

2011 年度 修士論文

そり牽引トレーニングが高校生野球選手の
走パフォーマンスに及ぼす影響

The effect of sled-towing sprint training
on sprint performance in high school
baseball players

早稲田大学スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 コーチング科学研究領域

5010A049-3

関根 悠太

Sekine, Yuta

研究指導教員 : 岡田 純一 准教授

目次

1. 緒言	1
2. 方法	4
2-1. 被験者	4
2-2. スプリントの測定	4
2-2-(1). 平均走速度の測定	5
2-2-(2). 床反力の測定	5
2-3. トレーニング	7
2-4. 統計処理	7
3. 結果	9
4. 考察	10
4-1. 平均走速度の変化	10
4-2. 床反力の変化	12
5. 結論	15
参考文献	16
謝辞	21
図表	22

1. 緒言

野球は、投力、打力など、様々な体力要素を求められるスポーツである。走パフォーマンスもまた重要な要素であり、勝利を得るためには欠くことのできない要素である^{4),5),31)}。また、走パフォーマンスは攻撃、守備の両場面において必要とされる^{4),5),31)}。そして、走パフォーマンスの優れたチームが試合において有利とされる^{4),5),31)}。攻撃の際、打者および走者が塁間の距離(27.431m)より長い距離を直線的に走る場面は多くみられない。守備の際も、捕球姿勢の開始までの間の直線的な走動作は短時間で終了する。これらのことから、野球における走パフォーマンスは、30m 以下の距離で頻繁に発揮されることが考えられる。この距離は、100m スプリントの一般的な局面の分類においては初期加速局面(0-10m)および加速局面(0-30m)に相当する^{8),22),25)}。このことから、初期加速局面および加速局面における走速度の向上が、野球の走パフォーマンスに影響を及ぼすと考えられる。

特に高校野球では、プロ野球に比べ得点に対する盗塁の貢献度が大きく²⁷⁾、勝ちチームと負けチームの間の盗塁数に有意な差が認められることから²⁷⁾、走パフォーマンスが重要な意味を持つと考えられる。

生田ら¹⁴⁾は、男子における無酸素性パワーは13歳ごろから急激に発達し、18歳頃にピークに達することを報告した。また、高校生の年代における50m 走速度と最大無酸素パワーの間には有意な相関関係があることが認められた¹⁸⁾。さらに、15歳、16歳および17歳の各年齢間における走速度は、加齢に伴う有意な向上が認められ、走速度のピークは高校生の年代に生じることが報告されている¹⁸⁾。これらの結果から、他の年代に比べ、高校生の年代はトレーニングによって走速度の向上が得られ易いことが推察される。高校生の年代に、走速度の向上を目的としたトレーニングを行うことが、初期加速局面および加速局面における走パフォーマンスの向上のために重要であると思わ

れる。

走パフォーマンスは、様々な生体力学的変数の影響を受ける²⁴⁾。この変数には、反応時間、筋力、神経学的要因などに加えて、接地の際に発生する床反力も含まれる²⁴⁾。先行研究において、スプリントの加速局面における走速度と床反力の推進成分の最大値、力積および力の平均値の間には相関関係が認められている^{13),23),24)}。また、辻野³²⁾は、床反力の2つの分力である鉛直成分と推進成分の合成成分が真のキック力であるとし、身体を前方へ突き出す力の方向としてキック力と地面の成す角度を求めた。また、短距離走者においては、加速局面における床反力の推進成分、合成成分の最大値が、非競技者に比べて大きいことが報告されている³²⁾。以上の先行研究における知見からは、床反力の推進成分および合成成分が初期加速局面あるいは加速局面における走パフォーマンスに影響を及ぼす要因であることが示唆される^{13),23),24),32)}。

初期加速局面および加速局面の走パフォーマンス向上を目的としたトレーニング方法として、そり牽引トレーニングが用いられることがある^{9),10)}(図1)。これまでに、そり牽引トレーニング後の走速度の向上^{11),30),40)}に加え、接地時間の短縮、体幹の前傾角度の増加、ピッチの増加など、走パフォーマンスに影響を及ぼすと考えられる要因の変化についていくつかの報告がなされている^{1),11),20),30),40)}。しかし、筆者の知る限りでは、今日までにそり牽引トレーニング後に床反力がどのように変化するかということを明らかにした研究は存在しない。

一方、先行研究における他の問題として、そり牽引トレーニングで用いられる負荷が挙げられる。そり牽引トレーニングを対象とした従来の研究では、スプリントの特異性の損失が少ないとの理由から^{2),20)}、体重の約13%の負荷を用いた介入が行われてきた^{11),30)}。しかし、そり牽引トレーニングにおける至適負荷が体重の約13%であるとはいえないとの報告もされており²⁶⁾、体重の約13%以外の負荷を用いた介入を行った研究

は多くみられない⁴⁰⁾。

以上のように、そり牽引トレーニングを行うことにより、初期加速局面あるいは加速局面における走パフォーマンスを向上し得るとの報告がなされているものの^{11),30),40)}、高校野球選手を対象としたそり牽引トレーニングの効果および床反力の変化を含めた走パフォーマンス向上の要因に関する研究は行われていない。高校野球において、初期加速局面および加速局面における走パフォーマンスは、勝つための重要な因子であると考えられ^{27),31)}、これらを明らかにすることは、高校生野球選手の走パフォーマンスの向上およびそのトレーニング指導の際の一つの知見となり得る。そこで本研究は、そり牽引トレーニングが高校生野球選手の初期加速局面および加速局面における走速度、床反力に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2-1. 被験者

硬式野球部に所属する健康な男子高校生 19 名を本研究の対象とした(年齢：16.4 ± 0.4 歳，身長：168.2 ± 6.1cm，体重：60.0 ± 8.0kg). 全ての被験者とその保護者，チーム代表者に対して，本実験の詳細の説明および安全性についての説明を行い，書面による同意を得た．本研究は，早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認を受けた後に実施された(承認番号：2010-258).

2-2. スプリントの測定

測定は，早稲田大学所沢キャンパススポーツホールにおいて，8 週間のトレーニングの開始前日および終了した 3 日後に 2 回行われた．全ての被験者に，ゴム製のソールの運動靴を着用させた．実験に先立ち，20 分間のウォーミングアップ(ランニング 5 分間，スタティックストレッチング 5 分間，ダイナミックストレッチング 10 分間)およびスプリント(5m×4，10m×2，20m×1，30m×1)を行わせた．

被験者は，2 枚のフォースプレート(FP6012-15, Bertec 社製)を埋設した屋内走路で，20m スプリントを以下のスタート位置より各 2 試行ずつ，計 6 試行を行った(図 1).

