

Original research papers

WARM-UP INTENSITY AND DURATION VERSUS 5 X 6 SECONDS ERGOMETRIC TEST RESULTS IN YOUNG ATHLETES

Warm-up intensity and duration

HUBERT MAKARUK¹, BARBARA DŁUGOŁĘCKA², EWA JÓWKO³, BEATA MAKARUK⁴

The Josef Pilsudski University of Physical Education in Warsaw, Poland

*Faculty of Physical Education in Białą Podlaska, Athletics Department¹, Physiology Department²,
Biochemistry Department³, Recreation Department⁴*

Mailing address: Hubert Makaruk, Faculty of Physical Education, 2 Akademicka Street,
21-500 Białą Podlaska, Poland, tel. +48 83 3428832, e-mail: hubert.makaruk@awf-bp.edu.pl

Abstract: The purpose of the study was to compare the impact of warm-up intensity and duration in two regimens: 20-minute moderate-intensity (64% HR_{max}) - WMI and 10-minute heavy-intensity (73% HR_{max}) - WHI, on sprint effort parameters under interval conditions in young athletes. The tested group included 10 competitors practising speed-strength events in athletics (sprints and jumps). The study tests covered 5 x 6 seconds subtest on bicycle ergometer (sprint every 24 seconds) and analyses of blood lactate (LA) level. Total work (W_{TOT}), average power (P_{AV}), time needed to reach maximum power (T_{uz}) and blood LA level following the subtest reached higher values (p<0.05) after WHI than after WMI. Thus, a 10-minute heavy-intensity rather than a 20-minute moderate-intensity warm-up can be assumed to account for better performance of young athletes during sprint effort under interval conditions.

Key words: athletics, warm-up, anaerobic capacity, pubertal youths, heart rate

Introduction

Almost every workout routine begins with a warm-up. It practically concerns every competitor regardless of their physical preparation, training experience, age or sex. Its basic aim is to prepare and accelerate organism adaptation to the forthcoming physical effort [2, 9]. This effect is routinely achieved by an appropriately schematized set of physical exercises as well as by application of physical procedures and mental exercises [5, 11].

Specific features of many sports disciplines and competitions require the respective training units to be diversified, often in a contrasting manner. Some are focused on developing strength, other are speed-oriented or endurance-centred. Therefore, it can be assumed that one universal warm-up model is insufficient in these circumstances.

Modifications can be introduced into both general and specific warm-up components, the latter comprising exercises directly oriented to accommodate the organism to the major task. Ordinarily, only the specific component is subject to alterations while the first general part remains unchanged. Should it be otherwise perhaps?

The general component is intended to extensively prepare a competitor for effort by engaging large muscle portions. Its intensity should fall within the range of 30-70% VO₂max [16] and it should take 10 to 30 minutes. General character of these recommendations (understandable on account of inter-subject

variability or external circumstances) is unacceptable for both coaches and competitors. They expect specific solutions, additionally workable under outdoor conditions (extra-laboratory conditions).

Assessments of warm-up intensity are most often based on two parameters: VO₂max (maximum oxygen uptake) and HR (heart rate). As a rule the former is monitored under laboratory conditions (unfortunately it is accompanied by a multitude of organizational difficulties), whereas the latter can be overseen – without interfering with external circumstances and exercise course – under outdoor conditions with a Sport-Tester heart rate minicomputer-based recorder, which is however a less accurate method. In this respect it is also helpful to measure blood lactate (LA) level [4]. Based on the obtained values and dynamics characteristics it is possible to evaluate intensity – the extent of organism adaptation to the specific type of effort.

The purpose of the study was to compare the impact of warm-up intensity and duration in two regimens: 20-minute long moderate-intensity (64% HR_{max}) - WMI and 10-minute heavy-intensity (73% HR_{max}) - WHI, on sprint effort parameters under interval conditions in young athletes.

Materials and methods

The study involved 10 athletes practising speed-strength events in athletics (sprints and jumps). The average age of the

participants was 15.72 ± 0.48 , training experience 1.92 ± 0.61 years, and body height 180.00 ± 4.78 cm. Body mass measurements were carried out twice, each time before a warm-up (WMI – 65.39 ± 5.48 kg; WHI – 65.73 ± 5.37 kg). They showed no significant differences ($p > 0.05$). The participants and their parents had been informed about the purpose and employed procedures as well as prospective use of the study results. The study had been approved by Scientific Research Ethics Committee at the University of Physical Education in Warsaw.

The proper study was preceded by a pilot phase and also determination of the maximum heart rate ($HR_{max} = 202.7 \pm 7.21$ beats/min) in a “maximum effort” endurance test. It required the participants to make submaximum effort on a bicycle ergometer every 5 minutes under load of $1.5 \text{ watt}\cdot\text{kg}^{-1}$ of body mass, increased every one minute by 25 watts. Effort was continued until full stop or drop in the pedalling speed greater than 10% off the pre-defined value - 60 rpm. The highest value obtained during the test was accepted as a maximum reference value. The results were used to formulate scenarios for a 20-minute moderate-intensity ($64.22\% HR_{max}$) warm-up (WMI) consisting of 10-minute continuous run followed by 10 minutes of dynamic stretching exercises, and a 10-minute heavy-intensity ($72.83\% HR_{max}$) warm-up (WHI) consisting of 5-minute continuous run followed by 5 minutes of dynamic stretching exercises. The warm-up scenarios included standard exercises employed in athletics training. The competitors commenced their warm-up every 15 minutes. Each of them reported its HR every 30 s to the coach in charge of the session. Warm-up intensity was monitored on an ongoing basis with a Polar Sport-Tester. Both warm-ups consisted of the same exercises; however each WMI exercise was performed twice as long as WHI exercises. Exercising speed was maintained on such level as to keep HR close to the respective individual pre-assumed values. The flexibility component of the warm-ups included the following exercises:

- standing exercises: arm, trunk and hips swinging, bends, lunges, leg swinging in sagittal and frontal plane (at wall bars), heel raising and lowering – standing with both feet on the lowest rung;
- running exercises: bends, lunges, swinging in sagittal plane and standing on toes, while marching.

All exercises were held in a sports hall (22°C), which eliminated weather impact on their performance. Due to a week-long break between the study sessions no follow-up effect was observed. Selection of the same weekday and employment of identical training programmes in the weekly microcycle preceding both warm-ups provided for comparable starting conditions. The tests were conducted between 3:45 p.m. and 6:30 p.m., i.e. within the normal training hours of the tested competitors.

Four minutes following the warm-up, the participants commenced the 5×6 seconds ergometric test based on the Fitzsimons procedure [6]. The test involved five iterations of 6-second maximum effort with 24-second breaks prior to each succeeding phase. The load was matched on an individual basis – 0.075 g per kg of body mass. The test was carried out on a Monark bicycle cycloergometer (type 834 E). Effort parameters were measured and registered in the Multi CykloErgometr MCE_v_4.5 computer system. The following parameters were accounted for: total work (W_{TOT}), average power (P_{AV}), maximum power (P_{max}), time needed to achieve maximum power (T_{uz}) and maximum power maintenance period (T_{uz}).

