

垂直跳における調整力および跳躍技能の発達

野原 弘嗣・八幡 康子・千駄 忠至

The Development of Coordination and Jumping Skills of Vertical Jump

Hiroshi NOHARA, Yasuko YAHATA, Tadashi SENDA

Received September 10, 1979

I 緒 論

垂直跳は脚パワーの測定方法として広く普及している Performance test である。

猪飼⁴⁾は体力を Performance から考察するときに、

$$P=C \cdot \int E(M)$$

(P は Performance (成果) であり, E は Energy (エネルギー) であり, C は Cybernetics (サイバネティクス) であり, M は Motivation (意欲) である) の関係式のごとく, それぞれの要素が関わることを念頭におくこととしという。垂直跳における跳躍高 (P) は (E) に相当する脚パワーとの相関が高い^{5,6)} といわれているように, (E) の要素が中心となるのであるが, これを外に現わしていく過程で (C) に相当するスキルや調整力の要素が関与している。そしてこれらのことを裏付ける研究から, 垂直跳で高く跳ぶための技術^{3,8,9,10)} や身体各部の動作の結びつきの良否の関係^{11,16)} が明らかにされている。

以上の背景からすれば発育過程において垂直跳の能力が年齢にともなって向上していく要因には, 負荷となる自分の体重に対しての相対的な脚パワーの発達と, 全身運動としての垂直跳の技能の習熟という主として2つのものがあると考えてよい。

そこで発育途上の小・中学生を対象に垂直跳と変形垂直跳を測定し, 両者の成績を手掛りとして垂直跳に含まれている調整力の要素の発達について検討を試みた。

このアイデアにもとづいて筆者¹⁴⁾ は先に日本体育学会で発表した¹⁴⁾ が, 被験者が小学校1年から6年までの男子生徒, 計80名 (各学年10~15名) と少数であり, 彼らは測定に対して積極的に協力を申し出てくれた子供たちばかりだったために, どちらかといえば運動の好きな者に偏っている傾向があった。今回の資料はそれ以降に中学生まで延長し改めて測定したものである。

II 測定方法

本学附属学校の小学生 457名 (男子226, 女子231), 中学生 152名 (男子86, 女子66) を被験者

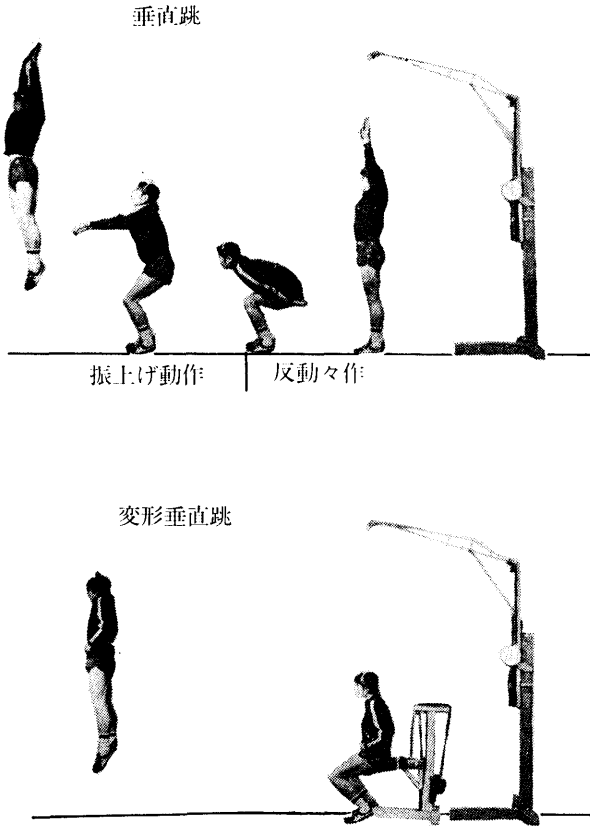


図1 垂直跳および変形垂直跳のフォーム

として垂直跳および変形垂直跳を測定した。それぞれの跳躍方法は後述の通りである。跳躍高はリープメーター（竹井機器製）を用いて測定し、2回の試技のよい方の記録を資料とした。

