

原著

数分間隔で繰り返される跳躍間の適切な準備運動

山口 太一^{*,**}, 石井好二郎^{**}, 瀧澤 一騎^{**,***}, 高嶋 渉^{**}, 稀森 謙吾^{**,****}

The suitable preparation exercise between jump trials repeating at intervals of several minutes

Taichi Yamaguchi^{*,**}, Kojiro Ishii^{**}, Kazuki Takizawa^{**,***},
Wataru Takashima^{**}, Kengo Inamori^{**,****}

要 約

本研究の目的は数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの向上, 維持に適した跳躍間の準備運動を明らかにすることであった。15名の男性が跳躍間に準備運動を実施しながら, 10回のジャンプパフォーマンス測定を実施した。準備運動は①コントロール (C), ②静的ストレッチング (S), ③練習ジャンプ (J), ④静的ストレッチングと練習ジャンプ (SJ) であった。ジャンプパフォーマンスには垂直跳び跳躍高を採用した。跳躍高の最大値 (ベスト跳躍高) はJおよびSJでCよりも高値を示した。また, CおよびSでは跳躍本数が増すにつれて跳躍高が低下し, 1本目に比し4本目以降で低値を示した。一方, Jの跳躍高はほぼ一定の水準で推移した。しかし, SJは1本目よりも8本目のみ低値を示した。本研究の結果から数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの向上, 維持のための跳躍間の準備運動として練習ジャンプが有効であることが示唆された。

キーワード: パフォーマンス, ジャンプ, ストレッチング, 準備運動, 跳躍種目

* 酪農学園大学酪農学部食品流通学科食・健康スポーツ科学研究室
Laboratory of Food Ecology and Sports Science, Department of
Foods Distribution, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen
University

〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582

582 Bunkiyodai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

** 北海道大学応用力学研究室

Laboratory of Human Performance and Fitness, Hokkaido
University

〒060-0811 札幌市北区北11条西7丁目

Kita-11 Nishi-7 Kita-ku, Sapporo 060-0811, Japan

*** 新潟医療福祉大学健康科学部健康スポーツ学科

Department of Health and Sports, Niigata University
of Health and Welfare

〒950-3198 新潟市北区島見町3198

3198 Shimami-cho Kita-ku, Niigata 950-3198, Japan

**** 青森県スポーツ科学センター

Aomori prefectural Institute for Sports Sciences

〒039-3505 青森市大字宮田字高瀬22-2

22-2 Takase Miyata-ji Oo-aza, Aomori 039-3505, Japan

受付日: 2007年3月30日

受諾日: 2007年9月19日

Abstract

The purpose of the present study was to clarify the suitable preparation exercise between jump trials for improving and maintaining jump performance repeating at intervals of several minutes. Fifteen male subjects were evaluated ten times in jump performance, carrying out one of four types of preparation exercise between the jump trials. The preparation exercises were 1) control (C), 2) static stretching (S), 3) practice jump (J) and 4) static stretching and practice jump (SJ). The jump performance was assessed by height of countermovement jump. The highest jump height from the 2nd to 10th trial, that is, the best jump height was calculated in each subject. The best jump height was significantly ($p<0.01$) higher in J and SJ compared with C. As for transitions of jump height, C and S tended to decrease jump heights as the number of trials increased, all jump heights after the 4th trial were significantly ($p<0.05$) lower than that in the 1st trial. In contrast, J mostly maintained jump heights with the fixed level through all trials. The 3rd, 5th, 8th, 9th and 10th jump heights in J were significantly ($p<0.05$) higher than those in C. In SJ, only the 8th jump height was significantly ($p<0.05$) lower than the 1st jump height. The present study demonstrated that practice jump raised the best jump height and maintained the raised jump height. The present results suggest that the practice jump between jump trials is more suitable for improving and maintaining jump performance repeating at intervals of several minutes.

Key words: performance, jump, stretching, preparation exercise, jump event

I. 緒言

陸上競技における走り高跳びや走り幅跳びといった跳躍種目は、数分から十数分の間隔をおいて跳躍試技が繰り返される。このような特徴を持つ跳躍種目において、優れた成績を収めるためには、跳躍試技前においてより良いウォームアップを実施することは無論のこと、試技間においても身体的なコンディションを高め、さらに、良いコンディションを保つために適切な準備運動を行う必要がある。一般的な跳躍間の準備運動としては練習ジャンプやストレッチング、あるいはその両方が考えられる⁹⁾。

