

Open Access

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

Conflict of interest: None declared. Received: 30.05.2013. Revised: 30.09.2013. Accepted: 27.10.2013.

The reaction of the body to the extreme efforts of amateur runners in the men's 100 kilometers

Reakcja organizmu na ekstremalny wysiłek biegaczy amatorów podczas biegu na 100 kilometrów

Krzysztof Prusik¹, Katarzyna Prusik¹, Błażej Stankiewicz², Chiliński Ireneusz¹,
Jakub Kortas¹, Walery Zukow²

¹University of physical education and sport in Gdańsk

²Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz

¹Akademia Wychowania Fizycznego i Sportu w Gdańsku

²Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Keywords: long-distance runs, the level of lactic acid, ultramarathon.

Słowa kluczowe: biegi długodystansowe, poziom kwasu mlekowego, ultramaraton.

Abstract

Many people are committed to the challenges and goals and strives for them. Particularly noticeable is that in humans trained amateur sport, especially runners, who are involved in major sporting events which are marathons.

The aim of this study was to show the relationship between the result of the run to 100 km amateur runners, and change the level of lactic acid in their bodies. Over the answer to the question of whether and how much lactic acid has an effect on the result at such low intensity running and how it is distributed across the level range.

The study was conducted on a group of 14 men voluntarily reported the ages of 25 to 66 years. Mean age 44 years, the difference between the oldest and the youngest 41 years. Players run 4-6 times per week and weekly distance is between 40-90 km. Workouts were performed irregularly and there are weeks when the players do not run at all. Despite the training runners are active in other forms such as swimming, gym, cycling. Training experience ranges from 5 to even 35 years, so it is very diverse. We participated in the competition, was treated as a workout. Players not only has specific preparation for these races.

Results. Average test time was 36:36, 19:40 and the minimum and maximum 44:05. Average no maximum and minimum value was 37:24 (when the minimum value would be 32:11, and 42:00 maximum).

Studies lactic acid confirmed that about 75% of lactic acid in the blood is oxidized in our and converted into energy as fuel for our muscles. The remaining 25% is cleaned and converted to the form of glucose and will be used to produce even more energy. Lactic acid is not responsible for the loss of power, fatigue and muscle pain. Lactic acid provides quick energy and is involved in the production of glycogen. Endurance training reduces blood lactate threshold, increase the number of mitochondria in the muscle that makes your body learn how to purify and transform lactic acid. Using protein MCT1 lactate "in and out" of the working cell. Studies have shown that the more you have the better of this protein we deal with lactate.

Conclusions. Lactate can be one of the most important "fuel" for the body. The only way to take full advantage of lactic acid is our lactate threshold training.

Running on 100 km is very unpredictable over the incredible specifications, which in addition to the huge physical fatigue reaches incredible mental exhaustion that can weigh and have a greater impact on the player than the physical pain which is often felt.

The results of course affect the player experience, his physical and mental abilities consisting of a large number of factors and changes that occur in organisms starters, the form of the day, przebiegnięte km, diet, weather on race day, trail running, and probably many others.

The level of lactic acid in the blood may significantly affect the victory, or to achieve any result expected by the runner.

Streszczenie

Wiele osób stawia sobie wyzwania i cele oraz dąży do nich. Szczególnie zauważalne jest to u ludzi amatorsko trenujących sport, a szczególnie biegaczy, którzy biorą udział w wielkich imprezach sportowych jakimi są biegi maratońskie.

Celem badań było ukazanie zależności między wynikiem biegu na 100 kilometrów biegaczy amatorów, a zmianom poziomu kwasu mlekowego w ich organizmach. Ponad to odpowiedź na pytanie czy i jak bardzo kwas mlekowy ma wpływ na wynik przy tak małej intensywności biegu oraz jak rozkłada się jego poziom na całym dystansie.

Badania prowadzono na grupie 14 dobrowolnie zgłoszonych mężczyzn w wieku od 25 do 66 lat. Średnia wieku 44 lata, różnica między najstarszym a najmłodszym 41 lat. Zawodnicy biegają 4-6 razy w ciągu tygodnia, a dystans tygodniowy wynosi od 40-90 kilometrów. Treningi wykonywane były nieregularnie i zdarzają się tygodnie, gdy zawodnicy nie biegają wcale. Pomimo treningów biegacze są aktywni w innej formie np. pływanie, siłownia, jazda rowerem. Staż treningowy wynosi od 5 do nawet 35 lat, zatem jest bardzo zróżnicowany. Bardzo udział w zawodach, traktowany był jako trening. Zawodników nie obowiązuje specjalne przygotowanie do tych startów.

Wyniki. Średni czas badań wyniósł 36:36, natomiast minimalny 19:40, a maksymalny 44:05. Średnia bez maksymalnej i minimalnej wartości wyniosła 37:24 (wtedy wartość minimalna wynosiłaby 32:11, natomiast maksymalna 42:00).

Badania kwasu mlekowego potwierdziły, że około 75 % kwasu mlekowego w naszej krwi jest utleniane i przekształcone w energię jako paliwo dla naszych mięśni. Pozostałe 25% jest oczyszczone i przekształcone do postaci glukozy i zostanie wykorzystane do produkcji jeszcze większej ilości energii. Kwas mlekowy nie odpowiada za spadek mocy, zmęczenie czy bóle mięśni. Kwas mlekowy zapewnia szybką energię i bierze udział w produkcji glikogenu. Trening wytrzymałościowy redukuje próg mleczanowy we krwi, wzrost liczby mitochondriów w mięśniach sprawia że uczymy organizm jak oczyszczać i przekształcać kwas mlekowy. Za pomocą białka MCT1 mleczany „wchodzą i wychodzą” z pracującej komórki. Badania wykazały, że im więcej posiadamy tego białka tym lepiej radzimy sobie z mleczanami.

Wnioski. Mleczany mogą być jednym z najważniejszych „paliw” dla ciała. Jedynym sposobem aby w pełni wykorzystać zalety kwasu mlekowego jest trenowanie naszego progu mleczanowego.

Bieg na 100 kilometrów jest bardzo nieprzewidywalnym biegiem o niesamowitej specyfikacji, do którego oprócz olbrzymiego zmęczenia fizycznego dochodzi niesamowite wyczerpanie psychiczne, które potrafi zaważyć i mieć większy wpływ na zawodnika niż sam ból fizyczny jaki jest wielokrotnie odczuwany.

Na wyniki biegu wpływa doświadczenie zawodnika, jego predyspozycje fizyczne i psychiczne na które składa się ogromna ilość czynników i przemian jakie zachodzą w organizmach startujących, forma dnia, przebiegnięte kilometry, dieta, pogoda w dniu zawodów, trasa biegu oraz zapewne wiele innych.

Poziom stężenia kwasu mlekowego we krwi może znacząco wpłynąć na zwycięstwo, bądź też osiągnięcie jakiegokolwiek wyniku oczekiwanego przez biegacza.

Introduction

Many people are committed to the challenges and goals and strives for them. Particularly noticeable is that in humans trained amateur sport, especially runners, who are

involved in major sporting events which are marathons (Misárošová, M., Mandzák, P. 2003, Pupis M., Čillík I, 2008). They attract hundreds or even thousands of people in a variety of weather conditions, struggling with their weaknesses and want to get the highest score and not giving up on this spirit. Size changes in the parameters characterizing the acid-base balance of blood depends on the duration of exercise, its intensity and the level of training. The efforts of an endurance based primarily on the aerobic energy usually do not cause acidification of the body. The hydrogen ions produced in small quantities and are neutralized due to the high buffer capacity of the blood. As you increase the intensity of exercise increases, the share of anaerobic processes in meeting the energy requirements of the system. Increasing the rate of anaerobic glycolysis will result in a significant increase in hydrogen ion concentration in muscle cells and in the blood, resulting in the development of metabolic acidosis. Increasing the concentration of H^+ in body fluids is the greater, the greater the intensity of the effort, which is the main source of lactic acid (Adach, 2009). Based on the results of experimental work can make a theoretical analysis of how to assess the training status player based on both the rate of lactate testing in the efforts of various intensity and sports. Based on several studies it can be concluded that those well-trained, performing submaximal exercise under physiological balance should not exhibit higher concentrations of lactic acid than 7-8 mmol / l, while in untrained it can reach up to 10 mmol / l blood. During submaximal efforts of older people compared to younger achieve faster for higher concentrations of lactic acid. The efforts of a maximal and supramaximal situation is reversed, which means that young people can make a comprehensive and extremely hard physical work in conditions of increased acidification of the body, as evidenced by, among others a high concentration of lactic acid. Treating therefore the value of the concentration of lactic acid as an indicator trained, during a load test efforts submaximal should obtain low values of this ratio, and the lower the concentration of lactic acid, the preferred image of a player training status test (Ronikier, 1997).

These observations led to a number of sports competition show that the described parameter is highly diagnostic and can be used in sports practice to assess training status. Since this is not a test of a submaximal he may have certain limitations when testing high stunt riders the performance of their maximum effort. Keep in mind, however, that the test described submaximal efforts also provide a lot of information about the physical condition of the test, and that such tests are commonly used in studies of other populations of exercise (in schools, rehabilitation, the military, etc.) the application of drastic physical load is the maximum undesirable and even dangerous because of the state of health of patients.

The maximal effort test situation is not so clear. In fact, the results of most studies suggest that people well trained in exhaustive physical labor achieve higher concentrations of lactate, which is the expression of a specific adaptation to the effort and the possibility of its continuing even when drastic acidification of the system.

The aim of this study was to show the relationship between the result of the run to 100 km amateur runners, and change the level of lactic acid in their bodies. Over the answer to the question of whether and how much lactic acid has an effect on the result at such low intensity running and how it is distributed across the level range.

