

Original research papers

VALIDITY AND RELIABILITY OF MEASUREMENT OF KINEMATIC PARAMETERS IN A RUNNING SPEED TEST

Validity and reliability of speed test

BEATA MAKARUK¹, HUBERT MAKARUK², TOMASZ SACEWICZ³,
TADEUSZ MAKARUK², STANISŁAW KĘDRA², BARBARA DŁUGOŁĘCKA⁴

The Josef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw, Faculty of Physical Education in Biała Podlaska, Recreation Department¹, Athletics Department², Biomechanics and Information Technology Department³, Physiology Department⁴

Mailing address: Beata Makaruk, Faculty of Physical Education, 2 Akademicka Street, 21-500 Biała Podlaska, tel.: +48 83 3428754, fax: +48 83 3428800, e-mail: beatamakaruk@poczta.onet.pl

Abstract: The primary criterion of running speed is the time necessary to cover a designated distance. So far, the validity and reliability of measurement of kinematic parameters of running was mainly assessed based on speed tests involving the phase of acceleration. However, there are no data on validity and reliability of running speed tests involving running starts (preceded by a pre-run), during which the speed is relatively constant. The purpose of this study was to determine the validity and reliability of measurements of kinematic parameters in running speed test (20 m + 20 m). The research involved participation of female students (n=16) of the university of physical education, who were not involved in competitive sports. The average age of the participants was 20.89±0.6 years, body height 169.4±5.2 cm and weight 61.3±6.4 kg. The 20 m + 20 m speed test involved running (in as short time as possible) of a 20 m distance from a 20 m running start. The participants performed two runs during first session and a week later during the second session (test-retest). In order to determine the validity, the test results were correlated with the results of the ergonomic Quebec tests (10 s). The correlation showed a significant interdependency between the time of running with the absolute maximum power ($r=0.72$; $p=0.002$), as well as to relative power ($r=0.55$; $p=0.025$). In addition to speed, the relative variability of the test parameters expressed in the form of interclass correlation coefficient (ICC) did not fall below 0.76. On the other hand the absolute variability of the tested parameters expressed in the form of variability coefficient (CV) did not exceed 5.0%. The satisfactory validity and high reliability of measurement of the basic kinematic parameters of running confirms the purposefulness of the application of the 20 m + 20 m test in speed control.

Key words: run, speed, training, control

Introduction

Speed as the ability to perform movements in as small a time frame as possible constitutes the basis for success in many sports. The primary manifestation of the speed is the running figure, which – in principle – is a prerequisite for step length and frequency of running. Both parameters are antagonistic [7], therefore to make sure that the run is effective (the distance is covered in the shortest possible time), they must take the optimum value. The length and frequency of running step is determined by a number of other parameters. The most commonly measured ones include: the angle in the knee joint at the time of taking foot off the ground, duration of contact with the ground, time of flight.

The primary criterion of running speed is the time necessary to cover a designated distance, which depends on age, gender and sporting level – 20-60 m [14]. Selection of appropriate test of running speed is not an easy task. A significant obstacle to the use of running as a speed test is believed to be the distribution of different speeds on different distances. It

seems appropriate to distinguish between tests used for diagnosing the ability to accelerate and the ability to maintain speed close to the maximum [5]. According to certain researchers, [17] the latter ones better reflect the actual speed level.

Apart from the high degree of validity, a test should be reliable, i.e. it should provide information on the validity of the measurement of the tested variable. The higher the reliability of the test, the smaller the measurement error and the greater the validity with which a given parameter is measured. Reliability is usually expressed by the coefficient of variation (CV) or interclass correlation coefficient (ICC) [1]. The most common method of assessing the reliability of the physical fitness test is a test-retest comparison of consecutive measurements, performed during the same exercises or in a short space of time (e.g. week) [3]. This method, however, has its limitations: the result depends to a large extent on the time lapse between the measurements, the external factors affecting the measured parameters may change the conditions of the second measurement, the first measurement may help the tested subject to get to know the testing tool, which might affect the results of

the second test, and some other variables may be measured only once, thus preventing the re-use of this method.

So far, the validity and reliability of measurement of kinematic parameters of running was assessed by way of tests involving stationary starting position (static) [6, 8, 11]. However, there are no data on validity and reliability of running speed tests involving running starts (preceded by a pre-run).

The purpose of this study was to determine the validity and reliability of measurements of kinematic parameters in a running speed test (20 m + 20 m)

Material and methods

The research involved participation of female students ($n=16$) of the University of Physical Education in Warsaw, who were not involved in competitive sports. The average age of the participants was 20.89 ± 0.6 years, body height 169.4 ± 5.2 cm and weight 61.3 ± 6.4 kg. Before the beginning of the test all participants were familiarised with the purpose of the study, the manner of conduct and way of utilisation of results. The study was approved by the Scientific Research Ethics Commission of the Warsaw University of Physical Education.

Speed test (20 m + 20 m)

The test involved running of a 20 m distance from a running start with a 20 m pre-run in the shortest possible time. The test was carried out indoors, which allowed reduction of external conditions effects. During each session the participants performed two test runs, at an interval of 8 minutes (passive relaxation) during each of the two test sessions. The second session took place after 7 days. Before each test run the participants were instructed to "run as fast as you can". All runs were performed in sports gear (shirt and shorts), after an earlier warm-up (in shirt and tracksuit pants). Tracksuits were removed just prior to the run.