＜垂直跳＞

垂直跳は通常の方法である。最新体力測定法¹³⁾やスポーツテスト（文部省）の実施要項¹²⁾には動作の細部についての規定はないが、いわゆる完成された垂直跳動作は図1のように脚の運動に合わせて補助動作としての反動動作や振り上げ動作が見られる²⁰⁾。

＜変形垂直跳＞

変形垂直跳はこの研究のために考案された方法である。図1のように、被験者には膝角度が90°になるように高さを調節した椅子に腰を下ろした姿勢で構えさせ、手で腰のベルトを握ったままで真上に高く跳ばせた。このように変形垂直跳は端的に言えば垂直跳動作

から補助動作をはぶいたものである。

ここで用いた椅子は自作のもので、座部は高さを上下に変えられるとともに、脚部の運動を妨げないように細く前方に突き出た構造を備えている。

III 結果並びに考察

垂直跳の測定結果は表1に示した。加齢にともなう発達経過は図2の通りであり、全国からの成績を集約した東京都立大学身体適性研発表の標準値¹⁹⁾を合わせてプロットした。標準値から垂直跳高の発達経過を概観すると、全年齢を通して男子が優位であるが12才までは男女差が小さく両者の記録は並行している。その後男子では12才から15才の間に記録は急上昇し、16才以降で発達の伸びがゆるやかになっていく。一方、女子においては男子に見られるような発達の急上昇がなく14才以降になると発達が停滞あるいは低下している。従って12才以降においては男女差は年をおって拡大していく。

今回の測定による附属校生徒の成績は標準値の経過と大きな違いはないものの、男女とも12才までは標準値を上まわるが、それ以降においては男子・女子ともに伸びが小さく、女子は標準値

表1 測定結果

	学 年	N	身 長 (cm)		体 重 (kg)		変形垂直跳 (cm)		垂直跳 (cm)	
			M	sd	M	sd	M	sd	M	sd
男 子	小 1	36	120.3	4.92	22.2	2.66	21.7	6.67	22.0	6.67
	2	36	124.6	4.79	25.4	4.43	23.3	3.94	24.3	5.29
	3	38	130.3	4.37	27.7	4.29	24.5	4.05	28.0	5.38
	4	35	134.0	5.02	28.8	3.15	25.8	4.53	30.2	5.31
	5	40	139.8	5.34	36.7	7.67	28.8	3.68	34.7	4.47
	6	41	147.0	6.74	38.7	6.61	30.8	3.83	37.9	7.19
	中 1	36	157.6	5.96	44.0	5.31	35.0	5.07	43.1	6.99
	2	22	164.4	6.79	49.4	6.17	36.6	6.09	45.5	7.17
	3	28	167.2	6.06	53.0	12.43	36.6	5.64	48.1	6.96
女 子	小 1	38	117.2	3.90	21.1	2.62	22.0	4.31	22.9	8.15
	2	39	124.1	4.36	24.0	3.11	22.4	4.28	24.2	5.60
	3	36	128.7	3.66	27.3	4.03	25.6	3.80	29.0	3.62
	4	34	135.3	5.25	31.4	8.06	25.6	4.10	28.9	4.68
	5	42	142.0	6.60	35.0	6.90	28.1	4.16	33.9	5.08
	6	42	148.0	6.25	37.9	5.90	29.6	3.41	36.1	5.46
	中 1	22	155.5	4.87	42.1	10.73	29.7	4.19	37.7	4.08
	2	19	155.7	3.18	48.2	5.53	33.4	3.78	39.0	4.62
	3	25	157.1	5.15	51.9	9.12	32.6	5.38	40.1	6.65

