

長野体育学研究

第 19 号

<原著論文>

- 1 中島弘樹, 結城匡啓, 齊川史徳
複合型トレーニングが垂直跳動作に及ぼす効果に関するバイオメカニ
クス的研究
- 13 矢土裕和, 結城匡啓
野球経験の違いによる打撃動作の熟練性に関する3次元解析
- 21 長坂明彦, 竹把 悠, 田中裕樹, 内山了治, 生駒良弘, 松原達郎, 渡
辺誠一
筋電位図を用いたスケルトンそりの操作特性

<研究資料>

- 29 杉本光公, 速水達也, 折口 築
スポーツ実践演習の教養科目への移行に関する考察
—抽選システムと二単位化を含めて—

<学会通信>

- 37 日本体育学会甲信支部長野体育学会平成23年度総会議事録
- 39 日本体育学会甲信支部長野体育学会研究論文集に関する規定
- 41 甲信支部長野体育学研究 論文執筆要項

日本体育学会甲信支部長野体育学会

平成24年5月

[原著論文]

複合型トレーニングが垂直跳動作に及ぼす

効果に関するバイオメカニクス的研究

中島弘樹¹⁾ 結城匡啓²⁾ 斉川史徳³⁾

(平成24年3月9日 受理)

Biomechanical analysis of the effect of multiplex training program to vertical jump.

Hiroki NAKAJIMA (Shinshu University, Graduate school of Education)

Masahiro YUKI (Shinshu University, Faculty of Education)

Fuminori SAIKAWA (Shinshu University)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of a combination training to vertical jump. We selected JUMP ATTACK training (JA designed by Tim. S. Grover who was sports trainer in USA) as a multiplex training program combined weight-training, plyometric-training and skill-training with stretching. Nine college students who belongs to athletic clubs performed JA (Lower-body session: 2/week, Upper-body weight circuit: 1/week, Stretching: 2/week) for 4 weeks, kinetics data of vertical jump are corrected both before (PRE) and after training (POST) by using two dimensional motion analysis.

These results obtained as follows :

1) Take off velocity ($2.94 \pm 0.25 \text{ m/s} \rightarrow 3.14 \pm 0.26 \text{ m/s}$, $p < 0.01$) and maximum height the center of mass ($1.64 \pm 0.09 \text{ m} \rightarrow 1.67 \pm 0.08 \text{ m}$, $p < 0.05$) was significantly increased.

2) Angle of ankle dorsiflexion was tended to decrease in unweighting phase (n.s.) and velocity of ankle planter flexion was tended to increase in push-off phase (n.s.).

3) JA had an effect on improving ballistic motion and jumping ability.

It would be concluded that JA was considered to have an effect as a combination training for hip joint extensors and planter flexors.

キーワード : JA, 垂直跳び, 2次元動作解析, 下肢のキネティクス

1. 緒言

跳躍能力は、様々なスポーツ種目においてパフォーマンスを向上させるために選手に必要な能力のうちの1つである。特に跳躍力が求められる競

技としては、バスケットボール、バレーボールなどがある。例えばバスケットボールでは、ゴール下のリバウンドを制するとき、ブロックをかわしてシュートを打つとき、また華麗なフェイドアウェイを決めるときには、高い跳躍力が必要になるであろう。またバレーボールでは、より幅広いコースを打つため、相手の攻撃をブロックするため、攻撃の選択肢を増やすために、より高い跳躍高が

1) 信州大学大学院教育学研究科

2) 信州大学教育学部

3) 信州大学研究協力員

求められるであろう。跳躍力向上のための実践的トレーニングプログラムとして、米国のスポーツトレーナー、Tim. S. Grover氏が考案したトレーニングプログラムである「JUMP ATTACK」トレーニング^{注1)}がある。「JUMP ATTACK」トレーニングは、ウエイトトレーニング、プライオメトリクス、競技動作、ストレッチの組み合わせ複合プログラムであり、2000年に日本で和訳され出版された著書「JUMP ATTACK」^{注2)}に掲載されている。JAは日本でも主に高校生、大学生のバスケットボール競技者間で普及しており、その跳躍力向上に対する効果は非常に高いようである。しかし、JAの何がどう跳躍力の向上に対して有効であるかについては、検討されている研究はない。

跳躍力向上のためのトレーニング研究はよく行われている。例を示すと、股関節伸展のトレーニングによって垂直高が高まるというもの（金高，2006）、ウエイトトレーニングと垂直跳の複合トレーニングを行うことで、それぞれを単体で繰り返すより、垂直跳躍高を高めることができるというもの（田路ほか，1987）などがある。また、プライオメトリクスを適切な運動強度で行い、十分な回復期間を設けることで垂直跳躍高を向上させる事ができるというもの（Paulら，2003）など、トレーニング内容だけでなく、回復期の日数を考慮した研究もなされている。

しかしながら、いずれの研究も垂直跳躍高の比較や体力的変化の計測にとどまり、トレーニングによってどのように跳躍が変化したのかについてバイオメカニク的に検討した研究はない。また、跳躍力向上のための体系化されたトレーニングプログラムが明示されていないという理由もあるが、実践的な跳躍力向上トレーニングプログラムについて、その効果を検討しているような研究もない。

そこで本研究では、大学生9名にJAを4週間

行なわせ、その前後における垂直跳動作を2次元動作解析によりキネティクスのとらえ、JAによる跳躍動作の変化を明らかにし、跳躍力向上をねらったトレーニングへの示唆を得ることを目的とした。

