



垂直跳に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 古川, 昇 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00001986

垂直跳に関する研究

古 川 昇

北海道教育大学岩見沢分校体育研究室

Analytical Observation on the Vertical Jump

Noboru FURUKAWA

The Department of Physical Education, Iwamizawa Branch, Hokkaido University of Education

The vertical jump method (A), which is mainly based on the utilization of the toe and the vertical transfer of the center of gravity, seems popular at present. On the contrary, another method (B), which depends on the utilization of the whole sole of the foot and on the horizontal transfer of the center of gravity, was composed and tested. Experiments were performed on forty students for five weeks once a week (a total of five times).

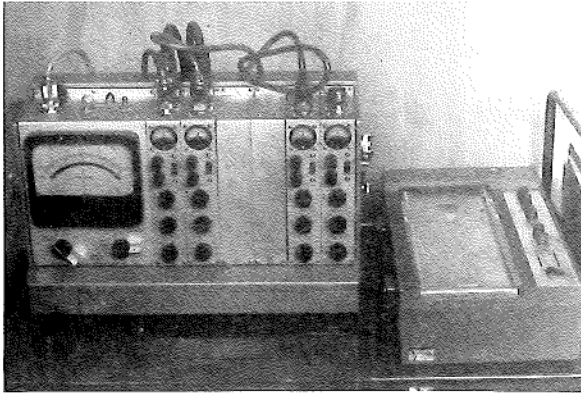
The results were as follows. As to the jumping distance A and B were highly correlative at all times, and the latter was significantly superior to A at the 0.1-percent level at the third and the fifth times. Moreover, regarding the maximum distance of each student through the experiments, A and B were also highly correlative and the latter was significantly superior by 1.68cm (mean value) ($r=0.91$, $P<0.01$).

From experiments using a strain gauge and a 16-mm cinecamera marked differences between the two were obtained concerning the operation of power and the locus of the center of gravity. In the B jumping the power highly operated at the later stage of the take-off, and the power of the heel was very high at the earlier stage. While there was no remarkable difference between A and B as to the impulse of vertical component, the impulse of forward horizontal component in B was greater than that of A. On the bending down before the taking-off in B when the center of gravity moving from slantingly backward to upward to the subject, the locus drew rather a curve comparative to A. On further bending down in B the center of gravity was located higher and the knee angle was comparatively larger.

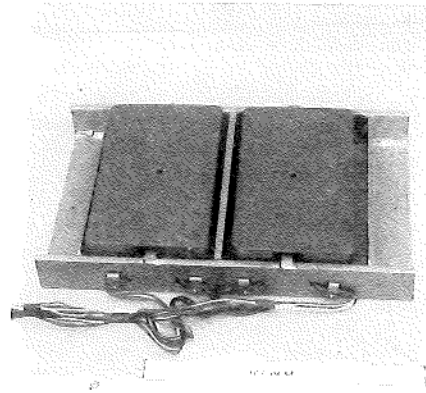
結 言

垂直跳は体力測定の一項目として、あるいは人間の基礎的運動として広く用いられ、多くの研究がなされている。この跳躍についての一般的な受け取り方としては、上下方向の直線的な運動であり、跳躍運動としての技術的なものよりは、むしろ基礎的運動能力の指標として取り扱われていることである。又垂直跳がその場からの跳躍で、その原動力が脚の屈伸にあることから鋼鉄製のバネとの比較や、力学、生理学的面からの理論的究明もなされている。しかし、人間の体は筋の収縮によって跳躍力を生み出すわけであるから、跳躍の準備段階から離陸の瞬間までのごく短い時間内で脚の伸展を効果的にするための方法がとられなければならない。

私はこのような観点から技術的な面に着目し、重心の移動が単なる上下への直線的運動ではな



実験装置



跳躍台

く、重心の移動に回転のある跳躍方法を考え、この2つの跳躍方法について比較検討し、単位時間毎の重心の軌跡、跳躍力、力積の面から追求したのでそれを報告する。

方 法

現在一般に行なわれている、両腕を上げた姿勢から両腕を振り下ろすと同時に膝を曲げる跳躍方法(これをA跳躍とする)に対し、両腕を振り下ろす時に腰を後方に引きながら膝を伸展させて、踏み切り後半である腕の振り込みと膝の屈曲を同時に行なう跳躍方法(これをB跳躍とする)を設定し実験を行なうことにした。

