

シンクロナイズドスイミング競技におけるフィギュア種目の得点と 選手の体格、体力との関係

The relationship between the physical strength and characteristics of athletes and the scores received for Figure in synchronized swimming competitions

松本高明*, 内藤祐子*, 青葉貴明*
高橋雄介**, 阿部太輔***, 浅井泰詞***
和田壮生***, 和田匡史****, 井上大輔*****

Takaaki MATSUMOTO*, Yuko NAITO*, Takaaki AOBA*
Yusuke TAKAHASHI**, Daisuke ABE***, Taishi ASAI***
Masaki WADA***, Tadashi WADA**** and Daisuke INOUE*****

ABSTRACT

【Purpose】 The purpose of this research is to clarify the relationship between the physical strength and characteristics of athletes and the scores received for Figure in synchronized swimming events. 【Method】 The 17 Japanese female synchronized swimmers who participated in the Japan Synchro Challenge Cup 2010 were evaluated. These students were divided into two groups (the upper rank and the low rank) by their scores from that competition and were measured in regards to physical characteristics (height, upper and lower limbs length, arm span) and body composition (weight, body fat mass, lean body mass, %fat,) with XR26 (Norland USA) by the DXA method, and the joint range of motion, muscle power, vertical jump, stepping, and postural sway (928IE, KISTLER, Swiss). 【Results and Conclusions】 The upper rank synchronized swimmers were significantly superior in postural sway (Open eye 11.5 ± 6.3 cm, $p < 0.01$ Closed eye 12.5 ± 6.3 cm, $p < 0.01$), sitting trunk flexion (60.5 ± 3.0 cm, $p < 0.05$), weight (54.6 ± 3.9 kg, $p < 0.01$), body fat mass (13594.1 ± 2036.9 g, $p < 0.05$), lean body mass (37930.9 ± 2518.8 g, $p < 0.01$), %fat (25.1 ± 2.5 %, $p < 0.05$), BMI (21.1 ± 1.0 kg/m², $p < 0.001$) when compared to the lower rank ones (Open eye 28.1 ± 11.1 cm, Closed eye 29.23 ± 11.3 cm, 54.1 ± 6.1 cm, 45.7 ± 5.6 kg, 8798.1 ± 3070.4 g, 34295.4 ± 3718.4 g, 19.2 ± 5.4 %, 18.0 ± 1.3 kg/m²), but significantly inferior in the vertical jump (37.0 ± 3.5) cm, 40.4 ± 2.6 cm, $p < 0.05$).

It is clear that the upper rank synchronized swimmers had high balancing ability during the static standing position and heavier weight, leaner body mass, body fat mass and higher fat%.

Key words; synchronized swimming, body compositions, physical strength

* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan UNIV.)

** 中央大学工学部 (Faculty of Science and Engineering, CHUO UNIV.)

*** 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate school sports system family, Kokushikan UNIV.)

**** 国士舘大学工学部 (School of Science and Engineering, Kokushikan UNIV.)

***** 東京慈恵会医科大学 (The Jikei University School of Medicine)

1. はじめに

シンクロナイズドスイミング（以下シンクロ）は、水中、水面、水上の3つの環境で運動能力を発揮しなければならない。シンクロには、音楽をかけて競うルーティンとして個人種目であるソロ、二人で行うデュエット、団体で行うチーム、フリーコンビネーションがある。これら種目の演技の構成要素として、多くの基本動作がある。シンクロの技をなす基本動作施行の完成度を競う種目はフィギュアといわれ、音楽はなく個人を対象とした種目として存在する。フィギュアの競技会で、高い得点を得た選手が、基本技術が高い選手として評価される。これら習得した高い技術をルーティンに組み入れて、演技を構成していく。ナショナル代表選手以外のほぼ全員が参加するフィギュア種目を全国規模で開催する大会が、日本シンクロチャレンジカップである。このフィギュアの演技能力が、ソロやデュエットなどの他の種目を演技して獲得する得点に大きく関与する。しかしながら、シンクロ競技は、フィギュアで示される技の能力の巧みさだけで成績が決定するわけではなく、技を活かした演技力、巧緻性、スピード、同調性、曲との親和性、構成なども重要である。近年、シンクロ競技は、演技時間の短縮により、