Material and methods

The study was conducted on a group of 14 men voluntarily reported the ages of 25 to 66 years. Mean age 44 years, the difference between the oldest and the youngest 41 years. Players run 4-6 times per week and weekly distance is between 40-90 km. Workouts were performed irregularly and there are weeks when the players do not run at all. Despite the training runners are active in other forms such as swimming, gym, cycling. Training experience ranges from 5 to even 35 years, so it is very diverse. We participated in the competition, was treated as a workout. Players not only has specific preparation for these races.

During the study, blood was drawn from the finger of players over the day before, at the beginning of the run, respectively, 25, 50, 75 kilometer and immediately after the course. Blood was collected by trained medical staff with knowledge of Medicine, in a fully sterile, provided that special precautions. Based on the obtained results were disclosed relationships occurring between the results of lactic acid and a history of distance.

Results

Average test time was 36:36, 19:40 and the minimum and maximum 44:05. Average no maximum and minimum value was 37:24 (when the minimum value would be 32:11, and 42:00 maximum).

Table 1 Results 100 km run on time detailing the research

Place	Player	Time to research	Time without testing	Research time
1	PA	9:53:05	9:11:05	42:00

2	SM	9:53:05	9:11:08	41:57
3	DR	10:06:14	9:29:54	36:20
4	CH.I.	10:13:41	9:54:01	19:40
5	GS	10:34:08	10:01:50	32:18
6	TP	11:06:06	10:27:40	38:26
7	KG	11:17:02	10:32:57	44:05
8	GK	11:17:03	10:38:02	39:01
9	GP	11:41:16	11:03:29	37:47
10th	HP	11:41:17	11:07:55	33:22
11th	KB	11:46:32	11:10:59	35:33
12th	GB	12:20:35	11:39:18	41:17
13th	SJ	12:38:59	12:00:23	38:36
14th	RM	12:40:37	12:08:26	32:11

Showing significant difference between the shortest test time, and the longest since it is almost 25 minutes, but the standard that the players spent on research as discarding the maximum and minimum values makes it does not much change. The conclusion is that the break does not have a major impact on the final outcome of the competition.

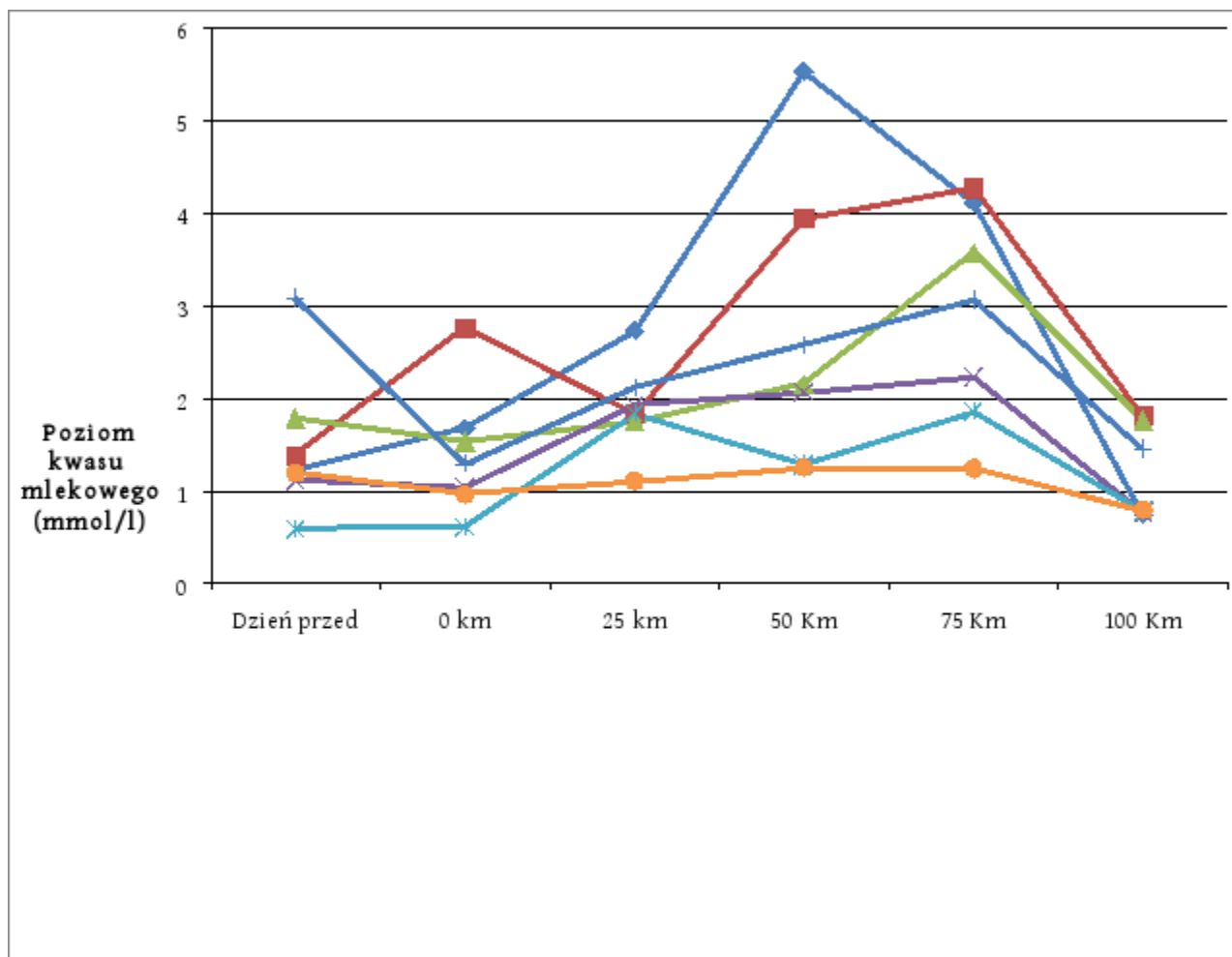


Figure. 1 Change in the level of lactic acid of 1-7 players from a distance of 100 km.

Of the 14 players who took part in the race, the concentration of lactate in the blood of eight runners before the start of the day was less than a day off when the test took place immediately before the race, even though they did not carry out any physical activity that might cause such a reaction in the body. In 5 of these was a significant increase in concentration from 1.4 mmol / l and up to 2.4 mmol / l, with one change was 0.4 mmol / l, while in the other two change was a minimum of 0.02, and 0 respectively, 07 mmol / L. Mean change without implementation effort was 1.23.

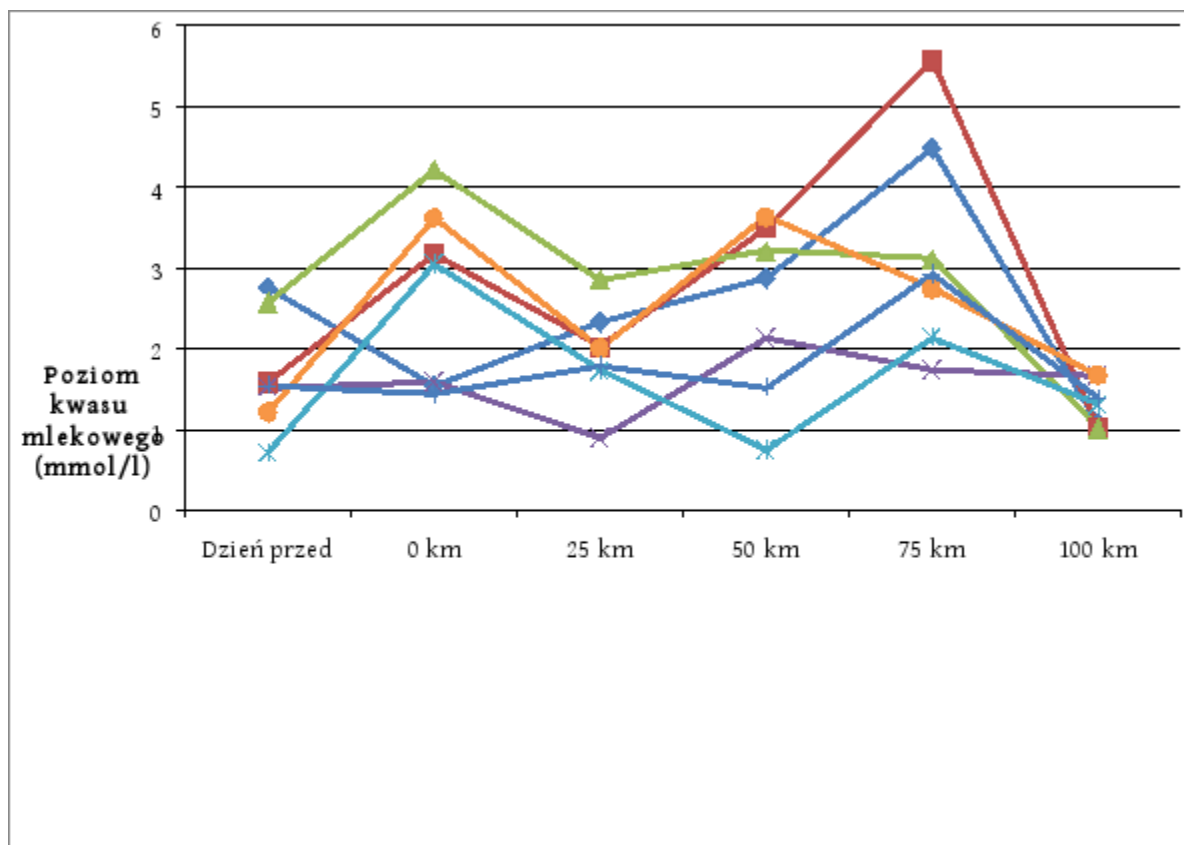


Figure. 2 Change in the level of lactic acid of 8-14 players from a distance of 100 km

Players from the starting point to 25 kilometers increased lactic acid levels were 8. These increases ranged from 0.14 mmol / L to 1.41 mmol / l, while the average increase was 0.69 mmol / l, which is a slight change in value compared with the changes that have been caused by the absence of physical exertion, because the value changes is almost half the size. Only two changes were greater than 1 mmol / L.

