (MacDougall et al., 1998; Barnett et al., 2004; Burgomaster et al., 2005, 2006, 2008) するのに対して、休息時間を 20 分にすると CS 活性が改善されなかった (Liljedahl, 1996) との報告もある。これらを勘案すると、8 本のスプリントを 4 本ずつ 2 シリーズに分けて実践する方法は、各シリーズで有酸素性エネルギー供給能力を高められ、かつ、シリーズ間に十分な休息時間を設けることで最大パワーも効果的に高められる方法といえる。

また、2021 年のトラックシーズンを前にした専門的準備期の直前には、低酸素環境下で、2 週間で 6 回の SIT も実践した (橋爪ほか, 2022)。自転車エルゴメータにおける負荷は、

1 本目は体重×0.06 kp とし、その後 4 本目までは 0.1 kp ずつ漸減させ、5 本目以降は 4 本目から 0.4 kp 減じた負荷で一定とした。これらの負荷は、それまでのトレーニングから導いたもので、股関節伸展筋群を強く動員する適切なペダリングを継続できることを最優先した。このトレーニングの結果、前後の測定を実施できた 11 名の選手のうち 10 名の  $\dot{V}O_{2max}$  (68.9 mL/kg/min → 71.9 mL/kg/min)、漸増負荷テストにおける最高走速度 (19.5 km/h → 19.9 km/min) および最高血中乳酸濃度 (10.5 mmol/L → 12.0 mmol/L) が向上した。また、このトレーニングから 3 か月以内にすべての対象者が 800 m あるいは (および) 1500 m の自己記録を更新 (800 m: 1 分 54 秒 81 → 1 分 53 秒 98, 1500 m: 3 分 54 秒 55 → 3 分 50 秒 30)、最終的にはシーズン中に 800 m で平均 2 秒以上、1500 m で 7 秒以上、自己記録を短縮した。なお、この中には、この年に 800 m で日本記録をマークした選手も含まれる (吉岡, 2022)。

なお、SIT の実践頻度は、上述の低酸素環境下で週に 3 回のトレーニングを行った時期を除いて、一般的準備期は週に 2 回、専門的準備期は 1~2 回、試合期は 1 回であった。なお、専門的準備期および試合期には、この回数に加えて、600 m や 1000 m といった、それぞれ 800 m および 1500 m の実戦的トレーニングを実践した後に、本数を減らして SIT を行うケースもあった。

## V. 男子 800 m 日本タイ記録樹立に向けた実践事例

上述のように、著者のチームで4年間トレーニングした選手が800 mで日本タイ記録をマークした。前年まで1分49秒64が自己記録であったこの選手は、その年の2月末に低酸素環境下でのSITを2週間実践し、その1か月後の4月上旬に1分48秒67の自己新記録、さらに1か月後に1分47秒71をマークして日本グランプリシリーズ初優勝、その1か月後には1分46秒50の日本歴代5位の記録で日本グランプリシリーズ2勝目を挙げると、その1か月後に、1分45秒75の日本タイ記録をマークした(表4)。

その過程におけるSITの実践の概要とレースでの成績を図2に、各時期のトレーニングの詳細を表4に示した。4か月にわたる長いシーズンを通して記録を短縮し続けられた背景には、低酸素環境下でのSITから常酸素環境下でのSITに移行した2月末から4月にかけてのトレーニングの流れを5月から6月にかけてのトレーニングに応用したことが大きい。すなわち、シーズン中にもかかわらず、低酸素環境下での自転車エルゴメータを用いたSITを実践することで、さらなる $\dot{V}O_{2max}$ の向上を図った。ただし、トラックでのSITを中断するリスクを回避するために、1回のトレーニングのうち前半を常酸素環境下(トラック)で、後半を低酸素環境下で実施することとした。その結果、6月上旬には東京オリンピックの参加標準記録であ

る1分45秒20を視野に入れ、下旬には1分44秒台も確信するレベルまでトレーニングのレベルを向上させることができた。すなわち、この時期には、800 mの通過をイメージしつつ600 mを77秒5で走った後、25分の休息を挟んで400 mを48秒3、さらに25分の休息を挟んで300 mを37~38秒台で2本、4分の休息時間を挟んで繰り返すことができた(いずれも300 mトラックでの手動計時)。歴代の世界記録の平均ペース(Casado et al., 2021)をベースに考えた時、600 mを77秒5で通過することができれば、1分44秒6で走ることが可能である。結果的に1分44秒台には届かなかったものの、

2/22~	低酸素・自転車SIT
	常酸素・ランニングSIT
4/3	東京陸協ミドルディスタンスチャレンジ 中四国学生新記録・1分48秒52
	常酸素・ランニングSIT
5/3	日本GPシリーズ・静岡国際陸上 優勝・1分47秒71
	低酸素自転車SIT   常酸素ランニングSIT
6/6	デンカアスレチックスチャレンジカップ 優勝 & 日本歴代5位・1分46秒50
	常酸素・ランニングSIT
6/27	日本陸上競技選手権 5位・1分47秒21
	低酸素・自転車SIT   常酸素・ランニングSIT
	常酸素・ランニングSIT
7/17	ホクレンディスタンスチャレンジ 1分45秒75 NR

