

1. 研究開始当初の背景

これまで高地トレーニングは、マラソンなどの持久的種目に要求される有酸素持久力を改善するためのトレーニング手段と位置づけられ、その競技力向上に多大なる貢献をしてきた。これは、高地の低圧・低酸素環境に生体が適応し、呼吸循環器機能が改善されるためである。

一方で、高地の低圧環境では、瞬発的な運動のパフォーマンスが向上することが知られている。1972年に標高2240mのメキシコシティで開催されたメキシコオリンピックでは、陸上競技の短距離走種目および跳躍種目で多くの世界記録が誕生した。また、陸上競技の短距離種目では、1000m以上の標高で開催された競技会で生まれた短距離走などの記録には、A (Altitude の略) の記号が付記され、平地の記録と区別されている。これらことから高地が瞬発的な力発揮能力が重要となるスポーツ種目にとっても特殊な環境であることが分かる。

これは、高地の低圧環境下では、①空気抵抗が小さくなり動作スピードが増す、②接地瞬間の衝撃に変化があり、それが接地中の下肢の筋腱複合体の機能を高める、などの変化が生じるためだと考えられる。このように気圧の変化を利用することで、トレーニング環境を様々に工夫することができるとトレーニングの発展に大きく貢献できる。

2. 研究の目的

本研究では、高地の低圧環境における最大努力の走運動および跳運動中のキネティクスおよびキネマティクスを明らかにし、高地トレーニングの新たな可能性を明確にすることを目的とした。

この目的を達成することにより、スポーツパフォーマンスの向上に大いなる貢献をしてきた“アシスティッドトレーニング”“プライメトリックトレーニング”の新たな可能

性を探ることができる。低圧環境下では、身体全体にかかる圧力(空気抵抗)が一定に軽減されるために、極めて自然に、しかもより高い動作スピードで運動が遂行できると予想される。そのため、他のアシスティッドトレーニングのように技術を悪化させるような危惧はなく、極めて質の高い技術トレーニングになりうるものと考えられる。

本研究で新たなトレーニングが開発されることにより、多くのスポーツにおいてパフォーマンスを決定づける重要な身体能力だと言えるスプリント力、ジャンプ力を改善することができる。

3. 研究の方法

高地の低圧力下におけるスプリント運動、ジャンプ運動の特徴をキネティクス(動作)およびキネマティクス(力発揮)の両面から明らかにしていく。それとともに、運動中の筋活動を筋電図分析により検討した。

(1) 平成26年度の研究方法

筑波大学体育系環境制御室にて低圧環境を設定して種々のジャンプ運動を実施し、踏切接地中の下肢のキネマティクス、キネティクス、筋活動を測定した。

通常的环境下でのジャンプ運動と比較することにより、低圧环境下でのジャンプ運動の特徴を明らかにした。

① 被検者

陸上競技者でジャンプ運動に習熟している大学生16名程度。

② 試技

- i) カウンタームーブメントジャンプ
- ii) リバウンドジャンプ
- iii) ドロップジャンプ

③ 測定項目

- i) キネティクス: 地面反力、下肢三関節のトルク・パワー、下肢のスティフネス
- ii) キネマティクス: 下肢三関節の角度・角速度変化、重心の移動速度

iii) 筋活動：筋電図分析により、大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋 の活動を測定した。

(2) 平成 27 年度の研究方法

高地の低圧環境下で最大スピードでのスプリントを実施し、運動中のキネマティクス、キネティクスを測定する。

通常的环境下でのスプリントと比較することにより、低圧環境下でのスプリントの特徴を明らかにする。

① 被検者

陸上競技者でスプリント運動に習熟している大学生 10 名程度。

② 実験試技

i) 高地環境（飛騨御岳高原ナショナル高地トレーニングエリアにある陸上競技場。1300m 地点及び 1900m 地点）での最大スピードでのスプリント

ii) 平地（筑波大学陸上競技場）での最大スピードでのスプリント

③ 測定項目

- i) キネマティクス：下肢三関節の角度・角速度変化、重心の移動速度
- ii) キネティクス：回復脚のトルク及びパワー

4. 研究成果

(1) 低圧環境がジャンプに及ぼす影響（平成 26 年度）

表 1 は、常圧と低圧環境におけるジャンプ運動を比較したものである。

この結果からは、低圧環境における RJ の接地時間が有意に短いという傾向が明確になっている。また、有意傾向には達しないが、跳躍高も増加を示している。これらのことから低圧環境が短時間で効率の良いキックを可能にした可能性が考えられる。

