

## 原著論文

## 8秒間の自転車全力ペダリングテストの信頼性と妥当性および 無酸素性ピークパワーの加齢変化

### Reliability and validity of 8-sec maximal bicycle pedaling test and age-related changes of peak anaerobic power

灘本 雅一<sup>1,3)</sup>・後藤 幸弘<sup>1)</sup>・三村 寛一<sup>2)</sup>・寺田 和史<sup>3)</sup>・中谷 敏昭<sup>3)</sup>

Masakazu NADAMOTO<sup>1,3)</sup>, Yukihiro GOTO<sup>1)</sup>, Kanichi MIMURA<sup>2)</sup>,  
Kazufumi TERADA<sup>3)</sup> and Toshiaki NAKATANI<sup>3)</sup>

#### Abstract

The objective of this study was to determine the reliability and the criterion-related validity of peak anaerobic power (PP) output by a maximal test on a bicycle ergometer. In addition, this study examined the decrease level in PP with aging. Sixty-six healthy men aged between 20 and 72 years, without disease or impairment affecting the musculoskeletal system, were enrolled in this study. The maximal pedaling test was performed in two 8-sec sprints, separated by an interval of at least 2 min, with a load of 0.45 N/kg of body weight, and starting from a standardized position. PP was expressed as absolute value and relative to body weight (PP/BW). To determine the test-retest reliability of PP was tested on two occasions, 7–10 days apart. The results showed that the intraclass correlation coefficients for the maximal pedaling test exhibited high reliability (0.908–0.972). Also, PP/BW was observed to be positively correlated with leg extension power ( $r = 0.785, p < 0.05$ ), chair stand performance ( $r = 0.639, p < 0.05$ ), and vertical jump ( $r = 0.781, p < 0.05$ ). It was observed that PP/BW significantly declines with age ( $r = -0.815, p < 0.05$ ) and decreases by 6.2% per decade. It was concluded that the maximal pedaling test in this study was shown to be reliable and valid measure of leg extension power, and peak anaerobic power decreased with aging.

**Key words** : peak muscular power, bicycle pedaling, reproducibility, validation

[Received June 7, 2010 ; Accepted January 11, 2011]

## 1. 緒言

筋パワーは最大努力により発揮される筋の機械的パワーでパフォーマンスや身体能力をあらわす重要な評価指標とされる。一般的に、筋パワーの測定は瞬時から数秒（極短時間）、5～10秒程度（短時間）、30～40秒にわたり全力を発揮し続けるなど様々な方法が用いられている（会田たち, 1992）。極短時間の測定では垂直跳び（Bosco et al., 1983）、階段駆け上がり（Margaria et al., 1966）、脚伸展動作（中谷と上, 2004）によるテストが行われているが、それ以上の時間を要する測定では自転車エルゴメータが主に利用され、Monark 818E（Monark製）やパワーマックスV（コンビウエルネス製）といっ

た機器が多く現場で用いられてきた。自転車エルゴメータは負荷やセット数、測定時間などを任意に変更でき、負荷する重錘や電磁ブレーキの抵抗に対してペダルを最大努力で回転させ、負荷と回転数の関係から機械的パワーを容易に定量できる。そのため、子どもから高齢者まで幅広い年齢を対象として様々な条件を変えた測定が行われており（Inbar and Bar-Or, 1986）、無酸素性運動能力の評価だけでなくピークパワーの加齢変化（Bonney et al., 1998; Kostka, 2005; Kostka et al., 2009）や身体活動量との関係（Kostka et al., 1997; Kostka et al., 2009）についても報告がなされている。

自転車エルゴメータによる無酸素性パワーの測定では、十分な休息をおいて5～10秒の全力ペダリングを

1) 兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究所 *The Joint Graduate School in Science of School Education, Hyogo University of Teacher Education*

2) 大阪教育大学教育学部 *Faculty of Education Health and Physical Education, Osaka Kyoiku University*

3) 天理大学体育学部 *Faculty of Health and Sport Studies, Tenri University*

複数負荷（3～5レベル）を用いて各レベルでのパワー値からピークパワーを決定する方法や、負荷とペダル回転数から導き出した多項回帰式を用いてピークパワーを外挿する方法がみられる（Bonney et al., 1998; 網島たち, 2006; Kostka et al., 2009）。年齢や性別、体力水準によってピークパワーが得られる至適負荷が異なるため、厳密に個人のパワーを測定するには複数負荷を用いて行うことが望ましい（岩田たち, 2005）。しかし、体力水準が低い者や多くの人数を短時間で測定する現場では、複数負荷を用いて測定することの実施可能性は低い。