図3 男子800m日本タイ記録樹立に向けたSITの実践計画

表3 日本タイ記録樹立までの過程

	シーズン最高記録	日本ランク	高校/大学ランク	主な実績
高1	2.04.12	---	---	---
高2	2.01.17	---	---	---
高3	1.52.58	122	20	えひめ国体・6位
大1	1.51.64	65	43	U20日本選手権・4位
大2	1.50.04	33	23	日本学生個人選手権・優勝
大3	1.49.64	18	11	日本インカレ・6位
大4・4月	1.48.52	1	1	中四国学生新記録
大4・5月	1.47.71	1	1	日本GP静岡・優勝
大4・6月	1.46.50	1	1	日本GP新潟・優勝(日本歴代5位)
大4・7月	1.45.75	1	1	日本タイ記録

表 4 各トレーニング期における計画（グレー塗が SIT を含む日）

	2/08	2/09	2/10	2/11	2/12	2/13	2/14
一般的 準備期	Jog	Jog	HeavyWeightResistanceTr.	Jog	6-10kmJog	HWRT	---
	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps --- SledSprint 7*100m@Light R: 4min --- Jog	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps --- 2*600mFlx.Circuit 1*600mExt.Circuit R: 5min --- HI-Fartlek: 2-3 (7:1:2min) II: 7min, III: 1min, I: 2min --- HipShuttle: 2*1R	Free	[Softball-Hill] Drill Plyometrics --- 2 (4*170m) R: 4min S: 5minJog+15min --Jog-- 5*200m R: 100mWalk	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m --- HipShuttle: 2*2R --- SaturdayLongRun	Free
一般的 準備期 (低酸素 Tr. 期)	2/22 Jog	2/23 Jog	2/24 HWRT	2/25 Jog	2/26 6-10kmJog	2/27 HWRT	2/28 ---
	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 3*50m --- Hypoxic Training ④ 7*30sec R: 4min --- #1: 6% BodyWeight #2: #1 -0.1kp #3: #2 -0.1kp #4: #3 -0.1kp #5: #4 -0.4kp #6: =#5 #7: =#5 --- Jog	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps --- LI-Fartlek: 4-5 (9:1min)	Jog 1*600mFlx.Circuit 1*600mExt.Circuit R: 5min --- Hypoxic Training ③ 4*30sec R: 4min --- #1: 6% BodyWeight #2: #1 -0.1kp #3: #2 -0.1kp #4: #3 -0.1kp --- Jog	Free	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 3*50m --- Hypoxic Training ④ 7*30sec R: 4min --- #1: 6% BodyWeight #2: #1 -0.1kp #3: #2 -0.1kp #4: #3 -0.1kp #5: #4 -0.4kp #6: =#5 #7: =#5 --- Jog	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps --- 5-10*200m R: 100mWalk + Jog --- HipShuttle: 2*2R	Free
専門的 準備期	3/08 Jog	3/09 Jog	3/10 HWRT	3/11 Jog	3/12 6-10kmJog	3/13 HWRT	3/14 ---
	VO2max & RunningEconomy --- HillDrill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps --- 2 (4*300m) R: 4min, S: 25min +5*300m w/o spikes R: 1min	Drill MarkSprint --- LI-Fartlek: 4-5 (9:1min) --- HipShuttle: 2*2R	Free	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps --- 600m --25min-- 800m@v1500mFastStart --15min-- 3*300m R: 4min	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog --- HipShuttle: 2*2R	Free
試合期 (シーズン序盤)	4/12 Jog	4/13 Jog	4/14 HWRT	4/15 Jog	4/16 6-10kmJog	4/17 Jog	4/18 ---
	Drill BoxJump --- 700m@EvenPace --25min-- 800m@1500mFastStart --25min-- 2*400m R: 4min	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog	[Softball-Hill] Drill Skipping & Bounding --- 4-5 (200-200-150-100m) R: 90, 70, 70sec, S: 3min --- Jog --- HipShuttle: 2*2R	Free	Drill Box-Hurdle Jump --- 2 (4*300m) R: 4min, S: 25min --25min-- 400m	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog --- HipShuttle: 2*2R	Free
試合中間期	5/24 Jog	5/25 Jog	5/26 HWRT	5/27 Jog	5/28 6-10kmJog	5/29 HWRT	5/30 ---
	Drill BoxJump --- 600m@FastStart --- Hypoxic Training 4*30sec R: 4min	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog	[Softball-Hill] Drill Skipping & Bounding --- 4-5 (200-200-150-100m) R: 90, 70, 70sec, S: 3min --- Jog --- HipShuttle: 2*2R	Free	Drill Box-Hurdle Jump --- 4*300m R: 4min --- Hypoxic Training 4*30sec R: 4min	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog --- HipShuttle: 2*2R	Free
試合期 (シーズン終盤)	6/14 Jog	6/15 Jog	6/16 HWRT	6/17 Jog	6/18 6-10kmJog	6/19 Jog	6/20 ---
	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps MarkSprint --- 600m@800mStart-Free --25min-- 400m@vMax --20min-- 2-3*300m R: 4min	[TOPGUN-Hill] Drill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog	Drill MarkSprint --- 3-5*1,000m R: 90sec +5-10*200m R: 100m --- 2R*HipShuttle	Free	Drill Box-HurdleJump 4*Bouncing@10steps MarkSprint --- 2 (4*300m) R: 4min, S: 25min --- + $\alpha$	AM HillDrill TechSprint: 5*50m TechSprint: 3*200m --- Jog --- PM 3R*HipShuttle	Free