The test was preceded by a 5-minute run of low intensity and dynamic stretching exercises (10 minutes) [10]. After the general warm-up, the participants performed the following exercises: skip A and C (1 x 20 m) and run with submaximum intensity (1 x 40 m).

Quebec test (10 s)

A week before the test – in order to determine the optimum load – each participant performed 6-second efforts, in random order with the following loads: 5%, 7.5%, 10% of body weight.

The breaks between individual trials lasted 5 min. The load that allowed reaching maximum power was deemed to be optimal.

The test involved performance of a 10-second maximum effort on a bicycle ergometer (sitting) with individually selected optimum load [12]. The trial was repeated twice at an interval of 8 minutes. In further analysis we used the sample in which the participant achieved the highest value of maximum power. While performing the task, the participants were verbally encouraged to pedal as fast as they could. The maximum relative error of repeatability per sample was $CV=3.0\%$ [4].

Equipment

The time of run (T_{20}) was measured electronically with the use of device ST 2000 made by Slandi (Poland). The measuring equipment included two pairs of far-reaching photocells and an electronic chronometer. The photocells were placed at average height of the respondents' chests (1.25 m). The time was measured at the time of intersection of the infrared beam through the tested person's chest.

For the purpose of registration of other kinematic parameters we used two digital cameras (Basler piA640-210gc,

Germany) operating at a sampling frequency of 100 Hz with software StreamPix 3.34.0, Norpix, Canada. The cameras were set perpendicularly to the track at a distance of 24 m from the track. The workspace of each camera covered a 10 m section of the track as well as one metre before and after this space. The picture in the middle part was overlapped on a distance of 2 meters. All cycles of the running step between the 20th and 40th metre of the distance were measured. On the body of the tested subject we placed four markers: at the height of iliac spine anterior superior, trochanter major, medial condyle of the tibia and malleolus lateralis [9, 13]. A two dimensional cinematographic analysis of the film was performed with the use of the System APAS XP (USA) software. The film was scaled with the use of a flat calibration system. The analysis involved the following parameters: maximum running speed (V_M), length (SL) and frequency (SF) of running step, the time of contact of the foot with the surface (CT), flight time (FT), the angle in knee joint at the time of take off of the foot (KA). The length of the step was determined based on the distance from the tip of the shoe on the opposite foot at the time of contact with the surface. The frequency of the step was measured based on the number of steps made within one second. The maximum speed was measured based on the speed of the marker placed at the height of anterior superior iliac spine. This point was found as being representative for the middle of the body mass [9]. The time of contact with the surface was measured based on the time from the first contact of the foot to take off the same foot. The flight time was measured based on the time from the take off of the foot to touchdown of contralateral foot. The angle in the knee joint at the time of take off of the foot was measured based on the angle between the thigh and the shank, which was determined by the straight line running through the trochanter major and the medial condyle of the tibia and malleolus lateralis.

The Quebec test (10 s) was performed on a bicycle ergometer manufactured by Monark (type 834 E). The measurement and registration of maximum absolute power (W) and relative maximum power ($W \cdot kg^{-1}$) in effort was performed with the use of IT system Multi CykloErgometr MCE_v_4.5. The value of maximum speed was determined in the interval of peak power value $\leq 2.3\%$ [15].

Statistical analysis

Validity of the test was assessed using the test Pearson correlation (r), based on the shortest run of session I and the maximum power obtained in the Quebec test. Reliability of selected test kinematic parameters was assessed by way of the interclass correlation coefficient (ICC) and coefficient of variation (CV) using test-retest method. Reliability between the trials was assessed based on the results of the two runs during session I. Reliability between the sessions was assessed on the basis of the trials in which the tested subjects achieved the shortest time of run. We also calculated the standard error of measurement (SEM). The calculations were performed with the use of statistical program Statistica v. 5.1 PL.

Results

The absolute maximum power ($r=0.72$; $p=0.002$), and the relative power ($r=0.55$; $p=0.025$) showed a significant relationship with time of the run in the 20 m + 20 m test.

The average $\pm SD$ of tested parameters, the interclass correlations, the coefficients of variation, the standard errors of measurement between trials and between sessions were similar – Table 1. The highest ICC values were recorded in the case of the running time, step length and time of contact with the ground. On the other hand the lowest ICC value was recorded in the case of the maximum speed – 0.70.

Table 1. Values of testing parameters (average \pm SD), interclass correlation (ICC), coefficient of variability (CV), standard error of measurement (SEM) between trials in session I as well as between session I and II

Parameter	Between trials*				Between sessions**			
	X \pm SD	ICC	CV	SEM	X \pm SD	ICC	CV	SEM
T ₂₀ [s]	2.98 \pm 0.14	0.95	1.18	0.031	2.96 \pm 0.14	0.93	1.27	0.036
SL [m]	1.68 \pm 0.11	0.91	2.00	0.033	1.70 \pm 0.11	0.87	2.44	0.040
SF [Hz]	3.97 \pm 0.24	0.85	3.08	0.112	3.95 \pm 0.22	0.80	2.87	0.114
V _M [m·s ⁻¹]	7.15 \pm 0.50	0.69	4.67	0.302	7.21 \pm 0.37	0.65	3.49	0.245
CT [s]	0.14 \pm 0.01	0.91	3.57	0.005	0.14 \pm 0.01	0.92	3.03	0.004
FT [s]	0.11 \pm 0.01	0.81	4.34	0.006	0.11 \pm 0.01	0.84	4.40	0.006
KA [deg]	165.63 \pm 4.67	0.76	1.42	2.33	14.78 \pm 6.35	0.79	1.56	2.54

* - during session I, ** - between shortest runs in sessions I and II

Parameters: T₂₀ - running time, V - maximum running speed, SL - step length, SF - step frequency, KA - angle in knee joint at the time of take off of the foot, CT - duration of contact with the surface, FT - flight time

The variability (CV) of each of the three measured parameters did not exceed 5%. The greatest variability was observed in the case of maximum speed and the flight time, while the lowest variability was recorded in the case of the running time and the knee joint angle at the time of take off of the foot (less than 2%).

