

**SEMMELWEIS UNIVERSITY BUDAPEST
DOCTORAL SCHOOL**

(Ph.D. thesis)

**DEVELOPMENT OF ANAEROBIC
POWER IN QUALIFIED SPRINTERS**

WRITTEN BY: YASSER SOLIMAN ABDIEN

ADVISER: PROF. JÁNOS MÉSZÁROS

BUDAPEST 2002

Introduction

Aerobic and anaerobic energy production during exercise represent various ratios in trainings and competitions. Though, the high aerobic performance is one of the most important exercise physiological components in trainings, however, the high anaerobic performance can determine the sport success of a given athlete during the competitions, if the other attributes of the athletes are similar. Consequently it seems to be obvious nowadays, that behind both high peak and sub-maximum aerobic power and anaerobic performances is the inheritance (Bouchard et al. 1986, Simoneau et al. 1986, Malina and Bouchard 1991, Bouchard et al. 1997). By this statement obviously, we did not questioned the positive effects of regular trainings.

In spite of the theoretical and technical limits of collecting detailed information about the development of anaerobic power, the sport practice produces spectacular results day by day. Without any constraints, black and white, tall and short, ectomorph or mesomorph athletes (M. Borzov, C. Lewis, B. Johnson, P. Mennea, L. Christie etc.) perform in very high level, however the very well developed locomotor system was characteristic at all of them. Since the inherited factors of the anaerobic performances are out of question, these spectacular results can be evaluated as the joint consequence of selection and sport training.

We can say, the well educated trainers often applying those elements of exercise science which are "top secrets" for the scientist nowadays.

The aim of the investigation was to describe and analyse the effects of 3 months training period on the development of anaerobic performance characterised by the differences in the increase of blood lactate concentration during incremental laboratory exercise in the function of changes in body composition.

As a secondary aim can be determined the comparison of adaptive effects in the non direct anaerobic indicators of regular, but non anaerobic training specific physical activities and anaerobic trainings.

The subjects (n = 17) were adult male national team member sprinters (100m dash, 200m run and 400m run) in Study 1. As a control group 17 male university students were recruited from the second and third year members of Zagazig University (Zagazig city, North Egypt).

The spiroergometric investigation (Study 2) in various runners was carried out in Hungary, in the laboratory of the Department of Health Sciences and Sports Medicine (sprinters n = 15, middle distance runners n = 16, long distance runners n = 18).

In Study 3 altogether 22 qualified athletes (paddlers of 200m distance, sprinters, jumpers, basketball players) were investigated.

Standard anthropometric procedures (Conrad 1963, Heath and Carter 1967, Parízková 1961, Drinkwater and Ross 1890) were used for the estimation of physique and body composition.

Development in anaerobic power was determined by the changes in blood lactate concentrations during graded exercise, using arterialized blood samples.

Exercise induced relative plasma volume decrease was assessed by the suggestions of Greenleaf and Hinghofer-Szalkay (1985).

Aerobic performance and peak cardiorespiratory parameters were determined by graded exhaustive treadmill exercise test, using Jaeger-model equipment. Reading and analysing time was 30 s.

We have found:

1/ Significant increase were found between the successive means of body weight, relative and absolute muscle masses, however, the relative body fat content has decreased markedly during the three months observation period in the group of qualified Egyptian sprinters. These changes were evaluated as one of the consequences of regular trainings.

2/ The average growth type of Egyptian sprinters was metromorph-hyperplastic, using the reference data for the Hungarian population (Mészáros and Mohácsi 1987), and their mean somatotype was ecto-mesomorphic at all the three data collection. Nevertheless, for the very similar height means refer significantly smaller (by more that 0.5-0.8 unit less) second component (mesomorphy or relative robustness) comparing to the international standards (Tanner 1964, Toriola et al. 1985, Carter and Heath 1990). The relative bone mass of the Egyptian sprinters is characteristic for the top athletes (Farkas et al. 1993, Petrekanits 1995, Bachman et al. 1996, Zsiedegh et al. 1997), however, their absolute and relative muscle mass means seem to be weaker, than the required.