I. A, Bの両跳躍方法について、本学男子1年一般体育実技受講生40名を対象に週1回、5週間にわたって測定を行なった。測定方法は文部省スポーツテスト実施要領に準拠した。場所、本学体育館、期日、昭和46年5月11日～6月8日。

II. 本学4年男子バレー部学生1名を被験者に、A, Bの跳躍にそれぞれ三つの条件(1.普通の立位姿勢から反動、振り込み使用、2.反った立位姿勢から反動、振り込み使用、3.中腰姿勢から振り込み動作使用)をつけ、そのフォームを16mm映画フィルムに64コマで撮影し、動歪計で跳躍力を測定した。撮影に際し跳躍台の後の壁に、縦・横10cmの間隔で線を引いた、高さ3m・幅0.9mの板をセットし、更に跳躍フォームと足跡圧を一致させるため光のシグナルをフィルムと記録計(ラピコダー)に同期させた。動作分析は双眼実体顕微鏡〔×10〕を用い、跳躍力測定には足にかかる体重の移動をみるため、測定台を前後2つに分け、つま先と踵のそれぞれの垂直、水平分力を同時に取り出すようにした。

結 果

1. 5回の垂直跳測定結果について

40名の5回の測定結果は、A, B両跳躍の相関が非常に高く、5回中の各被験者の最高値の比較でもBの跳躍方法が平均で1.68cm優り、同様に高い相関($r=0.91$)と有意差が認められた($p<0.01$)。しかしバラツキでは全体的にB跳躍の値が大で、跳躍方法に慣れずむずかしかつた事を示していると思われる。5回の跳躍とも測定する前にBの跳躍フォームを練習させたが、予備動作として腕を振り下ろす時に膝を伸ばすことに戸惑いを見せ、フォームを身につけるまでにはかなりの練習が必要と思われた。5回の測定を終了した時点の被験者大部分の感想は、Bの跳躍方法が跳びや

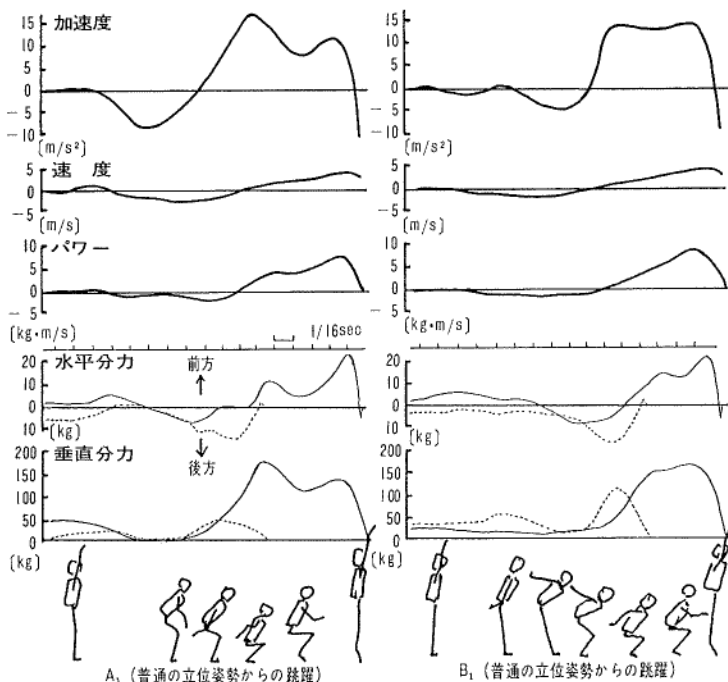
第1表 垂直跳測定結果 N=40

跳躍方法	測定項目	測定回数					最高値の比較
		1	2	3	4	5	
A	M (cm)	55.38	57.45	58.05	56.80	58.50	60.55
	S. D.	6.05	6.46	6.75	6.61	5.71	6.09
B	M (cm)	55.33	58.33	60.15	57.68	60.53	62.23
	S. D.	7.34	6.35	6.74	7.34	6.34	6.29
r		0.89	0.77	0.87	0.90	8.86	0.91
差の検定		1.39	1.83	3.82 ※	1.73	7.52 ※	4.01 ※