練習ジャンプは、主に跳躍動作の確認を目的に行われることが多いが、加えて、跳躍前に練習ジャンプを実施することで、跳躍で利用される筋群の興奮性を高め、ジャンプパフォーマンスを向上させる効果もあると考えられている。Young and Behm¹³⁾ は、ランニングと下肢筋群に対する静的ストレッチング後に練習ジャンプを行うことで、ランニングと静的ストレッチングのみを実施する場合よりもジャンプパフォーマンスを向上させることを示している。しかしながら、数分間隔で繰り返されるジャンプの跳躍間の練習ジャンプがパフォーマンスに

及ぼす効果については未だ不明である。一方、ストレッチングについては、山本と山本¹²⁾ が5秒間の全力自転車漕ぎ運動を20秒の休息を挟んで8セット行う主運動の33分の試行間に下肢筋群に対して静的ストレッチングを行うことで、パフォーマンスの回復、そして向上を認めている。このことは、間欠的運動の試行間の静的ストレッチングには、前の運動により生じた疲労を回復へと促し、パフォーマンスを改善させる効果があることを表している。しかしながら、先行研究における間欠的運動と数分間隔で繰り返されるジャンプでは、疲労の程度や質が根本的に異なることが予想されるため、先行研究と同様の静的ストレッチングによるパフォーマンス改善効果が数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスにおいても認められるかどうかについては疑問が残る。さらに、練習ジャンプとストレッチングの両方を行う準備運動が数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスに及ぼす効果についても明らかにされていない。すなわち、跳躍種目における一般的な種々の跳躍間の準備運動が数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスに及ぼす効果については未だ不明と言わざるを得ない。

そこで、本研究の目的は、数分間隔で繰り返されるジャンプの跳躍間における練習ジャンプ、ストレッチン

グ、ならびにそれら両方を行う準備運動がジャンプパフォーマンスに及ぼす効果を明らかにし、それぞれが跳躍種目における跳躍間の準備運動として適しているのか否かについて実験的に検討することである。本研究では数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスに対する有効性をはかる指標として、ジャンプのベストパフォーマンスの発揮ならびにパフォーマンスの維持に対する各種準備運動の効果について検討することとした。

Ⅱ. 方法

A. 被験者

被験者は、健康な男子学生15名（平均値±標準誤差、年齢 21.3 ± 0.5 歳、身長 173.3 ± 1.8 cm、体重 63.1 ± 1.7 kg）であった。彼らのなかには、部活動（陸上競技および野球）に所属しているものもいたが、実験時はオフシーズンであったため、日常的に激しいトレーニングを実施しているものはいなかった。また、実験前日ならびに当日に各種トレーニングを行わないよう注意を促した。なお、被験者には事前に本研究の内容と危険性について十分な説明を行い、実験への参加の同意を得た。

B. 実験プロトコル

被験者は、はじめにウォームアップを行い、1回目のジャンプパフォーマンス測定を実施した。その後、各々のジャンプパフォーマンス測定の間以下に挙げる4種類の準備運動のひとつを実施し、9回のジャンプパフォーマンス測定を行った。すなわち、ジャンプパフォーマンス測定は合計10回行われた（図1）。4種類の準備運動条件は、1) 座位にて安静を保持するコントロール（control：C）、2) 静的ストレッチングを実施するストレッチング（stretching：S）、3) 練習ジャンプ

を実施するジャンプ（jump：J）、ならびに4) 静的ストレッチングと練習ジャンプを実施するストレッチング+ジャンプ（stretching + jump：SJ）であった。各被験者は4種類の準備運動を別日にランダムな順序で行い、実験は少なくとも48時間以上の間隔があけて行われた。なお、すべての実験は約25℃に室温が保たれた実験室内で行い、準備運動条件間で室温に差がないように留意した。

C. ウォームアップ

被験者は、すべての準備運動条件で同様のウォームアップを行った。ウォームアップは自転車エルゴメータ（Lode, Corival）を用いた5分間の自転車漕ぎ運動（60 W, 60rpm）、3分間の休息、60秒間に任意のタイミングで2回行う練習ジャンプにより構成された。練習ジャンプ終了後、2分の休息をおいて、1本目のジャンプパフォーマンス測定が実施された。