- a) フォースプレート上(0m 地点の前後にフォースプレート)
- b) フォースプレートから 5m 後方(5m 地点にフォースプレート)
- c) フォースプレートから 10m 地点(10m 地点にフォースプレート)

スタート地点を後方に位置することで，5m および 10m 地点通過後 1 歩目の床反力データの測定を行った．スタートは，進行方向に対して約 90° 左に身体の前面向け

た状態でのスタンディングスタートとし、被験者が野球の試合の際に行う盗塁時のスタート姿勢で行わせた(図 2)。スタートの合図には、点灯時間の調節が可能な LED ランプ (PH-106, DKH 社製)を用いた。LED ランプは、投手の位置を模して、スタート姿勢を取っている被験者に対して右斜め約 50° , 19m 離れた地点に配置された(図 1)。全ての被験者に対し、点灯している LED ランプが消灯した瞬間にスタートをするように指示した。被験者は 1 試行毎に各スタート地点に歩いて戻り、次の試行まで 2 分間の休息が与えられた。

(1)平均走速度の測定

SPEED METER(VMS-003m, VINE 社製)を用いて平均走速度の測定を行った。本装置は、被験者に装着するフック、ストリング、軸の回転パルス検出を行うロータリーエンコーダー、ストリングを巻き取るリールおよびリールを作動させるモーターから構成されている。被験者は予め臍下約 10cm の位置に野球用ベルトを着用し、ベルトの後部にフックを装着した状態で試行を行った。ロータリーエンコーダーから発生するパルス信号は、インターフェースを介して数値データに変換され、500Hz でパーソナルコンピュータに出力された。これらのデータをもとに、ストリングの牽引された距離から、0-5m, 5-10m, 10-15m, 15-20m および 0-20m の各区分における被験者の平均走速度を算出した。

(2)床反力の測定(図 2)

フォースプレート(FP6012-15, Bertec 社製)を用いて以下の床反力の測定を行った。

- a) スタート時の床反力：2 台のフォースプレート上に左右の足をそれぞれ配置し、スタート時の左脚(LS)、スタート時の右脚(RS)およびスタート後の左脚一歩目(L1st)の床反力を測定した。

b) 5m, 10m 地点の床反力：左右の脚に関わらず，各地点通過後 1 歩目の床反力を測定した．

各測定地点において測定された床反力の波形を図 4, 5, 6, 7, 8 に示した．

各地点における床反力の鉛直成分を $F_{\text{ver.}}$ ，進行方向に対する推進成分を $F_{\text{pro.}}$ として測定を行った．床反力の信号は Vital Recorder2 (KISSEI COMTEC 社製) を介してサンプリング周波数 1000Hz でパーソナルコンピュータに取り込まれた．その後，解析ソフト(Kine Analyzer，KISSEI COMTEC 社製)を用いて解析を行った． $F_{\text{ver.}}$ および $F_{\text{pro.}}$ のデータをもとに合成成分($F_{\text{res.}}$)を算出し(式①)， $F_{\text{pro.}}$ の最大値($PF_{\text{pro.}}$)および $PF_{\text{pro.}}$ 出現時の $F_{\text{res.}}$ ($PF_{\text{res.}}$)を求めた．また， $F_{\text{pro.}}$ および $F_{\text{res.}}$ を時間積分し，各成分の力積を算出した(式②)．また，作用時間で除すことにより平均床反力を求めた(式③)．さらに， $PF_{\text{res.}}$ と地面の成す角を床反力の角度として算出した(式④)．

$$\text{式①} \quad \dots \dots \dots F_{\text{res.}} = \sqrt{F_{\text{ver.}}^2 + F_{\text{pro.}}^2}$$

$$\text{式②} \quad \dots \dots \dots F_{\text{pro.}} \text{ の力積} = \int_{t_{\text{pro.A}}}^{t_{\text{pro.B}}} F dt \quad F_{\text{res.}} \text{ の力積} = \int_{t_{\text{res.A}}}^{t_{\text{res.B}}} F dt$$

$$\text{式③} \quad \dots \dots \dots \text{平均} F_{\text{pro.}} = \frac{F}{t_{\text{pro.}}} \quad \text{平均} F_{\text{res.}} = \frac{F}{t_{\text{res.}}}$$

$$\text{式④} \quad \dots \dots \dots \text{床反力の角度} = \cos^{-1} \frac{F_{\text{pro.}}}{F_{\text{res.}}}$$

[F : 力， $t_{\text{pro.}}$ ， $t_{\text{res.}}$: 足接地時における推進成分および合成成分の作用時間($F_{\text{pro.}}$ ， $F_{\text{res.}}$ の値が 10N より増加してから 25N 未満に減少するまでの時間)¹³⁾， I : 力積]

2-3. トレーニング

被験者は無作為に 2 群(そり牽引スプリント群:RST 群 n=10, 無負荷スプリント群:NRST 群 n=9)に分けられ, 週 3 回, 8 週間にわたるスプリントトレーニングプログラムを完遂した(図 9, 10). スプリントトレーニングプログラムは, 普段から定期的に行われている距離, 本数をもとに, 研究実施者およびチームの責任者によって作成された. RST 群に属する各被験者は, トレーニングを行う際に臍下 10cm の腰周りにベルト(ユニバーサルベルト, ニシ・スポーツ)を装着した. 装着されたベルトは 3m のハーネス(ジョイントハーネス, ニシ・スポーツ)を用いて牽引用そり(パワースレッド, ニシ・スポーツ)に連結された. そり本体の重量(12kg)が体重の 20%の近似値である被験者が数名いたため, 本研究は RST 群の負荷を体重の 20%の近似値に設定して行った. 負荷設定にはトレーニング用のディスク(F 型ディスク, ウエサカ ティー・イー)を用い, 各被験者の体重の 20%にあたる重量のうち, そり本体の重量を差し引いた値の近似値に 1.25kg 毎に調整された. NRST 群は RST 群と同距離のスプリントトレーニングを, 負荷を用いずに行った. トレーニングは, 高校野球のシーズンを考慮し対外試合を一切行わないオフシーズンに行った. 研究実施者はトレーニングに立ち会い, 事故等に対応できるよう配慮した.

2-4. 統計処理

トレーニングの介入前後で測定された RST 群および NRST 群の各区間の平均走速度, 床反力の角度は絶対値, その他の床反力データについては, 被験者の体重 1N あたりの値で示し, 各項目の平均値および標準偏差を算出した. トレーニング効果の検討には, 反復測定による二元配置分散分析(トレーニング方法 2×測定時期 2)を用いた. F 値が有意であった場合には, Bonferroni の方法を用いて平均値の比較を行った.

統計処理には IBM SPSS Statistics 19 (IBM SPSS 社製)を用い, いずれの数値も危

危険率 5%未満をもって有意とした.

3. 結果

表 1 に, 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m, 15-20 m, 0-20 m の各区分における RST 群および NRST 群のトレーニング前後の平均走速度を示した. 0-20 m 区分における平均走速度は, RST 群, NRST 群ともにトレーニング後の有意な向上が認められた($p<0.01$, $p<0.05$). 0-5 m 区分の平均走速度は, 有意な交互作用が認められ($p<0.05$), RST 群においてトレーニング後の有意な向上が認められた($p<0.01$). 15-20 m 区分の平均走速度は, NRST 群においてトレーニング後の有意な向上が認められた($p<0.05$). RST 群, NRST 群ともに 5-10 m および 10-15 m 区分の平均走速度の統計的な有意差は認められなかった.