3/ The Egyptian students of the university of physical education can be evaluated as tall, nevertheless, their absolute and relative bone-muscle development is moderately backward comparing to the Hungarian (Farkas et al. 1990) or other European (Carter et al. 1973) university students of physical education. Ethnic differences can also be excluded from this results, however, their favourably low relative body fat content indicates the higher than average habitual physical activity.

4/ The body built and physique of the investigated qualified sprinters and university students were similar, however, the relative muscle mass, and the increase in relative muscle mass was greater in the group of sprinters. Though, for the differences in physique characteristics could not be attributed marked influence on anaerobic performance.

The changes in body composition and the intra-group differences may have role in the differences of exercised heart rate and lactate concentration.

5/ The regular and dominantly anaerobic training has increased the individual and mean anaerobic performances in the group of qualified sprinters, however, this increase was more or less moderate. The most important training effect is, that the clearly linear increase in blood lactate concentration has changed during the observation period, and a significant second power (exponential) curve was characteristic in the increase of lactate before the competition.

We cannot clearly separate by the evaluation of these results, whether the inherited traits of the athletes can be evaluated as the most dominant limiting factor (the importance of genetic characteristics was described by many investigators, namely, Saltin et al. 1976, Bouchard et al. 1984, Brooks 1991), or the individual training programs were not adequate in this respect.

6/ The slight increase of anaerobic performance resulted by the non specific anaerobic physical activity in the group of university students cannot be neglected at submaximum exercise intensities, nevertheless, it has not marked exercise physiological effect on maximum anaerobic performance. The relationship between the increasing aerobic performance and lower blood lactate concentration is significant, however, this effect of regular physical activity is characteristic first of all for physically active but non competitive athletes, and less characteristic for top athletes (Saltin and Rowel 1980, Hamel et al. 1986, Shephard and Åstrand 1992).

7/ The increase in hemoconcentration and consequently the relative decrease in plasma volume were significant in both groups as one of the consequences of acute physical exercise. These responses were significantly smaller in the group of well trained athletes. Comparing our results to the published ratios (Collins et al. 1986, Mészáros et al. 1995, Ng et al. 1996), significantly smaller relative plasma volume decrease characterises our sprinters, than that of the endurance athletes. Unfortunately no observation can be found for the effects of anaerobic training.

The exercise induced relative plasma volume decrease was consistently smaller in the group of university students than it is in the groups of non-athletes (Stephenson and Kolka 1988), it was similar to the characteristic response of athletes (Ng et al 1995, Mészáros et al. 1996, Wilmore and Costill 1994).

Since the exercise induced relative plasma volume was greater in the group of university students in all the three observations, the respective hypothesis (Chapter 1, hypothesis "b") is untenable.

8/ At the exercise intensity RER = unity, the mean blood lactate concentration was remarkably higher than the theoretically determined 4

mmol $\times$ l⁻¹ value. The individual variability was great, data have varied within 1 mmol $\times$ l⁻¹ range. This range can be evaluated as 25% of the reference value. The non invasive techniques (including RER = unity too) are not as accurate methods as required by the exercise physiological practice. At the time or intensity level when respiratory exchange ratio is equal or close to unity the metabolic changes exceed the theoretical aerobic-anaerobic transition. Nevertheless, these results are not clearly negligible, but the accurate characterisation needs invasive procedures. We have to note, these data were collected by Jaeger μ -DATASPIR analyser. This equipment uses the collected samples during 15-30 seconds for the qualification. It cannot be excluded that techniques analysing the oxygen and carbon dioxide concentrations of the samples breath by breath can produce more accurate estimations for the timing or intensity of aerobic-anaerobic transition.

As the sport performances increase continuously in national and especially in international level, the need for more accurate testing becomes more and more urgent. This need belongs to the training methods first of all. To find the adequate timing and intensity (what can be different athlete by athlete) of a given training program the intuition of trainer is not enough at high performance level. The inherited components (basic level and also the trainability) of anaerobic performances are remarkable. The accurate investigations may have important role to recognise these components.

