

跳躍能力向上のためのネガティブ 負荷トレーニング法の研究

京都大学 笹山 哲
(共同研究者) 同 井街 悠
同 山下 謙 智

Negative Loading Training for Developing Vertical Jumping Ability

by

Satoshi Sasayama

Faculty of Medicine, Kyoto University

Yu Imachi, Noriyoshi Yamashita

Research Center for Sports Science, Kyoto University

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the effect of a special training program termed "negative loading training". Ten female junior collage basketball players were divided into two groups. The first group (Gf : N= 5) was involved in free vertical jump with counter-movement. The second group (Gn : N= 5) was assigned to conduct negative loading training which involved each member vertical jumping while she was pulled upward by rubber rope attached to her hip belt with pulling force of 10% of her body weight. They jumped with all their might 10 times a day with 15-second rests between the jumps, 3 days a week for 8 weeks in addition to their regular basketball training. After 8 weeks of training, the following results were obtained.

- 1) Height jumped has significantly increased only in Gn ($P < 0.05$).
- 2) Kicking time in Gn increased significantly compared with that in Gf ($P < 0.05$).
- 3) Kicking distance in vertical direction in Gn increased significantly compared with that in Gf ($P < 0.01$).
- 4) Mean power did not significantly change either in Gn or Gf.

From these results it was suggested that negative loading training was effective in increasing in vertical jumping ability. Also, it seemed that the effect was caused not by increment in mean power but increment in kicking time and kicking distance.

要 旨

跳躍能力は、重要な基本的体力要素である。この能力のトレーニング法の研究は、脚筋力の強化に関したものがほとんどであるが、本研究では跳躍者をゴムロープで上方にけん引して自重による負荷を減少し、より速いスピードでの跳躍を体感させるスピードトレーニング法（ネガティブ負荷トレーニング法）に着目した。

被験者は女子短期大学バスケットボール部員10名を5名ずつ2群に分けた。トレーニングは全力での垂直跳を1日10回、週3日の頻度で8週間行った。一方の群はフリージャンプ、他方の群は体重の10%を軽減したネガティブ負荷法でのジャンプを行い、垂直跳計とフォースプレートによる計測を実施した。トレーニングによってネガティブ負荷群では垂直跳高が有意に増加 ($P < 0.05$) した。フリージャンプ群との比較でネガティブ負荷群は、キック時間が有意に増加 ($P < 0.05$) し、キック中の重心移動距離も同様に有意に増加 ($P < 0.01$) した。しかしながら、平均パワーでは、両群とも有意な増減はなかった。

以上の結果、ネガティブ負荷トレーニング法の有効性が確認された。また、跳躍高の増加は、パワーアップによるものではなく、反動動作での沈み込みが深くなり、キック力の作用時間が延長さ

れることによることが示唆された。

緒 言

跳躍能力は、スポーツを行ううえで極めて重要な基本的体力要素の一つである。そのため、跳躍能力向上のためのトレーニング方法に関する研究は、国内、国外とも多く存在する。しかしながらそれらの多くは、バーベル等を用いたウエイト・トレーニング^{1, 2)} やプライオメトリック・トレーニング^{3-5, 13)} による脚筋力の強化により、跳躍能力を向上させようとするものである。これらのトレーニング法は、その性質上脚障害を招きやすい欠点があるばかりでなく、跳躍能力を向上させるには必ずしも効率的ではない^{1, 10-12)}。

そこで著者らは、パワー能力とも呼ばれる跳躍能力を決定するもう一つの重要因子であるスピードに着目した。すなわち、トレーニングにおける特異性の原則にしたがって、ゴムロープで跳躍者を上方にけん引して脚筋にかかる負荷（自重）を減少させ（ネガティブ負荷）、跳躍者にフリージャンプ時より速いスピードでの跳躍を体験させるトレーニング方法を試みたのである。この先行研究^{8, 9)} において、フリージャンプトレーニングに比べてネガティブ負荷法が有意に跳躍能力を向上させることが確かめられた。

