

下肢の筋力・筋パワーの評価法のための接地時間および 跳躍高に着目したジャンプの運動特性

中野美沙*・村山凌一**・木越清信*

Movement characteristics of jumping focusing on contact time and jump height for an evaluation of muscle strength and power of lower limb

NAKANO Misa*, MURAYAMA Ryoichi** and KIGOSHI Kiyonobu*

Abstract

The purpose of this study was to examine the movement characteristics from the contact time and jump height of the following four types of jumps: (a) rebound drop jump (RDJ) instructed to jump as high as possible with the shortest possible contact time, (b) RDJ instructed to jump as high as possible, (c) counter movement jump (CMJ) and (d) CMJ after jumping on the mat. Subjects were 257 university students majoring in physical education, they performed (a), (b), (c) and (d) on the mat switch. Results were as follows: 1) No significant difference was observed between jump height of (c) and (d), and a very high significant correlation was observed between jump height of (c) and (d) ($r=0.944$), 2) (b) and (d) were carried out with similar contact times and jump height. From these results, (c) and (d) were suggested to achieve the same exercise task. In addition, a strong correlation relationship was observed between (b) and (d). In conclusion, It was suggested that (a), (c) and (d) are similar movement characteristics.

Key words: rebound drop jump, counter movement jump, contact time, jump height

I. 緒言

これまでに、スポーツ競技者の下肢における筋力・パワー発揮能力を評価する試みが盛んにおこなわれ、多くの場合、この能力をジャンプ運動を用いて評価することが試みられてきた。これらの試みについて、歴史をさかのぼってみると、「文部省スポーツテスト」において「瞬発力テスト」として垂直跳(Counter movement jump: 以下、CMJと略す)が実施されたことがその先駆けといえる。その後、図子ほか¹⁾によって、ある高さの台から跳び下り即座に跳ね返すジャンプ運動として、リバウンドドロップジャンプ(Rebound drop jump: 以下、RDJと略す)が用いられるようになった。そして、この運動にお

いて「可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶ」ことが指示され、跳躍高を接地時間で除した値であるRDJ指数(以下、RDJ-indexとする)が開発された。これにより、短い時間で大きなパワーを発揮する能力の評価が行われるようになった。さらに、時を経て、ある高さの台から跳び下りるジャンプ運動ではなく、その場での連続ジャンプであるリバウンドジャンプ(Rebound jump: 以下、RJと略す)が用いられるようになった^{2), 3), 5), 10)}。

一方で、深代⁴⁾は、RJ(RDJ)は足関節を中心とした運動であるため、股関節の運動が主動となるスプリント運動との関係については、相関関係の高低に関わらず慎重に評価すべきであると述べており、

* 筑波大学体育系
Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

** 筑波大学大学院人間総合科学研究科
Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

木塚⁸⁾も同様に、足関節以外の出力の貢献が大きいスポーツを対象としたRJ能力の評価は慎重に行うべきであろうと述べている。つまり、これらのことは、股関節が主動となる運動や足関節以外の出力の貢献が大きい運動における下肢の筋力・パワー発揮能力の評価に、モーメントの大きい股関節は動員すべきではないとされるRJまたはRDJ¹²⁾を用いることに注意を促している。また、木越⁷⁾は、RDJは接地時間を短くすることが特に強調されていることから、跳躍高を犠牲にしている場合があると述べており、このことは梶谷ほか⁶⁾の報告において実際に観察されている。そして、これらのことは、最大跳躍高が発揮されることを前提として、その時の接地時間を判定することによって解決される可能性が考えられ、これを解決するジャンプテストとして、梶谷ほか⁶⁾は30cmの台から跳び下りる運動を用いて、最も跳躍高を高くすることのできる接地時間を判定する方法を開発した。

