

# THE ESTIMATION OF THE RAST TEST USEFULNESS IN MONITORING THE ANAEROBIC CAPACITY OF SPINTERS IN ATHLETICS

*The usefulness of the RAST test in athletics*

JAKUB GRZEGORZ ADAMCZYK

*The Josef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw, Department of Theory of Sport*

Mailing address: Jakub Adamczyk, J. Pilsudski University of Physical Education,  
Department of Theory of Sport, 34 Marymoncka Street, 00-968 Warsaw, tel.: +48 22 8344154,  
fax: +48 22 8651080, e-mail: jakub.adamczyk@awf.edu.pl

## Abstract

**Introduction.** In athletic high-speed-forced competitions one of basic monitored parameters of the preparation is the level of the anaerobic capacity. The aim of the work was the qualification of the usefulness of the RAST (Running-based Anaerobic Sprint Test) in the estimation of the anaerobic capacity of athletes of sprint athletic competitions. **Material and methods.** 37 athletes (12 Female and 25 Male) specializing in sprint racing (100 m, 100 m hurdles, 110 m hurdles, 200 m) and the prolonged sprint (400 m and 400 m hurdles) partook in the research. The anaerobic capacity was evaluated by means of the RAST test and the Wingate test. **Results.** In the RAST test competitors obtained significantly higher values of the maximum power ( $p < 0.001$ ) and the average power ( $p < 0.001$ ), with relation to the Wingate test. Among women such dependences were not ascertained. The fundamentally lower ( $p < 0.001$ ) fatigue index in the RAST test characterized in turn both groups, which can testify about the better adaptation to the run effort. For both tests one ascertained significant dependence between the average power and the maximum power. Moreover, the significant dependence between the fatigue index (FI) and the average and maximum power in the Wingate test was shown. For the RAST test such dependence appeared among FI, and the maximum power. **Conclusions.** The RAST test gave statistically comparable results only in the case of the average and maximum power among women. The smaller physical load for competitors and decidedly easier organization of the research causes that the RAST test can be used for regular monitoring of the anaerobic capacity level of competitors of athletic run competitions.

**Key words:** anaerobic capacity, monitoring, RAST test, Wingate test, athletics, sprinting

## Introduction

Control and monitoring of the training is a requisite condition of the rational control over sports-training process. Tools, which utilization is not conditioned by a possession of the access to the specialist equipment or laboratories, have the special value. For athletic high-speed-forced competitions one of basic parameters, decisive in attained performance, is the level of the anaerobic capacity [1].

The anaerobic capacity determines the maximum quantity of the energy possible to obtain in anaerobic processes. It refers to short-lasting efforts of the high-speed character and the work in which comes to development and maintenance of the large muscular tension.

The effort of submaximum and maximum intensity, which competitors in sprint racing are subjected to, is mostly performed in anaerobic conditions and it demands the incurrance of the oxygenic debt, attaining even 18-22 litres in the case of 400-metre racing [2]. A runner faces the task of opposing to the growing fatigue during the very intensive exercise. The adaptation to the anaerobic lacticacid system together with the continuous lifting of the capacity and the power of the anaerobic nonlacticacid metabolism determines the efficient realization of the bioenergetic potential of readiness of a competitor, which outcomes in sports-result [2].

The most often used tool to qualify the anaerobic capacity is the Wingate test (WANt) [3]. The contribution of anaerobic efforts in the Wingate test attains the level of 55-87% [2, 4]. In practice, the usage of the Wingate test demands the access to the properly equipped laboratory. However it gives more complex (containing e.g. the joint anaerobic effort or the time of the obtainment of the maximum power) scientifically verified results. The run test in turn, especially within a period of autumn-winter, requires a properly long hall, which also makes the usage of it difficult in the condition of insufficiently developed infrastructure.

Some authors suggest that on the ground of tests performed on a cycloergometer it is possible to foresee results of sprint racing [5]. This would be so much precious since it creates the possibility of the exchange-usage of both kinds of tools. The character of the movement performed on cycloergometer is however significantly different from the real technique of the run, therefore the research should be directed into such tools which would correspond to the structure of the movement to athletic competitions (sprint-run), and simultaneously keep the resemblance within the range of effort intensity in greater degree.

Hitherto existing tests prove that run tests based on maximum effort of the anaerobic character, can be one of helpful tools identifying various factors determining results in sprint competi-

tions [6]. RAST is one of the tests which in natural field conditions (a stadium), can be used for the estimation of the power of anaerobic capacity and the calculation of the fatigue index [7].

The aim of the work was the qualification of the usefulness of the RAST test in the estimation of the anaerobic capacity of competitors in the athletics, by comparison of the results obtained in it with the outcome of the Wingate test.

### Material and methods

37 athletes specializing in sprint racing (100 m, 100 m hurdles, 110 m hurdles, 200 m) and the lengthened sprint (400 m and 400 m hurdles) partook in the research. In this group there were 12 women and 25 men, representing a level from I to III of the sports-class. In detail the structure of the examined group was presented in the Table 1.

The examined group has been divided in two subgroups, according to the specialization:

- sprint – of 12 men, 7 women;
- prolonged sprint – of 13 men and 5 women.

**Table 1.** The biometrical characterization and the structure of the examined group (the average  $\pm$ SD)

| Gender        | Age [years]       | Body height [cm]   | Body weight [kg]  | BMI               |
|---------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Female (n=12) | 16.7 ( $\pm$ 1.6) | 167.4 ( $\pm$ 5.0) | 56.5 ( $\pm$ 5.3) | 20.1 ( $\pm$ 1.0) |
| Male (n=25)   | 18.7 ( $\pm$ 3.7) | 182.2 ( $\pm$ 5.2) | 72.3 ( $\pm$ 6.4) | 21.8 ( $\pm$ 1.7) |

To the estimation of the anaerobic capacity the run test (RAST) was used. The test was preceded by measurement of the competitors body weight. Competitors performed a standard 10-15-minut athletic warm up, after which a 5-minute pause followed before the test. The test consisted of 6 runs with maximum speed on the distance of 35 metres, with a minimum 10-second pause among them (just for turning back). The power and the indicator of the strength decrease (FI) were counted according to the following algorithms [7]:

$$\text{POWER} = \text{BODY MASS} \times \text{DISTANCE}^2 \div \text{TIME}^3$$

$$\text{FATIGUE INDEX} = (\text{MAXIMAL POWER} - \text{MINIMUM POWER}) \div \text{TOTAL TIME of 6 RUNS}$$

The second research tool was the Wingate test on cycloergometer in 30-second-lasting time version on lower extremities with the weight of 7.5% of the body mass [8]. All the examined underwent the inspection of the body mass before the test, and then became introduced to the technique of the realization of the test. The basic goal was the obtainment of as greatest frequency of pedalling in as short time as possible and its maintenance for as long as possible. The ergometer bicycle of the type "Monark" 824-E, in which the resistance of fly-wheel is regulated mechanically, was used in the research. The calculations of mechanical indicators were performed by means of the computer programme MCE V 5.1 [9].

The competitors performed tests during two following days. Firstly the RAST test was performed, and after the outflow of 24 hours, the Wingate test took place. In both tests the registration encompassed:

- $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$  – absolute maximal power (W),
- $P_{\text{max}^{\text{WZG}}}$  – relative maximal power (W/kg),
- $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$  – absolute average power (W),
- $P_{\text{sr}^{\text{WZG}}}$  – relative average power (W/kg),
- FI (Fatigue Index) – indicator of power decrease (W/s),
- $\text{HR}_{\text{max}}$  – maximal heart rate after the end of the effort.

The average of difference between the tests was counted accepting for 100% the results obtained in the Wingate test.