そこで本研究では、ネガティブ負荷トレーニン

グ法によっていかにして跳躍能力の向上がなされるのか、効果の作用の一端を解明するべくトレーニング前後におけるキック時間、平均パワー、キック動作中の重心の移動距離等の変化についてフォースプレートを用いて測定したデータをもとに検討を行った。

1. 方法

1.1 被験者およびトレーニング方法

被験者は短期大学に在籍する健康な女子バスケットボール部員10名で、5名ずつ2群に分けた。トレーニングは全力による跳躍を15秒の休息をはさみながら10回繰り返すことを1日の内容として、週3日の頻度で8週間にわたって通常のバスケットボール部の練習に加えて行った。このとき一方の群（以下フリージャンプ群）は、自己の体重のみを負荷とした垂直跳を行った。他方の群（以下ネガティブ負荷群）は、各被験者が腰ベルト（フリークライミング用ハーネス）に接続したゴムロープで垂直上方に体重の10%の張力でけん引された状態で垂直跳を行った。

垂直跳は反動動作と腕振りを伴う通常の方法であった。被験者の群ごとの年齢、身体的特性を表1に示した。分散分析の結果、両群間には年齢、身長、体重およびトレーニング前後での体重変化のいずれにおいても有意な差異は認められなかった。

1.2 測定方法

垂直跳高測定；トレーニング期間の前後および期間中2週間ごとに垂直跳測定器（ヤガミ社製、YT-150）により測定を行った。跳躍ごとに毎回

15秒の休息をはさみながら各被験者につき3回ずつ測定を行い、各自の最高値を代表値として採用し、以下の解析に用いた。

フォースプレートによる測定；トレーニング期間の前後にフォースプレート（米国 AMTI 社製、OR 6-5-2000）上で、全力による跳躍を15秒の休息をはさんで各被験者につき2回測定した。フォースプレートからのキック力曲線データは A/D 変換ボード（カノープス電子社製、ANALOG-PRO II）経由でパーソナルコンピュータ（NEC 社製、PC-9801 UX）に毎秒1000サンプリングの割合でオンライン入力させた。各被験者の2回のデータのうち、跳躍高が高く記録された方のキック力曲線を採用して以下の解析で用いた。

このデータからキック時間とジャンプの初速度（跳び出し速度）を求めた。各被験者の初速度と体重値から、そのジャンプ時の仕事を算出し、それをキック時間で除することにより平均パワーを求めた。また、キック動作中に各被験者の重心が垂直方向に移動した距離（キック中の重心の最低点と最高点の高さの差）をキック幅として算出した。

2. 結果

各群の垂直跳高の8週間にわたる推移を図1に示した。トレーニングによってネガティブ負荷群では平均で3.6 cm 増加したのに対して、フリージャンプ群では逆に0.4 cm 減少しており分散分析の結果、ネガティブ負荷群では垂直跳高が有意に増加（ $P < 0.05$ ）したことが確かめられた。

つぎに、フォースプレートによる解析により得

表1 群別の年齢および身体的特性（平均値±標準偏差）

	年齢 (歳)	身長 (cm)	体 重 (kg)	
			トレーニング前	トレーニング後
ネガティブ負荷群	19.2 ± 0.6	163.8 ± 5.9	59.1 ± 8.8	59.3 ± 8.7
フリージャンプ群	18.8 ± 0.2	163.4 ± 6.6	61.3 ± 8.9	60.5 ± 8.5

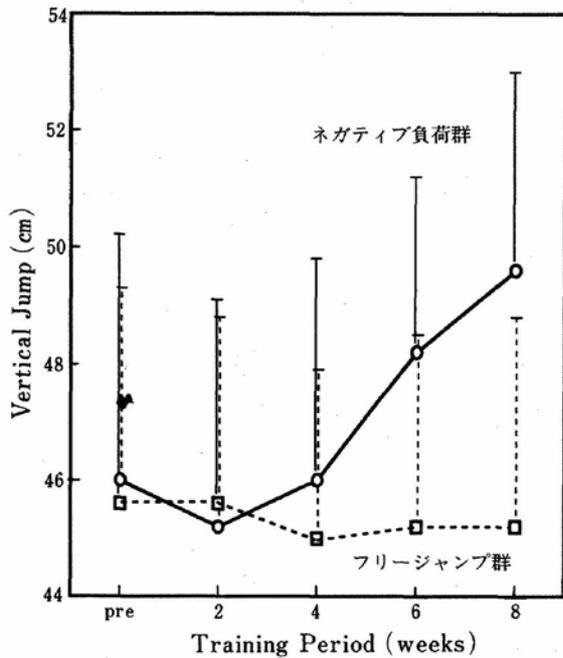


図1 群別の垂直跳高の推移 (平均値と標準偏差)