無酸素性パワー測定の代表である Wingate テストは様々な現場で実施されてきた（Inbar and Bar-Or, 1986）。この測定は30秒にわたり最大努力でペダリングし続けるテストで、信頼性及び妥当性が報告されている（Bar-Or, 1987; 岩田たち, 2005）。負荷は体重1 kgあたり0.075 kp（1レベル）を用いるが、測定時間は30秒と長く、低体力の者や高齢者に応用することは難しい。30秒にわたる全力ペダリングや、たとえ数秒であっても負荷が過大になる測定では、腕の引きつけ動作やペダル踏力が大きくなることで怒責が生じ、血圧上昇や終了後の急激な血圧低下を来す危険性も考えられる。そのため、できるだけ短時間で幅広い年齢層に共通する負荷を用いてパワーを測定することが求められる。自転車エルゴメータを用いてパワーを測定した一連の先行研究（Kostka et al., 1997; Bonney et al., 1998; Kostka, 2005; Kostka et al., 2009）では、体重1 kgあたり0.45 N（以下、0.45 N/BW）の負荷を用い、ピークパワーの加齢変化を報告している。これらの研究では、8秒間の全力ペダリング中のペダル踏力、回転数、パワーの関係から多項回帰式を用いてピークパワーを算出しているものの、算出の根拠となる回帰式は明らかにされていない。また、全力ペダリングによるパワー測定では、自転車の種類（電磁式あるいは摩擦抵抗式の負荷）、スタート条件（静止状態あるいは回転状態）や測定条件（トークリップの装着有無）によりピークパワーは影響を受ける（Buttelli et al., 1996; Capmal and Vandewalle, 1997; 中村, 1998）。そのため、先行研究（Kostka et al., 2009）と自転車の種類や測定条件が異なる場合、測定結果の信頼性及び妥当性を検討することが必要となる。

先行研究では、20～88歳の一般男性を対象に0.45 N/BW 負荷を用いて無酸素性パワーの加齢変化を検討し、ピークパワーは30歳台以降に低下すると報告している（Kostka et al., 2009）。各年代で同じ負荷を用いることは直接的にピークパワーの加齢変化を比較でき、若年期や中年期からの無酸素性パワーの低下を食い止める

ことにつながる。筋パワーは筋力よりも加齢にともなう低下度が高い（Skelton et al., 1994）。その理由としては、遅筋線維に比べ速筋線維が早期に萎縮し、神経伝導速度の低下や運動単位の消失など形態や機能の生理的変化（Vandervoort, 2002）だけではなく、日常生活における高強度運動の減少による活動内容の変化（Bean et al., 2003; Kostka et al., 2009）や身体活動量の減少（Bonney et al., 1998）があげられる。自転車全力ペダリングによる無酸素性パワーの加齢変化では、20歳台に比べて70歳以上ではピークパワーが51.7%低下すると報告している（Kostka et al., 2009）。同様に、他の研究でも10年間のパワーの低下度は7.5～10%（Ferretti et al., 1994; Bonney et al., 1998; Martin et al., 2000）とされている。若年者に比べて体力の低下した中高年者において、短距離走や垂直跳び、階段駆け上がりなどの測定ではテストにともなう転倒など危険性も高く、また下肢に大きな着地衝撃を生じさせる。その点、自転車エルゴメータは座位でのテストであり、測定時の危険性や衝撃を減らすことができる。また、自転車に乗った経験のない人も少ないことから年齢を問わず無酸素性パワーを定量評価できる方法として優れていると考えられる。

そこで本研究では、先行研究（Kostka et al., 2009）に準じた方法で8秒間の自転車全力ペダリングを行わせ結果の一致度（信頼性）を検討するとともに、無酸素性パワー測定を代表する Wingate テストの負荷（7.5% BW）で得られたパワー、脚伸展動作に関わる下肢筋パワーとの関係（妥当性）、ピークパワーの加齢変化について検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1. 対象者

対象者はT市内に在住し宗教団体や大学に勤務あるいはT市テニス協会に加入している20～72歳（45.5±14.7歳）の健康な一般男性66名であった。内訳は20歳台11名、30歳台10名、40歳台18名、50歳台14名、60歳以上13名で、各年代の身長、体重、BMIの平均値は表1に示した。対象者の中で運動やスポーツを週1回以上定期的に行っている者は20歳台3名（27%）、30歳台1名（10%）、40歳台5名（28%）、50歳台3名（21%）、60歳以上3名（23%）であった。本研究の遂行に際して全力による筋運動の支障となる整形外科的および循環器疾患を有する者はいなかった。すべての者には研究の趣旨と目的、途中で辞退したとしても不利益を被らない

ことや、起こり得る危険性とその対処方法を説明した上で文書による同意を得た。なお、本研究は天理大学体育学部研究倫理委員会の承認（2009-06）を得て実施した。

## 2.2. 測定手順

本研究では、1日目に0.45 N/BWでのピークパワー測定（1日目）とWingateテストの負荷（7.5% BW）でのピークパワー測定を行い、その7～10日以内に、0.45 N/BW負荷でのピークパワー測定（2日目）と下肢筋パワーの測定を行った。