Blood samples were collected from fingertips four times: prior to the warm-up (resting value), 3 minutes thereafter, and 3 and 30 minutes following the test. Blood lactate (LA) level was determined enzymatically using DR LANGE Minifotometr Plus minifotometer.

The obtained results were presented by way of: arithmetic mean (\bar{x}) and standard deviation (SD). The t-Student test for dependent variables was applied to evaluate the differences among parameter values from both warm-ups in terms of their significance with $p < 0.05$ as reference statistic significance. Conformity of the results with normal distribution was verified using the Shapiro-Wilk procedure. Calculations were performed in the Statistica v. 5.1 PL statistical software.

Results

The average HR during the heavy-intensity warm-up (WHI) was as assumed significantly higher ($p < 0.001$) than the value recorded during the moderate-intensity warm-up (WMI) – Table 1. Correspondingly, the total number of heart beats during both warm-ups differed significantly ($p < 0.001$). Their number was greater during WMI. The HR and HR_{max} resting values, measured after the test, revealed no differentiating criteria for both warm-up scenarios.

Table 1. Heart rate (HR; beats/min) in the tested participants ($n=10$) during moderate- and heavy-intensity warm-ups (mean \pm SD)

Parameter	Moderate-intensity warm-up (WMI)	Heavy-intensity warm-up (WHI)
HR resting value	80.3 ± 12.91	79.4 ± 14.52
Mean HR per warm-up	130.18 ± 15.72^a	147.64 ± 10.01
Total HR per warm-up	2603.60 ± 331.58^a	1476.40 ± 117.12
HR_{max} (measured after the test)	195.4 ± 14.12	197.0 ± 12.96

Significance of the HR disparity for a moderate- and heavy-intensity warm-up:
^a – $p < 0.001$

The detailed pattern of HR changes in competitors during both warm-ups is illustrated in Fig. 1.

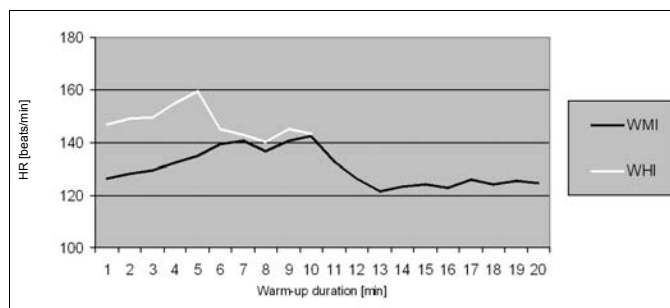


Fig. 1. Heart rate fluctuations in the tested competitors during a moderate- (WMI) and heavy-intensity (WHI) warm-up

The blood LA level recorded in the 3rd minute following the test was significantly higher ($p < 0.05$) after WHI than after WMI (Table 2). Other LA levels revealed no differentiating criteria for both warm-up programmes.

The results produced by the competitors in the 5×6 seconds test proved to be better in terms of all the tested exercise parameters after WHI (Table 3). The disparity ($p < 0.05$) was characteristic in respect to total work (W_{TOT}), average power (P_{AV}) and time needed to achieve maximum power (T_{uz}).

Average (P_{AV}) (Fig. 2) and maximum (P_{max}) (Fig. 3) power values achieved in the respective subtests following each warm-up showed no substantial divergence. On the other hand, time required to reach maximum power (T_{uz}) was significantly shorter ($p < 0.05$) in the WHI-preceded tests no. 1, 2 and 4 in relation to the WMI-preceded testing (Fig. 4). Significant diffe-

rences ($p < 0.05$) were also observed for maximum power maintenance (T_{up}) (Fig. 5) in favour of WHI in the test no. 1 and WMI in the test no. 5.

Table 2. Changes in blood lactate level (LA; $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) in the tested competitors ($n=10$) in the successive measurements (mean \pm SD)

Parameter	Moderate-intensity warm-up (WMI)	Heavy-intensity warm-up (WHI)
LA resting level	1.69 ± 0.38	1.49 ± 0.38
LA level 3 minutes after warm-up	3.14 ± 0.71	2.94 ± 0.35
LA level minutes after the test	10.93 ± 2.44^a	12.64 ± 2.24
LA level 30 minutes after the test	4.53 ± 2.40	5.46 ± 2.23

Significance of the LA level disparity for a moderate- and heavy-intensity warm-up scenario: $^a - p < 0.05$

Table 3. Level of the selected effort parameters for the tested participants ($n=10$) during a 5 x 6 seconds ergometric test following a moderate- and heavy-intensity warm up (mean \pm SD)

Parameter	Unit	Moderate-intensity warm-up (WMI)	Heavy-intensity warm-up (WHI)
Total work (W_{TOT})	$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$	260.63 ± 21.34^a	270.69 ± 25.06
Average power (P_{AV})	$\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$	8.67 ± 0.71^a	9.05 ± 0.79
Maximum power (P_{max})	$\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$	10.91 ± 0.58	11.11 ± 0.58
Time required to achieve maximum power (T_{uz})	s	4.13 ± 0.56^a	3.83 ± 0.49
Maximum power maintenance period (T_{up})	s	1.33 ± 0.32	1.37 ± 0.35

Significance of the differences among the effort parameters following a moderate- and heavy-intensity warm-up: $^a - p < 0.05$

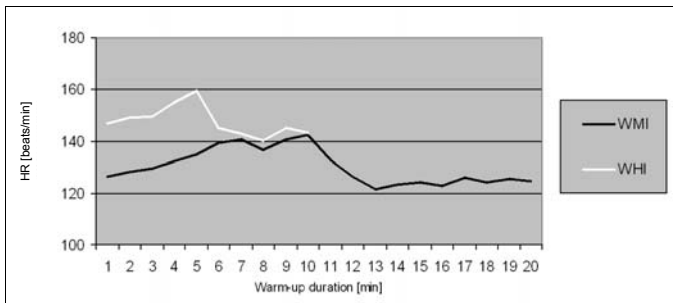


Fig. 2. Average power (P_{AV}) in the successive 5 x 6 seconds subtests following a moderate- (WMI) and heavy-intensity (WHI) warm-up