られたキック時間, キック幅, 平均パワーおよびジャンプの初速度のトレーニング前後における群別の変化を図2~図5にそれぞれ示した。まずキック時間については, ネガティブ負荷群ではトレーニングにより平均で 39 msec 増加したのに対して, フリージャンプ群では逆に 46 msec 減少しており,

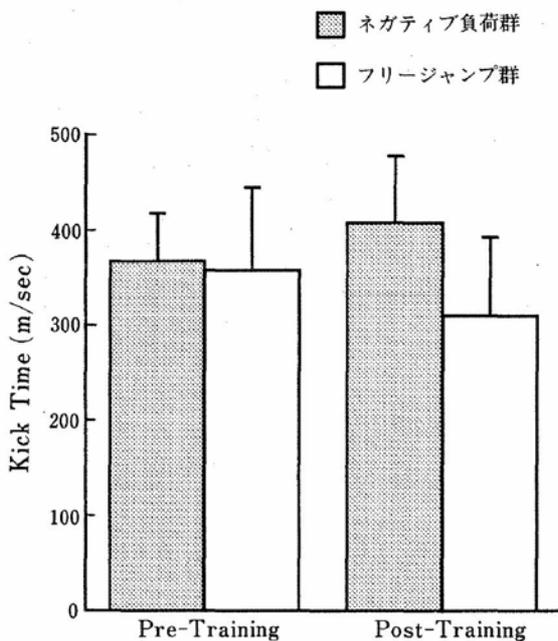


図2 トレーニング前後における各群のキック時間の変化

分散分析の結果, 両群間には有意な差 ($P < 0.05$) が認められた。キック幅についてもキック時間の変化と同様に, ネガティブ負荷群では 5.8 cm 増加したのに対して, フリージャンプ群では逆に 5.9 cm 減少しており両群間には有意な差 ($P < 0.01$) が認められた。