D. ジャンプパフォーマンスの測定

ジャンプパフォーマンスの指標には、カウントムーブメントジャンプの跳躍高を採用した。跳躍高の測定に際し、跳躍時の腕振りが跳躍高に及ぼす影響の個人差をできるだけ排除するため、各被験者は両手を腰に当てた状態で跳躍を行った。被験者には、両足を肩幅に開き、直立した姿勢から、任意の高さまで膝を曲げ沈み込み、できるだけまっすぐ上に高く跳ぶよう指示をした。また、正確な滞空時間を測定するため、空中では離地時の下肢位を保持し、着地直前に脚を曲げたりしないよう注意を促した。滞空時間は、特別に作成されたマットスイッチシステム（ウチダシステム、札幌）により計測された離地から着地までの時間とし、それを用いて以下の式より跳躍高を求めた。

$$h = 1/8 \times g \times t^2 \times 100 \quad [h: \text{跳躍高(cm)}, \\ g: \text{重力加速度 (9.8m/秒)}, t: \text{滞空時間(秒)}]$$

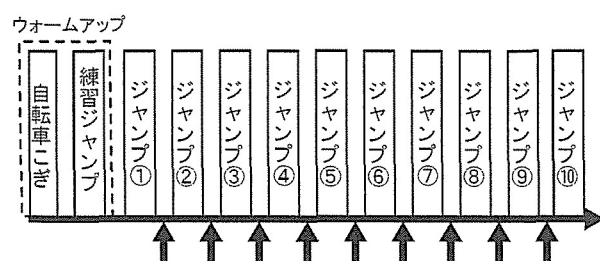


図1 実験プロトコル。矢印が準備運動を示す。

跳躍間の準備運動に伴うジャンプのベストパフォーマンスの発揮効果を明らかにするために、各準備運動の実施後に当たる2本目から10本目の跳躍高のうち、それぞれの被験者においてもっとも高い値を算出し、それをベスト跳躍高として、Cとその他の準備運動の条件間で比較を行った。また、跳躍間の準備運動によるパフォーマ

ンスの維持効果あるいは改善効果を明らかにするため、1本目から10本目の跳躍高の推移について各準備運動で検討するとともに、Cとその他の準備運動間で推移に対する効果の違いを比較検討した。なお、実験に先立ち検討した別日2日の測定日間の跳躍高には有意な差はなく、テスト-再テストの級内相関係数 (r) は0.96、誤差は平均で0.3cm (0.5%) [範囲: -0.3~2.2cm (-0.6~3.5%)] であった ($n=8$)。

E. ジャンプ間の準備運動

準備運動は、順に5分間のストレッチング、60秒間の休息、90秒間の練習ジャンプ、ならびに30秒間の休息のそれぞれの時間からなる合計8分間とした。準備運動の時間を8分間に設定したのは、跳躍種目の競技方式において3回目の試技を終えた時点におけるベスト8の選手に対し、4回目以降の試技機会が与えられ優勝争いがなされること、そして、試技時間が原則として1人1分に設定されていることから⁹⁾、試技間の休息時間がおよそ8分間になると推測したからである。ストレッチングならびにジャンプの両方を行わないC、あるいはいずれかを行わないSおよびJでは、それらの時間は座位にて安静を保持した (図2)。

ストレッチングを含む準備運動では、Alterの方法¹⁾を参考に跳躍動作に関わる4つの下肢筋群、すなわち、足底屈筋群 (Alterの方法¹⁾の#23, 図3-a)、膝屈曲筋群 (#50, 図3-b)、股関節伸筋群 (#137, 図3-c) および膝伸筋群 (#124, 図3-d) に、順に、各被験者自身が行うセルフストレッチングを実施した。各被験者にはすべての筋群のストレッチングに共通して、反動をつけずにやや不快と感じる肢位まで筋群を伸張させ、その肢位を保持するよう指示した。ストレッチングの時間は30秒間とし、験者が管理した。また、各ストレッチングは両脚に

1セットずつ実施するものとし、すべての筋群において右脚から行った。なお、ストレッチングを行う準備運動では、ストレッチング、姿勢の変換および脚の入れ替え等、すべてを含み5分で終了させた。足底屈筋群のストレッチング (図3-a) は、被験者が壁に向かい両手で姿勢を保持しながら立位となった。その後、ストレッチング脚を踵が床から離れない位置まで後方移動させ、足底屈筋群を伸張させた。このとき、ストレッチング脚の膝が完全に伸展していることを確認した。膝屈筋群のストレッチング (図3-b) は、被験者が長座位となり、非ストレッチング脚の股関節を外転、膝を屈曲させ、足底がストレッチング脚の内股につくようにした。その後、ストレッチング脚の膝を完全に伸展させた状態で股関節を屈曲し、上体をストレッチング脚の方向へ倒し、膝屈筋群を伸張させた。股関節伸筋群のストレッチング (図3-c) は、被験者が仰臥位でストレッチング脚の膝を屈曲させた状態で、股関節を屈曲させ、胸に抱え込むようにして股関節伸筋群を伸張させた。膝伸筋群のストレッチング (図3-d) は、被験者が長座位となり、ストレッチング脚の膝を踵が臀部に触れるように屈曲させた。その後、ストレッチング脚の下腿前部が床から離れぬよう注意し、股関節を伸展させ、上体を後方へ倒して膝屈筋群を伸張させた。

