

積雪寒冷地域およびCOVID-19禍による練習制限下での 野球競技者の複合トレーニングがスプリント能力に及ぼす影響

土橋 康平, 工藤 颯太, 板谷 厚

Effect of complex training on sprint ability of baseball players under a practice restriction by cold snowy region and COVID-19

Kohei Dobashi, Ryuta Kudo, Atsushi Itaya

Abstract

We investigated the effects of 6-week complex training on the sprint ability of baseball players under practice restrictions caused by cold snowy regions and COVID-19. Ten college baseball players (age: 20 ± 1 yrs, Height: 1.70 ± 0.06 m, Body weight: 71.7 ± 5.6 kg) were divided into control (n=5) and training (Intervention, n=5) groups. Both groups performed 20-m sprint run and jump (countermovement jump, squat jump, rebound jump, standing long jump, 5 steps long jump) tests as pre-intervention. After the pretest, the Intervention group performed resistance training (once a week), jump training (twice a week), and sprint training with technical instructions (twice a week) for 6 weeks. After the training, both of groups performed the same sprint and jump tests. Before the training, the 20-m sprint time was similar between the control and training groups (3.40 ± 0.10 vs. 3.33 ± 0.15 s). After the training, although the 20-m sprint time was shortened (1.8%) by complex training (3.27 ± 0.13 s), neither between-intervention main effect, between-time main effect nor time-intervention interaction on sprint time was detected using mixed-effect model. On the other hand, a large effect size was observed in the sprint time at post-intervention (Cohen's $d = 1.00$). The change in 20-m sprint time was significantly correlated with the change in the standing long jump ($r = -0.830, P < 0.006$). In addition, a moderate correlation was observed between the change in 20-m sprint time and 5 steps long jump ($r = -0.440$).

Our results suggest that 6-week complex training could potentially improve 20-m sprint performance via improving horizontal jump ability under a practice restriction by cold snowy regions and COVID-19.

key words: resistance training, sprint running, coaching for technical movements, cold snowy region

北海道教育大学旭川キャンパス
〒070-8621 北海道旭川市北門町9丁目

Hokkaido University of Education
Asahikawa Campus: Hokumon-cho 9, Asahikawa, 070-8621, Japan

著者連絡先 土橋 康平
dobashi.kohei@a.hokkyodai.ac.jp

【背景】

野球の「走塁」能力（スタート、スプリント速度など）は試合における得点力に大きく影響することから、攻撃力を十分に生かすためには優れた走塁が必要となる。実際に、走塁技術に優れていれば打者の出塁率や、走者の進塁率が高くなることで多くの得点機会を作ることが可能になるため（羽鳥, 1978, p.247-251）、野球選手の走塁能力を向上させることは試合を有利に進め、勝利するために重要であると考えられる。

野球選手の走塁能力に代表とされる球技選手のスプリント能力について、蔭山ほか（2016, p.96）は野球選手の30m走のスプリントタイムは垂直跳び高およびリバウンドジャンプ指数と負の相関関係があることを示している。また、サッカー選手を対象とした研究においてもスプリント能力が筋力およびジャンプ能力と関連性が強いことを報告している（Sleivert and Taingahue 2004, p.49; Wisloff et al. 2004, p.287）。このことから、筋力およびジャンプ能力の向上が球技選手のスプリント能力の向上に重要であると考えられる。

球技選手のスプリント能力を向上させる方法として、レジスタンス、ジャンプトレーニングおよび全力スプリント（i.e., 50m）やスプリント技術の指導を組み合わせた複合トレーニングが用いられている。先行研究では、9週間の複合トレーニングによってサッカー選手のスプリント能力が改善されたことを報告している（Kotzamanidis et al., 2005, p.372）。また、谷川ほか（2011, p.134-136）はレジスタンス、ジャンプトレーニングおよびスプリント技術の指導を9週間行うことで、スプリント接地時に膝および足関節を伸展位で接地させ、接地中の足関節変異が小さくなることでサッカー選手のスプリント能力が向上したことを報告している。しかしながらこれらの先行研究はサッカー選手を対象にしていることに加え、比較的広い練習場所（e.g., 80m以上の直線）を用いてトレーニングを行っている。北海道や東北地方といった積雪寒冷地域では、降雪により冬季の練習時間・運動スペースが制限され（浦上ほか, 1997, p.24）、屋外競技の部活動が体育館で練習する場合がある。加えて、昨今のSARS-CoV-2による感染症（COVID-19）拡大に伴い、部活動が全面的に禁止、あるいは時間的制限がある団体が8割以上にのぼることが報告されており（藤本, 2020, p.17）、小川ほか（2022, p.162-164）もCOVID-19拡大以降で大学生の運動頻度・強度が減少したことを報告している。したがって、COVID-19禍および積雪寒冷地域においては、練習施設（スペース）や時間などが制限される中でトレーニングを行う必要があると考えられる。