2. 研究方法

大学の運動部に所属する9名の学生にJAを4週間行なわせ、その前後で1台のデジタルビデオカメラ（以下、DVC）を用いて、垂直跳動作を60fields/sで撮影し、同じ日に体力測定を行った。また、JA前後において、バレーボール部に所属する被験者3名にはスパイク動作を行なわせ、2台のDVCを用いて60fields/sで撮影した。

2.1 被験者

Table 1に被験者のプロフィールを示した。

被験者には、S大学生9名を用いた。9名は運動部や運動サークル、またはクラブチームに所属しており、専門種目はサッカー、スキー、バスケットボール、バレーボール、ラグビーと個々で異なるが、9名中3名（以下、A、B、Cとする）はバレーボール部に所属していた。

なお、実験に先立ち、被験者には本研究の目的、方法、トレーニング期間中の制約やトレーニングの苦痛、危険などを説明し、参加協力の承諾を得た。

2.2 実験の概要

実験の流れをFig.1に示した。

まずJA開始前（以下、PRE）に全力での垂直跳の計測と体力測定を行い、その後1週間以内に4週間のJAを開始した。JA期間中は被験者に対し、特に運動や食事の制限などは行わず、個々の

Table 1 Characteristics of subject (n = 9, Mean±SD)

Age	Height (m)	Body mass (kg)	
		PRE	POST
21.1±0.9	1.72±0.1	64.9±8.2	65.8±7.9

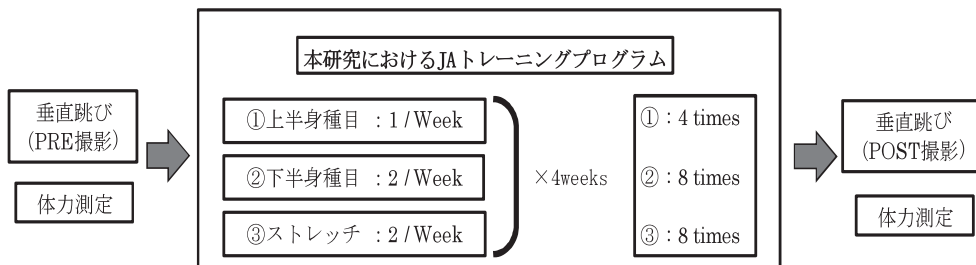


Fig.1 Flowchart of this study

普段の活動に加えて JA を行わせた。怪我を防止するため、JA を行う前にはウォームアップとストレッチ、行った後は、クールダウンとストレッチを行わせた。ウォームアップ、クールダウンで行う運動の内容は特に指示しなかった。

垂直跳は、直立姿勢から両腕を挙上し、腕の振り込み、振り上げ動作と反動動作を用いて全力で行うよう指示したが、練習を個々で数回行う程度とし、跳躍動作についての特別な指導は行わなかった。JA 期間が終了した後、1 週間以内に JA 終了後（以下、POST）の垂直跳計測と体力測定を行った。

バレーボール部に所属する 3 名については、垂直跳の計測に加えて、レフト方向からのオープンスパイクの計測を同日に行った。オープンスパイクは、センター付近から手上げにてトスされたボールをクロスへ全力で打撃するよう指示した。

2.3 JA トレーニング

本研究で行った JA トレーニングは、下半身の種目、上半身の種目、ストレッチからなり^{注3)}、それぞれ週 2 回、週 1 回、週 2 回の頻度で 4 週間行うこととした。4 週間という期間を採用した理由については、JA はもともと長期的にトレーニングを継続することを前提としたトレーニングであるが^{注4)}、神経系の適応を考えると 1 ヶ月程度で十分な効果が得られるであろうと考えたためである。

1) 下半身の種目

下半身種目のプログラムを Fig.2 に示した。

本研究における下半身の種目は、1 セットを、

ウエイトトレーニング 30 秒、プライオメトリクス 20 秒、競技動作 10 回、ストレッチ 30 秒とし、種目間 30 秒 rest、セット間 3 分 rest で、計 4 セット（4 セット目はウエイトトレーニングとストレッチのみ）を行った。

A. ウエイトトレーニング

本研究で用いた下半身種目のウエイトトレーニングは、スクワット、ステップアップ、ランジ、レッグカールであった。負荷設定は、フォームを練習する時間を十分に設けることができなかったため、全被験者がフォームを崩さず行えるように最大下負荷にし、全被験者に対し同一で、スクワット 40kg、ステップアップ 5×2 kg、ランジ 30kg、レッグカール 20kg とした。

B. プライオメトリクス

プライオメトリクスの種目は、タックジャンプ、シングルレッグホップ、バリアージャンプ：フロント&バックであった。負荷は自重のみで、すべての種目において、接地時間を短くし、すばやく行うように指示した。

C. 競技動作

競技動作は、ウエイトトレーニング種目で主働筋となる筋群を主に使い、各自の専門種目に通ずるような動作で、主に跳躍を伴った動作をセットごとに考えさせ、行わせた。例えば、バスケットボール競技者は、ステップアップを行ったセットにレイアップシュートの動作を行い、バレーボール競技者は、スクワットを行ったセットにブロックジャンプを行った。