表 2, 3 に, 各測定地点における RST 群および NRST 群のトレーニング前後の $PF_{pro.}$, $PF_{res.}$ のを示した. L1st における $PF_{pro.}$ は, 有意な交互作用が認められた($p<0.05$). また, $PF_{pro.}$ および $PF_{res.}$ は, RST 群においてトレーニング後の有意な増加が認められた($p<0.01$, $p<0.05$). RS 群, NRST 群ともにその他の測定地点における $PF_{pro.}$ および $PF_{res.}$ の統計的な有意差は認められなかった.

表 4 に, 各測定地点における RST 群および NRST 群のトレーニング前後の床反力の角度を示した. $PF_{pro.}$, $PF_{res.}$ と同様に, RST 群の L1st においてトレーニング後の有意な減少が認められた($p<0.05$). RST 群, NRST 群ともにその他の測定地点における床反力の角度の統計的な有意差は認められなかった.

表 5, 6, 7, 8 に, 各測定地点における RST 群および NRST 群のトレーニング前後の $F_{pro.}$, $F_{res.}$ の力積と平均 $F_{pro.}$, 平均 $F_{res.}$ を示した. RST 群, NRST 群ともに全ての測定地点において $F_{pro.}$, $F_{res.}$ の力積および平均 $F_{pro.}$, 平均 $F_{res.}$ に統計的な有意差は認められなかった.

4. 考察

4-1. 平均走速度の変化

RST 群において、トレーニング後の 0-5 m 区間における平均走速度の有意な向上が認められた(表 1)。この結果は、そり牽引トレーニングを行うことによって初期加速局面の走速度が向上するという先行研究の結果と一致する^{11),30),40)}。Zafeiridis ら⁴⁰⁾は、競技的な運動習慣を持たない成人男性に対し、5kg のそり牽引トレーニングを 8 週間行わせた結果、トレーニング後の 0-10m 区間における走速度はトレーニング前に比べて 4.1%向上したと報告している。また、Spinks ら³⁰⁾は、サッカーおよびラグビーの成人競技者に体重の約 13%の負荷を用いたそり牽引トレーニングを 8 週間実施させた。その結果、トレーニング後の 0-5m 区間における走速度の向上を認め、その向上率は 9.1%であったと報告した。本研究は、高校生野球選手を対象とし、体重の 20%の負荷を用いて 8 週間のそり牽引トレーニングを行った。その結果、RST 群の 0-5 m 区間における平均走速度の向上率は 5.9%であり、5-10m, 10-15m および 15-20m 区間における平均走速度の有意な向上は認められなかった。先行研究と本研究の結果から、高校生野球選手に対するそり牽引トレーニングの効果は、成人の場合と同様に初期加速局面に限定されたものであることが示唆された。本研究で得られた RST 群のトレーニング後の 0-5m 区間の平均走速度の向上率は、5kg および体重の 13%の負荷が用いられた先行研究^{30),40)}の走速度の向上率に比べると低い。しかし、体重の 20%の負荷を用いたそり牽引トレーニングは、初期加速局面における平均走速度の向上に影響を及ぼすことが示唆された。したがって、体重の 20%の負荷は、そり牽引トレーニングを行う際の至適な負荷ではないものの、トレーニング効果が見込まれる負荷量であることが考えられた。このことから、そり牽引トレーニングにおいて、先行研究で推奨された体重の約 13%の重量^{2),20)}に加え、体重の 20%の重量を負荷として使用することの意義が明らかとなっ

た.

一方, NRST 群におけるトレーニング後の 15-20m 区間の平均走速度は 3.6%の向上が認められた. この結果から, 高校生野球選手の加速局面における平均走速度は, 負荷を用いずに行うスプリントトレーニングによっても向上することが示された. 生田ら¹⁴⁾は, 自転車エルゴメーターを用いて行われた 8 秒間の最大努力のペダリングから得られた最大パワーを最大無酸素パワーとして, 6 歳から 20 歳までの各年代の被験者の最大無酸素パワーを測定した. その結果, 最大無酸素パワーは 13 歳ごろから急激に発達し, 18 歳頃にピークに達したことを報告した. また, 50m スプリントのタイムおよび走速度と自転車エルゴメーターを用いた 8 秒間の最大努力のペダリングから得られた最大無酸素パワーの間に有意な相関関係があることは, 複数の研究において報告されている^{16),17),18)}. さらに, 加藤ら¹⁸⁾は高校生の年代における 50m スプリント走速度と最大無酸素パワーの間に相関があることを示し, 15 歳, 16 歳および 17 歳の各年齢間における走速度は, 加齢に伴い有意に向上したことを報告している. これらの結果は, 高校生の年代においては, 発育に伴って最大無酸素パワーが著しく増加することを示す. このことから, NRST 群において認められたトレーニング後の 15-20m 区間の平均走速度の向上に, 発育に伴う最大無酸素パワーの増加が関与している可能性が考えられた. また, 生田ら¹⁵⁾は, 10 週間のスプリントトレーニングによって, 19 歳および 20 歳の男性の 50m および 100m 走のパフォーマンスが向上したことを報告した. Zafeiridis ら⁴⁰⁾は, 競技的な運動習慣を持たない成人男性に対し, 8 週間のスプリントトレーニングを行わせた. その結果, 0-10m 区間および 10-20m 区間の走速度の向上は認められなかった. しかし, 20-40m 区間および 40-50m 区間の走速度は有意な増加が認められ, それぞれ 3.4%および 3.3%の向上を示したと報告した. これらの結果から, スプリントトレーニングが, 発育に伴う最大無酸素パワーの発達がみられる高校生の年代のスプリントの移行局面(15m-30m)²²⁾および最大走速度局面^{8),22),25)}における走パフォーマンスの向上に

影響を及ぼす可能性が考えられた。

本研究では、RST 群の 15m-20m 区間の平均走速度の向上は認められなかった。Cronin ら⁷⁾は、体重の 20%の負荷を用いて行われたスプリントの 15m 地点におけるストライド長は、負荷を用いずに行われたスプリントトレーニングに比べ、有意な低値を示したと報告している。本研究の RST 群のトレーニングで用いられた負荷は、体重の 20%の近似値であり、先行研究の結果から、トレーニング時においてストライド長が減少したことが推察された。ストライド長が減少した状態で 8 週間のトレーニングを行った結果、トレーニング効果として RST 群のストライド長の減少に影響を及ぼし、NRST 群において認められた 15-20m 区間における平均走速度の向上を妨げた可能性が考えられた。これらのことから、5m 以上の距離にわたるそり牽引トレーニングを行う必要性がないことが示唆された。

本研究において、RST 群、NRST 群ともに、トレーニング後の 0-20m 区間の平均走速度の向上が認められた。しかしながら、RST 群では 0-5m 区間、NRST 群では 15-20m 区間と、トレーニング効果が認められた区間は異なっていた。すなわち、2 種類のトレーニングによって得られた異なる区間の平均走速度の向上が、RST 群および NRST 群における 20m スプリントの平均走速度の向上に影響を及ぼしたことが示された。これらのことから、そり牽引トレーニングと負荷を用いずに行うスプリントトレーニングを適切に組み合わせて行うことが、加速局面全体の走パフォーマンスを向上させ得ることが示唆された。

4-2. 床反力の変化

Mero ら²⁴⁾は、走パフォーマンスは様々な生体力学的変数の影響を受けるとし、この変数には、反応時間、筋力、神経学的要因などに加えて、足接地の際に発生する床反力も含まれることを報告した。また、先行研究において、スプリントのスタート直後に測

