

そり牽引走における中重量負荷と高重量負荷が スプリント加速動作中の床反力に与える影響

Effects of moderate and heavy load sled towing on ground reaction force during acceleration

コーチング科学研究領域

5018A049-5 竹内 大輔

研究指導教員：岡田 純一 教授

I 緒言

多くのフィールド競技においては、最大疾走速度に到達する前にスプリントが終了し、断続的に繰り返し行われる。とくにアメリカンフットボールは試合中に加速動作が高回数繰り返されるため、加速能力の向上は競技力向上に直結する。そり牽引走は走方向に対する抗力を選手に課し、大きな推進力の発揮を要求すると考えられる。そのためそり牽引走は加速能力向上を目的とするトレーニングとして用いられることが多い。一方、加速能力向上に最適なトレーニング変数については明確になっていない。先行研究では、そり牽引走中は高い床反力の水平成分の力積が発生することが示されている。しかし、これらの先行研究で用いられた重量は体重基準で30%、走速度基準で20%低下相当の重量に留まり、さらに高重量の負荷がそり牽引走中の床反力に与える影響は明らかにされていない。そこで本研究は、アメリカンフットボール選手を対象に中重量または高重量を用いたそり牽引走がスプリント加速動作中の床反力に与える影響を明らかにすることを目的とした。

II 方法

アメリカンフットボール部に所属する健康な男子選手9名を対象者とした。

事前測定において無負荷の6mスプリント走と3種の負荷（体重の20%、60%、100%）の6mそり牽引走タイムを測定した。走タイムから速度低下率を基準に中重量（平均速度が30%低下する重量）と高重量（平均速度が50%低下する重量）の負荷を対象者ごとに算出した。

本測定は事前測定の1週間後に実施した。本測定では、無負荷の6mスプリント走、中重量および高重量の負荷を用いた6mそり牽引走を

行わせ、床反力データと走タイムを測定した。各試行間には3分間の休息時間を設け2回ずつ行わせた。走タイム測定に光電管（Speed Light 2gate system, Swift Performance），床反力測定にフォースプレート（FP6012-15, Bertec）を用いた。全試行においてスタート後2歩目の床反力を測定した。床反力の信号は、データ収録ソフトウェア（VitalRecorder2, キッセイコムテック）を用いてサンプリング周波数1000Hzでパソコンコンピューターに取り込まれた。解析にはデータ解析ソフトウェア（KineAnalyzer, キッセイコムテック）を用いた。接地全体の床反力の作用時間、制動および推進成分の作用時間を算出した。鉛直、水平、制動、推進の各成分において最大値、平均値、力積を算出した。全ての床反力の算出値は体重で正規化した。さらに床反力の発揮角度の指標として、床反力の合成成分の平均値に対する水平成分の平均値の割合を算出した。また各算出値は2回の試行の平均値を統計処理に用いた。

各床反力データと走速度データの試行条件（無負荷、中重量、高重量）間の差の検定には一元配置の分散分析を用いた。事後検定にはBonferroni法を用い多重比較を行った。いずれも危険率5%未満をもって有意とした。

III 結果

6m走速度は無負荷条件で $5.13 \pm 0.3 \text{m/s}$ 、中重量条件で $3.34 \pm 0.23 \text{m/s}$ 、高重量条件で $2.55 \pm 0.16 \text{m/s}$ であり、全条件間に統計的な有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。走速度の低下率は中重量条件で $34.9 \pm 2.8\%$ 、高重量条件で $50.1 \pm 3\%$ であり、条件間に統計的な有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。そり牽引走で扱われた負荷（体重に対する割合）は、中重量条件で $57.8 \pm$

4.3%，高重量条件で $98.2 \pm 7.1\%$ で，条件間に統計的な有意差が認められた ($p < 0.05$)。

接地全体の時間は全条件間で統計的な有意差が認められ ($p < 0.05$)，高重量条件で $0.249 \pm 0.037\text{s}$ ，中重量条件で $0.215 \pm 0.022\text{s}$ ，無負荷条件で $0.166 \pm 0.007\text{s}$ だった。制動成分の作用時間はどの条件間でも統計的な有意差は認められなかった。推進成分の作用時間は全条件間で統計的な有意差が認められ，高重量条件で $0.229 \pm 0.034\text{s}$ ，中重量条件で $0.198 \pm 0.023\text{s}$ ，無負荷条件で $0.148 \pm 0.006\text{s}$ だった。