Discussion

From the perspective the theory of sport testing is an activity, which is designed to measure parameters related to human kinetics. Measurement in this sense involves assigning of numbers to selected parameters or collections thereof in accordance with certain rules, the correctness of which can be empirically verified - i.e. checked. For a test to be used for research, it must be especially valid (measuring the expected property), and reliable, that is, that the measurement of the value of its parameter or parameters may not be coincidental, and should correspond to the same hidden properties. Assessment of the validity and reliability of a test is one of the optimisation measures, which seeks to ensure focus and maximize the precision of measurement. Only after meeting these criteria a test may be considered appropriate and objective a diagnostic tool.

From the practical point of view, it would be more reasonable to verify the validity of the 20 m + 20 m test by determination of the relationship between the time of this test and the time of run from a low start - 60 or 100 m. However, for women not involved in competitive sports, a 60 m run and especially a 100 m run would not only test the speed of running. In addition to the level of speed, the outcome would also be determined by endurance and the running technique. The use of laboratory test (Quebec 10 s) allowed us to exclude these two factors, and the previously established [2, 11] strong correlation between the maximum power and the running time on short distances (up to 50 m), helped us in finding the relevance of the evaluation as justified. The value of the correlation coefficient of the absolute maximum power ($r=0.72$) and relative maximum power ($r=0.55$) with running time in the 20 m + 20 m test confirmed the relevance of this test in the case of women not involved in competitive sports. Similar values in testing of highly qualified hurdlers were obtained by Iskra [8]. He found that the failure to include the body weight - a parameter which is significantly associated with power and speed - was not appropriate.

Using the interclass correlation coefficient (ICC) we estimated the relative variability, which indicates the reliability of repeated measurements. Although there is no set standard that would decide if a measurement of a parameter is reliable or

not, it is considered that the measurement of ICC=0.75 and above meets the requirements of reliability [16]. This criterion was not met, only by one tested parameter - the maximum running speed. Probably indirect method [9], used to set this parameter covers too large margin of error. The angle of the knee joint at the time of take off of the foot was also on the border of acceptability. We suppose that the lower repeatability of measurements of this parameter can be attributed to the difficulty in determining proper location of the markers used to calculate the angle parameters. The value of ICC of the other kinematic parameters used for measurement during the same session was between 0.81-0.95, while and between successive sessions (held within a week) it was between 0.80-0.93. This indicates a high level of stability of the kinematic parameters of this test. It is also worthwhile to emphasise the high level of reliability of the measurement of the running start run on the distance of 20 m. Such a high reliability of measurement of this fundamental parameter, together with the high degree of reliability is a strong argument for application of this test for measurement of speed, as this skill - due to its specificity, i.e. short duration, requires high-precision of measurement.

The absolute variability was estimated on the basis of the coefficient of variation (CV). It is assumed that if the CV of all measurements of a parameter is not greater than 10%, the reliability of measurement methods and the tools is acceptable [1]. In our research, the variability of any of the parameters did not exceed 5%, so it can be assumed that the kinematic parameters measured in this test is characterised by a high degree of reliability, as previously demonstrated by ICC.

High reliability is accompanied by a small measurement error, which is primarily determined by random factors (beyond the control of the researcher) and the design of the test. The observed values of the standard error of measurement of each parameter (SEM) were low, which makes it possible to consider this test to be a precise tool. In addition, the SEM values between the trials and between the sessions within the same parameters were similar, which suggests that test is not susceptible to improvement by repeating of the exercises.

The 20 m + 20 m test meets the criteria for empirical testing. The satisfactory level of reliability and the high validity in measurement of kinematic parameters confirm the usefulness of this test for control of speed. Future research should aim to compare the validity and reliability of running speed testing from running start (e.g. 20 m + 20 m) and stationary position (e.g. 20 m). It would also be justified to determine which group of tests (running start or stationary position) better predicts and diagnoses the result of running on distances of 60 m or 100 m by competitors involved in sprint runs.

Conclusions

1. These test results indicate that the 20 m + 20 m running speed test is valid and reliable. It can be used by sports coaches of speed and strength sporting disciplines in order to check the speed of running, as well as kinematic parameters, which directly determine that speed.

2. The very high reliability of the measurement of the running time – a parameter that requires application of a simple use of measuring equipment – is convincing an argument as to the appropriateness of evaluation and control of running speed with the use of this method under field conditions.