Only in the two players has increased the day before the course to take-off and up to 25 kilometers. However, in one of the players jumps were small and did not exceed even during all measurements 2mmol / l, while in the other jumps were significantly reaching more than twice the level of 4 mmol / L. The remaining players first and then decreased growth or vice versa.

Eight players have attained the highest lactate threshold at 75 kilometers, 50-kilometer, four, and two before the race. However, if the gear factor to take into account that one of them has achieved such a result in the 50 kilometers and 75-kilometer second. The conclusion is that the players running distance of 100 km reached maximum values of lactic acid in the blood during the second half of the race with a tendency to achieve the 75-kilometer.

All competitors during the measurement of lactic acid immediately after the race obtained results lower than the 75-kilometer test. No swimmer lactate levels rose. For seven of them, it was the lowest score measuring how gained from the start of testing on the day before the race. The conclusion is clear so that their body is able to achieve a lower level of lactic acid immediately after several hours of physical activity than the day before the start, or at any other stage of the race. The average value of lactic acid immediately after the completion of physical activity was only 1.23 mmol / L.

Four players achieved results in the area of 0.77 mmol / l, while the player who received the lowest score (0.75 mmol / l) during the race reached the second highest concentration of lactic acid (just below 0.04 mmol / l from the top) 5.53 mmol / L.

As can be seen the average value of the level of lactic acid with the gear, and therefore a minimum of about 10 hours with a low exercise intensity, but long duration 3mmol/Lu not exceed any of the players. Almost seven players had levels slightly higher than the maximum average standard which is acceptable in the body known as 2.22 mmol / l - from 2.26 to 2.83 which is a very good result by looking at how much energy had to generate the body of the working muscles. This shows a negligible or insignificant acidification medium of each of the organisms. Of the remaining seven players only one exceeded 2mmol / l, 4 fluctuated in the range 1.6-1.7 and the lowest score is only 0.96 mmol / L. It can be seen that averaging the results it can be concluded that an excess of lactate which accumulate in the body during the work performed to date been removed from the body and does not interfere with the majority in achieving a good result. However, the players who had very good results (1,59-1,77) took place from 9 to 11 with a time including research in the area of 11 hours and 42 minutes, at an average of well below 6 minutes per kilometer race. Although the player who won did not have, or the highest or the lowest level of lactate in the blood, as a result of the better results of acidification had only two runners which puts him on the podium in the classification of medium acidity. The lack of the need to achieve the best result acidic medium to achieve the best result from running the rate could be that mental and physical form of the day, not exceeding in any study, the average value of the maximum for the normal functioning of the body, and possibly a good tactic gear.

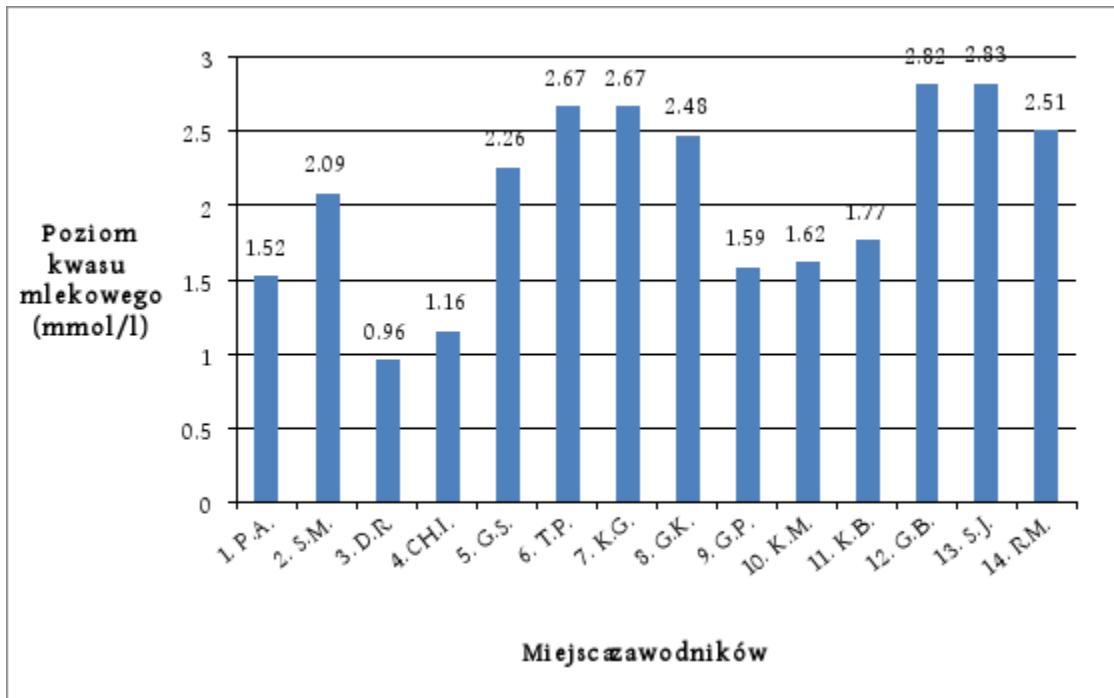


Figure. 3 Average values of lactic acid for the entire run of the players by

The value of these can be to create a sine wave which is also an interesting phenomenon, where the first school was the lowest then higher and so again. It can be stated that the average level of lactic acid can not decide the outcome of the race, but for sure its value is oscillating in standards help to overcome the subsequent kilometers and achieve ultimate success.

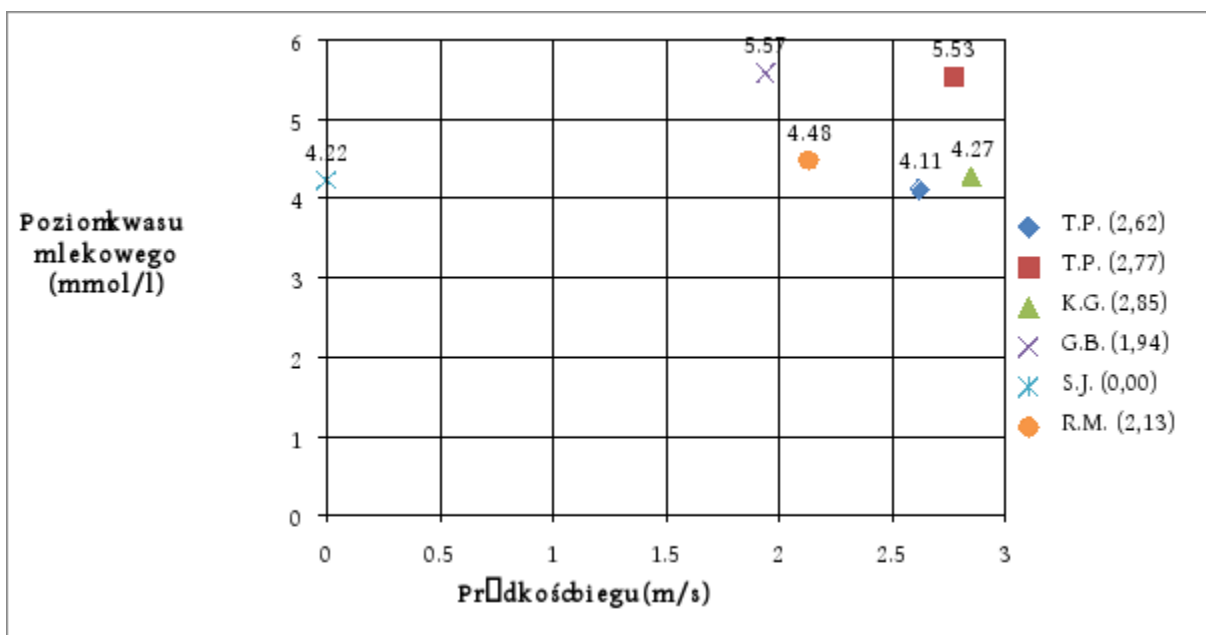


Figure. 4 Lactic acid levels above 4 mmol / l (PPA) depending on the running speed.

These results indicate to us that a player whose level of lactic acid before the course was 4.22 mmol / l, although he did not perform any physical activity the day before the start, its level was different from the norm and exceeded the level regarded as the PPA (ie over 4 mmol / l). This could be caused by stress and adrenaline before the race that produced in the body for some time before the course and remained at this level until the test. After this examination, however, it can be stated that the player had a downward trend until the end of the run.

Other athletes PPA reaches the running speed of 1.94 to 2.85 m / s, and thus running at a speed of 6.98 to 10.26 km / h which is not operating, the speed intensively body. Only one player reached during testing PPA twice. Once had a score of 4.11 mmol / l and the next time this level was only slightly less than the maximum that has been tested and was 5.53 mmol / L. An interesting observation is that a player who has reached the highest value of 5.57 mmol / l reached him with the lowest average speed measured over a distance of 25 km run. However, the player who ran the fastest and reached a level of 4.27 mmol / l was only about 0.05 mmol / l higher level of runner, which were tested immediately before the race.

