

# 体幹捻転動作における反動の効果に影響を及ぼす要因

瀧川 大輔

## Influential Factors in the Resulting Effect of a Counter Movement on a Trunk Twisting Movement.

Daisuke TAKIGAWA

### I. 緒言

ヒトは、より効率よく運動を遂行するために、意識的あるいは無意識的に反動動作を用いている(金原ら, 1964a,b)。この場合、筋の収縮様式に着目すると反動局面において筋は伸張し、運動の主要局面において短縮する。このような筋の収縮様式を、伸張-短縮サイクル(Stretch-shortening cycle: SSC)運動と呼んでいる(Komi and Buskirk, 1972)。

これまでのSSC運動に関する研究はスプリント走およびジャンプ運動に関する研究など下肢に着目した研究が非常に多く、下肢におけるSSC運動の研究では、身体の動きをある種のばねに例えて運動のメカニズムを検討する試みがなされている。これらの研究では、身体重心高などの変位あたりの力で算出されるstiffnessが用いられ、ばね特性を評価する指標としている。

しかし、体幹の捻転動作におけるSSC運動の有無を検討した研究および体幹の捻転動作をばねに例えてメカニズムを検討した研究はない。

そこで本研究では、体幹部の捻転動作において特異的に見られる力発揮特性に着目し、SSC運動の有無を検討すること、体幹捻転動作における反動の効果に影響を及ぼす要因を検討することおよび体幹捻転動作におけるstiffness特性を検討することを目的とした。

### II. 研究方法

#### (1) 被験者

被験者には、本学運動部に所属する男性8名、

運動部に所属していない男性7名の15名(年齢:  $21.33 \pm 1.29$ , 身長:  $172.55 \pm 6.79$ , 体重:  $66.93 \pm 9.76$ )を用いた。

#### (2) 実験運動

##### 1) 体幹捻転筋力測定

体幹捻転筋力の測定には、サイベックス340(CYBEX TR TORSO ROTATION UNIT)を用い、 $0\text{deg/s}$ ,  $60\text{deg/s}$ ,  $180\text{deg/s}$ のisometricおよびisokineticの捻転筋力を測定した。

##### 2) 体幹捻転可動域(Range of motion:ROM)測定

左右の体幹捻転ROMの測定は、日本リハビリテーション医学会の定める測定法(基本軸:両側の後上腸骨棘, 移動軸:両側の肩峰を結ぶ線, 測定肢位:座位で骨盤を固定して行う)に基づき、熟練した理学療法士が測定を行った。

##### 3) サイドメディシンボールスロー

本研究では、体幹における投動作の遂行能力を評価するために、同形状の1kg, 2kgおよび3kgのメディシンボールを用い、コンセントリックな筋収縮のみによる投動作であるコンセントリックスロー(Concentric Throw:CT)および反動をつけた投動作であるリバウンドスロー(Rebound Throw:RT)を行わせた。

#### (3) 算出項目

##### 1) キネマティクス

平滑化した座標値から、ボールの速度(Vball)、ボールの加速度(aball)を算出した。

##### 2) キネティクス

本研究では、体幹部の捻転がボールに対して発揮した力、パワーおよび仕事を便宜的にボールの力、ボールのパワーおよびボールの仕事と表現す

Table 1 The result of peak torque of the trunk rotation.

	Peak torque (Nm/kg)	
	Left	Right
0deg/s	2.42±0.58	2.43±0.53
60deg/s	2.51±0.45	2.47±0.52
180deg/s	2.08±0.38	2.03±0.44

Values show mean±SD.

ることとする。なお、以下の式1～5は田内(2002)の式を参照した。

ボールの力 (F<sub>ball</sub>) は、以下の式1によって算出した。

$$F_{ball} = m \cdot a_{ball} + m \cdot g \quad \dots\dots\dots 1$$

ここで、mはボールの質量、gは重力加速度(9.81m/s<sup>2</sup>)を示す。

ボールのパワー (P<sub>ball</sub>) は以下の式2によって算出した。

$$P_{ball} = F_{ball} \cdot V_{ball} \quad \dots\dots\dots 2$$

短縮局面におけるボールの仕事 (W<sub>ball</sub>) を以下の式3によって算出した。

$$W_{ball} = \int P_{ball} dt \quad \dots\dots\dots 3$$

また、ボールの仕事を短縮局面の遂行時間で除すことによって、短縮局面におけるボールの平均パワー (MP<sub>ball</sub>) を算出した。

さらに、本研究では、CTにおけるボールの平均パワー (MP<sub>ball</sub>CT) に対するRTにおける短縮局面での平均パワー (MP<sub>ball</sub>RT) の増加率を以下の式4によって算出し、反動の効果を示す指標 (Pre-stretch augmentation:以下 Augmentation)とした。

$$Augmentation = \frac{(MP_{ball}RT - MP_{ball}CT)}{MP_{ball}CT} \times 100 \quad \dots 4$$

本研究では、伸張局面における体幹のstiffness

特性を検討するために、左右大転子を結んだ線分と左右肩峰を結んだ線分がなす角度の角変位 (Δθ) と伸張局面におけるボールの仕事 (W<sub>ball</sub>) との関係から、体幹のstiffness (K<sub>trunk</sub>) を以下の式5によって算出した。

$$K_{trunk} = \frac{2W_{ball}}{(\Delta\theta)} \quad \dots\dots\dots 5$$

本研究で用いたKtrunkは、体幹を単純なばねとしてみなした場合のばね定数ではなく、伸張局面における体幹のばね的な動きが短縮局面の発揮パワーおよびSSC運動の効果に対してどのような影響を及ぼしているのかを検討するためのみかけ上のばね定数 (Apparent spring constant : Luhtanen and Komi, 1980) である。

### Ⅲ. 結果および考察

Table 1に、体幹捻転筋力の測定結果を示した。体幹捻転筋力においては、左右の捻転筋力どちらにおいても60deg/s時の捻転筋力が最も高値を示した。これは、金子ら(1990)の体幹捻転筋力においては力-速度曲線で示される、下に凸の双曲線とは異なるという報告と一致した結果であった。このことは、体幹捻転筋力においては必ずしも力-速度関係が成り立たない可能性を示唆している。

Table 2 Velocity (V<sub>ball</sub>) of the ball in concentric (CT) and rebound throws (RT) [A] . Result of Statistical analysis [B] . Statistical analysis were used two way ANOVA (throwingform {CT,RT} ) × ball mass {1,2,3kg} ) for V<sub>ball</sub>.