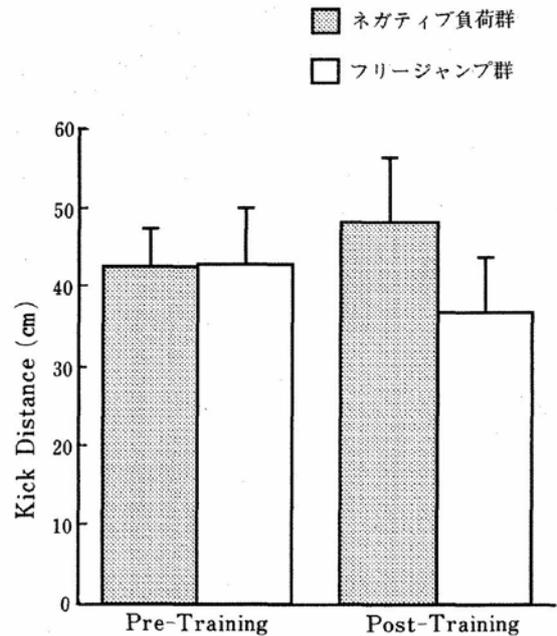


図3 トレーニング前後における各群のキック幅の変化

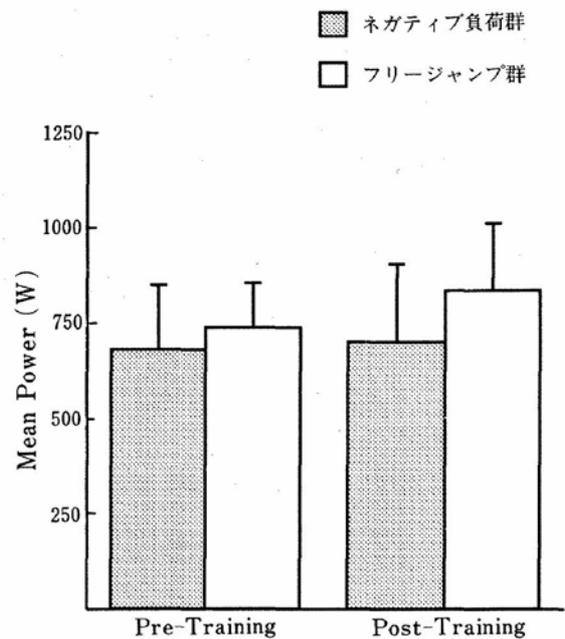


図4 トレーニング前後における各群の平均パワーの変化

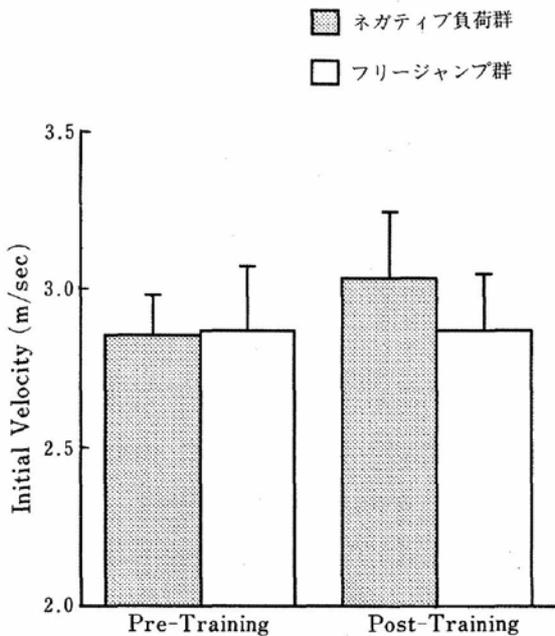


図5 トレーニング前後における各群の初速度の変化

平均パワーの変化では、ネガティブ負荷群ではトレーニングによって平均で16.4Wの微増であったのに対して、フリージャンプ群では平均で96.7Wの増加であった。しかしながら、分散分析の結果では両群ともに平均パワーの有意な増加は認められなかった。初速度については、ネガティブ負荷群では平均で0.19 m/sec 増加したのに対して、フリージャンプ群では増減がなかった。分散分析の結果では、ネガティブ負荷群で初速度が有意に増加 ($P < 0.05$) しており、当然ではあるが、垂直跳測定器による垂直跳高の結果と対応していることが確認された。

図6および図7に、各群の一被験者ずつのトレーニング前後におけるキック力曲線の変化を典型例としてそれぞれ示した。

3. 考 察

ネガティブ負荷群では垂直跳高が、フリージャンプ群に比べて統計学的に有意に増加したことが確認された。この結果は、高校男子バレーボール部員を対象に行った先行研究^{8, 9)}の結果と合致