Only five players out of 14 exceeded the level of PPA, one of which reached a result hardly doing any physical activity outside the normal activities of life. Only one player exceeded twice. Suggesting that the results we can conclude that the PPA may be exceeded at very low intensity exercise or virtually none. Moreover, the highest speed player who crossed the PPA was only 2.85 and up m / s (10.26 km / h). Another interesting observation is the fact that the player who has achieved the highest speed over a distance of 25 km and amounted to 3.23 m / s (11.63 km / h) the level of lactic acid after the episode was 1.1 mmol / L. Four of these five scores in excess of PPA was found in the 75 kilometer and 50-kilometer one, with the player who has reached that level in 50 kilometer reach even higher PPA for 75 kilometer. There is also the possibility that dehydration occurred which resulted in such a high concentration of acid, however, what were the conditions when running more cause to deviate from this relationship.

Another important fact is that above the level of the PPA, the lactic acid level began to drop significantly and at the end of the 100 kilometer race at each of the players was the most normal with some even reaching very low levels (TP 0.75, SJ 1, 02, RM 1.07, CG 1.67 1.81 KG). This reflects the overall smooth functioning of the body, its defenses and return to a state of physiological equilibrium.

The average age of the run was 44 years, while the minimum is 25 years and maximum 66 years. The difference between the oldest and the youngest participant in the race

was 41 years old, where the youngest participant was younger than the average of 19 years older than the oldest average of 22 years.

As you can see the players age is not a factor that may in any way influence the outcome of the final race, as the vast difference in age between the fourth and the fifth player has not translated into significant impact on the final result. The difference in time without testing was only eight minutes. Only one player older than he was with him while they were younger in the range of 6 to even 29 years. There is also the hypothesis that the player is unique in his age group, because the players who came before him were both lower age and lower levels of lactic acid. He is however not only far exceeded the acceptable standard average 2.22 mmol / L. The three players behind him, who despite the fact that they were younger than him by 6, 24 and 14 years, and despite the fact that they had better average level of lactic acid is an important time interval.

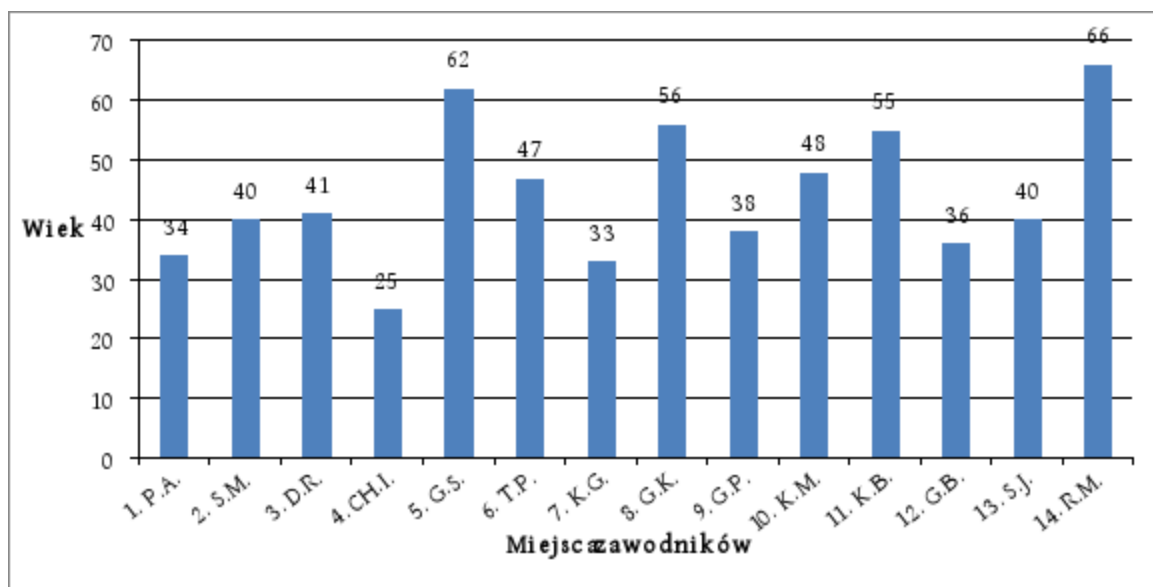


Figure. 5 Age of players and their place in the race.

So age is not so significant effect on the result, but the players whose age was below average runners were able to achieve in the course of time less than 10 hours - not including research time.

Discussion

The efforts of an endurance based primarily on the aerobic energy usually do not cause acidification of the body. However, it should also be noted observation that is different that the state of their fitness to work in harsh conditions revealed a lower rate of lactic acid. The lower concentration of lactic acid in the maximum efforts carried out in steady state is an

important indicator of functional training status, however, in highly trained player exercise test in a test carried out for a few minutes to observe the state of the maximum strain will be higher concentration of lactic acid in comparison with the other representing a smaller capacity. As mentioned doing this test effort at such a high acidification of the body indicates a greater tolerance of profound changes in acid-base balance. Analyzing the stress test side of the work, it is noted that better trained individual, taken in the same conditions more work compared with other tests. These considerations should be regarded as an overview of the kind of effort and associated changes in the design and metabolize lactic acid. It is important to analyze the changes in the concentration of lactic acid during the execution of various efforts by high-performance athletes.

Keep in mind also that mental stress, as well as a number of physiological responses, also acts as a stimulant on the production of lactic acid, even without physical activity. It was observed that emotional stimuli associated with participation in major sporting events can cause three-fold increase in the resting level of lactic acid without any involvement motor. The specific psychological stress accompanying participation in important competitions may cause an increased release of catecholamines stimulate the processes of glycolysis and the consequent increase in the production of lactic acid (Ronikier, 1987). The best exercise acidification of tissues observed in the efforts of endurance when doing physical labor for many hours, and when the initial growth of lactic acid followed by the systematic reduction of up to resting values. In such a situation prevail in the metabolism of aerobic processes that inhibit glycolysis process and prevent the formation of excess lactic acid. The efforts of this type carried out for several hours in the state of a specific functional balance (steady-state) there is no reduction of pyruvate to lactic acid, but is oxidized to CO₂ and H₂O. Small amounts of lactic acid, which, however, resulting in manual labor, or have been produced in the initial period of exertion, are effectively metabolized in the process of gluconeogenesis and an additional material for long-term energy muscle work. Studies lactic acid confirmed that about 75% of lactic acid in the blood is oxidized in our and converted into energy as fuel for our muscles. The remaining 25% is cleaned and converted to the form of glucose and will be used to produce even more energy. Lactic acid is not responsible for the loss of power, fatigue and muscle pain. Lactic acid provides quick energy and is involved in the production of glycogen. Endurance training reduces blood lactate threshold, increase the number of mitochondria in the muscle that makes your body learn how to purify and transform lactic acid. Researchers have found that lactate is transported by MCT1 protein that is attached to

the muscle cells. Using protein MCT1 lactate "in and out" of the working cell. Studies have shown that the more you have the better of this protein we deal with lactate.

Conclusions

Lactate can be one of the most important "fuel" for the body. The only way to take full advantage of lactic acid is our lactate threshold training. Running on 100 km is very unpredictable over the incredible specifications, which in addition to the huge physical fatigue reaches incredible mental exhaustion that can weigh and have a greater impact on the player than the physical pain which is often felt. The results of course affect the player experience, his physical and mental abilities consisting of a large number of factors and changes that occur in organisms starters, the form of the day, had run km, diet, weather on race day, trail running, and probably many others. The level of lactic acid in the blood may significantly affect the victory, or to achieve any result expected by the runner.

References

1. Adach Z. (red.) 2009 Ćwiczenia z fizjologii ogólnej i fizjologii wysiłku fizycznego. Akademia Wychowania Fizycznego. Poznań.
2. Fahey T., 2008. Lactic acid... I sit All Bad?. Cycling weekly 16/2008, s.42.
3. Misáročová M., Mandzák P., 2003. Horský duatlon ako vhodný doplnok prípravy mladých triatlonistov v pred a po súťažnom období.. In: Turistika a športy v prírode „Súčasný stav a najnovšie trendy“. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia, 2003. 98 s. ISBN 80-8040-221-3 (3-4. 10. 2003).
4. Pupis M., Čillik I, 2008: The influence of intermittent hypoxic training on the organism of an endurance athlete In: Facta universitatis- physical education and sport, Vol. 6, No 1, s. 11-20.
5. Ronikier A. (red.) (1987) Z zagadnień sportu. Poradnik dla trenera: Kwas mlekowy a wysiłek fizyczny. Wydawnictwa Instytutu Sportu. Warszawa s. 127.

Wstęp

Wiele osób stawia sobie wyzwania i cele oraz dąży do nich. Szczególnie zauważalne jest to u ludzi amatorsko trenujących sport, a szczególnie biegaczy, którzy biorą udział w wielkich imprezach sportowych jakimi są biegi maratońskie (Misárošová, M., Mandzák, P. 2003, Pupis M., Čillik I, 2008). Przyciągają one setki a nawet tysiące osób, które w różnych warunkach atmosferycznych walczą ze swoimi słabościami i pragną uzyskać jak najlepszy wynik i nie wyzionąć przy tym ducha. Wielkość zmian w obrębie parametrów charakteryzujących równowagę kwasowo-zasadową krwi zależy od czasu trwania wysiłku, jego intensywności a także poziomu wytrenowania. Wysiłki o charakterze wytrzymałościowym oparte przede wszystkim na energetyce tlenowej nie powodują zazwyczaj zakwaszenia ustroju. Jony wodorowe powstają w niedużych ilościach i są neutralizowane dzięki dużej pojemności buforowej krwi. W miarę zwiększania intensywności wysiłku zwiększa się udział procesów beztlenowych w pokryciu zapotrzebowania energetycznego ustroju. Nasilające się tempo glikolizy beztlenowej powodować będzie znaczące zwiększenie stężenia jonu wodorowego w komórkach mięśniowych, a następnie we krwi i w efekcie rozwój kwasicy metabolicznej. Zwiększenie stężenia H⁺ w płynach ustrojowych jest tym większe, im większa jest intensywność wysiłku, przy czym głównym ich źródłem jest kwas mlekowy (Adach, 2009). W oparciu o wyniki prac eksperymentalnych można dokonać teoretycznej analizy sposobu oceny stanu wytrenowania zawodnika w oparciu o wskaźnik stężenia mleczanów zarówno w wysiłkach testowych o różnej intensywności, jak i podczas zawodów sportowych. Na podstawie wielu badań można stwierdzić, że osoby dobrze wytrenowane, wykonujące wysiłek submaksymalny w warunkach równowagi fizjologicznej nie powinny wykazywać wyższych wartości stężenia kwasu mlekowego niż 7-8 mmol/l, zaś u osób nie wytrenowanych dochodzić ono może do 10 mmol/l krwi. W trakcie wysiłków submaksymalnych osoby starsze w porównaniu z młodszymi uzyskują szybciej wyższe wartości stężenia kwasu mlekowego. W wysiłkach o charakterze maksymalnym i supramaksymalnym sytuacja jest odwrotna, tzn. że ludzie młodzi mogą wykonywać wyczerpującą, niezwykle ciężką pracę fizyczną w warunkach większego zakwaszenia ustroju, czego wyrazem m.in. jest wysokie stężenie kwasu mlekowego. Traktując zatem wartość stężenia kwasu mlekowego jako wskaźnik stanu wytrenowania, podczas wysiłków testowych o obciążeniu submaksymalnym powinny uzyskiwać niskie wartości tego wskaźnika, i im niższe stężenie kwasu mlekowego, tym korzystniejszy obraz stanu wytrenowania badanego zawodnika (Ronikier, 1997).

