

跳躍運動における主観的強度（努力度合）と客観的出力との対応関係

著者	村木 征人, 稲岡 純史
著者別名	ムラキ ユキト, Muraki Yukito
雑誌名	スポーツ方法学研究
巻	9
号	1
ページ	73-79
発行年	1996-03
その他のタイトル	Relationship between the subjective intensity (effort) and the motor performance (output) in some basic jump exercises
URL	http://hdl.handle.net/2241/102615

跳躍運動における主観的強度（努力度合）と客観的出力との対応関係

Relationship between the subjective intensity (effort) and
the motor performance (output) in some basic jump exercises

村 木 征 人 (筑波大学)

稲 岡 純 史 (立命館大学)

Yukito Muraki*

Atsushi Inaoka**

Abstract

The purpose of this study is to determine the relationship between the subjective intensity as the ratio to one's maximum effort as 100% and the motor performance as the quantitative output resulted under the various effort in some basic jump exercises such as the vertical jump and the rebounding drop jump from a box of 45cm high.

As the result, there was a significant and similar positive linear relationship between the subjective intensity and the motor performance in each basic exercise. However, it was shown that the relative motor performances measured at different submaximal efforts to the performance marked at the maximum effort as 100% tend to be higher than each equivalent level of submaximal effort. The difference was tended to be smaller as higher the level of effort to the maximal.

At the 90% of submaximum effort, 53.3% of the subjects marked their peak performances better than the performance done at the maximum effort during the ascending process from 50% to the maximum for every 10% without the initial maximum trial.

The result and relationship obtained from this study correspond and support the results and findings in the previous study on the sprint running (Y. Muraki, 1983)²⁾.

For the practical application, this relationship between the effort and the output should be mentioned and evaluated periodically for all coaches and athletes to control the optimal training intensity.

キーワード：主観的強度（努力度合）、客観的出力、垂直跳、ドロップジャンプ、握力

* University of Tsukuba

** Ritsumeikan University

1. 緒 言

トレーニング負荷は、運動によって及ぼされる諸作用の総体とみなされるのが一般的である。それらはトレーニング運動の量、強度、調整の複雑さ、心的緊張の度合い、休息インターバルの値である。この内、強度は運動作業に費やされる努力度合、機能の緊張度、および運動の各瞬間におけるトレーニング作業の量の集中度と密度に関係し、単位時間当たりのトレーニング量又は実行されたトライアル数として定義される。これはまた、トレーニング単位を特徴的に示すためにトレーニング量の指標から抜き出し、回数(ないし距離又は重量)とトレーニング時間の商としても扱われる。この理由は、負荷の量と強度の大きさが一定水準以上では一方の増加が他方を低下させる負荷の二面性に依拠する。また、この逆も該当する³⁾。

強度の外的指標は、個々のトレーニング形式(運動)において用いられる疾走スピード、挙上重量、あるいは連続技で演じられる個技の数などによって示される。これに対して、強度の内的指標は運動遂行に際しての生体の生理学的、心理学的、バイオメカニクス的な反応の度合をさし、共に客観的指標と呼ばれる³⁾。

一方、運動を行う際に感覚的に判断される主観的強度または努力度合は、トレーニング実践上極めて重要な役割を果たしている。しかし、主観的情報の曖昧さが故に、客観的強度と主観的強度との対応関係については Borg (1973)¹⁾、小野寺ら (1976)⁵⁾の持久性運動(トレッドミル走及び自転車エルゴ漕ぎ)や、村木(1983)²⁾のスプリント走以外、余り研究対象としては扱われていない。また、最大努力(全力)での運動遂行が、必ずしも運動パフォーマンスとして最大出力をもたらすものではないことも多くの実践経験を通じて知られている。この現象は、リラクゼーションや全身的な多関節運動における運動制御問題と関連している。

本研究は、このような現象の実態を明らかにし、パフォーマンス向上を目指すトレーニング方法上の基礎的知見を得るために、基礎的な跳躍運動である垂直跳とドロップジャンプを中心に、感覚的

マンス(客観的強度)との対応関係を吟味した。

2. 方 法

今回扱った運動は、以下の2つの基本的跳躍運動である。

- (1) マットスイッチ上での振込/反動なしの両脚垂直跳(以下VJ)
- (2) 台高45cmからのリバウンド型ドロップジャンプ(以下DJ)

なお、いずれの試技の際にも、左右の握力測定を併せて実施した。この理由は、握力の主働筋群がジャンプ運動のものに比べて中枢神経運動野での支配領域が相対的に大きく、ファイン・モーター・コントロールに優れると思われることから対照運動試技として採用した。

