

## EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

### Krepšininkų organizmo deguonies sunaudojimo pokyčiai atsigavimo metu

Audrius Gocentas, Artūras Andziulis<sup>1</sup>

Vilniaus universiteto Eksperimentinės ir klinikinės medicinos instituto Reabilitacijos skyrius

<sup>1</sup>Biochemijos ir fiziologijos katedra

**Raktažodžiai:** sporto medicina, reabilitacija, atsigavimas po fizinių krūvių, deguonies apytaka.

**Santrauka.** Tyrimo tikslas. Įvertinti krepšininkų deguonies apytaką ir širdies veiklą atsigavimo metu po maksimalaus fizinio krūvio, simuliuoto laboratorijos sąlygomis. 13 krepšininkų, kurių amžius nuo 19 iki 26 metų, atlikta veloergometrija pagal modifikuotą Balke protokolą didžiausiu toleruojamu fiziniu krūviu. Išorinio kvėpavimo funkcijos tirtos diagnostine sistema VMAX229. Širdies veikla registruota ir vertinta sistema CARDIOSYS MARQUETTE 3.01 ir elektrokardiografu CORINA. Suformuotos tiriamųjų grupės maksimalaus deguonies sunaudojimo, metabolinio ekvivalento, maksimalaus širdies susitraukimų dažnio, maksimalaus dvigubos sandaugos rodiklio, kvėpavimo rodiklio charakteristikai įvertinti. Atsigavimo laikotarpis apibūdinamas tokiais dydžiais:  $T_{HR90\%}$  (laikas, per kurį širdies susitraukimų dažnis sumažėjo 90 proc. nuo maksimalaus pasiekto);  $T_{HR90}$  (laikas per kurį širdies susitraukimų dažnis sumažėjo iki 90 k/min.);  $T_{DSR90\%}$  (laikas, per kurį dvigubos sandaugos rodiklis sumažėjo 90 proc. nuo maksimalaus pasiekto);  $T_{VO290\%}$  (laikas, per kurį  $VO_{2maks}$  sumažėjo 90 proc.);  $T_{RQ90\%}$  (laikas, per kurį RQ sumažėjo 90 proc. nuo maksimalaus pasiekto);  $T_{RQ0,9}$  (laikas, per kurį RQ sumažėjo iki 0,9, t. y. standartinio dydžio).

**Rezultatai.** Atlikus maksimalų veloergometrijos testą ir įvertinus krepšininkų deguonies apytaką bei širdies veiklą atsigavimo metu, nustatyta, kad tirtų sportininkų atsigavimas trunka iki 1200 sekundžių: deguonies poreikis vidutiniškai sumažėja per 620 sek., širdies veikla normalizuojasi per 730 sek., o pusiausvyros tarp pasisavinamo deguonies ir pasigaminančio anglies dvideginio normalizavimasis trunka 770–1200 sek.

Remiantis atlikto tyrimo duomenimis, galima teigti, kad tirtų krepšininkų atsigavimas trunka per ilgai.

#### Įvadas

Fizinio krūvio metu energijos organizmas gauna iš biocheminių atsargų, anaerobinės glikolizės ir energinių substratų oksidacijos (1–5). Jei organizmas patiria stresinio lygmens krūvį, išeikvojamos atsargos, susikaupia laktato (1–3, 6, 7). Tam tikrą laikotarpį organizmas negalima pakartoti anksčiau buvusio krūvio (2, 3, 8, 9). Tai tampa įmanoma tik po tam tikro laikotarpio – atsigavimo (2, 3, 10). Atsigavimo trukmė ir pobūdis priklauso nuo patirto fizinio krūvio charakteristikos, krūvio modelio bei tiriamojo treniruotumo (1, 3, 9, 11–13).

