無氣的パワーにおける“力型”と“スピード型”の タイプからみたラグビー選手の特性

高 松 薫 (筑波大学) 佐 藤 芳 弘 (筑波大学)
宮 坂 雅 昭 (筑波大学) 高 森 秀 蔵 (筑波大学)

(昭和63年7月25日 受付)

Characteristics of rugby football players viewed from strength and
speed types in anaerobic power

Kaoru Takamatsu¹, Yoshihiro Sato², Masaaki Miyasaka¹ and Hidezo Takamori¹

Abstract

The level and type of anaerobic power for forward and back players of rugby football were investigated. Subjects were thirty-five college rugby football players and sixteen college male sprinters and throwers. Peak frequency of revolution and peak power during 7-s pedalling were measured at torques of 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0 kgm. The level of anaerobic power was determined by the maximum peak power and its relative value to body weight. The type of anaerobic power was determined by the coefficients of linear equation representing relationship between peak frequency of revolution and torque. Results were as follows;

- 1) Maximum anaerobic power of forward players was larger than that of back players, but the relative value to body weight was smaller.
- 2) Maximum anaerobic power and the relative value to body weight for forward or back players of varsity team were larger than those of the farm team.
- 3) Maximum anaerobic power and the relative value to body weight of forward players were smaller than those of the throwers. The maximum anaerobic power relative to body weight of back players was smaller than that of the sprinters, but no difference in maximum anaerobic power.
- 4) Forward players were characterized as strength type because they exerted higher level of anaerobic power in the larger torques. On the other hand, back players were characterized as speed type because they were superior in the smaller torques.
- 5) Rugby football players were characterized as speed type in comparison with the throwers, but as strength type compared with the sprinters.

(Kaoru Takamatsu, Yoshihiro Sato, Masaaki Miyasaka and Hidezo Takamori, "Characteristics of rugby football players viewed from strength and speed types in anaerobic power", *Japan J. Phys. Educ.*, 34—1 : 81—88, June, 1989)

¹ Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba: Tennoda 1-1, Tsukuba, Ibaraki (305)

² Iwaki High School: Takatsuki 7, Taira, Iwaki, Fukushima (970)

結 言

ラグビーの試合では、スクラム、ラインアウト、モール、ラック、スタートダッシュ、全速疾走などの数秒間の激しい運動が間欠的に反復される。このことは、ラグビー競技では無氣的パワーが極めて重要であることを意味する。

ラグビー選手の無氣的パワーを評価する方法の一つとして、自転車エルゴメーターによる数秒間の全力ペダリングが用いられている^{2),7)}。Cavagna, G.A.¹⁾は、ペダリングでは弾性エネルギーを利用しないと述べている。このことは、全力ペダリングではおもに下肢の連続的・循環的なピストン型運動によって発揮されるパワーをもとにして、コンセントリックな無氣的パワーを評価することができることを意味する。一方、自転車エルゴメーターは摩擦負荷を変えることができる。このことは、全力ペダリングでは各負荷において発揮されるパワーの大きさのみでなく、すなわち無氣的パワーのレベルのみでなく、無氣的パワーは小さい負荷と大きい負荷のいずれの場合に相対的に大きいのか、すなわちスピード型と力型のいずれの無氣的パワーのタイプ⁶⁾に優れているのかも評価することができることを意味する。しかし、従来の研究では、無氣的最大パワーやある特定の負荷における無氣的パワーのレベルを検討したものが多く^{2),3),7)}、無氣的パワーの特性をタイプの面から検討したものは少ない⁴⁾。

そこで本研究では、全力ペダリングによって発揮されるパワーをもとにして、ラグビーのフォワード選手とバックス選手の無氣的パワーの特性を、レベルとタイプの両面から検討した。なお、ラグビー選手の無氣的パワーの特性をより明確にするために、競技水準の高い陸上競技の短距離選手および投てき選手の無氣的パワーの特性と比較検討した。