高強度のパワーを発揮することから、高い身体能力が選手に求められるようになった^{1) 2)}。また、シンクロ競技における動作解析による分析も行われるようになった^{1) 3)}。日本人選手が得意とするフィギュアの得点をさらに高くするためには、従来各種種目のスポーツ選手に対して測定してきたいかなる測定項目が重要であるか、またその要素を向上させるためにはいかなるトレーニングが競技力向上につながるのかを検討することは重要であると思われる。

本研究の目的は、フィギュア種目の得点を獲得するために必要な運動能力や身体的特徴を調査することである。

2. 方法

2.1 被検者

被検者は、「日本シンクロチャレンジカップ2010」のフィギュア種目に出場した総数272名の選手の中で、2014年に開催される東京国体強化指定選手11名と、シニア選手8名の計17名である。これら被験者を大会の順位により上位群（20位以内8名）と、下位群（30位以下100位まで9名）に分け比較した。被験者の大会での得点、順位を表1に示す。また、この中で、2011年世界選手

表1 被験者の年齢と、順位、競技成績

上位群					下位群				
名前	年齢	順位	得点	選考会出場	名前	年齢	順位	得点	選考会出場
A	19	2	72.535	○	W	15	32	65.597	—
R	18	5	69.793	○	N3	15	55	64.01	—
N	18	9	69.096	—	M4	13	61	63.883	—
M	14	10	67.732	—	Y	13	70	63.526	—
A2	15	12	67.484	—	Y2	14	90	62.877	—
C	17	14	67.12	—	Y3	13	92	62.685	—
N2	19	15	67.084	—	M5	13	95	62.541	—
M2	18	20	66.85	○	S	12	156	60.439	—
					M6	12	164	60.276	—
MEAN	17.9	10.9	68.462		MEAN	13.3	90.6	62.87	
SD	1.96	5.72	1.95		SD	1.12	44.28	1.69	

年齢、順位、得点すべて上位群と下位群とでP<0.001

権代表選考会出場選手27名に残った選手を○で示す。被験者には、測定前に十分な説明をしたのち同意を得、国士舘大学体育学部倫理委員会の承認を得た。

2.2 測定項目

被験者の身体的な特徴を、調べるため身長、指極、上肢長、下肢長をメジャーで測定した。身体組成は、DXA法にて、Norland-XR (Elk co. Tokyo Japan) を用い、体重、体脂肪量、徐脂肪量、体脂肪率を測定した。その値からBMIを算出した。

関節可動域は、東大式角度計を用い、肩関節（屈曲、伸展、水平外転、水平内転、90度外転位での内旋、90度外転位での外旋）、肘関節（屈曲、伸展）、股関節（屈曲、外転、内旋、外旋）、膝関節（伸展、屈曲）、足関節（屈曲、伸展）を、日本整形外科学会の測定法に準拠して測定した⁴⁾。同時に、同じ角度計にて肘のcarrying angle (CA角)、膝関節のQ角を測定した。

柔軟性として、長座位にて座位体前屈の距離を座位体前屈計（ヤガミ co. Tokyo, Japan）を用い測定した。

筋力は、握力をデジタル握力計（竹井機器工業 co. Tokyo Japan）を用い、左右2回ずつ測り、その平均値を測定値とした。背筋力は、背筋力計（ヤガミ co. Tokyo Japan）を用い2回測定し、平均値を測定値とした。肩の内旋、外旋の筋力は、肩関節外転0°、上腕を体側につけ肘関節90°屈曲位、前腕回内回外中間位にて腕筋力計（ヤガミ co. Tokyo Japan）にて等尺性の筋力を左右交互に2回測定し、平均値を測定値とした。

跳躍力は、立ち幅跳び、垂直飛びを2回行わせ、その平均値を測定値とした。筋持久力の指標として、30秒間に実施できる上体おこしの回数をその測定値とした。

協調性として、全身反応時間を5回測定しその平均値を測定値とした。ステッピングは、立位、座位共に1分間で可能な回数を測定値とした。また、文部科学省の体力テストに準拠し、反復横とびの回数を測定した。

バランス能力は、重心動揺として、フォースプレート928IE (KISTLER co. Swiss) を用い、足圧中心の安静時立位の、開眼、閉眼による軌跡長をTRAIS software (DKH Co. Tokyo Japan) により総軌跡長を算出し計測値とした^{5) 6) 7)}。