Obserwacje te prowadzone na zawodach wielu dyscyplin sportowych dowodzą, że opisany parametr jest wysoce diagnostyczny i może być wykorzystywany w praktyce sportowej do oceny stanu wytrenowania. Ponieważ jest to jednak test o charakterze submaksymalnym może mieć on określone ograniczenia przy badaniu zawodników wysokiego wyczynu podczas wykonywania przez nich wysiłków maksymalnych. Należy pamiętać jednak, że opisane testowe wysiłki submaksymalne także dostarczają wielu informacji o kondycji fizycznej badanego, oraz że tego rodzaju testy powszechnie są wykorzystywane w badaniach wysiłkowych innych populacji (w szkole, przy rehabilitacji, w wojsku itp.) gdy stosowanie drastycznych maksymalnych obciążeń fizycznych jest niewskazane, a nawet niebezpieczne ze względu na stan zdrowia badanych.

W testowych wysiłkach maksymalnych sytuacja nie jest tak jednoznaczna. W zasadzie wyniki większości badań sugerują, że osoby dobrze wytrenowane podczas wyczerpującej fizycznej pracy uzyskują wyższe wartości stężenia mleczanów, co jest wyrazem swoistej adaptacji do wysiłku i możliwości jego kontynuowania nawet w sytuacji drastycznego zakwaszenia ustroju.

Celem badań było ukazanie zależności między wynikiem biegu na 100 kilometrów biegaczy amatorów, a zmianom poziomu kwasu mlekowego w ich organizmach. Ponad to odpowiedź na pytanie czy i jak bardzo kwas mlekowy ma wpływ na wynik przy tak małej intensywności biegu oraz jak rozkłada się jego poziom na całym dystansie.

Material i metody

Badania prowadzono na grupie 14 dobrowolnie zgłoszonych mężczyzn w wieku od 25 do 66 lat. Średnia wieku 44 lata, różnica między najstarszym a najmłodszym 41 lat. Zawodnicy biegają 4-6 razy w ciągu tygodnia, a dystans tygodniowy wynosi od 40-90 kilometrów. Treningi wykonywane były nieregularnie i zdarzają się tygodnie, gdy zawodnicy nie biegają wcale. Pomimo treningów biegacze są aktywni w innej formie np. pływanie, siłownia, jazda rowerem. Staż treningowy wynosi od 5 do nawet 35 lat, zatem jest bardzo zróżnicowany. Bardzo udział w zawodach, traktowany był jako trening. Zawodników nie obowiązuje specjalne przygotowanie do tych startów.

W trakcie badań pobierano krew z palca zawodników dzień przed biegiem, na początku biegu, odpowiednio na 25, 50, 75 kilometrów oraz bezpośrednio po biegu. Krew była pobierana przez przeszkolony sztab medyczny posiadający wiedzę medyczną, w warunkach w pełni sterylnych, przy zachowaniu szczególnych środków ostrożności. Na podstawie uzyskanych wyników badań wykazane zostały zależności zachodzące między wynikami poziomu kwasu mlekowego a przebytym dystansem.

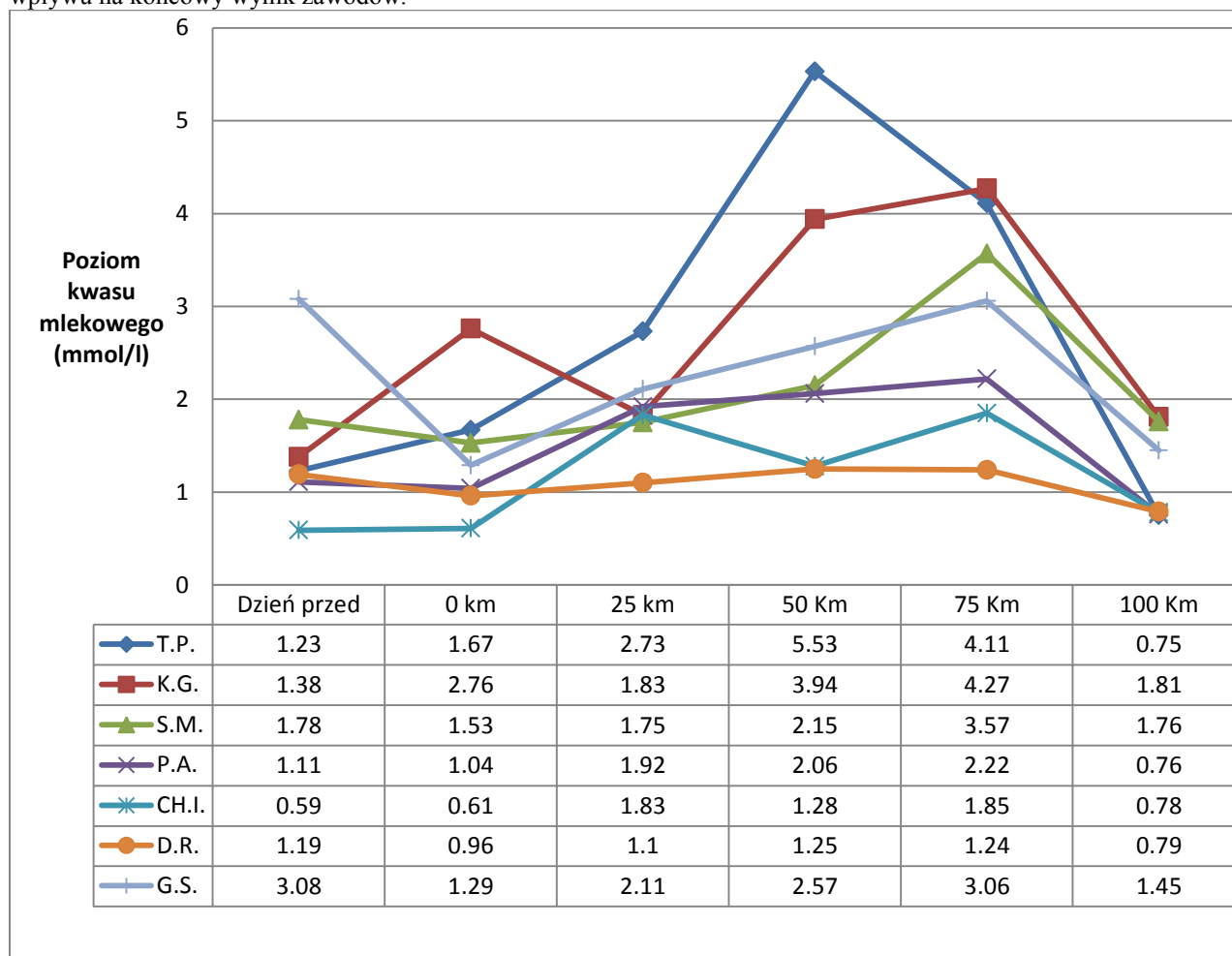
Wyniki

Średni czas badań wyniósł 36:36, natomiast minimalny 19:40, a maksymalny 44:05. Średnia bez maksymalnej i minimalnej wartości wyniosła 37:24 (wtedy wartość minimalna wynosiłaby 32:11, natomiast maksymalna 42:00).