D. ストレッチ

ストレッチの種目を Table 2 に示した。トレ

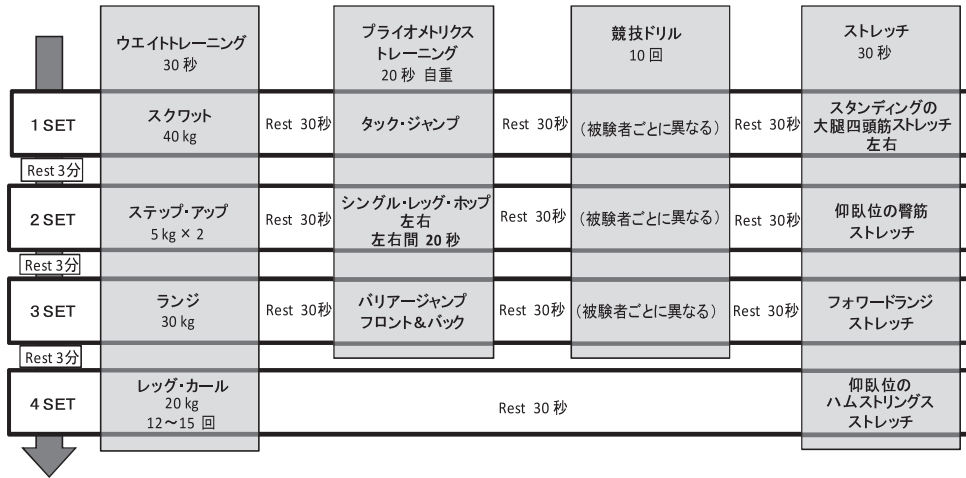


Fig.2 Lower body training program

ニング前後のウォームアップ、クールダウン時、ストレッチのみの日に行う種目はすべて Table 2 のものとした。

2) 上半身の種目 (ウェイトサーキット)

上半身種目のプログラムと負荷設定を Table 3 に示した。1セット8種目、各種目30秒全力、種目間20秒restで計2セットを行った。上半身種目の負荷設定も下半身種目と同様の理由により決定した。

2.4 体力測定

体力の変化を評価するために、文部科学省新体力テスト実施要項(20歳~64歳対象)に準じた方法により、体育館で行える種目である上体起こし、握力、長座体前屈、立ち幅跳、反復横跳びをJA前後に各種目2回ずつ全力で行わせた。記録は、各種目2回の測定値のよい方とした。

2.5 撮影方法

1) 垂直跳動作撮影 (2次元キネティクス)

垂直跳動作は、被験者にフォースプラットフォーム(Kistler社製, 9287B)上で、腕を挙げた状態から、反動動作、腕の振り上げ付きで全力で行わせ、その動作を一台のDVCを用いて矢状面から撮影した。試技は1人3回行わせ、被験者自身から最も良かったと報告を受けた試技を分析対

象とした。

2) スパイク動作の撮影 (3次元キネマティクス)

スパイク動作は、バレーボールのネット中央付近から手上げてレフト方向へとスアッされたボールを全力でクロスへ打ち込むよう指示した。その動作を、2台のDVCを用いて撮影し、3次元的にとらえた。試技は1人5回行わせ、被験者自身から最も良かったと報告を受けた試技を分析対象とした。

2.6 データ収集方法

1) 垂直跳の動作解析

得られたビデオ画像より、動作解析ソフト(ディーケーエイチ社製, Frame-DIAS II)を用いて身体各部13点とリファレンスポイント4点を読み取った。算出された2次元座標をButter worth digital filterにより平滑化し、阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて身体重心を算出した。

フォースプラットフォームで計測した信号は、アンプ(Kistler社製, 9865C1Y28)を介して増幅後、A/D変換カード(KEYENCE社製, NR-110)を用いてデジタル変換し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。サンプリング周波数は200Hzとした。

2) バレーボールスパイクの動作解析

3次元解析用のキャリブレーションには、8点

Table 2 Stretching program

Static stretching	Dynamic stretching
スタンディングストラダル, 左右, 中央	サイド・ランジ
大腿筋膜張筋のストレッチ	サイド・トゥ・サイド キックスルー
座位の股関節ストレッチ	フォワード・トゥ・バック キックスルー
仰臥位の臀筋ストレッチ	ハイ・ニー・マーチング
仰臥位のハムストリングスのストレッチ	
仰臥位のクロスオーバーストレッチ	
フォワード・ランジ・ストレッチ	
スタンディングの大腿四頭筋ストレッチ	
スタンディングのカーフ・ストレッチ	
スタンディングの肩甲骨のストレッチ	

Each stretching performed 30 seconds at before-training, after-training and the day for only-stretching.

Table 3 Upper body training program

Tasks	Weight (kg)	
ベンチプレス	20	} 1 set
シットアップ	自重	
アップライト・ロー	20	
バックプレス	20	
レッグレイズ	自重	
ラテラルレイズ	7.5×2	
ラットプルダウン	4 plates	

All tasks performed 2 sets by maximum effort.

There was 20 seconds rest among task to task.

のコントロールポイントのついた 3.2m の較正器を使用し, 5 m×6 m に配置した 16 点に順次鉛直に立て撮影した. 得られたビデオ画像より, 動作解析ソフト (ディーケーエイチ社製, Frame-DIASII) を用いて身体各部 23 点とボールの中心の計 24 点を読み取った. コントロールポイントのデジタイズから得られた座標と計測された実座標を用いて DLT パラメータを算出し, DLT 法を用いてスパイク動作の 3 次元座標を算出した. 算出された 3 次元座標を Butterworth digital filter により平滑化し, 阿江 (1996) の身体部分慣性係

数を用いて身体重心を算出した.