計測に際しては試技結果のフィードバックは行わず、試技順による記録の影響を見るため、十分なウォームアップの後、以下の2種類の実験プロトコルに従って一連の試技を行った(図1)。

実験1: 最初に全力(100%)試技を行い、次いで、50%から10%毎に100%まで漸増(ascending)させた後、更に50%まで漸減(decending)させるシリーズ【初期全力対照試技あり】

実験2: 前者と同様であるが、初めの全力試技を行わないもの【初期対照なし】

両実験は疲労の影響を避けるため1週間の間隔をあけた。また、両跳躍高はマットスイッチに接続したタイマーで計測される滞空時間から推定した。

被験者は跳躍種目を専門とする男子大学陸上跳

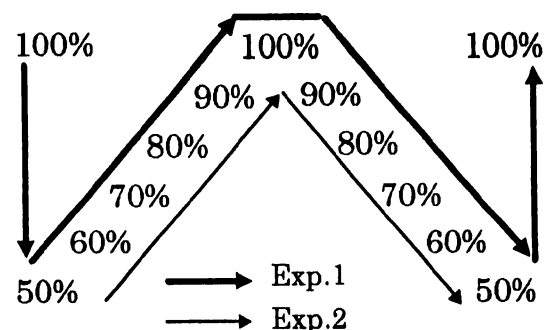


Fig. 1 Experimental protocol

躍選手22名を用いた。それらの平均年齢は20.0才 (SD1.1), 身長176.5cm (同5.93), 体重67.1kg (同5.93) であった。また, 各試技は, 握力とVJ又はDJの順で交互に1試技ずつ, 1つの努力度合で3試技ずつ行い, その平均を代表値とした。

マットスイッチ上での跳躍高, DJ平均キック力, および推定パワーの算出には以下の計算式を用いた。

○跳躍高 : $h = \frac{1}{2} g \left(\frac{at}{2}\right)^2$

○平均キック力 : $F = m(\sqrt{2gh_0} + \sqrt{2gh}) / ct$

○推定パワー : $p = mgh / ct$

[Key] at : 跳躍滞空時間, g : 重力加速度, h₀ : DJ台高, h : VJおよびDJ跳躍高, ct : DJ接地時間

3. 結果及び考察

3-1 初期全力対照試技のある場合—実験1

図2は, 初期全力対照のある実験1での, 主観的強度の変化に伴う客観的出力としての各種の運動パフォーマンス (VJht : 垂直跳高, DJht : ドロップジャンプ高, Gp/L : 左握力, Gp/R : 右握力) について, 中間の全力試技を100%とする平均相対値の関係を示している。

ここでは実験2での試技手順と対応させるため (図3参照), 最初と最後の全力試技データは表示していないが, いずれも最初—中間—最後の全力試技の値はほぼ等しく, 統計学的に有意な差は認められなかった。それらの平均値は各々, VJhtで47.85-47.64-47.90cm, DJhtで38.0-39.3-39.7cm, Gp/Lで50.8-50.3-48.3kg, Gp/Rでは53.1-52.3-52.4kgであった。

主観的強度と各種の運動パフォーマンスとの対応関係は, 個人差も大きい, 全体としていずれも明瞭な一次関数的な対応関係が認められた。平均出力は, 主観的強度の漸増-漸減に対してほぼ左右対称に対応し (VJht/DJht), 同一強度間の平均