Tabela 1. Wyniki biegu na 100 kilometrów z wyszczególnieniem czasu badań

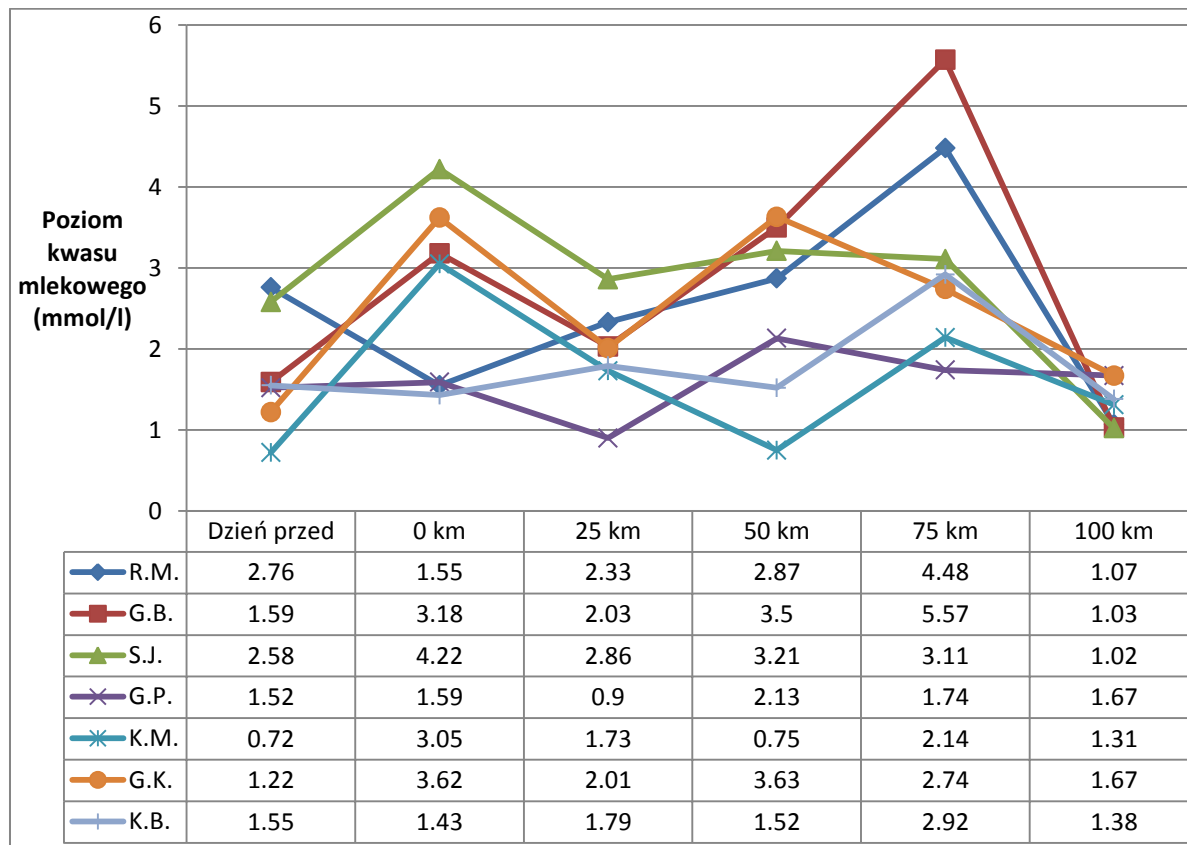
Miejsce	Zawodnik	Czas z badaniami	Czas bez badań	Czas badań
1.	P.A.	9:53:05	9:11:05	42:00
2.	S.M.	9:53:05	9:11:08	41:57
3.	D.R.	10:06:14	9:29:54	36:20
4.	CH.I.	10:13:41	9:54:01	19:40
5.	G.S.	10:34:08	10:01:50	32:18
6.	T.P.	11:06:06	10:27:40	38:26
7.	K.G.	11:17:02	10:32:57	44:05
8.	G.K.	11:17:03	10:38:02	39:01
9.	G.P.	11:41:16	11:03:29	37:47
10.	K.M.	11:41:17	11:07:55	33:22
11.	K.B.	11:46:32	11:10:59	35:33
12.	G.B.	12:20:35	11:39:18	41:17
13.	S.J.	12:38:59	12:00:23	38:36
14.	R.M.	12:40:37	12:08:26	32:11

Widać znaczącą różnicę pomiędzy najkrótszym czasem badań, a najdłuższym gdyż wynosi ona prawie 25 minut, jednak średnia jaką zawodnicy spędzili na badaniach nawet odrzucając wartość maksymalną i minimalną powoduje, że dużo się ona nie zmienia. Wniosek z tego taki że długość przerwy nie miała większego wpływu na końcowy wynik zawodów.



Ryc. 1. Zmiana poziomu kwasu mlekowego zawodników z miejsc 1-7 na dystansie 100 kilometrów.

Pośród 14 zawodników którzy brali udział w biegu, poziom stężenia mleczanu we krwi u 8 biegaczy z dnia przed startem był niższy niż w dzień startu gdy badanie odbyło się bezpośrednio przed biegiem, mimo że nie wykonywali oni żadnego wysiłku fizycznego mogącego spowodować taką reakcję organizmu. U 5 z nich wzrost stężenia był znaczny, od 1,4 mmol/l do nawet 2,4 mmol/l, u jednego zmiana wyniosła 0,4 mmol/l, natomiast u pozostałej dwójki zmiana była bardzo minimalna odpowiednio 0,02 i 0,07 mmol/l. Średnia zmiana bez wykonania wysiłku wyniosła 1,23.



Ryc. 2 Zmiana poziomu kwasu mlekowego zawodników z miejsc 8-14 na dystansie 100 kilometrów

Zawodników którym od rozpoczęcia biegu do 25 kilometra wzrósł poziom kwasu mlekowego było 8. Wzrosty te wyniosły od 0,14 mmol/l do 1,41 mmol/l, natomiast średnia wzrostu wyniosła 0,69 mmol/l co jest nieznaną zmianą wartości w porównaniu ze zmianami jakie zostały spowodowane bez udziału wysiłku fizycznego, gdyż wartość zmian jest o prawie połowę mniejsza. Jedynie dwie zmiany były powyżej 1 mmol/l.

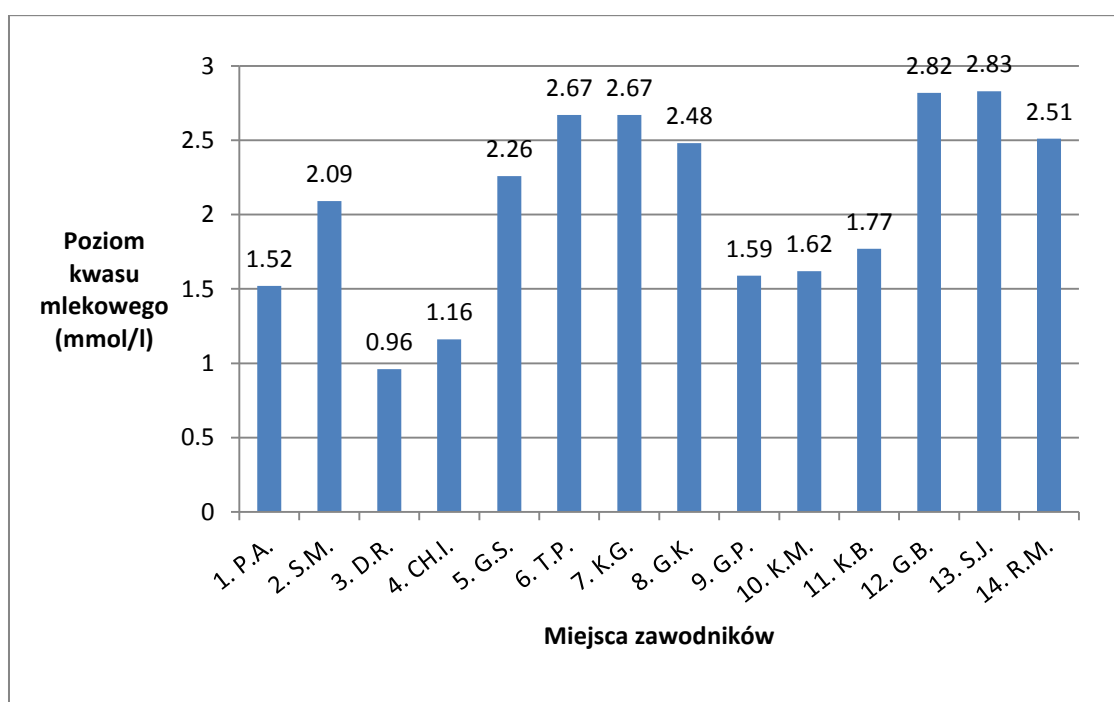
Zaledwie u dwóch zawodników nastąpił wzrost z dnia przed biegiem do momentu startu oraz do 25 kilometra. Jednak u jednego z zawodników skoki były niewielkie i nie przekroczył on nawet w trakcie wszystkich pomiarów 2mmol/l, natomiast u drugiego skoki były znaczne osiągając dwukrotnie poziom powyżej 4 mmol/l. U pozostałych zawodników najpierw nastąpił spadek a potem wzrost bądź też odwrotnie.

Osmiu zawodników osiągnęło najwyższy próg mleczanowy na 75 kilometrze, 4 na 50 kilometrze, a 2 przed rozpoczęciem biegu. Natomiast gdyby wziąć czynnik biegu pod uwagę to jeden z nich osiągnął taki wynik na 50 kilometrze a drugi na 75 kilometrze. Wniosek z tego taki, że zawodnicy biegający dystans 100km osiągnęli maksymalne wartości kwasu mlekowego we krwi w drugiej połowie biegu z tendencją do osiągnięcia ich na 75 kilometrze.

Wszyscy zawodnicy podczas pomiaru kwasu mlekowego bezpośrednio po biegu uzyskali wyniki niższe, niż na badaniu na 75 kilometrze. Żadnemu zawodnikowi poziom mleczanu nie podniósł się. Dla 7 z nich był to najniższy wynik pomiarowy jaki uzyskali od momentu rozpoczęcia badań na dzień przed biegiem. Wniosek z tego wynika taki, że ich organizm potrafił osiągnąć niższą wartość poziomu kwasu mlekowego bezpośrednio po kilkunastu godzinach wysiłku fizycznego niż dzień przed startem, bądź też na dowolnym innym etapie biegu. Średnia wartość poziomu kwasu mlekowego bezpośrednio po zakończonej aktywności fizycznej wyniosła zaledwie 1,23 mmol/l.