The differentiation of results obtained in RAST and Wingate tests at the most examined and with the regard of the partition on the sex, was qualified by means of the T test for dependent variables. The dependence of each parameter between each other was determined by means of the coefficient of Pearson correlation. The values on level  $\leq 0.05$  were accepted as significant.

### Results

The obtained results were characterized with the normal schedule. All the parameters denominating the power of competitors, reached significantly higher values in the run test (Fig. 2). Such dependence was not ascertained at women (Fig. 1). Both women and men obtained lower indicator of the strength decrease (fatigue) in the RAST test.

Regardless of the sex of the examined and the kind of the test – the mass of the body proved indeed to be correlated with all analysed parameters. In the group of women, it explained about 60% ( $r^2$ ) of the results of power tests (Tab. 2). Among females an significant dependence between the indicator of power decrease (FI) in the Wingate test and the maximal power in the RAST test was found. Moreover, there were significant dependences at women between the fatigue indicators in both tests, while such dependence was not observed in the group of men. The strong connection between the outcomes of the average and maximal power in both tests should be also noticed (Tab. 2).

**Table 2.** Essential dependences among each parameters of Wingate and RAST tests, in the research group (r)

| PARAMETER  | Absolute average power $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ Wingate |      | Relative average power $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ RAST |      | Absolute maximal power $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$ Wingate |      | Absolute maximal power $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$ RAST |      | Fatigue Index Wingate |      |
|--|---|------|--|------|--|------|---|------|-----------------------|------|
|  | ♂   | ♀    | ♂  | ♀    | ♂  | ♀    | ♂   | ♀    | ♂                     | ♀    |
| Body weight  | 0.75  | 0.81 | 0.72   | 0.87 | 0.74   | 0.79 | 0.61  | 0.80 | 0.41                  | 0.67 |
| Absolute average power $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ Wingate  |   |      | 0.55   | 0.77 | 0.96   | 0.97 | 0.56  | 0.71 | 0.57                  | 0.60 |
| Relative average power $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ RAST     |   |      |  |      | 0.52   | 0.75 | 0.91  | 0.96 | 0.62                  |      |
| Absolute maximal power $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$ Wingate |   |      |  |      |  |      | 0.55  | 0.70 |                       |      |
| Fatigue Index Wingate  |   |      |  |      | 0.66   | 0.71 | 0.65  |      |                       |      |
| Fatigue Index RAST   |   |      | 0.70   |      |  |      | 0.64  | 0.87 |                       | 0.64 |

A differentiation for the dependence among each parameter of tests which brought the partition of the group according to the practised competition was also evaluated.

In the group of the men sprint significant correlations were found among:

- Body weight and the average power (WAnT  $r=0.62$ ; RAST  $r=0.82$ ),
- Body weight and the maximal power (WAnT  $r=0.66$ ; RAST  $r=0.81$ ),
- Maximal power in both tests ( $r=0.69$ ).

In the group of the prolonged sprint of men the significant relationship was observed among:

- Body weight and the average power in both tests (WAnT  $r=0.81$ ; RAST  $r=0.63$ ),

- Maximal power ( $r=0.78$ ) and the Fatigue Index ( $r=0.60$ ) – only in Wingate test.

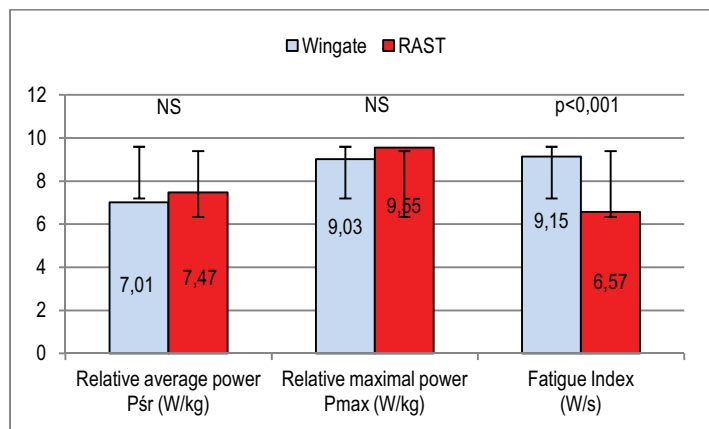
Irrespective of the subgroup, all parameters obtained in tests, Wingate and RAST, were indeed statistically different ( $p<0.001$ ).

In the group of women specializing in the prolonged sprint the analysis showed very strong, almost lineal dependences among:

- Body weight and the average power (WAnT  $r=0.91$ ; RAST  $r=0.98$ ),
- Maximal power (WAnT  $r=0.93$ ; RAST  $r=0.95$ ),
- Maximal power and the Fatigue Index in Wingate test ( $r=0.96$ ).

What is more, the parameter of the average power ( $r=0.93$ ) and the maximal power ( $r=0.97$ ) in both tests were strongly correlated. In this subgroup important statistical differences were found only for  $P_{max}$  ( $p=0.03$ ).

In the subgroup of female sprinters only the average power was a parameter which did not differ indeed statistically in both tests, however, no statistically significant connections between examined parameters were found.



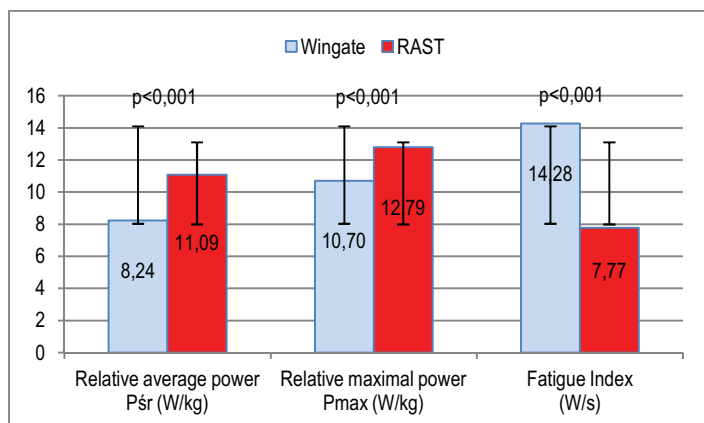
**Figure 1.** Average values of analysed parameters obtained in tests Wingate and RAST by examined females ( $n=12$ )

The sex of the examined had an influence on differences between the results of both tests. All the values of the power obtained by men were higher in the run test, while the indicator of the strength decrease in it had smaller values (Fig. 2). At women, the significant differentiation between the tests results referred only to the indicator of the strength decrease (Fig. 1). In the group of men the significant differentiation between the peak power result, the average power and the indicator of the strength decrease obtained in both tests was shown.

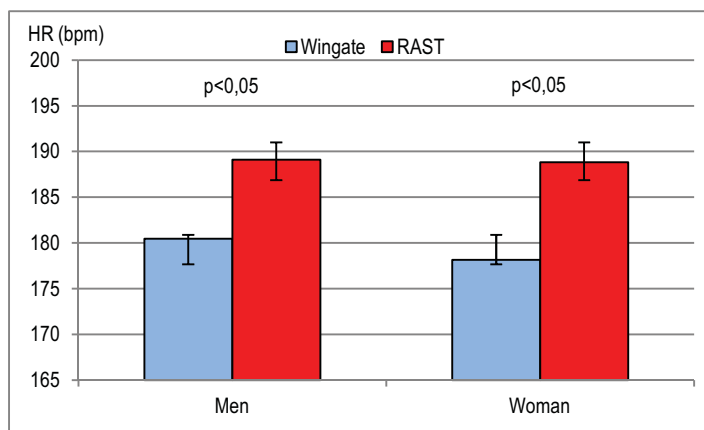
Average results of men from the RAST test showed to be higher respectively about: 25.7% ( $P_{sr}^{wzg}$ ); 16.3% ( $P_{max}^{wzg}$ ); 4.6% ( $HR_{max}$ ). In the group of women statistically significant differentiation of results obtained in both tests referred only to the indicator of the strength decrease. Average RAST test results at women were higher respectively about: 6.2% ( $P_{sr}^{wzg}$ ); 5.5% ( $P_{max}^{wzg}$ ); 5.6% ( $HR_{max}$ ). However in both groups in the Wingate test higher average values of the indicator of the strength decrease, respectively about 39.2% at women and 83.8% at men were obtained.

