

幼児の遠投時におけるボール初速度と投動作および体力との関連

The Relationship between Ball Speed, Throwing Motion and Physical Fitness in Young Children

福富恵介¹⁾・春日晃章¹⁾・杉原かおり¹⁾

Keisuke FUKUTOMI, Kosho KASUGA and Kaori SUGIHARA

1) 岐阜大学教育学部保健体育講座

Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu University

Abstract

The purpose of this study was to examine the relation between the ball speed and throwing motion and physical fitness according to throwing ability in young children. The subjects were 4 years old boys. We conducted the physical tests consisted of 7 items (softball throw, 25-m run, standing long jump, side-step, grip strength, upright hand standing time, and sitting trunk flexion), and regarded the young children with excellent throwing ability ($\geq 4.5\text{m}$) as high throwing ability group (HTA, $n=17$), with inferior throwing ability ($\leq 3.0\text{m}$) as low throwing ability group (LTA, $n=15$). For motion analysis, we filmed the throwing motion by 100 scenes per second with 4 high-speed cameras at speed 1/1000-shutter second. In addition, 3 dimensional coordinates of the body 21 points and the ball were obtained by using DLT method. The motion analysis items were 11 items (ball velocity, release angle, release height, stride length, ball acceleration distance, elbow-extension angular velocity, shoulder rotation range and angular velocity, waist rotation range and angular velocity, and trunk torsion angle), we analyzed the phase from motion starting to the ball release. To clarify the relation between the ball velocity and each element, we use the Pearson's correlation coefficient.

Regarding the HTA, there were significant correlation coefficients under the items of "stride/height (0.567)", "ball acceleration distance (0.719)", "shoulder rotation range (0.516)", "waist rotation range (0.556)", "trunk torsion angle (0.644)", "25-m run (-0.786)", "standing long jump (0.553)", and "side-step (0.560)". Regarding the LTA, there were significant correlation coefficients under the items of "stride/height (0.612)", "ball acceleration distance (0.720)", "height (0.516)", and "grip strength (0.562)".

It was suggested that 4 years old children who had large step and long ball acceleration distance could throw the ball fast regardless of motor ability. Moreover, it was seemed that HTA could transfer muscular strength and power of lower limbs to ball speed than LTA.

キーワード：幼児, 投球速度, 相関係数, 3次元解析

Key words : young children, throwing velocity, correlation coefficient, three dimensional analysis

I. 緒言

投動作は2歳から6歳ごろまでに急速に発達する(宮丸, 1980). 投動作を洗練させ, 力強いものにするには, 投動作を伴うスポーツばかりではなく, テニス, 卓球, バドミントン, ゴルフといった一生続けていくのに適したスポーツに必要とされる, 対象物を加速する動作を優れたものにしていくことに通じている(桜井, 1992). しかし, 近年, 幼児のボール遠投距離は1985年と比較して低下傾向を示し(春日, 2012), その動作様式も未熟であることが指摘されている(中村ほか, 2011). 幼児期に投能力が未発達の状態で小学校に進むと, 体育の授業や休み時間等の遊びとして頻繁に行うようになるボール運動を, 十分に楽しむことが出来ない可能性がある. 運動の好き嫌いは小学校期に最も決まりやすく, 青年期までその感情は影響していること(福富ほか, 2011)を考えると, 幼少期の投動作発達の遅れはボール運動嫌いを生み出し, 投, 打を含む運動から離れていくことにもつながり兼ねない. このため, 現在は幼児期から投能力を伸ばすような意図的な働きかけが必要と言える.

幼児期にボール運動を楽しむためには, ボールを遠くへ投げる能力が必要である. ボール遠投距離は, 空気抵抗を無視できたとすれば, 投射時の初速度, 投射角, および投射高によって決まり, これらのうち最も遠投距離に影響を及ぼすのは初速度である(川添ほか, 1999). そのため, 指導場面では, まず「いかに高い速度をもった, 勢いのあるボールを投げられるようになるか」が重要となる. 速度の高いボールを投げられるように適切な指導を行うためには, ボール初速度に関連の深い動作を理解する必要がある.

近年, 幼少期の子どもを対象として, ボール初速度に関連する動作を3次元動作解析法を用いて詳細に検討した研究はいくつか見られる(関根ほか, 1999; 石田, 2003; Chiu and Hsieh, 2007; 山田ほか, 2011; 小林ほか, 2012; 福富ほか, 2013a). しかし, これらの研究は小学生や5, 6歳児を測定対象としているものが多い. 5歳から投能力の個人差の広がり大きいこと

(春日ほか, 2013)が指摘され, 5歳の時点での個人差の広がり, それ以前の1年間の投運動経験が関係していると考えられることから, 4歳を迎える年少児の投動作にも着目していく必要がある. しかし, この年齢のボール初速度に関連する動作は十分に検討されていない.