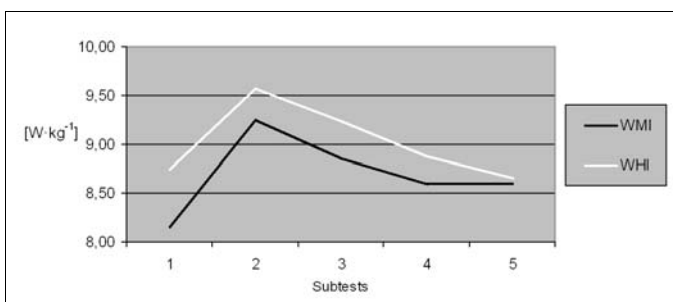


Fig. 3. Maximum power (P_{max}) in the successive 5 x 6 seconds subtests following a moderate- (WMI) and heavy-intensity (WHI) warm-up

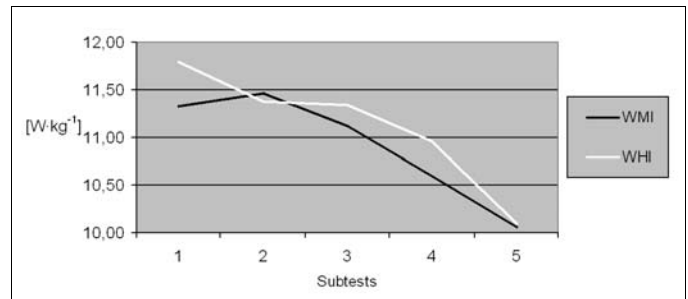


Fig. 4. Time required to achieve maximum power (T_{uz}) in the successive 5 x 6 seconds subtests following a moderate- (WMI) and heavy-intensity (WHI) warm-up

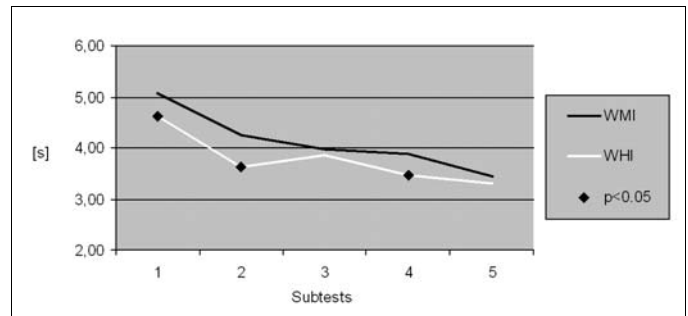


Fig. 5. Maximum power maintenance period (T_{up}) in the successive 5 x 6 seconds subtests following a moderate- (WMI) and heavy-intensity (WHI) warm-up

Discussion

Positive organism response to a warm-up in the context of effort capacity is indisputable [8, 13]. Nonetheless, its explicitness is insufficient to stop searching for potential in this training component. This task involves first and foremost attempts to determine the optimum coverage (duration) and intensity (ratio of actual power produced in the specific physical task to maximum achievable power), as well as proper choice of exercises. Endeavours to develop a standard warm-up scenario for the specific type of effort should allow for numerous variables, such as: age, sex, physical preparation, training experience, time lapse between warm-ups and major tasks, outdoor conditions, time and season [1].

Insofar as the ideal warm-up effort intensity is concerned, views held by scientists are relatively inconsistent. According to some experts it should range between 50 and 70% HR_{max} [3], others consider it necessary to fall between 70 and 80% HR_{max} [14], yet others declare it should oscillate at 80% HR_{max} [12]. All the same, the higher warm-up intensity is employed, the shorter duration is recommended.

Tyka [15] noted that in a male group, a 15-minute low- (48.3% HR_{max}) and moderate-intensity (64.1% HR_{max}) warm-up effected increase - in the Wingate test - in work performance and ability to generate greater power, whereas heavy-intensity (80.6% HR_{max}) warm-up led to decrease thereof.

This study is centred on the comparable analysis of the impact produced by warm-up intensity and duration on parameters defining sprint effort, employed at intervals, in young athletes with two-year training experience, during their preparation season.

It was observed that results produced by the participants in the ergometric test were better following a 10-minute heavy-intensity (73% HR_{max}) warm-up than after a twice as long moderate-intensity (64% HR_{max}) warm-up.

High values of WHI-preceded total work (W_{TOT}) and average power (P_{AV}) – as well as their dynamics in the successively conducted subtests – lead to the assumption that during an outdoor training the competitors would also be capable of producing and maintaining high-level performance on the consecutive running sections. And such is the essential condition underlying effective development of speed endurance.

Another parameter which supports the above view is the maximum power maintenance period (T_{ut}). Although in the entire test no significant differences occurred among its mean values after both warm-ups, still in four tests out of five WHI-preceded T_{ut} was longer than that preceded by WMI. Bearing in mind that higher maximum power is correlated with a reduced maintenance capability [10] – let us remind that slightly higher maximum power numbers (P_{max}) were recorded after WHI – the above results are even more cogent. It should also be mentioned that maximum power was maintained longer in the subtest no. 5, following the moderate-intensity warm-up. Such results could be an effect of greater work produced after WHI in the preceding tests and delayed effort adaptation after WMI.

Shorter time required to reach maximum power (T_{uz}) following WHI implies that this warm-up scenario appears to be more effective – than WMI – before a speed-oriented training. One of the most significant abilities determining speed level is the capability to achieve high at-start acceleration, measured in terms of time needed to reach maximum power – the shorter the time, the greater the ability.

Aside from ergometric parameters, the tests comprised blood lactate (LA) level measurements. It was demonstrated [7] that sprint performance and post-effort LA level are to a significant extent positively correlated. Thus, the above blood LA levels (measured in the 3rd minute following the ergometric test) after the heavy-intensity warm-up might show that an organism is better adapted to effort than in the case of WMI. Another important WHI-favourable factor is the LA level itself, recorded in the 3rd minute after the test. According to Viru A. and Viru M. [17], effective progress in anaerobic capacity requires efforts that increase blood lactate level at least up to 11 mmol.l⁻¹. This parameter after WHI reached 12.64 ± 2.24 , whereas its WMI version under unaltered conditions was 10.93 ± 2.44 mmol.l⁻¹.

Interestingly, both warm-ups induced identical increment in blood lactate level (by 1.45 mmol.l⁻¹) in spite of their different intensity and duration. It indicates similar contribution of glycolysis to energy supply for muscle work. Assessing the circulatory system response on the basis of the heart rate, biological cost shows the load was greater in the case of lesser-intensity and shorter warm-up. In accordance with the current trends in professional sport, exercises which only use up the accumulated energy substrates and are non-conductive to the advance or stabilization of a specific ability [18] should be eliminated from trainings. Therefore, in line with this concept, a warm-up generating lower biological cost, i.e. WHI, should be considered more appropriate.

To recapitulate, it can be assumed that a 10-minute heavy-intensity (73% HR_{max}) warm-up prevails over a 20-minute moderate-intensity (64% HR_{max}) warm-up in producing better performance results in young athletes during sprint effort under interval conditions.