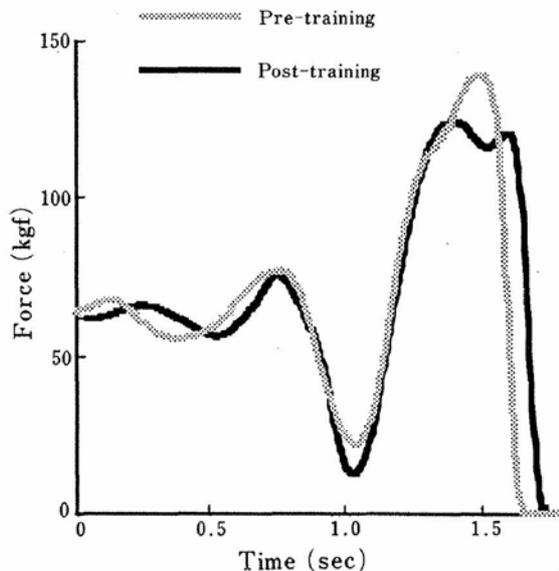


図6 ネガティブ負荷群の一被験者のトレーニング前後におけるキック力曲線の変化

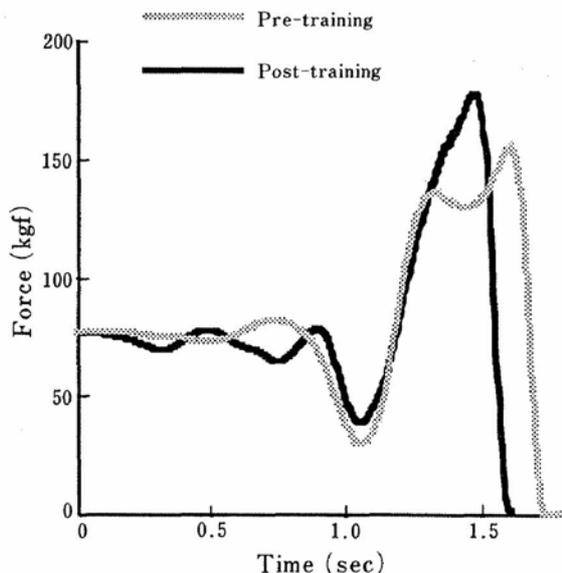


図7 フリージャンプ群の一被験者のトレーニング前後におけるキック力曲線の変化

するものであり、ネガティブ負荷トレーニング法の有効性をさらに確信させるものとなった。しかしながら、先行研究ではフリージャンプ群にも統計的に有意なトレーニング効果が認められたのに対して、図1に示したように本研究ではフリージャンプ群にはトレーニング効果が認められなかった。これは単に被験者数の問題であるのかもしれない

が、性差もしくは年齢による差である可能性が考えられるであろう。成長期の被験者を対象に行ったものを中心にして、フリージャンプトレーニング法の有効性を指摘する研究^{10, 11, 15)}は多いものの、男子大学生を対象に行った研究例²⁾では、フリージャンプトレーニングによって垂直跳高が有意に減少したとする報告もある。

フォースプレートを用いた解析によって、ネガティブ負荷トレーニング法での跳躍高の増加は図4に示したように、パワーの増加によるものではないことが確認された。これまで垂直跳はパワーの測定である^{6, 7)}といわれてきたが、本来、垂直跳高は足が床を離れるときの初速度によって決定するものである。よってトレーニングの前後での体重変化が無視できる場合は、キック力と加速度は比例するので垂直跳高は力積(=キック力×キック時間)に比例する。また、仕事=体重×跳躍高の関係から、体重変化の無視できる場合、垂直跳高は仕事にも比例する。そして、仕事はキック力とその力が作用したキック幅の二つによって決定する。

これらのことより、ネガティブ負荷トレーニング法での跳躍高の増加は、跳躍前の反動動作での沈み込みが深くなることにより図2と図3にそれぞれ示したごとく、キック幅が増大し、同時にキック時間が延長されることによると考えられる。最大下での随意での垂直跳においては、脚筋力ではなく、キック幅とキック時間によって出力の調節が行われるとする報告¹⁰⁾があるが、何等かの関連性があるのかもしれない。

図6に示したネガティブ負荷群の被験者のキック力曲線の例では、トレーニングによって2つのなだらかなピークが見られるように変化した。これは、反動動作による沈み込みが深くなったために、膝関節の伸展に先がけて股関節の伸展が股関節屈曲位から開始し、その後遅れて膝関節の伸展が開始するという、2段構えの加速を行った結果

であると推測される。図7のフリージャンプ群の例では、まったく正反対にトレーニングによって反動動作による沈み込みが浅くなり、股関節の伸展がより伸展位から開始し、膝関節の伸展と同期して加速を行うように変化したものであると推測される。

以上でみてきたように、ネガティブ負荷トレーニングによって平均パワーを低下させずにキック時間とキック幅が増加したことは、跳躍時のキック力曲線を決定しているであろう。各主動筋の力の比率、関節角度別の筋力発揮特性、主動筋の動員パターンやその共働性、拮抗筋の抑制等のいずれかに多少なりとも変化が生じたことを意味すると考えられる。今後さらに筋電図やゴニオメータを併用した詳細な測定をもとに検討を加えることが必要であろう。また、フリージャンプトレーニングと脚筋力強化トレーニングとの併用で確認されている^{12, 15)}ような、複合トレーニングによる効果についても検討を加える必要があると思われる。

