

## 下肢の動作速度と無酸素性パワー

### The relationship between maximal velocity of the lower limb movement and maximal anaerobic power in male athletes.

角田直也\*, 古谷洋一\*\*, 氏家道男\*\*\*,  
西山一行\*\*\*\*, 中野雅之\*\*\*\*\*

Naoya TSUNODA \*, Youichi FURUYA \*\*, Michio UJIIE \*\*\*,  
Kazuyuki NISHIYAMA \*\*\*\* and Masayuki NAKANO \*\*\*\*\*

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the relation between velocity characteristics of the lower limb movement and maximal anaerobic power in athletes. Sixty three male athletes, 14 distance runners and 49 baseball players, were participated as subjects. The peak velocity for the both side of the knee pull up and the knee pull down movements were determined by Ballistic master (Combi.co., Tokyo, Japan). In all subjects, right lower limb was dominant. Maximal anaerobic power was measured by cycle ergometer (Power max V, Combi. Co.,Tokyo,Japan).

Significant correlation coefficient were observed between body height and weight and maximal anaerobic power (MAP), the knee pull up (LKPU) and the knee pull down (LKPD) movement velocity in left side lower limb. The peak velocity of the knee pull up movement in both side for right lower limb (RKPU) and for left lower limb (LKPU) were significantly related to MAP and to Maximal anaerobic power per body weight (MAP/W).

From these results, it was considered that peak velocity of the non-dominant lower limb is reflect the maximal anaerobic power in athletes.

*Key words; Movement velocity, Anaerobic Power, Athletes.*

#### はじめに

ヒトの骨格筋における筋収縮速度と筋出力の基礎的研究に関しては古くから多くの研究がなされている (Fenn and Marsh (1935), Hill (1938), Wilkie (1950), 川初と猪飼 (1972), Perrine (1993), Gulch (1994))。

最近、多関節運動時の動作パワーや動作スピードを測定し得る機器の開発により、体肢の運動動作スピードに関する研究が行なわれる様になってきた (船渡ほか (1994)、矢田ほか (1996)、角田ほか (1996))。矢田ほか (1996) は走動作に類似した脚の振り上げと振り下ろし動作でのトレーニングを実施し、

\* 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士舘大学政経Ⅱ学部保健体育学研究室 (Lab. of Health and Physical Education, Faculty of Economics, Kokushikan University)

\*\*\* 国士舘大学体育学部剣道研究室 (Lab. of Kendo, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\*\* 国士舘大学体育学部陸上競技研究室 (Lab. of Track and Field, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\*\*\* 国士舘大学体育学部スポーツリハビリテーション研究室 (Lab. of Sports Rehabilitation, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

短距離走能力が改善されたことを報告した。また、船渡ほか(1994)は長期間にわたる専門的なトレーニングはその種目特有な複合関節での収縮速度特性を生じさせることを示唆している。角田ほか(1996)は上肢、下肢における体肢の動作スピードのスポーツ競技種目比較を行い、長距離走者の動作速度は低く、柔道などのパワー種目で高いことを報告し、スピードトレーニング効果を評価し得ることを示唆している。しかし、体肢の多関節での動作速度と無酸素性パワーとの関わりについての知見は著者の知る限りほとんどみられない。

そこで、本研究では男子のスポーツ競技選手を対象として、下肢の振り下ろしと振り上げ動作のスピード及び自転車駆動による最大無酸素性パワーを測定し、それらの関係について検討した。

## 方 法

### I. 被験者

本研究の被験者は高校生から社会人の陸上長距離走者14名と野球選手49名の計63名であった。

全被験者の年齢の平均値と標準偏差値は21.1±3.8歳であった。被験者の身体的特徴については表1に示した。

各被験者には研究の目的、内容等について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。また、本研究の被験者には右側を利き腕とする者のみを採用した。

### II. 動作スピードの測定

下肢の動作スピードの測定はBallistic Master(コンビ社製)を用いて、これまでの報告(角田ら, 1996)と同様な方法で行った。即ち、股関節伸展による大腿部の振り下ろし動作(Knee Pull Down: KPD)及び股関節の屈曲による大腿部の振り上げ動作(Knee Pull Up: KPU)の2動作を左右両側について実施した。