2.3 統計処理

測定値は、すべて平均値並びに標準偏差で現した。上位群と下位群の比較は、得られた測定値に正規性の検定をしたのち、unpaired Student's T-testにて統計ソフトSPSS®を用いて有意差検定を行った。有意率水準は $p < 0.05$ とした。

3. 結果

3.1 身体的特徴

身長、上肢長、下肢長、指極長に群間の差を認めなかった。しかしながら、体重、体脂肪量、徐脂肪量、体脂肪率、BMIでは上位群の平均値が高い値を示し、有意差を認めた（表2）。

表2 被験者の身体的特徴

	上位群 (n=8)	下位群 (n=9)	P
	Mean(SD)	Mean(SD)	
体重(kg)	54.6(3.9)	45.7(5.6)	0.01
体脂肪量(g)	13594.1(2036.9)	8798.1(3070.4)	0.05
除脂肪量(g)	37930.9(2518.8)	34295.4(3718.4)	0.01
体脂肪率(%)	25.1(2.5)	19.2(5.4)	0.05
BMI(kg/m ²)	21.1(1.0)	18.0(1.3)	0.001
身長(cm)	161.2(3.6)	158.7(4.8)	N.S.
右上肢長(cm)	71.3(2.4)	69.1(2.3)	N.S.
左上肢長(cm)	71.2(2.5)	69.4(2.1)	N.S.
右下肢長(cm)	87.6(2.8)	84.5(3.5)	N.S.
左下肢長(cm)	87.1(3.3)	83.9(3.4)	N.S.
指極長(cm)	165.9(3.5)	161.9(6.3)	N.S.

3.2 関節可動域、角度

関節可動域で、群間の差を認めたのは左右ともに、肩関節の伸展、股関節の内旋、膝関節の伸展、足関節の屈曲で、すべて下位群の関節可動域が有意に大きい値を示した。また、Q角も、下位群に

有意な大きい値が認められた（表3）。

3.3 柔軟性

長座体前屈の値は、有意に上位群が大きな値を示した（表4）。

表3 関節可動域、C A角、Q角の比較

		上位群 (n=8)	下位群 (n=9)	P
		Mean(SD)	Mean(SD)	
肩関節	右屈曲(°)	165.6(10.2)	175.0(8.3)	N.S.
	左屈曲(°)	168.8(10.9)	166.1(21.8)	N.S.
	右伸展(°)	66.9(14.9)	39.4(20.7)	0.01
	左伸展(°)	61.6(14.5)	40.6(20.2)	0.05
	右水平屈曲(°)	78.81(105.6)	105.6(20.7)	N.S.
	左水平屈曲(°)	80.6(39.4)	107.2(26.8)	N.S.
	右水平伸展(°)	56.8(42.8)	38.3(26.0)	N.S.
	左水平伸展(°)	56.3(47.4)	32.2(8.3)	N.S.
	右内旋(°)	91.9(33.2)	60.0(5.0)	N.S.
	左内旋(°)	80.9(33.0)	66.7(28.3)	N.S.
	右外旋(°)	89.4(39.9)	80.1(29.9)	N.S.
	左外旋(°)	93.8(26.4)	74.9(25.4)	N.S.
肘関節	右屈曲(°)	145.0(4.6)	147.7(3.6)	N.S.
	左屈曲(°)	146.9(7.5)	147.8(3.6)	N.S.
	右伸展(°)	12.3 (6.8)	16.9(3.7)	N.S.
	左伸展(°)	11.3 (6.8)	15.7(3.9)	N.S.
股関節	右屈曲(°)	118.6(11.9)	111.7(7.9)	N.S.
	左屈曲(°)	120.1(14.7)	113.4(8.2)	N.S.
	右外転(°)	68.1(16.7)	58.3(10.0)	N.S.
	左外転(°)	63.5(21.0)	58.3(12.2)	N.S.
	右内旋(°)	39.6(7.2)	49.4(11.0)	0.05
	左内旋(°)	38.3(4.7)	50.6(10.4)	0.01
	右外旋(°)	49.1(9.4)	41.7(8.3)	N.S.
	左外旋(°)	46.3(11.6)	40.0(7.5)	N.S.
膝関節	右屈曲(°)	132(39.7)	149.4(8.8)	N.S.
	左屈曲(°)	133.4(10.0)	149.4(8.2)	N.S.
足関節	右屈曲(°)	12.5(5.3)	18.3(4.3)	0.05
	左屈曲(°)	11.983.7)	18.3(4.4)	0.01
	右伸展(°)	47.3(12.1)	50.6(13.8)	N.S.
	左伸展(°)	49.2(10.1)	50.6(13.8)	N.S.
C-A	右(°)	11.9(6.7)	16.3(4.5)	N.S.
	左(°)	12.3(6.6)	14.6(3.4)	N.S.
Q角	右(°)	8.6(4.6)	15.0(3.7)	0.01
	左(°)	7.8(3.9)	15.3(3.2)	0.001

