

ВАЛЕОЛОГІЯ

УДК 613

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ ОРГАНІЗМУ СПОРТСМЕНІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ В ПОЧАТКОВІЙ ФАЗІ АДАПТАЦІЇ ДО УМОВ СЕРЕДНЬОГІР'Я

Черкес Л.І.

*Міжнародний центр астрономічних і медико-екологічних
досліджень НАН України*

На основі аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму в початковий період адаптації до умов середньогір'я спортсмени високої кваліфікації, які спеціалізуються в бігу на 400 і 800 м, розділені на дві групи. У спортсменів першої групи відзначається підвищена напруженість регуляторних процесів в організмі і переважання симпатичних впливів. У спортсменів другої групи спостерігається збалансованість симпатичних і парасимпатичних впливів і помірна напруга регуляторних систем організму. Виділено п'ять чинників, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму у даних спортсменів.

Ключові слова: гіпоксія, середньогір'я, адаптація, кардіоритмографія, спортсмен

Key characteristics of regulatory systems adaptation in highly qualified athletes at mid-range altitudes. Cherkes L.I. — We studied the variability of cardiac rhythms in a group of highly qualified athletes, 400 and 800 meters runners, during their adaptation to mid-range altitude conditions. We found the initial adaptation response to be of two types. The first type was characterised by an increased intensity of regulatory processes and prevalence of symphatic influences. The second type was characterised by the moderate intensity of regulatory processes and a balance between parasympatic and sympatic influences. Using statistical analysis we have been able to identify 5 key characteristics to describe the initial stage of adaption.

Key words: hypoxia, mid-range altitude, adaptation, cardiac rhythm, athlete.

ВСТУП

Висока ефективність гірської підготовки як високоефективного засобу підвищення функціональних можливостей спортсменів

і спортивних результатів в усіх видах спорту, пов'язаних з проявом витривалості спортсменів, доведена багатьма дослідниками, що працюють в галузі спортивної фізіології [6, 9, 10, 13, 14, 16]. Значно менше робіт, присвячених підготовці спортсменів у гірських умовах, у спортивній діяльності яких витривалість не є визначальним чинником (силові, швидко-силові, складнокоординовані види спорту, єдиноборства). Крім того недостатньо уваги звертається на дослідження індивідуальних особливостей адаптації організму спортсменів до умов гіпоксії, пов'язаних, зокрема, з типом центральної нервової системи і вегетативним гомеостазом.

Показано, що до браку кисню найбільш чутливі центральна (ЦНС) і вегетативна (ВНС) нервові системи. Функціональні відхилення з боку ЦНС і ВНС, поза сумнівом, позначаються на роботі інших органів і значною мірою визначають характер реакції у відповідь організму на перебування в умовах середньогір'я. Оскільки кора головного мозку відрізняється високою чутливістю до кисневої недостатності, організм в умовах гіпоксії прагне зберегти достатнє кисневе постачання, у першу чергу центральної нервової системи [2, 7]. У той же час по відношенню впливу гіпоксії на ВНС єдиної думки серед дослідників немає. Почастішання серцевого ритму, типове для перших днів перебування людини в умовах гірського клімату, деякі автори розглядають, як підтвердження посилення симпатичних впливів на діяльність міокарду. У той же час ряд авторів відносить тахікардію до ефектів зменшення впливу парасимпатичних центрів вегетативної нервової системи на функцію міокарду [3, 8].

Мета роботи. Наведені дані послужили основою для проведення власних досліджень щодо визначення особливостей змін функціонального стану ВНС у висококваліфікованих спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я за допомогою математичного аналізу варіабельності серцевого ритму.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час учбово-тренувального збору в умовах середньогір'я на висоті 2100м на базі Эльбруської медико-біологічної станції Міжнародного центру астрономічних і медико-екологічних досліджень НАН України на 2-3 добу перебування в горах обстежено 12 спортсменів, кваліфікації «Майстер спорту» і «Майстер спорту міжнародного класу», членів збірної України, що спеціалізуються в легкоатлетичному спринті на 400 і 800 м. Середній вік обстежених спортсменів складав $24,5 \pm 3,06$ роки. Усі спортсмени брали участь в кардіоритмо-

графічному обстеженні в стані спокою лежачи і при проведенні активної ортостатичної проби (АОП).

Відповідно до «Міжнародного стандарту» [15] у дослідженнях тривалість запису КРГ складала 5 хвилин (300с). Розраховувалися статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів: кількість кардіоінтервалів (N); математичне очікування динамічного ряду (RRNN); стандартне відхилення нормальних величин R - R інтервалів (SDNN); коефіцієнт варіації ($CV=100(SDNN/RRNN)$); доля послідовних R - R інтервалів, відмінність між якими перевищує 50 мс (pNN50, %). Числовими характеристиками варіаційної пульсограми є: «Мода» (Mo), «Амплітуда моди» (AMo), «Індекс напруженості» (ІН), «Індекс вегетативної регуляції» (ІВР), «Вегетативний показник ритму» (ВПР), «Показник адекватності процесів регуляції» (ПАПР).