9/ The comparison of anthropometric characteristics of sprinters, middle-, and long distance runners has resulted consistent and significant differences. By the means of growth type indices, the somatotype components and the Drinkwater-Ross (1980) body mass fractions the sprinter were the most robust and the long distance runners were the leanest in spite of the very low levels of relative body fat content. The differences in physique (as being inherited traits) are the consequence of sport selection, and the very low body fat content (less than 10%) can be attributed to the training effects. The significant relationship between greater bone ratio and higher relative muscle mass cannot be exclude also in this respect. It cannot be stated that human biological characteristics are the significant components of sport performance, though without the most favourable physique and body composition the athlete is in disadvantageous situation if the training programs and the physical abilities are in similar level.

10/ The differences between the peak exercise physiological variable were less expressed as the morphological attributes have shown. Only two of the seven studied indicators differed significantly. The mean minute ventilation relative to body mass and the averages of relative oxygen uptake were greater in the groups of middle-, and long distance runners, however, the aerobic characteristics of the elite Hungarian sprinters were also above the athletic references. The greater oxygen consumption relative to

body weight can be related in part to the significantly lower body masses in the groups of middle and long distance runners.

The observed and characteristic variability is the consequence of genetic differences, the attributes of specific trainings, and finally the selection processes.

References

- Bachman, G. S., Ng, N. K., Barabás, A., Mészáros, J. (1996): Biomechanical and physiological effects of cycling in two seat positions while using aerodynamic handle-bars. XIV Symposium on Biomechanics in Sports, Program and abstracts, Funchal-Madeira-Portugal, 132.
- Bouchard, C., Dionne, F. T., Simoneau, J. A., Boulay, M. R. (1984): Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and Sport Science Review*, **20**: 303-309.
- Bouchard, C., Lesage, R., Lotrie, G. (1986): Aerobic performance in brothers, Dizygotic and monozygotic twins. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, **18**: 639-646.
- Bouchard, C., Malina, R. M., Pérusse, L. (1997): *Genetics of fitness and physical performance*. Human Kinetics, Champaign, Illinois.
- Brooks, G. A. (1991): Current concepts in lactate exchange. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, **23**: 895-906.
- Carter, J. E. L., Stepnicka, J., Clarys, J. P. (1973): Somatotype of male physical education majors in four countries. *Research Quarterly*, **44**: 361-371.
- Carter, J. E. L., Heath, B. H. (1990): *Somatotyping development and applications*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, 503.
- Collins, M. A., Hill, D. W., Cureton, K. J. and DeMello, J. J. (1986): Plasma volume change during heavy-resistance weight lifting. *European Journal of Applied Physiology*, **55**: 44-48.
- Conrad, K. (1963): *Der Konstitutionstypus*. Berlin: Springer Verlag.
- Drinkwater, D. T. and Ross, W. D. (1980): Anthropometric fractionation of body mass. In: Ostry, M., Beunen, G. and Simons, J. (Eds.): *Kinanthropometry II*. Baltimore, University Park Press, 178-189.
- Farkas, A., Mészáros, J., Petrekanits, M., Hamawand, R., Mohácsi, J. (1993): The relationship of estimated muscle mass and bone mass with morphological linearity in adult athletes. 58th Annual Congress of Hungarian the Hungarian Physiological Society, Abstracts, Debrecen, L59.
- Farkas, A., Ramzia, A. Sabir, Frenkl, R., Főnyedi, G., Mohácsi, J., Mészáros, J. (1990): A comparative study of physique and performance of Hungarian and Iraqi students. In: Novotny, V. V., Titlbachová, S. (Eds.): *Methods of Functional Anthropology (2)*. Universitas Carolina Pragensis, Praha, 199-202.
- Greenleaf, J. E. and Hinghofer-Szalkay, H. (1985): *Plasma volume methodology: Evans blue, hemoglobin-hematocrit, and mass density transformations*. NASA Technical Memorandum 86834. Moffet Field CA: NASA.

