

児童における基本動作発達に関する運動学的研究

— 立ち幅跳びに着目して —

陳 周 業

(2008年10月2日受理)

A Kinematics Study on the Fundamental Motion Development of Elementary School Children
— Focused on standing long jump —

Zhouye Chen

Abstract: The purpose of this study was to analyze the motion of standing long jump performance of elementary school children. The 82 boys of school children (6-11yrs) performed standing long jump, and was measured the distance. The motion of the body segments were recorded and analyzed the shoulder, hip and knee joints using a 2-D video analysis system. As a result, values of the range of joint angle, the average angular velocity of the shoulder were increased with aging. A coefficient of correlation with the jump performance was higher in the shoulder joint of angle, range motion and the average angular velocity than those of the hip and knee joints. The hip and knee joint angle at the landing moment, the range of the hip and knee joints in diving down stage decreases from the first grade to the third grade. The average angular velocity on the hip and knee joints increases from the first grade to the third grade both in bent-down and take-off stages. Depending on the various developments, we should introduce suitable methods to teach elementary school children the standing long jump movement.

Key words: elementary school children, standing long jump, fundamental motion development

キーワード：小学生，立ち幅跳び，基本動作発達

1. はじめに

毎年、行われている文部科学省の「体力・運動能力調査」によると、日本の子どもの体力・運動能力は、昭和60年ごろから現在まで低下傾向が続いている。これは社会環境や生活様式の変化などにより、運動に接する機会の減少や日常生活習慣の変化が子どもの体力・運動能力を長期的に低下させていることが大きな

要因と考えられている。このような状況の下において、子どもの頃から体を動かし、運動に親しみ、体力・運動能力を取り戻すために、学校での指導、特に「体育」という教科・科目が果たすべき役割は大きいと指摘されている（小澤，2008）。

ヒトが行う運動は、「歩く」、「走る」、「跳ぶ」、「投げる」などの基礎的運動を組み合わせたものと考えられる。したがって、さまざまな運動を形成するこれら基礎的運動能力の向上は重要である。立ち幅跳びは、跳躍運動の基本動作の一つであり、児童の体力テストの1項目として用いられており、下肢のパワー、跳躍能力を判定するための重要な測定項目である。文部科学省の「体力・運動能力調査」（18年度）においても、

本論文は、課程博士候補論文を構成する論文の一部として、以下の審査委員により審査を受けた。

審査委員：黒川隆志（主任指導教員）、松尾千秋、
木原成一郎、磨井祥夫、石井良昌

児童における立ち幅跳びの測定結果が著しく低下してきていることが懸念されている。

従来、立ち幅跳びの発育・発達過程についての研究は、Hellebrandt, F. A. et al (1961), 宮丸 (1976) らによって実験的な観察が行われ、幼児期における動作様式の発達過程が報告されている。また、辻野ら (1976) は1～24歳の33名の被検者について立ち幅跳びの撮影・筋電図・荷重測定装置を用いて動作の分析を行い、動作とパワーの年齢別変遷を検討している。これらの研究によれば、発達過程における立ち幅跳び動作は、2歳後半から3歳にかけて可能になり、腕を進行方向と反対に動かし、7歳から8歳までに成熟した立ち幅跳び動作に達するとしている。しかし、これまでの研究は、幼児期を対象にしたものが大部分であり、児童期の子どもを対象にしたものは少ない。また、近年では、動作の発達が未熟で不器用な子ども、肥満ややせの子ども、低体力の子どもが相対的に増えてきており (富樫健二, 2008)、子どもの基本動作の発達を再検討する必要があると思われる。

本研究は、現在、小学校に通っている一般児童を対象に立ち幅跳びの基本動作を録画分析し、各学年の動作様式を比較検討し、得られた結果から児童の跳躍能力向上に役に立てることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 被験者