方 法

1. 被検者

被検者には、大学に在籍する男子のラグビー部員35名、および陸上競技部員16名を用いた。

ラグビー部員の内訳は、レギュラークラスのフォワード選手8名(F 1群)とバックス選手7名(B 1群)、および非レギュラークラスのフォワード選手10名(F 2群)とバックス選手10名(B 2群)である。このチームは、測定期間中に行われていた関東大学対抗戦グループにおいて3位になった。

陸上競技部員の内訳は、短距離選手8名(S群)、および投てき選手8名(T群)である。なお、短距離選手の内訳は、100m 3名(10.77±0.07秒, 10.73—10.85秒), 200m 2名(21.72±0.18秒, 21.59—21.84秒), 400m 3名(48.31±0.49秒, 47.86—48.83秒)である。また、投てき選手の内訳は、やり投げ4名(62.71±6.87m, 54.64—69.28m), 円盤投げ3名(47.78±1.01m, 46.76—48.78m), ハンマー投げ1名(48.48m)である。これらの大部分の選手は大学の代表選手である。

表1に各群の身体特性を示した。

2. 測定項目および測定法

運動負荷装置には、負荷(トルク)を任意に設定できるハイパワー自転車エルゴメーター(TKK社製)を用いた。

被検者には、3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0kgmの5種類のトルクに対して、7秒間の全力ペダリングを各々1回行わせた。試技間には、10分以上の休息をとらせた。試技は、いずれも同じ脚から行わせた。サドルの高さとスタート時のペダルの高さは、被検者ごとに最も行きやすい位置に調節させた。これらの高さは、いずれの負荷に対しても同じにさせた。また、ペダリング中にサドルから腰が上がらないように注意させた。

この実験に用いた自転車エルゴメーターは、ペダルの回転速度に応じた電圧を任意の時間間隔で外部に出力できる。本研究では、ペダリング中の電圧を20msecごとにADコンバーターを介してコンピューターに記録した。各試技ごとに、最高電圧からペダルの最高回転速度を求め、次いで次式によってピークパワーを求めた。

ピークパワー (watt)

$$= 1.024 \times \text{ペダルの最高回転速度 (rpm)} \\ \times \text{トルク (kgm)}$$

Table 1. Characteristics of each group.

Group	n	Age (yrs)	Body height (m)	Body weight (kg)
Rugby football Varsity team				
Forward players (F1)	8	21.6±1.0	1.80±0.03	81.0±3.8
Back players (B1)	7	20.7±1.0	1.72±0.06	70.5±5.5
Farm team				
Forward players (F2)	10	20.7±1.1	1.79±0.05	83.4±8.0
Back players (B2)	10	20.9±0.9	1.72±0.03	69.8±4.0
Track and field				
Sprinters (S)	8	20.4±1.0	1.75±0.04	66.0±3.9
Throwers (T)	8	20.8±1.0	1.78±0.03	78.7±4.5
F value		1.23	5.58* F1>S・B1・B2 F2・T>B1・B2	13.70* F2・F1・T>B1・B2・S

*, p<0.05 >, p<0.05

なお本研究では, 5種類のトルクにおけるピークパワーの最大値を, その被検者の最大パワーとした。

3. 統計処理

測定結果の群間差を検定するために分散分析を行った。その結果, F値が有意であると認められた項目については, さらにライヤンの方法⁹⁾を用いて多重比較を行った。統計処理の有意性は危険率5%水準で判定した。

結 果

1. ラグビー選手の無氣的パワーのレベル

図1に, 各負荷(トルク)における全力ペダリング中の最高回転数とピークパワーを, いずれも成績のよい順に示した。

最高回転数は, いずれの群もトルクの増大とともに低下した。

ピークパワーは, T群では3.0から9.0kgmまで上昇した。しかし, 他の5群では3.0から7.5kgmまで上昇したが, 7.5から9.0kgmにかけて低下した。特に, S群とB2群のピークパワーは著しく低下した。

最高回転数とピークパワーには, 6.0kgmでは6群間に有意差は認められなかったが, 3.0, 4.5kgm, および7.5, 9.0kgmではいずれも6群間に有意差が認められた。しかし, 成績の順位はトル