3.4 筋力

筋力では、背筋力で上位群が有意に大きく、一方で、垂直跳びは、下位群のほうが大きな値を示した。立ち幅跳び、上体おこし、握力、肩内外旋筋力は群間の差を認めなかった（表4）。

3.5 協調性

全身反応時間、ステッピング座位、ステッピング直立、反復横とびには、すべて群間の差を認めなかった。

3.5 バランス能力

重心動揺は、閉眼、開眼ともに、上位群が有意な値を示した。

4. 考 察

まず、今回フィギュアの順位により上位群、下位群と、比較対照群を分けたが、2群の得点の平均値を比較すると、上位群と下位群の有意差をみると、上位群と下位群として考えるのは妥当であると思われる。この2群の年齢構成をみると、上位群には大学生が4名、高校生が3名、中学生が1名で、下位群は高校生2名、中学生7名と明らかに年齢や経験年数が異なる。よって、体格や身体組成には群間の差が期待される。しかしながら、身長、指極長、上肢長、下肢長には差を認めず、体重とそれを構成する体脂肪量と除脂肪量、体脂肪率、BMIには有意差を認めた。シンクロの選

表4 筋力、柔軟性、跳躍力の比較

		上位群 (n=8)	下位群 (n=9)	P
		Mean(SD)	Mean(SD)	
握力	右 (Kg)	27.4(3.3)	23.9(3.6)	N.S.
	左 (Kg)	25.7(3.1)	22.6(3.7)	N.S.
肩内旋筋力	右 (Kg)	5.9(1.5)	5.1(1.51)	N.S.
	左 (Kg)	6.3(1.7)	5.3(1.2)	N.S.
肩外旋筋力	右 (Kg)	4.9(1.4)	4.4(1.5)	N.S.
	左 (Kg)	4.9(1.1)	4.8(1.8)	N.S.
背筋力(Kg)		75.9(11.3)	54.4(9.6)	0.001
長座体前屈(cm)		60.5(3.0)	54.1(6.1)	0.05
立ち幅跳び (cm)		177.5(13.8)	183.3(8.5)	N.S.
垂直跳び (cm)		37.0(3.5)	40.4(2.6)	0.05
上体おこし(回)		33.1(3.7)	34.0(3.3)	N.S.

表5 協調性、バランス能力の比較

		上位群 (n=8)	下位群 (n=9)	P
		Mean(SD)	Mean(SD)	
全身反応時間(sec)		0.04(0.13)	0.34(0.04)	N.S.
ステッピング座位(回)	右	52.4(3.5)	50.9(4.4)	N.S.
	左	53.3(3.0)	50.9(4.5)	N.S.
ステッピング立位(回)	右	41.8(4.7)	45.9(5.1)	N.S.
	左	43.1(5.2)	45.7(5.2)	N.S.
反復横とび(回)		47.9(4.5)	49.3(4.2)	N.S.
開眼重心動揺 (cm)		11.5(6.3)	28.1(11.1)	0.01
閉眼重心動揺 (cm)		12.5(6.3)	29.2(11.3)	0.01

手は、フリーや、デュエットやチームの演技では高さやスピードといったダイナミックな動きや迫力が求められ、動きながら評価されるが、フィギュア種目では技の正確さが求められ、どちらかというところの静的評価の要素が大きい^{1) 2)}。そのため、体の大きさである手や足の長さ、身長といった要素より、浮力を決定する体脂肪量や体脂肪率、筋力を発揮する除脂肪量に有意差が認められたものと考えられる。体重/身長²であらわされるBMIにも有意差があることは、その計算式から考えても、身長よりも体重のほうがフィギュアではより重要な要素と考えられる。