しかし、この方法の妥当性が示されたことによって台から跳び下りることの必要性が問われることになる。つまり、CMJによって最も高い跳躍高を発揮させたいと、その時の接地時間を判定することができれば、梶谷ほか⁶⁾の開発した方法のようにRDJやRJを用いる必要がないということである。具体的には、接地時間や滞空時間を判定するマットスイッチのマットやフォースプレートの外から、これに飛び乗ってCMJ（以下、跳び乗りCMJと略す）を実施することによって、最大跳躍高とその時の接地時間を判定する方法が考えられる。これと類似する動作としてバレーボールのスパイクジャンプ（以下、SPJと略す）が挙げられる⁹⁾。しかし、SPJでの踏み込み動作は両足が揃っておらず、この研究⁹⁾

においても接地時間が測定されていない。

そこで、本研究では、体育を専攻している男女学生を対象者として、「可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶ」ことを指示したRDJ、「可能な限り高く跳ぶ」ことを指示したRDJ、その場からのCMJ、飛び乗りCMJの、跳躍高と接地時間からみたジャンプ運動毎の特性ジャンプの運動特性を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者はT大学体育系学部に所属する257名（男子178名、女子79名）であった。本研究において実験運動とした4種のジャンプ運動を実際に測定することを含む授業において測定したデータを任意で提供を受けた。対象者のプロフィールを表1に示した。なお、対象者の身体の状態により、測定できない項目がある対象者もいた。測定に先立ち、本研究の目的および測定に伴う安全性と危険性を口頭および書面にて十分に説明し、書面にてインフォームドコンセントを得た。本研究はT大学体育系研究倫理委員会の承認を得て行われた。

2. ジャンプ運動の測定

本研究では、以下に示した異なる指示による2種類の鉛直方向へのRDJと、2種類のCMJを測定した。各ジャンプ運動は、すべてマットスイッチ（マルチジャンプテスト、ディケイエイチ社製）上で行われた。

- 1) 可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示して行うRDJ
- 2) 接地時間を指示せず、可能な限り高く跳ぶよう

表1 対象者の特性

		身長 (m)	体重 (kg)	年齢 (歳)
男子 n=178	平均値	1.74	70.5	18.5
	標準偏差	0.08	12.7	0.8
	最大値	2.03	133.0	24.0
	最小値	1.56	37.0	18.0
女子 n=79	平均値	1.63	57.0	18.5
	標準偏差	0.06	6.4	1.2
	最大値	1.82	73.0	26.0
	最小値	1.46	41.0	18.0
男女 n=257	平均値	1.70	66.4	18.5
	標準偏差	0.09	12.8	1.0

表2 各ジャンプにおける RDJ-index, 接地時間および跳躍高

		可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJ			可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJ			CMJ	飛び乗りCMJ	
		RDJ-index (m/s)	接地時間 (sec.)	跳躍高 (m)	RDJ-index (m/s)	接地時間 (sec.)	跳躍高 (m)	跳躍高 (m)	接地時間 (sec.)	跳躍高 (m)
男子 n=178	平均値	1.867	0.213	0.380	1.315	0.400	0.472	0.460	0.394	0.462
	標準偏差	0.564	0.052	0.079	0.539	0.119	0.068	0.067	0.122	0.064
	最大値	4.428	0.454	0.593	4.428	0.904	0.684	0.646	0.807	0.660
	最小値	0.742	0.131	0.213	0.513	0.139	0.218	0.297	0.179	0.304
女子 n=79	平均値	1.581	0.212	0.321	1.209	0.335	0.360	0.346	0.355	0.342
	標準偏差	0.462	0.044	0.057	0.482	0.110	0.062	0.052	0.113	0.057
	最大値	3.107	0.347	0.506	3.107	0.633	0.530	0.503	0.676	0.540
	最小値	0.838	0.137	0.234	0.505	0.144	0.258	0.252	0.155	0.235
男女 n=257	平均値	1.778	0.213	0.361	1.282	0.380	0.437	0.425	0.382	0.425
	標準偏差	0.550	0.050	0.078	0.523	0.120	0.084	0.082	0.120	0.083

に指示して行う RDJ

- 3) 可能な限り高く跳ぶよう指示して行う通常の CMJ
- 4) マットスイッチの外からマットに飛び乗って、可能な限り高く跳ぶよう指示して行う CMJ (飛び乗り CMJ)