## 2.3. ピークパワー測定

自転車エルゴメータによる無酸素性パワーの測定は全年齢に共通する負荷を用いた先行研究（Kostka et al., 2009）の方法に準じて行った。自転車エルゴメータは電磁ブレーキで制御できるパワーマックスVII（コンピュータ製）を用い、負荷は0.45 N/BWとし、8秒間の全力ペダリング運動を行わせた。測定前にハンドルとサドルの高さを各自が全力運動できるように調整し、50～60 rpmの負荷でのペダリングを2～3分間、3～4秒の全力ペダリングを準備運動として行わせた。スタート時は各自が踏み込みやすい位置にペダルをセットし、サドルから腰を浮かせない姿勢から8秒間の最大努力を行い続けるよう口頭で励ましつづけた。なお、測定時はトークリップで両足のつま先をペダルに固定した。測定は2セットとし、セット間の休息は2分とした。測定終了後に最高回転数、平均パワー、平均パワーの対ピーク比（%）が調整器に表示され、ピークパワーは平均パワーを対ピーク比（%）で除して算出した。なお、1日目と2日目の測定における全力ペダリングで得られた測

定結果の優れた値を個人のピークパワーとした。Wingateテスト（Inbar and Bar-Or, 1986）で用いられる7.5% BW負荷を用いた測定についても、同様の手順で行った。

## 2.4. 下肢筋パワー測定

脚伸展パワーはキックフォース（TKK3103c：竹井機器製）を用いて座位姿勢にて全力で脚伸展させた際の最大筋パワーを測定した。スタート時の膝関節角度は90度とし、負荷を80 cm/secの等速性運動で脚伸展させる運動を6回行わせて最大値を求めた。脚伸展パワーは体重あたりの相対値で示した。

椅子立ち上がりは高さ40 cmの椅子から30秒間で立ち上がれる回数を測定するCS-30測定を行わせた（中谷たち, 2002）。椅子はマルチボックス（TKK5005：竹井機器製）を用い、腕を胸の前で組ませたスタート姿勢から、「用意、ハイ」の合図で背中や膝関節が伸展する姿勢に立たせ、素早く座するという運動を全力で1回行わせた。

垂直跳びはジャンプMD（TKK5406：竹井機器製）を用いて腰にベルトで機器を固定した状態で垂直方向に跳躍する距離を2回測定した。ジャンプする際は両腕の反動動作を用いさせた。なお、これら3種類の筋パワー測定は、脚伸展パワー、立ち上がり、垂直跳びの順序で十分な休息の後にそれぞれ行った。

## 2.5. 統計的検定

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。信頼性（日間）は1日目の0.45 N/BW負荷での自転車全力ペダリング測定によるピークパワーの結果と2日目の測定結

表1. 対象者の身体特性

年代	n	年齢 (yr)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
20歳台	11	21.1 ± 0.8	173.6 ± 6.1	66.7 ± 8.3	22.2 ± 2.2
30歳台	10	35.0 ± 2.6	172.4 ± 5.7	64.1 ± 6.8	21.6 ± 2.2
40歳台	18	45.2 ± 2.3	169.2 ± 4.3	68.1 ± 9.2	23.7 ± 2.8
50歳台	14	53.3 ± 3.2	168.3 ± 6.4	63.6 ± 11.3	22.4 ± 2.9
60歳以上	13	64.5 ± 3.1	163.3 ± 5.2 *	60.5 ± 11.8	22.7 ± 4.2
全体	66	45.5 ± 14.7	169.1 ± 6.2	64.9 ± 9.7	22.7 ± 2.9

平均値±標準偏差, \*  $p < 0.05$  (20歳台との比較)

果の一致度（再テスト法）で検討した。方法は一要因分散分析を用いて2試行の差の検定を行った後に級内相関係数（intraclass correlation coefficient：ICC）を求めた（出村，2007）。0.45 N/BW 負荷と7.5% BW 負荷あるいは他の測定項目や年齢との関係はピアソンの積率相関分析を用いた。各年代の形態の比較とピークパワーの加齢変化は20歳台を対照群としてDunnett法による多重比較検定を用いて検討した。統計処理にはPASW Statistics 18 (SPSS)を用い、有意水準は $p < 0.05$ とした。

### 3. 結果

0.45 N/BW 負荷を用いた全力ペダリングによる測定結果の一致度について分析した。再テスト法による1日目と2日目の測定の結果、ピークパワーの絶対値および体重あたりの相対値にはそれぞれ有意な差はなく、ICCはいずれも0.9以上で良好であった（表2）。