Although the Wingate test, due to a non-typical character of movement and use of the external load is considered to be "less friendly" for competitors, both, in the group of men, as well as women higher values of the peak pulse were reached during the RAST test. These differences appeared to be statistically significant (Fig. 3). This suggests comparable load during the effort in

the RAST test, therefore the energy-resemblance of both tests. In both groups the  $HR_{max}$  values in tests were statistically connected (men  $r=0.60$ ; women  $r=0.42$ ).



**Figure 2.** Average values of analysed parameters obtained in tests Wingate and RAST by examined competitors ( $n=25$ )



**Figure 3.** Average heart rate after the end of the test Wingate and RAST, in the group of women and men

## Discussion

The usefulness of the Wingate test in determining the anaerobic capacity of prolonged sprint competitors became confirmed with the strong relationship between the test results and the results on distances from 100 to 400 metres [10, 11, 12]. Significant dependences, which appear between the outcome of WAnT test and the traditional tests performed on the track, place it as the reliable form of the estimation of the anaerobic capacity. Out of all indicators which are possible to obtain, as most useful parameters Iskra et al. point the total work and the peak power [13]. The obtained results evidence the large dependence between the body mass and the average and maximum power in the group of the prolonged sprint (women and men) and sprinters. The evaluation of the dependence among these parameters and performance in racing on distances from 100 to 400 m seems to be an interesting direction for further research.

Laboratory tests give the possibility of the utilization of other tools, such as e.g. the ergometric test, according to Vandewalle [14] or the Bosco test [15]. The possibility of carrying them out is, however, blocked by various factors to which, the insufficient subsidiaries (laboratories) or the lack of qualified personnel able to run the tests can be classified. The limitation of their usage is also due to an unspecific structure of the movement for

many sports (among others for the athletics), which results in coaches' sceptical attitude towards them.

There is no lack of other forms of the estimation of the power to which belongs e.g. the throw with the medicine ball backward over the head (Backward Overhead Medicine Ball – BOMB) in coach practise. The BOMB test can be used in the estimation of the power obtained by lower limbs [16]. In turn Smirniotou et al. claim that the result of the jump upward from the knee bending test (squat jump) greatly permits to foresee the results of 100 m run [17].

A question of principle is however this, whether the test rating the power and the anaerobic capacity of competitors can be performed in natural, for them, conditions (the track) and fully portray the structure of the movement and the energetics of the effort of the athlete? The research suggests that with both, the utilization of the mechanical track as well as standard-conditions on the stadium, it is possible to create approximate conditions of the maximum effort of the anaerobic capacity [18]. What is more, the results of such tests can outcome the racing on distances from 400 to 1000 m to great extend [6].

Hitherto existing experiences seem to suggest that run tests of about the maximum intensity performed on the track can be useful in qualifying factors connected with the time, speed or power, determining results in sprinting [6, 19]. Nummela et al. prove that such tests in the connection with the test of top speed on the 30-metres distance are a useful and practical method of monitoring the preparation of sportsmen in sprint competitions [20]. The RAST test itself became rated as the efficient manner of the estimation of the anaerobic run power and results on short distances, however hitherto existing tests were performed on non-training persons [21]. According to the methodics introduced by Vandewalle, the RAST test should be treated rather as the test not so much of the power – as anaerobic capacity [22]. On the other hand, confirmed with the dependence with  $HR_{max}$  the considerable effort which accompanies both tests, suggests their energy-resemblance, therefore it can suppose that both tests are based on approximate metabolic processes.

Results obtained by competitors in the RAST test indeed differed from indicators of the Wingate test. Lower indicators of the power in WAnT, especially at men, can be explained by comparatively young age of competitors [23]. The FI indicator at women practising the prolonged sprint and the average power in both subgroups of women can be the exception here. This, however, can be a result of the not large number of these groups, which makes the interpretation of data difficult, so these results demand further confirmation.

In spite that, especially in case of men, the results of the RAST test could not be transferred to Wingate test results, both tests can apply in the monitoring of the training. Nevertheless it seems that both higher parameters of the power, and first of all its smaller decrease (FI) observed in the test, can be connected with a lot better image of the effort character. The indicator itself, can however create interpretative problems [24]. The additional external load in the Wingate test, leads really to a marked decrease of the power, which expresses itself with the lowered cadence of pedalling. It refers to almost all competitors. In practice – in an athletic run – at maximum effort in the duration of about 30 seconds, drastic exhaustion of energy-resources and decrease of the length and the frequency of strides seldom happens. Such occurrence is characteristic rather for the maximum effort of a little longer duration (about 45 seconds). This almost univocally suggests that the Wingate test is considerably more exhausting for competitors than the test performed on the track, so as far as legitimate seems the usage of it within a period of preparatory, within a period of pre-starting and starting it should be replaced by a run test.

With the considerable number of parameters possibly computable in the Wingate test, the question, which one from them has the greatest value in the sports-diagnostics comes into being. As Iskra says, there is a correlation between the maximal power, the total work and performance in 110 and 400 metres hurdles [25]. The other from the most important criteria while estimating abilities to exercise the efforts of the maximum intensity at short duration, is so called decrease of the power [24]. It is worth to pay attention to the fact that both values of the maximal power as well as the indicator of the power decrease, are possible to show also in the RAST test, and the correlation analysis confirmed the significant dependence between the peak powers in both tests. Any dependence for the indicator of the power decrease was observed. The differentiation within distances practised by competitors could have the influence on that.

Wanting to seek the optimization of the test toward the approaching of obtained results, it can be reflected whether it would be better to measure six intervals of running without pauses. Such point of view leads to the conclusion, as much self-evident as in sport practice difficult to accept, that the best test for the runner on the 400 m distance is the run on 400 m. Such test would be the most approximate to the starting effort, while the aim of research is finding reliable tests not forcing sportsmen to run all the distance. Therefore it seems that obtained indicators can inform about parameters from the borderline of the anaerobic capacity and the special endurance, and in spite the considerable (reaching tens percent) divergence of results with the Wingate test, the RAST test can be a good verifying test of the preparation of athletes within the range of the anaerobic endurance and the ability of maintenance of power at time.

### Conclusions

1. Within the range of analysed parameters of the power, the results obtained in the RAST test are considerably higher. In the case of women, the smaller differentiation can be awaited. The indicator of the power decrease attained lower values in the RAST test, and especially large differentiation refers to groups of men.
2. The only parameters which results are comparable in both tests are the average and maximal power in the group of women (regardless of the specialization). The confirmation of the constancy of these differences demands further research.
3. There exists the strong dependence between the body weight and the average and maximum power at men specializing in different competitions of athletics sprint. At women significant dependences exist only for 400 m run and 400 m hurdles specialists.
4. The more specific structure of movement and effort in the Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST), contributes probably to better results obtained by athletes in this test.
5. Because of the comparable physical effort, both tests can be used for the estimation of the anaerobic capacity, especially within a period of preparatory. Far easier organization of the research causes that the RAST test can be used regularly (e.g. on the mesocycle level every 4-6 weeks) for monitoring the level of the anaerobic capacity of competitors of athletic run competitions, also within a pre-starting and starting period.