東広島市 M 小学校の1年生から6年生の計82名男子児童を対象とした。各学年の被験者の身体的特徴を表1に示した。

2.2 撮影方法

小学生に立ち幅跳びを数回練習させた後、全力で跳躍を2回行わせた。ビデオカメラは距離8m、高さ1m

の側方に設置され、立ち幅跳びの動作を撮影し、跳躍距離を測定した。被験者の動作は毎秒60コマ、露出時間1/1000秒で撮影した。

2.3 画像の分析

身体片側の各計測点 (足先部, 腓骨外果点, 大腿骨外側顆, 大腿骨大転子, 肩峰, 上腕骨外顆, 尺骨茎状突起) にマーキングし、身体を前腕, 上腕, 体幹, 大腿, 下腿と足の六つのセグメントからなる剛体リンクモデルとみなした。上下肢の分析においては片側の測定を行った。

立ち幅跳びの動作の過程から、4つの動作時: 最大バック時 (肩関節が最大バックスウィング時), 最大沈み込み時 (膝関節の角度が最小時), 離地時, 着地時と2つの動作局面: 沈み込み局面 (最大バック時から最大沈み込み時まで), 踏み切り局面 (最大沈み込み時から離地瞬間時まで) を選択し、各動作時における関節の角度, 体幹の前傾, 及び各局面の経過時間, 関節の角度変化, 平均角速度を計測した (図1)。

各関節の角度では、画面上から身体計測点を結んでできる角を各関節の角度として用いた (肩関節の角度は、上腕骨外顆, 肩峰点, 大転子の3点を結んでできる角。股関節の角度は、肩峰点, 大転子, 大腿骨外側顆の3点を結んでできる角。膝関節角度は、大転子, 外側顆, 腓骨外果点の3点を結んでできる角)。なお、肩関節では、腕が体幹の後ろにある角度をマイナス, 体幹の前にある角度をプラスとした。

2.4 統計処理

各変数の統計結果は平均値±標準偏差で示した。学年間での平均の比較は、1元配置の分散分析の後、多重比較を行った。変数と跳躍成績間の関連性については Pearson の相関係数を用いた。いずれの検定の有意水準も0.05未満とした。なお、統計処理は統計分析ソフトウェア SPSS15.0 for Windows を用いた。

表1 被験者の身体的特徴

n = 82

学年	人数 (n)	年齢 (yrs)	体重 (kg)	身長 (cm)
小学校1年生	11	6	20.2±4.2	117.3±4.2
小学校2年生	13	7	25.7±3.8	125.4±3.7
小学校3年生	14	8	32.3±5.2	130.3±4.4
小学校4年生	15	9	31.8±4.1	133.4±4.8
小学校5年生	14	10	35.5±5.4	141.0±5.3
小学校6年生	15	11	38.5±6.4	147.6±6.7