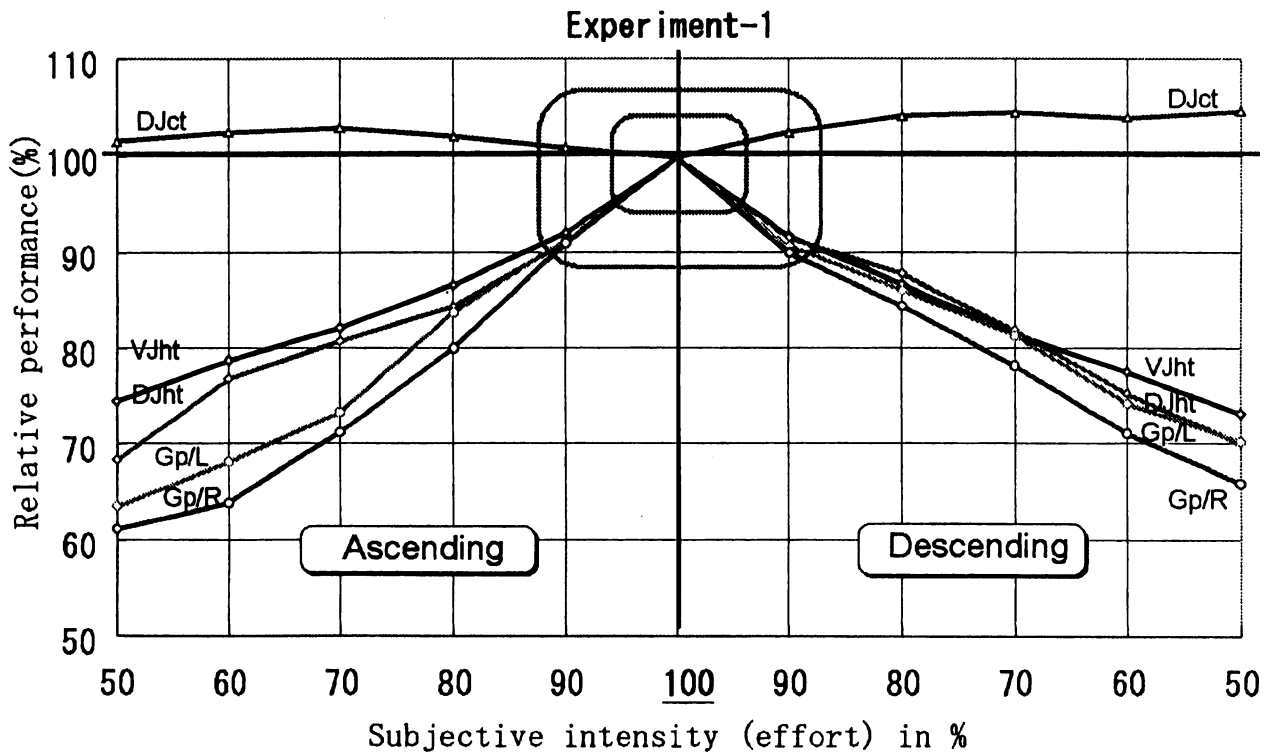


Fig. 2 Changes of different performance (out-put) in the experiment 1.

The subjective intensity (effort) was increased from 50% to the maximal for every additional 10% after the initial maximal trial (not shown), then decreased at the same rate. [Key] Gp/L (R): Grip strength Left (Right), DJct : Drop Jump contact time, DJht : Drop Jump height, VJht : Vertical Jump height

値にも有意な差は認められなかった。これらの関係は主観的強度が低いほど、実際の相対出力レベルが努力レベルを顕著に上回った (+10-20%)。しかし、強度漸増過程前半での左右握力は、跳躍高に比べて主観的強度レベルとの差が小さい傾向が示された。この理由は、握力がファイン・モーター・コントロールに優れることに因るものと考えられる。また逆に、強度漸減過程後半では跳躍高の相対出力レベルと同様な傾向を示し、漸増過程前半に比べると、握力筋群の疲労もしくは残余緊張の影響が出力コントロールの精度低下に影響したものと思われる。

また、表1に示される様に、各努力度合での平均出力の精度を示す変動係数 (Coefficient of Variation) は、一般に低いレベルにおいて大きく、最大努力でのものが最も小さい値となる傾向が示された。このことは、努力度合の高いものほど出力精度もしくは再現性の高いことを意味する。

ドロップジャンプの接地時間 (DJct) の変化は、強度漸増過程で小さく、漸減過程で大きくなる傾

向が見られた。これは実験中の運動観察を通じて、前者での出力コントロールがリバウンド踏切後半の脚伸展度合で、後者では主に踏切前半の緩衝局面でなされる傾向にあった違いが反映されものと思われる。

3-2 初期全力対照試技のない場合—実験2

図3は、初期全力対照のない場合の (実験2)、各種の運動パフォーマンスの主観的強度との対応関係を前図と同様に示している。但し、DJhtとの重なりが多いので、握力はGp/Lのみの表示に留めている。

握力については、先の実験1での結果とほぼ同様、出力の主観的強度に対する一定の直線的対応関係が見られたが、2つの跳躍高については各々特徴ある対応関係が示された。ここでのDJhtは、実験1に比べて、主観的強度との対応関係の精度が漸増および漸減過程ともに高まった。しかし、VJhtでは逆に、特に漸増過程での相対的な過剰出力対応が顕著であった。また、DJctは主観強度の漸増—漸減に対応して短縮—延長する、一定の対称的な対応関係が示された。これは、最初の全力試技のない場合には、DJht出力の漸増的コントロールが、接地時の伸展筋群の予備緊張の度合いが高められ、踏切前半の緩衝局面の短縮でなされることを示唆するものである。