Atsigavimas po maksimalaus krūvio, apibrėžtas kaip standartinis Amerikos širdies asociacijos, Amerikos

krūtinės sąjungos, kitų organizacijų, turi įvykti per 10 minučių (8, 13, 14). Standartiniai rodikliai, rodantys atsigavimą: 1) iki 90 kartų per minutę sumažėjęs širdies susitraukimų dažnis (ŠSD); 2) kvėpavimo rodiklis arba gaminamo anglies dvideginio ir sunaudojamo deguonies santykis (RQ) sumažėjęs iki 0,9; 3) visiškai sunaudota ar bent buferizuota pieno rūgštis (2, 3, 8, 14). Pakartotiniai fiziniai krūviai, kai deguonies sunaudojimas ir širdies veikla nesinormalizuoja, yra nepalankūs sveikatai (2, 3, 15, 16). Širdies rezervų sekinimas, nervų sistemos veiklos ir koordinacijos trikdymas – tokios yra nevisiško atsigavimo pasekmės, kurios ir gali sąlygoti traumas. Todėl aktualu nustatyti, po kokio poilsio

laikotarpio vėl galimas maksimalus fizinis krūvis (1, 2, 7). Ypač svarbu, kad, pradedant naują maksimalų krūvį, miokardas būtų pasirengęs darbui, nes būtent širdis, kaip kraujo siurblys, riboja deguonies ( $O_2$ ) pernašos sistemos galimybes, o kartu ir fizinį darbingumą (8, 9, 17). Sportininkų atsigavimas priklauso nuo fizinio krūvio modelio bei jų treniruotumo, o atsigavimo kokybė yra skirtinga. Tikėtina, kad sportininkų atsigavimas po maksimalaus fizinio krūvio galėtų būti greitesnis (10–12).

Medicinos literatūroje duomenų apie krepšininkų atsigavimo kokybę po maksimalaus fizinio krūvio rasti nepavyko. Todėl šio tyrimo tikslas – įvertinti krepšininkų atsigavimo procesus po maksimalaus fizinio krūvio simuliuoto laboratorijos sąlygomis ištiriant deguonies pernašos sistemos grandžių rodmenis maksimalaus ergometrinio testo ir atsigavimo po jo metu.

### Tirtųjų kontingentas ir tyrimo metodai

Ištirta 13-ka aukšto meistriškumo krepšininkų. Jų amžius – 19–26 metai. Atlikta veloergometrija (VEM) pagal modifikuotą Balke protokolą didžiausiu toleruojamu fiziniu krūviu. Išorinio kvėpavimo funkcijos tirtos naudojant diagnostinę sistemą VMAX229. EKG registruota ir vertinta naudojant sistemą CARDIOSYS MARQUETTE 3.01 ir elektrokardiografą CORINA. Vertintas deguonies sunaudojimas ( $O_2$ ), kurio mažėjimas atsigavimo metu rodo mažėjantį deguonies poreikį, o tai yra vienas iš  $O_2$  stygiaus normalizavimosi ir šio proceso sulėtėjimo požymių. Kvėpavimo rodiklis RQ ( $VCO_2/VO_2$ ) tirtas, siekiant sužinoti laktato buferizavimo laipsnį ir kokybę. Suformuotos imtys  $VO_{2maks.}$  sunaudojimo ir metabolinio ekvivalento (MET) bei  $\dot{V}SD_{maks.}$  ir  $DSR_{maks.}$  (dvigubos sandaugos rodiklis, panaudotas širdies, kaip kraujo siurblio, veiklos intensyvumo netiesioginiam vertinimui),  $RQ_{maks.}$  – metabolinei darbo charakteristikai įvertinti. Atsigavimo laikotarpis apibūdinamas taikant tokius dydžius:  $T_{HR90\%}$  (laikas, per kurį  $\dot{V}SD$  sumažėjo 90 proc. nuo maksimalaus pasiekto);  $T_{HR90}$  (laikas per kurį  $\dot{V}SD$  sumažėjo iki 90 k/min.);  $T_{DSR90\%}$  (laikas, per kurį DSR sumažėjo 90 proc. nuo maksimalaus pasiekto);  $T_{VO290\%}$  (laikas, per kurį  $O_{2maks.}$  sunaudojimas sumažėjo 90

proc.);  $T_{RQ90\%}$  (laikas, per kurį RQ sumažėjo 90 proc. nuo maksimalaus pasiekto);  $T_{RQ0,9}$  (laikas, per kurį RQ sumažėjo iki 0,9, t. y. standartinio dydžio). Atlikta standartinė statistinė analizė – imčių pasiskirstymo, išsibarstymo įvertinimas ir skaitmeninių charakteristikų nustatymas: vidurkis, vidutinio standartinio nuokrypio, 95 proc. pasikliautinojo intervalo.

