
ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ ДО УМОВ СЕРЕДНЬОГІР'Я СПОРТСМЕНІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ, ЯКІ СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ У БІГУ НА СЕРЕДНІ ДИСТАНЦІЇ, ЗАЛЕЖНО ВІД ТИПУ ВЕГЕТАТИВНОГО ГОМЕОСТАЗУ

*Лілія Черкес, Володимир Ільїн,
Андрій Колот, Сергій Коваль, Майя Михайлович*

Резюме. *Определены особенности измененный функционального состояния организма у спортсменов высокой квалификации при адаптации к условиям среднегорья в зависимости от типа вегетативного гомеостаза. Выявлены особенности вегетативного гомеостаза, а также факторы, определяющие изменения функционального состояния организма у спортсменов и характер течения адаптации к условиям среднегорья.*

Ключевые слова: *гипоксия, среднегорье, адаптация, кардиоритмография, спортсмен.*

Summary. *The paper is dedicated to determination of features of changes in the body functional state of elite athletes during adaptation to the middle altitude conditions depending on the type of vegetative homeostasis. The features of vegetative homeostasis are determined, as well as the factors are revealed that determine changes in the body functional state of athletes and peculiarities of the adaptation to the middle altitude conditions.*

Keywords: *hypoxia, middle altitude conditions, adaptation, cardiorthmography, athlete.*

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Високий рівень досягнень у сучасному спорті обумовлює необхідність постійного вдосконалення усіх сторін підготовки спортсмена. Разом з подальшою розробкою традиційних методів різнобічної підготовки спортсменів нині все більшого значення набуває розробка і використання нетрадиційних засобів і методів, спрямованих на розширення міжфункціональних можливостей організму спортсмена, його аеробної і анаеробної продуктивності, що значною мірою визначають рівень працездатності. Одним з таких засобів є гірська підготовка спортсменів [2, 3].

Висока ефективність гірської підготовки як високоефективного засобу підвищення функціональних можливостей спортсменів і спортивних результатів у всіх видах спорту, пов'язаних із проявом витривалості спортсменів, доведена багатьма дослідниками зі спортивної фізіології [6–9]. Значно менше робіт, присвячених підготовці спортсменів у гірських умовах, у спортивній діяльності яких витривалість не є визначальним чинником (силові, швидкісно-силові, складнокоординаційні види спорту, єдиноборства) [7]. Крім того, недостатньо уваги приділяється вивченню індивідуальних особливостей адаптації організму спортсменів до умов гіпоксії, пов'язаних, зокрема, з типом вищої нервової діяльності й вегетативним гомеостазом.

Мета дослідження – визначення особливостей змін функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів високої кваліфікації під час адаптації до умов середньогір'я залежно від типу вегетативного гомеостазу.

Методи та організація дослідження. Під час двотижневого навчально-тренувального збору в умовах середньогір'я на висоті 2100 м на базі Ельбрусської медико-біологічної станції Міжнародного центру астрономічних і медико-екологічних досліджень НАН України на 2 і 12 добу перебування в горах обстежені 12 спортсменів – майстрів спорту і майстрів спорту міжнародного класу, членів збірної України, які спеціалізуються у бігу на 400 м. Середній вік обстежених спортсменів становив $24,5 \pm 3,06$ роки. Усі спортсмени брали участь у кардіоритмографічному обстеженні в стані спокою лежачи і при проведенні активної ортостатичної проби (АОП).

Відповідно до «Міжнародного стандарту» [10] у дослідженнях тривалість запису кардіоритмограм (КРГ) – 5 хв (300 с). Розраховувалися статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів: кількість кардіоінтервалів (N); математичне очікування динамічного ряду (RRNN); варіаційний розмах ($\Delta R-R$), стандартне відхилення нормальних величин R-R-інтервалів (SDNN); коефіцієнт варіації ($CV=100 \cdot SDNN/RRNN$); ділянка послідовних R-R інтервалів, відмінність між якими перевищує 50 мс (PNN50 %). Числовими характеристиками варіаційної пульсограми є мода (Mo), амплітуда моди (AMo), індекс напруженості (IH), індекс вегетативної рівноваги (IBP), вегетативний показник ритму (ВІР), показник адекватності процесів регуляції (ПАІР), показник активності регуляторних систем (ПАРС).