一方、垂直跳での出力レベル (VJht) はドロップジャンプや握力に比べて、特に強度漸増過程での低い強度レベルほど主観強度を著しく上回る対応関係が示された (+30-10%)。また、漸増—漸減過程において、それぞれに対応する同一強度レベルでの平均値を比べても、前者が後者を有意に上回るものであった。

握力とDJhtの主観的強度との対応関係は実験1の場合との大きな違いは見られず、共に同程度の対応精度を示した。この理由は、前述した握力のファイン・モーター・コントロール機能に、そしてDJhtでは常に同じ台高から飛び降りて跳ね返す、一定刺激に対する反応動作としての特徴に因るものであろう。

Table 1 Coefficient of variation in different exercises as changes the effort in the experiment 1 and 2.

Effort (%)	Exp.1			Exp.2		
	Gp/L	VJht	DJht	Gp/L	VJht	DJht
F 100	2.71	3.64	5.17			
50	11.37	5.47	7.33	8.27	3.80	10.43
60	7.71	4.09	4.52	8.34	2.83	6.06
70	5.83	4.16	4.76	7.22	2.70	5.62
80	5.27	2.94	5.48	5.12	2.21	4.66
90	3.80	2.88	3.66	4.34	2.26	4.46
M100	2.27	2.90	4.15	2.86	2.23	3.92
90	4.84	2.56	4.28	4.80	2.00	4.21
80	4.03	3.49	4.41	5.08	2.72	4.47
70	3.53	3.98	5.34	6.56	2.37	5.87
60	6.13	3.97	6.49	7.42	2.93	6.76
50	5.47	4.66	6.05	7.62	3.68	8.47
L 100	3.77	3.15	3.27			

[Key] Gp/L: Grip strength Left, Gp/R: Grip strength Right, DJct: Drop Jump contact time, DJht: Drop Jump height, VJht: Vertical Jump height