- Hamel, P., Simoneau, J. A., Lotrie, G., Boulay, M. R., Bouchard, C. (1986): Heredity and muscle adaptation to endurance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, **18**: 690-696.
- Heath, B.H. and Carter, J.E.L. (1967): A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, **27**: 57-74.
- Malina, R. M., Bouchard, C. (1991): *Growth, maturation, and physical activity*. Human Kinetics Publishers, Inc., Champaign, Illinois.
- Mészáros, J., Mohácsi, J. (1987): The growth type of 7 to 18 years old school-children in Hungary. Eight International Anthropological Poster Conference, Zagreb, 17-19.
- Mészáros, J., Petrekanits, M., Mohácsi, J. and Farkas, A. (1995): Changes in hematocrit and hemoglobin level of adult males during all-out exercise. A Magyar Élettani Társaság LX. Vándorgyűlése, az előadások és poszterbemutatók összefoglalásai. Budapest, MÉT, 120.
- Ng, K.N., Mészáros, J. and Farkas, A. (1996): The relationship between relative blood plasma change and anthropometric and physiological variables during exercise. *Fiziologia-Physiology*, Official Journal of Romanian Society of Physiological Sciences, **2**: 10. RE12.
- Parízková, J. (1961): Total body fat and skinfold thickness in children. *Metabolism*, **10**: 794-807.
- Petrekanits M. (1995): A mellkas bőrének hőmérséklet változása, mint terheléses élettani mutató. Felnőtt-gyermek és sportágankénti összehasonlítás. Kandidátusi értekezés, kézirat, MTE, Budapest, 112.
- Saltin, B., Nazar, K., Costill, D. L., Stein, E., Janson, E., Essen, B., Gollnick, P. D. (1976): The nature of the training response: Peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, **96**: 289-305.
- Saltin, B., Rowell, L. B. (1980). Functional adaptations to physical activity and inactivity. *Federation Proceedings*, **39**: 1506-1513.
- Shephard, R. J., Åstrand, P. O. (1992): *Endurance in sport: The Encyclopaedia of Sports Medicine* (Volume II). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Simoneau, J. A., Lotrie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., Thibault, M-C., Bouchard, C. (1986): Inheritance of human skeletal muscle and anaerobic capacity adaptation to high-intensity intermittent training. *International Journal of Sport Medicine*, **7**: 167-171.
- Stephenson, L. A. and Kolka, M. A. (1988): Plasma volume during heat stress and exercise in women. *European Journal of Applied Physiology*, **57**: 373-381.
- Tanner, J. M. (1964): *The physique of the Olympic athlete*. George Allen and Unwin, London.
- Toriola, A. L., Salokun, S. O., Mathur, D. N. (1985): Somatotype characteristics of male sprinters, basketball, soccer, and field hockey players. *International Journal of Sports Medicine*, **6**: 344-346.
- Wilmore, J. H. and Costill, D. L. (1994): *Physiology of sport and exercise*. Champaign Illinois, Human Kinetics, 184-185.
- Zsidegh, M., Mészáros, J., Csende, Zs. (1997): Aerobic characteristics of elite Hungarian paddlers. 9th European Congress of Sports Medicine, Porto, Program and Abstract Book, 28.