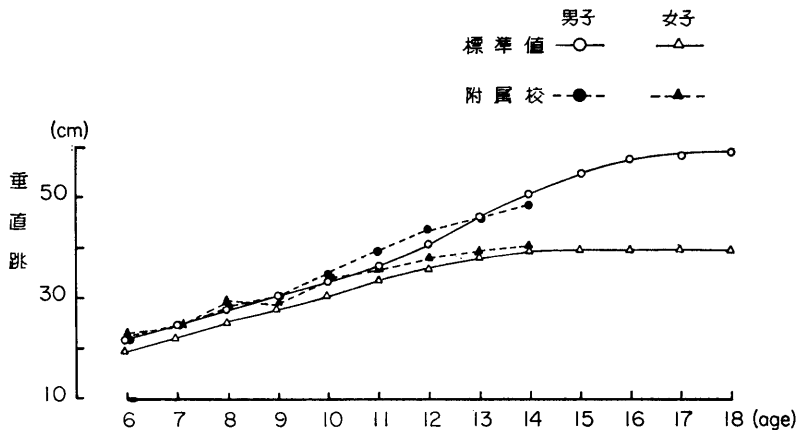


図2 垂直跳の発達経過。図の標準値は「日本人の体力標準値（第2版）」を引用。

とほぼ等しく、男子では標準値を下まわる傾向が見られる。

ここで観察された12才以降に生じてくる男女差は垂直跳テストの性格と男女の発育上の特性を現わしている。すなわち、垂直跳高は脚パワーとの相関が高い($r=0.74^5$), $r=0.6\sim0.7^6$)ことはすでに確かめられているところであるが、McCloy²⁾が指摘しているように、垂直跳は原動力と

しての脚パワーと負荷としての体重との相対的關係で決定される。脚筋の発達は Hettinger, T¹⁾ の指摘に従えば男性ホルモンの影響を受ける、従って12才以降の男子の記録の急上昇は男子児童が男らしく変容していくことを示す現象であろう。女子は年齢にともなう体筋筋のトレーニング能力（被トレーニング性）の変化が比較的少ない¹⁾うえに、思春期になると脚筋の発達を上まわるような体重の充実が起ってくるので脚パワーの発達が継続されるにもかかわらず体重を動かすという相対的脚パワーの発達は停滞あるいは低下することになる。金子⁷⁾は男女の跳力を仕事（跳躍高×体重）におきかえて比べると、差が小さくなることを指摘している。

変形垂直跳の測定結果は表1の通りであり、その発達は図3のような経過を示した。

図から発達の傾向をみると垂直跳とはほぼ同様の経過を示しており、11才までは男女差が小さくゆるやかな伸びを示しているが、それ以降において男子の伸びが大きくなる。また、垂直跳と変