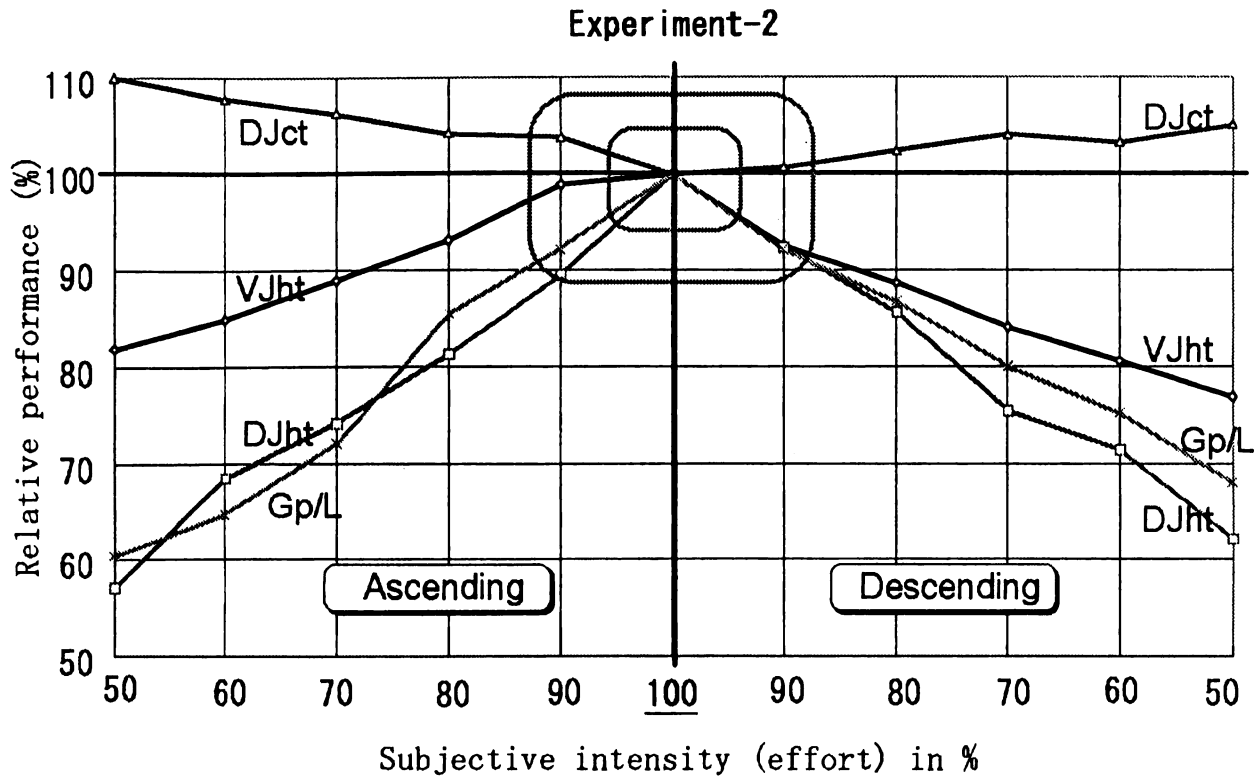


Fig. 3 Changes of different performance (out-put) in the experiment 2. There was no initial maximal trial before starting the procedure as in the first experiment.

3-3 先行研究（スプリント走）との比較

村木 (1983)²⁾ は同様な先行研究をスプリント走に関して行っている。本研究の被験者とは同じではないが、同様な競技キャリアを持つ大学陸上競技跳躍選手を中心とすることで等質集団と考えられる。そこで以下に、同様な試技手順で共通する本研究での実験 2 の強度漸増過程の結果との比較を試みた。

本研究での垂直跳高 (VJht) の主観強度との対応関係は、スプリント運動での疾走速度 (Sp/V) のものと類似性が見られた。これは、垂直跳高と疾走速度の両者が、それぞれの運動パフォーマンスそのものであることに因る。しかし、スプリント疾走速度の 2 成分である歩幅 (Sp/L) とピッチ (Sp/F) に関しては、本研究でのドロップジャンプの接地時間 (DJct) と跳躍高 (DJht) との間にそれぞれ類似性の高い傾向が見られた。これは、ドロップジャンプでの出力コントロールが、主に接地時間もしくは接地中の筋張力の度合でなされていることに関係すると思われる。

最初に全力対照試技を行わず、最大下の主観強度を全力へと漸増する実験 2 の前半の試技手順は、基本的に実際のトレーニングや試合での試技手順に準ずるものと言える。この典型例は、陸上競技の鉛直跳躍・バー種目（走高跳や棒高跳）、ウエイト・リフティングの試技手順などが相当する。

強度漸増過程において、中間の全力試技を上回る垂直跳高が示されたケースを全被験者数に対する出現率 (%) でみてみると、主観的強度 80% の試技では 6.7%、同 90% 試技では過半数の 53.3% でマークされた。しかし、握力およびドロップジャンプ高に関してはそのような現象は見られなかった。また、中間の全力試技後の主観的強度の漸減過程では、そのような現象は全ての種目で見られなかった (表 2)。

これらのことは、本研究結果が、ピーク・パフォーマンス達成に対して経験的に用いられる試技の強度漸増手順の合理性を改めて支持したものである。

前出のスプリント走に関する先行研究では、図中の四角囲み部分で表示された主観的強度 90% が

Table 2 Relative number of subjects (%) marked their peak performances at submaximum subjective efforts (80 and 90%) that were better than the performance done at the maximum effort in each parameter during the ascending process from 50% to the maximum for every 10% in the experiment 1 and 2.

		80%	90%
E X P. 1	VJht 1	---	4.5
	DJht 1	---	---
	Gp/L 1	---	9.1
	Gp/R 1	---	9.1
E X P. 2	VJht 2	6.7	53.3
	DJht 2	---	7.7
	Gp/L 2	---	30.8
	Gp/R 2	---	---

ら100%ゾーンにかけての疾走速度の頭打ち傾向が指摘されている。この現象は、急激なストライドの短縮に伴う、ピッチの頭打ちによるものであった。そして、真の最大疾走速度は、主観的強度（全力）のマイナス数パーセントで達成される可能性が示唆されている。また、強度間隔をより小さくした（2.5%）追試実験では、全力に近い最大下努力でのピーク・パフォーマンスの出現頻度が、本研究での90%垂直跳同様、過半数を超えることを認めている⁴⁾。因みに、その際の主観的強度が90-92.5-95-97.5%での出現頻度は、それぞれ6.7-26.7-40.0-53.3%であった。