関節可動域については、高齢になるほど老化により関節を構成する組織の変性が起こり関節の可動域が低下することは知られている⁸⁾。しかしながら、検索しえた範囲内で、競技力の差による関節可動域の差や、若年齢者の年齢による関節可動域の差について論じた文献は見当たらない。今回の測定では、肩関節の伸展、股関節の内旋、足関節の屈曲角度が、左右とも競技力の低い群に有意に大きい値を示している。シンクロの場合、関節可動域が狭いと関節を動かす表現に不利になる可能性が考えられるが、広いことによる弊害は考えにくい。しかしながら、可動域が広いことにより関節の動きをコントロールする能力に何かしらの影響を与えている可能性があるのかもしれない。関節の可動性に関与する要素として、関節包の弾性に関与するコラーゲン量、筋のタイトネス、ラ

キシティーなどがあるが、今回の測定では、それらに対する測定は行っていない。可動域に差が出た要因については、成長発達に伴った関節可動域の変化の有無や、タイトネスやラキシティーについてさらに計測を続ける必要があると考えられる。特に股関節の内旋の差については、女性の場合、股関節の成長発達に伴って大腿骨の前捻角が変化していくため、年齢の要素が競技力の要素より差をもたらした要因として大きい可能性がある⁹⁾。この考え方を指示するものとして、Q角が年齢の低い下位群においても有意に大きいことがあげられる。股関節の内旋傾向が強くなれば、Q角が大きくなることが予測できる。柔軟性と競技力の差について検討するため、柔軟性の指標として長座体前屈の値を測定したが、上位選手が有意に大きな値を示した。長座体前屈では背筋群、殿筋群、ハムストリングス、下腿三頭筋、ヒラメ筋、アキレス腱が動作に関与する。筋の柔軟性が高ければ、筋の伸張が大きいいため、大きな筋パワーをもたらすことが推測できる。実際、背筋力も群間の差を認め上位群が大きな値を示した。しかしながら、さらにこの結論を導くには背筋の筋量や筋出力、筋の柔軟性と筋力との相関などをさらに検討していく必要がある。一方、等尺性筋収縮による測定ではある握力や、肩内外旋筋力においては群間の差を認めなかった。表6に、今回の体力の測定結果と、年代による日本人の平均値を示した¹⁰⁾。日本人の世代による差を表6から比較してみ

表6 上位群、下位群の測定結果と同世代の日本人の平均値

	上位群	下位群	18才	15才
	NEAN(S.D.)	NEAN(S.D.)	NEAN(S.D.)	NEAN(S.D.)
全身反応時間(秒)	0.04(0.13)	0.34(0.04)	0.367(0.040)	0.361(0.040)
反復横とび(回)	47.9(4.5)	49.3(4.2)	39.3(4.5)	38.0(5.0)
立ち幅跳び(cm)	177.5(13.8)	183.3(8.5)	176.0(26.0)	187.0(22.0)
垂直跳び(cm)	37.0(3.5)	40.4(2.6)	42.9(6.1)	42.9(6.5)
右握力(kg)	27.4(3.3)	23.9(3.6)	27.7(4.10)	26.5(5.1)
左握力(kg)	25.7(3.1)	22.6(3.7)	27.7(4.11)	26.5(5.2)
背筋力(kg)	75.9(11.3)	54.4(9.6)	80.9(19.1)	76.9(19.3)