Publications of Yasser Soliman Abdien

1. J. Mészáros,-J. Mohácsi,-K. Rostás, A. Farkas,-M. Othman,-**Y. Soliman**,: Age group differences of exercised VO₂ in athletic girls. *Pediatric Exercise Science*, 1999. 11. 3. 281.
IF: 0,709
2. Mészáros, J.-**Soliman, Y.**-Mohácsi, J.-Rostás, K.: Limits in the biological adaptation to strength training. 2nd International Conference on Weightlifting and Strength Training. Proceedings, Ipoh, Malaysia, 2000. 93.
3. **Soliman, A.Y.**-Mészáros, J.-Rostás, K.: Respiratory exchange ratio as one of the estimates of aerobic-anaerobic transition. The 75th Anniversary International Cong-ress on Sport Sciences, Budapest, Programme and Abstracts, 2000. 74.
4. Frenkl, R.-Mészáros, J.-Othman, M.-**Soliman, Y.**: Body composition and peak aerobic power in Hungarian athletes. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2001. 18: 85. 33.
5. Mohácsi, J.-Petrekanits, M.-**Soliman, Y.A.**-Mészáros, J.: Anthropometric and cardiorespiratory characteristics in qualified Hungarian soccer players. XXVII FIMS World Congress of Sports Medicine, Abstracts, Budapest, 2002. 100.
6. Othman, M.-Lee, C.P.-**Soliman, Y.A.**-Mészáros, J.-Mohácsi, J.: Body composition, somatotype and motor performance in obese boys. XXVII FIMS World Congress of Sports Medicine, Abstracts, Budapest, 2002. 101.
7. Peterkanits, M.-Mohácsi, J.-**Soliman, Y.A.** (2002): Anthropometry, physiological performance and position in soccer players. XXVII FIMS World Congress of Sports Medicine, Abstracts, Budapest, 2002. 102.
8. **Soliman, Y.A.**-Mészáros, J.-Mohácsi, J.: Body composition and aerobic power in qualified athletes. XXVII FIMS World Congress of Sports Medicine, Abstracts, Budapest, 2002. 103.
9. Mészáros, J.-Rostás, K.-Frenkl, R.-Mohácsi, J.-Mahmoud, O.-**Soliman, Y.**: Aerobic power of obese females. *Kalokagathia*, XXXVII. 1999. 1-2. 57-62.
10. O. Mahmoud,-Mészáros, J.-**Soliman, Y.**-Mohácsi, J.: Somatotype and motor performance scores in Egyptian and Hungarian schoolboys. *Studia Kinanthropologia*, 2: 2001. 1. 15-20.
11. Frenkl, R.-Mészáros, J.-**Soliman, Y.A.**-Mohácsi, J.: Body composition and peak aerobic power in male international level Hungarian athletes. *Acta Physiologica Hungarica*, 2001. 88: 3-4. 251-258.
12. **Soliman, Y.A.**-Mészáros, J.-Mohácsi, J.: Anaerobic training and changes in relative plasma volume decrease. *Hungarian Review of Sports Medicine*, 2002 (in press).
13. **Soliman, Y.A.**-Mészáros, J.-Mohácsi, J.: Aerobic power of qualified Hungarian runners. 2002. *Studia Kinanthropologia*, (in press).

AZ ANAEROB TELJESÍTMÉNY FEJLŐDÉSE MINŐSÍTETT SPRINTEREKNÉL

Bevezetés

Az edzések és a versenyek alatt mérhető aerob és anaerob teljesítmény általában különböző. Nem vitatható az sem, hogy a kiemelkedő aerob teljesítmény az egyik leglényegesebb komponense az edzéseknek és a sportteljesítménynek, a versenyeken azonban az átlagon felüli anaerob kapacitás biztosíthatja a sportsikert, amennyiben a versenyzők egyéb meghatározó tulajdonságai hasonlóak. Napjainkban már nyilvánvaló, hogy a maximális és a szubmaximális aerob és anaerob teljesítmény egyik nagyon lényeges meghatározója az öröklődöttség (Bouchard et al. 1986, Simoneau et al. 1986, Malina és Bouchard 1991, Bouchard et al. 1997). Ez az állítás azonban nem kérdőjelezheti meg a rendszeres edzések pozitív hatásait.

Annak ellenére, hogy a maximális anaerob teljesítmény fejlődésének vizsgálata több oldalról korlátozott, a sportgyakorlat látványos eredményeket produkál nap mint nap. Az europid és a fekete bőrű, a magas és az alacsony, az ektomorf és mezomorf sportolók (pl. M. Borzov, C. Lewis, B. Johnson, P. Mennea, L. Christie) versenyszámukban nagyon magas szinten teljesítettek annak ellenére, hogy a kiemelkedő sportsikerek mellett az egyetlen közös morfológiai jellemzőjük a nagyon jól fejlett mozgatórendszer volt. Miután a kiemelkedő anaerob teljesítményben az öröklődöttség szerepe megkérdőjelezhetetlen, e versenyzők nevével fémjelzett sporteredményekben a szelekció és az edzéshatások együttesen nyilvánulnak meg. Lényegében kijelenthetjük, hogy a jól felkészült edzők a sporttudomány olyan elemeit is alkalmazzák, amelyek a kutatók számára még megmagyarázhatatlanok, valójában "titoknak" számítanak.

A vizsgálat egyik célja elemzni egy három hónapos speciális edzésprogram hatásait a testösszetétel változásra és az anaerob teljesítmény fejlődésére, mely utóbbit a lépcsőzetesen növekvő laboratóriumi terhelés indukálta tejsav koncentráció változás jellemez. További cél volt összehasonlítani a speciális anaerob edzés és az általános edzés hatására kialakuló változásokat az anaerob metabolizmusban.