練習ジャンプを含む準備運動では、各被験者にジャンプパフォーマンスの測定時と同様の最大努力のカウンタムーブメントジャンプを90秒間に任意のタイミングで3回行うよう指示した。なお、時間経過は被験者から観察

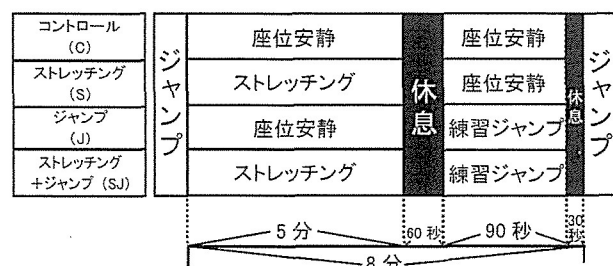


図2 ジャンプパフォーマンス測定間の準備運動。

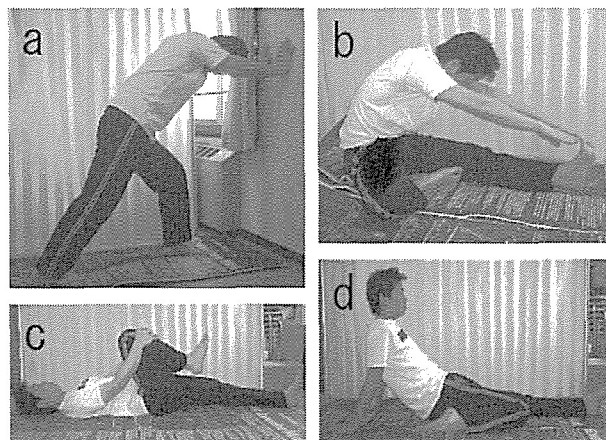


図3 ストレッチングを含む準備運動における静的ストレッチング。a. 足底屈筋群。b. 膝屈筋群。c. 股関節伸筋群。d. 膝伸筋群。

できるようアウトドアタイマーを用いて示した。

F. 統計解析

Cとその他の各準備運動間のベスト跳躍高の比較には、対応のあるt検定を用いた。また、Cとその他の各準備運動間における1本目から10本目までの跳躍高の推移に及ぼす効果の比較については、反復測定分散分析 [2 (準備運動の違い) × 10 (跳躍本数)] を用い、有意性が認められた場合には、跳躍本数毎に対応のあるt検定を用いて、多重比較検定を行った。加えて、各準備運動間における1本目から10本目までの跳躍高の推移については、繰り返しのある一元配置分散分析を用い、有意性が認められた場合にはTukey法を用いて多重比較検定を行った。すべての測定値は平均値および標準誤差で示し、有意水準は $p<0.05$ を以て判定した。

Ⅲ. 結果

各準備運動条件のウォームアップ後の1本目の跳躍高は、それぞれCで 40.6 ± 1.4 cm, Sで 40.9 ± 1.6 cm, Jで 40.7 ± 1.8 cm, SJで 41.7 ± 1.3 cm, であり、準備運動条件間に有意な差は認められなかった ($p=0.38$)。

各準備運動におけるベスト跳躍高を図4に示した。J (43.0 ± 1.6 cm) およびSJ (42.7 ± 1.3 cm) のベスト跳躍高は、C (40.7 ± 1.2 cm) に比較して有意に ($p<0.01$) 高値を示した。一方、S (41.2 ± 1.4 cm) のベスト跳躍高はCよりも高値を示したものの、Cとの間に有意な差は認められなかった ($p=0.33$)。また、各被験者がベスト跳躍高を記録した準備運動について人数の内訳をみてる

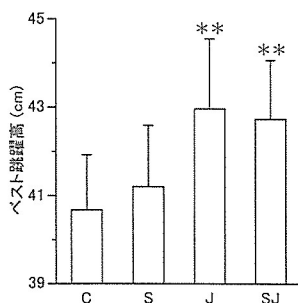


図4 コントロールと各準備運動間におけるベスト跳躍高の比較。C: コントロール, S: ストレッチング, J: ジャンプ, SJ: ストレッチング+ジャンプ。**はCとの有意差 ($p<0.01$) を示す。平均値±標準誤差。