本研究での基礎的な跳躍運動と握力に関しても、これらと同様な示唆が得られた。特に、垂直跳運動に関しては、先行研究で指摘された最大下強度ゾーン（90-100%）でのパフォーマンス・コントロールの実践上の意義を支持するものである。換言すれば、ピーク・パフォーマンスの実現は、「もう一寸頑張れと言うよりもリラックスを」と言われる所以であり、緊張の汎化と運動抑制現象の防止に依拠するものと思われる。このことは、実際のピーク・パフォーマンスの際の至高体験における「身体が勝手に動いてくれる」様なリラクゼーション感覚とも符合する。

3-4 主観的強度と出力の対応性のタイプ

実際の運動手順に近い実験2での結果を、個人毎に主観的強度と客観的出力との対応性を検討した結果、全て強度の漸増過程において基本的に以下の3つのタイプに類型化された。

1. 直線型：ほぼ一定の対応性の変化が見られるもの
2. 突出型：最大に近い最大下の主観強度で最大強度の出力を上回るもの
3. 停滞型：低いレベルでの最大下強度で出力が一旦停滞し、その後急上昇するもの

一般に、対応性の高い直線型は最大強度での跳躍高が比較的大きい上位群に偏在し、共に対応性に乏しい突出型は中位群、停滞型は下位群に相当する傾向が見られた。中位群は強度の高いレベルで出力の超過傾向にあり、下位群では比較的低い強度での出力停滞が見られた。これらのことは、主観的強度の変化に対する運動出力の対応性が、運動調整（制御）能力と関係することを示唆するものと言えよう。

4. まとめ

本研究は、実際のトレーニング処方に役立つ基礎的知見を得るために、基礎的跳躍運動を中心に、種々の最大下の主観的強度（努力度合）と実際の出力との対応関係を検討した。この結果、結論として以下の諸点があげられる。

1. 主観的強度（努力度）に対応した運動パフォーマンスとしての相対的出力（全力時=100%）は、一定の直線的対応関係が認められた。その関係は、一般に、主観的強度の低いレベルほど実際の相対的出力レベルの方が顕著に高く、強度が高くなるに従ってその差が小さくなるものであった。また、強度が低いほど出力の変動係数は増大傾向にあった。
2. 初めに基準となるような全力試技がない場合の主観的強度の漸増過程では、その最後の全力試技前にピーク・パフォーマンスに達するケースが見られた。これは、特に垂直跳で顕著であった（90%強度で出現率53.3%）。しかし、最初に

全力での対照試技がある場合では、そのような現象は極めて希であった。

3. 上記と同様な主観強度の漸増過程での主観的強度と出力の対応関係は、先行研究でのスプリント運動を含め、運動種目のタイプやそれらの要素的内容の違いにもかかわらず、一定の類似性が見られた。これらは、次の3つに大別される：(1) 実際の出力が主観的強度レベルをより大きく上回るもの (VJhtとSp/V), (2) 両者の対応関係がより近いもの (DJht, Gp, Sp/F), (3) 強度の漸増とは半比例するもの (DJct と Sp/L)。

5. 実践面への示唆

本研究を通じて、主観的強度（努力度合）と実際の出力としての運動パフォーマンスには、一定の対応関係にあることが認められた。それらの結果から、実際のトレーニングやコーチングに際して有用と思われる示唆は以下の諸点である。

1. 主観的強度と実際の出力との対応関係は個人差も大きく、実際には全力に近い最大下強度（90%以上）で最大出力が達成される場合が多いので、

定期的な客観的測定検査による照合が勧められる。

2. 強度漸増の基本的試技手順は、ピーク・パフォーマンスの実現にも合理的で活用すべきである。
3. しかし、80%以下の強度では、最大出力に結びつく運動内容とは質的に異なる傾向にあるので、特にドロップジャンプでは技術面の配慮が不可欠であり、基本的にはそれ以上の強度での漸増法が勧められる。

参考文献

- 1) Borg G: Perceived exertion: a note on "history" and method, *Med. Sci. Sports*, 5 (2): 90-93, 1973.
- 2) 村木征人: スプリント走における速度強度及び歩幅と歩数に関する研究, 日本バイオメカニクス学会 (編)「身体運動の科学V」, 杏林書院, pp.76-83, 1983.
- 3) 村木征人: スポーツ・トレーニング理論, ブックハウスHD, pp.157-158, 1994.
- 4) 村木征人: 未発表資料, 1995.
- 5) 小野寺孝一他: 全身持久運動における主観的強度と客観的強度の対応性—Rating of perceived exertionの観点から, *体育学研究*, 21 (4): 191-203, 1976.