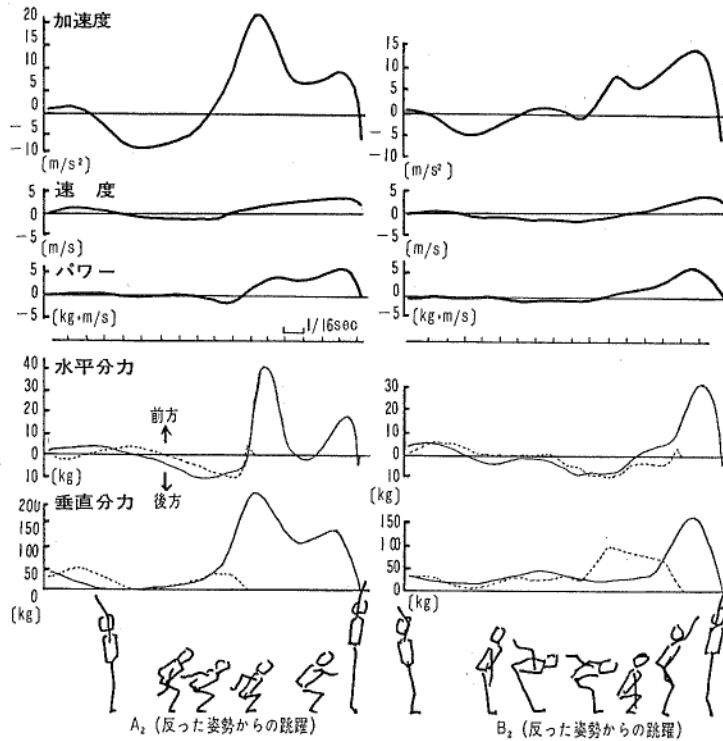
※ P<0.01

躍力、速度、加速度、パワー及びフォームを A と B の跳躍を比較しながら図示したものである。加速度 (\ddot{y})、速度 (\dot{y})、パワー (p) は、足底に働く力 (F) をもとに、からだの運動方程式 (w/g) $\ddot{y}=F-w$ (但し w =体重、 g =重力加速度) から $\dot{y}=g(F/w-1)$, $y=g\int_0^t(F/w-1)dt$, $p=F\dot{y}$ を求め、力積 (I) はシンプソンの公式 $I=1/3(f_0+4f_1+2f_2+4f_3+2f_4+\dots+2f_{n-2}+4f_{n-1}+f_n)\tau$ から値を線出した。又重心は1/16 sec 毎の映画フィルムを一コマづつ拡大し、合成系の重心を作図して求め、その軌跡を各種跳躍ごとに比較して示したのが図4である。

A と B の跳躍を比較して最も異なる点は跳躍フォームの違いである。それは腕の振り下ろしと膝の屈曲が殆ど同時に行なわれる A 跳躍に対し、B が腕を振り下ろす時に腰を後方に引きながら膝を伸ばしてくの字姿勢をとることである。その結果跳躍力にもその影響が顕著にあらわれ、A が沈み込みをストップする時主につま先で行なうのに対し、B は踵が主となっていることである。両跳躍において踵の力が最も大きい値を出しているのが、A では A_1 の 43.9 kg、B では B_1 の 116.3 kg



第1図



第2図

第2表 重心の位置と跳躍高 (単位 cm)

跳躍方法	項目 跳躍の種類	最も深く沈み込んだ位置	離陸時	跳躍高
A	立体姿勢からの跳躍	40.0	113.3	40.2
	反った姿勢からの跳躍	39.0	113.8	39.2
	中腰姿勢からの跳躍	50.7	113.0	40.2
B	立位姿勢からの跳躍	52.3	113.3	43.0
	反った姿勢からの跳躍	54.0	113.2	42.5
	中腰姿勢からの跳躍	54.0	114.0	40.8