と、Cは0名 (0%), Sは1名 (7%), Jは6名 (40%), SJは8名 (53%) であり、JおよびSJでベスト跳躍高を記録する被験者の割合が高かった。さらに、各準備運動において各被験者がベスト跳躍高を記録した本数を求め、2本目にベスト跳躍高を記録した人数について着目してみると、Cでは15名中10名 (66%), Sでは8名 (53%) であるのに対し、JおよびSJでは3名ずつ (20%) であり、CおよびSでは2本目で、一方、JおよびSJでは3本目以降にベスト跳躍高を記録するものの割合が高かった。

1本目から10本目までの跳躍高の推移については (図5), CおよびSで、跳躍回数が増すにつれて跳躍高が低下し、5本目以降は低い水準で安定した推移をみせた。そのため、CおよびSの跳躍高の推移に対する効果に相違はみられなかった (準備運動×跳躍本数: $F=0.72$, $p=0.69$)。しかしながら、それぞれの推移について着目すると、Cでは (図5-a), 1本目の跳躍高に比して3本目以降で、2本目に比較して7本目以降で有意に ($p<0.05$) 低値を示し、最大でおよそ2.6cmの低下がみられた。また、Sでは (図5-b), 1本目に比べ4本目以降で、2本目に比して5, 8および9本目で有意に ($p<0.05$) 低値を示し、最大で約3.3cmの低下がみられた。一方、Jでは (図5-c),

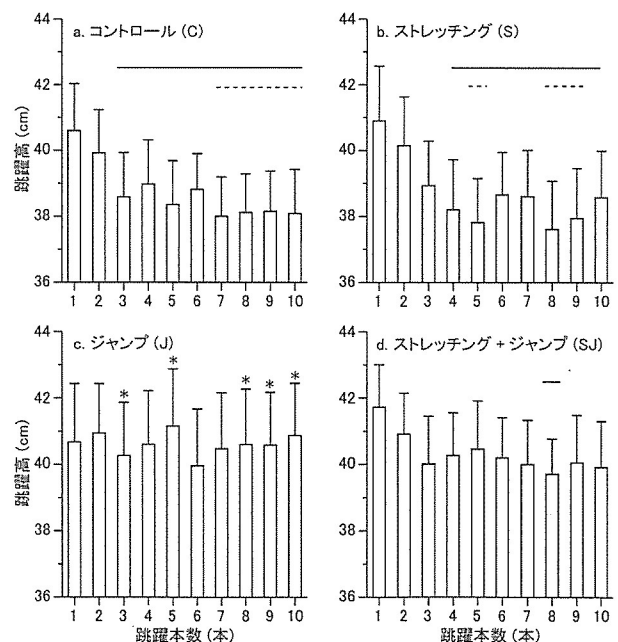


図5 各準備運動における跳躍高の推移。*は同じ跳躍本数においてCと有意差 ($p<0.05$) があることを示す。実線は、それぞれの準備運動において、1本目との有意差 ($p<0.05$)、破線は2本目との有意差 ($p<0.05$) があることを示す。平均値±標準誤差

すべての跳躍高に有意差は認められず、ほぼ一定の水準で推移し、低下は最大でも約0.7cmに留まった。その結果、CとJの跳躍高の推移に対する効果に違いがみられ ($F=2.31$, $p<0.05$), 3, 5, 8, 9および10本目でJの跳躍高がCに比べ有意に ($p<0.05$) 高値を示した (図5-c)。また、SJでは (図5-d), 1本目の跳躍高に比較して8本目のみ有意に ($p<0.05$) 低値 (約-2.0cm) を示したが、その他の本数には差は認められず、3本目以降は安定して推移した。しかしながら、CとSJの跳躍高の推移に対する効果の違いは確認されなかった ($F=0.49$, $p=0.88$)。