Literature

- Atkinson G., Nevill A.M. (1998) Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.*, 26, 217-238.
- Borrie A., Bradburn D. (1995) A correlation of two anaerobic power tests and three sprint performance tests. *J Sport Sci.*, 1, 19-21.
- Brzeziński J. (2005) Methodology of psychological tests. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. [in Polish]
- Dore E., Duche P., Roufft D., Ratel S., Bedu M. (2003) Measurement error in short-term power testing in young people. *J. Sport Sci.*, 21, 135-142.
- Duthie G.M., Pyne D.B., Marsh D.J., Hooper S.L. (2006) Sprint patterns in rugby union players during competition. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 208-214.
- Duthie G.M., Pyne D.B., Ross A.A., Livingstone S.G., Hooper S.L. (2006) The reliability of ten-meter sprint time using different starting techniques. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 246-251.
- Hunter J.P., Marshall R.N., McNair P.J. (2003) Interaction of step length and step rate during sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36, 261-271.
- Iskra J. (2001) Morphological and functional conditions of results in hurdle running. AWF, Katowice. [in Polish]
- Lockie R.G., Murphy A.J., Spinks C.D. (2003) Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 17, 760-767.
- Makaruk H., Makaruk B., Kędra S. (2008) Effects of warm-up stretching exercises on sprint performance. *Physical Education and Sport*, 52, 23-26.
- 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.
- Norkowski H., Huciński T. (2007) Comparison of anaerobic capacity of selected groups of basketball and handball women players. *Research Yearbook*, 13, 60-64.
- Paradisís G.P., Cooke C.B. (2006) The effects of sprint running training on sloping surfaces. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 767-777.
- Sozański H., Witczak T., Starzyński T. (1999) Speed training. COS, Warszawa. [in Polish]
- Staniak Z. (1994) Information system for supporting of fitness tests performed on cycloergometers. *Trening*, 21, 251-257. [in Polish]
- Walmsley R., Amell T. (1996) The application and interpretation of intraclass correlations in the assessment of reliability in isokinetic dynamometry. *Isokinetics Exerc. Sci.*, 6, 117-124.
- Young W., Russell A., Burge P., Clarke A., Cormack S. (2008) The use of sprint tests for assessment of speed qualities of elite Australia rules footballers. *Int. J. Sport Physiol. & Performance*, 3, 199-206.

Submitted: January 19, 2009

Accepted: February 26, 2009

TRAFNOŚĆ I RZETELNOŚĆ POMIARÓW PARAMETRÓW KINEMATYCZNYCH W TEŚCIE SZYBKOŚCI BIEGOWEJ

Trafność i rzetelność testu szybkości

BEATA MAKARUK¹, HUBERT MAKARUK², TOMASZ SACEWICZ³, TADEUSZ MAKARUK²,
STANISŁAW KĘDRA², BARBARA DŁUGOŁĘCKA⁴

Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie, Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego w Białej Podlaskiej, Zakład Rekreacji¹, Zakład Lekkiej Atletyki², Zakład Biomechaniki i Informatyki³, Zakład Fizjologii⁴

Adres do korespondencji: Beata Makaruk, Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego,
ul. Akademicka 2, 21-500 Biała Podlaska, tel.: 083 3428754, fax: 083 3428800,
e-mail: beatamakaruk@poczta.onet.pl

Streszczenie: Podstawowym kryterium szybkości biegowej jest czas pokonania wyznaczonego dystansu. Dotychczas, trafność i rzetelność pomiarów parametrów kinematycznych biegu oceniano głównie na podstawie testów szybkości obejmujących fazę przyspieszenia. Brakuje natomiast danych na temat trafności i rzetelności testów szybkości biegów ze startu lotnego (poprzedzonych nabiegiem), podczas których prędkość jest względnie stała. Celem niniejszych badań było określenie trafności i rzetelności pomiarów parametrów kinematycznych w teście szybkości biegowej (20 m + 20 m). W badaniu udział wzięły studentki (n=16) uczelni wychowania fizycznego, które nie uprawiały sportu wyczynowo. Średnia wieku badanych wynosiła 20,89±0,6 lat, wysokość ciała 169,4±5,2 cm i masa ciała 61,3±6,4 kg. Zastosowany test szybkości 20 m + 20 m polegał na przebiegnięciu dystansu 20 m ze startu lotnego z 20 metrowego nabiegu w jak najkrótszym czasie. Badane wykonały po dwa biegi podczas I-jej i tydzień później podczas II-jej sesji badań (test-retest). W celu ustalenia trafności wyniki testu szybkości skorelowano z wynikami testu ergometrycznego Quebec (10 s). Korelacja wykazała istotną współzależność czasu biegu z mocą maksymalną bezwzględną (r=0,72; p=0,002), jak i ze względną (r=-0,55; p=0,025). Poza prędkością maksymalną, zmienność względna badanych parametrów wyrażona współczynnikiem korelacji wewnątrzklasowej (ICC) nie była niższa od wartości =0,76. Z kolei zmienność bezwzględna każdego z badanych parametrów wyrażona współczynnikiem zmienności (CV) nie przekroczyła wartości =5,0%. Zadawalająca trafność i wysoka rzetelność pomiaru podstawowych parametrów kinematycznych biegu potwierdzają celowość wykorzystania testu 20 m + 20 m w kontroli szybkości.