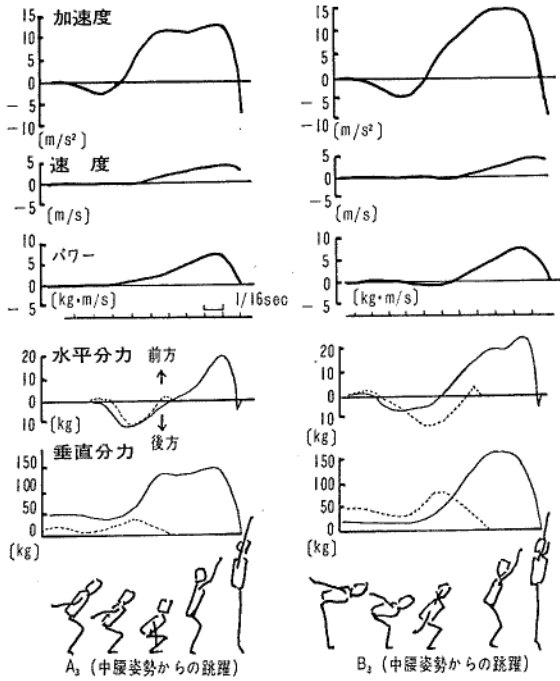
第3表 各種跳躍の力積値 (単位 kg sec)

跳躍の種類	項目 垂直分力力積	つま先前方の力積
A ₁	22,577	3,162
B ₁	22,919	3,357
A ₂	19,253	1,083
B ₂	23,589	2,998
A ₃	18,707	1,493
B ₃	18,357	4,852

で約2.7倍の違いとなっている。又つま先に加わる力の比較では、A₁、A₂が体の落下を支持する時点では非常に大きい力を示すが、離陸直前のキック力は逆に小さくなっているのに対し、Bは全く反対の傾向を示した。

第3表はAとBのそれぞれの跳躍における垂直分力、水平分力(つま先前方)の力積を求めたものであり、垂直分力の力積はつま先、踵の各々の力の合計値から抜重の部分を除いた有効力積である。その結果は、中腰姿勢からの跳躍を除いてはいずれもBの力積がAよりも大きく、水平分力の力積でもやはり三つの跳躍ともBが大きい結果となった。速度はA、B跳躍とも殆ど差は認められないが、パワーの離陸直前の比較ではわずかながらいずれもBの跳躍が優り、加速度は沈み込みの時点でAが大で踏み切り後半ではBが大きい値を示した。

更にフォームの違いは抜重にも影響を及ぼし、A跳躍が腕の振り下ろしに伴う沈み込みで抜重しているが、Bは腕の振り下ろしと上体の前傾では殆ど認められず、後方からの腕の振り込みと膝



第3図

注 図1, 図2, 図3は各種跳躍の加速度・速度・パワー・水平、垂直分力及びフォームの比較である。
 加速度 $\dot{y} = g(F/W - 1)$

$$\text{速度 } \dot{y} = g \int_0^t (F/W - 1) dt$$

$$\text{パワー } P/W = F \cdot \dot{y} / W$$

——全足圧 (つま先、踵の垂直分力合計値)