## Literature

1. Nummela, A., Mero A. & Rusko H. (1996). The effects of sprint training on the determinants of maximal anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.* 17(2), 114-119 (suppl.).
2. Spencer, M.R. & Gastin P.B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med. Sci. Sport Exer.* 1, 157-162.
3. Jastrzębski, Z. (1995). Selected aspects of the assessment of anaerobic capacity by applying the Wingate-test. *Biol. Sport* 12(3), 131-135.
4. Calbet, J.A.L., Chavarren J. & Dorato C. (1997). Fractional use of aerobic capacity during a 30 and 45-s Wingate test. *Eur. J. Appl. Physiol.* 76, 308-313.
5. Van Ingen Schenau, G.J., Jacobs R. & de Koning J.J. (1991). Can cycle power predict sprint running performance. *Eur. J. App. Physiol.* 63, 255-260.
6. Nummela, A., Hämmäläinen I. & Rusko H. (2007). Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track. *J. Sport Sci.* 25(1), 87-96.
7. MacKenzie, B. (2005). *101 Performance Evaluation Tests* (pp. 44-46). London: Electric Word plc.
8. Dotan, R. & Bar-Or O. (1983). Load optimization for Wingate Anaerobic Test. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51, 409-417.
9. Staniak, Z. (1994). The system of information technology to the aid of efficiency tests led on cycloergometres. *Trening* 1, 251-257. [in Polish]
10. Tharp, G.D., Newhouse R.K., Uffelman W.G., Thorland H.G. & Johnson G.O. (1985). Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate Anaerobic Test. *Res. Q. Exercise Sport* 56, 73-76.
11. Nesser, T.W., Latin R.W., Berg K. & Prentice E. (1996). Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *J. Strength Cond. Res.* 10, 263-267.
12. Almuzaini, K.S. (2000). Optimal peak and mean power on the Wingate test: relationship with sprint ability, vertical jump and standing long jump in boys. *Pediatr. Exerc. Sci.* 4, 349-359.
13. Iskra, J., Zajac A. & Waśkiewicz Z. (2006). Laboratory and field tests in evaluation of anaerobic fitness in elite hurdlers. *J. Human Kinet.* 16, 25-38.
14. Jaskólski, A. & Jaskólska A. (2005). *Basis of physiology of physical effort*. Wrocław: AWF Wrocław. [in Polish]
15. Bosco, C. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50, 273-282.
16. Duncan, M.J. & Hankey J. (2010). Concurrent validity of the backwards overhead medicine ball throw as a test of explosive power in adolescents. *Med. Sport* 14(3), 102-107.
17. Smirnotou, A., Katsikas C., Paradisis G., Argeitaki P., Zacharogiannis E. & Tziortzis S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J. Sport Med. Phys. Fit.* 48(4), 447-454.
18. Rusko, H., Nummela A. & Mero A. (1993). A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66, 97-101.
19. Nummela, A., Alberts M., Rijntjes R., Luhtanen P. & Rusko H. (1996). Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.* 17(2), 97-102 (suppl.).
20. Nummela, A., Mero A., Stray-Gundersen J. & Rusko H. (1996). Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *Int. J. Sports Med.* 17(2), 91-96 (suppl.).
21. Zagatto, A.M., Beck W.R., Gobatto C.A. (2009). Validity of the Running Anaerobic Sprint Test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *J. Strength Cond. Res.* 23(6), 1820-1827.
22. Vandewalle, H., Pérès G. & Monod H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med.* 4(4), 268-289.
23. Carvalho, H.M., Silva M.J., Figueiredo A.J., Gonçalves C.E., Philippaerts R.M., Castagna C. & et al. (2011). Predictors of maximal short-term power outputs in basketball players 14-16 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 111, 789-796.
24. Oliver, J.L. (2009). Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability? *J. Sci. Med. Sport* 12, 20-23.
25. Iskra, J. (2001). *Morphological and Functional Conditionings of Results in Hurdles*. Katowice: AWF Katowice. [in Polish]

Submitted: January 27, 2011

Accepted: March 3, 2011

# OCENA PRZYDATNOŚCI TESTU RAST W MONITOROWANIU WYDOLNOŚCI BEZTLENOWEJ SPINTERÓW W LEKKOATLETYCE

*Użyteczność testu RAST w lekkoatletyce*

JAKUB GRZEGORZ ADAMCZYK

*Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego w Warszawie, Zakład Teorii Sportu*

Adres do korespondencji: Jakub Adamczyk, Akademia Wychowania Fizycznego J. Piłsudskiego, Zakład Teorii Sportu, ul. Marymoncka 34, 00-968 Warszawa, tel.: 22 8344154, fax: 22 8651080, e-mail: jakub.adamczyk@awf.edu.pl

## Streszczenie

**Wprowadzenie.** W lekkoatletycznych konkurencjach szybkościowo-siłowych jednym z podstawowych monitorowanych parametrów przygotowania jest poziom wydolności beztlenowej. Celem pracy było określenie użyteczności testu RAST (Running-based Anaerobic Sprint Test) w ocenie wydolności beztlenowej zawodników sprinterskich konkurencji lekkoatletycznych. **Materiał i metody.** W badaniach wzięło udział 37 lekkoatletów (12 kobiet i 25 mężczyzn), specjalizujących się w biegach sprinterskich (100 m, 100 m ppł, 110 m ppł, 200 m) i przedłużonym sprincie (400 m i 400 m ppł). Wydolność beztlenową oceniano za pomocą testów RAST i Wingate. **Wyniki.** W teście RAST zawodnicy uzyskiwali znacząco wyższe wartości mocy maksymalnej ( $p < 0,001$ ) i mocy średniej ( $p < 0,001$ ), w stosunku do testu Wingate. U kobiet zależności takich nie stwierdzono. Istotnie niższy ( $p < 0,001$ ) wskaźnik zmęczenia w teście RAST charakteryzował z kolei obydwie grupy, co może świadczyć o lepszym przystosowaniu do wysiłku o charakterze biegowym. Dla obydwu testów stwierdzono istotne zależności pomiędzy mocą średnią a mocą maksymalną. Ponadto wykazano istotną zależność pomiędzy wskaźnikiem zmęczenia (FI), a mocą średnią i maksymalną w teście Wingate. Dla testu RAST zależność taka wystąpiła pomiędzy FI, a mocą maksymalną. **Wnioski.** Test RAST dał porównywalne statystycznie wyniki jedynie w przypadku mocy średniej i maksymalnej u kobiet. Mniejsze obciążenie fizyczne dla zawodników oraz zdecydowanie łatwiejsza organizacja badania powoduje, że test RAST może być wykorzystywany do regularnego monitoringu poziomu wydolności beztlenowej zawodników lekkoatletycznych konkurencji biegowych.

**Słowa kluczowe:** wydolność beztlenowa, monitoring, test RAST, test Wingate, lekkoatletyka

## Wstęp

Kontrola i monitoring treningu jest niezbędnym warunkiem racjonalnego kierowania procesem szkolenia sportowego. Szczególną wartość mają narzędzia, których wykorzystanie nie jest uwarunkowane posiadaniem dostępu do specjalistycznego sprzętu czy laboratoriów. Dla lekkoatletycznych konkurencji szybkościowo-siłowych jednym z podstawowych parametrów decydujących o osiągniętych wynikach jest poziom wydolności beztlenowej [1].

Wydolność beztlenowa określa maksymalną ilość energii możliwą do uzyskania w procesach beztlenowych. Dotyczy to wysiłków krótkotrwałych o charakterze szybkościowym oraz pracy, w której dochodzi do rozwinięcia i utrzymania dużego napięcia mięśniowego.