Ⅳ. 考察

A. 練習ジャンプを含む準備運動の効果

本研究においてJがベスト跳躍高をもっとも向上させた (図4)。また、SJのベスト跳躍高はCと比較し高い値を示した (図4)。加えて、多くの被験者 (93%) がJないしSJにおいてベスト跳躍高を記録した。これらの事実は、本研究で用いられた練習ジャンプを含む跳躍間の準備運動が数分間隔で繰り返されるジャンプのベストパフォーマンスの発揮に有効であることを意味している。よって、決められた試技回数の中でベストパフォーマンスの発揮が必要とされる走り幅跳びのような跳躍種目にとって練習ジャンプを含む準備運動が有効であることが示唆される。また、Jでは跳躍高が1本目から10本目まで比較的安定した水準で推移し、Cと比較して3, 5, 8, 9および10本目で高値を示した (図5-c)。他方、SJでは1本目から3本目にかけて若干の低下がみられ、8本目で有意な低下を示したものの、3本目以降は比較的安定して推移した (図5-d)。加えて、JおよびSJでは3本目以降にベスト跳躍高を記録する被験者が多くみられた。これらの結果は、本研究で用いられた練習ジャンプを含む跳躍間の準備運動が数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの維持に貢献し、跳躍本数が増えてもなお、ベストパフォーマンスを発揮させる可能性があることを示している。したがって、試技の後半になるほど高いパフォーマンスが要求される走り高跳びのような跳躍種目にとっても練習ジャンプを含む準備運動が有益であることが推察される。よって、これらの事実から本研究で用いられたような練習ジャンプを含む跳躍間の準備運動が種々の跳躍種目にとって有効であることが示唆される。

これまでに数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスに及ぼす跳躍間の練習ジャンプの効果について検討した研究は存在しないが、Young and Behm¹³⁾ は練習ジャンプがその後に行うジャンプパフォーマンスの向上に有効であることを示唆している。また、練習ジャンプではないものの、最大下¹⁴⁾あるいは最大努力⁷⁾における大きな力発揮の後にジャンプパフォーマンスが改善することも報告されている。このようなジャンプパフォーマンスの改善には、練習ジャンプあるいは大きな力発揮によって生じた跳躍動作に関わる筋群における postactivation potentiation (活動後増強)¹⁰⁾ による興奮性の亢進や神経および筋のコーディネーション能力の改善などの神経生理学的な変化が寄与すると考えられている¹³⁾。ジャンプパフォーマンスに及ぼす練習ジャンプや大きな力発揮の即時効果そのものが、本研究における数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスに対する効果へと転じたとは言い切れないものの、跳躍間の練習ジャンプによって、ウォームアップで得られたパフォーマンス向上効果を維持し、より良いコンディションを保てたことで、数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスを向上および維持させたことには違いない。今後は筋温の変化ならびに筋電図等で神経生理学的な変化を同時に測定することにより、パフォーマンスの向上および維持のメカニズムについて探る必要があると思われる。また、実際の跳躍種目は、本研究のような両足踏み切りのカウンタムーブメントジャンプではなく、助走から片足でタイミング良く踏み切るジャンプ動作により遂行される。さらに、実際の競技では、身体的なコンディションだけでなく、イメージトレーニングなどによる精神的なコンディションの変化もパフォーマンスに大きな影響を及ぼす。よって、今回の練習ジャンプに加えてイメージトレーニングなどを含めた跳躍間の準備運動のプロトコルを実施し、実際の跳躍種目におけるジャンプ動作においても本研究のようなパフォーマンス向上効果が得られるのか否かについてさらに詳細に検討するとともに、跳躍間における最適な練習ジャンプのプロトコル (強度、回数、休息時間など) についても明らかにする必要があるだろう。

B. 静的ストレッチを行う準備運動の効果

本研究のSは数分間隔で繰り返されるジャンプのベス

トパフォーマンスを向上させなかった(図4)。したがって、本研究で用いられた静的ストレッチングを行う跳躍間の準備運動は数分間隔で繰り返されるジャンプのベストパフォーマンスの発揮に有効であるとは言えない。これまで数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスに対する静的ストレッチングの効果については検討されていないものの、ジャンプパフォーマンスに及ぼす即時効果についての研究は行われてきた。このうち本研究と同様のカウンタムーブメントジャンプをパフォーマンスの指標に静的ストレッチングの即時効果を検討した研究では、パフォーマンスの低下^{2, 4, 6)}やパフォーマンスに対する正負の効果がなく^{8, 11)}が示されている。よって、本研究は、後者の研究を支持する結果であった。一方で、本研究において一部の先行研究^{2, 4, 6)}のような静的ストレッチング後のジャンプパフォーマンスの低下は確認されなかった。しかしながら、ジャンプパフォーマンスの低下が認められた研究^{2, 4, 6)}では単一の筋群に対する静的ストレッチングの伸張時間が比較的長く(90-120秒)、本研究のような一般的な伸張時間(30-45秒)の静的ストレッチングを用いた研究^{8, 11)}ではジャンプパフォーマンスの低下が認められていない。よって、単一の筋群に対する静的ストレッチングの伸張時間が比較的短い本研究のような場合には、ジャンプパフォーマンスに対する即時効果同様、数分間隔で繰り返されるジャンプにおけるベストパフォーマンスもまた向上も低下もさせないものと推察される。