定された床反力の推進成分のピーク値、力積および力の平均値と走速度の間には有意な相関があることが報告されている^{13),23),24)}。これらのことから、スプリントの加速局面において、推進力を発揮することの重要性が示唆されている^{23),24)}。本研究では、RST 群、NRST 群ともに、いずれの測定地点においても $F_{pro.}$ 、 $F_{res.}$ の力積および平均 $F_{pro.}$ 、平均 $F_{res.}$ にトレーニングに伴う変化は認められなかった。しかしながら、 $PF_{pro.}$ および $PF_{res.}$ については、RST 群の L1st において、トレーニング後の有意な増加が認められた(表 2, 3)。そりを牽引する際に、そりに生じる摩擦力はスタート時に最大となり(最大静止摩擦力)、運動が生じるにつれて減少し、一定(動摩擦力)となる。また、静止した状態のそりを牽引すると、そりに慣性力が加わる。そり牽引時にそりに生じた摩擦力および慣性が、RST 群のトレーニング時の負荷として利用され、トレーニング効果として、L1st における $PF_{pro.}$ および $PF_{res.}$ の増加が生じたと推察された。

床反力の角度は、身体を前方へ突き出す力の方向として、キック力と地面の成す角度から求められる³²⁾。本研究では、トレーニング後の RST 群の L1st において、床反力の角度の有意な減少が認められた(表 4)。この減少は、床反力の方向が水平方向に傾いたことを示す。Zafeiridis ら⁴⁰⁾は、8 週間のそり牽引トレーニングによる走パフォーマンスの向上には、スプリントの加速局面における体幹の前傾角度の増加(より深い前傾姿勢)が伴うことを報告した。そり牽引トレーニングの初期加速局面および加速局面において、走速度はそりに生じた摩擦力および慣性によって身体に加わる抗力によって減少することが考えられ、この抗力に対して推進力を得るための走動作を行う必要がある。特に、体幹の前傾が深まる^{8),20)}ことによって、身体重心の位置は前方に水平移動し、ストライド長の減少^{8),20)}によって、足の接地位置は重心位置よりも後方になり、床反力の制動成分の影響が減少するとともに推進成分の影響が増加することが考えられる。このような運動特性から、そり牽引トレーニング時の走動作の姿勢がトレーニング効果として体幹の前傾角度の増加に影響を及ぼした可能性が考えられた。走動作中の体幹の前傾

角度の増加は、接地した足と身体重心の位置の水平距離の増加および鉛直距離の減少に影響を及ぼすと考えられる。すなわち、床反力の合成成分の内訳として、推進成分に対して鉛直成分が減少する。本研究で求められた床反力の角度は、合成成分と地面の成す角度であり、鉛直成分と推進成分の大きさに依存する(式④)。これらのことから、RST群におけるトレーニング後の床反力の角度の減少に、体幹の前傾の増加が影響したと推察された。

本研究において、RST群におけるトレーニング後の床反力の変化は、L1stにだけ認められ、その他の測定地点における床反力の変化は認められなかった。このような結果には、トレーニングにおけるスタート姿勢が影響しているものと考えられる(図3)。本研究の全ての被験者は、進行方向に対して約90°左に身体の前面を向けた状態をスタート姿勢としてトレーニングを行った。この姿勢から走動作を開始するためには、右に約90°身体を回転させ、身体の前面を進行方向に向ける必要がある。そのため、スタート時のLSは軸足となり、身体の進行方向への移動はRSおよびL1stから開始される。そり牽引トレーニングにおいてそりに生じた摩擦力および慣性によって身体に加わる抗力はスタート時に最大となる。このことから、そり牽引トレーニング時におけるLSおよびRSにおける身体の進行方向への移動距離は、負荷を用いずに行われたスプリントトレーニングに比べ、減少すると考えられた。また、RST群のトレーニング時において、進行方向へ身体を回転させた後に踏み出すL1stの際に、そりの摩擦力および慣性によって身体に加わる抗力が大きくなると考えられた。これらのことから、そり牽引トレーニングの床反力に及ぼす影響が、L1stに限定される要因であると推察された。

5. 結論

本研究は、そり牽引トレーニングが高校生野球選手の走パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることを目的として行われた。

その結果、8週間のそり牽引トレーニングにおいて、床反力の推進成分のピーク値、推進成分ピーク時の合成成分の値の増加および床反力の角度の減少に伴う0-5m区間の平均走速度の向上が認められたことから、この区間に特異的なトレーニングであることが明らかとなった。また、負荷を用いずに行われたスプリントトレーニングは、スプリントの15-20m区間における平均走速度の向上に影響を及ぼすことが明らかとなった。これらのことから、そり牽引トレーニングおよび負荷を用いずに行うスプリントトレーニングは、適切に組み合わせて行うことで、高校生野球選手の加速局面における走パフォーマンスに影響を及ぼすことが示唆された。

参考文献

- 1) Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L. L., Linthorne, N. P. Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008:22(3):890-897.
- 2) Alcaraz, P. E., Palao, J. M., Elvira, J. L. L. Determining the optimal load for resisted sprint training with sled towing. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009:23(2):480-485.
- 3) Axe, M. J. Overview of the principles of conditioning and training. *Injuries in Baseball*. Lippincott-Raven Publishers. 1998:527-531.
- 4) Coleman, E., Lasky, L. Assessing running speed and body composition in professional baseball players. *Journal of Applied Sports Science Research*. 1992:6(4):207-213.
- 5) Coleman, E., Dupler, T. L. Changes in running speed in game situations during a season of major league baseball. *Journal of Exercise Physiology*. 2004:7(3):89-93.
- 6) Coleman, E., Dupler, T. L. Differences running speed among major league baseball players in game situations. *Journal of Exercise Physiology*. 2005:8(2):10-15
- 7) Cronin, J., Hansen, K., Kawamori, K., McNair, P. Effects of weighted vests and towing on sprint kinematics. *Sports Biomechanics*. 2008:7(2):160-172.
- 8) Delecluse, C. Influence of strength training on sprint running performance. *Sports Medicine*. 1997:24(3):147-156.

- 9) Faccioni, A. Assisted and resisted methods for speed development (PART 1).
Modern Athlete and Coach. 1994:32(2):3-6.
- 10) Faccioni, A. Assisted and resisted methods for speed development (PART 2).
Modern Athlete and Coach. 1994:32(3):8-11.
- 11) Harrison, J. A., Gillian, B. The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. Journal of Strength and Conditioning Research. 2009:23(1):275-283.
- 12) Hunter, J. P., Marshall, R. N., McNair, P. J. Interaction of step length and step rate during sprint running. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2004:36(2):261-271.
- 13) Hunter, J. P., Marshall, R. N., McNair, P. J. Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. Journal of Applied Biomechanics. 2005:21:31-43.
- 14) 生田 香明・猪飼 道夫. 自転車エルゴメーターによるMaximum Anaerobic Powerの発達の研究. 体育学研究. 1972:17(3):151-157.
- 15) 生田 香明・栗原 崇志・中塘 二三生・播本 定彦. スプリント・トレーニングが疾走能力および敏捷性・筋力・パワーに与える効果. 体育学研究. 1984:29(3):227-235.
- 16) 生田 香明・根木 哲郎・栗原 崇志・中塘 二三生・播本 定彦. 敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力. 体育学研究. 1981:26(2):111-117.
- 17) 生田 香明・渡部 和彦・大築 立志. 50m疾走におけるパワーの研究. 体育学研究. 1972:17(2):61-67.
- 18) 加藤 謙一・山中 任広・宮丸 凱史・阿江 通良. 男子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達. 体育学研究. 1992:37:291-304.