また, 動作だけではなく, 体格や体力とボール初速度との関連を明らかにすることも, より投能力に関する理解を深めるために重要である. しかし, この点に関する幼児を対象とした研究(出村, 1993; 渡辺, 1993)は少なく, 投能力が低下している近年の幼児に関して検討されていない.

指導場面を考えると, 指導者や保育者は特に投能力の低い子どもの特徴を理解し, 適切な指導や声掛け, 環境の設定をしていかなければならないため, 年少児をひとくくりにして特徴を明らかにするよりも, 投能力別にボール初速度に関連する動作および体格・体力を検討する必要がある.

そこで, 本研究は, 投動作発達の初期にあたる満4歳を迎える年少男児の投動作, 体格および体力の各要素とボール初速度との関連を投能力別に明らかにすることを目的とした.

II. 方法

1. 対象者

幼稚園に在籍する年少男児105名(年齢: 4.20 ± 0.27 歳, 身長: 1.02 ± 0.04 m, 体重: 16.5 ± 1.8 kg)に対して, 投能力を測定するためにソフトボール投げテスト(1号球)を実施した. 遠投距離の平均値および標準偏差は 3.9 ± 1.5 mであった. 春日(2011)の, 4歳児における5段階に分けられたソフトボール投げの評価の目安によると, 遠投距離が4.5m以上の幼児は“やや優れる”および“非常に優れる”水準であり, 遠投距離が3.0m以下の幼児は“やや劣る”および“非常に劣る”水準であるとされている. この基準を参考に, 4.5m以上の距離を投げた幼児のうち, 分析可能であった17名を投能力上位群(年齢: 4.46 ± 0.25 歳, 身長: 1.03 ± 0.04 m, 体重: 16.9 ± 1.4 kg, ソフトボール投げ: 6.0 ± 1.5 m), 3.0m以下の幼児のうち15名を投能力下位

群（年齢：4.33±0.26歳，身長：0.99±0.03m，体重：15.4±1.9kg，ソフトボール投げ：2.4±0.5m）とし，合計32名を本研究の分析対象者とした．なお，対象とした園の園長および保育者には測定趣旨と内容を伝え，同意を得た上で実施した．

2. 動作撮影およびデータ処理

投動作分析のため，上位群および下位群の幼児の遠投動作を4台の高速デジタルカメラ（Casio社製，EXILIM EX-F1）を使用して，撮影スピード毎秒300コマ，シャッタースピード1/1000秒で撮影した．カメラはそれぞれ対象者から10～15m離れた位置に三脚で固定し，投球方向へ向かって対象者の右側方，前方，左斜め前方，左斜め後方に配置した．撮影範囲は投球方向へ向かって左右2.0m，前後3.0m，高さ1.8mとし，左右方向をX軸，前後方向をY軸，鉛直方向をZ軸とする静止座標系を定義した．

試技に先立ち，幼児に測定内容を理解させるために検者が見本を見せ，全力でボール遠投することを伝えた．試技は基本的に1人1回としたが，投球方向からボールが明らかにそれた場合や，手からすっぽ抜けたことが確認できた場合は2回目を投げさせた．

DLT法により測定点の3次元座標を算出するために，撮影前に高さ1.8mのキャリブレーションボール（0.3mごとにコントロールポイントを取り付けた）を撮影範囲の9カ所に垂直に立て，順に撮影した．コントロールポイントの実測値と推定値の誤差は，X軸方向およびY軸方向が9mm，Z軸方向が7mmであった．

測定点は身体各セグメント端点21点およびボールの計22点であった．身体重心の算出には，横井ほか（1986）の3～5歳の身体部分係数を用いた．分析にはFrame-DIASIV（DKH社製）を使用し，VTR画像を毎秒100コマでデジタイズすることにより，測定点の3次元座標を得た．得られた3次元座標は，測定点ごとに最適遮断周波数を決定し，Butterworth digital filterを用いて平滑化した（1.1～8.1Hz）．

3. 動作分析項目

投運動は大きく分けると，投球方向への並進運動と腕，肩，腰の回転運動の2つに分類される．本研究ではこれら2つの観点に，さらにボールリリース時のボールに関する項目（リリースパラメータ）を加えた3つの観点で投動作を捉えた．