Спектральний аналіз здійснювався за методом швидкого перетворення Фур'є. Визначалися усі спектральні максимуми і потужності спектру в мс² в наступних діапазонах; надповільний діапазон (VLF) – від 0,003 Гц до 0,04 Гц; діапазон повільних хвиль (LF) – від 0,04 до 15 Гц; діапазон високочастотних (дихальних) хвиль (HF) – від 0,15 до 0,40 Гц; діапазон надвисокочастотних хвиль (VHF) – від 0,40 до 1,00 Гц, загальна потужність спектру (TP0 – 0,40) у діапазоні від 0,003 Гц до 0.40Гц.

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

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму усі обстежені спортсмени в початковий період адаптації до умов середньогір'я розділені на дві групи (табл. 1).

До першої групи увійшли спортсмени, у яких межі показників варіабельності серцевого ритму змінені в область неадекватних реакцій і високої напруги регуляторних систем організму, в другу – у 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 AMo, ІВР, ВПР LF/HF вказують на переважання у вегетативному балансі у цих спортсменів симпатич-

них впливів. У спортсменів другої групи спостерігається баланс симпатичних і парасимпатичних впливів і помірна напруга регуляторних систем організму. Спортсмени першої групи склали меншість (41,7%), другої – більшість (58,3%).

Таблиця 1

Середні значення показників математичного аналізу ритму серця у спортсменів у стані відносного спокою у початковій фазі адаптації до умов середньогір'я

Показники	Група в цілому ((n=12)	1-а група ((n=5)	2-а група ((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
AMo, %	64±4,6	79±5,2*	54±2,2
Δ(R - 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
ИН	179±53,0	281±85,3**	107±20,9
ИВР	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, мс2/Гц	715±155,9	581±172,8*	810±143,4
LF, мс2/Гц	603±116,9	639±161,1	592±84,5
HF, мс2/Гц	601±86,6	408±105,1*	740±73,9
VHF, мс2/Гц	449±88,0	755±124,5**	231±63,2
TP0 - 0,40, мс2/Гц	1915±314,9	1625±453,1	2147±213,6
LF, %	30,9±6,67	39,5±8,91	27,6±4,98
HF, %	30,7±4,06	46,7±5,96**	15,0±2,71
LF nu	50,4±9,15	53,1±10,12	49,0±8,49
HF nu	49,6±7,65	41,8±8,91*	61,5±7,64
LF/HF	1,04±0,151	1,58±0,214	0,79±0,102
ПАРС	5±1,7	6±0,4*	4±0,2

При проведенні активної ортостатичної проби у більшості спортсменів спостерігається помірне збільшення симпатико-адреналової активності (LF), яке більше виражене у другій групі. Реактивність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи

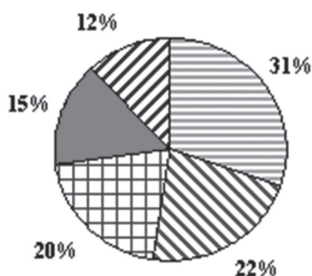
(HF) у спортсменів в умовах середньогір'я також збережена, хоча у спортсменів першої групи вона дещо знижена. Величина коефіцієнта K30:15 у спортсменів в умовах середньогір'я коливалася від 0,85 до 1,31 і в середньому практично в усіх групах не перевищувала 1,13, що нижче за діапазон норми (від 1,25 до 1,75) і свідчить про зниження вегетативної реактивності, обумовленої, в першу чергу, послабленням вагусних впливів [5].

Проведено факторний аналіз показників ВСР у обстежених спортсменів у початкову фазу адаптації до умов середньогір'я, дозволивши виділити на рівні значущості $>0,70$ п'ять чинників, 87,4% змін, що описують, у розподілах кардіоінтервалів.

До складу того, що має найбільшу вагу першого чинника – чинника централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів входять показники (VLF, AMo), які характеризують активність відповідно центрального контура регуляції, церебральних ерготропних впливів і симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Другий чинник – чинник вагусних впливів, містить показники (SDNN, HF), що відбивають активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. Третій чинник – чинник повільних хвиль або адаптаційних механізмів серцево-судинної системи входить показник (LF). Четвертий чинник – чинник дуже швидких хвиль або чинник нестійких станів входить показник (VHF), що відбиває активність швидкодіючих ступінчастих механізмів, які при виведенні організму з стану рівноваги (відхилення значень істотних змінних за фізіологічні норми) впливають на системи регуляції, які або утримують організм у початковому стані, або переводять його за певними правилами в новий стан рівноваги [4, 11]. П'ятий чинник – чинник активності гуморального каналу містить показники (RRNN, Mo), що характеризують рівень функціонування синусового вузла.