Słowa kluczowe: bieg, szybkość, trening, kontrola

Wstęp

Szybkość jako zdolność do wykonywania ruchów w najmniejszych dla danych warunków odcinkach czasu stanowi podstawę sukcesu w wielu dyscyplinach sportowych. Zasadniczym przejawem szybkości jest jej postać biegowa, którą – w zasadzie – warunkuje długość i częstotliwość kroku biegowego. Oba parametry są antagonistyczne [7], stąd aby dany bieg był skuteczny (dystans był pokonany w jak najkrótszym czasie) muszą one przyjmować wartości optymalne. O długości i częstotliwości kroku biegowego decyduje wiele innych parametrów. Do najczęściej mierzonych należą: kąt w stawie kolanowym w momencie oderwania stopy od podłoża, czas kontaktu z podłożem, czas lotu.

Podstawowym kryterium szybkości biegowej jest czas pokonania wyznaczonego dystansu, który w zależności od wieku, płci i poziomu sportowego wynosi 20-60 m [14]. Dobór właściwego testu szybkości biegowej nie jest zadaniem łatwym. Znaczną przeszkodę w stosowaniu biegu jako sprawdzianu szybkości upatruje się w różnym rozkładzie prędkości podczas biegów na różnych dystansach. Celowym wydaje się rozróżnienie testów szybkości diagnozujących zdolność przyspieszenia i zdolność utrzymania prędkości około maksymalnej [5]. Zda-

niem niektórych badaczy [17] te drugie trafniej odzwierciedlają rzeczywisty poziom szybkości.

Poza wysokim stopniem trafności, test powinien być rzetelny, tj. informować o dokładności pomiaru danej zmiennej. Im wyższa rzetelność testu, tym mniejszy błąd pomiaru i większa dokładność, z jaką mierzy on dany parametr. Rzetelność najczęściej wyrażana jest za pomocą współczynnika zmienności (CV) lub wewnątrzklasowego współczynnika korelacji (ICC) [1]. Najpopularniejszą metodą oceny rzetelności testu sprawności fizycznej jest test-retest polegający na porównaniu kolejnych pomiarów, które wykonywane są podczas tej samej jednostki ćwiczeń lub w krótkim odstępie czasu (np. tydzień) [3]. Metoda ta ma jednak swoje ograniczenia: otrzymany wynik zależy w dużym stopniu od upływu czasu pomiędzy pomiarami, czynniki zewnętrzne oddziałujące na mierzony parametr mogą zmienić warunki drugiego pomiaru, pierwszy pomiar pozwała poznać badanemu narzędzie pomiarowe, co może wpływać na wyniki drugiego pomiaru oraz pewne zmienne mogą być mierzone tylko raz, co uniemożliwia ponowne zastosowanie tej metody.

Dotychczas trafność i rzetelność pomiarów parametrów kinematycznych biegu oceniano głównie poprzez testy wykonywane z pozycji zatrzymanej (statycznej) [6, 8, 11]. Brakuje

natomiast danych na temat trafności i rzetelności testów szybkości poprzedzonych nabiegiem.

Celem niniejszych badań było określenie trafności i rzetelności pomiarów parametrów kinematycznych w teście szybkości biegu (20 m + 20 m).

Materiał i metody

W badaniu udział wzięły studentki (n=16) Akademii Wychowania Fizycznego (AWF) Warszawa, które nie uprawiały sportu wyczynowo. Średnia wieku badanych wynosiła 20,9±0,6 lat, wysokość ciała 169,4±5,2 cm i masa ciała 61,3±6,4 kg. Przed przystąpieniem do badań wszystkie uczestniczki zostały zapoznane z celem badań, ich przebiegiem oraz sposobem wykorzystania wyników. Badania zostały zaakceptowane przez Komisję Etyki Badań Naukowych AWF Warszawa.

Test szybkości (20 m + 20 m)

Test polegał na przebiegnięciu dystansu 20 m ze startu lotnego z 20 metrowego nabiegu w jak najkrótszym czasie. Został przeprowadzony w hali lekkoatletycznej, co pozwoliło ograniczyć wpływ warunków zewnętrznych. Uczestniczki badań wykonały dwa biegi, w odstępie 8 minut (odpoczynek bierny) podczas każdej z dwóch sesji badań. Drugą sesję przeprowadzono po 7 dniach. Przed każdym biegiem badana dostawała polecenie: „biegnij najszybciej jak tylko potrafisz”. Wszystkie biegi były wykonywane w stroju sportowym (koszulka i spodnie), po wcześniejszej rozgrzewce (w koszulce i spodniach dresowych). Spodnie dresowe były zdejmowane tuż przed biegiem.

Badania były poprzedzone 5-minutowym biegiem o niskiej intensywności i dynamicznymi ćwiczeniami rozciągającymi (10 minut) [10]. Po części ogólnej rozgrzewki, badane wykonały następujące ćwiczenia: skip A i C (1 x 20 m) oraz bieg z submaksymalną intensywnością (1 x 40 m).

Test Quebec (10 s)

Tydzień przed testem – w celu ustalenia optymalnego obciążenia – każda z badanych wykonała 6-sekundowe wysiłki, w losowej kolejności z następującymi obciążeniami: 5%, 7,5%, 10% masy ciała. Czas przerwy między próbami wynosił 5 min. Za obciążenie optymalne uznano to, które pozwoliło osiągnąć moc maksymalną.

Test właściwy polegał na wykonaniu 10-sekundowego, maksymalnego wysiłku na ergometrze rowerowym (w pozycji siedzącej) z indywidualnie dobranym obciążeniem optymalnym [12]. Próbę wykonano dwukrotnie w odstępie 8 min. Do analizy wykorzystano próbę, w której badana osiągnęła najwyższą wartość mocy maksymalnej. Podczas wykonywania zadania, badane były słownie zachęcane do osiągnięcia maksymalnej prędkości pedałowania. Maksymalny względny błąd powtarzalności próby wyniósł CV=3,0% [4].