0.45 N/BW 負荷による最高回転数は $163.5 \pm 21.9$  rpm、ピークパワーの絶対値は $480.9 \pm 118.4$  watt、体重あたりの相対値は $7.4 \pm 0.9$  watt/kgで、7.5% BW 負荷での最高回転数は $134.3 \pm 21.7$  rpm、ピークパワーの絶対値は $648.7 \pm 158.2$  watt、体重あたりの相対値は $9.9 \pm 1.6$  watt/kgであった。0.45 N/BW 負荷における全力ペダリングの最高回転数とピークパワーの相関係数は絶対値が $r = 0.762$ 、体重あたりの相対値は $r = 0.989$ とそれぞれ強い相関係数（それぞれ $p < 0.05$ ）を示した。0.45 N/BW 負荷と7.5% BW 負荷で求めたピークパワーとの関係を図1に示した。ピークパワーの絶対値は $r = 0.974$ 、体重あたりの相対値は $r = 0.936$ と非常に強い相関係数（それぞれ $p < 0.05$ ）を示した。

下肢筋パワーの平均値と標準偏差は、脚伸展パワーが $133 \pm 3.4$  watt/kg、椅子立ち上がりが $27.9 \pm 5.2$  回、垂直跳びが $47.3 \pm 9.6$  cmであった。0.45 N/BW 負荷で求めたピークパワーと脚伸展動作に関わる脚伸展パワー、椅子立ち上がり、垂直跳びとの関係を表3に示した。ピーク

クパワーの絶対値とこれらの項目との関係は $r = 0.321 \sim 0.569$ 、体重あたりの相対値との関係は $r = 0.639 \sim 0.785$ とそれぞれ有意な相関係数（ $p < 0.05$ ）を示した。

自転車全力ペダリングによるピークパワーは加齢ともない有意に低下した（図2）。年齢とピークパワーの相関係数は絶対値が $r = -0.568$ 、体重あたりの相対値は $r = -0.815$ となり（それぞれ $p < 0.05$ ）、20歳を基準として回帰式より10年間のピークパワーの低下度を求めると、絶対値で7.3%、体重あたりの相対値で6.2%であった。各年代のピークパワーの結果を表4に示した。20歳台に対して、ピークパワーの絶対値は50歳台で有意に低下するのに対して、体重あたりの相対値は30歳台から低下した。体重あたりの相対値は20歳台に比べて60歳台で29.5%低下した。

### 4. 考察

自転車エルゴメータによる測定では、様々なペダル回転数（0～200回転）からスタートさせた場合（スタート条件）や、全力ペダリングを維持したまま負荷を変えるとピークパワーに差がみられる（中村，1998）。また、全力ペダリング時に足先をトークリップでペダルに固定した方が、固定しない場合に比べておよそ17%もピークパワーが増大すると報告されている（Capmal and Vandewalle, 1997）。さらに、電磁ブレーキを用いた自転車エルゴメータの測定では、重錘による摩擦抵抗を用いた自転車（Monark製）よりも大きなパワー値が得られ（Buttelli et al., 1996）、負荷様式や測定条件、用いる自転車が異なることでピークパワーが変化すると考えられる（中村，1998）。8秒間の全力ペダリングを用いた一連の先行研究（Kostka et al., 1997; Bonnefoy et al., 1998; Kostka, 2005）では、重錘による摩擦抵抗を用いた自転車でトークリップを使用せずに最大ペダリングを行わせている。これらの研究と本研究のスタート開始前の条件（静止状態）は同じであるが、自転車の負荷様式が異なる

表2. 自転車全力ペダリングによるピークパワーの再テスト結果

	1日目		2日目		ICC	F値	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差			
ピークパワー (watt)	473.0	113.2	475.5	107.0	0.972	0.59	ns
ピークパワー (watt/kg)	7.19	1.04	7.20	0.95	0.908	0.05	ns

ICC, intraclass correlation coefficient (n = 66).