そこで、本研究では積雪寒冷環境における練習施設（スペース）の制限およびCOVID-19禍による練習時間の制限下において、6週間の複合トレーニングが野球選手のス

プリント能力に及ぼす影響を検討することを目的とする。

【方法】

1. 被験者

被験者は、北海道教育大学旭川校硬式野球部に所属する男子大学生10名であった。その中で通常通りのトレーニングを行うコントロール（Control）群として5名（年齢: 20 ± 1歳, 身長: 172.0 ± 4.8cm, 体重: 73.0 ± 4.1kg）、スプリントトレーニングの介入を行う群（Intervention）として5名（年齢: 19 ± 0歳, 身長: 169.9 ± 2.4cm, 体重: 68.1 ± 1.2kg）をそれぞれ群分けした。Control群は通常の技術トレーニング（週2回, 1.5時間/回）を、Intervention群はControl群と同様の技術トレーニングに加え、複合トレーニングを週3回、計6週間行った（詳細は後述）。COVID-19禍以前の当該野球部の積雪寒冷期間におけるトレーニング頻度および時間に関して、選手は週6回、1日3時間程度の技術的トレーニングを体育館で主に行っており、レジスタンストレーニングは含まれていなかった。

2. 運動能力テスト

トレーニング開始前と終了後に同じ手法、手順で運動能力テストを行った。室温20℃に設定した体育館内で20mの全力スプリントのタイム、立ち幅跳びおよび立ち五段跳びの距離、スクワットジャンプ（SqJ）、カウンタームーブメントジャンプ（CMJ）の高さおよびリバウンドジャンプ指数（跳躍高 [m] / 接地時間 [s], RJ index）を計測した。スプリントタイムはゴール地点から側方3mに設置したiPad（iPad Pro, Apple, USA）に内蔵した動作解析アプリ（Technique by OnForm, UberSense Inc.）を用いてフォロー・パン撮影した（240fps）。スタートの姿勢は野球競技のリードとし、完全静止させた。そこから任意のタイミングでスタートさせ、動き出しからゴール（トルソー）までのタイムを2回計測した。前述の動作解析アプリを用いて、撮影した動画から測定者2人が別々にタイムを計測した。その後、測定者2人がそれぞれ計測したタイムを平均し、2回の測定のうち速いタイムを採用した。先行研究では、野球選手のスプリント能力を評価するために塁間（27.431 m）に近い30mのスプリントタイムを測定しているものが多いが（蔭山ほか, 2016, p.95; 2021, p.238; 薄田・藤田, 2014, p.72）、Ficklin et al.（2016, p.362-363）は1塁から2塁への到達タイムを測定する際に、リードの距離やスライディングにより進む距離を考慮しており、実際にスプリントを行う距離は22m前後であった。したがって、本研究では実際に塁間を走る距離に近い20mを設定した。SqJ, CMJおよびRJはフォースプレート（9260AA6, Kistler, Switzerland）の上で行い、地面反力データ（サンプリングレートは1000Hz）から滞空時間および接地時間を

計測した。跳躍高は滞空時間から計算した。RJは5回連続して跳躍した。それぞれ跳躍のRJ indexを計算し、これらの中でもっとも高い値を測定値として採用した。地面反力データの処理にはScilab v.6.1.0 (ESI Group開発, GNU GPL v.2.0) のスクリプト言語によって記述したソフトウェアを使用した。運動能力テスト測定は2022年1月下旬と3月中旬に行い、同じ時間帯で実施した。

3. 複合トレーニング方法

Table 1に複合トレーニングの内容を示す。複合トレーニングは2022年2月～3月中旬の期間で行った。Intervention群において、レジスタンストレーニング(フルスクワット, デッドリフトおよびルーマニアンデッドリフト)を最大挙上重量(one repetition maximum: 1RM)の80%の負荷で8回3セットおよび15kgのシャフトを担いだランジウォーク(20m×5本)を週1回、1.5時間行った。前述した80%1RMの負荷での挙上を8回3セット達成した場合、次のトレーニング時の重量は被験者自身が決定した(> +2.5kg)。