Literature

- Bishop D. (2003) Warm Up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.*, 33, 483-498.
- Chmura J. (1999) Fizjologiczne i metodyczne uwarunkowania rozgrzewki piłkarzy nożnych. *Trener*, 5, 14-20.
- Chmura J. (2000) Rozgrzewka piłkarska. *Sport Wyczynowy*, 5-6, 79-86.
- Chwalbińska-Moneta J. (1990) Próg akumulacji mleczanu w mięśniach i we krwi podczas progresywnego wysiłku fizycznego. *Sport Wyczynowy*, 5-6, 51-60.
- Falk B., Radom-Isaac S., Hoffmann J.R., Wang Y., Yarom Y., Magazanik A., Weinstein Y. (1998) The effect of heat exposure on performance of and recovery from high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sports Med.*, 19, 1-6.
- Fitzsimons M., Dawson B., Ward D., Wilkinson A. (1993) Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust J Sci Med Sport*, 25, 82-87.
- Hautier C.A., Wauassi D., Arsac L.M., Bitanga E., Thiriet P., Lacour J.R. (1994) Relationship between post competition blood lactate concentration and average running velocity over 100 m and 200 m races. *Eur J Appl Physiol.*, 68, 508-513.
- Houmard J.A., Johns R.A., Smith L.L., Wells J.M., Kobe R.W., McGoogan S.A. (1991) The effect of warm-up on response to intense exercise. *Int J Sports Med.*, 12, 480-483.
- Jaskólski A., Jaskólska A. (2005) Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego – z zarysem fizjologii człowieka. Wydawnictwo AWF, Wrocław, 246-247.
- Jaskólski A., Jaskólska A., Nieścieruk-Szafrańska B., Adach Z., Szupiluk M. (1988) Zależność spadku mocy w teście Wingate od wydolności tlenowej i beztlenowej. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 1, 75-81.
- Makaruk H., Makaruk B. (2006) Czy forma ćwiczeń stosowanych w rozgrzewce ma wpływ na wynik próby szybkościowej? *Sport Wyczynowy*, 9-10, 19-25.
- Mandengue S.H., Seck D., Bishop D., Cissé F., Tsala-Mbala P., Ahmaidi S. (2005) Are athletes able to self-select their optimal warm-up? *J Sci Med Sport*, 8, 26-34.
- Rodenburg J.B., Steenbeek D., Schiereck P., Bar P.R. (1994) Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med.*, 15, 414-419.
- Stewart I.B., Sleivert G.G. (1998) The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 27, 154-161.
- Tyka A. (1995) Wpływ stosowania zróżnicowanej rozgrzewki na zdolność organizmu do pracy krótkotrwałej o maksymalnej mocy. Wydawnictwo Monograficzne AWF, Kraków, 85-88.
- Tyka A. (2004) Wybrane zagadnienia z fizjologii sportu – fizjologiczne aspekty piłkarstwa. *Med Sport*, 8, 5-17.
- Viru A., Viru M. (2001) Biochemical monitoring of sports training. Champaign, *Human Kinetics*, 174.
- Ważny Z. (2000) Narodziny i rozwój teorii treningu sportowego. *Sport Wyczynowy*, 1-2, 5-16.

Submitted: June 14, 2007

Accepted: November 21, 2007

INTENSYWNOŚĆ I CZAS TRWANIA ROZGRZEWKI A WYNIKI TESTU ERGOMETRYCZNEGO 5 X 6 SEKUND U MŁODYCH LEKKOATLETÓW

Intensywność i czas trwania rozgrzewki

HUBERT MAKARUK¹, BARBARA DŁUGOŁĘCKA², EWA JÓWKO³, BEATA MAKARUK⁴

Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie

*Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego w Białej Podlaskiej, Zakład Lekkiej Atletyki¹,
Zakład Fizjologii², Zakład Biochemii³, Zakład Rekreacji⁴*

Adres do korespondencji: Hubert Makaruk, Zamiejscowy Wydział Wychowania Fizycznego,
ul. Akademicka 2, 21-500 Biała Podlaska, tel. 083 3428832, e-mail: hubert.makaruk@awf-bp.edu.pl

Streszczenie: Celem badań było porównanie wpływu intensywności i czasu trwania dwóch rozgrzewek: o umiarkowanej intensywności (64% HR_{max}) i 20-minutowym czasie trwania (WMI) oraz o wysokiej intensywności (73% HR_{max}) i 10-minutowym czasie trwania (WHI) na parametry wysiłku sprinterskiego w warunkach interwałowych u młodych lekkoatletów. Badaniami objęto 10 zawodników, uprawiających szybkościowo-siłowe konkurencje lekkoatletyczne (sprinty i skoki). W badaniach zastosowano próbę testową na ergometrze rowerowym 5 x 6 sekund (kolejny sprint co 24 sekundy) oraz pomiary stężenia mleczanu (LA) we krwi. Wyższe wartości ($p < 0.05$) pracy całkowitej (W_{TOT}), mocy średniej (P_{AV}), krótszy czas uzyskania mocy maksymalnej (T_{uz}) oraz wyższe stężenie LA po próbie testowej osiągnięto po WHI, niż po WMI. Można więc założyć, iż wykonanie rozgrzewki o wysokiej intensywności i 10-minutowym czasie trwania umożliwia osiągnięcie lepszych wyników przez młodych lekkoatletów w czasie wysiłku sprinterskiego w warunkach interwałowych, aniżeli ma to miejsce po przeprowadzeniu rozgrzewki z intensywnością umiarkowaną i 20-minutowym czasem trwania.

Słowa kluczowe: lekkoatletyka, rozgrzewka, wydolność anaerobowa, młodzież w wieku dojrzewania, częstość skurczów serca

Wprowadzenie

Rozgrzewka jest częścią wstępną prawie każdego zajęcia treningowego. Niezależnie od poziomu sportowego, stażu treningowego, wieku czy płci wykonują ją praktycznie wszyscy zawodnicy. Podstawowym jej celem jest przygotowanie i przyspieszenie procesów adaptacyjnych organizmu do czekającego go wysiłku fizycznego [2, 9]. Efekt ten zazwyczaj osiąga się poprzez wykonanie odpowiednio usystematyzowanego zestawu ćwiczeń fizycznych, ale również i poprzez stosowanie zabiegów fizykalnych oraz ćwiczeń mentalnych [5, 11].

Specyfika wielu dyscyplin i konkurencji sportowych sprawia, że poszczególne jednostki treningowe mają różny charakter, często przeciwstawny. Podczas jednych kształtuje się głównie siłę, na innych szybkość, a na jeszcze innych wytrzymałość. Można zatem założyć, że wyłączenie opierania się na uniwersalnym modelu rozgrzewki jest w tym przypadku niewystarczające.

Modyfikacji można poddać zarówno część ogólną, jak i specjalną rozgrzewki, która zawiera ćwiczenia bezpośrednio ukierunkowane na adaptację organizmu do zadania głównego. W praktyce treningowej zazwyczaj manipuluje się tą drugą, pierwszą pozostawiając bez zmian. Czy słusznie?