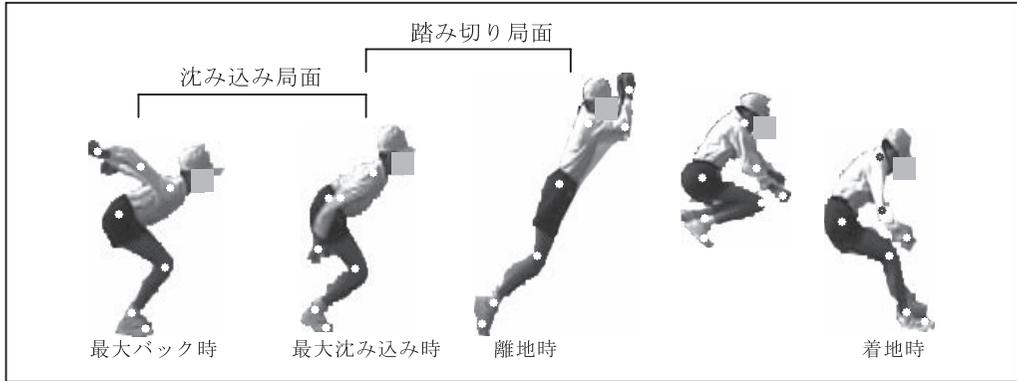


図1 立ち幅跳びの4つの動作時及び2つの局面

3. 結果

3.1 跳躍距離

図2は各学年の跳躍距離を示している。経年的にそれぞれの値は有意に増加した。

3.2 各動作時における関節角度

最大バック時(図3)では、肩関節の角度は経年的に増加し、股関節と膝関節の角度は経年的に減少し、特に1学年から3学年までは有意な減少傾向が認められた。最大沈み込み時の関節角度(図4)では、各年生間の3つの関節の角度は経年的な傾向が見られなかった。離地時(図5)では、肩関節の角度が1~3年生に変化は認めないものの3~6年生に増加する傾向にあった。膝関節、股関節の角度は全学年にほぼ同じであった。着地時(図6)では、膝、股関節の角度は1~3年生に有意に減少するものの、3~6年生の

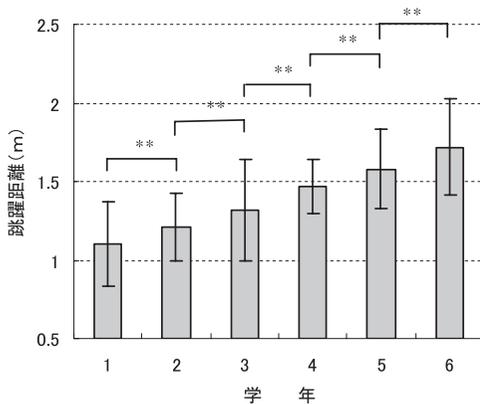


図2 学年別の跳躍距離

** : P<0.01

間にはほぼ値は同じであった。

跳躍距離との相関係数で見ると、最大バック時と離地時での肩関節(-0.335, 0.323), 着地時での膝(-0.375), 股関節(-0.472)に低い相関を認めた(表2)。

3.3 3つの動作時における体幹の前傾角度

離地時での体幹の前傾角度は、学年が上がるにつれて前傾が増加し、1~3年生間に有意な増加が認められた(P<0.05)。最大バック時及び最大沈み込み時での体幹の前傾角度も1~3年生間に増加の傾向が有意に見られた(図7)。3つの動作時において、体幹の前傾角度と跳躍距離の相関係数は離地時が最も高い値を示した(表3)。