一方で、Sはベスト跳躍高に向上も低下も認められなかったものの、跳躍回数が増すにつれて跳躍高に低下がみられ、跳躍高の推移はCのそれとほぼ同様であった(図5-a, b)。さらに、Sでは被験者の半数以上が2本目にベスト跳躍高を記録した。これらの結果は、本研究で用いられた跳躍間の静的ストレッチングが数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの維持効果を有さないことを示唆している。よって、本研究の結果は、間欠的な運動間に静的ストレッチングを行うことによりパフォーマンスの改善を明らかにした先行研究¹²⁾の結果とは異なるものであった。このように本研究と先行研究¹²⁾の間で結果に違いが生じた要因として、主運動に伴う疲労に関して両研究で大きな相違があった可能性が考えられる。山本と山本の研究¹²⁾では、主運動として20秒の休息を挟んで5秒間の全力自転車漕ぎ運動が8セット行われ

ており、1回目の主運動終了後における血中乳酸濃度のピーク値は高値(12.5mmol/l程度)を示していた。一方で、本研究の主運動は1回のカウンタムーブメントジャンプであった。本研究において血中乳酸濃度の測定は実施していないが、Chamari et al.³⁾は1回のジャンプ後の血中乳酸濃度は2mmol/l程度であったことを報告している。したがって、本研究の主運動における乳酸性の疲労は比較的軽度であったものと推察される。また、神経や筋の疲労の観点から考えても、先行研究¹²⁾と我々の研究では相違があったものと予想される。Billaut et al.³⁾は、山本と山本の研究¹²⁾のプロトコルに類似する30秒の休息を挟んで6秒間の全力自転車漕ぎ運動を10セット行う運動により、8セット目以降のパフォーマンス低下と自転車漕ぎ運動10セット後に最大等尺性膝伸展時の筋電図より評価した神経-筋における疲労を確認している。実際に山本と山本¹²⁾も静的ストレッチングによりパフォーマンスの回復が促進された要因のひとつとして神経生理学的な疲労が取り除かれた可能性を示している。一方、本研究のような1回のカウンタムーブメントジャンプによる神経-筋の疲労の程度については明らかにされていないものの、さほど大きなものではなかったのではなかろうか。すなわち、本研究のような1回のジャンプパフォーマンスのみでは種々の疲労は軽度であったものと推察される。しかしながら、疲労が軽度とは言え、跳躍間の安静休息あるいは静的ストレッチングでは、ウォームアップによって向上させた筋温および筋の興奮性を維持することができずに、結果として、ジャンプパフォーマンスを維持できなかったものと予想される。よって、このことから数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスを維持するためには、練習ジャンプのように神経や筋に対し適切な刺激を与えられる準備運動を跳躍間に行うことが跳躍高の維持に有効であると言えるだろう。

C. ストレッチングと練習ジャンプを行う準備運動の効果

SJではベスト跳躍高がJとならんで高かったものの(図4)、跳躍高の推移に関しては1本目に比して8本目で低値を示し、加えて、CとSJの跳躍高の推移には差が認められなかった(図5-a, d)。このことから、SJにおける数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの維

持効果はJよりも劣っていたと考えられる。よって、跳躍間の準備運動において練習ジャンプの前に静的ストレッチを行うことにより数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの維持効果に僅かながら負の影響を与えることが示唆される。一方で、Sの跳躍高の推移はCとほぼ同様であった（図5-a, b）。このことから、Sにおいては静的ストレッチが数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの維持効果に負の影響を与えたとは言えない。すなわち、SJとSにおける静的ストレッチが数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの維持効果に及ぼす影響には相違があったものと考えられる。この相違が生じた要因として、SJにおける静的ストレッチから練習ジャンプまでの60秒という休息時間とSにおける静的ストレッチからジャンプパフォーマンス測定までの180秒という休息時間の差が関わっている可能性が考えられる（図2）。静的ストレッチによるジャンプパフォーマンスに及ぼす負の即時効果の継続時間に関して、Bradley et al.⁴⁾は単一の筋群に対するストレッチの伸張時間が120秒、合計時間が10分間の静的ストレッチを実施した1分後にはジャンプパフォーマンスに有意な低下がみられたものの、5分後には低下傾向に留まったことを示している。本研究とBradley et al.の研究⁴⁾では、単一の筋群に対する静的ストレッチの時間やストレッチの合計時間に相違があるため、単純に結果を反映することはできないが、本研究のSでは、180秒間の休息によってジャンプパフォーマンス測定までに静的ストレッチによる負の即時効果が消失していたため、パフォーマンスの維持効果に負の影響を及ぼさなかったのかもしれない。他方、SJでは、練習ジャンプ前の60秒の休息では静的ストレッチによる負の即時効果が消失せず、結果として練習ジャンプによって得られるはずのパフォーマンス維持効果に悪影響を及ぼした可能性が考えられる。すなわち、ジャンプパフォーマンスに及ぼす負の即時効果が現れにくい単一の筋群に対する30秒の一般的な伸張時間の静的ストレッチであっても、練習ジャンプの直前に実施することでジャンプパフォーマンスの維持効果に負の影響を与えることが示唆される。