Aparatura

Czas biegu (T_{20}) został zmierzony elektronicznie za pomocą urządzenia ST 2000 firmy Slandi (Polska). W skład aparatury pomiarowej wchodziły dwie pary fotoceli dalekosiężnych oraz elektroniczny chronometr. Fotocele umieszczono na średniej wysokości klatki piersiowej badanych (1,25 m). Czas był mierzony w momencie przecięcia wiązki podczerwieni przez klatkę piersiową badanej.

Do rejestracji pozostałych parametrów kinematycznych biegu wykorzystano dwie kamery cyfrowe (Basler piA640-210gc, Niemcy) pracujące z częstotliwością próbkowania 100 Hz oraz oprogramowanie StreamPix 3.34.0, Norpix, Kanada. Kamery ustawiono prostopadle do toru biegni w odległości 24 m. Obszar roboczy każdej z kamer obejmował odcinek 10 m biegni oraz metr przed i metr za tym obszarem. Obraz w środkowej

części pokrywał się na długości 2 metrów. Pomiarom poddano wszystkie pełne cykle kroku biegowego między 20 a 40 m dystansu. Na ciele badanej z prawej strony umieszczono cztery markery: na wysokości kolca biodrowego przedniego górnego (spina iliaca anterior superior), krętarza większego kości udowej (trochanter major), kłykcia bocznej kości piszczelowej (condylus lateralis tibiae) i kostki bocznej strzałki (malleolus lateralis) [9, 13]. Dwuwymiarową analizę kinematograficzną materiału filmowego wykonano przy pomocy programu System APAS XP (USA). Skalowanie filmu przeprowadzono przy pomocy płaskiego układu kalibracyjnego. Analizie poddano następujące parametry: prędkość maksymalną biegu (V_M), długość (SL) i częstotliwość (SF) kroku biegowego, czas kontaktu stopy z podłożem (CT), czas lotu (FT), kąt w stawie kolanowym w momencie oderwania stopy od podłoża (KA). Długość kroku określono na podstawie dystansu zmierzonego od czubka buta w fazie oderwania stopy od podłoża do czubka buta nogi przeciwnej w momencie kontaktu stopy z podłożem. Częstotliwość kroku stanowiła liczba kroków wykonana w czasie jednej sekundy. Prędkość maksymalną zmierzono na podstawie prędkości markera umieszczonego na wysokości kolca biodrowego przedniego górnego. Punkt ten uznano jako reprezentatywny dla środka masy ciała [9]. Czas kontaktu z podłożem stanowił czas od momentu kontaktu stopy z podłożem do momentu całkowitego oderwania stopy od podłoża. Czas lotu stanowił czas między oderwaniem stopy od podłoża do kontaktu stopy nogi przeciwnej z podłożem. Kąt w stawie kolanowym w momencie oderwania stopy od podłoża określono na podstawie kąta między udem a podudziem, który wyznaczyła prosta przechodząca przez krętarz większy kości udowej i kłykiec boczny kości piszczelowej oraz prosta przechodząca przez kłykiec boczny kości piszczelowej i kostkę boczna strzałki. Kąt w stawie kolanowym wzrastał wraz z wyrostem kończyny dolnej w tym stawie.

Test Quebec (10 s) wykonano na ergometrze rowerowym firmy Monark (typ 834 E). Pomiar i rejestrację mocy maksymalnej bezwzględnej (W) i względnej ($W \cdot kg^{-1}$) wysiłku dokonano w oparciu o system informatyczny Multi CykloErgometr MCE_v_4.5. Wartość mocy maksymalnej określono w przedziale: szczytowa wartość mocy $\leq 2,3\%$ [15].

Analiza statystyczna

Trafność testu oceniono za pomocą korelacji Pearsona (r), na podstawie najkrótszego czasu biegu podczas I sesji i mocy maksymalnej uzyskanej w teście Quebec. Rzetelność wybranych parametrów kinematycznych testu oceniono za pomocą współczynnika korelacji wewnątrzklasowej (ICC) i współczynnika zmienności (CV) przy użyciu metody test-retest. Rzetelność między próbami oceniono na podstawie wyników dwóch biegów wykonanych podczas I sesji. Rzetelność między sesjami oceniono na podstawie prób, w których badana osiągnęła najkrótszy czas biegu. Obliczono również standardowy błąd pomiaru (SEM). Do obliczeń wykorzystano program statystyczny Statistica v. 5.1 PL.

Wyniki

Moc maksymalna bezwzględna ($r=0,72$; $p=0,002$), jak i względna ($r=0,55$; $p=0,025$) wykazały istotny związek z czasem biegu w teście 20 m + 20 m.

Średnie $\pm SD$ badanych parametrów, korelacje wewnątrzklasowe, współczynniki zmienności, standardowe błędy pomiarów między próbami oraz między sesjami były zbliżone (Tab. 1). Najwyższymi wartościami współczynnika ICC charakteryzował się czas biegu, długość kroku, czas kontaktu z podłożem. Z kolei najniższymi – poniżej 0,70 – prędkość maksymalna.