Część ogólna ma wszechstronnie przygotować zawodnika do wysiłku, angażując duże partie mięśniowe. Jej intensywność powinna mieścić się w granicach 30-70% VO₂max [16], a czas

jej trwania od 10 do 30 minut. Ogólnikowość tych zaleceń (zrozumiała z racji zmienności międzyosobniczej czy warunków zewnętrznych), nie satysfakcjonuje trenerów i zawodników. Oczekują oni konkretnych rozwiązań, dodatkowo możliwych do realizacji w warunkach terenowych (poza laboratoryjnych).

Do oceny intensywności rozgrzewki najczęściej używa się dwóch parametrów: VO₂max (maksymalny pobór tlenu) i HR (częstość skurczów serca). Kontrolę pierwszego dokonuje się z reguły w warunkach laboratoryjnych (niestety, pojawia się tu wiele trudności natury organizacyjnej), natomiast drugi można kontrolować – bez zakłócania warunków zewnętrznych i przebiegu ćwiczeń – w warunkach terenowych, za pomocą mini-komputerowego rejestratora częstości skurczów serca, o nazwie Sport-Tester, jednak jest to metoda mniej dokładna. Pomocne w tym zakresie są również pomiary stężenia mleczanu (LA) we krwi [4]. Na podstawie ich wartości i dynamiki, można ocenić intensywność – stopień adaptacji organizmu do danego wysiłku.

Celem badań było porównanie wpływu intensywności i czasu trwania dwóch rozgrzewek: o umiarkowanej intensywności (64% HR_{max}) i 20-minutowym czasie trwania (WMI) oraz o wysokiej intensywności (73% HR_{max}) i 10-minutowym czasie trwania (WHI), na parametry wysiłku sprinterskiego w warunkach interwałowych u młodych lekkoatletów.

Materiał i metody

Badaniami objęto 10 zawodników, uprawiających szybkościowo-siłowe konkurencje lekkoatletyczne (sprinty i skoki). Średnia wieku badanych wyniosła 15.72 ± 0.48 lat, staż treningowy 1.92 ± 0.61 lat, a wysokość ciała 180.00 ± 4.78 cm. Masę ciała mierzono dwukrotnie, przed każdą z rozgrzewek (WMI – 65.39 ± 5.48 kg; WHI – 65.73 ± 5.37 kg). Wielkości tych pomiarów nie różniły się istotnie ($p > 0.05$). Uczestnicy oraz ich rodzice zostali poinformowani o celu i przebiegu badań oraz sposobie wykorzystania wyników. Badania zostały zaakceptowane przez Komisję Etyki Badań Naukowych Akademii Wychowania Fizycznego w Warszawie.

Przed badaniami zasadniczymi wykonano badania pilotażowe, a także określono maksymalną częstość skurczów serca ($HR_{max} = 202.7 \pm 7.21$ ud./min) w próbie wysiłkowej „do odnowy”. Polegała na wykonaniu przez badanych pracy submaksymalnej na ergometrze rowerowym przez 5 minut z obciążeniem $1,5 \text{ Wat} \cdot \text{kg}^{-1}$ masy ciała, po czym obciążenie wzrastało o 25 Wat co minutę. Wysiłek trwał do jego przerwania lub jeśli tempo obrotów pedałem spadło więcej niż 10% od zadanej wartości – $60 \text{ obr.} \cdot \text{min}^{-1}$. Najwyższą wartość HR w czasie całego testu uznano za maksymalną. Na tej podstawie opracowano rozgrzewkę o umiarkowanej intensywności ($64.22\% HR_{max}$) i 20-minutowym czasie trwania (WMI), w tym: 10 minut biegu ciągłego i 10 minut dynamicznych ćwiczeń rozciągających oraz rozgrzewkę o wysokiej intensywności ($72.83\% HR_{max}$) i 10-minutowym czasie trwania (WHI), w tym: 5 minut biegu ciągłego i 5 minut dynamicznych ćwiczeń rozciągających. Programy rozgrzewkowe zawierały standardowe formy ćwiczeń stosowane w treningu lekkoatletycznym. Zawodnicy rozpoczynali rozgrzewkę co 15 minut. Każdy z nich, co 30 s przekazywał trenerowi prowadzącemu ćwiczenia wartość swojego HR. Bieżącą kontrolę intensywności rozgrzewki oceniono za pomocą Sport-Testera firmy Polar. W obu rozgrzewkach zastosowano te same ćwiczenia, jednakże podczas WMI każde ćwiczenie wykonywano dwukrotnie dłużej, niż w czasie WHI. Tempo ćwiczeń było utrzymywane na takim poziomie, aby HR zawodnika było bliskie założonej indywidualnie wartości. W części gibkościowej rozgrzewki wykorzystano następujące ćwiczenia:

- w miejscu: kramyenia ramion, tułowia i bioder, skłony, wypady, wymachy nóg w płaszczyźnie strzałkowej i czołowej (przy drabince), opuszczanie i unoszenie pięt – stojąc obunóż na najniższym szczebelku drabinki;
- w ruchu: marsz ze skłonami, z wypadami, z wymachami w płaszczyźnie strzałkowej, ze wspięciami na śródstopie.

Wszystkie ćwiczenia prowadzono w hali sportowej (22°C), co wyłączyło wpływ warunków pogodowych na jej przebieg. Tygodniowa przerwa między badaniami pozwoliła na wyłączenie efektu działania następczego. Wybór tego samego dnia tygodnia oraz ten sam układ programów treningowych w mikrocyklu tygodniowym poprzedzający obie rozgrzewki pozwolił stworzyć podobne warunki wyjściowe. Badania przeprowadzone zostały w godzinach 15^{45} - 18^{30} , czyli o stałej porze treningowej badanych zawodników.

Cztery minuty po rozgrzewce badani przystąpili do testu ergometrycznego 5×6 sekund przeprowadzonego wg procedury Fitzsimonsa [6]. Test polegał na pięciokrotnym powtórzeniu maksymalnego 6-sekundowego wysiłku z przerwą 24-sekundową pomiędzy każdym kolejnym. Obciążenie dobierano indywidualnie – $0,075 \text{ g}$ na kilogram masy ciała. Test wykonywano na cykloergometrze rowerowym firmy Monark (typ 834 E). Pomiar i rejestrację parametrów wysiłku dokonano w oparciu o system informatyczny Multi CykloErgometr MCE_v_4.5. Uwzględniono następujące parametry: pracę całkowitą (W_{TOT}), moc średnią (P_{AV}), moc maksymalną (P_{max}), czas uzyskania (T_{uz}) i utrzymania (T_{ut}) mocy maksymalnej.