スプリント技術改善のため、先行研究を参考に(蔭山ほか, 2021, p.237)ミニハードルを用いたトレーニングを行った。高さ15cmのミニハードル(NT7123S, NISHI, Japan)10台を用いてミニハードル間の接地を一步とし、全力で7本行った。ミニハードルの間隔は50cmとし、実施時に接地時間を短くするように指示をした。スキップは遊脚(接地していない脚)の前方への振り出しを素早く実施するよう指示した。これは、球技競技者が陸上競技短距離選手よりも接地時の遊脚が後方に位置しているという動き(岩壁ほか, 1995, p.93-94)を修正し、ブレーキ局面においてスプリント方向に加速力を生み出す(Kuitunen et al., 2002, p.167-170)ことを目的に行った。スキップ後、15-20mの全力スプリントを3本行った。ジャンプトレーニングでは先行研究(谷川ほか, 2011, p.132; 関子ほか, 2007, p.22-25)を参考にバウンディング(15-20m, 5回)、片脚ホッピング(15-20m, 3回/脚)、ハードルジャンプ(10台×5回)をそれぞれ行い、バウンディングとホッピングでは地面に大きな力を加えるように、ハードルジャンプでは短い接地で跳躍するよう指示した。ハードルジャンプでは高さが調節可能なフレキシブルハードル(NT 7001E, NISHI, JAPAN)を用いてハードルの間隔を140cmとし、トレーニング1-3週目のハードルの高さを91cm、4-6週目を99cmに設定して行った。スプリントトレーニングとジャンプトレーニングは北海道教育大学旭川校体育館(全面: 28m×20m)内にて同日に行い、ウォーミングアップを含めこの2つのトレーニングを1.5時間/日、週2回行った。なお、体育館でのトレーニングは全面と半面(14m×20m)でそれぞれ週1回ずつ行った。前述したスプリントおよびジャンプトレーニング後に、Control群と同様の技術トレーニングを行った。

Table 1. Training menu

Resistance Training
1. Full squat 80%1RM, 8RM × 3 sets
2. Deadlift 80%1RM, 8RM × 3 sets
3. Romanian deadlift 80%1RM, 8RM × 3 sets
4. Lunge 20 m 15 kg × 5 sets
Jump Training
1. Bounding 15-20 m × 5
2. Hopping 15-20 m × 3/leg
3. Hurdle jump 10 H × 5
Sprint Training
1. Mini-hurdle training 10 H × 7
2. Skip 15-20 m × 7
3. Maximal effort sprint 15-20 m × 3

4. 統計処理

データはすべて平均値±標準偏差で示した。Intervention群において、1名がトレーニング後の20m走スプリントタイム測定直後に怪我をした。そのため、トレーニング前後のスプリントタイムおよび各種ジャンプ指標の比較には条件(ControlおよびIntervention)と時間(PreおよびPost)を固定効果、被験者を変量効果とする混合-効果モデル分析を用いた。時間の主効果あるいは交互作用が見られた場合は、事後検定にBonferroniの多重比較を行った。Intervention群におけるトレーニング前後の各種レジスタンストレーニング時の挙上重量の差の検定にはpaired *t*-testを用いた。また、トレーニング前後の20m走スプリントタイムと各測定変数との相関関係について、ピアソンの積率相関係数を算出した。相関係数による相関関係の強さの評価は、 $0 \leq |r| < 0.2$ をほとんどなし、 $0.2 \leq |r| < 0.4$ を弱い、 $0.4 \leq |r| < 0.6$ を中程度、 $0.6 \leq |r| < 0.8$ を強い、 $0.8 \leq |r|$ を極めて強いとした。前述したように、Intervention群の1名がトレーニング後の20m走スプリントタイム測定直後に怪我をしたため、トレーニング後のジャンプ指標は4名の平均値を、20m走スプリントタイムの変化と各測定変数の変化との相関関係についてはControl群を含め9名の被験者のデータを用いて算出した。また、条件間の効果量はCohen's *d*を用いて算出した(Sawilowsky, 2009, p.599)。すべての検定において有意水準5%未満とし、検定は統計処理ソフト(GraphPad Prism, v.8, Graph Pad Software Inc., CA)を用いた。