Az 1. vizsgálatban a résztvevők az Egyiptomi Atlétika Válogatott férfi sprinterei, akik 100, 200 és 400 m távon versenyeznek ($n = 17$). Kontroll csoportként a Zagazig Egyetem 2-3. évfolyamára járó testnevelés szakos hallgatóit vizsgáltuk ($n = 17$), akiknél a terhelés alapvetően állóképességi volt a megfigyelési időszakban. Mindkét csoportban 3 adatfelvételt végeztünk (2000 október, november és december).

A 2. vizsgálatban összehasonlítottuk minősített magyar sprinterek ($n = 15$), közép- ($n = 16$) és hosszútávfutók ($n = 18$) antropometriai és spirometriai jellemzőit kimerülésig tartó laboratóriumi terhelés alatt. A vizsgálatot az Egészségtudományi és Sportorvosi Tanszéken végeztük.

A 3. vizsgálatban 22 fő minősített sportolónál (kajakozók, kenuzók, sprinterek, ugrók és kosárlabdázók) elemeztük az 1-es terheléses gázcsere-hányados időpontjában mérhető tejsav koncentrációkat.

A vizsgálat során szakirodalmilag elfogadott antropometriai módszerekkel (Conrad 1963, Heath and Carter 1967, Drinkwater és Ross 1890, Parízková 1961) gyűjtöttük a morfológiai alkatot és a testösszetételt bemutató adatokat. A tejsav koncentráció meghatározásához szükséges arterIALIZált vérmintákat ($10 \mu\text{l}$) a standard futószalag ergometriás (Jaeger-model, Németország) terhelés meghatározott időpontjaiban vettük. A terheléses gázcsere-jellemzők esetében a 30s-ként átlagolt mintákat alkalmaztunk.

A terhelés hatására kialakuló relatív plazmatérfogat csökkenést Greenleaf és Hinghofer-Szalkay (1985) javaslatai alapján becsültük.

Megállapítottuk

1/ Az egyiptomi sprinterek mintájában (1. vizsgálat) a testtömeg és a testtömeg százalékában kifejezett izomtömeg növekedése szignifikáns volt és ezzel párhuzamosan a versenyzők relatív zsírtömege értékelhetően csökkent a megfigyelési időszakban. A kialakult változások és az edzés hatások összefüggése ebben a vonatkozásban kétségtelen.

2/ Az egyiptomi sprinterek növekedési típusa (a magyar referenciákkal történő összehasonlítás után --Mészáros és Mohácsi 1987--) metro-morf és hiperplastikus, szomatotípusuk ekto-mezomorf volt mind a három vizsgálat alkalmával. Az eredményeket a nemzetközi szintű versenyzők adataival összehasonlítva (Tanner 1964, Carter és Heath 1990, Toriola et al. 1985) megállapítható, hogy a nagyon hasonló testmagasság átlagok mellett az egyiptomi atléták relatív robuszticitása (II. komponens) 0.5-0.8 skálaegységgel kisebb, annak ellenére, hogy relatív csonttömegük az élversenyzőkre jellemzően nagy, megegyezik a Farkas és munkatársai (1993), Petrekanits (1995), Bachman és munkatársai (1996) valamint Zsidegh és munkatársai (1997) által tapasztalttal. Ezek után nem meglepő, hogy az egyiptomi sprinterek relatív izomtömege értékelhetően kisebb, mint magyar versenytársaiké.

3/ Az egyiptomi TF hallgatók is általában magasak, viszont csont-izomrendszeri fejlettségük kissé elmarad a magyar (Farkas et al. 1990) és az európai (Carter et al. 1973) kortársaikétól. A kissé mérsékelt relatív robuszticitás ellenére a kedvezően kicsi relatív testzsírtartalom jelentős mennyiségű és rendszeres fizikai aktivitásra enged következtetni. A szelekció (fizikai és sportági alkalmasság) következtében az etnikai különbségekre visszavezethető okok kizárhatók ebben az összehasonlításban.