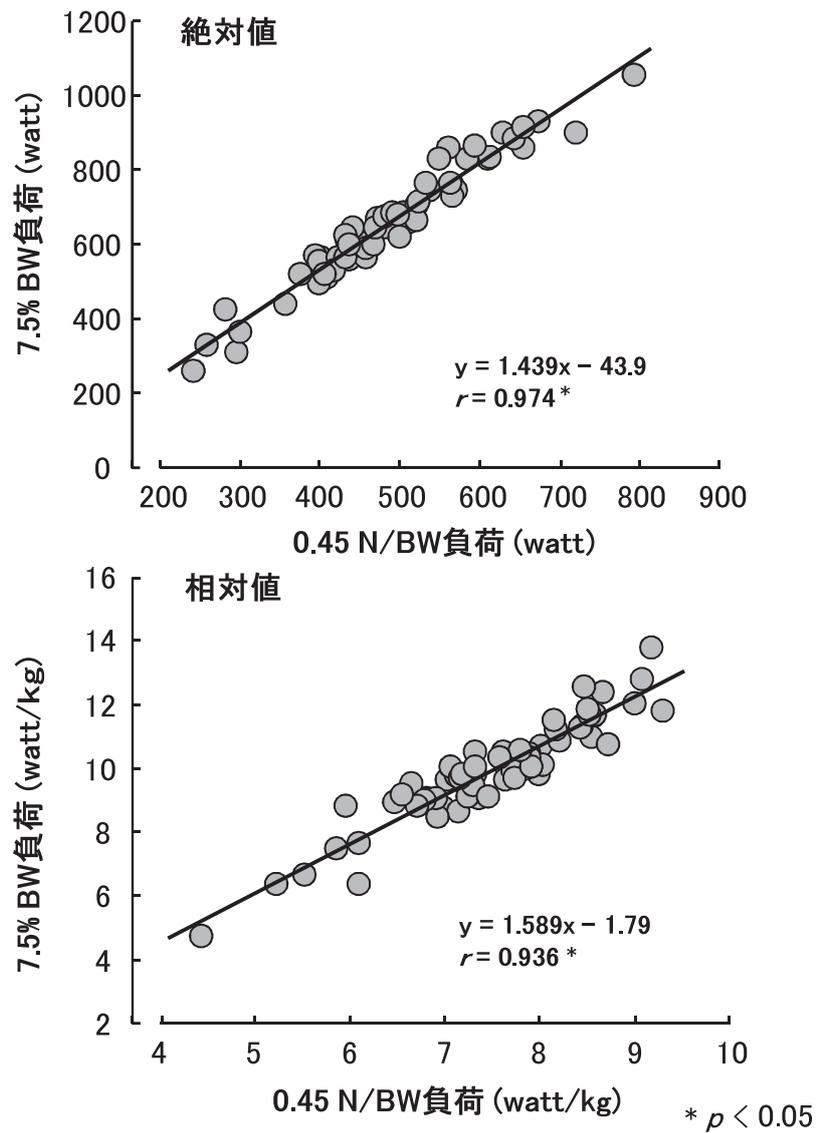


図1. 0.45 N/BW と 7.5% BW 負荷によるピークパワーの関係

表3. ピークパワー, 脚伸展パワー, 椅子立ち上がり, 垂直跳びの関係

変数	相関関係			
	1	2	3	4
1. ピークパワー(watt)				
2. ピークパワー(watt/kg)	0.761*			
3. 脚伸展パワー(watt/kg)	0.478*	0.785*		
4. 椅子立ち上がり(回/30秒)	0.321*	0.639*	0.754*	
5. 垂直跳び(cm)	0.569*	0.781*	0.772*	0.560*

\*  $p < 0.05$  (n = 66).