Próbki krwi do badania pobierano z opuszki palca czterokrotnie: przed rozgrzewką (wartość spoczynkowa), 3 minuty po rozgrzewce oraz 3 i 30 minut po teście. Pomiary stężenia mleczanu (LA) we krwi wykonano enzymatycznie aparatem Minifotometr Plus firmy DR LANGE.

Uzyskane wyniki przedstawiono za pomocą: średnich arytmetycznych (\bar{x}) i odchyłeń standardowych (SD). Istotność różnic między wartościami parametrów obu rozgrzewek oceniono testem t-Studenta dla zmiennych zależnych, przyjmując istotność statystyczną na poziomie $p < 0.05$. Zgodność wyników z rozkładem normalnym oceniono testem Shapiro-Wilka. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny Statistica v. 5.1 PL.

Wyniki

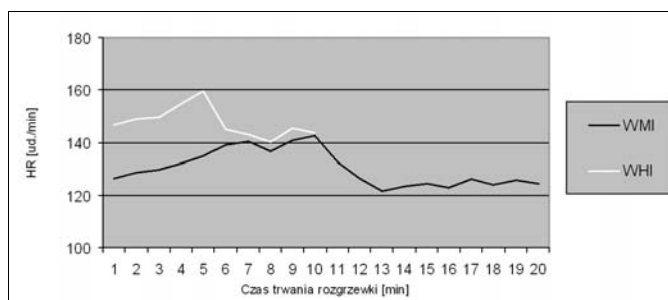
Zgodnie z założeniem, średnia wartość HR w czasie rozgrzewki o wyższej intensywności (WHI) była istotnie wyższa ($p < 0.001$) od HR zanotowanego podczas rozgrzewki o umiarkowanej intensywności (WMI) – Tab. 1. Podobnie całkowita liczba uderzeń serca (HR) w czasie obu rozgrzewek była istotnie różna ($p < 0.001$). Większą ich liczbę odnotowano podczas WMI. Wartości HR spoczynkowego oraz HR_{max} mierzone po teście nie różnicowały obu rozgrzewek.

Tabela 1. Częstość skurczów serca (HR; w ud./min) badanych ($n=10$) podczas rozgrzewki o umiarkowanej i wysokiej intensywności (średnia \pm SD)

Parametr	Rozgrzewka o umiarkowanej intensywności (WMI)	Rozgrzewka o wysokiej intensywności (WHI)
HR spoczynkowe	80.3 ± 12.91	79.4 ± 14.52
Średnie HR rozgrzewki	130.18 ± 15.72^a	147.64 ± 10.01
Suma HR rozgrzewki	2603.60 ± 331.58^a	1476.40 ± 117.12
HR_{max} (mierzone po teście)	195.4 ± 14.12	197.0 ± 12.96

Istotność różnic między wartościami HR rozgrzewki o umiarkowanej i wysokiej intensywności: ^a – $p < 0.001$

Szczegółowy przebieg zmian HR zawodników w czasie obu rozgrzewek zamieszczono na (Ryc. 1).



Ryc. 1. Zmiany częstości skurczów serca badanych w czasie rozgrzewki o umiarkowanej (WMI) i wysokiej (WHI) intensywności

W 3. minucie po teście zanotowano istotnie wyższe ($p < 0.05$) stężenie LA we krwi po WHI, aniżeli po WMI (Tab. 2). Pozostałe wartości stężenia LA nie różnicowały obu programów rozgrzewkowych.

Po WHI zawodnicy uzyskali lepsze wyniki w teście 5×6 sekund w zakresie wszystkich badanych parametrów wysiłkowych (Tab. 3). W przypadku pracy całkowitej (W_{TOT}), mocy średniej (P_{AV}) i czasu uzyskania mocy maksymalnej (T_{uz}) były to różnice znamienne ($p < 0.05$).

Tabela 2. Zmiany stężenia mleczanu we krwi (LA; w mmol·l⁻¹) badanych zawodników (n=10) podczas kolejnych pomiarów (średnia ± SD)

Parametr	Rozgrzewka o umiarkowanej intensywności (WMI)	Rozgrzewka o wysokiej intensywności (WHI)
Stężenie spoczynkowe LA	1.69 ± 0.38	1.49 ± 0.38
Stężenie LA 3 min po rozgrzewce	3.14 ± 0.71	2.94 ± 0.35
Stężenie LA 3 min po teście	10.93 ± 2.44 ^a	12.64 ± 2.24
Stężenie LA 30 min po teście	4.53 ± 2.40	5.46 ± 2.23

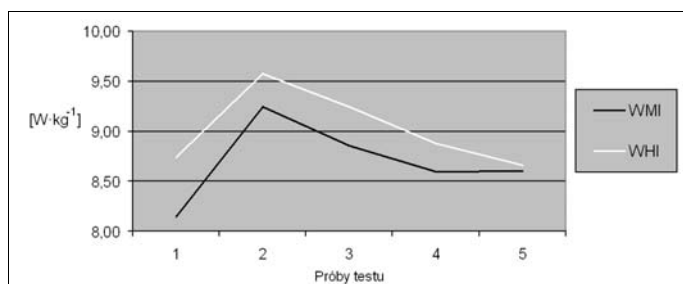
Istotność różnic między wynikami pomiarów LA w czasie programu rozgrzewkowego o umiarkowanej i wysokiej intensywności: ^a – p<0.05

Tabela 3. Wartości wybranych parametrów wysiłkowych uzyskanych przez badanych (n=10) w czasie testu ergometrycznego 5 x 6 sekund po rozgrzewce o umiarkowanej i wysokiej intensywności (średnia ± SD)

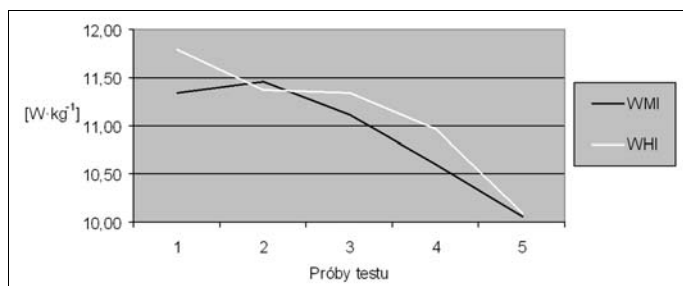
Parametr	Jednostka	Rozgrzewka o umiarkowanej intensywności (WMI)	Rozgrzewka o wysokiej intensywności (WHI)
Praca całkowita (W _{tot})	J · kg ⁻¹	260.63±21.34 ^a	270.69±25.06
Moc średnia (P _{AV})	W · kg ⁻¹	8.67±0.71 ^a	9.05±0.79
Moc maksymalna (P _{max})	W · kg ⁻¹	10.91±0.58	11.11±0.58
Czas uzyskania mocy maksymalnej (T _{uz})	s	4.13±0.56 ^a	3.83±0.49
Czas utrzymania mocy maksymalnej (T _{ut})	s	1.33±0.32	1.37±0.35