- 19) Kristensen, G. O., Tillaar, R., Ettema, G. Velocity specificity in early-phase sprint training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006;20(4):833-837.
- 20) Lockie, R. G., Murphy, A. J., Spinks, C. D. Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2003;17(4):760-767.
- 21) 松川 宏. 摩擦の物理. 表面科学. 2003;24(6):328-333.
- 22) McFarlane, B. A basic and advanced technical model for speed. *National Strength and Conditioning Association Journal*. 1993;15(5):57-61.
- 23) Mero, A. Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sports*. 1988;59(2):94-98.
- 24) Mero, A., Komi, P. V., Gregor, R. J. Biomechanics of sprint running : A Review. *Sports Medicine*. 1992;13(6):376-392.
- 25) Murphy, A. J., Lockie, R. G., Coutts, A. J. Determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2003;6(4):144-150.
- 26) Murray, A., Aitchison, T. C., Ross, G., Sutherland, K., Watt, I., McLean, D., Grant, S. The effect of towing a range of relative resistances on sprint performance. *Journal of Sports Sciences*. 2005;23(9):927-935.
- 27) 鍋谷 清治. 野球のデータの統計的分析. 日本統計学会誌. 2007;36(2):91-115.
- 28) Pfeiffer, R. D., Francis, R.S. Effects of strength on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *Physician and Sportsmedicine*. 1986;14(9):134-143.

- 29) Sheppard, J. M. Strength and conditioning exercise selection in speed development. *Strength and Conditioning Journal*. 2003;25(4):26-30.
- 30) Spinks, C. D., Murphy, A. J., Warwick L. Spinks, W. L., Lockie, R. G. The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union, and Australian football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(1):77-85.
- 31) Szymanski, D. J., Fredrick, G. A. Baseball (Part II): A periodized speed program. *Strength and Conditioning Journal*. 2001;23(2):44-52.
- 32) 辻野 昭. 短距離走におけるキックについて. *体育の科学*. 1966;16:575-581.
- 33) Twist, P. W., Benicky, D. Conditioning lateral movement for multi-sport athletes: Practical strength and quickness drills. *Strength and Conditioning Journal*. 1996;18(5):10-19.
- 34) Volkov, N. I., Lapin, V. I. Analysis of the velocity curve in sprint running. *Medicine and Science in Sports*. 1979;11(4):332-337.
- 35) Weyand, P. G., Lin, J. E., Bundle, M. W. Sprint performance-duration relationships are set by the fractional duration of external force application. *American journal of physiology-Regulatory, Integrative and Comparative physiology*. 2006;290(3):758-765.
- 36) Weyand, P. G., Sternlight, D. B, Bellizzi, M. J. Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*. 2000;89(5):1991-1999.
- 37) Wright, S., Weyand, P. G. The application of ground force explains the energetic cost of running backward and forward. *The Journal of Experimental Biology*. 2001;204(10):1805-1815.

- 38) Young, W., Benton, D., Duthie, G., Pryor, J. Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength and Conditioning Journal*. 2001;23(2):7-13.
- 39) Young, W. B., McDowell, M. H., Scarlett, B. J. Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2001;15(3):315-319.
- 40) Zafeiridis, A., Saraslandis, P., Manou, V., Ioakimidis, P., Dipla, K., Kellis, S. The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2005;45(3):284-290.

謝辞

本研究は、早稲田大学スポーツ科学学術院 岡田純一准教授のご指導の下実施されました。本研究において、岡田准教授には実験および論文執筆など、全ての面において多大なるご指導、ご助言を賜りました。心からの感謝の意を表します。

本研究の実施にあたり、多くの方々から様々なご協力をいただきました。副査である早稲田大学スポーツ科学学術院 磯繁雄教授をはじめ、コーチング科学研究領域の諸先生方には多大なるご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。副査である早稲田大学スポーツ科学学術院 広瀬統一准教授には、研究に関する指導をはじめ、研究外のことに關しても様々なご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。早稲田大学スポーツ科学学術院 杉崎範英助教には、実験、データの分析および解釈、論文執筆にあたって多くの助言をいただくなど、あらゆる面においてご指導いただきました。心より感謝いたします。岡田研究室の荒井進之介君、山之内夏人君、宍戸清恵さんの3名には、ご自身の研究があるにも関わらず、験者として研究に参加していただきました。また、私の研究内容に対する彼らの客観的な意見は、大変参考になりました。深く感謝いたします。また、本研究に被験者として協力していただいた埼玉県立入間向陽高等学校 男子硬式野球部の監督、選手および保護者の方々にも感謝いたします。そして、この2年間、私を支えてくれた家族および友人たちに感謝いたします。