1) および 2) は、全ての対象者において開始時の位置エネルギーが同一になるよう、体重を基に跳び下りる台の高さを規定した (体重 70kg で台高 30cm を基準とした)。実際に用いた台高は、 $0.33 \pm 0.06m$ であった。また、3) および 4) においては、一度沈み込んで反動動作を用いる運動形態を指示した。いずれの運動も腕の振込みは制限せず、できるだけ高く跳ぶように指示して行った。なお、すべての測定は疲労の影響をなくするため、十分な休息をとらせた。

3. 測定方法および算出項目

マットスイッチから跳躍中の滞空時間 (sec.) と接地時間 (sec.) を求め、跳躍高 (m) を以下の式によって算出した。

$$\text{跳躍高 (m)} = 1/8 \cdot g \cdot (\text{滞空時間})^2$$

ここで、g は重力加速度 ($9.81m/s^2$) を示す。

ドロップジャンプにおいては、RDJ-index¹⁰⁾ を以下の式によって算出した。

$$\text{RDJ-index (m/s)} = (1/8 \cdot g \cdot \text{滞空時間}^2) / \text{接地時間}$$

4. 統計処理

各測定項目の平均値および標準偏差を算出した。各ジャンプにおける跳躍高および接地時間の有意差検定には一元配置の分散分析を用い、F 値が有意であった項目については Bonferroni 法により多重比

較を行った。また、各測定項目間の関係を検討するために、Pearson の積率相関係数を算出した。いずれも有意性は危険率 5% 未満で判定し、男子のみ、女子のみ、全体において処理を行った。

III. 結果

表 2 は、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における RDJ-index、接地時間、跳躍高、および可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における最大跳躍高が発揮された試技の RDJ-index、接地時間、跳躍高、および CMJ の跳躍高、さらに可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の接地時間、跳躍高とを示したものである。なお、図 1 に可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ、可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ、および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ における接地時間をグラフで示した。加えて、図 2 に可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ、可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ、CMJ、および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ における跳躍高をグラフで示した。

可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における接地時間は、他のジャンプ運動と比較して有意に低い値を示した。また、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における跳躍高は他のジャンプ運動と比較して有意に低い値を示した。さらに、可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における跳躍高は、他のジャンプ運動と比較して有意に高い値を示した。

図 3 に可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の接地時間と、可能な限り短い接地時間で可

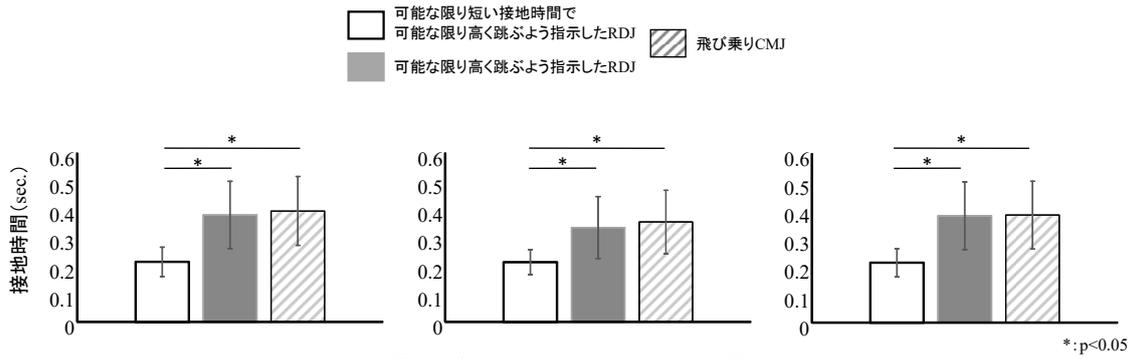


図1 各ジャンプにおける接地時間
(左：男子, 中：女子, 右：全体)