Istotność różnic między wartościami parametrów wysiłkowych po rozgrzewce o umiarkowanej i wysokiej intensywności: ^a – p<0.05

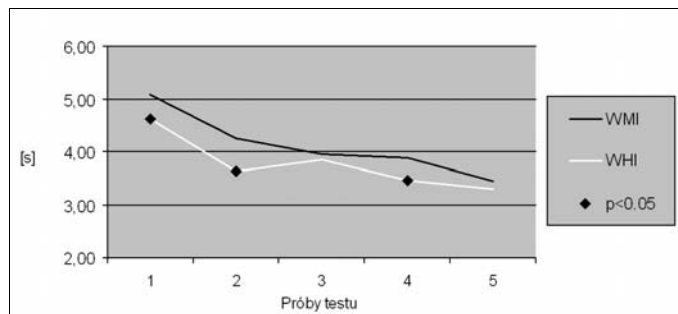
Wartości mocy średniej (P_{AV}) – Ryc. 2. i maksymalnej (P_{max}) – Ryc. 3. w poszczególnych próbach testu po obu rozgrzewkach nie różniły się znamienne. Natomiast czas uzyskania mocy maksymalnej (T_{uz}) był istotnie krótszy (p<0.05) po WHI w próbie 1., 2. i 4., w porównaniu do WMI – (Ryc. 4). Znaczące różnice (p<0.05) zaobserwowano także w przypadku czasu utrzymania mocy maksymalnej (T_{ut}) (Ryc. 5). W pierwszej próbie na korzyść WHI, w piątej na korzyść WMI.



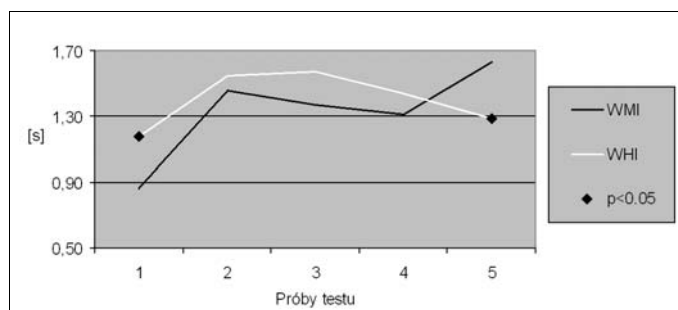
Ryc. 2. Moc średnia (P_{AV}) w kolejnych próbach testu 5 x 6 sekund po rozgrzewce o umiarkowanej (WMI) i wysokiej (WHI) intensywności



Ryc. 3. Moc maksymalna (P_{max}) w kolejnych próbach testu 5 x 6 sekund po rozgrzewce o umiarkowanej (WMI) i wysokiej (WHI) intensywności



Ryc. 4. Czas uzyskania mocy maksymalnej (T_{uz}) w kolejnych próbach testu 5 x 6 sekund po rozgrzewce o umiarkowanej (WMI) i wysokiej (WHI) intensywności



Ryc. 5. Czas utrzymania mocy maksymalnej (T_{ut}) w kolejnych próbach testu 5 x 6 sekund po rozgrzewce o umiarkowanej (WMI) i wysokiej (WHI) intensywności

Dyskusja

Pozytywne oddziaływanie rozgrzewki na możliwości wysiłkowe organizmu jest kwestią bezsporną [8, 13]. Jednakże, nie na tyle klarowną, aby można było zaprzestać poszukiwania rezerw w tej części treningu. Działania te przede wszystkim obejmują próby określenia optymalnej objętości (czas trwania) i intensywności (stosunek mocy aktualnej rozwijanej w danym zadaniu ruchowym do mocy maksymalnej możliwej do rozwinięcia), jak również dobór odpowiednich ćwiczeń. Podejmując próbę opracowania modelowej rozgrzewki dla danego wysiłku należy uwzględnić wiele zmiennych, w tym: wiek, płeć, poziom sportowy, staż treningowy, czas rozpoczęcia po rozgrzewce zadania głównego, warunki zewnętrzne, porę dnia i roku [1].

Opinie naukowców na temat wzorcowej intensywności wysiłku w rozgrzewce są dość rozbieżne. Niektórzy uważają, iż powinna zawierać się w granicach 50-70% HR_{max} [za cyt. 3], inni, że mieścić w przedziale 70-80% HR_{max} [14], a jeszcze inni, że oscylować na poziomie 80% HR_{max} [12]. Przy czym, im intensywność rozgrzewki była wyższa, tym zalecany czas jej trwania z reguły był krótszy.

Tyka [15] zaobserwował, że w grupie mężczyzn, 15-minutowa rozgrzewka o małej (48.3% HR_{max}) i umiarkowanej (64.1% HR_{max}) intensywności wpływała na zwiększenie – w teście Wingate – wielkości pracy i zdolności generowania najwyższej mocy, natomiast przy wyższej intensywności (80.6% HR_{max}) prowadziła do obniżenia poziomu tych parametrów.

W niniejszych badaniach skoncentrowano się na porównaniu wpływu intensywności i czasu trwania rozgrzewki na parametry interwałowego wysiłku sprinterskiego młodych lekkoatletów o dwuletnim stażu treningowym, którzy znajdowali się w okresie przygotowawczym.

Zaobserwowano, że po przeprowadzeniu rozgrzewki z wysoką intensywnością (73% HR_{max}) i 10-minutowym czasem trwania (WHI), zawodnicy osiągnęli lepsze rezultaty w teście

ergometrycznym, niż po przeprowadzeniu jej z umiarkowaną intensywnością (64% HR_{max}) i dwukrotnie dłuższym czasem trwania (WMI).

Wysokie wartości pracy całkowitej (W_{TOT}) i mocy średniej (P_{AV}) po WHI – jak i ich dynamika w kolejnych próbach testu – dają podstawę do założenia, że również w czasie treningu w warunkach terenowych zawodnicy byłoby zdolni do rozwijania i utrzymywania wysokich wartości tych parametrów podczas kolejnych odcinków biegowych. A to jest podstawowy warunek skutecznego kształtowania wytrzymałości szybkościowej.

Kolejnym parametrem, który umacnia powyższe przekonanie jest czas utrzymania mocy maksymalnej (T_{ut}). Chociaż średnie wartości tego parametru w całym teście nie różniły się znacznie po obu rozgrzewkach, to w czterech próbach na pięć, T_{ut} był dłuższy po WHI, niż po WMI. Zważywszy na fakt, że wyższa moc maksymalna wpływa na obniżenie zdolności jej utrzymania [10] – przypomnijmy, że po WHI zanotowano nieznacznie wyższą wartość mocy maksymalnej (P_{max}) – powyższe wyniki stają się jeszcze bardziej przekonujące. Trzeba też nadmienić, że w piątej próbie testu to po rozgrzewce o umiarkowanej intensywności zawodnicy utrzymywali dłużej moc maksymalną. Mógł być to skutek większej pracy wykonanej po WHI w poprzednich próbach oraz opóźnionej adaptacji do wysiłku po WMI.