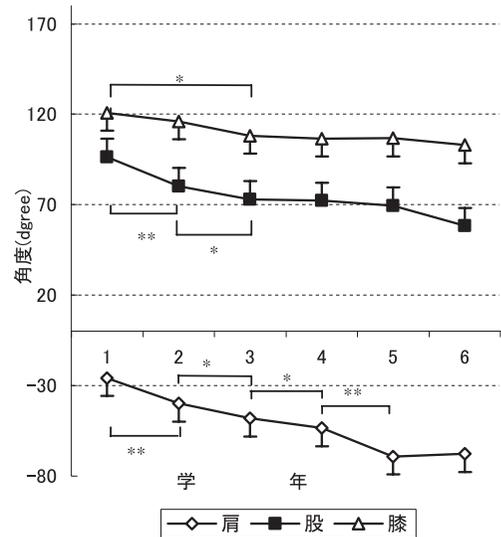


図3 最大バック時における関節角度

* : P<0.05, ** : P<0.01

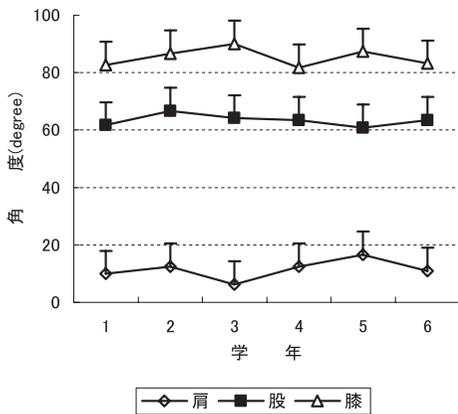


図4 最大沈み込み時における関節角度

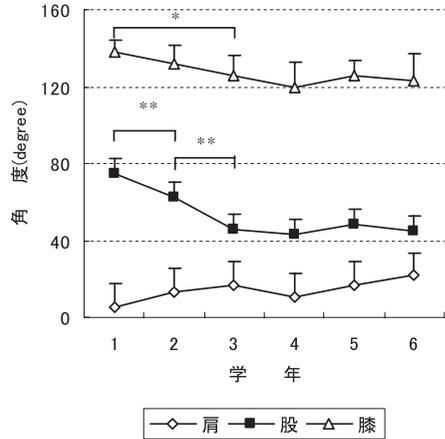


図6 着地時における関節角度

* : P<0.05, ** : P<0.01

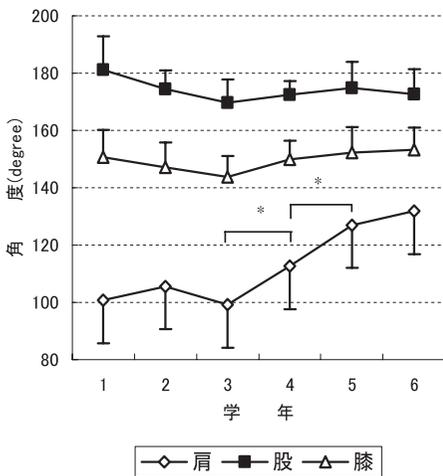


図5 離地時における関節角度

* : P<0.05

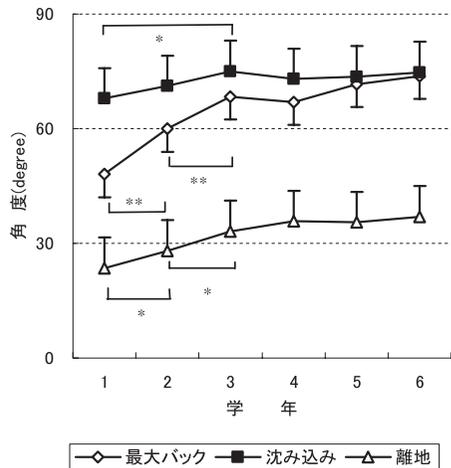


図7 3つの動作時における体前傾角度

* : P<0.05, ** : P<0.01

表2 各関節角度と跳躍距離の相関係数

n = 82

関節	最大バック時	最大沈み込み時	離地時	着地時
肩関節	-0.335**	-0.097	0.323**	0.111
股関節	-0.264*	-0.048	-0.070	-0.472***
膝関節	-0.271	-0.166	0.305*	-0.375***

* : P<0.05, ** : P<0.01, *** : P<0.001

表3 体前傾と跳躍距離の相関係数

n = 82

	最大バック時	最大沈み込み時	離地時
体前傾	0.221***	0.219*	0.420***

* : P<0.05, *** : P<0.001

3.4 各局面における各関節角度の変化、平均角速度

関節角度でみると、沈み込み局面では、肩関節の角度変化は、学年が上がるにつれて増加し、膝関節、股関節では学年が上がるにつれて減少がした。特に1～3年生間の変化が有意に大きかった(図8)。踏み切り局面の変化において、肩関節では、1～3年生間の変化が少なかったものの、3～6学年が上がるにつれて増加の傾向が見られた(図9)。

平均角速度では、沈み込み局面において、肩関節の平均角速度は、学年が上がるにつれて増加の傾向が見られ、6年生の値は1年生の2.1倍であった。膝関節と股関節の平均角速度は1～3年生に大きく減少した