クが小さい場合と大きい場合では異なった。典型的な例として, S群はトルクが小さい場合には最も高く, 大きい場合には最も低いことが認められた。

表2に, 最大パワー(ピークパワーの最大値)と体重当りの最大パワー, およびそれが出現した時のトルクを示した。

上述の3項目には, いずれも6群間に有意差が認められた。

F1群はF2群よりも, B1群はB2群よりも, いずれも最大パワー, 体重当りの最大パワーはともに高い傾向にあった。また, F1, F2群はB1, B2群よりも最大パワーは高いが, 体重当りの最大パワーは低い傾向にあった。

一方, F1, F2群はT群よりも, 最大パワー, 体重当りの最大パワーはともに低い傾向にあった。また, B1, B2群はS群よりも最大パワーはほぼ同じ水準にあったが, 体重当りの最大パワーは低い傾向にあった。

最大パワーが得られたトルクはT群が最も大きく, 次いでF1, F2, B1, B2, S群の順に大きい傾向にあった。しかし, 表中の()内の数字が示すように, 9kgmで最大パワーが出現した選手がT群には7名, F1群には5名, F2群には4名もいたので, これらの群の最大パワーと体重当りの最大パワー, およびそれが出現した

Fig. 1 Peak frequency of revolution and peak power during 7-s pedalling at each torque.

Statistical data ;

3.0kgm $F=4.50$ ($p<0.05$) $S>B1 \cdot B2 \cdot F2$ ($p<0.05$)

$F1 \cdot T \cdot B1>F2$ ($p<0.05$)

4.5kgm $F=3.51$ ($p<0.05$) $S \cdot T>B1 \cdot B2 \cdot F2$ ($p<0.05$)

$F1>F2$ ($p<0.05$)

6.0kgm $F=1.27$ (ns)

7.5kgm $F=3.06$ ($p<0.05$) $T>F2 \cdot S \cdot B1 \cdot B2$ ($p<0.05$)

$F1>B2$ ($p<0.05$)

9.0kgm $F=5.70$ ($p<0.05$) $T>F2 \cdot B1 \cdot B2 \cdot S$ ($p<0.05$)

$F1 \cdot F2>B2 \cdot S$ ($p<0.05$)

Table 2. Maximum power and its relative value to body weight in 7-s pedalling at different torques, and the torque at which maximum power was appeared.

Group	Maximum power (watt)	Maximum power /body weight (watt/kg)	Torque (kgm)
F1	969±86	12.0±1.1	8.25±0.75(5)
B1	890±134	12.6±1.3	7.71±0.96(4)
F2	908±117	10.9±1.2	8.25±0.75(2)
B2	842±73	12.1±1.0	7.05±0.96(1)
S	876±78	13.2±0.8	6.94±1.04(1)
T	1054±111	13.4±1.0	8.81±0.50(7)
F value	4.23* T>F2•B1•S•B2 F1>B2	5.46* T>B2•F1•F2 S>F1•F2 B1•B2>F2	5.95* T>B1•B2•S F1•F2>B2•S

1. The numbers in the parentheses are the number of the subjects who exerted maximum power at the torque of 9 kgm.
2. *, $p<0.05$ >, $p<0.05$

Fig. 2 “a” and “b/a”, i.e. the coefficients of linear equation* estimating peak frequency of revolution during 7-s pedalling from torque.

*, $Y=a+bX$...(1) $Y/a=1+(b/a) \cdot X$...(2)
Y (rpm), peak frequency of revolution
X (kgm), torque

Statistical data;

Top fig. $F=5.95$ ($p<0.05$)
 $S>B2 \cdot B1 \cdot F1 \cdot T \cdot F2$ ($p<0.05$)
 $B2>F2$ ($p<0.05$)
Bottom fig. $F=6.34$ ($p<0.05$)
 $T>B1 \cdot B2 \cdot S$ ($p<0.05$)
 $F1 \cdot F2>B2 \cdot S$ ($p<0.05$)

Fig. 3 Relationship between “b/a” and “a”, i.e. the coefficients of linear equation estimating peak frequency of revolution during 7-s pedalling from torque.