2.7 動作局面と分析項目

垂直跳の分析範囲は, 股関節屈曲角速度が -1.0 rad/s に達した時点から離地時までとした.

分析項目は, 下肢関節の関節角度と角速度, 関節トルクおよび関節トルクパワー, 最大重心高, 離地時鉛直重心速度, 地面反力であった.

スパイク動作の分析範囲は, 跳躍一步前の左脚接地時から打撃後 3 コマまでとし, 最大重心高, 離地時重心速度, 打点高, 体幹側屈角度, 左右肩

Table 4 Physical strength tests (Mean±S.D.)

種目	PRE(±SD)	POST(±SD)	t-test
上体起こし(回)	35.0±5.5	37.4±5.1	p<0.05
立ち幅跳(m)	2.37±0.2	2.43±0.2	p<0.05
反復横跳び(回)	62.4±4.4	63.2±4.3	n.s.
長座体前屈(m)	0.47±0.8	0.50±0.5	n.s.

関節角度および左右肩関節高差を算出した。

2.8 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。トレーニング前後における測定値の差を比較するために、対応のあるt検定を用いた。なお、有意水準は5%未満とし、10%未満を有意差傾向とした。

3. 結果および考察

3.1 体力測定

体力測定の測定結果を Table 4 に示した。

全項目で POST における測定値が増加し、上体起こしと立ち幅跳びの測定値は有意に増加した。

3.2 垂直跳

各測定項目の PRE, POST での測定結果を Table 5 に示した。また、下肢関節の関節角度と角速度、関節トルクおよび関節トルクパワーのグラフを Fig.3 に示した。なお、グラフはすべて分析範囲の垂直跳動作時間を 100%として規格化し、実験前後の平均値で示した。

1) 身体重心高および離地時重心速度

垂直重心高 ($1.64 \pm 0.09\text{m} \rightarrow 1.67 \pm 0.08\text{m}$, $p < 0.05$) と離地時重心速度 ($2.62 \pm 0.37\text{m/s} \rightarrow 2.77 \pm 0.35\text{m/s}$, $p < 0.01$) は POST において有意な増加を示した。

2) 下肢関節角度および角速度

股関節角度および膝関節角度、股関節角速度および膝関節角速度については、最大値やいずれの垂直跳動作時 (以下 VJ 時) においても有意差はなかった。

足関節角度については、最大背屈角度には有意差はなかったが、80%~85%付近の足背屈角度が

POST において低い傾向を示した ($p < 0.1$)。

足関節最大底屈角速度については、平均値は増加したが、有意差はなかった ($p < 0.2$)。しかし、70%~80%VJ 時付近で POST において低値を示す傾向があり ($p < 0.1$)、75%~78%VJ 時では有意に低値であった ($p < 0.05$)。

これらのことから、垂直跳動作は、より足関節が背屈した状態からよりすばやい足底屈が行われるように変化したと考えられる。

3) 関節トルクおよび関節トルクパワー

膝関節トルクおよび膝関節トルクパワーについては、最大値やいずれの VJ 時においても有意差はなかった。

股関節および足関節については、最大トルクと最大トルクパワーの平均値は増加したが、有意差はなかった。しかし、75%~90%VJ 時付近の股関節伸展トルクが POST で大きい傾向にあり ($p < 0.1$)、78%~88%VJ 時においては有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、75%~85%VJ 時付近の股関節伸展トルクパワーが大きい傾向にあり ($p < 0.1$)、77%および 78%VJ 時においては有意に大きかった ($p < 0.05$)。足底屈トルクパワーは 74%~80%VJ 時において有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

これらのことから、跳躍時、POST において股関節でより大きな伸展トルクおよびトルクパワーを発揮していたとすることができる。また、足底屈トルクパワーは、74%~80%VJ 時では POST において低値であり、その後 94%VJ 時に PRE ($995.3 \pm 346.1\text{W}$)、POST ($1093 \pm 468.5\text{W}$) とも最大値を示している。このことは、POST において足底屈トルクパワー発揮のタイミングが遅く、かつ急峻であったことを示すものと考えられる。

4) 地面反力

跳躍時最大地面反力は、PRE では 1472.1 ± 153 。

Table 5 Vertical jump execution characteristics (Mean \pm S.D.)