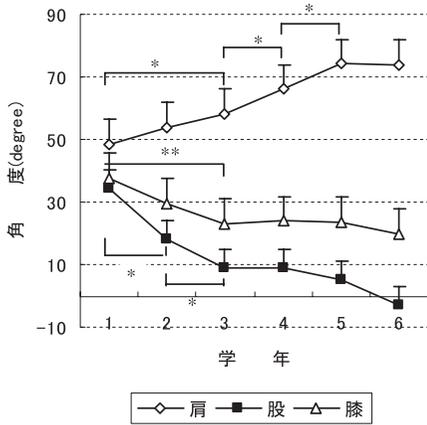


図8 沈み込み局面の角度変化

* : P<0.05, ** : P<0.01

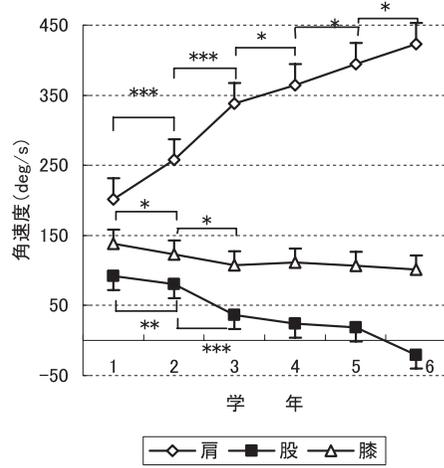


図10 沈み込み局面の平均角速度

* : P<0.05, ** : P<0.01, *** : P<0.001

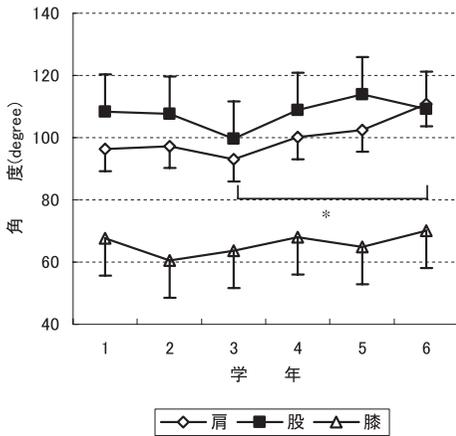


図9 踏み切り局面の角度変化

* : P<0.05

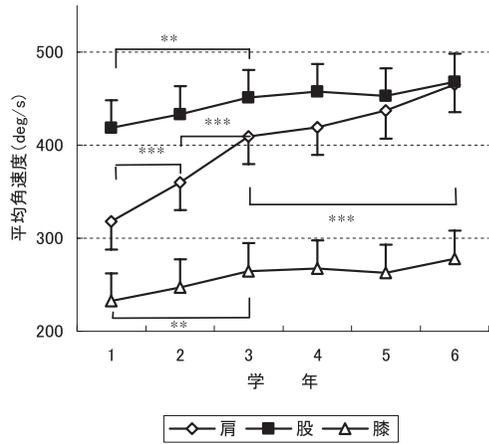


図11 踏み切り局面の平均角速度

** : P<0.01, *** : P<0.001

表4 各関節の角度変化及び平均角速度と跳躍距離の相関係数

n=82

関節	角度変化		平均角速度	
	沈み込み局面	踏み切り局面	沈み込み局面	踏み切り局面
肩	0.212	0.341**	0.326*	0.391**
股	-0.240	-0.002	-0.120	0.225*
膝	-0.189	0.332**	-0.045	0.349**

* : P<0.05, ** : P<0.001

が、3～6年生の間には変化が認められなかった(図10)。踏み切り局面において、肩関節の平均角速度は、学年ごとに増加の傾向が見られた。膝関節と股関節の平均角速度は1～3年生に増加した(図11)。