Tabela 1. Wartość badanych parametrów (średnia \pm SD), korelacja wewnątrzklasowa (ICC), współczynnik zmienności (CV), standardowy błąd pomiaru (SEM) między próbami w I sesji oraz między sesją I i II

Parametr	Między próbami*				Między sesjami**			
	$\bar{X} \pm SD$	ICC	CV	SEM	$\bar{X} \pm SD$	ICC	CV	SEM
T ₂₀ [s]	2,98 \pm 0,14	0,95	1,18	0,031	2,96 \pm 0,14	0,93	1,27	0,036
SL [m]	1,68 \pm 0,11	0,91	2,00	0,033	1,70 \pm 0,11	0,87	2,44	0,040
SF [Hz]	3,97 \pm 0,24	0,85	3,08	0,112	3,95 \pm 0,22	0,80	2,87	0,114
V _M [m·s ⁻¹]	7,15 \pm 0,50	0,69	4,67	0,302	7,21 \pm 0,37	0,65	3,49	0,245
CT [s]	0,14 \pm 0,01	0,91	3,57	0,005	0,14 \pm 0,01	0,92	3,03	0,004
FT [s]	0,11 \pm 0,01	0,81	4,34	0,006	0,11 \pm 0,01	0,84	4,40	0,006
KA[stopnie]	165,63 \pm 4,67	0,76	1,42	2,33	164,78 \pm 6,35	0,79	1,56	2,54

* - podczas I sesji, ** - między biegami o najkrótszym czasie trwania w sesji I i II

Parametry: T₂₀ – czas biegu, V – prędkość maksymalna biegu, SL – długość kroku, SF – częstotliwość kroku, KA – kąt w stawie kolanowym w momencie oderwania stopy od podłoża, CT – czas kontaktu z podłożem, FT – czas lotu

Zmienność (CV) każdego ze zmierzonych parametrów nie przekroczyła 5%. Największą zmienność zaobserwowano w przypadku prędkości maksymalnej oraz czasu lotu, a najmniejszą charakteryzował się czas biegu oraz kąt w stawie kolanowym w momencie oderwania stopy od podłoża (poniżej 2%).

Dyskusja

Z perspektywy teorii sportu testowanie to działanie, które ma na celu pomiar parametrów związanych z motorycznością człowieka. Pomiar w tym rozumieniu to przyporządkowanie liczb wybranym parametrom lub ich zbiorom według pewnych zasad, których prawidłowość można zweryfikować empirycznie, czyli zidentyfikować stan rzeczywisty. Aby test można było wykorzystać do badań musi być przede wszystkim trafny (mierzyć oczekiwaną właściwość) oraz rzetelny, tzn. że pomiar wartości jego parametru, bądź parametrów nie może być przypadkowy i powinien odpowiadać tej samej ukrytej własności. Ocena trafności i rzetelności testu należy do działań optymalizacyjnych, które zmierzają do zapewnienia celowości i jak największej precyzji pomiaru. Dopiero po spełnieniu tych kryteriów test może być uznany za właściwe i obiektywne narzędzie diagnostyczne.

Z praktycznego punktu widzenia, bardziej zasadną byłaby weryfikacja trafności testu 20 m + 20 m poprzez określenie zależności czasu tego testu z czasem biegu ze startu niskiego na 60 lub 100 m. Jednakże, w przypadku kobiet nietreningujących wyczynowo bieg na 60 m, a zwłaszcza na 100 m nie byłby wyłącznie testem szybkości biegowej. Poza poziomem szybkości biegowej o wyniku decydowałaby tutaj wytrzymałość szybkościowa czy technika biegu. Zastosowanie testu laboratoryjnego (Quebec 10 s) pozwoliło te dwa czynniki wyłączyć, a wcześniej stwierdzona [2, 11] silna korelacja mocy maksymalnej z czasem biegu na krótkich dystansach (do 50 m), uznać ten sposób oceny trafności za uzasadniony. Wartość współczynnika korelacji mocy maksymalnej bezwzględnej ($r=0,72$) i względnej ($r=0,55$) z czasem biegu w teście 20 m + 20 m potwierdziła trafność tego testu u kobiet nietreningujących wyczynowo. Podobne wartości w badaniach wysoko kwalifikowanych płotkarzy uzyskał Iskra [8]. Uznał on, że nieuwzględnienie masy ciała – parametru istotnie związanego z mocą i szybkością – jest niewłaściwe.

Za pomocą współczynnika korelacji wewnątrzklasowej (ICC) oszacowano zmienność względną, która informuje o rze-

telności pomiarów powtarzanych. Mimo, że nie ma wyznaczonego standardu, który decydowałby o tym czy pomiar danego parametru jest rzetelny czy też nie, uważa się, że wartość pomiaru na poziomie ICC=0,75 i powyżej spełnia wymogi rzetelności [16]. Tego kryterium nie spełnił tylko jeden badany parametr – prędkość maksymalna biegu. Prawdopodobnie pośrednią metodą [9], której użyto do wyznaczenia tego parametru obejmuje zbyt duży margines błędów. Na granicy akceptowalności znalazł się także kąt w stawie kolanowym w momencie oderwania stopy od podłoża. Przypuszczamy, że na niższą powtarzalność pomiarów tego parametru mogła mieć wpływ trudność określenia właściwego umiejscowienia markerów do obliczenia parametrów kątowych. Wartość ICC dla pozostałych parametrów kinematycznych dla pomiarów podczas tej samej sesji zawierała się między 0,81-0,95, a między kolejnymi sesjami (w odstępie tygodnia) między 0,80-0,93. Wskazuje to na wysoki poziom stabilności kinematycznych parametrów tego testu. Podkreślić należy bardzo wysoki stopień rzetelności pomiaru czasu „lotnego” na dystansie 20 m. Taka wysoka wiarygodność pomiaru tego podstawowego parametru wraz z wysokim stopniem trafności stanowią silny argument przemawiający za zasadnością stosowania tego testu do pomiaru szybkości, bowiem ta zdolność z racji specyfiki jej przejawiania, tj. krótkiego czasu trwania, wymaga wysokiej precyzji pomiaru.