### Rezultatai

Atlikus imčių pasiskirstymo analizę pagal Kolmogorovo-Smirnovo kriterijų (mažų imčių analizės modelis), nustatyta, kad visos imtys buvo normaliojo pasiskirstymo. Svarbiausi tirti rodikliai pateikiami pirmoje lentelėje. Taigi labai geras deguonies sunaudojimas – 40–50 ml/kg/min. nustatytas fiziškai aktyviems asmenims, bet ne didelio treniruotumo sportininkams. Toks maksimalus deguonies sunaudojimas, kokį nustatė krepšininkams veloergometrijos metu, būtų labai geras fiziškai aktyviems asmenims. Didelio treniruotumo asmenims jis per mažas. Nustatytas deguonies sunaudojimas anaerobinio slenksčio metu sudarė 55–56 proc. nuo maksimalaus deguonies sunaudojimo.

Maksimalios ergometrijos metu galios intervalas – 300–400 W, tai būdinga labai treniruotiems sportininkams. Tuo pat metu nustatytas kvėpavimo rodiklis didesnis negu 1,1, patvirtina maksimalios ergometrijos protokolo adekvatumą ir rodo, kad darbas atliktas energijos anaerobinio gavimo sąlygomis.

Atsigavimo metu nustatyti rodikliai pateikiami antroje lentelėje. Taigi krepšininkams po maksimalaus fizinio krūvio pirmiausia sumažėja  $O_2$  poreikis ( $O_2$  sunaudojimas sumažėja vidutiniškai per 600 sek.), po to širdies veikla (550–1040 sek.), vėliau normalizuojama pasisavinamo deguonies ir pagaminamo anglies dvideginio pusiausvyra (RQ normalizuojasi per 770–1200 sek.).