Спектральний аналіз здійснювався методом швидкого перетворення Фур'є. Визначалися усі

спектральні максимуми і потужності спектра (mc^2) у таких діапазонах: надто повільних (VLF) – від 0,003 до 0,04 Гц; повільних (LF) – від 0,04 до 15 Гц; високочастотних (дихальних; HF) – від 0,15 до 0,40 Гц; надто високочастотних хвиль (VHF) – від 0,40 до 1,00 Гц, загальна потужність спектра ($\text{TP0} - 0,40$) – від 0,003 до 0,40 Гц.

У процесі АОП проводився аналіз як нестационарної ділянки КРГ, що характеризує перехідний процес після прийняття положення стоячи протягом однієї хвилини, так і наступної стаціонарної ділянки КРГ.

Для аналізу перехідного процесу розраховували співвідношення мінімального значення R-R-інтервалу в ділянці на 15-му скороченні від початку вставання до найдовшого R-R-інтервалу, в ділянці на 30-му скороченні серця (30:15 – K30:15) [15].

Для аналізу і оцінки отриманих даних застосовувалися методи параметричної і непараметричної статистики, а також факторного аналізу [1].

Результати дослідження та їх обговорення.

На підставі аналізу особливостей вегетативного гомеостазу всіх обстежених спортсменів у початковий період адаптації до умов середньогір'я було розділено на дві групи (табл.1): до першої увійшли спортсмени, у яких межі показників варіабельності серцевого ритму зміщені в зону неадекватних реакцій і високої напруги регуляторних систем організму, до другої – спортсмени, в яких межі показників варіабельності серцевого ритму лежать у діапазоні, характерному для стану норми, спокою, адекватних реакцій на функціональні навантаження. У спортсменів першої групи реєструються достовірно ($p < 0,01$) вищі значення ІН, ПАПР і ПАРС, що свідчить про відносно підвищену напруженість регуляторних процесів в організмі. Високі значення АМо, ІВР, ВПР LF/HF вказують на переважання у вегетативному балансі у цих спортсменів симпатичних впливів. У спортсменів другої групи спостерігається баланс симпатичних і парасимпатичних.

При проведенні активної ортостатичної проби у багатьох спортсменів спостерігається помірне збільшення симпатико-адреналової активності (LF), яке більше виражене в другій групі. Реактивність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи (HF) у спортсменів в умовах середньогір'я також збережена, хоча у спортсменів першої групи вона дещо знижена. Величина коефіцієнта K30:15 у спортсменів в умовах середньогір'я коливалася від 0,85 до 1,31 і в середньому практично в усіх групах не перевищувала 1,13, що нижче діапазону норми (від 1,25 до 1,75), і свідчить про зниження вегетативної реактивності, обумовленої, передусім, послабленням вагусних впливів [5].

Проведений факторний аналіз показників ВСР у обстежених спортсменів в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я дозволив виокремити на рівні $p > 0,70$ п'ять чинників, що описують 87,4 % змін у розподілах кардіоінтервалів.

1. Централізація регуляторних механізмів і симпатичних впливів – показники VLF, АМо, які характеризують активність відповідно центрального контуру регуляції, церебральних ерготропних впливів і симпатичного відділу вегетативної нервової системи.

2. Вагусні впливи – показники SDNN, HF, що відображають активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

3. Повільні хвилі або адаптаційні механізми серцево-судинної системи – показник LF.

4. Дуже швидкі хвилі або нестійкі стани – показник VHF, що свідчить про активність швидкодіючих висхідних механізмів, які при виведенні організму з рівноважного стану (відхилення значень істотних змінних за фізіологічні норми) впливають на системи регуляції, які або утримують організм в початковому стані або переводять його за певними правилами в новий рівноважний стан [4].

5. Активність гуморального каналу – показники RRNN і Мо, що характеризують рівень функціонування синусового вузла.