Zmienność bezwzględną oszacowano na podstawie współczynnika zmienności (CV). Przyjmuje się, że jeżeli wartość CV wszystkich pomiarów danego parametru jest nie większa niż 10%, rzetelność metody i narzędzi pomiarowych jest akceptowalna [1]. W naszych badaniach zmienność żadnego z parametrów nie przekroczyła 5%, dlatego można założyć, że parametry kinematyczne zmierzone w tym teście charakteryzują się wysokim stopniem rzetelności, co wcześniej wykazano za pomocą ICC.

Wysokiej rzetelności towarzyszy mały błąd pomiaru, który jest zdeterminowany przede wszystkim czynnikami losowymi (poza kontrolą badacza) oraz konstrukcją samego testu. Zaobserwowane wartości standardowego błędów pomiaru każdego parametru (SEM) były niskie, co pozwala uznać ten test za narzędzie precyzyjne. Dodatkowo wartości SEM między próbami i między sesjami w obrębie tych samych parametrów były zbliżone co może świadczyć o małej podatności testu na wyćwiczenie.

Test 20 m + 20 m spełnia empiryczne kryteria testowania. Zadawalająca trafność i wysoka rzetelność pomiaru parametru

trów kinematycznych potwierdzają celowość wykorzystania tego testu w kontroli szybkości. Przyszłe badania powinny zmierzać do porównania trafności i rzetelności testów szybkości biegowej wykonywanych ze startu lotnego (np. 20 m + 20 m) oraz z pozycji zatrzymanej (np. 20 m). Zasadne również byłoby określenie, która grupa testów (ze startu lotnego czy pozycji zatrzymanej) pozwala trafniej prognozować i diagnozować wynik biegu na 60 czy 100 m zawodników trenujących biegi sprinterskie.

Wnioski

1. Niniejsze wyniki badań wskazują, iż test szybkości biegowej 20 m + 20 m jest trafny i rzetelny. Może być wykorzystywany przez trenerów dyscyplin szybkościowo-siłowych w celu sprawdzenia poziomu szybkości biegowej, jak i parametrów kinematycznych bezpośrednio o niej decydujących.

2. Bardzo wysoka rzetelność pomiaru czasu biegu – parametru wymagającego użycia, prostej w obsłudze, aparatury pomiarowej – przekonuje, co do słuszności oceny i kontroli szybkości biegowej tą metodą w warunkach terenowych.

Piśmiennictwo

- Atkinson G., Nevill A.M. (1998) Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Med.*, 26, 217-238.
- Borrie A., Bradburn D. (1995) A correlation of two anaerobic power tests and three sprint performance tests. *J Sport Sci.*, 1, 19-21.
- Brzeziński J. (2005) Metodologia badań pedagogicznych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Dore E., Duche P., Rouffit D., Ratel S., Bedu M. (2003) Measurement error in short-term power testing in young people. *J. Sport Sci.*, 21, 135-142.
- Duthie G.M., Pyne D.B., Marsh D.J., Hooper S.L. (2006) Sprint patterns in rugby union players during competition. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 208-214.
- Duthie G.M., Pyne D.B., Ross A.A., Livingstone S.G., Hooper S.L. (2006) The reliability of ten-meter sprint time using different starting techniques. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 246-251.
- Hunter J.P., Marshall R.N., McNair P.J. (2003) Interaction of step length and step rate during sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36, 261-271.
- Iskra J. (2001) Morfologiczne i funkcjonalne uwarunkowania rezultatów w biegach przez płotki. AWF, Katowice.
- Lockie R.G., Murphy A.J., Spinks C.D. (2003) Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 17, 760-767.
- Makaruk H., Makaruk B., Kędra S. (2008) Effects of warm-up stretching exercises on sprint performance. *Physical Education and Sport*, 52, 23-26.
- 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.
- Norkowski H., Huciński T. (2007) Comparison of anaerobic capacity of selected groups of basketball and handball women players. *Research Yearbook*, 13, 60-64.
- Paradisis G.P., Cooke C.B. (2006) The effects of sprint running training on sloping surfaces. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 767-777.
- Sozański H., Witczak T., Starzyński T. (1999) Trening szybkości. COS, Warszawa.
- Staniak Z. (1994) Informatyczny system do wspomaganie testów wydolnościowych prowadzonych na cykloergometrach. *Trening*, 21, 251-257.
- Walmsley R., Amell T. (1996) The application and interpretation of intraclass correlations in the assessment of reliability in isokinetic dynamometry. *Isokinetics Exerc. Sci.*, 6, 117-124.
- Young W., Russell A., Burge P., Clarke A., Cormack S. (2008) The use of sprint tests for assessment of speed qualities of elite Australia rules footballers. *Int. J. Sport Physiol. & Performance*, 3, 199-206.

Otrzymano: 19.01.2009

Przyjęto: 26.02.2009