Wysiłek o submaksymalnej i maksymalnej intensywności, jakiemu poddawani są zawodnicy w biegach sprinterskich, wykonywany jest głównie w warunkach beztlenowych i wymaga zaciągnięcia długu tlenowego, osiagającego nawet 18-22 litrów w przypadku biegów na dystansie 400 metrów [2]. Przed biegiem stoi więc zadanie przeciwstawiania się narastającemu zmęczeniu podczas bardzo intensywnej pracy. Adaptacja do systemu beztlenowego kwasomlekowego wraz z ciągłym podnoszeniem pojemności i mocy metabolizmu beztlenowego niekwasomlekowego stanowi skuteczną realizację potencjału bioenergetycznego w przygotowaniu zawodnika, co przekłada się na wynik sportowy [2].

Najczęściej wykorzystywanym narzędziem do określania wydolności beztlenowej jest test Wingate (WAnT) [3]. Wkład wysiłków beztlenowych w teście Wingate osiąga poziom 55-87% [2, 4]. W praktyce stosowanie testu Wingate wymaga dostępu do odpowiednio wyposażonego laboratorium. Daje jednakże bardziej kompleksowe (obejmujące np. łączną pracę anaerobową czy czas uzyskania mocy maksymalnej) naukowo zweryfikowane wyniki. Test biegowy z kolei, szczególnie w okresie jesienno-zimowym wymaga odpowiednio długiej hali, co również utrudnia stosowanie go w warunkach niedostatecznie rozwiniętej infrastruktury.

Niektórzy autorzy sugerują, że na podstawie testów wykonywanych na cykloergometrze da się przewidzieć wyniki w biegach sprinterskich [5]. Byłoby to o tyle cenne, że stwarza możliwość wymiennego stosowania obydwu rodzajów narzędzi. Charakter ruchu wykonywanego na cykloergometrze jest jednak znacząco różny od rzeczywistej techniki biegu, poszukiwania powinny zatem zostać skierowane w stronę takich narzędzi, które będą w większym stopniu odpowiadały strukturą ruchu konkurencjom lekkoatletycznym (biegowym-sprinterskim), a jednocześnie zachowają podobieństwo w zakresie intensywności wysiłku.

Dotychczasowe próby dowodzą, że biegowe testy oparte na maksymalnym wysiłku o charakterze beztlenowym, mogą być jednym z pomocnych narzędzi identyfikujących różne czynniki determinujące wyniki w konkurencjach sprinterskich [6]. RAST jest jednym z testów, który w naturalnych warunkach tereno-

wych (stadion), może służyć do oceny mocy anaerobowej i obliczania indeksu zmęczenia [7].

Celem pracy było określenie użyteczności testu RAST w ocenie wydolności beztlenowej zawodników w lekkoatletyce, poprzez skonfrontowanie uzyskanych w nim wyników z wynikami testu Wingate.

### Materiał i metody

W badaniach wzięło udział 37 lekkoatletów, specjalizujących się w biegach sprinterskich (100 m, 100 m ppł, 110 m ppł, 200 m) i przedłużonym sprincie (400 m i 400 m ppł). W grupie tej znalazło się 12 kobiet i 25 mężczyzn, reprezentujących poziom od I do III klasy sportowej. Szczegółowo strukturę badanej grupy przedstawiono w Tabeli 1.

Badaną grupę ze względu na specjalizację podzielono na dwie podgrupy:

- sprint – 12 mężczyzn, 7 kobiet;
- przedłużony sprint – 13 mężczyzn i 5 kobiet.

**Tabela 1.** Charakterystyka biometryczna i struktura badanej grupy (średnia  $\pm$ SD)

| Płeć             | Wiek [lata]       | Wysokość ciała [cm] | Masa ciała [kg]   | BMI               |
|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Kobiety (n=12)   | 16,7 ( $\pm$ 1,6) | 167,4 ( $\pm$ 5,0)  | 56,5 ( $\pm$ 5,3) | 20,1 ( $\pm$ 1,0) |
| Mężczyźni (n=25) | 18,7 ( $\pm$ 3,7) | 182,2 ( $\pm$ 5,2)  | 72,3 ( $\pm$ 6,4) | 21,8 ( $\pm$ 1,7) |

Do oceny wydolności beztlenowej wykorzystano biegowy test (RAST). Próba poprzedzona była pomiarem masy ciała zawodników. Zawodnicy wykonywali standardową 10-15 minutową rozgrzewkę lekkoatletyczną, po której następowało 5 minut przerwy przed testem. Próba polegała na wykonaniu 6 biegów z maksymalną prędkością na odcinku 35 metrów, z minimalną 10-cio sekundową przerwą pomiędzy nimi (na zawrócenie). Moc i wskaźnik spadku mocy (FI) obliczono według następujących algorytmów [7]:

$$\text{MOC} = \text{MASA CIAŁA} \times \text{DYSTANS}^2 \div \text{CZAS}^3$$

$$\text{WSKAŹNIK SPADKU MOCY} = (\text{MOC MAKSYMALNA} - \text{MOC MINIMALNA}) \div \text{ŁĄCZNY CZAS 6 BIEGÓW}$$

Drugim narzędziem badawczym był test Wingate na cykloergometrze w trwającej 30 sekund wersji czasowej na kończynie dolne z obciążeniem 7,5% masy ciała [8]. Przed próbą wszyscy badani poddani byli kontroli masy ciała, a następnie zostali zapoznani z techniką wykonania testu. Podstawowym jego celem było uzyskanie jak największej częstotliwości pedałowania w jak najkrótszym czasie oraz utrzymanie jej możliwie najdłużej. W badaniach wykorzystano ergometr rowerowy typu „Monark” 824-E, w którym regulowany jest mechanicznie opór koła zamachowego. Obliczenia wskaźników mechanicznych wykonano za pomocą programu komputerowego MCE V 5.1 [9].

Zawodnicy wykonywali testy w dwa kolejne dni. Jako pierwszy wykonano test RAST, a po upływie 24 godzin test Wingate. W obydwu testach rejestracja objęła:

- $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$  – moc maksymalną bezwzględną (W),
- $P_{\text{max}^{\text{wzg}}}$  – moc maksymalną względną (W/kg),
- $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$  – moc średnią bezwzględną (W),
- $P_{\text{sr}^{\text{wzg}}}$  – moc średnią względną (W/kg),
- FI (Fatigue Index) – wskaźnik spadku mocy (W/s),
- $HR_{\text{max}}$  – maksymalny poziom skurczów serca po zakończeniu wysiłku.

Średnią różnicę pomiędzy testami obliczono przyjmując za 100% wyniki uzyskane w teście Wingate.

Zróznicowanie wyników uzyskanych w testach RAST i Wingate u ogółu badanych i z uwzględnieniem podziału na płeć, określono za pomocą testu T dla zmiennych zależnych. Zależność poszczególnych parametrów między sobą określono za pomocą współczynnika korelacji Pearsona. Jako istotne przyjęto wartości na poziomie  $\leq 0,05$ .

### Wyniki

Uzyskane wyniki charakteryzowały się normalnym rozkładem. Wszystkie parametry określające moc u zawodników, osiągnęły znacząco wyższe wartości w teście biegowym (Ryc. 2). U kobiet zależności takiej nie stwierdzono (Ryc. 1). Zarówno kobiety, jak i mężczyźni uzyskali niższy wskaźnik spadku mocy (zmęczenia) w teście RAST.

Bez względu na płeć badanych i rodzaj testu – masa ciała okazała się istotnie skorelowana ze wszystkimi analizowanymi parametrami. W grupie kobiet wyjaśniała ona około 60% ( $r^2$ ) wyników testów mocy (Tab. 2). Wśród zawodniczek znaleziono istotną zależność pomiędzy wskaźnikiem spadku mocy (FI) w teście Wingate i mocą maksymalną w teście RAST. Ponadto istotne zależności wystąpiły u kobiet pomiędzy wskaźnikami zmęczenia w obydwu testach, podczas gdy takiej zależności nie stwierdzono w grupie mężczyzn. Na uwagę zasługuje także silny związek pomiędzy wynikami mocy średniej i maksymalnej w obydwu testach (Tab. 2).