На рисунку 1 наведено результати факторного аналізу показників кардіоритмограм, зареєстрованих в умовах середньогір'я у стані відносного спокою у цілому у спортсменів загальної та першої і другої груп.

У спортсменів першої групи істотно переважає чинник нестійких станів, значно понижені показники адаптаційних механізмів серцево-судинної системи і дещо вища централізація регуляторних механізмів. У спортсменів другої групи структура і співвідношення питомої ваги чинників, що описують у них варіабельність серцевого ритму в початковій фазі адаптації до умов середньогір'я, мало відрізняються від даних для загальної групи.

У таблиці 2 наведено результати математичного аналізу ВСР у спортсменів в цілому у загальній і обох групах на 12-ту добу перебування в умовах середньогір'я. Порівняно з початковою фазою адаптації (табл. 1), у спортсменів на 12-ту добу перебування в умовах середньогір'я у загальній групі компонент ВСР практично не змінився, за винятком достовірного ($p < 0,05$) збільшення потужності спектра в ділянці високочастотного компонента (HF), що призвело до зміщення вегетативного балансу в зону переважання парасимпатичних впливів у спортсменів другої групи і появи тенденції до нормалізації вегетативного балансу в спортсменів першої. Про це свідчать показники LF/HF, які у спортсменів другої групи менше 1, а у

першої знизилася від 1,58 до 1,17. На зниження в процесі адаптації активності регуляторних систем організму в спортсменів вказують і зміни ПАПР і ПАРС. На 12 добу перебування в умовах середньогір'я ПАПР у цілому по групі знизилася з 64 до 54, а ПАРС з 5 до 2. Внаслідок цього намітилася тенденція до зниження напруги функціонування регуляторних систем. Так, ІН на 12-ту добу перебування в середньогір'ї знизилася в цілому в групі з 179 до 162. Проте у спортсменів першої групи і на 12-ту добу перебування в горах збереглися відносно висока напруга адаптаційних процесів. Це підтверджують достовірно ($p < 0,01$) вищі значення ІН, ПАПР і ПАРС (табл. 2) в першій групі спортсменів. Більш високі, ніж у спортсменів другої групи, значення АМо, ІВР, ВПР, LF/HF вказують на збереження переважання у вегетативному балансі у цих спортсменів симпатичних впливів. Водночас нижчі ($p < 0,01$), ніж в цілому по групі, значення VLF і TP0-0,40 і вищі ($p < 0,01$) значення VHF свідчать про зниження у цих спортсменів центральних впливів на регуляцію серцевого ритму і активізацію в умовах середньогір'я автономних ланок регуляторної системи, швидших, але менш стійкіших до впливу зовнішніх чинників.

Таблиця 1 – Середні значення показників математичного аналізу ритму серця у спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я

Показник	Група		
	загальна, n=12	перша, n=5	друга, n=7
RRNN, мс	787±38,7	679±35,3*	885±40,5
Mo, мс	752±42,7	641±40,9*	832±44,1
SDNN, мс	26,1±8,8	21,1±9,21	30,8±8,59
АМо, %	64±4,6	79±5,2*	54±2,2
ΔR-R, мс	352±98,1	320±105,9	368±92,4
CV, %	3,4±2,2	2,9±2,62	3,8±1,83
PNN50, %	7,2±3,12	3,8±2,92**	9,5±3,21
ІН	179±53,0	281±85,3**	107±20,9
ІВР	187±60,3	281±73,1**	107±52,0
ПАПР	64±8,0	90±9,4*	46±7,1
ВПР	3,9±1,18	5,5±1,75*	2,8±0,78
VLF, мс ² /Гц	715±155,9	581±172,8*	810±143,4
LF, мс ² /Гц	603±116,9	639±161,1	592±84,5
HF, мс ² /Гц	601±86,6	408±105,1*	740±73,9
VHF, мс ² /Гц	449±88,0	755±124,5**	231±63,2
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	1915±314,9	1625±453,1	2147±213,6
LF/HF	1,04±0,151	1,58±0,214	0,79±0,102
ПАРС	5±1,7	6±0,4*	4±0,2

Примітка: середнє значення ± стандартна помилка; відмінність між групами на рівні * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; достовірність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного критерію Уїлкоксона.