分析区間は矢状面から見て，身体重心が投球方向へ正の速度を持ち始めた時点からボールリリースまでとした．ボール初速度と各身体動作との関連を見るために，以下の10項目の動作に関して分析した．なお，ボール初速度は，ボールリリース時におけるボールの合成速度とした．

1) リリースパラメータ

リリースパラメータとして，ボール投射角（矢状面から見て，リリース時におけるボール合成速度ベクトルとY軸のなす角），および投射高（リリース時におけるボール中心のZ変位）を算出した（Fig1）．投射高はその身長比を算出し，分析に用いた．

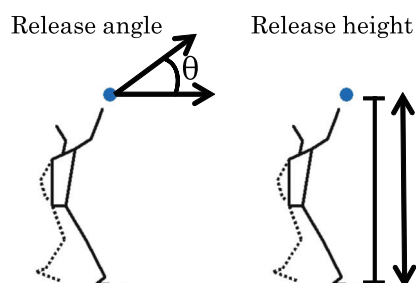


Fig 1. Analysis items of release parameter.

2) 並進運動

並進運動に関する項目として，ストライド長，およびボール加速距離を算出した（Fig2）．ストライド長は踏み出し足接地時の右足つま先と左足つま先のYZ平面上の変位とした．ただし，前方への脚のステップ動作がない状態で投球した幼児は，動作開始時からリリースまでの間で最大であった右足つま先と左足つま先間の距離とした．なお，ストライド長はその身長比を算出して分析項目とした．

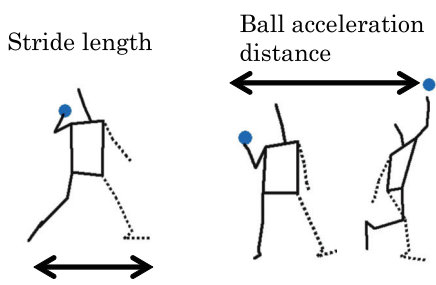


Fig2. Analysis items of translational motion.

3) 回転運動

上肢の運動として、肘関節伸展角速度（分析区間において、肘関節を伸展させる角速度の最大値）を算出した（Fig3）。

肩の運動として、肩回転範囲、および肩回転角速度を算出した。静止座標系のXY平面に投影した左右の肩峰を結ぶベクトルを肩とし、肩が前方回転の回転角速度を持ち始めた時点の角度からリリースまでに回転した肩の角度範囲を肩回転範囲とした。また、肩回転角速度は、上述した肩回転範囲の中でみられた角速度の最大値とした。

腰の運動として、腰回転範囲、および腰回転角速度を算出した。XY平面に投影した左右の大転子を結ぶベクトルを腰とし、肩と同様に回転範囲と角速度の最大値を求めた。

体幹ひねり角は、XY平面に投影した腰のベクトルと肩のベクトルのなす角とし、腰に対して肩が後方に回転している場合を正、前方に回転している場合を負と表した。そして、分析区間の間でみられた最大値を体幹ひねり角として分析に用いた。

4. 体力測定項目

上位群および下位群の体力を測定するために、6項目の体力測定（25m走、立ち幅跳び、反復横跳び、握力、体支持持続時間、長座体前屈）を実施した。体力測定は、測定経験の豊富な大学教員および大学院生が、2011年11月に実施した。

5. 統計処理

上位群および下位群の各項目における平均値の差の検定には対応のないt検定を適用した。ま

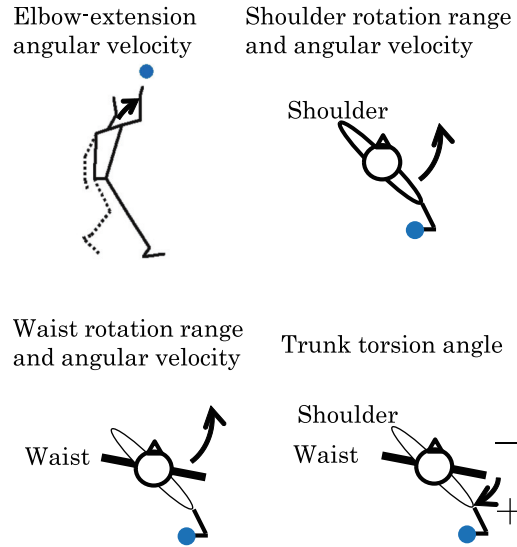


Fig3. Analysis items of rotary motion.