	V <sub>ball</sub> (m/s)	
	CT	RT
1kg	8.43 ± 1.15	9.32 ± 1.19
2kg	7.34 ± 1.01	8.04 ± 0.76
3kg	6.43 ± 0.81	7.31 ± 0.79

Value show mean ± SD.

Factor	V <sub>ball</sub>	
	Trowing form	Ball mass
Main effect	51.383**	147.227**
2-way interaction	0.822	

Difference CT<RT 1kg>2kg>3kg

1. Value show F-value.  
2.\*\*: A significant main effect , p<0.01

Table 3 Work ( $W_{ball}^-$ ) and mean power ( $MP_{ball}^-$ ) of the ball,  $\Delta\theta$  and stiffness ( $K_{trunk}$ ) of the body trunk during the eccentric phase in the rebound throw (RT) [A]. Result of statistical analysis [B]. Statistical analysis were used one-way ANOVA for  $W_{ball}^-$ ,  $MP_{ball}^-$ ,  $\Delta\theta$  and  $K_{trunk}$ .

[A]

	$W_{ball}^-$ (J/kg)	$MP_{ball}^-$ (W/kg)	$\Delta\theta$ (deg)	$K_{trunk}$ (N/kg/deg)
1kg	0.162±0.040	0.884±0.187	42.51±5.934	0.00018±0.00057
2kg	0.479±0.098	2.037±0.371	44.21±5.394	0.00053±0.00023
3kg	0.706±0.099	2.838±0.493	45.44±7.478	0.00074±0.00031

1. Values show mean±SD.  
2.  $\Delta\theta$  and  $K_{trunk}$  See Fig.2

[B]

	$W_{ball}^-$	$MP_{ball}^-$	$\Delta\theta$	$K_{trunk}$
Factor	Ball mass	Ball mass	Ball mass	Ball mass
Main effect	153.379**	104.184**	5.279	23.302**
Difference	1kg<2kg<3kg	1kg<2kg<3kg	ns	1kg<2kg<3kg

1. Value show F-value.

2. \*\*: A significant main effect p<0.01

Table 2に、CTおよびRTのボール初速度を示した。ボールの初速度はRTがCTと比較して有意に高値を示した。このことは、反動の効果が認められ体幹捻転動作においてもSSC運動が行われていることを示唆している。

Table 3に、stiffnessを示した。stiffnessはボールの重さが増加するにつれて有意に高値を示した。これは角度変位に有意差は認められていないことから、 $W_{ball}^-$ が有意に増加したことが影響を及ぼしていると考えられる。田内(2002)は、stiffnessに有意差はなくstiffnessは個人における固有のものであることを報告している。本研究においては伸張負荷の増加によってstiffnessが有意に高値を示していることから、体幹部においてstiffness特性を検討することは困難であることが示唆された。

Fig. 1に、Augmentationと $W_{ball}^-$ との関係を示した。1kgのボールにおけるAugmentationと $W_{ball}^-$ との間に有意な負の相関関係が認められた。このことから、 $W_{ball}^-$ が小さいことが体幹捻転動作において反動の効果に影響を及ぼしていることが考えられる。

#### IV. 結論

本研究の結果から、体幹捻転動作においてSSC運動がおこなわれていることが明らかになった。また、その反動の効果に影響を及ぼす要因は $W_{ball}^-$ が小さいことが影響を及ぼしていることが示唆された。また、ばね特性を評価する指標であるstiffnessは、個人の固有のものとしてとらえることができず、体幹部においてはstiffness特性を検討することは困難であることが示唆された。

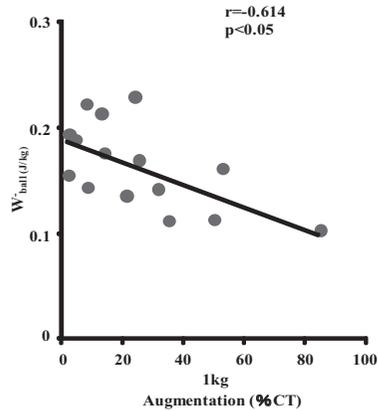


Fig. 1 The correlation coefficients between the Augmentation and work of the ball at eccentric phase.

#### 参考文献

- 1) 金原勇, 春山国広, 三浦望慶 (1964a) 跳躍力を大きくする基礎的技術の研究 (その1) 一反動動作と振込動作について。東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 2: 21-31。
- 2) 金原勇, 春山国広, 三浦望慶 (1964b) 投てき力 (投てき物に与え得る運動量) を大きくする基礎的技術の研究 (その1) 一反動動作について。東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 4: 137-146。
- 3) Komi, P. V. and Buskirk, E. R. (1972) Effect of eccentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. Ergonomics. 15: 427-434。
- 4) 田内健二, 尹聖鎮, 高松薫 (2002) 同一個人の上肢と下肢のSSC運動における力発揮特性の相違。体育学研究 47: 533-546。

(指導教員 木越清信)