ると、握力といった筋力や垂直跳びといった跳躍力などは、世代による差が認められないが、背筋にはその傾向が認められる。このことから、背筋の上位群の有意差は、競技力の差より年齢に依存する可能性がある。また、筋力や、跳躍力は、この表の項目で同世代の測定結果を平均値で上回っている項目はなかった。この結果は水中での反復練習により抗重力様式の筋出力が普段行われにくく、筋量の増加はあるものの筋力の増加になりにくい可能性が示唆される。今後、他の運動種目の部位別の筋量と筋出力の比較や、対象とした選手を系時的に測定するなど今後の課題としたい。今回のフィギュアの大会には、海外遠征などの理由によりナショナルチームの選手は出場していない。ナショナルチームの練習には、陸上での筋力トレーニングも日常的に行われていることから、ナショナルチームの選手との比較などから今後の研究を進めていきたい。また、表の項目の中で、反復横とびの回数が上位群、下位群共に平均値よりおよそ10回程度上回っていた。反復横とびは、動きを制御するストップの動作を伴い、神経筋協応性を測る指標といわれている。確かに、シンクロは、動作において他の選手との同調が求められるため、動きを制御する能力が要求される。シンクロの競技力を測るうえで、反復横とびは、その指標となりうるかもしれない。今回、バランス能力の指標として、重心動揺を測定した。重心動揺は、開眼、閉眼とも上位群が有意に優れた値を示した。フィギュアの種目においては、ゆっくりと正確に動作を行う必要があり、筋力を保持しながら軸がぶれないように浮力の加わる不安定な水中で体幹をコントロールし、上下動を行ったり、左右に移動すること、また、静止すること、関節の位置覚により正確な関節角度を維持すること、スピンや移動などの速度をコントロールすることが求められる。人間のバランス能力は、視覚、体性感覚、前庭系、中枢神経、筋骨格系の様々な要素が関与しているが¹¹⁾、上位選手はバランス能力が優れていることが示唆された。今後、バランス能

力と競技力との相関や、シンクロに特異的なバランス能力の測定方法、トレーニング方法についてさらに研究し評価することが必要と思われる。

5. ま と め

シンクロナイズドスイミング選手の競技力の指標となる項目を調べるため、各種測定を行った。その結果、フィギュア種目の得点を獲得する要素として、身体的な側面では、身長や指極、上肢長、下肢長の関与は少なく、体重や体脂肪量、除脂肪量が多く、体脂肪率が高いことが重要であること、また、年齢に依存することが示唆された。

また、得点レベルによる筋力の差は認めがたく、背筋の差は年齢に依存する可能性が示唆された。また、筋力は同世代の日本人の平均値を下回る傾向が認められた。

シンクロナイズドスイミングにおける動作をコントロールする能力、バランス能力を測る指標として、反復横とびや、重心動揺の測定は、有用である可能性が示唆された。

本研究は、2010年国士舘大学体育研究所報の研究助成金で行われた。また、研究の機会を与えてくださいました東京都水泳協会 井上信子氏、東京シンクロクラブ、アクラブ調布の関係者の皆さまに深謝いたします。

参考文献

- 1) 本間三和子：シンクロナイズドスイミングにおけるスカーリングとエッグビーターキックの技術に関する文献研究. 筑波大学体育科学系紀要, 第29巻：1-14, 2006.
- 2) 高松潤二, 本間三和子：シンクロナイズドスイミングの演技分析. バイオメカニクス研究, 9 (2) : 129-137, 2005.
- 3) Yamamura C., Matsui N. Kitagawa K. : Physiological loads in the team technical and free routines of synchronized swimmers. Med. Sci Sports Exerc., 32 (6) : 1171-1174, 2000.
- 4) 日本整形外科学会誌69 (4) : 240-249, 1995

- 5) Demura S, Yamaji S, Noda M, Kitabayashi T, Nagasawa Y. Examination of Parameters Evaluating the Center of Foot Pressure in Static Standing Posture from the Viewpoints of Trial-to-trial Reliability and Interrelationships Among Parameters. *Equilibrium Res.*, 60 (1) : 44-55, 2001.
- 6) DKH: TRIAS Hand Book, 106-107, 2008.
- 7) Guillou E., Dupui P., Golomer E. : Dynamic balance sensory motor control and symmetrical or asymmetrical equilibrium training. *Clin Neurophysiol*, **118** : 317-324, 2007.
- 8) 国分正一、鳥巢岳彦ら. 前捻角. 標準整形外科学 第10版 : 508. 2008 医学書院
- 9) Stanford BA : Exercise and the elderly. : 341-379, 1988 Macmillan publ Co, New York
- 10) 東京都立大学 体力標準値研究会編 : “新・日本人の体力標準値” 2000. 不昧堂出版
- 11) Guillou E., Dupui P., Golomer E. : Dynamic balance sensory motor control and symmetrical or asymmetrical equilibrium training. *Clin Neurophysiol*, **118** : 317-324, 2007.