トルクは実際にはもっと高いと考えられる。

2. ラグビー選手の無氣的パワーのタイプ

図1の上図からも認められるように、全力ペダリング中の最高回転数はトルクの増大とともにほぼ直線的に低下した。しかし、その低下のしかたはグループによって、また個人によってかなり異なった。そこで、最高回転数(Y)をトルク(X)に対する1次式 [$Y=a+b \cdot X$] に近似させた場合の定数aと係数bを被検者ごとに求めた。なお、能力差を消去するために、bをaで除した値b/aも求めた [$Y/a=1+(b/a) \cdot X$]。

図2にa, b/aをいずれも高い順に示した。

a, b/aには、いずれも6群間に有意差が認められた。

b/aは、6群ともに負の値を示した。本研究では、この値が大きいくほど、すなわち0に近いほど、トルクが大きくなってもピークパワーの低下のしかたは小さいので力型の無氣的パワーに相対的に優れているとみなし、逆の場合はスピード型の無氣的パワーに相対的に優れているとみなした。

このような見方に立って、各群の無氣的パワーのタイプを比較すると、F1群とF2群の無氣的パワーのタイプはほぼ同じであったが、B1群は

B 2 群よりも力型の無氣的パワーに優れる傾向にあった。また、F 1, F 2 群は B 1, B 2 群よりも力型の無氣的パワーに優れる傾向にあった。

一方、F 1, F 2 群は T 群よりもスピード型の無氣的パワーに優れ、B 1, B 2 群は S 群よりも力型の無氣的パワーに優れる傾向にあった。

なお、a, すなわち 0kgm での最高回転数は、S 群が最も高く、次いで B 2, B 1, F 1, T, F 2 群の順であった。

図 3 に b/a と a との関係を示した。

両者間には有意な負の高い相関関係が認められた ($r = -0.704$, $p < 0.05$)。このことは、 a が大きいほど、すなわち軽い負荷での最高回転数が高いほどスピード型の無氣的パワーに相対的に優れていることを意味する。

考 察

1. 無氣的パワーのレベルからみたラグビー選手の特性

自転車エルゴメーターの全力ペダリングでは、各負荷で発揮されるピークパワー、およびその最大値である最大パワーなどをもとにして、無氣的パワーのレベルを評価することができる³⁾。

最大パワーと体重当りの最大パワーをポジション間で比較した場合には、小田ら⁷⁾、橋本ら²⁾の報告と同様に、フォワード選手はバックス選手に比較して最大パワーは高いが、体重当りの最大パワーは低い傾向にあることが認められた。これはフォワードとバックスの各ポジションの特性を反映しているものと考えられる。フォワード選手はスクラム、モール、ラックなどのような大きな力の発揮が要求される運動場面が多いので、体重当りの無氣的最大パワーは若干低くても、その絶対値そのものが高ければ競技力を高くするためには有利になると考えられる。一方、バックス選手はダッシュや全速疾走のような自己の体重を支配することが要求される運動場面が多く、またモールやラックに加わることがあってもその頻度はフォワード選手よりも少ないので、無氣的最大パワーは若干低くても、体重当りの無氣的最大パワーが高ければ競技力を高くするためには有利になると

考えられる。

フォワード選手の最大パワーと体重当りの最大パワーを、レギュラー選手と非レギュラー選手との間で比較した場合には、小田ら⁷⁾の報告と同様に、レギュラー選手は非レギュラー選手に比較していずれも高い傾向にあることが認められた。同様の結果は、バックス選手のレギュラー選手と非レギュラー選手との間にも認められた。これは、競技力には技術の優劣のみでなく、無氣的最大パワーと体重当りの無氣的最大パワーの両者の優劣も大きく関与していることを示唆している。なお、身長、体重には、フォワード選手、バックス選手ともにレギュラー選手と非レギュラー選手との間に顕著な差は認められなかった。