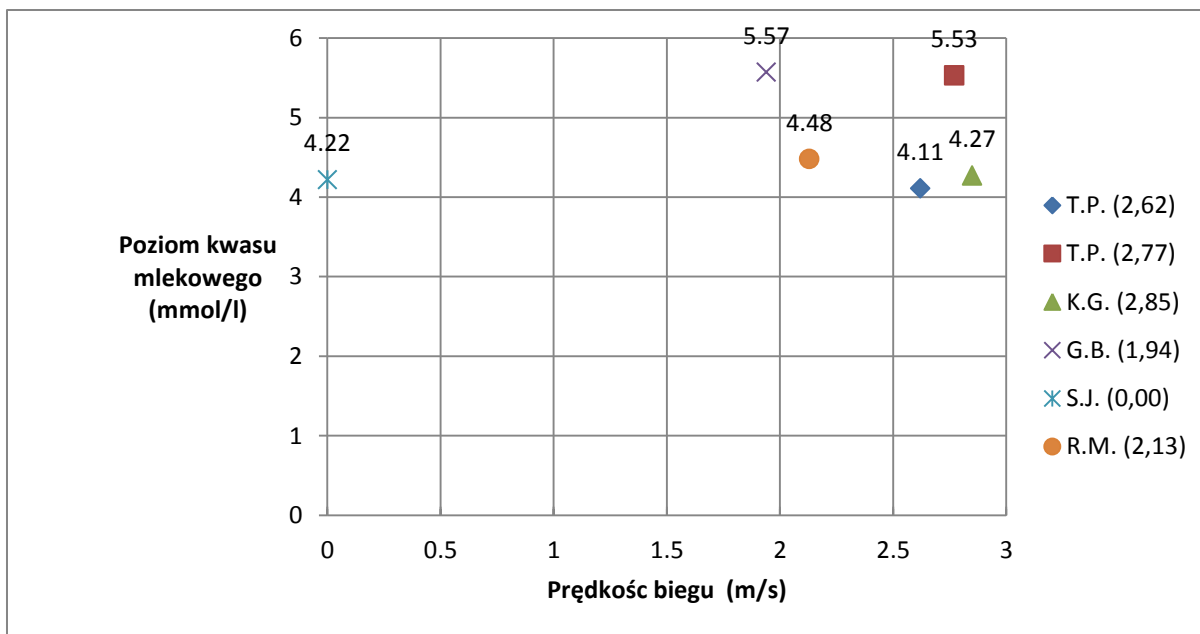
Czterech zawodników uzyskało wynik w okolicach 0,77 mmol/l, natomiast zawodnik, który uzyskał najniższy wynik (0,75 mmol/l) w trakcie biegu osiągnął drugie najwyższe stężenie kwasu mlekowego (niższy zaledwie o 0,04 mmol/l od najwyższego) 5,53 mmol/l.

Jak można zaobserwować średnie wartości poziomu kwasu mlekowego z całego biegu, a więc minimum około 10 godzin wysiłku fizycznego o niskiej intensywności, lecz długim czasie trwania nie przekroczyły 3 mmol/l u żadnego z zawodników. Praktycznie 7 zawodników miało poziom nieznacznie wyższy od maksymalnej średniej normy jaka jest dopuszczalna w organizmie określana jako 2,22 mmol/l - od 2,26 do 2,83 co jest bardzo dobrym wynikiem patrząc na to jak dużo energii musiał wygenerować organizm z pracujących mięśni. Świadczy to o nieznacznym bądź też znikomym średnim zakwaszeniu każdego z organizmów. Z pozostałych 7 zawodników zaledwie jeden przekroczył 2 mmol/l, 4 oscyloowało w granicach 1,6-1,7 a najniższy wynik to zaledwie 0,96 mmol/l. Widać, że uśredniając wyniki można stwierdzić, że nadmiar mleczanu jaki gromadził się w organizmie podczas wykonywanej pracy był na bieżąco usuwany z organizmu i nie przeszkadzał większości w osiągnięciu dobrego wyniku. Mimo to zawodnicy którzy mieli bardzo dobre wyniki (1,59-1,77) zajęli miejsca od 9 do 11 uzyskując czas łącznie z badaniami w okolicach 11 godzin i 42 minut, co daje średnią znacznie poniżej 6 minut na każdym kilometrze biegu. Mimo, że zawodnik który wygrał nie miał, ani najwyższego ani najniższego poziomu mleczanu we krwi, to od jego wyniku lepsze rezultaty zakwaszenia miało zaledwie dwóch biegaczy co stawia go na podium w klasyfikacji średniego zakwaszenia. O braku konieczności osiągnięcia najlepszego rezultatu średniego zakwaszenia, aby osiągnąć najlepszy wynik spośród stawki biegających mógł mieć fakt psychicznej i fizycznej formy dnia, nie przekroczenia w żadnym badaniu średniej wartości maksymalnej dla normalnie funkcjonującego organizmu i możliwe że dobra taktyka biegu.



Ryc. 3 Średnie wartości kwasu mlekowego dla całego biegu zawodników według miejsc

Z wartości tych można by utworzyć sinusoidę co jest także ciekawym zjawiskiem, gdzie najpierw średnie były najniższe potem wyższe i tak ponownie. Stwierdzić można, że średni poziom kwasu mlekowego nie może decydować o wyniku biegu, lecz na pewno jego wartości oscylujące w normach ułatwiają pokonywanie kolejnych kilometrów oraz osiągnięcie końcowego sukcesu.



Ryc. 4. Poziom kwasu mlekowego powyżej 4mmol/l (PPA) w zależności od prędkości biegu.

Powyższe wyniki wskazują nam, że zawodnik którego poziom kwasu mlekowego przed samym biegiem wyniósł 4,22mmol/l, mimo iż nie wykonywał on żadnego wysiłku fizycznego w dniu poprzedzającym start, to jego poziom znacznie odbiegał od normy i przekroczył poziom przyjmowany za PPA (tzn. powyżej 4 mmol/l). Mogło to być spowodowane stresem przed biegiem oraz adrenaliną, która wytwarzała się w jego organizmie przez jakiś czas przed samym biegiem i utrzymała się na takim poziomie do momentu badania. Po tym badaniu jednak można stwierdzić, że zawodnik miał tendencję spadkową aż do momentu zakończenia biegu.

Pozostali zawodnicy osiągnęli poziom PPA przy prędkości biegu od 1,94 do 2,85 m/s, a więc biegnąc z prędkością 6,98 do 10,26 km/h co nie jest prędkością intensywnie eksploatującą organizm. Tylko jeden zawodnik podczas badań osiągnął poziom PPA dwukrotnie. Raz miał wynik 4,11 mmol/l a kolejnym razem ten poziom był tylko nieznacznie mniejszy od maksymalnego jaki został zbadany i wyniósł 5,53 mmol/l. Ciekawym spostrzeżeniem jest to że zawodnik, który osiągnął najwyższą wartość 5,57 mmol/l osiągnął go przy najniższej średniej prędkości zmierzonej na odcinku 25 kilometrów biegu. Natomiast zawodnik, który biegł najszybciej i osiągnął poziom 4,27 mmol/l miał zaledwie o 0,05 mmol/l wyższy poziom od biegacza, którego badano bezpośrednio przed rozpoczęciem biegu.

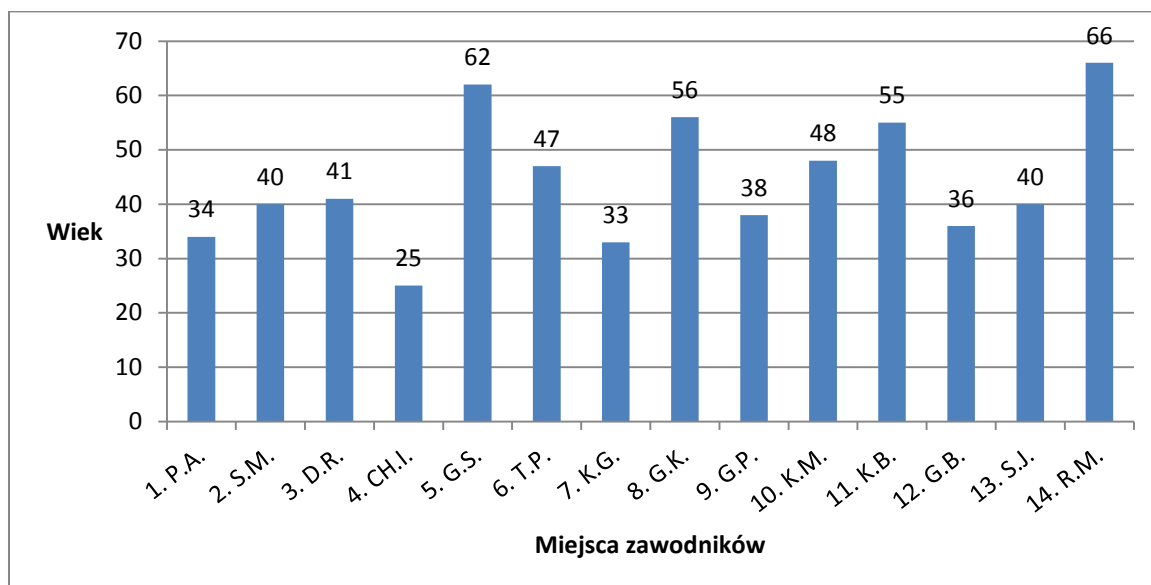
Jedynie 5 zawodników spośród 14 przekroczyło poziom PPA, z czego jeden osiągnął wynik praktycznie nie wykonując żadnego wysiłku fizycznego poza normalnymi czynnościami życiowymi. Zaledwie jeden zawodnik przekroczył poziom dwukrotnie. Sugerując się wynikami możemy stwierdzić, że PPA można przekroczyć przy bardzo niskiej intensywności wysiłku fizycznego bądź też praktycznie przy żadnej. Co więcej najwyższa prędkość zawodnika, który przekroczył PPA wyniosła, tylko i aż 2,85 m/s (10,26 km/h). Innym ciekawym spostrzeżeniem jest fakt, że zawodnik który osiągnął najwyższą prędkość na odcinku 25 kilometrów i wyniosła ona 3,23 m/s (11,63 km/h) poziom jego kwasu mlekowego po tym odcinku wyniósł 1,1 mmol/l. Cztery wyniki spośród tych pięciu przekraczających PPA zostało stwierdzonych na 75 kilometrze, a jeden na 50 kilometrze, z czego zawodnik który osiągnął ten poziom na 50 kilometrze osiągnął jeszcze wyższy PPA na 75 kilometrze. Istnieje także możliwość, że wystąpiło odwodnienie organizmu co spowodowało tak wysokie stężenia kwasu jednak warunki jakie były podczas biegu raczej powodują odstąpienie od tej zależności.