В результаті проведення факторного аналізу показників ВСР в обстежених спортсменів на 12-ту добу перебування в горах було виділено на рівні $p > 0,70$ п'ять чинників, що описують 87,4 % змін у розподілах кардіоінтервалів у стані відносного спокою і при проведенні активної ортопроби (рис. 2).

У цілому в усій групі склад цих чинників не змінився в процесі адаптації до гірських умов, проте змінився їх ступінь впливу (рис. 1 і 2). Зокрема збільшився вагусний вплив із 22 до 27 % та з 12 до 16 % – активність гуморального каналу. Вплив нестійких станів знизився з 19 до 11%, тоді як активності адаптаційних механізмів збільшився з 13 до 20 %, а впливу чинника централізації регуляторних механізмів практично не спостерігалось.

За даними факторного аналізу показників ВСР, проведеного окремо у виділених у початковій фазі адаптації до умов середньогір'я двох груп спортсменів, встановлено, що у спортсменів першої групи на 12-ту добу перебування на висоті 2100 м спостерігаються позитивні зміни в співвідношеннях чинників, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму. Порівняно з початковою фазою адаптації (рис. 1), вага

Таблиця 2 – Середні значення показників математичного аналізу ритму серця у спортсменів на 12-ту добу перебування в умовах середньогір'я

Показник	Група		
	загальна, n=12	перша, n=5	друга, n=7
RRNN, мс	1004±16,4	824±24,4*	1130±17,5
Mo, мс	974±18,8	800±39,4*	1100±20,0
SDNN, мс	34,8±6,0	26,3±17,50	40,1±5,30
АМо, %	52±2,0	65±5,2*	43±2,2
ΔR-R, мс	181±45,2	153±39,4	208±56,5
CV, %	3,4±0,69	3,2±0,96	3,5±0,47
PNN50, %	4,3±1,73	0,8±2,33**	6,8±1,11
ІН	162±27,1	265±85,3**	94±20,9
ІВР	291±35,4	424±42,2**	206±32,1
ПАПР	54±3,6	81±4,3*	39±3,4
ВПР	6,2±0,66	8,2±0,96*	4,7±0,52
VLF, мс ² /Гц	644±48,5	416±58,6**	807±41,3
LF, мс ² /Гц	543±48,1	619±64,2*	490±35,6
HF, мс ² /Гц	744±54,6	531±88,4**	896±30,5
VHF, мс ² /Гц	442±40,3	747±76,6**	224±14,2
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	1947±105,4	1581±167,2**	2209±61,3
LF/HF	0,79±0,097	1,17±0,115**	0,52±0,084
ПАРС	2±0,2	4±0,4*	1±0,2