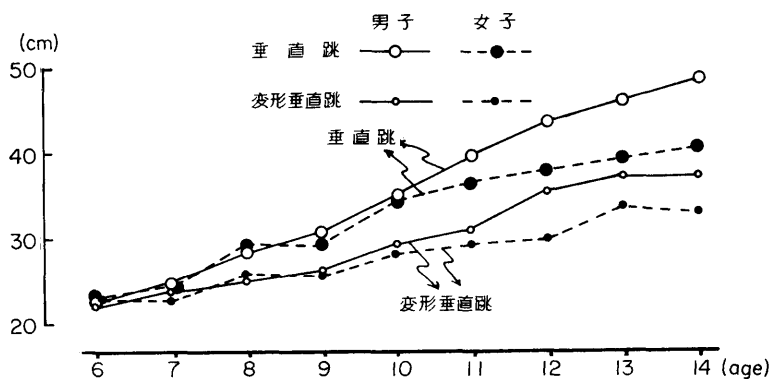


図3 垂直跳および変形垂直跳の発達経過

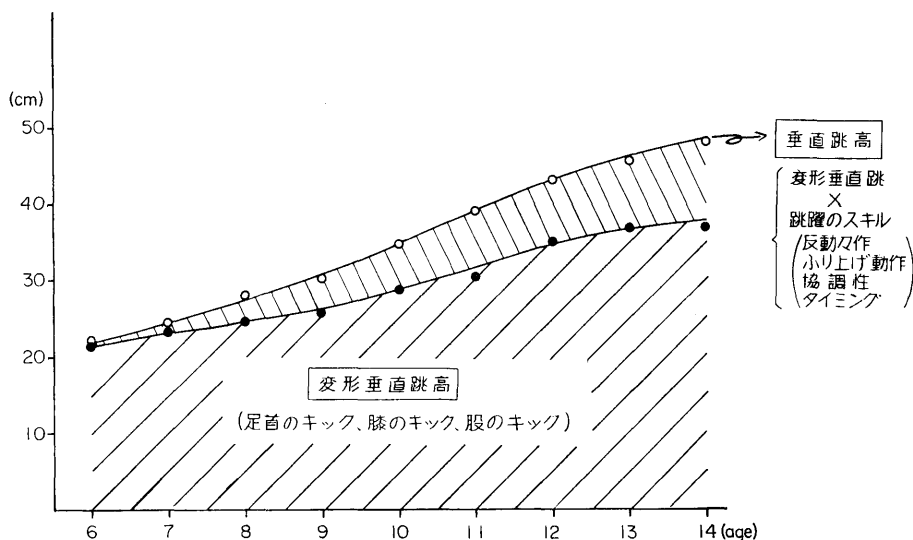


図4 垂直跳と変形垂直跳の関係を示す模式図

形垂直跳の差をみると、男女共はほぼ同様に、6才では男子 0.3 cm、女子 0.9 cm とわずかであるが、年齢がすすむにつれて大きくなり14才では男子 11.5 cm、女子 7.5 cm となっている。

垂直跳と変形垂直跳の関係を整理するために男子の記録を用いて模式的に図4を描いた。

変形垂直跳は跳躍に技術的要素の加わる余地が少いので跳躍高はより多く脚パワーに依存する、一方、垂直跳高は脚パワーが跳躍技術によって増幅されているものと考えられる。従って、ここに現われてくる両者の差は垂直跳におけるサイバネティクスの調整系の能力の影響を反映していると考えてよいであろう。

垂直跳高が変形垂直跳高よりも高くなることの理由を考えると、垂直跳には金原たち^{8,9,10)}の指摘するところの反動動作や振り上げ動作の生理学的、力学的効果が存在するからであろう。金原たちによれば、垂直跳において立位姿勢から腕をふり下ろしつつ上体や膝をまげる反動動作は筋の使い方としては、筋に予め eccentric 収縮をさせ、その後 concentric 収縮に移行するために筋の出力を高め、合わせて跳躍動作における立ち上りの距離を長くし、キックの力積を大きくする効果を持ち、また振り上げ動作はキックの後半部分でのキック力を大きくする効果をもつとされている。

渋谷たち¹⁶⁾は垂直跳における身体各部の動作が跳躍のキック力に及ぼす影響を、個々の部位の効果と、それらを結合させたときの効果の重合度について分析し、跳躍のキック力は膝の伸展が中心となるが、他の部位の動作も重合効果をもつとしており、身体各部の運動の重合効果を支配するのは動作のタイミングであることを明らかにしている。また、水谷たち¹¹⁾は垂直跳における腕のスイングを変化させたときの影響を検討し、腕の使い方の効果は、腕を使う時間的順序（タイミング）に影響されることを指摘している。そして垂直跳における反動動作や振り上げ動作の効果が跳躍の一連の過程で有効に発現されるための条件となる跳躍に関わる諸動作の結びつきとそのタイミングのよさは個人によって、あるいは発達段階によって異なるであろう。

垂直跳と変形垂直跳の差を相対的な値にするために、垂直跳高の変形垂直跳高に対する割合を算出し、垂直跳増幅率とよぶことにした。その値は表2の通りであるが、表の男女の値について分散分析を施した結果には男女の優劣が認められなかった。これは垂直跳における上肢の使用効果は16～17%であって、それには男女の差がないとする小田¹⁵⁾の結論と一致する結果であって、

表2 垂直跳増幅率

		男 子			女 子			全 体			
学 年	年 齢	N	M	sd	N	M	sd	N	M	sd	CV
小 1	6	36	109	47.2	38	104	37.3	74	107	42.9	40.1
	2	36	112	17.6	39	110	32.0	75	111	26.4	23.8
	3	38	115	25.0	36	115	15.1	74	115	20.6	17.9
	4	35	119	22.3	34	114	14.8	69	117	19.1	16.3
	5	40	121	11.0	42	120	18.0	82	120	14.9	12.4
	6	38	123	16.3	40	123	15.3	78	123	15.7	12.8
中 1	12	36	124	15.6	22	129	11.7	58	127	17.8	14.0
	2	22	126	19.3	19	117	9.3	41	122	16.1	13.2
	3	28	133	18.1	25	123	11.6	53	128	16.2	12.7