Krótszy czas uzyskania mocy maksymalnej (T_{uz}) po WHI sugeruje, iż to ta forma rozgrzewki wydaje się być skuteczniejsza – od WMI – przed treningiem szybkości. Jedną z istotniejszych zdolności decydujących o poziomie szybkości jest możliwość uzyskania dużego przyspieszenia startowego, którego miarą jest czas uzyskania mocy maksymalnej – im krótszy tym poziom tej zdolności jest wyższy.

Poza parametrami ergometrycznymi, w badaniach wykorzystano pomiary stężenia mleczanu (LA) we krwi. Dowiedziono [7], że między wynikiem w biegach sprinterskich a powysiłkowym stężeniem LA zachodzi istotny dodatni związek. Zatem wyższe stężenie LA we krwi (mierzone w 3. minucie po teście ergometrycznym) po rozgrzewce o wysokiej intensywności, może dowodzić lepszej adaptacji organizmu do wysiłku, niż ma to miejsce po WMI. Inną istotną przesłanką przemawiającą na korzyść WHI jest sama wartość LA zanotowana w 3 minucie po teście. Według Viru A. i Viru M. [17], aby skutecznie kształtować wydolność beztlenową niezbędne są wysiłki wywołujące wzrost stężenia mleczanu we krwi co najmniej do 11 mmol·l⁻¹. Po WHI wartość ta wyniosła 12.64 ± 2.24, podczas gdy w tych samych warunkach po WMI było to 10.93 ± 2.44 mmol·l⁻¹.

Co ciekawe, obie rozgrzewki wywołały identyczny przyrost stężenia mleczanu we krwi (o 1.45 mmol·l⁻¹), chociaż różniły się intensywnością i czasem trwania. Wskazuje to na podobny udział glikolizy w dostarczaniu energii do pracy mięśni. Oceniając wielkość reakcji układu krążenia na podstawie częstości skurczów serca, koszt biologiczny wskazuje na większe obciążenie rozgrzewką o mniejszej intensywności i dłuższym czasie trwania. Zgodnie z dzisiejszymi tendencjami w sporcie wyczynowym, należy zmierzać do stopniowego eliminowania z pracy treningowej ćwiczeń, które jedynie zużywają zgromadzone substraty energetyczne, a nie pociągają za sobą przyrostu lub stabilizacji sprawności specjalnej [18]. Dlatego w myśl tej idei, za właściwszą należy uznać rozgrzewkę o mniejszym koszcie biologicznym, czyli WHI.

Reasumując, można założyć, iż wykonanie rozgrzewki o wysokiej intensywności (73% HR_{max}) i 10-minutowym czasie trwania umożliwi osiągnięcie lepszych wyników przez młodych lekkoatletów w czasie wysiłku sprinterskiego w warunkach interwałowych, aniżeli ma to miejsce po przeprowadzeniu rozgrzewki z intensywnością umiarkowaną (64% HR_{max}) i 20-minutowym czasem trwania.

Piśmiennictwo

1. Bishop D. (2003) Warm Up II: Performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.*, 33, 483-498.
2. Chmura J. (1999) Fizjologiczne i metodyczne uwarunkowania rozgrzewki piłkarzy nożnych. *Trener*, 5, 14-20.
3. Chmura J. (2000) Rozgrzewka piłkarska. *Sport Wyczynowy*, 5-6, 79-86.
4. Chwalbińska-Moneta J. (1990) Próg akumulacji mleczanu w mięśniach i we krwi podczas progresywnego wysiłku fizycznego. *Sport Wyczynowy*, 5-6, 51-60.
5. Falk B., Radom-Isaac S., Hoffmann J.R., Wang Y., Yarom Y., Magazani A., Weinstein Y. (1998) The effect of heat exposure on performance of and recovery from high-intensity, intermittent exercise. *Int J Sports Med.*, 19, 1-6.
6. Fitzsimons M., Dawson B., Ward D., Wilkinson A. (1993) Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Aust J Sci Med Sport*, 25, 82-87.
7. Hautier C.A., Wauassi D., Arsac L.M., Bitanga E., Thiriet P., Lacour J.R. (1994) Relationship between post competition blood lactate concentration and average running velocity over 100 m and 200 m races. *Eur J Appl Physiol.*, 68, 508-513.
8. Houmard J.A., Johns R.A., Smith L.L., Wells J.M., Kobe R.W., McGoogan S.A. (1991) The effect of warm-up on response to intense exercise. *Int J Sports Med.*, 12, 480-483.
9. Jaskólski A., Jaskólska A. (2005) Podstawy fizjologii wysiłku fizycznego – z zarysem fizjologii człowieka. Wydawnictwo AWF, Wrocław, 246-247.
10. Jaskólski A., Jaskólska A., Nieścieruk-Szafrńska B., Adach Z., Szupiluk M. (1988) Zależność spadku mocy w teście Wingate od wydolności tlenowej i beztlenowej. *Wychowanie Fizyczne i Sport*, 1, 75-81.
11. Makaruk H., Makaruk B. (2006) Czy forma ćwiczeń stosowanych w rozgrzewce ma wpływ na wynik próby szybkościowej? *Sport Wyczynowy*, 9-10, 19-25.
12. Mandengue S.H., Seck D., Bishop D., Cissé F., Tsala-Mbala P., Ahmaidi S. (2005) Are athletes able to self-select their optimal warm-up? *J Sci Med Sport*, 8, 26-34.
13. Rodenburg J.B., Steenbeek D., Schiereck P., Bar P.R. (1994) Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med.*, 15, 414-419.
14. Stewart I.B., Sleivert G.G. (1998) The effect of warm-up intensity on range of motion and anaerobic performance. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 27, 154-161.
15. Tyka A. (1995) Wpływ stosowania zróżnicowanej rozgrzewki na zdolność organizmu do pracy krótkotrwałej o maksymalnej mocy. Wydawnictwo Monograficzne AWF, Kraków, 85-88.
16. Tyka A. (2004) Wybrane zagadnienia z fizjologii sportu – fizjologiczne aspekty piłkarstwa. *Med Sport*, 8, 5-17.
17. Viru A., Viru M. (2001) Biochemical monitoring of sports training. Champaign, *Human Kinetics*, 174.
18. Ważny Z. (2000) Narodziny i rozwój teorii treningu sportowego. *Sport Wyczynowy*, 1-2, 5-16.

Otrzymano: 14.06.2007

Przyjęto: 21.11.2007