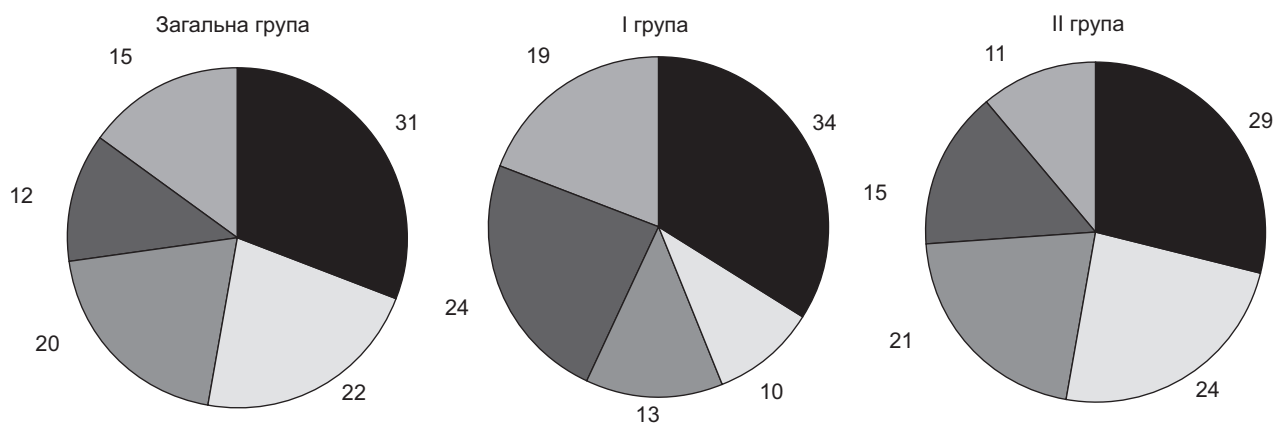


Рисунок 1 – Питова вага факторів, що визначають стан регуляторних систем організму в спортсменів на третю добу перебування в умовах середньогір'я, %: ■ – централізація регуляторних механізмів і симпатичні впливи; □ – вагусні впливи; ■ – активність адаптаційних механізмів серцево-судинної системи; ■ – активність гуморального каналу; ■ – нестійкі стани

чинника централізації регуляторних процесів знизилась з 34 до 29 %, нестійких станів зменшилась з 19 до 11 %, а вагусних впливів зростає з 10 до 24 % (рис. 2). Ці дані свідчать про появу позитивних тенденцій до нормалізації вегетативного балансу і зниження напруги функціонування регуляторних систем організму, але наявність нестійких станів може свідчити про незавершеність у спортсменів цієї групи адаптації до умов хронічної гіпоксії [2].

У спортсменів другої групи на підставі даних факторного аналізу виокремлено лише 4 чинники, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму на 12-ту добу перебування в умовах середньогір'я (рис. 2). Відсутній чинник нестійких станів, що є сприятливим симптомом і свідчить про підвищення стійкості організму до гіпоксії і фізичних навантажень [4].

Висновки:

1. На основі аналізу особливостей ВСР усі обстежені спортсмени в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я були розділені на дві групи. У спортсменів першої відзначається підвищена на-

пруженість регуляторних процесів в організмі, у них переважають симпатичні впливи. У спортсменів другої групи спостерігається збалансованість симпатичних і парасимпатичних впливів і помірна напруга регуляторних систем організму.

2. У спортсменів першої групи на 12-ту добу перебування в умовах середньогір'я спостерігаються позитивні зміни в співвідношеннях чинників, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму, які свідчать про тенденцію до нормалізації вегетативного балансу і зниження напруги функціонування регуляторних систем організму. Водночас наявність у цій групі спортсменів нестійких функціональних станів організму може свідчити про незавершеність адаптації спортсменів до умов хронічної гіпоксії.

3. У спортсменів другої групи на фоні зміщення вегетативного балансу в зону переважання парасимпатичних впливів відсутній чинник нестійких станів, що є сприятливим симптомом і свідчить про підвищення стійкості організму до гіпоксії і фізичних навантажень.