終わりに、皆様のご健康と今後の更なる発展を心よりお祈りいたします。

2012 年 1 月 13 日



<http://www.nishi.com/>

図 1. そり牽引トレーニング

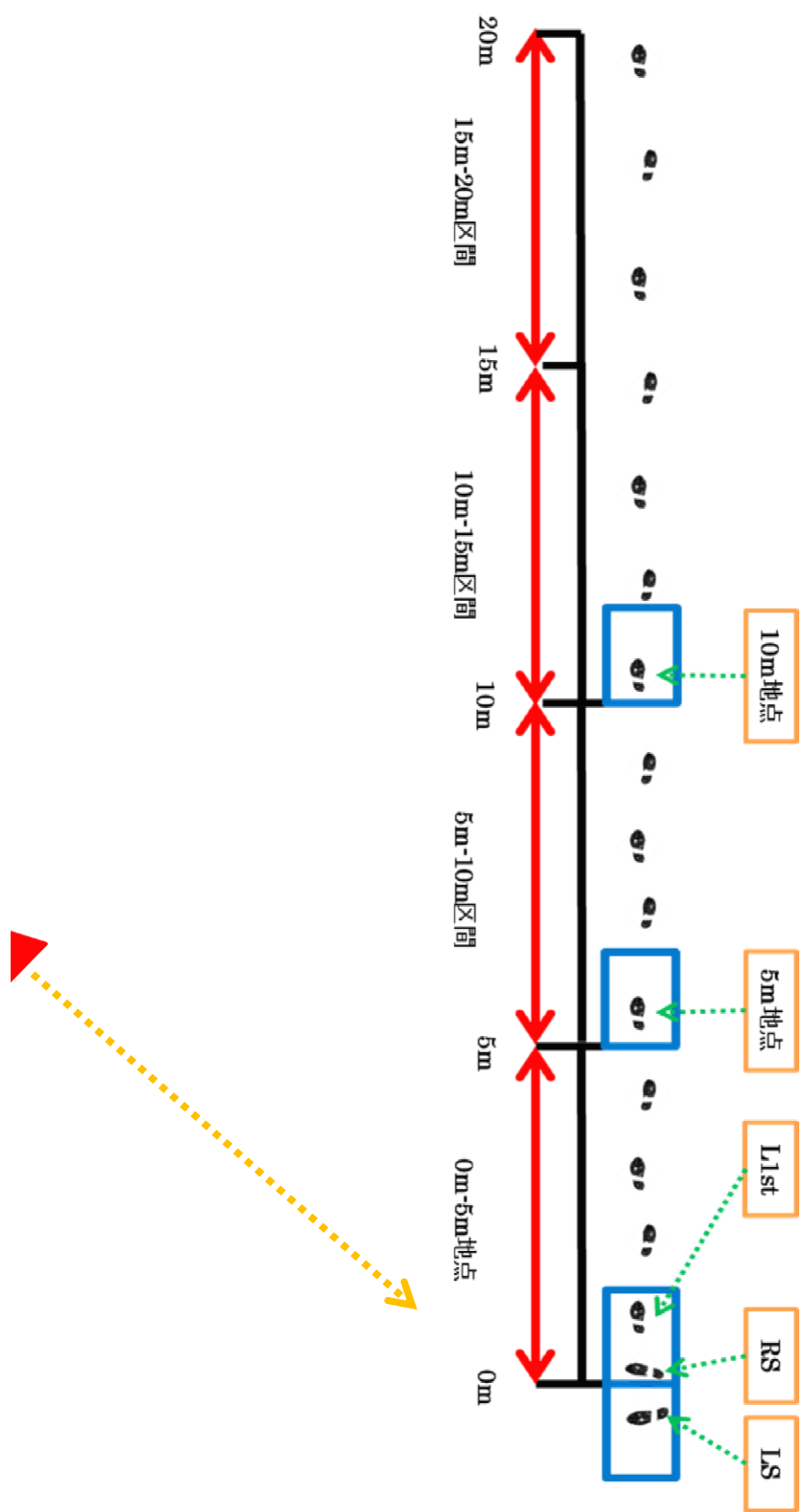


图 2. 床反力測定地点

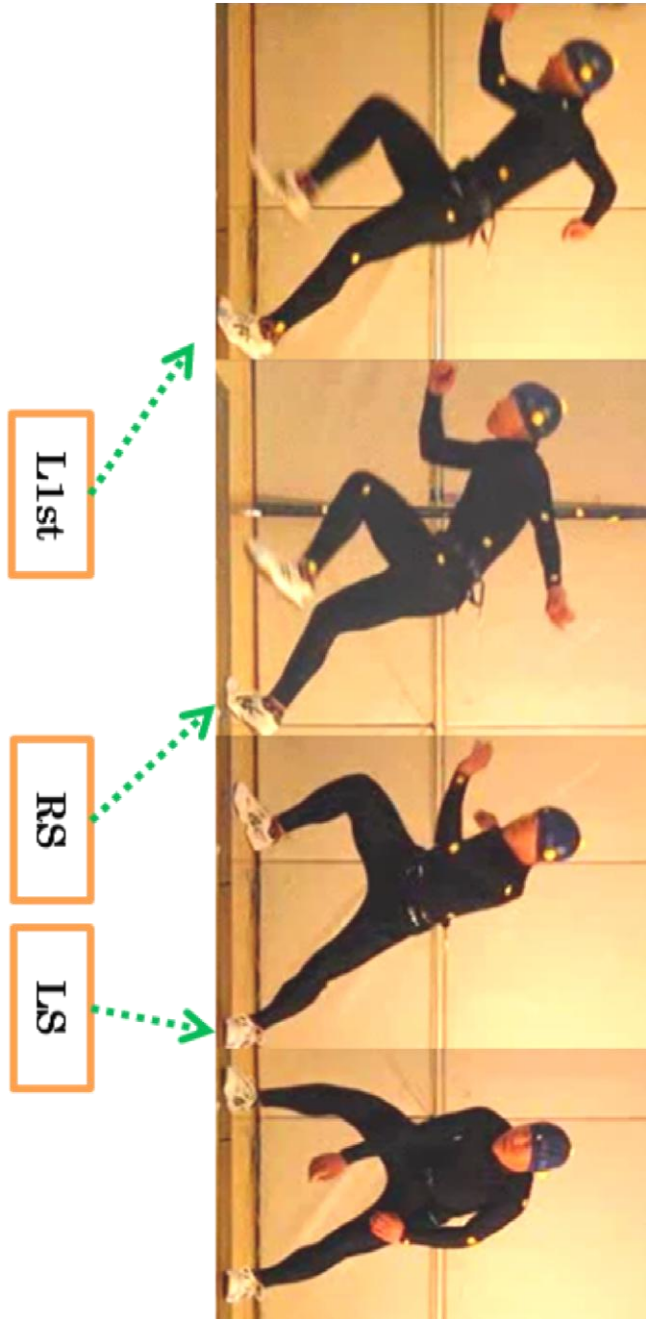


図 3. スタート姿勢

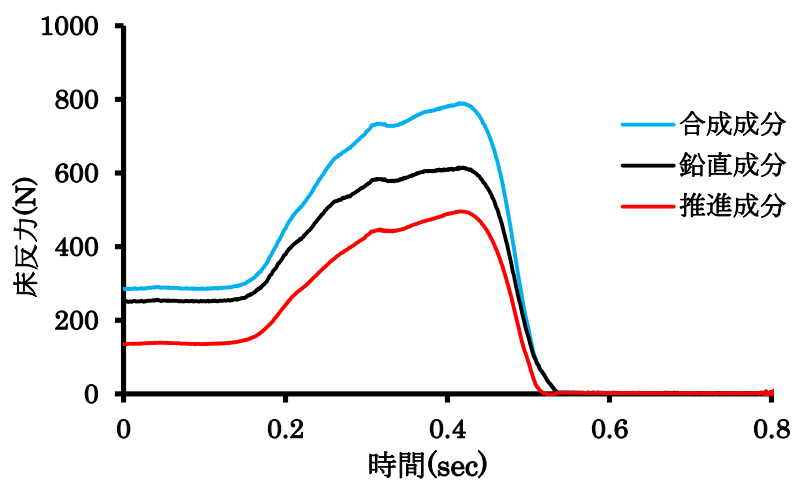


図 4. LS における床反力

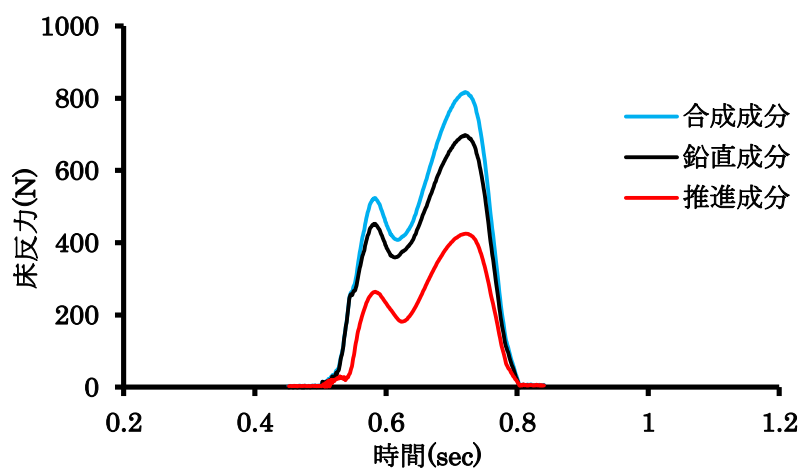


図 5. RS における床反力

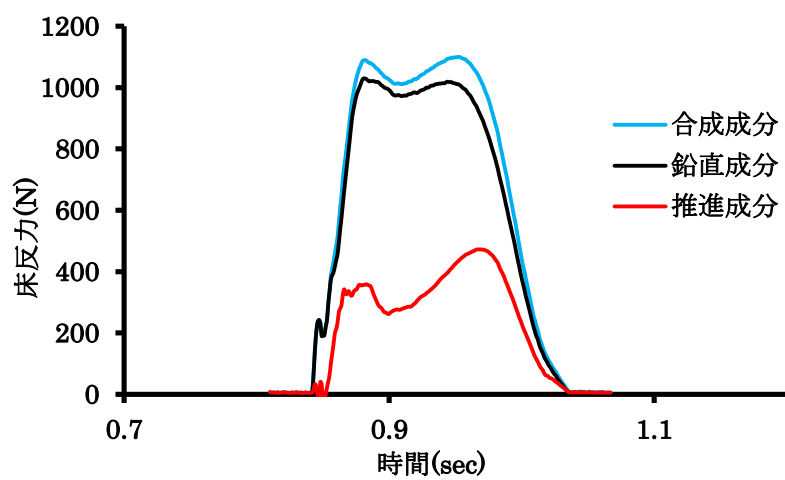


図 6. L1st における床反力

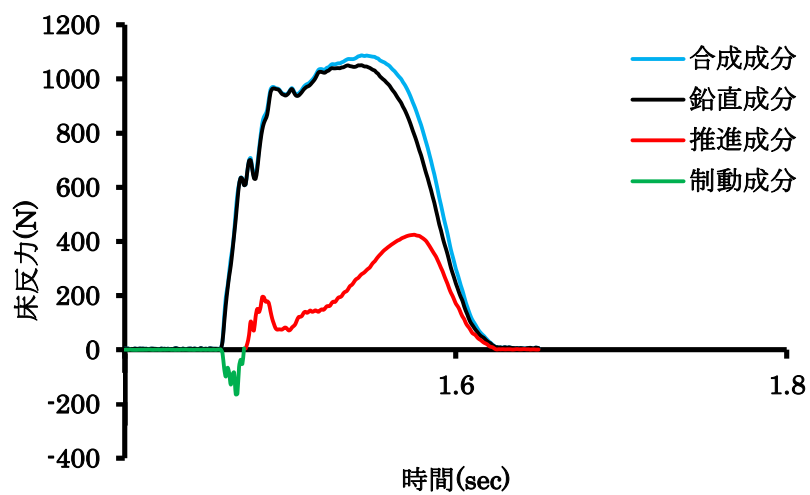


図 7. 5m 地点における床反力

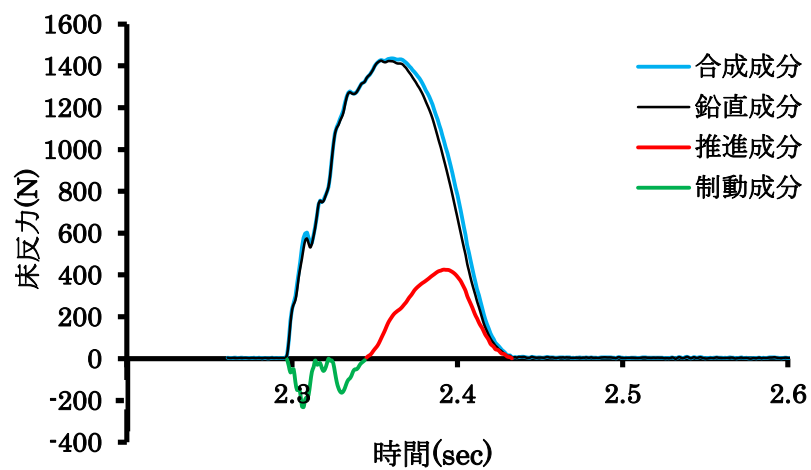


図 8. 10m 地点における床反力

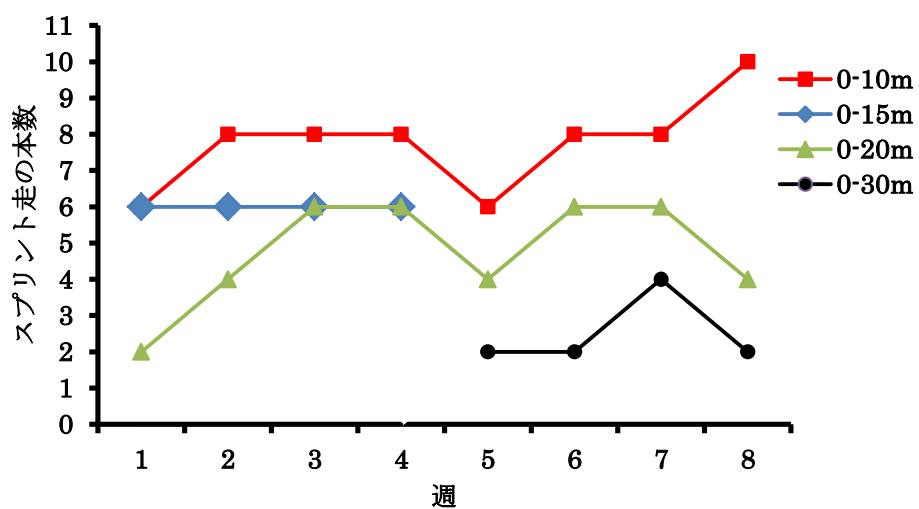