V. 結論

本研究は、跳躍種目における一般的な跳躍間の準備運動である静的ストレッチ、練習ジャンプおよびその両方を含む準備運動が数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの向上ならび維持効果に及ぼす影響を検討した。その結果、以下のような知見が得られた。1) 跳躍間に練習ジャンプを含む準備運動を行うことにより数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスを向上ならびに維持させた。2) 静的ストレッチを行う跳躍間の準備運動には数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスを向上および維持する効果はみられなかった。3) 静的ストレッチと練習ジャンプの両方を含む跳躍間の準備運動の数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの向上効果は練習ジャンプのみの準備運動とならんで高かったものの、パフォーマンスの維持効果は練習ジャンプのみの準備運動に比べ劣っていた。これらの結果から、数分間隔で繰り返されるジャンプパフォーマンスの向上および維持のための跳躍間の準備運動として、すなわち、跳躍種目の跳躍間の準備運動として練習ジャンプを行うことがより有効であることが示唆された。加えて、練習ジャンプ直前の静的ストレッチによって、練習ジャンプで得られるはずのジャンプパフォーマンスの維持効果が減じられた。このことから、跳躍間の練習ジャンプあるいは跳躍試技前に静的ストレッチを実施する場合には、ジャンプパフォーマンスに及ぼす負の即時効果が現れにくい単一の筋群に対する30秒の一般的な伸張時間の静的ストレッチであっても3分程度はあけて実施する必要があることが示唆された。

謝辞

本研究に御協力いただいた被験者の皆様、北海道大学応用体力科学研究室の皆様ならびに勝野麻美氏に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Alter, M. J.: Sports Stretch, 2nd ed., Human Kinetics, Champaign, IL, 1997.

- 2) Behm, D. G., E. E. Bradbury, A. T. Haynes, J. N. Hodder, A. M. Leonard, N. R. Paddock: Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *J. Sports Sci. Med.*, 5: 32-42, 2006.
- 3) Billaut, F., F. A. Basset, M. Giacomoni, F. Lemaitre, V. Tricot, G. Falgairette: Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. *Int. J. Sports Med.*, 27: 25-30, 2006.
- 4) Bradley, P. S., P. D. Olsen, M. D. Portas: The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J. Strength Cond. Res.*, 21:223-226, 2007.
- 5) Chamari, K., S. Ahmaidi, J. Y. Blum, O. Hue, A. Temfemo, C. Hertogh, B. Mercier, C. Prefaut, J. Mercier: Venous blood lactate increase after vertical jumping in volleyball athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 85: 191-194, 2001.
- 6) Cornwell, A., A. G. Nelson, G. D. Heise, B. Sidway: Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *J. Hum. Mov. Stu.*, 40: 307-324, 2001.
- 7) Guillich, A., D. Schmidtbleicher: MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *N. Stud. Athletics*, 11: 67-81, 1996.
- 8) Little, T., A. G. Williams: Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 20: 203-207, 2006.
- 9) 村本征人, 大西暁志, 安田矩明: IV 試合に臨んで ~跳躍種目~, 現代体育・スポーツ大系 第13巻 陸上競技, 初版, 浅見俊雄, 宮下充正, 渡辺融 編:, 講談社, 東京, pp.188-194, 1984.
- 10) Robbins, D. W.: Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *J. Strength Cond. Res.*, 19: 453-458, 2005.
- 11) Unick, J., H. S. Kieffer, W. Cheesman, A. Feeney: The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *J. Strength Cond. Res.*, 19: 206-212, 2005.
- 12) 山本正嘉, 山本利春: 激運動後のストレッチング, スポーツマッサージ, 軽運動, ホットバックが疲労回復におよぼす効果-作業能力および血中乳酸の回復を指標として-, 体力科学, 42: 82-92, 1993.
- 13) Young, W. B., D. G. Behm: Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 43: 21-27, 2003.
- 14) Young, W. B., A. Jenner, K. Griffiths: Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *J. Strength Cond. Res.*, 12: 82-84, 1998.