4. まとめ

ゴムロープで跳躍者を上方向にけん引して、脚筋にかかる負荷を軽減した状態で垂直跳を行うネガティブ負荷トレーニング法の有効性が確認された。また跳躍高の増加は、パワーの増加によるものではなく、ジャンプ前の反動動作での沈み込みが深くなり、キック時間が延長することによることが示唆された。今後は筋電図やゴニオメータを併用した、さらに詳細な測定や、脚筋力強化トレーニングとの組み合わせ効果についても検討を加える必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を行うに当たり、ご協力をいただいた奈良文化女子短期大学の小松英喜先生、小野俊郎先生、京都大学の吉田真平氏ならびに研究助成をいただいた財団法人石本記念デサントスポーツ科学

振興財団に深謝致します。

文 献

- 1) Ball, J. R., G. Q. Ritch, E. L. Wallis ; Effect of isometric training on vertical jumping, *Res. Quart.*, **35**, 231-235 (1964)
- 2) Berger, R. A. ; Effect of dynamic and static training on vertical jumping ability, *Res. Quart.*, **34**, 419-424 (1963)
- 3) Bobbert, M. F., Fuijing, P. A., Van Ingen Schenau, G. J. ; Drop jumping. I. : The influence of jumping technique on biomechanics of jumping, *Med. Sci. Spo. Exerc.*, **19**, 332-338 (1987)
- 4) Bobbert, M. F., Fuijing, P. A. Van Ingen Schenau, G. J. ; Drop jumping. II. : The influence of dropping height on biomechanics of drop jumping, *Med. Sci. Spo. Exerc.*, **19**, 339-349 (1987)
- 5) Clutch, D., Wilton, M. McGrown, C., Bryce, G. R. ; The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump, *Res. Quart.*, **54**, 5-10 (1983)
- 6) Gray, R. K., Start, K. B., Glencross, D. J. ; A test of leg power, *Res. Quart.*, **33**, 44-50 (1962)
- 7) Gray, R. K., Start, K. B., Glencross, D. J. ; A useful modification of the vertical power jump, *Res. Quart.*, **33**, 230-235 (1962)
- 8) 井街 悠, 笹山 哲, 万井正人 ; 垂直方向跳躍能力におよぼすサスペンション・トレーニングの効果, *体力科学*, **43**, 703 (1994)
- 9) Imachi, Y., Sasayama, S., Yoshida, S., Ono, T., Watanabe, T., Man-i, M. ; "Suspension training" for developing vertical jumping ability, *Proc. ICHPER-SD 38 th World Congress*, 91-92 (1995)
- 10) 金子公有, 末井健作, 田路秀樹, 淵本隆文 ; 瞬発力におよぼす筋トレーニングの効果, *体育科学*, **11**, 24-30 (1983)
- 11) 金子公有, 淵本隆文, 藤川浩喜, 林原修一 ; 跳躍トレーニングにおけるウエイトジャケット着用の効果-女子中学生を対象として, *体育科学*, **14**, 22-28 (1986)
- 12) 金子公有, 淵本隆文, 藤川浩喜, 林原修一 ; 跳躍力に及ぼす三種トレーニングプログラムの効果-中学生男子を対象として, *体育科学*, **15**, 1-6 (1987)
- 13) Miller, B. P. ; The effects of plyometric training on the vertical jump performance of adult female subjects, *Brit. J. Spo. Med.*, **16**, 113 (1982)
- 14) 定本朋子, 大築立志 ; 跳躍動作における出力制御の正確性-跳躍距離のgradingおよび再現の特性, *体育学研究*, **22**, 215-229 (1977)
- 15) 田路秀樹, 末井健作, 金子公有 ; 跳躍のパフォーマンスにおよぼす複合トレーニング刺激の効果, *体育の科学*, **39**, 305-308 (1989)