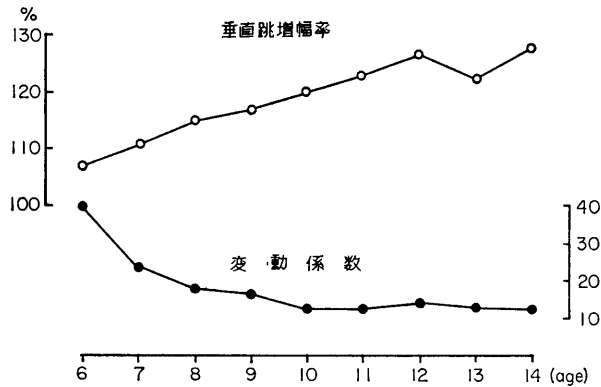


図5 垂直跳増幅率の発達経過および変異係数の変化

いわゆる神経系のはたらきであるサイバネティクスの体力には男女差がないといわれているところに合致するものであった。男女を合わせた全体の値の発達経過を図5に示したが、図に見られるように、垂直跳増幅率は6才（小学校1年）では107%であり、その後ゆるやかで着実な上昇が続き12才（中学1年）では127%を示している。しかし、11～12才以降は125%前後の値を示し横ばい状態の経過が見られる。

辻野たち²⁰⁾は成長にともなう動作の習熟という視点から、2才～24才の男女を対象に垂直跳の動作パターンを映画および筋電図などの手法で分析した。それによると、動作パターンは2才から4才にかけて急激に変容し、4才から8才にかけて完成動作へと移行し、8才以降は跳躍に合目的な反動動作や振り上げ動作が積極的に行われるようになり、筋電図にも下肢筋群、上肢帯筋において成人と近似した放電パターンが見られることを明らかにし、以上のことから、8才以降を動作の完成期とみることができると報告している。この8才という年齢は、今回の垂直跳増幅率が一定の水準に到達する11～12才と比べると3～4年早い年齢であるが、完成型の動作がみられるようになってからも徐々に動作の習熟がすすみ、みがきがかけられて機能的な完成水準に到達するものと考えられる。

末利たち^{17,18)}は台からの飛びおりに伴う着地時の衝撃を和らげる緩衝能を4才から14才の男女について測定し、その発達傾向は男女類似しており8才までは年々著しい発達があり、その後もゆるやかに発達していき12才以降に完成の水準に到達することを明らかにした。このような発達経過は、今回の測定対象の該当する年齢の範囲についてみるかぎり垂直跳増幅率の発達経過とよく一致している。このように、脚部の運動を中心とする全身運動において positive work における能動的な脚パワーの発揮である垂直跳と、negative work における受動的な脚パワーの発揮に関わる台からの飛びおり動作の技能の習熟年齢がほぼ一致することは興味あるところである。

図5の下部に示した垂直跳増幅率の変動係数の変化から同一年齢内の習熟状態をみると、6才（小学校1年）では40であるが、2年、3年になると、24、18と急激に小さくなり、10才（小学校5年）以降は12から14の範囲で安定してくることが示されている。このことから、垂直跳の習熟度において小学校低学年では個人差が大きい、その後集団内の変動が小さくなり、小学校高

学年以降では習熟がすすみ個人差が小さくなることがうかがわれる。

垂直跳はエネルギー発生系の能力をみる測定種目であるが、その performance (跳躍高) にはサイバネティクスの調整系の能力が関与しており、ことに測定対象が垂直跳動作の習熟途上にある小学校低学年までの場合にはサイバネティクスの調整系の影響する度合いが大きいといえるようである。

IV 結 論

本学附属の小・中学校生徒（男子312名、女子297名）を対象に垂直跳と変形垂直跳の測定を実施し、これら2つの跳躍高の関係から垂直跳増幅率を求めた。

この値の観察から次のような結果を得た。

1. 垂直跳増幅率は6才で107%であるが、それ以降も徐々に高い値となり11才以降では125%前後の一定水準の値となる。

2. 垂直跳増幅率の変動係数は小学校1年（6才）から小学校3年（8才）までは、それぞれ40, 24, 18と大きく、年齢内の変動の大きいことを示しているが、高学年（10才）以降では12から14の値で一定している。