た、ボール初速度と各動作分析項目および体格・体力項目との関係の程度を明らかにするために、ピアソンの相関係数を算出した。なお、本研究における統計的有意水準は5%未満とした。

III. 結果

1. 投動作および体格・体力の群間比較

Table 1 は、投能力別の各動作分析項目の平均値および標準偏差を示したものである。ボール遠投距離に優れる上位群は、ボール初速度および肘関節伸展角速度において、下位群よりも有意に高い値を示したが、その他の項目において上位群と下位群の平均値に有意な差は認められなかった。なお、身長で除す前のストライド長および投射高は、ストライド長：上位群 $0.38 \pm 0.22\text{m}$ 、下位群 $0.29 \pm 0.20\text{m}$ 、投射高：上位群 $1.16 \pm 0.07\text{m}$ 、下位群 $1.11 \pm 0.08\text{m}$ であり、共に両群間に有意な差は認められなかった（ストライド長： $p=.216$ 、投射高： $p=.055$ ）。

Table 2 は、投能力別の体格・体力の平均値および標準偏差を示している。体格および体力の全ての項目で、上位群と下位群の平均値に有意な差が認められた。

2. ボール初速度と投動作、体格および体力との関連

Table 3 に、ボール初速度と各分析項目との相関係数および95%信頼区間を示した。

Table 1. Kinematics data of each group.

		HTA (n=17)		LTA (n=15)		p	g	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
Ball initial velocity	(m/s)	7.5	1.3	5.3	0.9	**	.000	1.86
Release angle	(deg)	18	16	10	11		.111	.58
Release height/height		1.12	0.08	1.12	0.09		.986	.01
Stride/height		0.37	0.22	0.29	0.20		.277	.39
Ball acceleration distance	(m)	0.72	0.23	0.59	0.19		.094	.61
Elbow-extension angular velocity	(deg/s)	1018	202	743	228	**	.001	1.28
Shoulder rotation range	(deg)	98	56	68	23		.067	.67
Shoulder rotation angular velocity	(deg/s)	624	357	434	102		.057	.70
Waist rotation range	(deg)	66	42	46	18		.104	.59
Waist rotation angular velocity	(deg/s)	352	217	264	149		.198	.47
Trunk torsion angle	(deg)	23	22	14	20		.175	.40

** : p<.01, g: Hedges' g (Effect size)

HTA: high throwing ability group (throwing distance ≥ 4.5m)

LTA: low throwing ability group (throwing distance ≤ 3.0m)

Table 2. Physique and physical fitness of each group.

		HTA (n=17)		LTA (n=15)		p	g	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.			
Height	(m)	1.03	0.04	0.99	0.03	**	.001	1.29
Weight	(kg)	16.9	1.4	15.4	1.9	*	.015	.91
25-m run	(s)	7.1	0.6	9.0	1.0	**	.000	2.22
Standing long jump	(cm)	97.2	11.4	61.6	9.9	**	.000	3.33
Side-step	(time)	7.5	2.5	4.3	1.4	**	.000	1.51
Grip strength	(kg)	6.8	1.6	4.9	1.8	**	.004	1.12
Upright hand standing time	(s)	25.6	15.0	11.8	8.8	**	.004	1.11
Sitting trunk flexion	(cm)	26.2	3.7	21.6	3.3	**	.001	1.28

*: p<.05, **: p<.01, g: Hedges' g (effect size)

HTA: high throwing ability group (throwing distance ≥ 4.5m)

LTA: low throwing ability group (throwing distance ≤ 3.0m)

Table 3. Correlation coefficient and confidence interval between initial ball velocity and each parameter.

		HTA			LTA		
		r	95%CI	p	r	95%CI	p
Motion analysis parameters	Release angle	-.215	[-.630, .296]	.408	-.447	[-.781, .084]	.095
	Release height/height	-.255	[-.655, .257]	.323	-.455	[-.785, .074]	.088
	Stride/height	.567	[.118, .823]	.018 *	.612	[.145, .856]	.015 *
	Ball acceleration distance	.719	[.364, .891]	.001 **	.720	[.328, .900]	.002 **
	Elbow-extension angular velocity	.196	[-.314, .618]	.451	.496	[-.022, .804]	.060
	Shoulder rotation range	.516	[.047, .798]	.034 *	-.020	[-.527, .498]	.945
	Shoulder rotation angular velocity	.424	[-.072, .751]	.090	-.185	[-.637, .362]	.510
	Waist rotation range	.556	[.102, .818]	.021 *	-.200	[-.646, .348]	.475
	Waist rotation angular velocity	.416	[-.081, .747]	.097	-.020	[-.527, .497]	.944
	Trunk torsion angle	.644	[.237, .859]	.005 **	-.187	[-.638, .360]	.506
Physique and physical fitness parameters	Height	.298	[-.213, .681]	.246	.516	[.005, .813]	.049 *
	Weight	.168	[-.340, .600]	.520	.466	[-.061, .790]	.080
	25-m run	-.786	[-.919, -.491]	.000 **	-.335	[-.723, .214]	.222
	Standing long jump	.553	[.099, .817]	.021 *	-.224	[-.661, .325]	.422
	Side-step	.560	[.109, .820]	.019 *	-.357	[-.735, .191]	.192
	Grip strength	.308	[-.203, .687]	.230	.562	[.070, .834]	.029 *
	Upright hand standing time	.241	[-.271, .647]	.352	.076	[-.454, .566]	.789
	Sitting trunk flexion	-.064	[-.529, .429]	.806	-.370	[-.742, .176]	.175