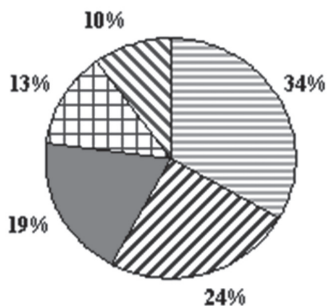
На рис. 1 приведені результати факторного аналізу показників кардіоритмограм, зареєстрованих в умовах середньогір'я у стані відносного спокою в цілому по загальній групі спортсменів і у спортсменів першої і другої груп. У спортсменів першої групи істотно вище вага чинника нестійких станів, значно знижена вага чинника адаптаційних механізмів серцево-судинної системи і дещо вища вага чинника централізації 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 загальної групи.

Загальна група



- ☐ Фактор централізації регуляторних механізмів
- ▨ Фактор вагусних впливів
- ▣ Фактор активності адаптаційних механізмів CCC
- Фактор нестійких станів
- ▤ Фактор активності гуморального каналу

I група



- ☐ Фактор централізації регуляторних механізмів
- ▤ Фактор активності гуморального каналу
- Фактор нестійких станів
- ▣ Фактор активності адаптаційних механізмів CCC
- ▨ Фактор вагусних впливів

Примітка: середні значення (стандартна помилка; відмінність між групами на рівні * $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; достовірність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного критерію Уїлкоксона)

Рис. 1. Питова вага чинників, які визначають стан регуляторних систем організму у спортсменів у стані відносного спокою і при проведенні активної ортопроби в початковій фазі адаптації до умов середньогір'я

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму усі обстежені спортсмени в початковий період адаптації до умов середньогір'я розділені на дві групи. У спортсменів першої відзначається підвищена напруженість 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 у початковій фазі адаптації до умов середньогір'я проведений факторний аналіз, який дозволив виділити п'ять чинників, що описують варіабельність серцевого ритму в умовах середньогір'я: чинник централізації регуляторних механізмів і симпатичних впливів; чинник вагусних впливів; чинник повільних хвиль або адаптаційних механізмів серцево-судинної системи; чинник дуже швидких хвиль або чинник нестійких станів; чинник активності гуморального каналу. При цьому у спортсменів першої групи істотно вище вага чинника нестійких станів і значно знижена вага чинника адаптаційних механізмів серцево-судинної системи. 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.

Література

1. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.
2. Березовский В.А., Физиологические механизмы саногенных эффектов горного климата / В.А.Березовский, В.Т.Дейнега. – К.: Наукова думка, 1988. – 224 с.
3. Дмитрук А.И. Гипоксия и с порт: Учебно-методическое пособие /А.И.Дмитрук. – СПб.: 2007. – 44 с.
4. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / [В.Н.Ильин, Л.М.Батырбекова, М.Х.Курданова, Х.А.Курданов.] – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2003. – 80 с.
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 – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
7. Саламанина О.М. Влияние умеренной степени гипоксии на функциональное состояние человека-оператора / О.М.Саламанина // Системный подход к психофизиологической проблеме. – М., 1982. – С. 140–142.

8. Сапова Н.И. Комплексная оценка регуляции ритма сердца при дозированных функциональных нагрузках / Н.И. Сапова // Физиол. журн. СССР. – 1982. – Т. 68, №8. – С. 1159–1164.

9. Шпак Т.В. Тренування велосипедисток високої кваліфікації в умовах середньогір'я / Шпак Т.В. // Теорія і методика фіз. Виховання і спорту. – 2000. – № 1. – С.39–41.

10. Шпак Т.В. Підготовка велосипедистів високої кваліфікації в умовах середньогір'я/ Т.В.Шпак, М.П.Кірієнко // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С.137–142.

11. Эшби У.Р. Конструкция мозга / У.Р.Эшби. – М.: Изд. иностранной литературы, 1962. – 398 с.

12. Evtushenko A. Delayed reaction of human organism on orthotest after short-term rise from 2000 m to 3800 m altitude / A.Evtushenko, V.Ilyin, V.Portnichenko // Abstracts of IV World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology (V Annual Meeting for Chinese High Altitude Medicine). – 2004. – P.202.

13. Fuchs U. Hohentraining. Trainer bibliotek / U.Fuchs, M.Reib. – Phillipka-Verlag, 1990. – 127 p.

14. 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.

15. 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.

16. Wilmore J.H. Physiology of sport and exercise /J.H.Wilmore, D.L.Costill. – Champaignn, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.

Особенности функционального состояния регуляторных систем организма спортсменов высокой квалификации в начальную фазу адаптации к условиям среднегорья. Черкес Л.И. – На основе анализа особенностей вариабельности сердечного ритма в начальный период адаптации к условиям среднегорья обследованные спортсмены высокой квалификации, специализирующиеся в беге на 400 и 800 м, разделены на две группы. У спортсменов первой группы отмечается повышенная напряженность регуляторных процессов в организме и преобладание симпатических влияний. У спортсменов второй группы наблюдается сбалансированность симпатических и парасимпатических влияний и умеренное напряжение регуляторных систем организма. Выделены пять факторов, определяющих функциональное состояние регуляторных систем организма у данных спортсменов.

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