### Aptarimas

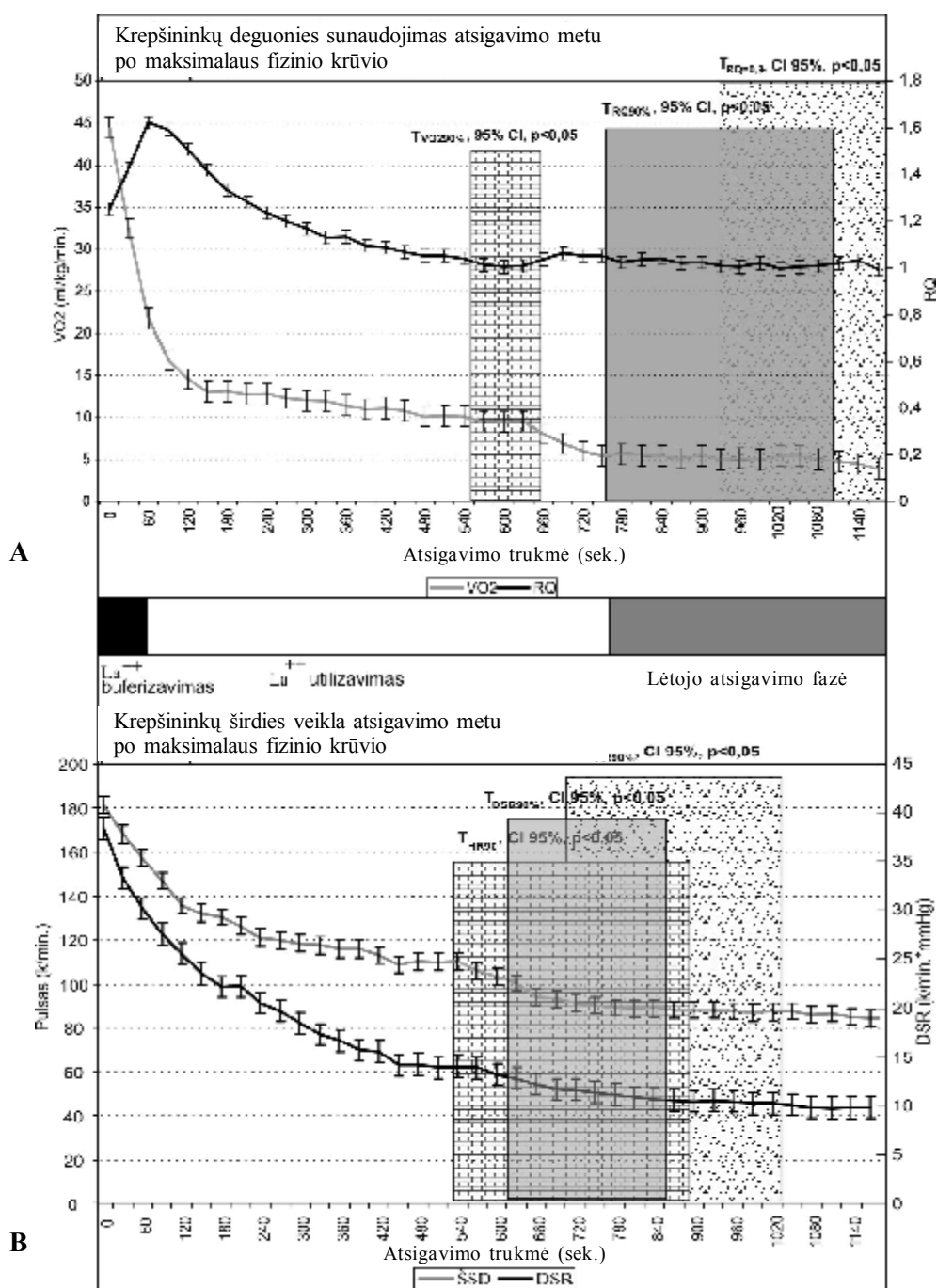
Atsigavimo metu po maksimalaus ergometrinio mėginio krepšininkų, kaip aciklinės sporto šakos atstovų, metabolinės bei širdies veiklos ypatybės tiriamos pirmą kartą (jos pateikiamos paveikslė). Iš karto po

**1 lentelė. Maksimalūs deguonies sunaudojimo ir širdies veiklos parametrai ergometrijos metu**

Rodiklis	Vidurkis	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	95 proc. pasikliautinis intervalas, $p < 0,05$
$VO_{2maks.}$ (ml/kg/min.)	44,8	8,38	39,77–49,89
MET	9,95	1,55	8,95–10,83
$\dot{V}SD_{maks.}$ (susitraukimai/min.)	182	20	170–194
$DSR_{maks.}$	38,6	6,04	34,0–42,3

2 lentelė. Atsigavimo laikotarpio rodikliai

Rodiklis	Vidurkis	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	95 proc. pasikliautinis intervalas, $p < 0,05$
$T_{HR90\%}$ (s)	880	267	720–1042
$T_{HR90}$ (s)	730	290	550–910
$T_{DSR90\%}$ (s)	750	205	630–880
$T_{VO290\%}$ (s)	620	70	570–660
$T_{RQ90\%}$ (s)	940	290	770–1120
$T_{RQ0,9}$ (s)	1080	230	950–1200



Pav. Širdies veiklos ir deguonies sunaudojimo rodiklių dinamika atsigavimo metu (A, B)

maksimalios ergometrijos mėginio, mažėjant deguonies sunaudojimui, užfiksuotas kvėpavimo rodiklio RQ didėjimas. Kai deguonies sunaudojimo mažėjimas stabilizuojasi, kvėpavimo rodiklio RQ mažėjimas rodo mažėjančią anglies dvideginio gamybą, taigi deguonies stygiaus mažėjimą, netiesiogiai ir pieno rūgšties pašalinimą.