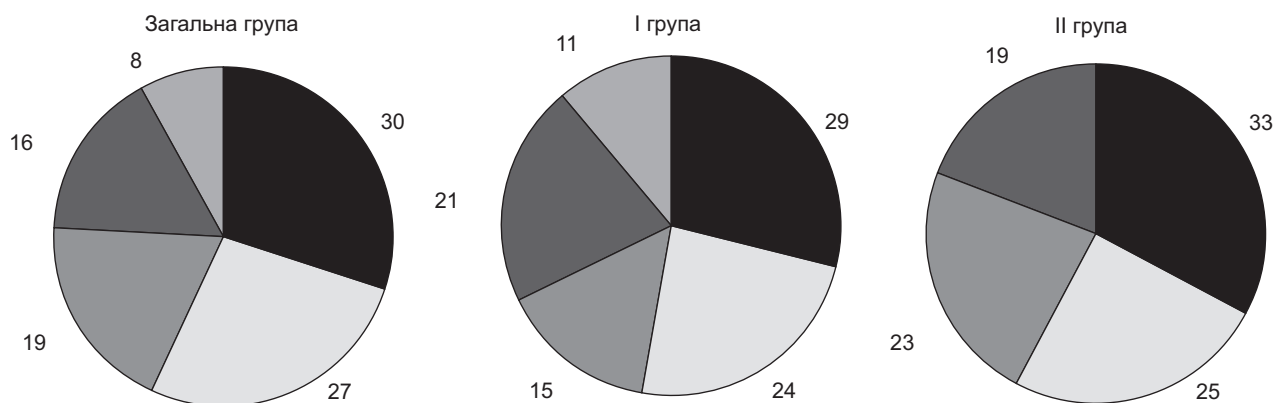


Рисунок 2 – Питова вага факторів, що визначають стан регуляторних систем організму в спортсменів на 12-ту добу перебування в умовах середньогір'я, %: ■ – централізація регуляторних механізмів і симпатичні впливи; □ – вагусні впливи; ■ – активність адаптаційних механізмів серцево-судинної системи; ■ – активність гуморального каналу; ■ – нестійкі стани

Література

1. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.
2. Булатова М. М. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов / М. М. Булатов, В. Н. Платонов // Спорт. медицина. – 2008. – № 1. – С. 95–119.
3. Дмитрук А. И. Гипоксия и спорт: учеб.-метод. пособие А. И. Дмитрук. – СПб.: 2007. – 44 с.
4. Ільїн В. М. Структурно-лінгвістичний підхід до класифікації кардіоритмограм у спортсменів високої кваліфікації в початкову фазу адаптації до умов середньогір'я / В. М. Ільїн, Л. І. Черкес, М. Михайлович та ін. // Мед. інформатика та інженерія. – 2011. – № 3. – С. 27–32.
5. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метод / В. М. Михайлов. – Иваново: Иван. Гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
6. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В. Н. Платонов. – К.: Олимп. лит., 2004. – 808 с.
7. Сведенхаг Я. Развитие выносливости в тренировке бегунов на средние и длинные дистанции / Я. Сведенхаг // Наука в олимп. спорте. – 1995. – № 1. – С. 19–27.
8. Шпак Т. В. Підготовка велосипедистів високої кваліфікації в умовах середньогір'я / Т. В. Шпак, М. П. Кірієнко // Спорт. медицина. – 2008. – № 1. – С. 137–142.
9. Saltin B. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners / B. Saltin, C. K. Kim, N. Terrados, H. Larsen, J. Svedenhag, C. Rolf // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 1995. Vol. 5. – P. 222–230.
10. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – 93. – P. 1043–1065.

References

1. Antomonov M. Yu. Mathematical treatment and analysis of medical and biological data / M.Yu. Antomonov. – K., 2006. – 558 p.
2. Bulatova M. M. Environment of medium-height, high mountains and artificial hypoxia in the system of athlete preparation / M.M. Bulatova, V. N. Platonov // Sports medicine. – 2008. – № 1. – P.95-119.
3. Dmitruk A. I. Hypoxia and sport: Educational and methodical manual / A.I. Dmitruk. – SPb.: 2007. – 44 p.
4. Ilyin V. N. The structural linguistic approach to cardiac rhythm classification for athletes during the initial adaptation stage to altitude conditions / V.N. Ilyin, L.I. Cherkes, M.M. Mihajlovich, V.I. Portnichenko, I.A.Jachnytsia // Medical informatics and engineering. – 2011. – № 3. – P. 27–32.
5. Mihailov V. M. Heart Rate Variability: experience of practical application of method / V. M. Mihailov. – Ivanovo: Ivan. State Med. Academy, 2002. – 290 p.
6. Platonov V. N. The system of athlete preparation in olympic sport. General theory and her practical applications / V.N. Platonov – Kiev: Olympic literature, 2004. – 808 p.
7. Svedenhag Ya. Development of endurance in training of runners on middle and long distances / Ya. Svedenhag // Science in the olympic sports. – 1995. – № 1. – P. 39–41.
8. Shpak T. V. Preparation of high-skilled cyclists in environment of medium-height mountains / T.V. Schpak, M.P. Kiriienko // Sports medicine. – 2008. – № 1. – P. 137–142.
9. Saltin B. Morphology, enzyme activities and buffer capacity in leg muscles of Kenyan and Scandinavian runners / B. Saltin, C. K. Kim, N. Terrados, H. Larsen, J. Svedenhag, C. Rolf // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 1995. Vol. 5. – P. 222–230.
10. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – 93. – P. 1043–1065.