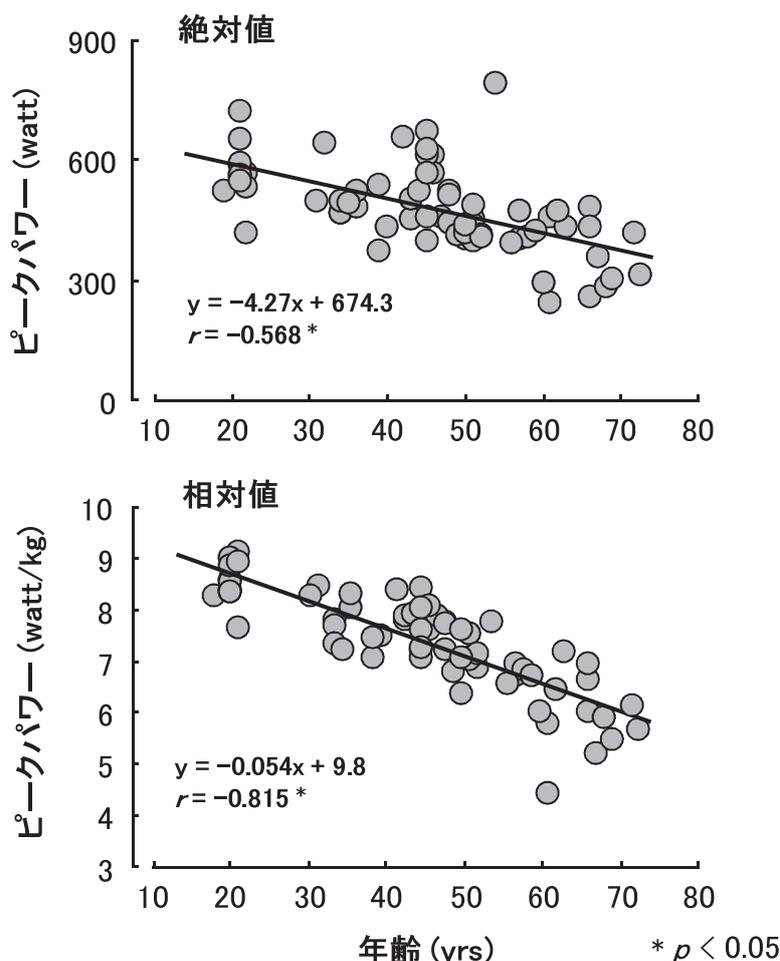


図2. 全力ペダリング (0.45 N/BW 負荷) によるピークパワーと年齢との関係

表4. 自転車全力ペダリングによるピークパワーの加齢変化

年代	n	ピークパワー (watt)	ピークパワー (watt/kg)
20歳台	11	569.1 ± 75.3	8.53 ± 0.42
30歳台	10	497.7 ± 66.8	7.76 ± 0.48*
40歳台	18	523.4 ± 86.3	7.67 ± 0.45*
50歳台	14	449.3 ± 98.7*	7.04 ± 0.40*
60歳以上	13	364.7 ± 91.8*	6.01 ± 0.81*

平均値±標準偏差, \*  $p < 0.05$  (20歳台との比較)

ることやトルクリップの有無によって結果への影響が考えられる。そのため、本研究の測定方法で得られたパワー値の信頼性を改めて示すことは必要と考えた。

自転車エルゴメータによる無酸素性パワーの信頼性は、一般成人を対象とした場合で0.89～0.99 (Patton et al., 1985; Bar-Or, 1987; Coso and Mora-Rodriguez, 2006), 青年期のダウン症患者を対象とした測定では0.93

と報告されている (Guerra et al., 2009)。本研究では、1日目と2日目のピークパワーの結果に有意差はなく、ICCはピークパワーの絶対値では0.972、体重あたりの相対値では0.908と良好であった。下肢の筋パワーや筋力の測定では座位による脚伸展パワーの信頼性 (ICC) は0.96 (中谷と上, 2004), 椅子立ち上がり動作を利用した力発揮速度で0.892～0.951 (中谷と上, 2004) であ

り、体力科学分野での測定値の信頼性は  $ICC \geq 0.7$  で良好とされ (Vincent, 1999; 出村, 2007), 本研究の全力ペダリングによるピークパワー測定の高信頼性は高いといえる。

次に、0.45 N/BW 負荷と Wingate テストで一般的に用いられる 7.5% BW 負荷をそれぞれ 8 秒間行わせて得られたピークパワーの関連性を検討した。その結果、0.45 N/BW 負荷と 7.5% BW 負荷はピークパワーの絶対値 ( $r = 0.974$ ) および体重あたりの相対値 ( $r = 0.937$ ) とともに非常に強い相関関係を示した。0.45 N/BW 負荷における最高回転数は 7.5% BW 負荷に比べて 29.2 回転 (21.6%) 早かったものの、ピークパワーは 167.8 watt (25.9%) 低値を示していた。自転車エルゴメータを用いた無酸素性パワーの測定では、パワー値は負荷の増加にともなって高くなり、ある時点を超えて低下する放物線状の関係を示す (Arsac et al., 1996; Bonnefoy et al., 1998)。本研究では 0.45 N/BW という単独の負荷でピークパワーを測定しているため、複数の負荷によりパワーを測定したり、個人の負荷とパワーの関係から至適負荷を求めてピークパワーを外挿する方法を用いていない。そのため本研究の方法で求めたピークパワーは、厳密に個人の無酸素性パワーの最大値を評価しているとはいえないという限界はある。しかし、体力水準が低い者や高齢者を含めた測定では負荷が大きくなると呼吸循環器系や筋骨格系への負担も大きくなり、安全面を考慮するならば体重の 7.5% に相当する重い負荷を用いなくとも、0.45 N/BW 負荷でピークパワーを求めることは有効な方法といえる。

本研究の全力ペダリングで得られたピークパワーの絶対値および体重あたりの相対値は脚伸展パワー、椅子立ち上がり、垂直跳びと中程度の関連性が認められ、いずれも体重あたりの相対値の方が相関係数は高かった。会田たち (1992) は自転車全力ペダリングで発揮される無酸素性パワーと立位での等尺性脚伸展力との相関関係を検討し、3~7 kp のいずれの負荷においても最大筋力がパワー発揮に大きく影響すると報告している。さらに、静止状態からの全力ペダリングをスタート局面、加速局面、最高速度を維持する全速局面に分けて検討したところ、すべての局面におけるパワーは脚伸展力に大きく影響されることを明らかにしている。また、岩田たち (2005) は健常成人を対象とした等尺性膝伸展力と無酸素性パワーの関係では、体重補正後のパワー値と膝伸展力の間の中程度 ( $r = 0.62$ ) の相関関係を報告している。これらの研究では等尺性の筋発揮動作を用いた脚伸展力あるいは膝伸展力との関係を検討しているが、自転車ペダリ

ングは動的運動であることから同様な筋発揮様式を用いた動作の結果と比較することが求められる。全力ペダリングで求めたピークパワーと動的な筋発揮で求めた脚伸展動作に関わる下肢筋パワーの相関関係は中程度から強く、自転車エルゴメータによるパワー測定の有用性は認められた。また、走動作やジャンプ動作に比べて自転車ペダリングは座位による運動であるため転倒リスクが少なく、さらにこれらの動作でみられる下肢への着地衝撃を軽減できるという長所も有している。