各動作とも被験者は3から5回のウォーミングアップの後、音による動作開始合図により最大努

力で5回の無負荷での空振り動作を実施した。

また、測定に際しては試行順序や筋疲労等が測定値に影響を及ぼさぬ様2動作での左右両側間における4試行の順序は被験者毎に無作為に設定し、全被験者とも各試行間に十分な休息(4から5分)を与えた。

各動作で得られた動作中の最大速度(Peak Velocity)の最高値を動作スピードとして採用した。

### III. 最大無酸素性パワーの測定

自転車駆動による最大無酸素性パワーの測定は自転車エルゴメーターPower Max V(コンビ社製)を用いて測定した。

各被験者とも最大パワーの測定はPower Max Vに設定されているパワーテストプログラムにしたがって、自転車駆動に慣れることを兼ねた準備運動を十分に行った後、異なる3段階の負荷で10秒間の最大駆動を2分間の休息を挿んで実施した。その、各負荷で得られた値のうち最も高い値を最大無酸素性パワー(Maximal Anaerobic Power; MAP)として採用した。また、その値から体重あたりの最大無酸素性パワー(Maximal Anaerobic Power per Body Weight; MAP/W)も算出した。

### IV. 統計処理

各動作での最大速度の有意差検定はstudent t-testを用いて行った。各最大動作速度と身体形態および最大無酸素性パワーとの間における相関係数を求め、それぞれ1%水準で統計学的に有意とした。

## 結果と論議

表1は本研究の全被験者における形態、最大無酸素性パワー及び下肢の動作速度についての平均値、標準偏差値、最高値及び最大値を示したものである。

身長と体重の平均値はそれぞれ176.7±6.6cmと71.0±10.1kgであり、身長、体重とも広範囲にわ

**Table 1. Mean and SD values for anaerobic power and lower limb movement velocity in all subjects.**

Item	Mean	(SD)	maximal	minimal
Body Height (cm)	176.67	6.59	189.0	160.6
Body Weight (kg)	71.05	10.1	92.0	50.2
Maximal Anaerobic Power (w)	992.9	(205.9)	1688.0	330.0
Maximal Anaerobic Power / weight (w/kg)	13.9	(1.7)	18.3	6.2
<b>Movement Velocity (m/s)</b>				
<b>Right leg</b>				
Knee Pull Up (RKPU)	3.25	(0.53)	4.49	1.93
Knee Pull Down (RKPD)	3.42	(0.41)	4.26	2.43
<b>Left leg</b>				
Knee Pull Up (LKPU)	3.81	(0.63)	4.62	2.02
Knee Pull Down (LKPD)	3.78	(0.57)	4.87	2.42

Mean±S.D.

たる被験者群であった。

最大無酸素性パワー (MAP) は992.9±206.0wで、体重あたりのパワー (MAP/W) は13.91±1.67w/kgであった。

下肢の各動作速度では左側の振り上げ (LKPU) が3.81m/sと最も高く、次いで左側の振り下ろし (LKPD) が3.78m/sで、右側の振り上げ (RKPU) の3.25m/sが最も低い値を示した。同側内での振り上げと振り下ろし動作間での動作速度には有意な差異はみられなかった。一方、左右間についてみると両動作とも左側の方が有意に高い値が認められた (p<0.001)。

本研究で得られたRKPUとRKPDはこれまでに報告されている野球選手 (船渡ほか (1996)) や角田ほか (1996) が報告している柔道、剣道選手より低く、一般学生 (矢田ほか (1996)) とほぼ同様な値であり、長距離走者 (角田ほか (1996)) より高い値であった。この理由としては、本研究の被験者は長距離走者と野球選手であり、個人差が大きく競技種目特性が消去されていることが考えられた。また、下肢の振り上げ、振り下ろしともに非利き脚の左側で高い値を示したことは興味ある知見であった。

表2は身長、体重と無酸素パワー及び各動作速度との相関係数を示したものである。

身長と無酸素パワー及び動作速度との関係では

MAP (r=0.728) 及びLKPD (r=0.484) との間で有意な関係が認められた (p<0.001)。

また、体重との有意な関係はMAP (r=0.867) と左側LKPU (r=0.698) 及びLKPD (r=0.562) の両動作でみられた (p<0.001)。