測定項目 (units)	PRE	POST	t-test
股関節最大屈曲角 (deg)	42.7 \pm 10.7	44.8 \pm 13.8	n.s.
膝関節最大屈曲角 (deg)	70.0 \pm 10.5	70.4 \pm 17.4	n.s.
足関節最大背屈角 (deg)	53.4 \pm 2.7	51.4 \pm 4.5	n.s.
股関節最大屈曲角速度 (rad/s)	-5.8 \pm 0.6	-5.9 \pm 1.6	n.s.
膝関節最大屈曲角速度 (rad/s)	-4.8 \pm 0.9	-5.4 \pm 1.3	n.s.
足関節最大背屈角速度 (rad/s)	-1.9 \pm 0.3	-2.2 \pm 0.7	n.s.
股関節最大伸展角速度 (rad/s)	8.5 \pm 1.1	8.4 \pm 1.1	n.s.
膝関節最大伸展角速度 (rad/s)	12.1 \pm 0.9	12.4 \pm 0.7	n.s.
足関節最大底屈角速度 (rad/s)	9.5 \pm 1.6	10.1 \pm 1.3	n.s.
股関節最大伸展トルク (Nm)	86.4 \pm 29.8	93.5 \pm 19.5	n.s.
膝関節最大伸展トルク (Nm)	136.4 \pm 24.3	141.1 \pm 32.4	n.s.
足関節最大底屈トルク (Nm)	132.8 \pm 43.8	140.1 \pm 44.3	n.s.
股関節最大伸展パワー (W)	660.6 \pm 239.5	679.2 \pm 186.5	n.s.
膝関節最大伸展パワー (W)	-515.8 \pm 161.4	-538.1 \pm 232.5	n.s.
足関節最大底屈パワー (W)	1066.3 \pm 365.8	1163.4 \pm 404.8	n.s.

5N, POST では 1538.0 \pm 183.3N で増加傾向であり (p<0.1), 80%~85%VJ 時では POST において有意に大きい値を示した (p<0.05).

また, 重心高が最も低値を示した時点から離地までの時間 (キック時間) が有意に短くなった (0.51 \pm 0.10s \rightarrow 0.47 \pm 0.11s, p<0.05). これは, POST において, 短い時間により強く地面を蹴っていることを意味している.

以上のことから, 垂直跳動作は POST において, 足関節がより深く背屈し, すばやく底屈するように変化する傾向があり, 股関節でより大きな力を発揮して跳躍し, キック時間が短くなり最大重心高が上昇した. 股関節と膝関節の最大屈曲角度にはあまり違いがなかったことから, 足底屈筋群がより伸張され, より強く収縮したと考えられる.

3.3 JA のトレーニング効果

1) 股関節伸筋群へのトレーニング効果

鳥海ら (1988) は, 垂直跳びにおいて, 股関節の仕事の割合が約 50%ほどであり, 立ち幅跳時の

下肢関節全体における膝関節の仕事の割合は 10%に満たないことを報告している (股関節は約 50%, 足関節は約 40%). また, Fukashiro ら (1987) は, 股関節トルク増大が垂直高増加の原因であるとしている. これらのことから, 体力測定において立ち幅跳びの記録が有意に増加したことや最大重心高が上昇したことなどは, 跳躍時の股関節伸展トルクが増加したことによるものと推測できる.

下肢関節トルクパワーについては, 吉福 (1990) によると, 跳躍動作における足底屈パワーは, その大きなパワーの大半が股関節で発揮されたものが伝わったものであるとされる. よって, 股関節伸展パワーの増加は, 足底屈パワーが増加傾向であったことにも関係していると考えられることができる.

JA におけるウエイトトレーニング種目は, 主に股関節伸展に関わる筋群が主働筋であったことから, 股関節伸展トルクおよびトルクパワーの増加は, 一定時間内でより多くの回数を挙上すること