Galima teigti, kad metabolinio atsigavimo ir širdies veiklos normalizavimosi tempai nėra visiškai tokie pat. Tai reiškia, kad tik pagal širdies susitraukimų dažnį nustatyti fizinio krūvio ribas, kaip įprasta profesionaliame sporte, ne visada tikslu. Atlikus VEM mėginį ir žinant deguonies pernašos sistemos pajėgumą, galima efektyviau paskirstyti fizinį krūvį sporto medicinos praktikoje.

Paveiksle parodyta, kad didžioji atsigavimo proceso dalis įvyksta per pirmąsias 2–3 minutes, o visiškas atsigavimas po veloergometrinio testo įvyksta per 20 minučių. Tikėtina, kad galėtų būti greitesnis atsigavimas, jei maksimalus darbas būtų daugiau aerobinis. Manoma, kad tokiose sporto šakose, kaip žaidimai su kamuoliu, išlavintos aerobinės savybės padeda greičiau atsigauti ir ilgiau toleruoti submaksimalias anaerobines apkrovas (10, 15, 18). A. Scheller ir B. Rask (1993), tyrę Nacionalinės krepšinio lygos profesionalus, nors ir nepateikia tikslesnių charakteristikų, bet teigia, kad deguonies sunaudojimas anaerobinio slenkščio metu turėtų sudaryti 75 proc. nuo maksimalaus deguonies sunaudojimo (19). Tokius fiziologinio profilio rodiklius turinčių sportininkų tarp tiriamųjų nebuvo. Reikia pa-

stebėti, kad mūsų tirtų krepšininkų maksimalus deguonies sunaudojimas, nustatytas sportinio sezono pradžioje, nedaug skiriasi nuo Rusijos krepšininkų  $O_{2\text{maks}}$  sunaudojimo (vidurkis – 50,2 ml/kg/min) (20). Profesionalių rankininkų ir futbolininkų aerobinis parengtumas yra dar geresnis. Šių sporto šakų atstovų maksimalus deguonies sunaudojimas atitinkamai, 57–58 ml/kg/min. ir 60–65 ml/kg/min. (18, 21, 22). Dėl maksimalaus deguonies sunaudojimo padidėjimo aktyvaus sporto sezono metu, o tai reikštų ir atsigavimo po fizinio krūvio kokybės pagerėjimo, nuomonės skiriasi (18, 20), tačiau būtų tikslinga pasiruošimo metu skirti laiko aerobiniam darbingumui didinti (10, 15). Tikėtina, kad tokių medžiagų apykaitos modelių lemia treniruočių pertrauka, nes sportininkai tirti sezono pradžioje komplektuojant komandą. Taigi būtinos studijos tokio tiriamųjų metabolizmo modelio paaiškinimui bei optimizavimui.

### Išvados

Tirtų krepšininkų metabolinis atsigavimas po maksimalaus veloergometrinio testo trunka iki 20 minučių (po 60–90 sek. nutrūksta laktato buferizavimas, 770–1200 sek. normalizuojasi kvėpavimo rodiklis, deguonies poreikis, o širdies veikla normalizuojasi po 550–910 sek.) ir yra ganėtinai ilgas. Siekiant optimaliau paskirstyti fizines apkrovas, greta įprasto fizinio krūvio metu pasiekiamo širdies susitraukimų dažnio, tikslinga atsižvelgti į laboratorijoje nustatytus deguonies pernašos sistemos grandžių rodiklius.