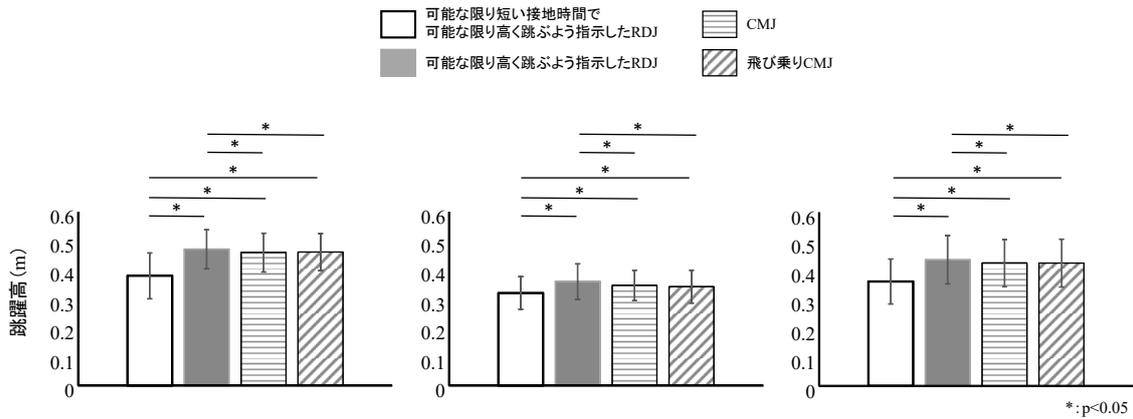


図2 各ジャンプにおける跳躍高
(左：男子, 中：女子, 右：全体)

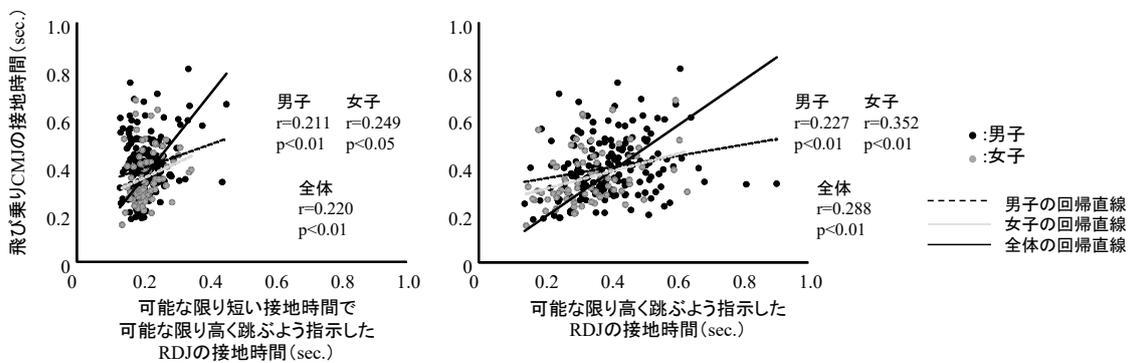


図3 飛び乗りCMJの接地時間と可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJおよび可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJにおける接地時間との関係

可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJにおける接地時間および可能な限り高く跳ぶように指示したRDJにおける接地時間との関係を示した。それぞれの間には有意な正の相関関係が認められたが、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗りCMJの接地時間と可能な限り高く跳ぶように指示したRDJにおける接地時間との相関係数が、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗りCMJの接地時間と可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJにおける接地時間との相関係数と比較して高

い傾向を示した。

図4に、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗りCMJの跳躍高と、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示したRDJにおける跳躍高、可能な限り高く跳ぶように指示したRDJにおける跳躍高、CMJの跳躍高との関係を示した。それぞれの間に有意な正の相関関係が認められたが、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗りCMJの跳躍高と可能な限り高く跳ぶように指示したRDJにおける跳躍高との間の相関係数、可能な限り短い