各局面における各関節の角度変化及び平均角速度と跳躍距離の相関係数において、肩関節が最も高い値を示した(表4)。

4. 考察

ヒトが立ち幅跳びをする際、しゃがみ込みながら腕をバックスウィングする。上肢の使い方においては、腕のバックスウィングを大きくすると肩関節の屈筋群が引っ張られ、反動動作により筋力を増加させることが指摘されている (Cavagna, G. A. et al, 1971)。また、湯浅ら (1984) は、3～19歳の84名の男子について立ち幅跳びにおける効果的な動作を重回帰分析を用いて検討し、最大バックスウィング時の肩関節角度が重要であると指摘している。本研究結果によれば、肩関節の角度と跳躍距離の相関係数は膝、股関節より高く、湯浅らの研究結果を支持する結果となった。さらに、最大バック時において、肩関節角度及び体幹前傾が学年と共に増加していった結果をみると、小学生では学年が上がるにつれて腕のバックスウィングを利用していくようである。つまり、上肢は最大バック時から前向きへの振込みに転換し、上肢の運動範囲と速度の増加が跳躍距離の増加に大きな影響に及ぼしていると考えられる。宮丸 (1976) は2～6歳の幼児の立ち幅跳び動作において、各関節の運動範囲は年齢が増すにつれて増大すると指摘している。本研究の結果によれば、6～11歳の児童においても肩関節の運動範囲と平均角速度は学年と共に増加傾向が見られた。これは小学生では上肢の動作はまだ発達中の段階であるためと考えられた。

下肢の使い方において、筋肉の伸張-短縮サイクルを利用して大きな筋力を獲得することが指摘されている (Cavagna, G. A. et al, 1971; Asmussen, E. et al, 1974)。最大バック時と最大沈み込み時での股関節、膝関節の角度及び沈み込み局面での角度変化から見れば、小学生の学年が上がるにつれて、速く、深くしゃがみ込み、下肢の反動をよく利用している。さらに、踏み切り後には、空中でバランスを維持し、着地時には、股関節、膝関節を積極的に屈曲して体の安全を守ることも重要と思われる。相関係数からみると、着地時での膝関節と股関節の相関係数はすべての指標において最高値を示し、跳躍距離の増大に重要な要因と考えられる結果となった。これは先行研究の結果とほぼ一致していた (湯浅ら, 1989)。また、着地時の股、膝関節の角度においては、着地能力が6歳から8歳にかけて著しく上達を示したことも先行研究と一致する結果となった (末利ら, 1976, 1978; 永田ら, 1979; 宮崎ら, 1990)。

以上の考察より、沈み込みと踏み切り局面においては、腕の動作範囲、平均角速度の増加、跳躍距離との相関係数は膝、股関節より大きく、腕の動作は児童の

動作変容において最も重要な動きと思われた。そのうえ、腕を使う場合では、使わない場合より跳躍距離が増加し、体の前向きの回転を防ぐことができ (Ashby, B. M. et al, 2005; 原ら, 2006)、下肢のパワーだけではなく、体全体の筋力の発揮が必要となる。このため、腕を使うことで、全身の筋肉を動員・調整し、バランス良く筋力を発揮することが可能となるものと考えられる。しかし、小学生では腕を全く使わずに跳んだり、後ろに振り込んで跳んだり、腕がバックスウィングしないで肘が屈曲したまま跳ぶ場合が多く見られた。これは単に筋力不足だけではなく、上・下肢調整力の不備が原因かもしれない。こうした生徒に対してはもちろん、全学年のすべての児童に腕の役割を説明し、腕の使い方を指導すると同時に、多彩な運動を実施し、児童の体の調整力を高めていくことも重要であると思われた。

今回の研究より、沈み込みと踏み切り局面での膝関節、股関節の運動範囲、平均速度、着地時での膝関節、股関節の各角度及び各動作時での体幹の前傾角度はすべて1年生から3年生までの動作の変化は大きく、3年生から6年生まで変化は小さい結果となった。さらに、現在の小学生においても3年生 (8歳) で成熟した立ち幅跳び動作に達しているものと推測された。以上より、現在の小学生においても立ち幅跳びの指導にあたっては、8歳以下 (1, 2年生) と8歳以上 (3～6年生) に分けて考え、1, 2年生では上下肢の反動動作の使い方と体の前傾及び着地方法などを主に指導し、3～6年生では脚力と全身の調整力を高める運動プログラムを実施すべきと思われた。

5. まとめ

立ち幅跳びの最大バック時では学年が上がるにつれて最大バックスウィング角度と体幹前傾角度は増加し、股関節と膝関節の角度は1～3年生で減少した。離地時では、学年が上がるにつれて肩関節角度と体幹前傾角度は増加し、着地時では股関節、膝関節角度は減少した。