力学的指標の結果を表1に示す。床反力の鉛直成分の最大値はいずれの条件間でも統計的な有意差は認められなかった。平均値は全条件間で統計的な有意差が認められ ($p < 0.05$)，高重量条件，中重量条件，無負荷条件の順で低値であった。力積は高重量条件と中重量条件で無負荷条件と比較して有意に低値であった

($p < 0.05$)。床反力の水平成分の平均値と力積は全条件間で統計的な有意差が認められ

($p < 0.05$)，高重量条件，中重量条件，無負荷条件の順で高値であった。床反力の推進成分の最大値と力積は全条件間で統計的な有意差が認められ ($p < 0.05$)，高重量条件，中重量条件，無負荷条件の順で高値であった。平均値は高重量条件と中重量条件で無負荷条件と比較して有意に高値となつた ($p < 0.05$)。床反力の制動成分について最大値，平均値，力積は高重量条件と中重量条件で無負荷条件と比較して有意に低値であった ($p < 0.05$)。床反力の合成成分に対する水平成分の割合は，全条件間で統計的な有意差が認められ ($p < 0.05$)，高重量条件，中重量条件，無負荷条件の順で高値であった。

IV 考察

本研究では床反力の水平および推進成分の力積について，中重量条件と高重量条件において無負荷条件と比較して統計的に高値を示した。また，先行研究でも床反力の水平および推進成分の力積はそりの重量増加によって増大したことが報告されているが，用いられたそり牽引走の負荷は本研究の負荷より下回っていた。した

がって，走速度を50%低下させる高重量のそり牽引走においても中重量や低重量の場合と同様に，床反力の水平および推進成分の力積発揮に対する要求が高まることが新たに明らかになったといえる。

中重量条件および高重量条件における水平および推進成分の平均値と最大値が，無負荷条件と比較して有意に高値を示したことから，本研究におけるそり牽引走の水平および推進成分の力積は，接地時間の長さに加え，当該負荷条件における水平および推進成分の床反力の大きさによっても起因したと考えられる。よって，走速度の低下率が20%～50%のそり牽引走は加速動作における床反力の水平および推進成分の大きさを高める要求が発生すると推察される。

床反力の合成成分に対する水平成分の割合が，高重量条件および中重量条件のそり牽引走において無負荷条件と比較して高値を示したことは力発揮の方向が進行方向に対して前傾したことによると考えられる。したがって高重量のそり牽引走を長期的に行うことで，床反力の前傾が助長しスプリント加速パフォーマンスを改善する可能性があると考えられる。

V 結論

そり牽引走は高重量の負荷を用いた際，床反力の水平成分の力積と平均値は高く，鉛直成分の平均値は低くなり，床反力の発揮方向を前傾する要求が高まることが明らかになった。

表1 力学的指標の結果

	無負荷条件	中重量条件	高重量条件
鉛直成分			
最大値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	20.7 ± 0.7	19.9 ± 0.8	19.2 ± 1.4
平均値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	3.3 ± 0.6	2.0 ± 0.5	* 1.2 ± 0.8
力積 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.55 ± 0.11	0.42 ± 0.10	* 0.28 ± 0.17
水平成分			
平均値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	4.4 ± 0.2	5.7 ± 0.5	* 6.4 ± 0.9
力積 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.73 ± 0.0	1.22 ± 0.1	* 1.55 ± 0.1
制動成分			
最大値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	-3.9 ± 1.4	-1.6 ± 2.1	* -0.7 ± 0.7
平均値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	-1.9 ± 0.8	-0.7 ± 0.9	* -0.3 ± 0.2
力積 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	-0.03 ± 0.01	-0.01 ± 0.02	* -0.01 ± 0.01
推進成分			
最大値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	8.5 ± 0.4	10.2 ± 0.7	* 11.5 ± 1.7
平均値 ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$)	5.2 ± 0.3	6.3 ± 0.6	* 6.9 ± 1.0
力積 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0.76 ± 0.04	1.23 ± 0.09	* 1.55 ± 0.11
水平成分の割合			
(%)	31.5 ± 2.2	43.1 ± 2.6	* 49.5 ± 4.3

*: 無負荷条件と中重量条件間の有意差 ($p < 0.05$)

†: 中重量条件と高重量条件間の有意差 ($p < 0.05$)