各時期の目的に合わせて条件を変化させながら実践した SIT が、4 年間での劇的なパフォーマンス向上に貢献したことは間違いない。

## VI. おわりに

以上、大学中距離チームにおけるスプリント・インターバル・トレーニングの実践について、理論背景を含めて紹介した。今後も、心理的にも生理的にも低いストレスで高いトレーニング効果を有するショート・スプリント・インターバル・トレーニング (Boullosa et al., 2022) の導入、専門的準備期の直前でのみ実践している低酸素環境下での SIT を他の時期にも実践することなど、より効果的な SIT の活用を探っていく予定である。

## 引用文献

- Barnett C, Carey M, Proietto J, Cerin E, Febbraio MA, Jenkins D.: Muscle metabolism during sprint exercise in man: influence of sprint training. *J Sci. Med. Sport*: 7: 314-322, 2004.
- Boullosa D, Dragutinovic B, Feuerbacher JF, Benítez-Flores S, Coyle EF, Schumann M.: Effects of short sprint interval training on aerobic and anaerobic indices: A systematic review and meta-analysis. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. **32**(5): 810-820, 2022.
- Burgomaster KA, Heigenhauser GJ, Gibala MJ.: Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J. Appl. Physiol*. **100**: 2041-2047, 2006.
- Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, Macdonald MJ, McGee SL, Gibala MJ.: Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J. Physiol*. **586**: 151-160, 2008.
- Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ.: Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J. Appl. Physiol*. **98**: 1985-1990, 2005.
- Casado A, González-Mohino F, González-Ravé JM, Boullosa D.: Pacing Profiles of Middle-Distance Running World Records in Men and Women. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **18**: 12589, 2021.
- Duffield R, Dawson B, Goodman C.: Energy system contribution to 400-metre and 800-metre track running. *J. Sports Sci*. **23**: 299-307, 2005a.
- Duffield R, Dawson B, Goodman C.: Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *J. Sports Sci*. **23**: 993-1002, 2005b.
- 橋爪暁弘, 田中耕作, 吉岡利貢: 中距離選手を対象とした低酸素環境下における SIT の効果～自転車運動による短期間・高頻度の導入～ 第 34 回ランニング学会大会. 環太平洋大学, 2022.
- Liljedahl ME.: Different responses of skeletal muscle following sprint training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*. **74**: 375-383, 1996.
- MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM.: Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J. Appl. Physiol*. **84**: 2138-2142, 1998.
- McKenna MJ, Heigenhauser GJ, McKelvie RS, MacDougall JD, Jones NL.: Sprint training enhances ionic regulation during intense exercise in men. *J. Physiol*. **501**: 687-702, 1997.
- Serresse O, Lortie G, Bouchard C, Boulay MR.: Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *Int. J. Sports Med*. **9**: 456-460, 1988.
- 白木駿佑, 尾縣貢, 山元康平, 木越清信: 休息時間が異なるレペティションスプリントのエネルギー代謝特性. *体育学研究*, **67**: 199-211, 2022.
- Sloth M, Sloth D, Overgaard K, Dalgas U.: Effects of sprint interval training on  $\dot{V}O_{2max}$  and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **23**: e341-352, 2013.
- 吉岡利貢: 長距離ランナーにおけるクロストレーニングの有効性. *陸上競技研究*, 2-12, 2010a.
- 吉岡利貢, 中垣浩平, 鍋倉賢治: 異なる運動様式における筋活動レベルの違いが最大酸素借に及ぼす影響. *筑波大学体育科学系紀要*, **33**: 211-214, 2010b.
- 吉岡利貢, 中垣浩平, 鍋倉賢治: 走運動および自転

- 車運動における最大酸素摂取量の差を決定する要因：MRI 画像からみた筋活動レベルに着目して，体力科学，**58**：265-274，2009.
- 吉岡利貢，源裕貴，橋爪暁弘：男子 800m 選手の大学 4 年間における大幅な記録短縮の要因 ～ 日本タイ記録樹立に向けたトレーニングに着目して～ 陸上競技研究，**129**：34-42，2022.
- 吉岡利貢，森健一，白井祐介，品田貴恵子，鍋倉賢治：疲労困憊に至る高強度ペダリング運動における姿勢および回転数の相違が大腿部筋活動に及ぼす影響，ランニング学研究，**27**：37-46，2016.