r: correlation coefficient, CI: confidence interval [lower, upper], *: p<.05, **: p<.01,

HTA: high throwing ability group (throwing distance ≥ 4.5m)

LTA: low throwing ability group (throwing distance ≤ 3.0m)

1) リリースパラメータ

ボール初速度と投射角には、上位群、下位群ともに有意な相関関係が認められなかった。同様に、身長比投射高との間にも、両群ともに有意な相関関係は認められなかった。

2) 並進運動

ボール初速度と身長比ストライド長の相関係数は、上位群が0.567、下位群が0.612であり、両群ともに有意な相関が認められた。また、ボール初速度とボール加速距離との間には、両群ともに0.7以上の強い相関が認められた。

3) 回転運動

上位群は肩回転範囲、腰回転範囲および体幹ひねり角に有意な中程度の相関が認められた。一方、下位群のボール初速度と回転運動に関する動作との間には、有意な相関は認められなかった。

4) 体格および体力

上位群は25m走、立ち幅跳びおよび反復横跳びに有意な相関が認められた。下位群は身長および握力に有意な中程度の相関が認められた。

3. 動作分析項目間の相関係数

Table 4 は、投能力別にみた動作分析項目間の相関行列を示している。上位群はボール投射角と身長比投射高およびボール加速距離に有意な中程度の相関が認められ、投射角が高いほど、さらにボール加速距離が短いほど、投射角は大きい傾向が認められた。また、身長比ストライド長とボール加速距離に有意な強い相関が認められた。ボール加速距離には体幹ひねり角とも有意な強い相関が示された。さらに、腰回転範囲と肩回転範囲および肘関節伸展角速度との間に、また、肩回転範囲と肘関節伸展角速度との間に有意な相関が認められ、腰や肩の回転運動が大きいほど、肘関節伸展角速度は高い傾向にあった。

一方、下位群はボール加速距離とボール投射角および身長比ストライド長に有意な相関が認められた。身長比ストライド長が大きいほどボール加速距離が大きい傾向にあることは上位群と同様であったが、ボール加速距離が大きいほどボールの投射角が小さいという関係は、下位群のみに見られた。また、下位群は上位群と同様に腰回転範囲と肩回転範囲の間に正の強い相関が認められたが、肩回転範囲と肘関節伸展角速度の間に有意な相関は認められなかった。

Table 4. Correlation matrix of kinematics parameters.

	Release angle	Release height/height	Stride/height	Ball acceleration distance	Elbow-extension angular velocity	Shoulder rotation range	Shoulder rotation angular velocity	Waist rotation range	Waist rotation angular velocity	Trunk torsion angle
Release angle		.414	-.253	-.610 *	-.234	-.112	.368	.169	.000	.519 *
Release height/height	.597 *		-.491	-.393	-.524 *	-.169	-.245	-.046	-.101	.097
Stride/height	.013	.064		.832 **	.115	.468	.394	.324	.084	.054
Ball acceleration distance	-.518 *	-.270	.722 **		.250	.427	.050	.074	-.142	-.040
Elbow-extension angular velocity	.315	-.366	.020	-.034		-.045	-.105	-.226	-.028	-.111
Shoulder rotation range	.098	-.055	.283	.362	.584 *		.630 *	.755 **	.364	-.105
Shoulder rotation angular velocity	.238	-.224	.116	.080	.840 **	.839 **		.677 **	.367	.254
Waist rotation range	.120	.008	.314	.348	.588 *	.909 **	.818 **		.668 **	-.164
Waist rotation angular velocity	.408	.192	.296	.124	.594 *	.770 **	.783 **	.884 **		-.630 *
Trunk torsion angle	-.451	-.472	.412	.760 **	.243	.500 *	.322	.395	.170	