## Changes in oxygen consumption of basketball players during recovery after maximal load

Audrius Gocentas, Artūras Andziulis<sup>1</sup>

*Department of Rehabilitation, Institute of Experimental and Clinical Medicine*

*<sup>1</sup>Department of Biochemistry and Physiology, Vilnius University, Lithuania*

**Key words:** sports medicine, rehabilitation, recovery, oxygen uptake.

**Summary.** *The purpose of this study was to determine the recovery period of basketball players after maximal load.*

Thirteen male subjects, aged 19–26 years, took part in this study. They performed an incremental cardiopulmonary test using an electronically braked bike ERGOLINE 9000. Ventilation and gas exchange were assessed and measured by breath-to-breath method using VMAX229 metabolic card and Sensor Medics gas flow analyzer. Heart rate parameters were established during continuous ECG monitoring and analysis integrated VMAX and Marquette 3.01 system. Quantitative changes of heart rate, oxygen consumption, double rate product, respiratory quotient, and metabolic equivalent were calculated or established by VMAX application algorithm. A recovery was defined through such parameters:  $T_{HR90\%}$  (time needed for 90% heart rate decreasing from heart rate maximum),  $T_{HR90}$  (time needed for heart rate decreasing to 90 bpm),  $T_{DPR90\%}$  (time needed for 90% decreasing from a maximal double rate product),  $T_{VO290\%}$  (time needed for 90% decreasing from maximal oxygen consumption),  $T_{RQ90\%}$  (time needed for 90% decreasing from peak respiratory quotient),  $T_{RQ0.9}$  (time needed for respiratory quotient normalization to 0.9 – to a standard value).

Full recovery after maximal load was too long and completed during 1200 s, but some processes were completed earlier (lactic acid buffering within 95 s, oxygen requirement within 620 s, and normalization of heart action within 730 s). Further research is needed to explain this peculiarity of recovery.

Correspondence to A. Gocentas, Department of Rehabilitation, Institute of Experimental and Clinical Medicine, Kalvarijų 323, 08420 Vilnius, Lithuania. E-mail: ag27@one.lt.

### Literatūra

1. Coffee CJ. Metabolism. Madison: Fence Creek Publishing, LLC; 1998.
2. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology. Energy, Nutrition and Human Performance. Philadelphia: Lea & Febiger; 1986.
3. Richardson RD, Randall CD, Speck FD. Cardiopulmonary system. Madison: Fence Creek Publishing, LLC; 1998.
4. Laughlin MH. Cardiovascular response to exercise. Am J Physiol 1999;277 (6 Pt 2):244-59.
5. Jones NL, Killian KJ. Exercise limitation in health and disease. N Engl J Med 2000;343(9): 632-41.
6. Hill DW, Williams CS, Burt SE. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with VO<sub>2</sub>max. Int J Sports Med 1997;18(5):325-9.
7. Fukuba Y, Whipp BJ. A metabolic limit on the ability to make up for lost time in endurance events. J Appl Physiol 1999; 87(2):853-61.
8. Ruppel GL. Manual of pulmonary function testing. 7th ed. St. Louis: Mosby; 1998.
9. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
10. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. Sports Med 2001;31(1):1-11.
11. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
12. International Olympic Committee Medical Commission. Sport medicine Manual. Lausanne; 1990.
13. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation 2001;104(14):1694-740.
14. American Heart Association. Statement on Exercise. Circulation 1992;86:340-4.
15. Wenger HA, McFadyen PF, McFadyen RA. Physiological principles of conditioning. In: Zachazewski JE, Magee DJ, Quillen WS, editors. Athletic injuries and rehabilitation. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p. 189-205.
16. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. N Engl J Med 1999;341(18):1351-7.
17. Bassett D, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc 2000;32(1):70-84.
18. Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. Br J Sports Med 2002;36: 218-21.
19. Scheller A, Rask B. A protocol for the health and fitness assessment of NBA players. Clinics Sports Med 1993;12(2): 193-205.
20. Jaruznyj NV, Volkov NI. Wydolnosc tlenowa zawodnikow sportowych igier zespolowych. (Oxygen capacity of team sport players.) Sport Wyczynowy 1993;1-2:337-8.
21. Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. J Sports Med Phys Fitness 2001; 41(4):463-9.
22. Rannou F, Prioux J, Zouhal H, Gratas-Delamarche A, Delamarche P. Physiological profile of handball players. J Sports Med Phys Fitness 2001;41:349-53.

*Straipsnis gautas 2002 07 09, priimtas 2003 02 05*

*Received 9 July 2002, accepted 5 February 2003*