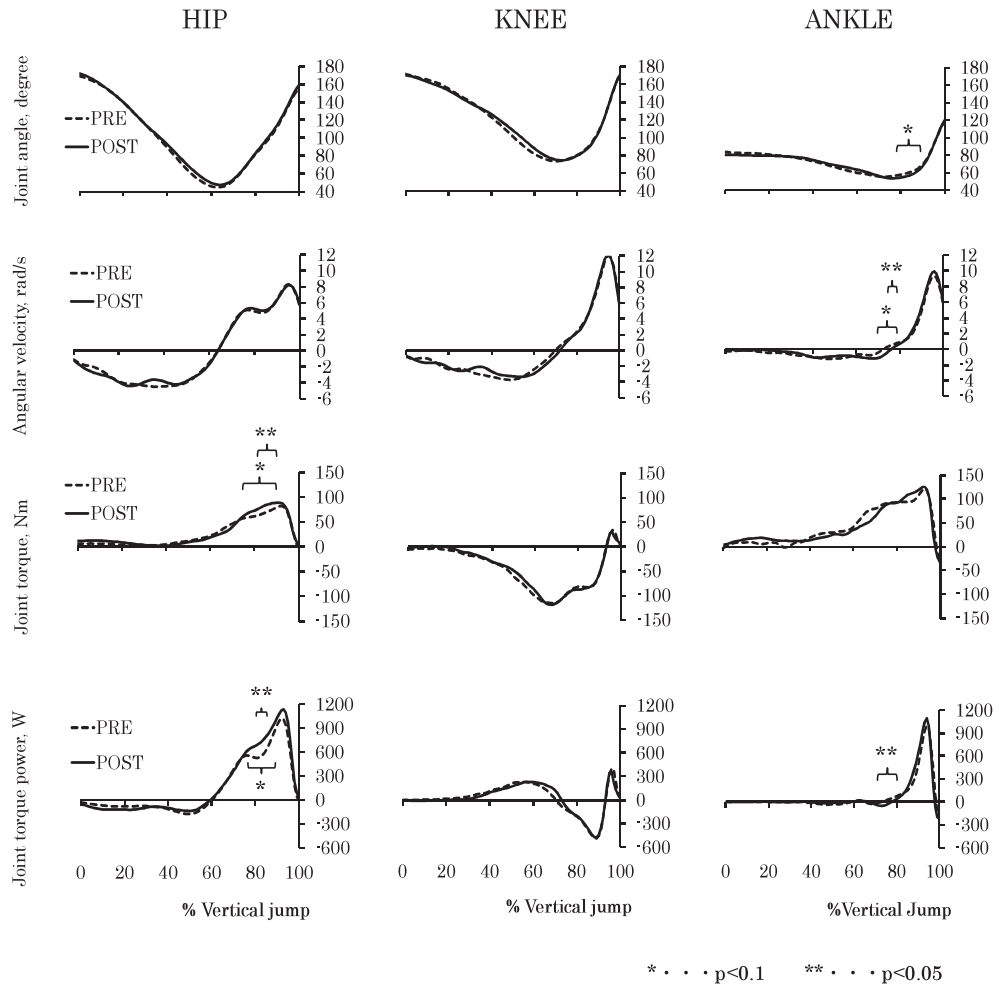


Fig.3 Joint kinematics and kinetics of vertical jump for PRE and POST JA training

を目的としたウエイトトレーニングの効果であると考えられる。

2) プライオメトリクスの効果

田中ら (2006) は、足関節の背屈・底屈の筋力トレーニングにより、垂直跳躍高に有意な上昇が見られることを示している。このことから、プライオメトリクスのトレーニング効果により下腿底屈筋群の収縮力が増加し、足背屈角度増加や足底屈角速度増加という変化が生じたと考えられる。

また、プライオメトリクスのトレーニング効果として、接地時間やキック時間の短縮が上げられ

る (藤島ら, 1989)。本研究においては、跳躍時のキック時間が有意に短くなり、また、キック時の最大地面反力が増加傾向を示した。よって、本研究におけるプライオメトリクスは、先行研究とよく一致する効果を発揮し、股関節から伝わったより大きなパワーを地面へ伝える末端部の能力を向上させたと考えられる。

3) 複合型トレーニングとしての効果

股関節伸筋群のトレーニング、プライオメトリクスそれぞれにおいて、跳躍高増加に対する有効性が示唆されている (金高, 2005; Paul ら, 2003

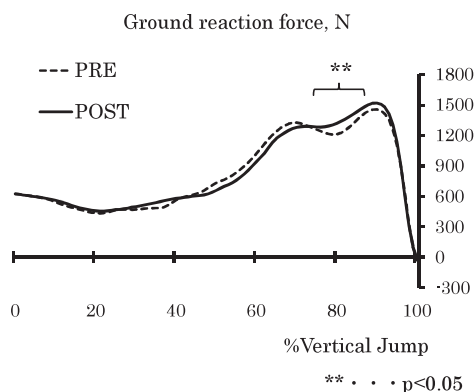


Fig.4 Ground reaction force, normalized data for PRE and POST

など). しかしいずれのトレーニングも、いくつか存在すると考えられる跳躍動作における重要な身体の役割のうちの一つを改善するに留まっている. JA トレーニングは、そのような跳躍動作に必要な身体の役割のうち、同時に2つ以上を改善することで跳躍高を向上させることができるトレーニングであると考えられる. すなわち、股関節伸展パワーの向上と下腿の弾性要素の収縮力向上である.

スクワットなどのウエイトトレーニングは、パワー源である股関節伸筋群や体幹筋のトレーニングとして、全身のパワー発揮量の増加を図ることができると考えられる. またプライオメトリクスのようなトレーニングは、そのみでも跳躍力を高めることができ(藤島ら, 1989), バリスティックな SSC 運動能力を高められることが報告されている(図子, 2006). よってその両方を同時にトレーニングすることは、大きなパワー発揮とそのパワーを下肢の末端部で地面に伝えるという

ことを同時に可能にし、跳躍力を向上させるためにより効果的であると思われる.

また、様々なスポーツにおいて競技動作中の筋力発揮は、主に SSC(Stretch-Shortening Cycle) という筋活動によって行われており、垂直跳などの跳躍動作においても SSC 運動が重要な筋活動であるとされている (Komi, 2003).

このようなことからすると、JA においてトレーニングと競技力を直結させるという目的で取り入れられている競技動作には、ウエイトトレーニングやプライオメトリクスのような特異的な動作を繰り返すことによって、専門とする競技における競技動作本来の動作特性、または筋活動特性である SSC 運動能力を失わないようにするという効果があると考えられる.

加えて、金高 (2006) によると、筋の SSC 運動能力が改善されると柔軟性の改善も同時に生じる. ストレッチのみでは跳躍力が低下する可能性があるが(濱田ら, 2008), SSC 遂行能力の高さが跳躍動作もしくは競技動作において有効に働くことは間違いがないと思われる. したがって、柔軟性の向上はより高い跳躍力を獲得するのに必要な条件の一つであると推測することができる.

以上のことから、ウエイトトレーニングによってより大きな股関節伸展パワーの発揮を可能にし、プライオメトリクスによってバリスティックな運動能力を向上させるといえる. また、競技動作によって SSC 運動能力をトレーニングすることで垂直跳躍高を上昇させるということが JA トレーニングの効果であるとも言及される. したがって、跳躍力を向上させるためには複合型トレーニングを行うことが有効であると言える.