最大パワーと体重当りの最大パワーを、ラグビー選手と陸上競技選手との間で比較した場合には、フォワード選手は投てき選手に比較していずれも低く、またバックス選手は短距離選手に比較して最大パワーはほぼ同じであるが、体重当りの最大パワーは低い傾向にあることが認められた。橋本ら²⁾はラグビー選手の最大パワーは一般学生に比較して有意に高いと報告しているが、小田ら⁷⁾はラグビー選手の最大無酸素的パワーは野球選手、体育学専攻学生に比較して同じか若干低いと報告している。これらのことは、辻野⁸⁾、小田ら⁷⁾も指摘しているように、ラグビー選手の無氣的最大パワーは合理的な体力トレーニングによって必ずしも十分に開発されていないことを示唆している。なお、投てき選手とフォワード選手のなかには、本研究で用いた負荷（トルク）の範囲内で最大パワーを確認することができなかった選手が多数存在した。しかし、そのことは上述の示唆を大きく変えるものではないと考えられる。

2. 無氣的パワーのタイプからみたラグビー選手の特性

各負荷で発揮された最高回転数とピークパワーは、6.0kgm のトルクでは 6 群間に有意差は認められなかったが、3.0, 4.5, 7.5, 9.0kgm のトルクではいずれも 6 群間に有意差が認められた。しかし、短距離選手は小さいトルクでは最も高く、大きいトルクでは最も低くなっていたように、成

續の順位は負荷が小さい場合と大きい場合とでは著しく異なっていた。同様の結果は小田ら⁷⁾も認めている。このことは、無氣的最大パワーやある特定の負荷における無氣的パワーのレベルのみで、競技者の無氣的パワーの特性を評価することには若干問題があることを示唆している。

全力ベダリングにおける最高回転数は、トルクの増大とともにほぼ直線的に低下していた。しかし、その低下のしかたはグループによって、また個人によって差があった。そこで本研究では、最高回転数をトルクに対する1次式に近似させた場合の定数(a)と係数(b)を各人ごとに求め、トルクの変化によって最高回転数はどのように変化するかを、能力差を消去した値、すなわち b/a を用いて比較検討した。このことによって、各人の無氣的パワーの特性をレベルのみでなく、タイプの面からも定量的に評価することができると考えられる。すなわち、連続的・循環的な下肢のピストン型運動によって発揮されるコンセントリックな無氣的パワーのレベルのみでなく、力型とスピード型のいずれの無氣的パワーのタイプに相対的に優れているかも評価することができると考えられる。

パワーのタイプを決める指標として用いた b/a は、いずれのグループも負の値を示した。本研究では、この値が大きいほど、すなわち負の傾きが小さいほど、トルクが大きくなってもピークパワーの低下のしかたは小さいので力型の無氣的パワーに相対的に優れ、逆の場合はスピード型の無氣的パワーに相対的に優れているとみなした。

b/a をポジション間で比較した場合には、フォワード選手はバックス選手に比較して力型の無氣的パワーに優れていることが認められた。これは、前述したフォワードとバックスの各ポジションの特性を反映しているものと考えられる。

b/a をレギュラー選手と非レギュラー選手との間で比較した場合には、フォワード選手では両群間の無氣的パワーのタイプに顕著な差は認められなかったが、バックス選手ではレギュラー選手は非レギュラー選手に比較して若干力型の無氣的パワーに優れていることが認められた。この結果は、

バックス選手として優れるためには、モールやラックなどの大きな力が要求される場面で大きな無氣的パワーを発揮する能力も重要となり、そのためにフォワード選手にいくらか近いタイプの無氣的パワーの特性を備えていることが有利であることを示すものと考えられる。

b/a をラグビー選手と陸上競技選手との間で比較した場合には、フォワード選手、バックス選手はいずれも投てき選手に比較してスピード型の無氣的パワーに優れているが、短距離選手に比較して力型の無氣的パワーに優れていることが認められた。すなわち、ラグビー選手の無氣的パワーのタイプは投てき選手と短距離選手との中間のタイプであることが認められた。ラグビーには大きな力の要求されるスクラム、モール、ラックのような運動場面もあれば、それより大きな力の要求されないダッシュや全速疾走のような運動場面もある。このようなラグビーの運動特性が上述の結果に反映したものと考えられる。

なお、磯辺ら⁴⁾は、本研究と同様の方法を用いて陸上競技選手の無氣的パワーのタイプを検討した結果、相対的にみると、投てき選手は力型の無氣的パワーに最も優れ、次いで跳躍選手、100・200 mを専門とする短距離選手、400 mを専門とする短距離選手、長距離選手の順に力型の無氣的パワーに優れていることを報告している。