一方、体重あたりの無酸素パワー (MAP/W) と右側の動作速度 (RKPU及びRKPD) ではそれぞれ身長、体重との間に有意な関係がみられなかった。

身長や体重といった形態と無酸素性パワーとの

**Table 2. Correlation coefficients between body size and anaerobic power and lower limb movement velocity in all subjects. (n=63)**

Item	Body Height	Body Weight
MAP	0.728 #	0.867 #
MAP/W	0.329	0.368
RKPU	0.201	0.298
PKPD	0.106	0.236
LKPU	0.484 #	0.698 #
LKPD	0.398	0.562 #

# : significant level p<0.0001

MAP : Maximal Anaerobic Power,  
 MAP/W : Maximal Anaerobic Power per Body weight,  
 RKPU : Knee pull up in Right leg,  
 RKPD : Knee pull down in Right leg,  
 LKPU : Knee pull up in Left leg,  
 LKPD : Knee pll down in Left leg

関係についてはこれまでの知見と一致してしており周知の事実である。

本研究での身長と動作速度との間ではLKPDとの間のみ有意な相関関係が認められた。一方、体重との関係では左側（非利き脚）の振り上げ及び振り下ろしの両動作で有意な関係が認められたことは本研究の被験者の多くが野球選手であった為、ボールを投げるなどのスポーツ動作と体重移動との関わりを反映していることが推察された。

最大無酸素性パワーと各動作速度との間の関係を示したのが表3である。

MAPと各動作速度とはRKPDを除く各動作でそ

**Table 3. Correlation coefficients between anaerobic power and movement velocity in all subjects. (n=63)**

Item	Body Height	Body Weight
PKPU	0.464 #	0.496 #
PKPD	0.411	0.461
LKPU	0.739 #	0.537 #
LKPD	0.565 #	0.354

# : significant level  $p < 0.0001$

MAP : Maximal Anaerobic Power,

MAP/W : Maximal Anaerobic Power per Body weight,

RKPU : Knee pull up in Right leg,

RKPD : Knee pull down in Right leg,

LKPU : Knee pull up in Left leg,

LKPD : Knee pull down in Left leg

**Table 4. Correlation coefficients matrices among the movement velocity in lower limb. (n=63)**

Item	RKPU	RKPD	LKPU	LKPD
PKPU	—	0.802 #	0.591 #	0.534 #
PKPD	—	—	0.447 #	0.367
LKPU	—	—	—	0.681 #
LKPD	—	—	—	—

# : significant level  $p < 0.0001$

RKPU : Knee pull up in Right leg,

RKPD : Knee pull down in Right leg,

LKPU : Knee pull up in Left leg,

LKPD : Knee pull down in Left leg

れぞれ有意な相関関係が認められ ( $p < 0.0001$ )、LKPUとの間の相関係数が $r = 0.739$ と最も高かった。

同様な関係はMAP/Wとの間にもみられ、RKPUの相関係数 ( $r = 0.496$ ) はMAPとの間 ( $r = 0.464$ ) に比べ僅かに高くなる傾向がみられた。

本研究での動作速度を決定する要因を探る為に脚筋が主働となる自転車エルゴメーター駆動による無酸素性パワーを測定し、下肢の動作速度との関係を検討した結果から、MAP及びMAP/Wと動作速度の間には両脚とも振り上げ動作との間の相関係数が高かった。このことは脚の振り上げ速度の大小が自転車駆動パワーの大小に直接関係していることを意味するものと考えられた。

表4は各動作における最大速度の相関係数を示したものである。

各動作間の最大速度はRKPDとLKPDの間を除いて、それぞれ有意な相関係数が認められた。その係数はRKPUとRKPDの間が最も高く $r = 0.802$ 、次いでLKPUとLKPDの $r = 0.681$ であった。

体肢の動作速度は振り上げに比較して振り下ろしの方が高く動作方向によって異なることはこれまでに知られており、本研究の結果においてもそれらを支持する結果が得られている（矢田ほか（1996）、船渡ほか（1996）、角田ほか（1996））。