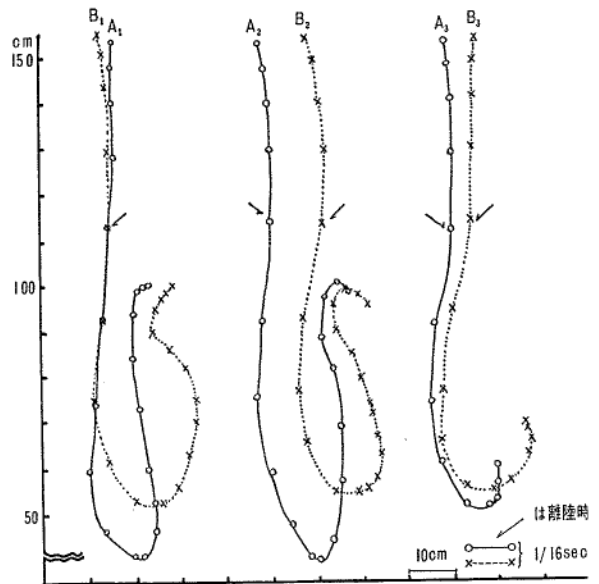
——つま先圧

.....踵 圧

の屈曲によってはじめて抜重が行なわれていることである。

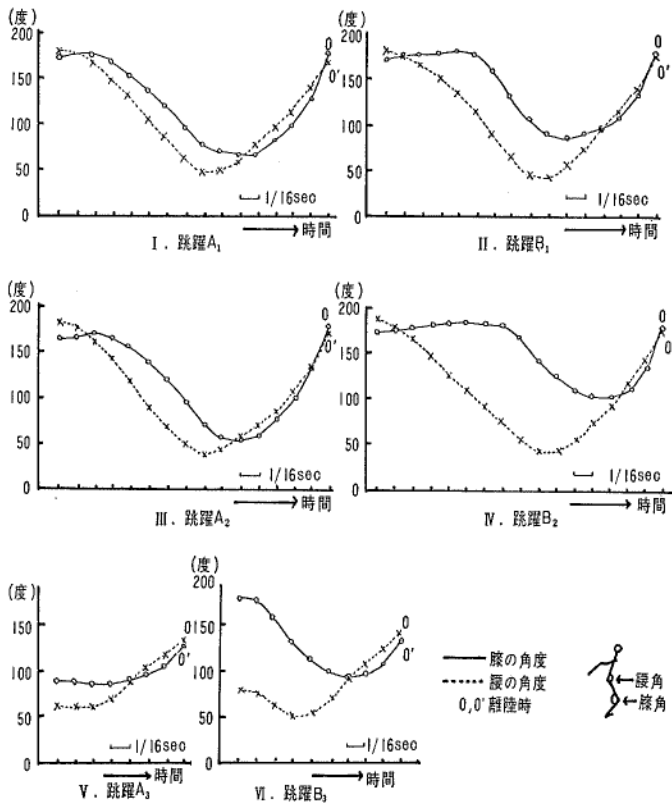
図4の重心の変位は、A、Bの跳躍方法がその条件を変えることによってどのような軌跡を示すか、又重心が一定の時間内であるいは各跳躍動作においてその移動の割合はどうか知ろうとしたものである。Aの跳躍で共通にあらわれている点は、中腰からの跳躍であるA₃が沈み込んだ位置で時間的に停滞せず、地面と並行に移動していることを除いてA₁、A₂とも予備動作開始とともに沈み込み最低点まで直線的に下降し、そこで移動が停滞しながら次に上方に重心の移動が行なわれていることである。これに対しBの跳躍は、反った姿勢からのB₂が沈み込み動作でAと似た下降を示すが、普通の跳躍であるB₁は、腕の振り下ろしと上体の前傾が進むに従って後方にややふくらみながら移動し、そこでくの字姿勢になった後、Bの三つの跳躍とも膝の屈曲、腕の振り込みとともに斜め後方から前下方へ移動を始め、その最低点ではB₂を除いて時間的な停滞はみられずそのまま上昇を続け、そしてその軌跡はAに対しスムーズな曲線を描いている。又第2表でも明らかなように深く沈み込んだ時の重心の位置はAがいずれもBに比べて低くなっており、Aの中でも反動を用いたA₁とA₂が特に低い結果を示した。

跳躍高はいずれの跳躍ともわずかながらBが優り、離陸瞬間の重心の位置は殆ど差のないものである。



I. 立位姿勢からの跳躍 II. 反った姿勢からの跳躍 III. 中腰姿勢からの跳躍

第4図 重心の変位



第5図 各種跳躍の腰膝角度の変化

れたわずかな重心の移動によって上方への運動量を生み出さなければならない。大きな運動量を得るための条件として^{5,6,9)}、 $Ft=MV$ (但し M =質量、 V =速度、 F =力、 t =時間) から離陸瞬間の速度を大きくすることが要求され、なるべく大きな力を長い時間 (長い距離) にわたって下へ加えることができる技術を用いることが必要であるとしている。その技術としては反動動作、振り込み動作が有効であり、それぞれ踏み切り前半後半、で大きな力を発揮するとともに、両者とも踏み切り距離を長くするのに役立つ、従って踏み切り時間も長くできる技術として役立つとしている⁷⁾。

更に踏み切り前半部では、突っ張りのバネともいわれる伸張性の収縮 (eccentric contraction) をしながら大きな力を出し、その力を利用して踏み切り後半のキックに移るとしている。このようなことから、しやがみ込みをストップした時の突っ張りの力をいかにして後半のキックに結びつけるか、又重心の移動がスムーズで移動距離を長くするためのモーションをいかに大きくするかが効果的な技術的内容としてしぼられ、これらは同時に踏み切り中に足底に働く力や力積にも関連してくると考えられる。