Table 6 CG height, take off velocity and impact height during volleyball spike motion

被験者	最大重心高 (m)		離地時重心速度 (m/s)		打点高 (m)	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
A	1.56	1.62	2.86	3.02	2.60	2.62
B	1.66	1.66	3.22	3.15	2.55	2.59
C	1.84	1.84	3.37	3.45	2.76	2.80

3.4 スパイク動作の変化

スパイク動作における測定項目について、PRE、POSTの測定結果をTable 6に示した。

スパイク動作を行った3名の被験者のうち、最大重心高が上昇したのは1名であったが、打点高は3名とも上昇した。

また、打撃時の体幹側屈角度(前額面において、左右大転子中点と胸骨上縁を結んだ線分と鉛直のなす角度)は、3名とも増加した(A:10.40°→16.46, B:17.68°→21.05°, C:12.32°→20.99°)。右肩関節高は増加し(A:2.03m→2.14m, B:2.09m→2.12m, C:2.30m→2.36m)、左右肩関節高差(A:0.07m→0.18m, B:0.14m→0.17m, C:0.16m→0.20m)が大きくなっていった。

JAと打撃動作の変化との関連性について考えてみると、肩甲骨のストレッチと上半身のウエイトサーキットがあげられる。すなわち、肩甲骨のストレッチは、肩関節周辺の柔軟性を向上させ、肩関節可動域を改善することに役立つと考えられる。また、上半身のウエイトサーキットは、体幹部の筋力を増加させ、より大きな体幹の側屈や右肩関節の挙上を可能にし、打点高を上昇させたと考えられる。これらのことから、スパイク動作は、体幹の側屈が大きくなり右肩の位置が高くなるように変化し、その結果打点高が高まったと考えられる。

橋原(1986)は、バレーボールスパイクスイング局面の主たる課題として、「打点高を高くするとともに、インパクト後の速度を大きくすることである」としている。また、そのためのスパイク技術の運動過程として「胴体は身体左側に傾斜された状態で」ということを一つの条件に挙げている。このことから、本研究におけるバレーボールスパイク動作の変化は、スパイク技術における「打点高を高くする」という運動過程の改善を示すものと考えられる。また、このことは、スパイクスイング動作において、体力的要因の改善が技術的要因の改善に大きく貢献することを示唆するものである。

3.5 トレーニングへの示唆

トレーニングの効果により筋肥大や筋線維の増

加が現れ始めるのは、最低でもトレーニング開始後3～4ヶ月の期間が必要とされている(Jonesら, 1987)。しかし、本研究において、大学段階のスポーツ活動を営む被験者にJAを1ヶ月間実施した結果、跳躍力の向上が認められた。このことは、複合型トレーニングが、股関節筋群の筋力強化という体力的要因と、足関節から地面へパワーを伝達するという技術的要因の両方の要因に働きかけ、跳躍力向上の効果が早まったためと推測できる。さらに、専門的なスポーツ種目への効果として抽出したバレーボールスパイク動作においても、上半身の筋力向上と肩周辺の柔軟性の改善という2つの要素の変化により、パフォーマンスが向上したと考えられる。

従来、トレーニングはそれらの要素をある一定の期間に順序性をもたせて配置することが効果的であるとされ、期分け(Periodization)と言われてきた(O. Bompa, 1993; マトヴェイエフ, 1985)。しかし、本研究の結果から、複合的なトレーニングを用いることによって、期分けのうちで筋力の向上や筋肥大を目指す時期に見られるスピードの低下などを生じさせずに、競技パフォーマンスを改善していくことが可能であることが明らかとなった。このことは、一年の中で頻繁に競技会があり、明確なシーズン分けができない大学段階の競技者のトレーニング方法として、複合型トレーニングが非常に有効であることを示唆するものであろう。

これらのことから、最大下負荷を用いた複合型トレーニングプログラムを週3回程度(下半身種目2回, 上半身種目1回)、各種競技の練習を行いながら同時進行することは、大学段階のスポーツ選手の跳躍高を短期間で向上させることに有効であると言えよう。

まとめ

本研究では、大学生9名にJAを4週間行なわせ、その前後における垂直跳動作を2次元動作解析によりキネティック的にとらえ、JAによる跳躍動作の変化を明らかにし、跳躍力向上をねらったトレーニングへの示唆を得ることを目的とした。

その結果,JAのトレーニング効果として以下のようなことがわかった。

- 1) JA トレーニングにより,離地時鉛直重心速度が増加し,最大重心高が有意に増加した。
- 2) 垂直跳動作は,素早いしゃがみ込みから,より深く足首が曲がり,その後より素早い底屈によって離地をするように変化した。
- 3) 跳躍時の股関節伸展トルクおよび伸展トルクパワーが増加した。
- 4) JA はバリスティックな運動能力を高め,跳躍力を向上させるためのトレーニングとして効果がある。

以上のことから,跳躍力向上をねらったトレーニングを行う際には,股関節伸展筋群に主に刺激を加えられるようなウエイトトレーニングと,足底屈筋群に刺激を加えられるようなプライオメトリクス,また競技動作を組み合わせた複合型トレーニングプログラムを用い,股関節伸展パワーと末端部のパワー伝達能の向上を図り,同時に SSC 運動能力をトレーニングすることが有効であることが示唆された。

注

注¹⁾ JUMP ATTACK トレーニングは,爆発力を得るウエイト・トレーニング・プログラム,ジャンプ・プライオメトリック・エクササイズ,各自のスポーツに備わっている練習・ドリル,ストレッチからなる。ウエイトは重量でなく回数,スピード,フォームを重視する。また,各種のコンビネーションを順番に行うことも強調されている。(『JUMP ATTACK』日本文化出版(2000), pp.75 より)