Kolejnym istotnym faktem jest to że po przekroczeniu poziomu PPA, poziom kwasu mlekowego zaczął znacząco spadać i na koniec biegu po 100 kilometrze u każdego z zawodników znajdował się jak najbardziej w normie osiągając u niektórych nawet bardzo niski poziom (T.P. 0,75; S.J. 1,02; R.M. 1,07; G.K. 1,67; K.G 1,81). Świadczy to o ogólnym prawidłowym funkcjonowaniu organizmu, jego mechanizmów obronnych oraz powrocie do stanu równowagi fizjologicznej.

Średnia wieku w biegu wyniosła 44 lata, natomiast wartość minimalna to 25 lat, a maksymalna 66 lat. Różnica między najstarszym a najmłodszym uczestnikiem biegu wyniosła 41 lat, gdzie najmłodszy uczestnik był młodszy od średniej o 19 lat a najstarszy starszy od średniej o 22 lata.

Jak można zauważyć wiek zawodników nie jest czynnikiem, który może w jakikolwiek sposób wpłynąć na wynik ostateczny biegu, gdyż ogromna różnica wieku między czwartym, a piątym zawodnikiem nie przełożyła się znacząco na wynik końcowy. Różnica w czasie bez badań wyniosła zaledwie 8 minut. Tylko jeden starszy od niego zawodnik był za nim natomiast wszyscy byli młodszy w przedziale od 6 do nawet 29 lat. Jest też taka hipoteza, że zawodnik ten jest ewenementem w swojej grupie wiekowej, gdyż zawodnicy którzy byli przed

nim mieli zarówno niższy wiek jak i niższe wartości poziomu kwasu mlekowego. On natomiast jedynie nie znacznie przekroczył dopuszczalną średnią normę 2,22 mmol/l. Trzej zawodnicy za nim, którzy mimo tego iż byli młodszy od niego odpowiednio o 6, 24 i 14 lat oraz pomimo, że mieli lepsze wyniki średnie poziomu kwasu mlekowego to czasowo znacząco odstali.



Ryc. 5. Wiek zawodników i ich miejsce w biegu.

Zatem wiek nie ma aż tak istotnego wpływu na wynik, jednak zawodnicy których wiek był poniżej średniej biegaczy zdolali osiągnąć w biegu czas poniżej 10 godzin – nie wliczając czasu badań.

Dyskusja

Wysiłki o charakterze wytrzymałościowy oparte przede wszystkim na energetyce tlenowej nie powodują zazwyczaj zakwaszenia ustroju. Odnotować jednak należy również spostrzeżenie odmienne tzn., że stan wytrenowania w wyczerpującej pracy objawia się niższym wskaźnikiem stężenia kwasu mlekowego. Niższe stężenie kwasu mlekowego w wysiłkach maksymalnych wykonywanych w stanie równowagi czynnościowej jest ważnym wskaźnikiem stanu wytrenowania, jednak u wysoko wytrenowanego zawodnika w testowej próbie wysiłkowej wykonanej przez kilka minut do stanu maksymalnego zmęczenia obserwować będziemy wyższe stężenia kwasu mlekowego w porównaniu z kolegami reprezentującymi mniejszą wydolność. Jak wspomniano wykonanie tego testowego wysiłku przy tak wysokim zakwaszeniu organizmu wskazuje na lepszą tolerancję głębokich zmian równowagi kwasowo-zasadowej. Analizując test wysiłkowy od strony wykonanej pracy zauważa się, że osobnik lepiej wytrenowany, wykona w tych samych warunkach większą pracę w porównaniu z innymi badaniami. Powyższe rozważania należy traktować jako ogólną charakterystykę rodzaju wysiłku i związanych z nim zmian w tworzeniu i metabolizowaniu kwasu mlekowego. Ważnym jest analizowanie zmian stężenia kwasu mlekowego w czasie wykonywania różnego rodzaju wysiłków przez zawodników wysokiej klasy.

Należy pamiętać także, że stres psychiczny, podobnie jak na wiele reakcji fizjologicznych, działa również stymulująco na produkcję kwasu mlekowego, nawet bez aktywności ruchowej. Zaobserwowano, że bodziec emocjonalny związany z uczestnictwem w ważnych zawodach sportowych może wywołać 3 –krotny wzrost poziomu spoczynkowego kwasu mlekowego bez jakiegokolwiek zaangażowania motorycznego. Swoisty stres psychologiczny towarzyszący uczestnictwu w ważnych zawodach wywołać może wzmocniony wyrzut katecholamin stymulujących procesy glikolizy i związany z tym wzrost produkcji kwasu mlekowego (Ronikier, 1987). Najniższe wysiłkowe zakwaszenie tkanek obserwujemy w wysiłkach o charakterze wytrzymałościowym, gdy pracę fizyczną wykonujemy przez wiele godzin, i gdy po początkowym wzroście ilości kwasu mlekowego następuje jego systematyczne obniżenie, nawet do wartości spoczynkowych. W sytuacji takiej w przemianach metabolicznych przeważają procesy tlenowe, które hamują przebieg glikolizy i uniemożliwiają powstawanie nadmiaru kwasu mlekowego. W wysiłkach tego typu wykonywanych przez wiele godzin w stanie swoistej równowagi czynnościowej (stady-state) nie dochodzi do redukcji pirogronianu do kwasu mlekowego, lecz jest on utleniany do CO₂ i H₂O. Niewielkie ilości kwasu mlekowego, które jednak powstały podczas pracy fizycznej lub zostały wytworzone w początkowym okresie wysiłku, są skutecznie metabolizowane w procesie glukoneogenezy i stanowią dodatkowy materiał energetyczny do długotrwałej pracy mięśniowej. Badania kwasu mlekowego potwierdziły, że około 75 % kwasu mlekowego w naszej krwi jest utleniane i przekształcone w energię jako paliwo dla naszych mięśni. Pozostałe 25% jest oczyszczone i przekształcone do postaci glukozy i

zostanie wykorzystane do produkcji jeszcze większej ilości energii. Kwas mlekowy nie odpowiada za spadek mocy, zmęczenie czy bóle mięśni. Kwas mlekowy zapewnia szybką energię i bierze udział w produkcji glikogenu. Trening wytrzymałościowy redukuje próg mleczanowy we krwi, wzrost liczby mitochondriów w mięśniach sprawia że uczymy organizm jak oczyszczać i przekształcać kwas mlekowy. Naukowcy dowiedli, że mleczany są transportowane za pomocą białka MCT1, które jest dołączone do komórek mięśniowych. Za pomocą białka MCT1 mleczany „wchodzą i wychodzą” z pracującej komórki. Badania wykazały, że im więcej posiadamy tego białka tym lepiej radzimy sobie z mleczanami.

Wnioski

Mleczany mogą być jednym z najważniejszych „paliw” dla ciała. Jedynym sposobem aby w pełni wykorzystać zalety kwasu mlekowego jest trenowanie naszego progu mleczanowego. Bieg na 100 kilometrów jest bardzo nieprzewidywalnym biegiem o niesamowitej specyfikacji, do którego oprócz olbrzymiego zmęczenia fizycznego dochodzi niesamowite wyczerpanie psychiczne, które potrafi zaważyć i mieć większy wpływ na zawodnika niż sam ból fizyczny jaki jest wielokrotnie odczuwany. Na wyniki biegu wpływa doświadczenie zawodnika, jego predyspozycje fizyczne i psychiczne na które składa się ogromna ilość czynników i przemian jakie zachodzą w organizmach startujących, forma dnia, przebiegnięte kilometry, dieta, pogoda w dniu zawodów, trasa biegu oraz zapewne wiele innych. Poziom stężenia kwasu mlekowego we krwi może znacząco wpłynąć na zwycięstwo, bądź też osiągnięcie jakiegokolwiek wyniku oczekiwanego przez biegacza.

Piśmiennictwo

1. Adach Z. (red.) 2009 Ćwiczenia z fizjologii ogólnej i fizjologii wysiłku fizycznego. Akademia Wychowania Fizycznego. Poznań.
2. Fahey T., 2008. Lactic acid... I sit All Bad?. Cycling weekly 16/2008, s.42.
3. Misárošová M., Mandzák P., 2003. Horský duatlon ako vhodný doplnok prípravy mladých triatlonistov v pred a po súťažnom období.. In: Turistika a športy v prírode „Súčasný stav a najnovšie trendy“. Liptovský Mikuláš: Vojenská akadémia, 2003. 98 s. ISBN 80-8040-221-3 (3-4. 10. 2003).
4. Pupis M., Čillik I, 2008: The influence of intermittent hypoxic training on the organism of an endurance athlete In: Facta universitatis- physical education and sport, Vol. 6, No 1, s. 11-20.
5. Ronikier A. (red.) (1987) Z zagadnień sportu. Poradnik dla trenera: Kwas mlekowy a wysiłek fizyczny. Wydawnictwa Instytutu Sportu. Warszawa s. 127.