【結 果】

1. 20m走スプリントタイム

Figure 1にトレーニング前後の20m走スプリントタイムの経時変化を示す。PreにおけるスプリントタイムはControl群で3.40 ± 0.10s, Intervention群で3.33 ± 0.15 sであった。6週間の複合トレーニングにより, Intervention群のスプリントタイムは0.06秒短縮 (1.8%) したものの (3.27 ± 0.13s), Timeの主効果は見られなかった (P = 0.063)。また, 混合-効果モデル分析によるInterventionの主効果および交互作用も見られなかった。一方で, Postにおける群間のスプリントタイムには大きな効果量が認められた (Cohen's *d* = 1.00)。

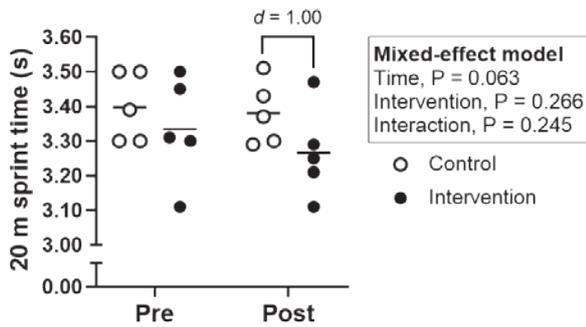


Figure 1. 20m sprint time at Pre- and Post-training.

2. 各ジャンプ指標およびレジスタンストレーニング時の挙上重量

Figure 2およびTable 2にトレーニング前後の各ジャンプテストの経時変化を示す。立ち幅跳びにおいて, Timeの主効果および交互作用は見られなかったが, Interventionの主効果が見られた (P = 0.048)。立ち五段跳びはInterventionの主効果に傾向が見られたものの (P = 0.075), 有意ではなかった。加えて, Timeの主効果および交互作用にも有意差は見られなかった (Figure 2B)。Postにおける群間の立ち幅跳び (2.45 ± 0.07 vs. 2.62 ± 0.05 m, Cohen's *d* = 2.75) および立ち五段跳び (11.95 ± 0.52 vs. 12.65 ± 0.13 m, Cohen's *d* = 1.75) に大きな効果量が認められた (Figure 2)。CMJにおいて, Timeの主効果が見られ (P < 0.001), Control群およびIntervention群のいずれにおいてもPreよりもPostで記録が向上した。一方, SqJおよびRJ indexはいずれの主効果および交互作用は見られなかった。

レジスタンストレーニング最終週のスクワット (68.0 ± 9.1 vs. 92.0 ± 11.5kg, Pre vs. Post), デッドリフト (73.0 ± 6.7 vs. 91.5 ± 8.9kg, Pre vs. Post) およびルーマニアンデッドリフト (50.0 ± 6.1 vs. 62.0 ± 5.7kg, Pre vs. Post) の挙上重量は, いずれにおいてもトレーニング開始前より10kg以上の増加が見られた (all P < 0.001)。

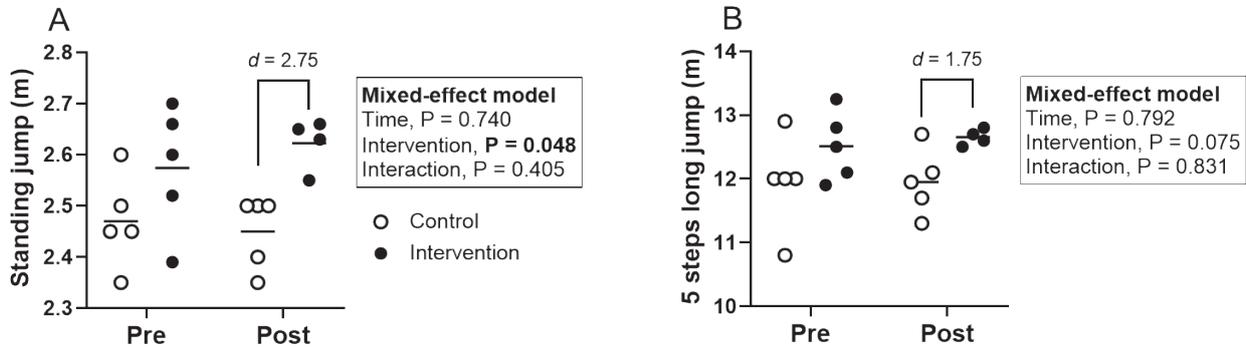


Figure 2. Standing jump (A) and 5 steps long jump (B) at Pre- and Post-training.