今後は、筋電図による筋活動分析結果、および詳細なキネティクス分析結果とを併せた、総合的な考察を進め、効率の良いキックを可能にしたそのメカニズムを探っていく。

表 1 □常圧と高圧間でのジャンプ運動の比較□

垂直跳□				
□□	常圧□	低圧□	T 値□	P 値□
跳躍高 (m) □	0.4448□	0.456□	-1.552□	0.149□
	0.045□	0.041□		
最大力 (N) □	1760.1□	1774.5□	-0.770□	0.453□
	152.6□	152.8□		
最大力/□	24.9□	25.2□	-0.798□	0.437□
体重 (N/kg) □	1.3□	1.5□	□□	□□
リバウンドジャンプ (RJ) □				
RJ□DEX □	2.652□	2.782□	1.437□	0.171□
	0.441□	0.517□		
跳躍高 (m) □	0.414□	0.414□	0.043□	0.966□
	0.052□	0.060□		
接地時間 (s) □	0.157□	0.15□	-1.969□	0.068□
	0.015□	0.014□		
最大力 (m) □	6223.3□	6565.1□	0.933□	0.366□
	1189.5□	1497.3□		
最大力/□	87.7□	93.5□	1.057□	0.307□
体重 (N/kg) □	13.1□	22.7□	□□	□□

数値□上段：平均値□下段：標準偏差□

(2) 低圧環境がスプリントに及ぼす影響（平成 27 年度）

表 2 は、高地と平地でのスプリント動作の比較を行ったものである。疾走速度、ピッチ、ストライドには試技間に有意差は認められなかった。また、キネティクスにも有意差の認められた項目はなかった。しかしながら、個々の被験者別に検討していくと、低圧環境でのスプリント動作がよりスピードが発揮できる形態に変化している被検者も見られた。それは、下肢の前方及び後方へのスウィング速度が高まり、ストライドが伸長したという変化であった。現在、これらの動作の変容がどのようなキネティクス要因の変化に裏付けられたものであるかを検証中である。

表 2 □高地と平地でのスプリントの比較□

□□	高地□		平地□
	1300m□	1800m□	□
ピッチ (Hz) □	4.45□	4.47□	4.50□
□	0.14□	0.15□	0.21□
ストライド (m) □	2.13□	2.12□	2.10□
□	0.06□	0.07□	0.09□
疾走速度 (m/s) □	9.48□	9.47□	9.46□
□	0.3□	0.32□	0.36□
角度 (deg) □	□□	□□	□□
□最大大腿角度□	67.2□	67.5□	67□
□	3.6□	6.3□	4.8□
□最小膝関節角度□	46.5□	48.5□	48.3□
□□	9.2□	5.6□	5.7□
角速度 (deg/s) □	□	□	□
最大振り戻し角速度□	1130.7□	1097.3□	1122.2□
□	126.1□	125.6□	100.3□
最大振り出し角速度□	-924.0□	-820.0□	-908.4□
□□	96.9□	144.4□	125.8□

今後は、この変化が身体全体にかかる圧力（空気抵抗）が一定に軽減されたことによる動作スピードのアップであるか、走運動の接地瞬間の衝撃がわずかに強くなり、その後の下肢の伸張-短縮サイクル運動が効率良く行われることにより、プライオメトリック機能が強化されたことによるものなのかを検討することにより、気圧変化が運動形態に及ぼす影響を明確にしてトレーニングの新たな可能性を検討していく。