4/ Érdekes, vagy inkább nem általánosan jellemző, hogy a minősített egyiptomi sprinterek és TF hallgatók testi felépítése (testalkata) nagyon hasonló volt, noha már az első vizsgálat időpontjában is a sprinterek relatív izomtömege a nagyobb, amelyet az edzéshatások a vizsgálat végére még jobban kiemeltek. Szükséges kiemelni, hogy a morfológiai alkat kisebb-nagyobb különbségeinek nem tulajdoníthatunk meghatározó jelentőséget az anaerob teljesítmény és az anaerob teljesítmény fejlődése szempontjából. A testösszetétel edzésfüggő módosulása viszont hangsúlyt kap a terhelés alatti szívfrekvencia és a tejsav termelés tekintetében egyaránt.

5/ A rendszeres és döntően anaerob edzések hatására az egyénenként jellemző és a csoportot bemutató átlagos anaerob teljesítmény egyaránt növekedett a sprinterek csoportjában a megfigyelési időszakban, azonban a változás inkább mérsékeltnek mint kifejezettnek minősíthető. A leglényegesebb edzéshatásként az emelhető ki, hogy az első adatfelvétel (október) alkalmával a pulzus és tejsav koncentráció intenzitás függő változása szinte lineáris volt, a harmadik vizsgálat időpontjára (december) felismerhetően kialakult a szignifikáns másodfokú tejsav növekedési mintázat.

Ezen eredmények ismeretében nem lehet tisztán elkülöníteni a változások okait. Továbbra is nyitott kérdés az, hogy az egyiptomi sprinterek öröklött tulajdonságai jelentik a meghatározó korlátot az anaerob teljesítmény fejleszthetőségében (a genetikai tényezők jelentőségét ugyais több szerző különböző mintákon bizonyította, például Saltin et al. 1976, Boucard et al. 1984, Brooks 1991), vagy az egyéni edzésprogramok nem voltak megfelelően adequatak.

6/ A TF hallgatók csoportjában a nem specifikus edzéshatások is kismértékben növelték az anaerob teljesítményt, azonban ennek az adaptációnak nem tulajdoníthatunk meghatározó jelentőséget a maximális anaerob teljesítményben. Felhasználhatósága inkább csak a szubmaximális intenzitástartományban valószínű. A nagyobb anaerob teljesítmény és a kisebb terhelés alatt mérhető tejsav koncentráció kapcsolata bizonyított, mindazonáltal ez az összefüggés inkább csak a fizikailag aktív de nem élversenyző mintáknál szignifikáns (Hamel et al. 1986, Saltin és Rowel 1980, Shephard and Åstrand 1992). Az élversenyzőknél energetikai megfontolások alapján lényegében kedvező a nagyobb tejsav koncentráció.

7/ A fizikai terhelés hatására növekvő hemokoncentráció és ennek eredményeként kialakuló relatív plazmatérfogat csökkenés mindkét mintá-

ban és mindhárom vizsgálat alkalmával szignifikáns volt, azonban a válaszok következetesen kisebbek voltak a jól edzettnek minősíthető sprinterek csoportjában. Eredményeinket összehasonlítva más vizsgálók adataival (Collins et al. 1986, Mészáros et al. 1995, Ng et al. 1996) megállapítottuk, hogy a lépcsőzetesen növekvő terhelés a vizsgált sprintereknél kisebb mértékű válaszokat eredményezett, mint az állóképességi sportolóknál. Sajnos a nemüetközi szakirodalomban nem találtunk az anaerob edzés ilyen következményeit elemző összehasonlító adatokat. A terhelés indukálta relatív plazmatérfogat csökkenés az egyiptomi TF hallgatók csoportjában következetesen kisebb volt, mint a nemsportolók vizsgált mintáiban (Stephenson és Kolka 1988), a válaszok lényegében megegyeztek az állóképességi sportolók jellemzőivel (Ng et al 1995, Mészáros et al. 1996, Wilmore és Costill 1994).

Mivel a terhelés hatására kialakuló relatív plazmatérfogat csökkenés mindhárom vizsgálat alkalmával nagyobb volt, mint a sprintereket jellemző a vonatkozó hipotézisünk (1. fejezet, "b" hipotézis) nem tartható.