図 9. 1セッションあたりのスプリント走の本数

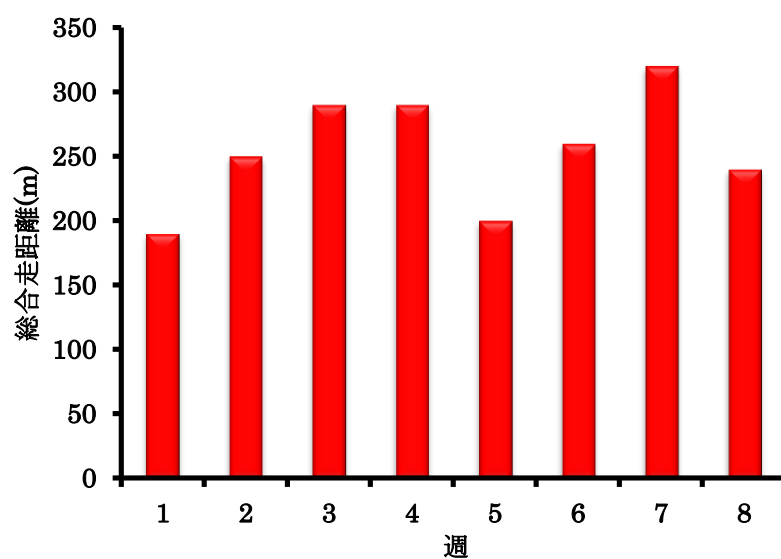


図 10. 1セッションあたりの総合走距離

表 1. 各区間におけるトレーニング前後の平均走速度

		平均値±標準偏差	
測定区間	測定時期	平均走速度(m/s)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
0-5m	pre	3.40 ± 0.17	3.50 ± 0.16
	post	3.60 ± 0.15†**	3.56 ± 0.10
5-10m	pre	6.20 ± 0.21	6.34 ± 0.22
	post	6.31 ± 0.15	6.40 ± 0.34
10-15m	pre	6.98 ± 0.24	7.11 ± 0.29
	post	6.97 ± 0.22	7.14 ± 0.20
15-20m	pre	7.32 ± 0.26	7.46 ± 0.34
	post	7.37 ± 0.20	7.73 ± 0.46*
0-20m	pre	5.44 ± 0.18	5.57 ± 0.16
	post	5.59 ± 0.14**	5.66 ± 0.13*