注²⁾ 「JUMP ATTACK」は2000年に日本で出版された,垂直跳躍力向上のためのトレーニングやその方法などを紹介した書籍である。著者の Tim. S. Grover 氏は,かつて,元 NBA 選手である Michael. Jordan 選手や Scottie. Pippin 選手の専属トレーナーなども務めており,米国で有名なスポーツトレーナーである。また,

「A.T.T.A.C.K. Athletics」というトレーニング施設を運営する「A.T.T.A.C.K. Athletics Inc.」という会社の社長を務める。

「A.T.T.A.C.K.」は JUMP ATTACK トレーニングの基盤を成す6つの原則の頭文字を繋げたものである。すなわち,

- A・・・Ambition (向上心)
- T・・・Teamwork (チームワーク)
- T・・・Training (トレーニング)
- A・・・Achievement (達成感)
- C・・・Commitment (忠誠心)
- K・・・Kinetics (動力学)

である。(『JUMP ATTACK』日本文化出版(2000)より)

注³⁾ 「ジャンプは“全体は部分を凌駕する”という,ことわざのとおりである。調査によると,垂直跳びが得意な人間は,全身の筋肉を理想的に使う。特に骨盤,股関節,膝関節,足関節の筋肉が重要だと言われている。その他の調査では,上半身の筋力増強により20%もの差が出るとも言われている。つまり,ジャンプが全身と関係することは明らかなのだ。」ということから,JUMP ATTACK トレーニングには上半身のワークアウトが含まれる。(『JUMP ATTACK』日本文化出版(2000), pp.14,143 より)

注⁴⁾ JUMP ATTACK トレーニングは52週のスケジュールからなる。「JUMP ATTACK」には,12週間のチャートが掲載されている。(『JUMP ATTACK』日本文化出版(2000), pp.13 より)

謝辞

本研究を実施するにあたり,信州大学体育科の学生9名に実験参加のご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 阿江通良(1996):日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数, J.J.Sports Sci.15: pp.155-162
- Tim. S. Grover (著), 大西敦子(訳)(2000):

JUMP ATTACK-The Formula for Vertical Game, 日本文化出版

金高宏文 (2006) : 股関節心筋群の伸張型 SSC 運動トレーニングが垂直跳パフォーマンスに及ぼす影響 - 大学バスケットボール選手の 1 ヶ月間のトレーニング事例 -, スポーツトレーニング科学 7 : pp.16-24

黒川貞生ほか (1991) : ジャンプ力を決定する体力的要因 - ジャンプ力と下肢筋出力および筋放電パターンの関係について -, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 2 : pp.192-198

図子浩二, 高松薫 (1995) : バリステックな伸張 - 短縮サイクル運動遂行能力を決定する要因 - 筋力および瞬発力に着目して, 体育科学 44 : pp.147-154

Jones D.A, Rutherford O.M (1987) : Human muscle strength training, the effects of three different regimes and the nature of the resultant changes, J Physiol 3-91 : 1-11

田路秀樹ほか (1987) : 垂直跳びのパフォーマンスに及ぼす複合トレーニングの効果, 日本体育学会大会 38B : pp.624

田中弘之ほか (2006) : 足関節運動の筋力トレーニングが垂直跳びの跳躍高に及ぼす影響 - バレーボール競技におけるジャンプパフォーマンス向上のための実践的方策について, 鳴門教育大学実技教育研究 17 : pp.27-32

Tudor O. Bompa (1993) : PERIODIZATION OF STRENGTH the new wave in strength training, Veritas Publishing Inc.

鳥海清司ほか (1988) : 立幅跳び踏切時における各関節でのパワー発揮の特徴～垂直跳との比較

から～, 中京大学体育学論叢 30 : pp.23-33

橋原孝博 (1986) : バレーボールスパイク技術に関する運動学的研究 - 高い打点で, 強く打撃するためのスパイク技術について -, 筑波大学教育学博士学位論文 : pp.34,135

濱田桂佑, 佐々木誠 (2008) : 静的ストレッチングがジャンプ能力に及ぼす効果 - 生理学面ならびに機能面からの検討 -, 理学療法科学 23 : pp.463-467

P. V. Komi (2003) : Stretch-Shortening Cycle, Strength and Power in Sports Second Edition Volume 3 (ed P. V. Komi), Wiley-Blackwell Science, Oxford : pp.169-179

Paul. E. Luebbbers ほか (2003) : Effect of Plyometric Training and Recovery on Vertical Jump Performance and Anaerobic Power, Journal of Strength and Conditioning Research 17(4) : pp.704-709

Fukashiro S. and P. V. Komi (1987) : Joint Moment and Mechanical Power Flow of the Lower Limb During Vertical Jump. Int. J. Sports Med., 8 : pp.15-21

藤島仁平ほか (1989) : プライオメトリックトレーニングの効果について, 鹿児島大学教育学研究紀要 自然科学編 41 : pp.19-31

マトヴェイエフ・レフ・パウロウィチ (著), 江上修代 (訳), 川村毅 (監) (1985) : ソビエト スポーツトレーニングの原理, 白帝社 : pp.316-348

吉福康郎 (1990) : スポーツ上達の科学 - 強くなる・うまくなるバイオメカニクス, 講談社 : pp.91-100