**Tabela 2.** Istotne zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami testów Wingate i RAST w grupie badanych (r)

| PARAMETR   | Moc średnia bezwzględna $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ Wingate |      | Moc średnia względna $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ RAST |      | Moc maksymalna bezwzględna $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$ Wingate |      | Moc maksymalna bezwzględna $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$ RAST |      | Wskaźnik spadku mocy FI Wingate |      |
|--|--|------|--|------|--|------|---|------|---------------------------------|------|
|  | ♂  | ♀    | ♂  | ♀    | ♂  | ♀    | ♂   | ♀    | ♂                               | ♀    |
| Masa ciała   | 0,75   | 0,81 | 0,72   | 0,87 | 0,74   | 0,79 | 0,61  | 0,80 | 0,41                            | 0,67 |
| Moc średnia bezwzględna $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ Wingate     |  |      | 0,55   | 0,77 | 0,96   | 0,97 | 0,56  | 0,71 | 0,57                            | 0,60 |
| Moc średnia względna $P_{\text{sr}^{\text{tot}}}$ RAST           |  |      |  |      | 0,52   | 0,75 | 0,91  | 0,96 | 0,62                            |      |
| Moc maksymalna bezwzględna $P_{\text{max}^{\text{tot}}}$ Wingate |  |      |  |      |  |      | 0,55  | 0,70 |                                 |      |
| Wskaźnik spadku mocy FI Wingate                                  |  |      |  |      | 0,66   | 0,71 | 0,65  |      |                                 |      |
| Wskaźnik spadku mocy FI RAST                                     |  |      | 0,70   |      |  |      | 0,64  | 0,87 |                                 | 0,64 |

Oceniono również zróznicowanie jakie dla zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami testów przyniósł podział grupy ze względu na uprawianą konkurencję.

W grupie sprintu mężczyzn istotne korelacje znaleziono pomiędzy:

- masą ciała a mocą średnią (WANt  $r=0,62$ ; RAST  $r=0,82$ ),
- masą ciała i mocą maksymalną (WANt  $r=0,66$ ; RAST  $r=0,81$ ),
- mocą maksymalną w obydwu testach ( $r=0,69$ ).

W grupie przedłużonego sprintu mężczyzn istotny związek zaobserwowano pomiędzy:

- masą ciała a mocą średnią w obydwu testach (WANt  $r=0,81$ ; RAST  $r=0,63$ ),
- mocą maksymalną ( $r=0,78$ ) i wskaźnikiem zmęczenia ( $r=0,60$ ) – tylko w teście Wingate.

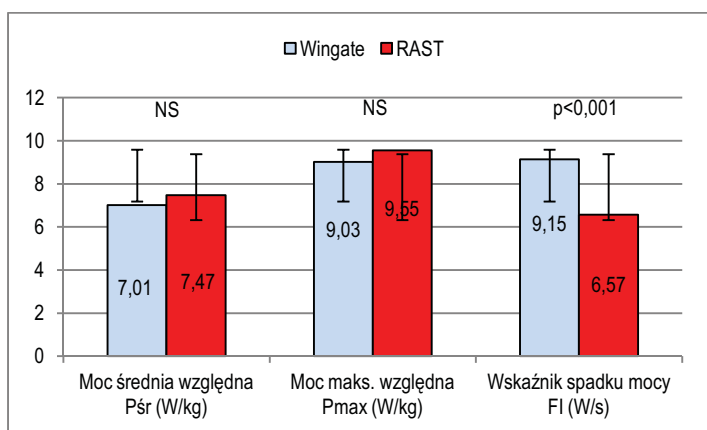
Niezależnie od podgrupy, wszystkie parametry uzyskiwane w testach Wingate i RAST były od siebie istotnie statystycznie różne ( $p < 0,001$ ).

W grupie kobiet specjalizujących się w przedłużonym sprincie analiza wykazała bardzo silne, niemal liniowe zależności pomiędzy:

- masą ciała a mocą średnią (WANt  $r=0,91$ ; RAST  $r=0,98$ ),
- mocą maksymalną (WANt  $r=0,93$ ; RAST  $r=0,95$ ),
- mocą maksymalną i wskaźnikiem zmęczenia w teście Wingate ( $r=0,96$ ).

Ponadto parametry mocy średniej ( $r=0,93$ ) i mocy maksymalnej ( $r=0,97$ ) w obydwu testach były ze sobą silnie skorelowane. W podgrupie tej istotne statystycznie różnice znaleziono tylko dla  $P_{max}$  ( $p=0,03$ ).

W podgrupie sprinterek jedynie moc średnia była parametrem, który nie różnił się istotnie statystycznie w obydwu testach, natomiast nie znaleziono żadnych statystycznie istotnych związków pomiędzy badanymi parametrami.

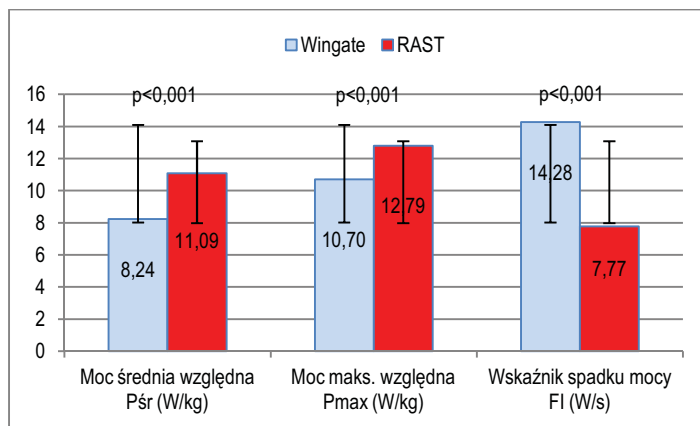


**Rycina 1.** Średnie wartości analizowanych parametrów uzyskane w testach Wingate i RAST przez badane zawodniczki ( $n=12$ )

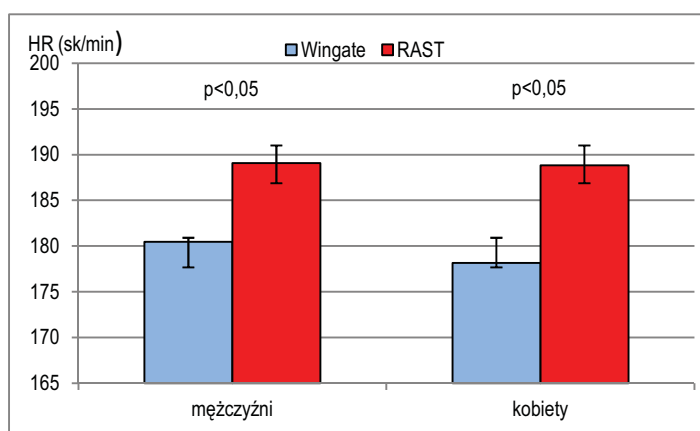
Płeć badanych miała wpływ na różnice pomiędzy wynikami obydwu testów. Wszystkie uzyskane przez mężczyzn wartości mocy były wyższe w teście biegowym, podczas gdy wskaźnik spadku mocy osiągał w nim wartości mniejsze (Ryc. 2). U kobiet istotne zróżnicowanie pomiędzy wynikami testów dotyczyło tylko wskaźnika spadku mocy (Ryc. 1). W grupie mężczyzn wykazano istotne zróżnicowanie pomiędzy wynikami mocy maksymalnej, mocy średniej i współczynnika spadku mocy uzyskanymi w obydwu testach.