今後、競技者の無氣的パワーの特性を明らかにする場合には、無氣的最大パワーやある特定の負荷における無氣的パワーのレベルのみでなく、本研究のような手法を用いて力型とスピード型のいずれの無氣的パワーのタイプに相対的に優れているかについてもみることが有効であると考えられる。そのことによって、競技種目やポジションの選択、トレーニング効果の評価などがより合理的にできると考えられる。

要 約

ラグビーのフォワード選手、バックス選手の無氣的パワーの特性を、レベルとタイプの両面から検討した。被検者には、大学に在籍する男子のラグビー選手35名、陸上競技の短距離および投てき

選手16名を用いた。3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0kgmの負荷（トルク）に対して7秒間の全力ペダリングを行わせ、各トルクにおける最高回転数とピークパワーを測定した。無氣的パワーのレベルは、ピークパワーの最大値とその体重当りの値を用いて決定した。また無氣的パワーのタイプは、能力差を消去して求めた、トルクと最高回転数との関係を示す1次式の係数（傾き）を用いて決定した。結果は次の通りである。

1. フォワード選手はバックス選手に比較して、無氣的最大パワーは高いが、体重当りの無氣的最大パワーは低い。

2. フォワードおよびバックスのレギュラー選手は、それぞれの非レギュラー選手に比較して、無氣的最大パワー、体重当りの無氣的最大パワーのいずれもが高い。

3. フォワード選手は投てき選手に比較して、無氣的最大パワー、体重当りの無氣的最大パワーのいずれもが低い。一方、バックス選手は短距離選手に比較して、無氣的最大パワーはほぼ同じであるが、体重当りの無氣的最大パワーは低い。

4. 相対的にみると、フォワード選手は負荷が大きい場合の無氣的パワー（力型の無氣的パワー）に優れ、バックス選手は負荷が小さい場合の無氣的パワー（スピード型の無氣的パワー）に優れている。

5. 相対的にみると、ラグビー選手は投てき選手に比較してスピード型の無氣的パワーに優れ、短距離選手に比較して力型の無氣的パワーに優れている。

本研究から、ラグビー選手の無氣的パワーの特性を明らかにする場合には、無氣的最大パワーやある特定の負荷における無氣的パワーのレベルのみでなく、力型とスピード型のいずれの無氣的パワーのタイプに相対的に優れているかについてもみることが有効であることが示唆された。

引用・参考文献

- 1) Cavagna, G.A., "Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle," in Hutton, E.A. (Ed.), *Exercise and sport sciences reviews*, vol. 5, Journal Publishing Affiliates: California, 1977. pp. 89-129.
- 2) 橋本 修・永田 晟「自転車型エルゴメーターによるラグビー選手の瞬時パワー発揮」日本体育学会第37回大会号 A, p. 294, 1986.
- 3) 生田香明, 「モナーク製自転車エルゴメーターによる anaerobic power の測定法」, キネシオロジー研究会 (編), *身体運動の科学～I～Human Power の研究*, 杏林書院, 1974. 45-62.
- 4) 磯辺隆之・横井孝志・高松 薫「自転車エルゴメーターの全力駆動パワーから見た陸上競技の各種目特性」日本体育学会第33回大会号, p. 285, 1982.
- 5) 岩原信九郎, *教育と心理のための推計学*, 第30版, 日本文化科学社, 1986. pp. 241-43.
- 6) 金原 勇・高松 薫・辺士名博司・阿江通良「身体資源としてのパワーのとらえ方に関する基礎的研究」東京教育大学スポーツ研究所報, 13: 27-50, 1975.
- 7) 小田伸午・金久博昭・宮下充正「ラグビー選手の無酸素的作業能」東京体育学研究, 7: 83-88, 1980.
- 8) 辻野 昭「ラグビー競技における体力・トレーニング処方の設定」昭和52年度日本体育協会スポーツ医・科学調査研究事業報告, No. II 競技種目別体力トレーニング処方にに関する研究—第1報—, IX ラグビー, 147-60, 1977.