Table 2. Jump parameters at Pre- and Post-training

	Control	Intervention	Results of Mixed-effect model			Effect size (Cohen's <i>d</i>)
			Intervention	Time	Interaction	
SqJ (cm)						
Pre	36.3 ± 3.8	36.7 ± 2.5				0.14
Post	39.0 ± 4.3	38.9 ± 2.0	0.961	0.094	0.771	0.04
CMJ (cm)						
Pre	42.2 ± 3.0	43.5 ± 4.6				0.33
Post	48.2 ± 4.4*	52.1 ± 3.7*	0.463	< 0.001	0.428	0.94
RJ index						
Pre	2.07 ± 0.64	2.19 ± 0.28				0.23
Post	2.11 ± 0.30	2.23 ± 0.28	0.705	0.856	0.875	0.40

Abbreviations: SqJ, Squat jump; CMJ, Counter movement jump; RJ index, Rebound jump index. The values are expressed as the mean ± standard deviation. * P < 0.05, vs. Pre

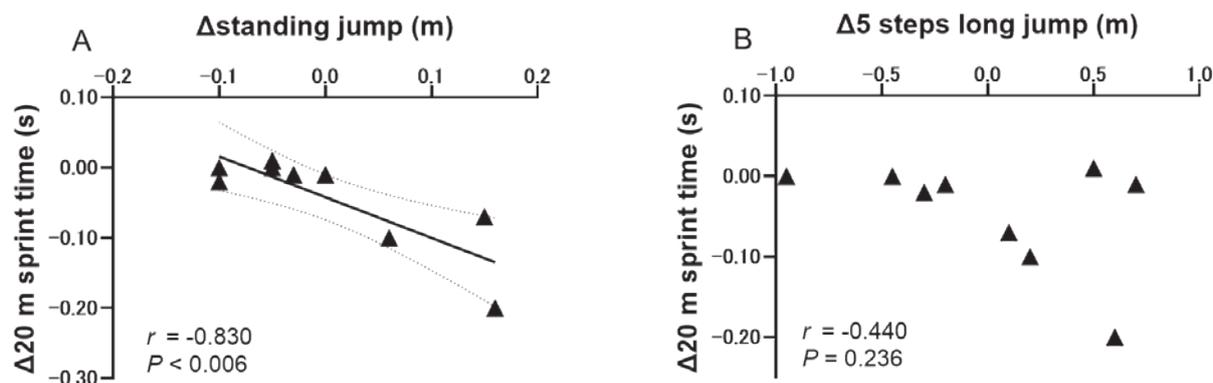


Figure 3. Relationships between change in 20m sprint time and change in standing jump (A) or 5 steps long jump (B) (n = 9).

Table 3. Correlation coefficients between the change in 20 m sprint time and change in each jump parameter.

Δ SqJ	0.267
Δ CMJ	-0.340
Δ RJ index	-0.152

Abbreviations: SqJ, Squat jump; CMJ, Counter movement jump; RJ index, Rebound jump index.

3. 20m走スプリントタイムと各ジャンプ指数の変化量の関係

Figure 3およびTable 3にトレーニング前後の20m走スプリントタイムの変化量と各ジャンプ指数との相関関係および相関係数を示す。立ち幅跳びの変化量と、20m走スプリントタイムの変化量には極めて強い負の相関関係が見られた (Figure 3A)。また、立ち五段跳びと20m走スプリントタイムの変化量に中程度の相関関係が見られた (Figure 3B)。一方、いずれの鉛直方向のジャンプ指標の変化量と20m走スプリントタイムの変化量に有意な相関関係は認められなかった (Table 3)。

【考 察】

1. ジャンプ能力と20 mスプリントタイム

本研究では、複合トレーニング前後の立ち幅跳びの変化量と20m走スプリントタイムの変化量に強い負の相関関係が見られた (Figure 3A)。爆発的な力発揮が必要となる立ち幅跳びや立ち五段跳びにおいては、レジスタンストレーニングによる筋力向上 (Bird et al., 2005, p.848-849)、およびジャンプトレーニングによる high-velocity での筋収縮能力が向上 (Kawamori and Haff, 2004, p.676-678) することで筋パワーが増加し (Aagaard et al., 2002, p.1319-1322)、記録が向上したと考えられる。最大筋力向上や筋肥大を目的とする場合、一週間に3-5回のレジスタンストレーニングを6-12週間実施する必要があることが示唆されている (Bird et al., 2005; p.843)。一方で、本研究では練習機会の制限により週に1回のレジスタンストレーニングを行った。Intervention群の被験者全員がトレーニング1週目よりも6週目で各種目の挙上重量を10kg以上増加させることができていたので、