*: p<.05, **: p<.01, lower left: high throwing ability group, upper right: low throwing ability group

IV. 考察

1. 上位群と下位群の投動作の違い

本研究でボール遠投距離によって分類した上位群と下位群の基本的な特徴を、動作の観点から把握するために、3次元動作解析によって得

られたキネマティクスデータの平均値の差を統計的に分析した結果、ボール初速度と肘関節伸展角速度にのみ、両群間で有意な差が認められた (Table 1)。つまり、4歳男児の4.5m以上のボール遠投ができる幼児と、3.0m以下のボール

遠投しかできない幼児の違いとして挙げられる動作は、肘関節を速く伸展させる動作であるといえる。ただし、各動作分析項目における実質的な差の大きさを表す効果量 (Hedges'g) をみると慣習的に中程度の差の大きさと判断される0.5~0.8の間に入る項目がいくつかみられる。有意差検定はサンプル数の影響を受けるため、その実質的な差の大きさにも着目する必要があること (大久保・岡田, 2012) を考えると、効果量が大きいにもかかわらず、統計的に有意な検定結果を得られなかった動作を、直ちに遠投距離に関連のない動作であると一般化するには慎重にならなければならない。しかしながら、肘関節伸展角速度の効果量は分析項目の中で最も大きな値を示したことから、肘関節を速く伸展させる動作は、4歳男児のボール遠投距離に特に大きな影響を及ぼしている動作であることが示唆された。

2. ボール初速度と動作との関連

4歳男児のボール初速度にどのような動作が関連しているかを検討した結果、ボール遠投に優れる上位群とボール遠投に劣る下位群とで、関連する動作に違いが見られた。

上位群のボール初速度と有意な関連が認められた動作は、身長比ストライド長、ボール加速距離、肩および腰の回転範囲、そして体幹のひねり角であった (Table3)。つまり、優れた投能力を持つ4歳の男児は、投球方向へ身体やボールを移動させる距離が大きいほど、そして肩や腰を回転させる範囲や体幹をひねる範囲が大きいほど、ボール初速度が高いことが示唆された。これまで、平均的な投能力の小学1年生、3年生、5年生は、体幹の回転運動が大きくなるにつれてボール初速度が増加すること (関根ほか, 1999)、また、優れた投能力を持つ小学2年生、4年生、6年生も同様に、体幹の回転範囲が大きくなるとともに、ボール初速度が増大していくこと (小林ほか, 2012) が報告されている。4歳の段階でも、投能力の優れた子どもは、小学生と同様に、体幹の回転運動がボール初速度の獲得に関連することが示唆された。

一方、下位群は上位群とは異なり、ボール初

速度と回転運動に関する動作との間に有意な相関は認められず、並進運動に関する項目である、身長比ストライド長およびボール加速距離にのみ有意な相関が認められた。つまり、下位群は肩や腰の回転範囲が大きいほど、ボール初速度が高いわけではない。中村ほか (1987) は、投球腕と逆側の脚のステップが見られ、肩、上体、腰のひねりがある幼児でも、その遠投距離は約2mから18mまでバラついていたことを報告している。また、出村 (1993) は、パターン4までの未熟型の幼児においては、ボール遠投距離と投動作の間に有意な相関は認められなかった ($r=.189$) ことを明らかにしている。本研究の結果、上位群は腰や肩の回転範囲が大きいほど、肘関節伸展角速度は高い傾向を示したのに対して、下位群は腰および肩回転範囲と肘関節伸展角速度の間に有意な相関が認められなかった (Table4)。つまり、投能力の低い幼児は腰や肩の中枢部を大きく回転させても、それが末端の肘の速度を高めることにつながっていないと推測される。4歳男児の投動作を分析した福富ほか (2013b) は、非投球側の脚をステップしながら投げる幼児とステップがみられない幼児のボール初速度に有意な差が認められなかった理由として、肩の最高速度よりも肘の最高速度の出現するタイミングが早く、下肢や体幹の動作で得たエネルギーを末端に効率よく伝えるムチ動作が出来ていなかったことを挙げている。このことから、下位群の腰や肩の回転動作とボール初速度に有意な関連がみられなかった理由は、体幹部の回転動作で得たエネルギーを上腕やボールの加速へ連鎖することができなかったためであると考えられる。

3. ボール初速度と体格・体力との関連

4歳男児のボール初速度に関連する体格および体力要素を検討した結果、上位群はボール初速度と25m走、立ち幅跳び、および反復横跳びに有意な相関が認められた (Table3)。一方、下位群は身長と握力にのみ、ボール初速度と有意な相関が認められた。幼児を対象としてボール遠投距離と体力との関連を検討した出村 (1993) は、ボール遠投に対する体力の関与の仕