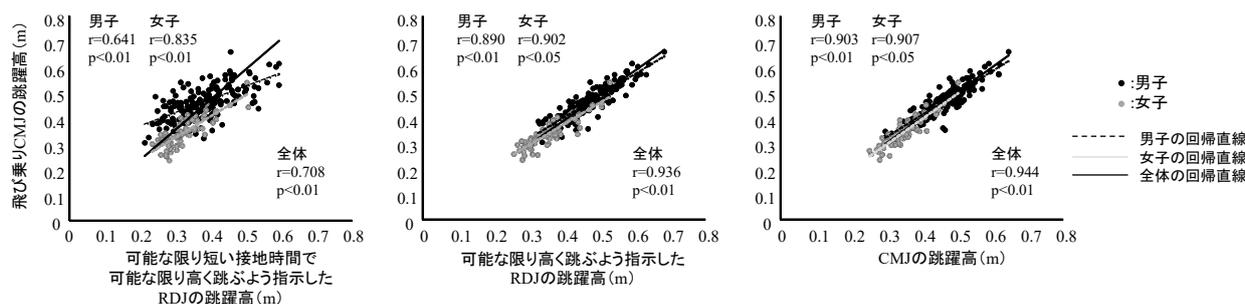


図4 飛び乗り CMJ における跳躍高とその他のジャンプにおける跳躍高との関係

接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における跳躍高との間の相関係数、CMJ の跳躍高との間の相関係数の順に高い値を示す傾向が認められた。

IV. 考察

本研究の目的は、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ、CMJ および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の運動特性を接地時間および跳躍高から検討することであった。本研究において得られたサンプル数は、男子 178 名、女子 79 名、合計 257 名であり、そのほとんどが運動部に所属する体育を専攻する大学生であった。ジャンプ運動に関するこれまでの先行研究で、競技者を対象として 250 名を超える調査は極めて珍しく、また男女別および全体を検討した点においても貴重なデータであるといえる。

これまで、体育を専攻する大学生を対象とした先行研究として、CMJ における跳躍高が $0.47 \pm 0.06\text{m}$ であったことが報告されている⁶⁾。本研究における CMJ の跳躍高は $0.425 \pm 0.082\text{m}$ であるが、梶谷ほか⁶⁾ が陸上競技を専門とする男子大学生を被験者として用いていたことを考えると、様々なスポーツを専門とする大学生を対象とした本研究の値は妥当であったと考えられる。また、梶谷ほか⁶⁾ は、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における跳躍高が可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ における跳躍高と比較して低い値を示すと報告したが、このことは本研究においても確認された (図 2)。一方で、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ はこれまでに研究の対象とされたことはなく、本研究において観察された値と、先行研究の値を比較することはできない。ただ、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の跳躍高と CMJ の跳躍高との間に有意な差は認められず (図 2)、両者の間にきわめて高い有意な相関関係が認められたことから (図 4)、

可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ と CMJ は同様の運動課題を達成する運動であったといえる。

これらのことから、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ は、指示通り短い接地時間で遂行されているジャンプ運動であり、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ における接地時間および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ における接地時間との間に共変関係相関関係が認められる運動であることが示唆された。しかし、CMJ が木塚⁸⁾ のいう足関節以外の出力の貢献が大きい運動¹⁾ だとすると、可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の接地時間と可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における接地時間との相関関係共変関係の解釈には注意が必要である。また、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ、CMJ および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ では同程度の跳躍高が発揮され、それぞれの間には強固な相関関係共変関係が認められる運動であることが示唆された。

可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ における跳躍高が CMJ と可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の跳躍高と比較して有意に高い値を示したことは興味深い (図 3)。これまでの先行研究では、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ を行わせる場合が多く、可能な限り高く跳ぶように指示して RDJ を行わせた研究は少ない。そのわずかに行われている研究のうち、梶谷ほか⁶⁾ の研究をみると、CMJ の跳躍高が 37 名の平均値で 0.47m 、可能な限り高く跳ぶように指示した台高 30cm からの RDJ における跳躍高が、同じく 37 名の平均値で 0.50m であった。この研究では、両者の間に有意な差は認めていないものの、本研究と同様に可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ における跳躍高が CMJ と比較して高い値を示したことを報告している。そして、本研究では、梶谷ほか⁶⁾ の 6 倍を超える競技者を対象として、

両者の間に有意な差が認められた (図2)。本研究において、両者に差が認められた理由を検討することはできないが、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ と CMJ (飛び乗り CMJ も含む) との運動課題の差は、台高の有無であり、言葉を変えると伸張負荷の大きさであろう。ただ、本研究の対象者のほとんどが競技者であったことを考慮すると、このような差は競技者にのみ特異的に認められる事象である可能性も考えられる。今後、さらに詳細な検討を加えて、両者に差が認められたことの理由を明らかにすること、またこの事象が競技者にのみ特異的に観察される事象であるか否かについても明らかにする必要がある。