週1回のみのレジスタンストレーニングでも最大筋力が向上する可能性が示唆された。これに関して、Bird et al. (2005, p.848-849) はレジスタンストレーニングによる初期段階 (初めの6-8週間) の筋力増加の主なメカニズムとして、神経系に生じるさまざまな適応 (i.e., 動員される運動単位数の増加) が起こることを報告している。したがって、本研究でもレジスタンストレーニングにより神経系に対する適応が生じ、最大筋力が向上した可能性がある。

また、立ち幅跳びは水平および鉛直方向に両脚で大きな力発揮を伴う動作であり (Mackala et al., 2013, p.2677)、陸上競技の短距離走のスタートを含む加速局面でも同様に水平および鉛直方向に大きな地面反力が生じる (Bezodis et al., 2021, p.5; Mero 1988, p.96-97; Nagahara et al., 2020, p.455-458)。したがって、本研究においても立ち幅跳びの記録が伸びた選手は、加速局面のスプリント速度が増加することでスプリントタイムが短縮した可能性がある。また、本研究では複合トレーニング前後の立ち五段跳びの変化量と20m走スプリントタイムの変化量に中程度の負の相関関係が見られた (Figure 3B)。先行研究では、50m走における10m毎のスプリント局面いずれにおいてもスプリント速度と立ち五段跳びとの間に有意な正の相関関係があることを報告している (岩竹ほか, 2008, p.4-5)。また、100m走におけるスプリント速度と疾走中の鉛直方向における地面反力との間には有意な正の相関関係があることから (Mero et al., 1992, p.381)、本研究においても複合トレーニングによりスプリント時の鉛直方向における地面反力が増加したことで、スプリント速度が増加した可能性がある。これに関して、谷川ほか (2011, p.134-136) はサッカー選手を対象にした9週間のジャンプトレーニングにより

スプリント支持期中の足関節の変位を減らし、膝関節を伸展位で扱えるようになったことを報告している。本研究においてもスプリントタイムが改善された選手は、脚を伸展位で伸展屈曲動作を小さくし下肢を固くすることで鉛直方向における地面反力が増加し、スプリント速度が増加した可能性がある。

2. 現場への応用

これまでの研究から、現場では球技選手のスプリント能力を高めるトレーニングとして、複合トレーニングが用いられてきている (Dodd and Alvar, 2007; Kotzamanidis et al., 2005; 谷川ほか, 2011)。一方で、これら複合トレーニングは広いスペース (i.e., -80m) (Kotzamanidis et al., 2005, p.371; 谷川ほか, 2011, p.132), 長いトレーニング時間 (i.e., 110分以上) (Kotzamanidis et al., 2005, p.371), および長期間の介入を必要とする (i.e., 3回/週, > 9週間) (Dodd and Alvar, 2007, p.1178; Kotzamanidis et al., 2005, p.371; 谷川ほか, 2011, p.130-131)。しかし、本研究では先行研究よりもスペース (i.e., -28m), トレーニング時間 (i.e., 90分), およびトレーニング期間 (i.e., 3回/週, 6週間) が制限された状態で複合トレーニングを行ってもスプリント能力が向上することが示唆された。今後はサンプルサイズを増やすこと (詳細は後述) で複合トレーニングによりパフォーマンスが向上する個人差についても検討していく必要がある。

3. 本研究の限界

本研究において、週1回のレジスタンストレーニングにより最大筋力は増加したものの、習慣的にレジスタンストレーニングを行っている選手が本研究のような複合トレーニングを行う場合、同様の結果が得られるかは明らかではない。

また、本研究では各群におけるサンプルサイズが少ない。トレーニング後に得られた20m走スプリントタイムの効果量 (Cohen's $d = 1.00$) を参考に、検定力分析ソフト (G*power ver3.1, Heinrich Heine University) を用いて85%の検出力と0.05に設定した α レベルで各群における最小サンプルサイズを計算したところ、18-19人であった。本研究では、COVID-19による感染症拡大を含め、サンプル数の確保が十分に行えなかった。