8/ A terheléses gázcserehányados = 1.0 terhelési intenzitáson a (2. vizsgálat) mért tejsav koncentrációk értékelhetően nagyobbak voltak, mint az elméleti következtetések alapján meghatározott $4 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$. A csoporton belüli variabilitás viszonylag nagy volt, az egyéni értékek többsége a $3\text{--}5 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$ tartományon belül helyezkedett el. Ennek ellenére ez a range mintegy 25% relatív szórást eredményez. A nem véres úton nyert eredmények (beleértve a $\text{RER} = 1.0$ módszert is) tehát nem olyan megbízható adatok, mint amilyeneket a terhelésélettani gyakorlat megkíván. Ugyanis, az a terhelési intenzitás, amelyen a terheléses gázcserehányados egyenlő 1, a metabolikus változások már meghaladták az aerob-anaerob átmenetet. Az ilyen becslések csupán tájékoztató jellegűek lehetnek, a pontos jellemzéshez továbbra is szükséges vérvétel. Ismételten hangsúlyozzuk, hogy a vizsgálatban Jaeger μ -DATASPIR analizátort használtunk, a spiroergometriai gyakorlatban általánosan alkalmazott 30 s-kénti átlagolt mintavétellel. Nem zárható ki azonban, hogy a légvételtől-légvételre analizáló technikával az aerob-anaerob átmenet megbízhatóbban becsülhető.

A sporteredmények (nemzeti és nemzetközi szintű) szinte folyamatos fejlődése szükségessé teszi a metabolikus töréspont egyre pontosabb becslését. Ez a szükség alapvetően az edzésmódszerek folyamatos fejlesztésével és finomításával magyarázható. Az adekvát időtartam és intenzitás (amely akár versenyzőnként is eltérő lehet) becslése, vagyis az edzői intuíció egy edzésprogramon belül napjainkban már nem lehet célravezető. Mért adat kell. Az anaerob teljesítmény alapszintjében és fejleszthetőségében sok a genetikai háttérre visszavezethető összetevő. A pontos és megbízható vizsgálati eredmények ezek feltárásában is jelentős segítség.

9/ A sprinterek, közép- és hosszútávfutók (3. vizsgálat) antropometriai jellemzőinek összehasonlítása szignifikáns különbségeket tárt fel. A növekedési típus, a szomatotípus és a Drinkwater-Ross (1980) módszerrel jellemzett testösszetétel alapján a sprinterek voltak a legrobustusabbak és a hosszútávfutók a leggracilisabbak, annak ellenére, hogy a relatív testzsírtartalom mindhárom csoportban az élsportolókat általában jellemzőnél is kisebb volt. A testalkat jellemző különbségei (lévén a konstitúció öröklött tulajdonság) megítélésünk szerint a sportági szelekció következménye, míg a kevesebb, mint 10% testzsírtartalom edzéshatásként értelmezendő. A nagyobb csonttömeg és a nagyobb relatív izomtömeg statisztikai kapcsolata szintén nem zárható ki ebben az összehasonlításban. Nem állítható, hogy a humánbiológiai jellemzők a sportolók legfontosabb tulajdonságai, de az joggal feltételezhető, hogy az adott konstitúcióhoz tartozó legkedvezőbb testösszetétel jellemzők hiányában a sportoló hátrányba kerül még akkor is, ha terheléses élettani mutató pontosan megegyeznek a versenytársakéival.

10/ A maximális terhelés időpontjában mért élettani jellemzők csoportonkénti (versenyágankénti) átlagai kisebb mértékben különböztek egymástól, mint a morfológiai jellemzők. A hét tanulmányozott terheléses élettani változóból mindössze kettőben volt szignifikáns az átlagok különbsége. A testtömegre vonatkoztatott maximális percventilláció és oxigénfelvétel jelentősen nagyobb volt a közép- és hosszútávfutók csoportjában, mint a sprinterekében, pedig a vizsgált sprinterek relatív oxigénfelvétele is nagyobb volt, mint az általános sportolói referencia. A hosszútávfutóknál talált kiemelkedő relatív aerob teljesítmény nem független a vizsgált sportolók lényegesen kisebb testtömegétől sem, de alapvetően a szelekció, a genetikai alkalmasság, a megfelelő edzőmunka együttesének eredője a kapott eredmény.