上述したように、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ の接地時間と可能な限り高く跳ぶように指示した飛び乗り CMJ の接地時間は類似した値を示した (図2)。また、可能な限り高く跳ぶよう指示して行う RDJ、CMJ および可能な限り高く跳ぶよう指示して行う飛び乗り CMJ の跳躍高はそれぞれ強固な正の相関関係が認められた (図4)。しかしながら、可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ と可能な限り高く跳ぶよう指示して行う飛び乗り CMJ の跳躍高においては有意な差が認められた (図2) ことから、すべての特性を反映するとはいえない。そのため、それぞれのジャンプ運動を測定し、接地時間および跳躍高を検討すべきであると考えられる。ただし、測定時に時間の制約がある場合などは、可能な限り高く跳ぶよう指示して行う飛び乗り CMJ のみを行うことで、本研究で用いた他のジャンプ運動の能力を推測できる可能性が考えられる。

V. 結論

本研究の目的は、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ、可能な限り短い接地時間で可能な限り高く跳ぶよう指示した RDJ、CMJ および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の運動特性を接地時間および跳躍高から検討することであった。

本研究において、以下のことが明らかとなった。

- 1) CMJ の跳躍高と可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ の跳躍高との間に有意な差は認められず、両者の間にきわめて高い有意な相関関係が認められたこと
- 2) 可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ は、同程度の接地時間で遂行されているジャンプ運動であり、また、跳躍高も同程度発揮されていたこと両者の間には強固な共変関係相関関係が認められる運動であること

これらのことから、本研究で採用した4種のジャンプ運動のうち、可能な限り高く跳ぶように指示した RDJ、CMJ および可能な限り高く跳ぶよう指示した飛び乗り CMJ は類似した運動特性を有するジャンプ運動であることが示唆された。

引用文献

- 1) Bobbert, M.F., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P. A., and van Ingen Schenau, G. J. (1986) : Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *Eur J Appl Physiol.* 54 : 566-573.
- 2) 遠藤俊典、田内健二、木越清信、尾縣貢 (2007) : リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. *体育学研究* 52 : 149-159.
- 3) Endo, T., Tauchi, K., and Ogata, M. (2008) : Development of running and footwork abilities from a viewpoint of jumping ability characteristics. *International Journal of Sport and Health Science*, 6 : 120-127.
- 4) 深代千之 (2017) : 瞬発性運動におけるパワー評価. *体育の科学* 67 (4) : 221-225.
- 5) 岩竹淳、鈴木朋美、中村夏実、小田宏行、永澤健、岩壁達男 (2002) : 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. *体育学研究* 47 : 253-261.
- 6) 梶谷亮輔、前村公彦、山元康平、関慶太郎、尾縣貢、木越清信 (2018) : ジャンプ運動における個人の反動動作特性を評価する方法の開発. *体育学研究* 63 : 139-149.
- 7) 木越清信 (2016) : 跳躍競技のバイオメカニクス. *陸上競技学会誌* 14 : 60-67.
- 8) 木塚朝博 (2017) : リバウンドジャンプの測定評価法を整理しよう. *体育の科学* 67 (4) : 218-220.
- 9) 岡野憲一、山中浩敬、九鬼靖太、谷川聡 (2017) : 伸張 - 短縮サイクル運動の遂行能力からみたトップレベル男子バレーボール選手の跳躍パフォーマンスの特性. *体育学研究* 62 : 105-114.
- 10) Tauchi, K., Endo, T., Ogata, M., Matsuo, A. and Iso, S. (2008) : The characteristics of jump ability in elite adolescent athletes and healthy males : The development of countermovement and rebound jump ability. *International Journal of Sport and Health Science*, 6 : 78-84.

- 11) 関子浩二、高松薫、古藤高良 (1993): 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究 38 : 265-278.
- 12) 関子浩二、高松薫 (1995): リバウンドドロップ

ジャンプにおける踏切時間を短縮する要因 : 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究 40 : 29-39.