Średnie wyniki mężczyzn z testu RAST okazały się być wyższe o odpowiednio: 25,7% ( $P_{sr}^{wz\%}$ ); 16,3% ( $P_{max}^{wz\%}$ ); 4,6% ( $HR_{max}$ ). W grupie kobiet istotne statystycznie zróżnicowanie wyników uzyskanych w obydwu próbach dotyczyło jedynie wskaźnika spadku mocy. Średnie wyniki testu RAST u kobiet były wyższe o odpowiednio: 6,2% ( $P_{sr}^{wz\%}$ ); 5,5% ( $P_{max}^{wz\%}$ ); 5,6% ( $HR_{max}$ ). W obydwu grupach w teście Wingate uzyskano natomiast wyższe średnie wartości wskaźnika spadku mocy, odpowiednio o 39,2% u kobiet i 83,8% u mężczyzn.

Jakkolwiek test Wingate ze względu na nietypowy charakter ruchu i zastosowanie obciążenia zewnętrznego uważany jest za „mniej przyjazny” dla zawodników, to zarówno w grupie mężczyzn, jak i kobiet wyższe wartości tętna maksymalnego osiągnięto w trakcie testu RAST. Różnice te okazały się być istotne statystycznie (Ryc. 3). Sugeruje to porównywalne obciążenie w trakcie wysiłku w teście RAST, a zatem energetyczne podobieństwo obydwu prób. W obydwu grupach wartości  $HR_{max}$  w testach były statystycznie związane (mężczyźni  $r=0,60$ ; kobiety  $r=0,42$ ).



**Rycina 2.** Średnie wartości analizowanych parametrów uzyskane w testach Wingate i RAST przez badanych zawodników ( $n=25$ )



**Rycina 3.** Średni maksymalny poziom tętna po zakończeniu testu Wingate i RAST w grupie kobiet i mężczyzn

## Dyskusja

Użyteczność testu Wingate w określaniu wydolności beztlenowej u zawodników przedłużonego sprintu została potwierdzona poprzez silny związek pomiędzy wynikami próby, a rezultatami na dystansach od 100 do 400 metrów [10, 11, 12]. Istotne zależności jakie występują pomiędzy wynikami uzyskiwanymi w teście WANt, a tradycyjnymi testami wykonywanymi na bieżni stawiają go jako wiarygodną formę oceny wydolności beztlenowej. Spośród wszystkich wskaźników jakie są możliwe do uzyskania, jako najbardziej użyteczne parametry Iskra i wsp. wskazują całkowitą pracę i pik mocy [13]. Uzyskane wyniki wskazują na dużą zależność pomiędzy masą ciała a mocą średnią i maksymalną w grupie przedłużonego sprintu (kobiet i mężczyzn) oraz sprinterów. Interesującym kierunkiem dalszych poszukiwań wydaje się określenie zależności pomiędzy tymi parametrami a wynikami w biegach na dystansach od 100 do 400 m.

Badania laboratoryjne dają możliwość wykorzystania innych narzędzi, takich jak np. test ergometryczny według Vandewalle'a [14] czy test Bosco [15]. Możliwość ich wykonywania jest jednak blokowana przez rozmaite czynniki, do których możemy zaliczyć niedostateczne zaplecze (laboratoria) czy brak wykwalifikowanej kadry zdolnej do ich przeprowadzania. Ograniczenie ich stosowania jest również spowodowane niespecyficzną strukturą ruchu dla wielu dyscyplin (w tym m.in. dla lekkoatletyki), która sprawia że trenerzy są do nich nastawieni sceptycznie.



W praktyce trenerskiej nie brakuje innych form oceny mocy, do których należy np. rzut piłką lekarską (kulą) w tył przez głowę (Backward Overhead Medicine Ball – BOMB). Próba BOMB może być wykorzystana w ocenie mocy uzyskiwanej przez kończyny dolne [16]. Z kolei Smirniotou i wsp. podają, że wynik próby wyskoku w górę z przysiadu (squat jump) w znacznym stopniu pozwala przewidzieć wyniki w biegu na 100 m [17].

Zasadniczym pytaniem jest jednak to, czy test oceniający moc i wydolność anaerobową zawodników, może być wykonywany w naturalnych dla nich warunkach (bieżnia) i w pełni oddawać charakter struktury ruchu i energetyki wysiłku lekkoatlety? Wyniki badań sugerują, że zarówno z wykorzystaniem bieżni mechanicznej, jak i standardowych warunków na stadionie, możliwe jest stworzenie zbliżonych warunków maksymalnego wysiłku o charakterze anaerobowym [18]. Co więcej, wyniki takich prób w znacznym stopniu mogą przekładać się na wyniki biegów na dystansach od 400 do 1000 m [6].

Dotychczasowe doświadczenia zdają się sugerować, że biegowe testy o maksymalnej intensywności wykonywane na bieżni mogą być użyteczne w określaniu czynników związanych z czasem, prędkością czy mocą, determinujących wyniki w konkurencjach sprinterskich [6, 19]. Nummela i wsp. podają, że testy takie w powiązaniu z próbą szybkości maksymalnej na odcinku 30 m są użyteczną i praktyczną metodą monitorowania przygotowania sportowca w konkurencjach sprinterskich [20]. Sam test RAST został oceniony jako skuteczny sposób oceny anaerobowej mocy biegowej i przewidywania wyników na krótkich dystansach, jednak dotychczasowe próby wykonywane były na osobach nietreningujących [21]. Odnosząc się do metodyki przedstawionej przez Vandewalle'a, test RAST powinien być traktowany raczej jako test nie tyle mocy – co pojemności anaerobowej [22]. Z drugiej strony potwierdzony zależnością pomiędzy  $HR_{max}$ , znaczny wysiłek jaki towarzyszy obydwu próbom, sugeruje ich podobieństwo energetyczne, możemy zatem przypuszczać, że obydwa testy oparte są o zbliżone procesy metaboliczne.

Wyniki uzyskane przez zawodników w teście RAST istotnie różniły się od wskaźników testu Wingate. Niższe wskaźniki mocy w WAnT, szczególnie u mężczyzn mogą być tłumaczone stosunkowo młodym wiekiem zawodników [23]. Wyjątkiem może tu być wskaźnik FI u kobiet trenujących przedłużony sprint oraz moc średnia w obydwu podgrupach kobiet. Może to być jednak rezultatem niewielkiej liczebności tych grup, co utrudnia interpretację danych, więc wyniki te wymagają dalszego potwierdzenia.

Pomimo, iż szczególnie w przypadku mężczyzn wyników testu RAST nie dało się przełożyć wprost na wyniki testu Wingate, to obydwa testy mogą mieć zastosowanie w monitorowaniu treningu. Wydaje się jednak, że zarówno wyższe parametry mocy, a przede wszystkim mniejszy jej spadek (FI) obserwowany w teście może być związany z dużo lepszym odwzorowaniem charakteru wysiłku. Sam wskaźnik, może jednak stwarzać problemy interpretacyjne [24]. Dodatkowe obciążenie zewnętrzne stosowane w teście Wingate, prowadzi rzeczywiście do znacznego spadku mocy co wyraża się obniżoną kadencją pedałowania. Dotyczy to niemal wszystkich zawodników. W praktyce – w biegu lekkoatletycznym – przy maksymalnym wysiłku o czasie trwania około 30 sekund, bardzo rzadko zdarza się tak drastyczne wyczerpanie zasobów energetycznych oraz obniżenie długości i częstotliwości kroków. Zjawisko takie jest charakterystyczne raczej dla maksymalnego wysiłku o nieco dłuższym czasie trwania (około 45 sekund). To niemal jednoznacznie sugeruje, że test Wingate jest dla zawodników znacznie bardziej obciążający niż próba wykonywana na bieżni, więc o ile zasadne wydaje się stosowanie go w okresie przygotowawczym, to w okresie przedstartowym i startowym powinien być zastąpiony testem biegowym.