3. 垂直跳における調整力や跳躍の技能は11～12才ごろ（小学校5, 6年）まで徐々に向上し、その個人差も10才以降は小さくなると思われる。従って、発達段階の低い小学校低学年までは垂直跳の能力はサイバネティクスの調整系の能力に影響される度合いが大きいといえよう。

稿を終るにあたり、末利博教授には本研究に対する貴重なご助言をいただいたことを記して、感謝申し上げます。

文 献

- 1) Hettinger, T, 猪飼, 松井訳：アイソメトリック・トレーニング, 164～182, 大修館, 1970.
- 2) McCloy, C. H.: Recent Studies in the Sargent Jump, Res. Quart., 3, 235～242, 1932.
- 3) 古川 昇：垂直跳に関する一考察, 日本体育学会第22回大会号, 260, 1971.
- 4) 猪飼道夫：日本人の体力, 日経新書, 106～150, 1967.
- 5) 石河利寛, 正木健雄：垂直跳に関する研究（Ⅱ）, 体育学研究, 2—7, 204, 1957.
- 6) 金子公有：生理学的側面からの「跳」の研究, 体育学研究, 10—1, 336～337, 1965.
- 7) 金子公有：瞬間的パワーから見た人体筋のダイナミックス, 110～123, 杏林書院, 1974.
- 8) 金原 勇, 浅見高明, 高松 薫：基本運動技術に関する実験的研究（その1）—脚の基本運動技術について—, 体育学研究, 14—5, 154, 1970.
- 9) 金原 勇：跳躍力を大きくする基礎的技術の研究, 体育学研究, 10—1, 337, 1965.
- 10) 三浦望慶, 金原 勇, 春山国広：跳躍力を大きくする基礎的技術の研究, 体育学研究, 9—1, 181, 1964.
- 11) 水谷四郎, 脇田裕久, 松井秀治：垂直跳における上肢の働き, 日本体育学会第23回大会号, 251, 1972.
- 12) 文部省体育局スポーツ課：スポーツテスト実施要項
- 13) 名取礼二, 小川義雄, 横堀 栄, 木村邦彦：最新体力測定法, 同文書院, 243, 1970.
- 14) 野原弘嗣：垂直跳びにおける調整力の発達について, 日本体育学会第23回大会号, 525, 1972.
- 15) 小田良省：垂直跳に関する研究, 体育学研究, 1—2, 90～93, 1951.
- 16) 渡川侃二, 吉本 修：垂直跳の力学（第2報）, 東京教育大学スポーツ研究所所報, 7, 47～54, 1969.

- 17) 末利 博, 千駄忠至, 野原弘嗣: 運動と関係の深い感覚知覚の発達についての研究, 体育科学, 3, 167~175, 1975.
- 18) 末利 博, 千駄忠至: 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.
- 19) 東京都立大学身体適性学研究室編: 日本人の体力標準値 (第2版), 139~140, 不昧堂出版, 1975.
- 20) 辻野 昭, 岡本 勉, 後藤幸弘, 橋本不二雄, 徳原康彦: 発育にともなう動作とパワーの変遷について——跳躍動作 (垂直跳び, 立幅跳び) ——, 身体運動の科学 (I), キネシオロジー研究会編, 203~243, 杏林書院, 1974.

Summary

The purpose of this study was to examine the development of coordination and skills of vertical jump.

312 boys and 297 girls aged from 6 to 14 years performed the vertical jump and modified vertical jump.

The score of the amplification rates of vertical jump (AVJ) is computed from the following formula.

$$\text{The score of AVJ} = \frac{\text{the height of vertical jump}}{\text{the height of modified vertical jump}} \times 100$$

The results were as follows:

1. The score of AVJ of 6 years children was 107, and the scores become gradually higher with advances in age up to 11 years. After 11 years the score of AVJ were almost the same at 125.
2. Coefficient of variation (CV) of the score of AVJ of 6, 7 and 8 years showed high value at 40, 24, 18 respectively, but after 10 years it showed low and almost the same value at 12 to 14.
3. The height jumped of vertical jump of lower aged children than 11 or 12 years is greatly affected by the ability of coordination and skills of the jumping than older children.