本実験で取り上げた跳躍方法 B は跳躍方法 A に対してフォームの違いが根本的な因となっており、又それは跳躍 A の動作の機序を変えたものに他ならない。

現在一般的に行なわれている跳躍は、反動動作として行なわれるしやがみ込みにおいて腕の振り下ろしと膝の屈曲が殆ど同時に開始され、体の落下を主につま先で支持することによって、その反作用である反動を利用して跳ぶわけである。この跳躍に関して、筋電図によりすでに明らかにされているように^{2,4)}、跳ぶためには大腿直筋や大殿筋が大部分の力を出し、落下の支持も同様にこれ

図5は跳躍動作に伴う腰、膝角度の変化を各跳躍の種類ごとに比較したものである。このグラフで両跳躍に共通していることは、腰が最も屈折した時点で一定の 50° 前後を保っており、だいたいにおいて膝の方が屈折の度合いが小さい傾向を示した。又 A と B の比較では腰の屈曲が始まってから膝が曲がり始めるまで、A の場合わずかな時間であるが B は時間の経過が A よりも大である。更に沈み込んだ最も深い位置での膝の角度は、 $A_1 66^\circ$ 、 $B_1 87^\circ$ 、 $A_2 54^\circ$ 、 $B_2 100^\circ$ 、 $A_3 85^\circ$ 、 $B_3 93^\circ$ といずれも B の角度が大きい結果となった。

考 察

最大の努力で瞬発的に力を発揮する垂直跳においては、限ら

らの筋と前脛骨筋が大きな役割を果たしている。¹⁰⁾ 筋肉は伸びきった直後にいっそう速く収縮し、その力もいっそう強くなることからこの跳躍の妥当性がうかがえるのであるが、本実験の結果から、つま先に負荷する沈み込みの反動の強さがそのまま跳躍力としての上方への運動量に生かされることは、Aの跳躍の力積及び垂直分力のあらわれ方から見てかなりのロスがみられ、更にしゃがみ込む位置が脚の強さに合った程度に常に保たれることはむずかしいと考えるのである。

このAの跳躍に対して、腕の振り下ろしと上体の前傾を直接脚への反動に結びつけず、その動作を腰の屈曲と肩のねじれに用い、その姿勢から跳躍方向である上方を目差して腕の振り込み、膝の屈曲によって反動を生じながら伸展動作に移行する。ここで大きくAの跳躍と違う点は、腕が斜め後方からの振り込みが行なわれる途中で拔重され、脚の突っ張りもなされていることである。このことは、Aの跳躍が沈み込みをストップした時点から上方への運動を起こしているのに対し、Bは腕を振り下ろして膝を伸ばしているくの字姿勢の位置からすでに上方への運動を開始していると考えられるのである¹⁰⁾。

又この斜め後方高い位置からの腕の振り込みは、跳躍モーションを大きくし、重心の移動をスムーズにすると同時に前方への水平分力を大きくすることから、足首を圧迫固定し、力の集中が行なわれて eccentric contraction を一層強め、そして動作の一連の運動を継続させながら踏み切り後半のキック力を高める原因になると思われる。

図4や表2でも明らかなように、Aの場合非常に深い位置から伸展が行なわれているのに対し、Bは浅い位置を並行移動しながら突っ張っている事実は、基底面を有効に活用し衝撃を緩和して concentric contraction への移行をスムーズなものにしていることは十分に予想されるのである。

以上A跳躍との対比でいろいろな問題点を検討してきたが、更にB跳躍の大きな特徴をあげれば、それは沈み込む際の踵の力の活用である。この踵の力は後方からの沈み込みによって当然生じる力であるが、体の落下の支持を踵で行なうことは、“脚筋力を発揮する力は踵における方がつま先で行なうよりも大であるという”報告⁹⁾からしてもそれなりの合理性を含むものと思われ、又それは前述の諸要因にも必然的に関与し、Bの跳躍を支える大きな力とも言えるのである。

Bの場合、突っ張りからキックへの移行が殆ど停滞なしに行なわれているのに対し、Aの反動動作を用いた跳躍ではかなりの停滞があって伸展に移行し、垂直分力にも断点が生じ、離陸直前の力の減少をきたし、力積にもその影響があらわれていることは、筋力を最大限に発揮できる技術的探求が更に必要と考えられるのである。