【結 論】

積雪寒冷期間およびCOVID-19禍による練習制限下での6週間の複合トレーニングは、野球競技者の水平方向のジャンプパフォーマンスを向上させ、これを介してスプリント能力を改善させることが示唆された。

参考文献

- Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P (2002) Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md : 1985) 93 (4): 1318-1326.
- Bezodis N, Colyer S, Nagahara R, Bayne H, Bezodis I, Morin JB, Murata M, Samozino P (2021) Ratio of forces during sprint acceleration: A comparison of different calculation methods. *J Biomech* 127: 110685.
- Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE (2005) Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports medicine* (Auckland, NZ) 35 (10) : 841-851.
- Dodd DJ, Alvar BA (2007) Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. *J Strength Cond Res* 21 (4) : 1177-1182.
- 藤本 淳也 (2020) 大学生への新型コロナウイルス感染症拡大の影響. UNIVAS, <https://www.univas.jp/article/13461/>.
- 羽鳥 好夫 (1978) 野球における走塁に関する研究 (第2報): 初心者と熟練者の本塁・2塁間の走塁について. *東京学芸大学紀要*, 5 (30) : 245-251.
- 岩竹 淳・山本 正嘉・西菌 秀嗣・川原 繁樹・北田 耕司・関子 浩二 (2008) 思春期後期の生徒における加速および全力疾走能力と各種ジャンプ力および脚筋力との関係. *体育学研究*, 53: 1-10.
- 蔭山 雅洋・藤井 雅文・土川 千尋・鈴木 智晴・前田 明 (2016) 大学野球選手における30m走タイムと跳躍能力との関係. *トレーニング科学*, 27 (3) :93-100.
- 蔭山 雅洋・土川 千尋・大石 祥寛・前田 明 (2021) 大学野球選手におけるミニハードルを用いたトレーニングが30m走タイムに及ぼす影響. *スポーツパフォーマンス研究*, 13:234-247.
- Kawamori N, Haff GG (2004) The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* 18 (3) : 675-684.
- Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakevou G, Patikas D (2005) The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res* 19 (2) : 369-375.
- Kuitunen S, Komi PV, Kyröläinen H (2002) Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine*

- and science in sports and exercise 34 (1) :166-173.
- Mackala K, Stodółka J, Siemiński A, Coh M (2013) Biomechanical analysis of standing long jump from varying starting positions. *J Strength Cond Res* 27 (10) :2674-2684.
- Mero A (1988) Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters during the Acceleration Phase of Sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 59 (2) :94-98.
- Mero A, Komi PV, Gregor RJ (1992) Biomechanics of sprint running. A review. *Sports medicine (Auckland, NZ)* 13 (6) :376-392.
- Nagahara R, Kanehisa H, Fukunaga T (2020) Ground reaction force across the transition during sprint acceleration. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 30 (3) :450-461.
- 小川 剛司・鉄口 宗弘・古和 悟・吉田 雅行 (2022) COVID-19感染拡大に伴う休講措置に伴う児童生徒・学生の主観的な心身状況および運動量の変化. *体育学研究*, 67: 157-167.
- Sawilowsky SS (2009) New Effect Size Rules of Thumb. *Journal of Modern Applied Statistical Methods* 8: 26
- Sleivert G, Taingahue M (2004) The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European journal of applied physiology* 91 (1) :46-52.
- 谷川 聡・島田 一志・一川 大輔・吉岡 宏・尾縣 貢 (2011) 試合期におけるサッカー競技者のスプリント技術トレーニングがスプリントおよびジャンプ能力に及ぼす影響. *コーチング学研究*, 24 (2) :129-138.
- 浦上 大輔・浦田 清・布上 恭子・渡会 雅明・浜野 貢・須田 力・中川 功哉 (1997) 積雪地の高校生・高専生の生活と身体活動—積雪期と非積雪期における生活と身体活動の比較—. *発育発達研究*, 25: 20-28.
- 薄田 翔平・藤田 英二 (2014) 中学生野球選手におけるハーキーステップが30 m疾走能力に及ぼす影響. *スポーツトレーニング科学*, 15: 13-18.
- Wisløff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J (2004) Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38 (3) :285-288.
- 図子 浩二・永原 隆・石井 泰光 (2007) スプリントパフォーマンス向上に対するプライオメトリックスの可能性. *スプリント研究*, 17: 21-31.

〔令和5年1月24日 受付〕
〔令和5年6月30日 受理〕