†...p<.05 有意な交互作用

**...p<.01 vs. pre

*...p<.01 vs. pre

表 2. 各測定地点におけるトレーニング前後の PF_{pro} .

平均値 $\pm$ 標準偏差

測定地点	測定時期	PF_{pro} . (%BW)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	90.8 ± 13.0	82.1 ± 7.9
	post	89.9 ± 11.2	80.3 ± 7.5
RS	pre	77.5 ± 10.6	76.9 ± 8.9
	post	82.4 ± 11.0	74.0 ± 6.5
L1st	pre	80.3 ± 11.3	88.5 ± 7.3
	post	$88.6 \pm 11.3^{\dagger**}$	86.7 ± 7.5
5m	pre	72.9 ± 7.3	70.4 ± 14.6
	post	69.5 ± 9.5	69.2 ± 5.8
10m	pre	68.9 ± 5.1	65.2 ± 3.9
	post	66.6 ± 5.6	62.5 ± 6.4

$\dagger \dots p < .05$ 有意な交互作用

$** \dots p < .01$ vs. pre

表 3. 各測定地点におけるトレーニング前後の $PF_{res.}$

平均値 $\pm$ 標準偏差

測定地点	測定時期	$PF_{res.}$ (%BW)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	170.9 ± 22.2	158.7 ± 12.7
	post	177.5 ± 17.5	161.1 ± 14.5
RS	pre	155.1 ± 20.7	157.2 ± 21.7
	post	161.8 ± 22.0	152.2 ± 11.8
L1st	pre	199.0 ± 22.8	204.1 ± 15.0
	post	$217.3 \pm 20.5^*$	215.3 ± 30.1
5m	pre	242.0 ± 30.3	233.5 ± 56.6
	post	231.7 ± 42.5	216.5 ± 39.5
10m	pre	270.9 ± 36.1	264.1 ± 53.6
	post	286.3 ± 37.0	266.6 ± 39.0

*... $p < .05$ vs. pre

表 4. 各測定地点におけるトレーニング前後の床反力の角度

平均値±標準偏差

測定地点	測定時期	床反力の角度(deg.)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	57.8 ± 2.7	58.8 ± 1.9
	post	59.2 ± 1.8	60.1 ± 0.9
RS	pre	59.9 ± 2.6	60.5 ± 3.2
	post	60.0 ± 1.7	61.2 ± 2.5
L1st	pre	66.2 ± 2.2	64.3 ± 1.7
	post	64.2 ± 1.9*	63.6 ± 3.2
5m	pre	66.5 ± 1.9	64.9 ± 3.1
	post	66.4 ± 2.2	65.3 ± 3.8
10m	pre	67.5 ± 1.4	65.6 ± 2.3
	post	68.6 ± 2.3	67.6 ± 2.5

*...p<.05 vs. pre

表 5. 各測定地点におけるトレーニング前後の F_{pro} の力積

平均値 $\pm$ 標準偏差

測定地点	測定時期	F_{pro} の力積(%BW)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	84.5 ± 19.1	84.6 ± 9.7
	post	84.0 ± 18.6	80.2 ± 16.2
RS	pre	41.4 ± 11.2	44.4 ± 15.4
	post	36.3 ± 13.3	44.8 ± 13.4
L1st	pre	15.7 ± 3.2	19.7 ± 1.9
	post	15.2 ± 3.9	18.4 ± 2.9
5m	pre	6.1 ± 1.5	6.1 ± 1.5
	post	6.8 ± 1.2	7.0 ± 0.9
10m	pre	3.4 ± 0.6	3.7 ± 1.3
	post	2.8 ± 0.3	2.8 ± 0.4

表 6. 各測定地点におけるトレーニング前後の $F_{\text{res.}}$ の力積

平均値 $\pm$ 標準偏差

測定地点	測定時期	$F_{\text{res.}}$ の力積(%BW)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	176.7 ± 52.9	181.7 ± 27.7
	post	184.6 ± 49.9	178.7 ± 41.4
RS	pre	89.7 ± 25.2	91.8 ± 32.1
	post	78.8 ± 27.7	100.8 ± 40.1
L1st	pre	46.2 ± 9.5	54.9 ± 6.8
	post	46.2 ± 14.4	54.0 ± 7.3
5m	pre	33.8 ± 7.1	34.9 ± 8.2
	post	35.5 ± 6.2	38.1 ± 6.1
10m	pre	32.1 ± 6.2	35.4 ± 4.0
	post	32.0 ± 4.6	34.1 ± 4.7

表 7. 各測定地点におけるトレーニング前後の平均 F_{pro} .

平均値 $\pm$ 標準偏差

測定地点	測定時期	平均 F_{pro} (%BW)	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	476.9 ± 81.5	458.6 ± 63.9
	post	462.3 ± 51.5	428.9 ± 63.7
RS	pre	436.4 ± 54.9	403.1 ± 18.1
	post	438.9 ± 65.1	385.0 ± 60.0
L1st	pre	523.5 ± 59.8	529.0 ± 39.8
	post	513.7 ± 90.1	534.0 ± 36.1
5m	pre	369.2 ± 55.8	332.5 ± 76.4
	post	381.8 ± 50.5	373.2 ± 54.0
10m	pre	381.6 ± 27.0	357.1 ± 20.7
	post	368.1 ± 26.6	341.9 ± 39.3

表 8. 各測定地点におけるトレーニング前後の平均 F_{res} .

平均値 $\pm$ 標準偏差

測定地点	測定時期	平均 $F_{\text{res.}}(\%BW)$	
		RST 群 (n=10)	NRST 群 (n=9)
LS	pre	969.5 ± 103.8	976.7 ± 96.5
	post	1003.2 ± 75.9	946.9 ± 107.8
RS	pre	941.9 ± 116.8	838.2 ± 66.3
	post	955.7 ± 137.2	843.9 ± 91.6
L1st	pre	1284.5 ± 79.4	1274.2 ± 113.8
	post	1268.1 ± 145.2	1319.2 ± 96.4
5m	pre	1605.6 ± 153.1	1494.0 ± 353.0
	post	1496.1 ± 103.2	1438.8 ± 153.2
10m	pre	1633.4 ± 90.8	1545.5 ± 86.5
	post	1669.5 ± 94.4	1574.6 ± 139.8