結 論

現在一般的に行なわれている跳躍である、腕の振り下ろしと膝の屈曲を殆ど同時に行なう跳躍方法をA跳躍とし、これに対して腕の振り下ろしに伴う上体の前傾を膝の屈曲に結びつけず、リラックスしたくの字姿勢を保ち、その姿勢から腕の振り込みと膝の屈曲を行なう跳躍をB跳躍とし実験を行なった。

I. 本学の男子一般体育実技受講生40を名を対象に、週一回5週間の測定を行なった結果、5回とも平均でBの値が高く、5回中の各被験者の最高値の比較でもBが平均で1.68cm優り、高い相関($r=0.91$)と有意差が認められた($p<0.01$)。

II. 男子バレー部の学生一名を被験者に、A、B両跳躍にそれぞれ三つの条件をつけ、それを動歪計、16mm映画フィルムを用いて行なった実験結果。

A跳躍が沈み込みを行なう時、その落下の支持を主につま先で行なうのに対し、B跳躍は踵が主となっている。つま先の垂直分力のあらわれ方は、Aが突っ張りの時点で大きい力を示すがキ

ック時は小さく、Bと逆の傾向を示した。つま先と踵の力を合わせた水直分力の力積は、中腰姿勢からの跳躍を除いて他の二つの立位姿勢からの跳躍ではBが大で、水平分力のつま先前方力積はいずれもBが大きい値を示した。

速度はA、B両跳躍とも殆ど差は認められないが、パワーの離陸直前の比較では、わずかながらいずれもBの跳躍が優り、加速度は沈み込みをストップした時点でAが大で、踏み切り後半ではBが大きい値を示した。

重心の変位については腕の振り込み動作開始時の重心の位置が、Aの場合低位から始まるのに対し、Bは斜め後方の膝の伸びた高い位置から始まっており、その結果、Bの重心は沈み込みから伸び上がりへの移行が時間的な停滞も見られず、なめらかな曲線を描いており、更に重心の前後への移動が大きいところから基底面を有効に活用した跳躍といえることができる。

又AとBの跳躍において抜重の違いが顕著に認められ、Aが腕の振下動作に伴うしゃがみ込みで抜重しているのに対し、Bは腕の振り下ろしと上体の前傾では殆どあられなく、斜め後方からの腕の振り込みと膝の屈曲によってはじめて抜重が行なわれている。

今後の課題

今回は一般的跳躍方法であるAに、跳躍方法Bの要素が入らないように規定して実験を行なったが、今後も跳躍のメカニズム究明に心がけ、更にAとBの中間の跳躍方法を加えた検討を推し進めたい。

稿を終るにあたり、研究について御指導いただいた本学体育研究室、栗林薫教授並びに実験器具の作製、機械操作等で多大の援助をいただいた本学技術科、奥野亮輔助教授に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) John. W. Bunn, 石河利寛訳, 1961, コーチングの科学的原理, ベースボール・マガジン社, 239頁.
- 2) 星野春雄, 1961, 体育物理学序説, 不昧堂, 123-133頁.
- 3) ウラジミール・ポポフ, 岡本正己訳, 1965, 走幅跳のトレーニング, ベースボール・マガジン社, 233-34頁.
- 4) 猪飼道夫, 1969, 人体生理学, 大修館書店, 159-160頁.
- 5) 金原勇, 1964, 跳躍における基礎的技術について, 体育の科学 Vol. 14, No 11, 619-62頁.
- 6) 金原勇, 1966, ハイジャンプの指導とキネシオロジー, 体育の科学, Vol. 16, No 11, 642-645頁.
- 7) 小林一敏, 1965, スポーツ科学講座・8・スポーツとキネシオロジー, 大修館書店, 214-215頁.
- 8) 楠立雄, 1966, 脚筋力について, 体育学研究, Vol. 11, No 1, 26-27頁.
- 9) 三浦望慶, 1967, 跳のキネシオロジー, 体育の科学, Vol. 17, No 5, 268-270頁.
- 10) 小野勝次, 1957, 陸上競技の力学, 同文書院, 18-19頁.
- 11) 渋川侃二, 1969, 運動力学, 大修館書店, 70-74頁, 247-252頁.