一方、下肢の動作速度における左右脚の関係や動作様式の関係についての知見は著者の知る限り殆ど報告されていない。本研究で得られた動作速度の左右の関係では振り下ろし動作で両側間の有意な関係がみられなかった。一方、同側内での振り上げ動作と振り下ろし動作の関係ではそれぞれの脚で認められている。即ち、同一脚において、振り上げ速度は振り下ろし速度の大小を反映することを意味するものである。

これらの結果は短時間に多数のスポーツ競技選手の動作速度を測定する場合において大変有用な資料になり得るものと考えられる。

## ま と め

本研究では高校生から社会人の陸上長距離走者14名と野球選手49名の計63名を対象として、Ballistic Masterを用いて、大腿の振上げ及び振り下ろし動作速度と自転車駆動による無酸素性パワーを測定し、下肢の動作速度に関わる要因について検討した。その結果、次の様なことが明らかになった。

1. 左側（非利き脚）の振上げ及び振り下ろし動作速度（LKPU及びLKPD）と最大無酸素性パワー（MAP）は身長及び体重との間に有意な相関関係が認められた。
2. 最大無酸素性パワー、体重あたりの無酸素性パワーと左右の振上げ動作（RKPUとLKPU）の間に有意な関係がみられた。
3. これらのことから、下肢の振上げ動作、特に支持脚の測定値は無酸素性パワーを反映することが示唆された。

本研究は、国士舘大学体育学部附属体育研究所の1997年度研究助成によって実施した。

## 引用・参考文献

- 1) Behm D.G. and Sale D.G. : Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine* **15**(6) : 374-388, 1993.
- 2) Fenn WO, and Marsh BS : Muscular force at different speeds of shortening. *J Physiol* **85** : 277-297, 1935.
- 3) 福永哲夫：筋の形態変化と筋力アップ. *J.J.Sports Sci.* **12**(3) : 152-159, 1993.
- 4) 船渡和男, 松尾彰文, 川上泰雄, 石毛勇介, 福永哲夫, 増島 篤：野球選手の形態, 単関節トルク, 動作パワー及び動作速度. 平成6年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告—No. II 競技種目別競技力向上に関する研究—, 313-318, 1994.
- 5) Gulch R.W.: Force-velocity relations in human skeletal muscle. *Int J Sports Med* **15**, S2-S10, 1994.
- 6) Hill A.V.: The heat of shortening and the dynamic constants of muscles. *Proc Roy Soc B* **126** : 136-195, 1938.
- 7) Jorgensen K : Force-velocity relationship in human elbow flexor and extensors. *Biomechanics V*, 145-151, 1976.
- 8) 金子公宥, 山崎 武, 穴倉保雄：肘の屈・伸筋力における「トレーニング能」について. *体育学研究* **21**(2) : 95-99, 1976.
- 9) 川初清典, 猪飼道夫：ヒトの脚筋パワーと力・速度要因 (II) 力・スピード・パワーにおける個人特性について. *体育学研究* **17** : 17-24, 1972.
- 10) Perrin J.J. and Edgerton R. : Muscle force-velocity relationships under isokinetic loading. *Med Sci Sports* **10** : 159-166, 1978.
- 11) 角田直也, 中野雅之, 矢田秀昭：肘関節屈筋群と伸筋群の短縮性筋活動における収縮速度特性. *国士舘大学体育研究所報* **14** : 1-5, 1995.
- 12) 角田直也, 松本高明, 滝山将剛, 西山一行, 中野雅之：筋形態と筋出力特性に及ぼすスポーツ競技種目特性. *国士舘大学体育研究所報* **14** : 47-51, 1995.
- 13) 角田直也, 矢田秀昭, 西山一行, 太田昌孝, 斉藤仁：体肢の振上げおよび振り下ろし動作スピードに及ぼすスポーツ競技特性. *国士舘大学体育研究所報* **15** : 47-51, 1996.
- 14) Wilkie DR : The relation between force and velocity in human muscles. *J Physiol* **110**:249-280, 1950.
- 15) 矢田秀昭, 船渡和男, 松尾彰文, 福永哲夫, 深代千之：大腿引き上げ・振り下ろしトレーニングのサプリメント走能力に及ぼす影響. *Jpn. J. Sports Sci.* **15** : 199-205, 1996.