本研究では 8 秒間の自転車全力ペダリングによるピークパワーの加齢変化について検討した。その結果、20 歳を基準として回帰式より求めたピークパワーの低下度 (体重あたりの相対値) は 10 年間で 6.2% 減少し、20 歳台に比べて 60 歳以上では 29.5% の低下を示した。Kostka et al. (2009) はピークパワーの加齢変化と身体活動の関係を検討したところ、体重あたりの相対値は 10 年で 10.3% 低下し、20 歳台と比較して 60 歳台のピークパワーは 36.5% 低下したことを報告している。さらに、若年者では身体活動量の差がパワー発揮能力の差につながるものの、高齢者ではその差はわずかとなり、加齢によってピークパワーに影響する因子が異なることを示唆している (Kostka et al., 2009)。同様に、Bonnefoy et al. (1998) もピークパワーの低下は身体活動による差はなく年齢とのみ有意に相関し、10 年間で 8.3% 低下することを示した。また、Kostka (2005) は大腿四頭筋の筋発揮パワーと筋収縮速度の加齢変化を検討したところ、筋発揮パワーは 10 年間で 10.7% 低下するのに対して筋収縮速度は 6.6% で、筋発揮パワーの低下度が大きかったと報告している。Marsh et al. (1999) は活動的な若年者 ( $30.6 \pm 4.5$  歳) と活動的な高齢者 ( $68.5 \pm 2.4$  歳) を対象として、Wingate テストで求めた無酸素性パワーは高齢者が若年者に比べて 26.7% 低い値を示し、10 年で 7% 低下することを報告している。さらに、Skelton et al. (1994) は下肢の等尺性筋力は年 1~2% 低下するのに対して筋パワーは年 3.5% 低下するとし、筋力よりも筋パワーの方が加齢による低下は大きいと述べている。筋パワーは筋力と収縮速度の積として表されることから、全力運動において筋力よりも収縮速度に関わる生理的な変化が加齢により大きく影響されることが示唆される。加齢にともなうこれらの変化は歩行能力や下肢筋機能の低下にもつながり、将来の身体機能低下を早める (Guralnik et al., 1995)。そのため、下肢筋機能の評価のひとつである自転車ペダリングによる動的な筋発揮動作で求めた無酸素性パワーを評価する意義は大きく、特に、高齢者や体力水準の低い者のデータを今後明らかにして

いくことは、それらの機能低下を予防するためにも重要であろう。本研究では各年代の対象者が少数であったため、各年代の代表となる結果であったかは疑問が残る。また、横断的な研究手法を用いたため本研究で明らかにしたピークパワーの加齢変化は限定的と言わざるを得ない。しかし、これまでに報告された横断的研究を用いたピークパワーの加齢変化と本研究の結果はほぼ同様であった。従って、自転車エルゴメータを用いた無酸素性ピークパワーの低下度は対象者の身体活動量や活動レベルによって異なるものの、10年でおおよそ6~10%低下することが推察される。今後は本研究の負荷による自転車全力ペダリングで得られた無酸素性ピークパワーのデータを全年齢にわたり多数蓄積するとともに、性別年齢階級別段階評価表を作成し、加齢によるピークパワーの低下を予防するための検討を続けていくことが求められる。

## 5. まとめ

本研究では0.45 N/BWの負荷を用いた8秒間の自転車エルゴメータによる無酸素性パワー測定信頼性を検討するとともに、得られたピークパワーと脚伸展パワー、椅子立ち上がり、垂直跳びとの関係、加齢によるピークパワーの低下度を検討することを目的とした。その結果、再テスト法によるピークパワー測定のICCは0.908~0.972と高い信頼性を示し、信頼性は良好であった。ピークパワーの体重あたりの相対値は7.5% BW負荷で得られたパワー値、脚伸展パワー、椅子立ち上がり、垂直跳びと中程度から強い関連性を示した。ピークパワーは加齢にともなって低下し、10年間の低下度は6.2%であった。以上のことから、本研究の自転車エルゴメータを用いた8秒間の無酸素性パワー測定は幅広い年齢層に共通する負荷を用いて測定することができ、測定の信頼性が高く、脚伸展動作に関わる下肢筋パワーとも関連し、加齢による低下度を明らかにすることができた。

## 謝辞

本研究の遂行に際して格別のご配慮をいただきました橋本武徳氏、被検者としてご協力いただきました天理教海外部および境内係、天理大学職員、天理市テニス協会会員の皆様に感謝いたします。