方は、未熟型と成熟型において差異があり、成熟型の投動作が可能になると、パワーや協応性などの体力要素が遠投距離に影響を及ぼす重要な要因になると指摘している。また、Lehman et al. (2013) は、大学野球選手を対象として、ボールスピードと最も関連が高かったフィールドテストは、片足での斜め前方へのジャンプであったと報告している。これらのことから、本研究で対象とした上位群は、下位群よりは投動作の発達が進んでおり、成人と同様に下肢の筋力やパワーをボール速度につなげることができていると推測できる。一方、下位群は上肢の筋力に頼った投動作になっており、下肢の筋力や瞬発力がボール初速度に与える影響は小さいと考えられる。これは、動作分析項目の肘関節伸展角速度において、下位群の方が上位群よりもボール初速度との相関が高かった（下位群： $r=.496$ 、上位群： $r=.196$ ）ことから窺える。握力とボール遠投能力に関して、水野ほか（1977）は、成年女性38名のボール遠投距離と握力の相関係数は $r=.236$ であり、有意な相関ではなかったと報告していることから、発育と投能力の向上につれて、上肢の筋力とボール初速度との関連は低くなっていくものと思われる。

渡辺（1993）は、遠投距離と体格・体力との関係を見ると、男児では加齢につれて体格的なものから体力的なものへと移行すると述べている。本研究でも、下位群にのみ身長とボール初速度に有意な相関が認められたことから、投能力の低い未熟な段階では体格がボール遠投距離に関連する要因であるが、投能力がある程度高くなってくると、体格との関連は低くなることが示唆された。

4. 指導への示唆

桜井（1997）は、投動作のトレーニング至適時期は5歳あるいはそれ以前であると指摘している。本研究で対象とした4歳の幼児について、ボール遠投に優れる幼児と劣る幼児の特徴的な違いとして、肘を速く伸展する動作が挙げられた（Table 2）。このことから、投動作発達の初期にあたるボールを遠くまで投げられない子どもに対して、肘関節の伸展速度を高めることが

ポイントとして考えられる。例として、大人が出した手を、ハイタッチの要領でたたかせたり、新聞紙を叩いて破らせたりといった運動（酒井、2012）が挙げられる。一方、桜井（1997）は、投動作に親しむことがなくても、石を投げたり棒を振り回したりという遊びの中で物体を加速するような経験をするのが、投球動作の発達に良い影響を与えていると述べている。このことから、肘関節を素早く伸展させることを目的とした特別な指導を行わなくても、4歳の幼児が日常の遊びの中で物を操作したり、上腕を速く振ったりするような動きを多く経験できるような環境を整えることも、投能力を高めるために重要であろう。

ボール初速度と動作の関連から、投能力に関係なく、並進運動が大きい幼児のボール初速度は高いという関連が認められたこと（Table 3）から、4歳の幼児を指導する際には、まず前方へのステップを大きくさせること、そして、ボールをなるべく後方へ引き、大きな加速距離を獲得させることが有効であると思われる。さらに、次の段階として幼児の投能力を見て、能力の高い子どもに対しては、肩や腰の回転や体幹のひねりに関する指導を行っていくことが適切であると考えられる。麻場ほか（1992）は、小学5、6年の投動作パターン1から3までに当てはまる女児のボール遠投距離に有意な差は認められず、パターン4、パターン5と成熟するにつれて遠投距離が有意に増大したと述べ、出村（1993）は、パターン4までの未熟型の幼児においては、ボール遠投距離と投動作の間に有意な相関は認められなかったと報告している。本研究でも同様に、下位群において、肩や腰の回転範囲や体幹のひねりの大きさはボール初速度と有意な関連がなかったことから、投能力が低い段階で回転運動をポイントとした動作指導を行ったとしても、形としての動作に変化は見られるかもしれないが、最終的なボールの加速にはつながらないことが推測される。多くの関節を動員させるほど、動作のタイミングを合わせたり、協調させたりすることは困難になるため、投能力の低い子どもに対しては、並進運動を指導したら、その後、投動作の協調性が高まるま