沈み込み局面では、1～3年生で膝関節、股関節の角度変化が減少し、肩関節の角度変化と平均角速度は学年があがるにつれて増加した。踏み切り局面においては、学年が上がるにつれて肩関節の角度変化と平均角速度は増加し、膝と股関節の平均角速度は1～3年生で増加した。

上肢の動作は児童の動作変容において最も重要と思われた。沈み込みと踏み切り局面において上肢の動作範囲、肩関節の平均角速度の増加と跳躍距離との相関

係数は膝、股関節より大きかった。全学年に腕の役割を説明し、腕の使い方を教えることが必要であると考えられた。

現在の小学生においても、3年生（8歳）になって、成熟した立ち幅跳び動作に達するものと推測され、立ち幅跳びの指導にあたっては、8歳以下（1, 2年生）と8歳以上（3～6年生）に分けて考える必要があると思われた。

【引用・参考文献】

「平成18年度体力・運動能力調査」文部科学省

<http://www.mext.go.jp/boudou/19/10/07092511.htm>

小澤治夫：運動・体づくりからのアプローチ。体力科学 57：46, 2008

Hellebrandt, F. A., Rarick, G. L., Glassow, R., Carns, M. L.: Physiological analysis of basic motor skills. Am. J. Physical Med. 46: 14-25, 1961

宮丸凱史：幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達過程。身体運動の科学Ⅱ：105-113, 杏林書院 1976

宮丸凱史, 中村和彦, 松浦義行：幼児の跳動作の発達と評価に関する研究。体育科学17：66-76, 1989

辻野 昭, 岡本 勉, 後藤幸弘, 橋本不二雄, 徳原康彦：発育に伴う動作とパワーの変遷について。身体運動の科学Ⅰ：223-243, 1974

金子公宥著, スポーツ・バイオメカニクス入門：50-51, 杏林書院 1996

富樫健二：子供の肥満・メタボリックシンドロームと健康・体力。体力科学 57：43, 2008

宮丸凱史：動作の発達バイオメカニクス。バイオメカ

ニクス研究 5：151-154, 2001

湯浅景元, 加納明彦, 森 義彦, 三宅一郎, 早川 貞：立ち幅跳における“よい動き”を評価するための Parameter の検討。第7回日本バイオメカニクス学会大会論集 80-84, 1984

Ashby, B. M., Heegaard, J. H.: Role of arm motion in the standing long jump. J. Biomechanics. 35: 1631-1637, 2002

Asmussen, E. Bonde, P. F.: Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. Acta. Physiol. Scand. 91: 385-392, 1974

Cavagna, G. A., Komarek, L., Cittorio, G., Margaria, R.: Power output of the previously stretched muscle. Biomechanics II, Kager and Base I: 157-167, 1971

末利 博, 千駄忠至, 鷹野健二：調整力の指標としての緩衝能の発達と緩衝能テストの検討。体育科学 4：142-149, 1976

末利 博, 千駄忠至, 鷹野健二：調整力の指標としての緩衝能の発達と緩衝能テストの検討（その2）。体育科学 6：145-156, 1978

永田 晟, 室 増男, 日丸哲也：着地動作における緩衝的運動調節について。体力科学 28：81-87, 1979

宮崎義憲, 関 和彦, 王 偉, 矢野 博, 鎌田俊司：児童における着地衝撃緩衝能の発達について。東京学芸大学紀要 5部門 42：131-138, 1990

宮崎義憲, 関和彦, 王 偉, 矢野博巳, 鎌田俊司：児童における着地衝撃緩衝能の発達について。東京学芸大学紀要 42：131-138, 1990

原樹子, 深代千之：垂直跳びにおける下肢反動と腕振りの効果。体育の科学 3：168-173, 2006

深代千之編著, 跳ぶ科学：30-34, 大修館書店 1990