## 文献

- 網嶋 弘, 芳田哲也, 常岡秀行 (2006) 競技者の自転車運動時における最大無酸素・有酸素パワーの決定要因. 日本機械学会シンポジウム講演論文集: 52-55.
- Arsac, L.M., Belli, A., and Lacour, J.-R. (1996) Muscle function during brief maximal exercise: accurate measurements on a friction-loaded cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol* 74: 100-106.
- 会田 宏, 高松 薫, 杉森弘幸, 向井俊哉 (1992) 自転車エルゴメータの全力ペダリングにおいて発揮される無機能的パワーの特性. 筑波大学体育科学系紀要 15: 191-197.
- Bar-Or, O. (1987) The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med* 4: 381-394.
- Bean, J.F., Leveille, S.G., Kiely, D.K., Bandinelli, S., Guralnik, J.M., and Ferrucci, L. (2003) A comparison of leg power and leg strength within the InCHIANTI study: which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58: 728-733.
- Bonnefoy, M., Kostka T., Arsac L.M., Berthouze S.E., and Lacour J.-R. (1998) Peak anaerobic power in elderly men. *Eur J Appl Physiol* 77: 182-188.
- Bosco, C., Luhtanen P., and Komi P.V. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 50: 273-282.
- Buttelli, O., Vandewalle, H., and Peres, G. (1996) The relationship between maximal power and maximal torque-velocity using an electronic ergometer. *Eur J Appl Physiol* 73: 479-483.
- Capmal, S. and Vandewalle, H. (1997) Torque-velocity relationship during cycle ergometer sprints with and without toe clips. *Eur J Appl Physiol* 76: 375-379.
- Coso, J.D. and Mora-Rodriguez R. (2006) Validity of cycling peak power as measured by a short-sprint test versus the Wingate anaerobic test. *Appl Physiol Nutr Metab* 31: 186-189.
- 出村慎一 (2007) 健康・スポーツ科学のための研究方法. 杏林書院: 東京, pp. 252-256.
- Ferretti, G., Narici, M.V., Binzoni, T., Gariod, L., Le Bas, J.F., Reutenauer, H., and Cerretelli, P. (1994) Determinants of peak muscle power: effects of age

- and physical conditioning. *Eur J Appl Physiol* 68: 111-115.
- Guerra, M., Gine-Garriga, M, and Fernhall, B. (2009) Reliability of Wingate testing in adolescents with Down syndrome. *Rediatr Exerc Sci* 21: 47-54.
- Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Simonsick, E.M., Salive, M.E., and Wallace, R.B. (1995) Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med* 332: 556-561.
- Inbar, O. and Bar-Or, O. (1986) Anaerobic characteristics in male children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 18: 264-269.
- 岩田 学, 近藤和泉, 細川賀乃子 (2005) 無酸素性運動能力の評価－ウイングート無酸素性測定を中心に－. *リハビリテーション医学* 42: 880-887.
- Kostka, T., Bonnefoy, M., Arzac, M.L., Berthouze, S.E., Belli, A., and Lacour, J.-R. (1997) Habitual physical activity and peak anaerobic power in elderly women. *Eur J Appl Physiol* 76: 71-87.
- Kostka, T. (2005) Quadriceps maximal power and optimal shortening velocity in 335 men aged 23-88 years. *Eur J Appl Physiol* 95: 140-145.
- Kostka, T., Drygas, W., Jegier, A., and Zaniewicz, D. (2009) Aerobic and anaerobic power in relation to age and physical activity in 354 men aged 20-88 years. *Int J Sports Med* 30: 225-230.
- Margaria, R., Aghemo P., and Rovelli E. (1966) Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *J Appl Physiol* 21: 1662-1664.
- Marsh, G.D., Paterson, D.H., Govindasamy, D., and Cunningham, D.A. (1999) Anaerobic power of the arms and legs of young and older men. *Exp Physiol* 84: 589-597.
- Martin, J.C., Farrar, R.P., Wagner, B.M., and Spirduso, W.W. (2000) Maximal power across the lifespan. *J Gerontol Med Sci* 55A: M311-M316.
- 中村好男 (1998) 自転車エルゴメータによる最大パワー評価の問題点. *早稲田大学人間科学研究* 1: 105-113.
- 中谷敏昭, 灘本雅一, 三村寛一, 伊藤 稔 (2002) 日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する 30 秒椅子立ち上がり測定の妥当性. *体育学研究* 47: 451-461.
- 中谷敏昭, 上 英俊 (2004) 椅子からの立ち上がり動作を利用した下肢筋力評価法. *体力科学* 53: 183-188.
- Patton, J.F., Murphy, M.M., and Frederick, F.A. (1985) Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med* 6: 82-85.
- Skelton, D.A., Greig, C.A., Davices, J.M., and Young, A. (1994) Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Aging* 23: 371-377.
- Vandervoort, A.A. (2002) Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve* 25: 17-25.
- Vincent, W.J. (1999) *Statistics in Kinesiology*. Human Kinetics, Champaign, Illinois pp. 182-185.