Przy znacznej liczbie parametrów możliwych do obliczenia w teście Wingate, powstaje pytanie, które z nich mają największą wartość w diagnostyce sportowej. Jak podaje Iskra, istnieją związki pomiędzy mocą maksymalną oraz pracą całkowitą a wynikami w biegach na 110 i 400 metrów przez płotki [25]. Innym z najważniejszych kryteriów przy ocenie zdolności do wykonywania wysiłków o maksymalnej intensywności i krótkim czasie trwania jest tzw. spadek mocy [24]. Warto zwrócić uwagę, że zarówno wartości mocy maksymalnej jak i współczynnik spadku mocy są możliwe do wyznaczenia także w teście RAST, a analiza korelacji potwierdziła istotną zależność pomiędzy mocą maksymalną w obu próbach. Nie stwierdzono natomiast takiej zależności dla wskaźnika spadku mocy, na co wpływ mogło mieć zróżnicowanie w obrębie trenowanych przez zawodników dystansów.

Chcąc poszukiwać optymalizacji próby, w kierunku zbliżenia uzyskiwanych wyników, można się zastanawiać czy lepszy byłby pomiar sześciu odcinków w biegu bez przerw. Taki punkt widzenia prowadzi do konkluzji tyleż oczywistej co w praktyce sportowej trudnej do zaakceptowania, że najlepszym sprawdzianem dla biegacza na dystansie 400 m jest bieg na 400 m. Próba taka byłaby bardzo zbliżona do wysiłku startowego, podczas gdy celem poszukiwań jest znalezienie wiarygodnych prób nie zmuszających sportowca do przebiegnięcia całego dystansu. Wydaje się zatem, że uzyskiwane wskaźniki mogą informować o parametrach z pogranicza wydolności beztlenowej i wytrzymałości specjalnej a pomimo znacznej (sięgającej kilkudziesięciu procent) rozbieżności wyników z testem Wingate, test RAST może być dobrym testem weryfikacyjnym przygotowania lekkoatletów w zakresie wytrzymałości beztlenowej i zdolności utrzymania mocy w czasie.

## Wnioski

1. W zakresie analizowanych parametrów mocy, wyniki uzyskiwane w teście RAST są znacznie wyższe. W przypadku kobiet możemy oczekiwać mniejszego zróżnicowania. Wskaźnik spadku mocy osiągał niższe wartości w teście RAST, a szczególnie duże zróżnicowanie dotyczy grupy mężczyzn.
2. Jedyne parametry, których wyniki są porównywalne w obydwu testach to moc średnia i maksymalna w grupie kobiet (bez względu na specjalizację). Potwierdzenie stałości tych różnic wymaga dalszych badań.
3. Istnieje silna zależność pomiędzy masą ciała a mocą średnią i maksymalną u mężczyzn specjalizujących się w różnych sprinterskich konkurencjach lekkoatletycznych. U kobiet istotne zależności istnieją tylko dla specjalistek biegu na 400 m i 400 m ppł.
4. Bardziej specyficzna struktura ruchu i wysiłku w Biegowym Teście Mocy Anaerobowej (RAST), przyczynia się prawdopodobnie do lepszych wyników uzyskiwanych przez lekkoatletów w tym teście.
5. Ze względu na porównywalne obciążenie fizyczne, obydwa testy mogą być stosowane do oceny wydolności beztlenowej, szczególnie w okresie przygotowawczym. Zdecydowanie łatwiejsza organizacja badania sprawia, że test RAST może być wykorzystywany do regularnego (np. na poziomie mezocyklu co 4-6 tygodni) monitoringu poziomu wydolności beztlenowej zawodników lekkoatletycznych konkurencji biegowych, także w okresie przedstartowym i startowym.

## Piśmiennictwo

1. Nummela, A., Mero A. & Rusko H. (1996). The effects of sprint training on the determinants of maximal anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.* 17(2), 114-119 (suppl.).

2. Spencer, M.R. & Gastin P.B. (2001). Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Med. Sci. Sport Exer.* 1, 157-162.
3. Jastrzębski, Z. (1995). Selected aspects of the assessment of anaerobic capacity by applying the Wingate-test. *Biol. Sport* 12(3), 131-135.
4. Calbet, J.A.L., Chavarren J. & Dorato C. (1997). Fractional use of aerobic capacity during a 30 and 45-s Wingate test. *Eur. J. Appl. Physiol.* 76, 308-313.
5. Van Ingen Schenau, G.J., Jacobs R. & de Koning J.J. (1991). Can cycle power predict sprint running performance. *Eur. J. App. Physiol.* 63, 255-260.
6. Nummela, A., Hämmäläinen I. & Rusko H. (2007). Comparison of maximal anaerobic running tests on a treadmill and track. *J. Sport Sci.* 25(1), 87-96.
7. MacKenzie, B. (2005). *101 Performance Evaluation Tests* (str. 44-46). London: Electric Word plc.
8. Dotan, R. & Bar-Or O. (1983). Load optimization for Wingate Anaerobic Test. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51, 409-417.
9. Staniak, Z. (1994). Informatyczny system do wspomaganie testów wydolnościowych prowadzonych na cykloergometrach. *Trening*, 1, 251-257.
10. Tharp, G.D., Newhouse R.K., Uffelman W.G., Thorland H.G. & Johnson G.O. (1985). Comparison of sprint and run times with performance on the Wingate Anaerobic Test. *Res. Q. Exercise Sport* 56, 73-76.
11. Nesser, T.W., Latin R.W., Berg K. & Prentice E. (1996). Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *J. Strength Cond. Res.* 10, 263-267.
12. Almuzaini, K.S. (2000). Optimal peak and mean power on the Wingate test: relationship with sprint ability, vertical jump and standing long jump in boys. *Pediatr. Exerc. Sci.* 4, 349-359.
13. Iskra, J., Zajac A. & Waśkiewicz Z. (2006). Laboratory and Field Tests in Evaluation of Anaerobic Fitness in Elite Hurdlers. *J. Human Kinet.* 16, 25-38.
14. Jaskólski, A. & Jaskólska A. (2005). *Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego*. Wrocław: AWF Wrocław.
15. Bosco, C. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50, 273-282.
16. Duncan, M.J. & Hankey J. (2010). Concurrent validity of the backwards overhead medicine ball throw as a test of explosive power in adolescents. *Med. Sport* 14(3), 102-107.
17. Smirnotou, A., Katsikas C., Paradisis G., Argeitaki P., Zacharogiannis E. & Tziortzis S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J. Sport Med. Phys. Fit.* 48(4), 447-454.
18. Rusko, H., Nummela A. & Mero A. (1993). A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66, 97-101.
19. Nummela, A., Alberts M., Rijntjes R., Luhtanen P. & Rusko H. (1996). Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.* 17(2), 97-102 (suppl.).
20. Nummela, A., Mero A., Stray-Gundersen J. & Rusko H. (1996). Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *Int. J. Sports Med.* 17(2), 91-96 (suppl.).
21. Zagatto, A.M., Beck W.R., Gobatto C.A. (2009). Validity of the Running Anaerobic Sprint Test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performances. *J. Strength Cond. Res.* 23(6), 1820-1827.
22. Vandewalle, H., Pérès G. & Monod H. (1987). Standard anaerobic exercise tests. *Sports Med.* 4(4), 268-289.
23. Carvalho, H.M., Silva M.J., Figueiredo A.J., Gonçalves C.E., Philippaerts R.M., Castagna C. & et al. (2011). Predictors of maximal short-term power outputs in basketball players 14-16 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 111, 789-796.
24. Oliver, J.L. (2009). Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability? *J. Sci. Med. Sport* 12, 20-23.
25. Iskra, J. (2001). *Morfologiczne I funkcjonalne uwarunkowania wyników w biegach przez płotki*. Katowice: AWF Katowice.

Otrzymano: 27.01.2011

Przyjęto: 15.03.2011