で、ある程度の投運動の反復をさせた方が有効かもしれない。

文 献

- 麻場一徳, 植屋清見, 中村和彦 (1992) 女子大学生と小学校5・6年生女児の遠投動作の比較・検討. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集: 391-377.
- Chiu WH and Hsieh MT (2007) The study of relationship between the ball velocities and boys' kinematics of overarm throwing at ages 7 to 12 years. *Journal of Biomechanics*, 40(2): S626
- 出村慎一 (1993) 幼児期におけるボール遠投に対する体力及び投動作の貢献度とその性差. *体育学研究*, 37: 339-350.
- 福富恵介, 春日晃章, 篠田知之 (2011) 大学生の運動・スポーツおよび保健体育の授業に対する好き嫌いに影響を及ぼす時期. *教育医学*, 57(2): 205-212.
- 福富恵介, 春日晃章, 内藤譲 (2013a) 満4歳を迎える年少児における投動作の指導ポイントの検討—投能力別の3次元動作分析の比較から— . *スポーツパフォーマンス研究*, 5: 163-175.
- 福富恵介, 春日晃章, 内藤譲, 濱口幸亮, 高木雄基 (2013b) 脚のステップ動作別にみた3歳児における投動作の3次元動作解析. *教育医学*, 59(2): 121-128.
- 石田和之 (2003) 子どもの投動作の発達. *子どもと発育発達*, 1(5): 316-319.
- 春日晃章 (2011) II-2. 体力・運動能力の測定の実際. pp.40-63. 出村慎一, 村瀬智彦, 酒井俊郎, 幼児のからだを測る・知る—測定の留意点と正しい評価法—. 杏林書院.
- 春日晃章 (2012) 第2章2. 子どもの体力・運動能力の現状. pp.37-45. 出村慎一, 宮口和義, 村瀬智彦, 幼児のからだところを育てる運動遊び. 杏林書院.
- 春日晃章, 中野貴博, 福富恵介 (2013) 幼児期における体力・運動能力の個人差—加齢に伴う分布の変化に着目して—. *体育の科学*, 63(2): 161-173.
- 川添公仁, 植屋清見, 中村和彦 (1999) 幼稚園児のオーバーハンドスローにおける投射距離決定因子の発達に関する研究. *日本体育学会大会号*, 50: 403.
- 小林育斗, 阿江通良, 宮崎朋世, 藤井範久 (2012) 優れた投能力をもつ小学生の投動作の特徴とその標準動作. *体育学研究*, 57: 613-629.
- Lehman G, Drinkwater EJ and Behm DG (2013) Correlation of throwing velocity to the results of lower-body field tests in male college baseball players. *J Strength Cond Res*, 27(4): 902-908.
- 宮丸凱史 (1980) 投げの動作の発達. *体育の科学*, 30(7): 464-471.
- 水野忠和, 角田俊幸, 辻博明, 宮下充正 (1977) 成人女子および18歳女子の投能力. *昭和51年度日本体育協会スポーツ科学研究報告*: 24-28.
- 中村和彦, 宮丸凱史, 久野譜也 (1987) 幼児の投動作様式の発達とその評価に関する研究. *筑波大学体育科学系紀要*, 10: 157-166.
- 中村和彦, 武長理栄, 川路昌寛, 川添公仁, 篠原俊明, 山本敏之, 山縣然太郎, 宮丸凱史 (2011) 観察的評価法による幼児の基本的動作様式の発達. *発育発達研究*, 51: 1-18.
- 大久保衛亜, 岡田謙介 (2012) 伝えるための心理統計—効果量・信頼区間・検定力—. 勁草書房.
- 酒井俊郎 (2012) 3-4. 幼児期に有効な運動遊びの提案 (1) 身近な素材や道具を用いた運動遊び. pp. 129-141. 出村慎一, 宮口和義, 春日晃章, 村瀬智彦, 幼児のからだところを育てる運動遊び. 杏林書院.
- 桜井伸二 (1992) 投げる科学. 宮下充正監, 大修館書店.
- 桜井伸二 (1997) 幼児の投球能力および投球動作における練習効果. 平成7・8年度文部科学省科学研究費補助金研究成果報告書: 1-35.
- 関根克浩, 豊川琢, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志 (1999) 小学生男子における投動作の発達に関するキネマティクスの研究. *バイオメカニクス研究*, 3(1): 2-11.
- 渡辺剛 (1993) 幼児期における「投」能力の発達について—その性差を中心に—. *体育科紀要*, 11: 29-36.
- 山田洋, 井上実奈子, 知念嘉史, 内田匡輔, 小河原慶太, 小澤治夫 (2011) 幼児における投能力の発達に関するバイオメカニクスの研究. *東海大学スポーツ医科学雑誌*, 23: 51-56.
- 横井孝志, 渋川侃二, 阿江通良 (1986) 日本人幼少年の身体部分係数. *体育学研究*, 31(1): 53-66.

