

УДК 616.12:616.78

ВЕГЕТАТИВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СИНУСОВОГО УЗЛА У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РАЗДРАЖЕНИЙ

Савина К.Д., Сышко Г.Д.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: syshko@list.ru*

Изучено влияние вестибулярного раздражения на вегетативную регуляцию и функциональное состояние синусового узла у высококвалифицированных спортсменов. Обследованы 14 высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в беге на 800м, 1500м, 3000с/п и 5000м. На основании анализа вариабельности сердечного ритма выявлены типологические особенности функционального состояния синусового узла, а также факторы, определяющие функциональное состояние регуляторных систем вегетативной регуляции ритма сердца в условиях покоя и вестибулярных раздражений. На основании особенностей ВСР все обследованные спортсменки разделены на две группы. У спортсменок первой отмечается повышенная напряженность регуляторных процессов в организме, с преобладанием симпатических влияний. У спортсменок второй группы наблюдается сбалансированность симпатических и парасимпатических влияний и умеренное напряжение регуляторных систем организма. Проведенный факторный анализ позволил выделить 5 факторов, описывающих 88,2% изменений в распределениях кардиоинтервалов в состоянии относительного покоя и дал возможность определить структуру висцеральной устойчивости при вестибулярных раздражениях у спортсменок. У спортсменок первой группы при вестибулярных раздражениях наблюдаются адекватные изменения в соотношениях факторов, определяющих функциональное состояние регуляторных систем организма, которые свидетельствуют о тенденции к устойчивости вегетативного баланса и менее выраженной напряженности функционирования регуляторных систем организма, однако присутствует фактор неустойчивых состояний. У спортсменок второй группы отсутствует фактор неустойчивых состояний, что является благоприятным симптомом и свидетельствует о повышении устойчивости организма к вестибулярным раздражениям. Однако сохранившиеся при этом веса факторов централизации регуляторных механизмов и активности адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы указывают гиперреактивность срочной адаптации к вестибулярным нагрузкам.

Ключевые слова: вегетативная регуляция, кардиоритмография, синусовый узел, спортсменки, вестибулярное раздражение.

ВВЕДЕНИЕ

Для спорта высших достижений характерны значительные нагрузки. Большая величина и направленность этих нагрузок приводит к специфичным изменениям, как морфологического, так и функционального характера [1]. Известно, что современная спортивная тренировка не обеспечивает одинакового высокого развития всех вегетативных функций у всех спортсменов. Спортсмены высокой квалификации с одной направленностью тренировочного процесса имеют иные уровни висцерального функционирования, чем спортсмены с другой направленностью [2]. Соотношение

различных уровней этих функций и позволяет спортсмену данного конкретного вида спорта показывать высокие спортивные результаты, причём в каждом виде спорта с определенной направленностью тренировочного процесса эти соотношения различны [3]. Поэтому нет и не может быть универсальных критериев оценки соотношений уровней вегетативных функций одинаковых для всех спортсменов, независимо от направленности тренировочного процесса. Энергетический характер нагрузок в беге на средние и длинные дистанции связан с гликолитической ёмкостью и аэробной мощностью. Значительные величины лактата и уровни потребления кислорода достигаются, в том числе, благодаря высокому функционированию вегетативных функций. Поэтому оценка вегетативной регуляции и функционального состояния синусового узла у бегунов на средние и длинные дистанции, является важной для определения функционального состояния организма. Информативность этой оценки увеличивается, если используются не специфичные функциональные пробы, к которым относятся вестибулярное раздражение.

Цель работы. Определение особенностей изменений функционального состояния регуляторных систем организма у высококвалифицированных спортсменов в условиях вестибулярных раздражений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование принимали участие 14 высококвалифицированных спортсменов, специализирующиеся в беге на 800м, 1500м, 3000с/п и 5000м. Средний возраст обследованных спортсменов составлял $24,1 \pm 2,1$ лет. При помощи прибора Polar RS 800 SD в покое и после вестибулярных раздражений (проба Воячека в кресле Барани) регистрировали показатели вариационной пульсометрии, рассчитываемые автоматически по данным тахограмм, спектрограмм и стандартизированной интервалограммы. В исследованиях продолжительность записи кардиоритмограмм (КРГ) составляла 5 минут (300 с). Рассчитывались статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: количество кардиоинтервалов (N); математическое ожидание динамического ряда (RRNN); стандартное отклонение нормальных величин R-R интервалов (SDNN); коэффициент вариации ($CV=100 \times SDNN/RRNN$); доля последовательных R-R интервалов, различие между которыми превышает 50 мс (pNN50, %). Числовыми характеристиками вариационной пульсограммы являются: "Мода" (Mo), "Амплитуда моды" (AMo), "Индекс напряженности" (ИН), "Индекс вегетативной регуляции" (ИВР), "Вегетативный показатель ритма" (ВПР), "Показатель адекватности процессов регуляции" (ПАПР). Спектральный анализ производился по методу быстрого преобразования Фурье. Определялись все спектральные максимумы и мощности спектра в $мс^2$ в следующих диапазонах: сверхмедленный диапазон (VLF) – от 0,003 Гц до 0,04 Гц; диапазон медленных волн (LF) – от 0,04 до 15 Гц; диапазон высокочастотных (дыхательных) волн (HF) – от 0,15 до 0,40 Гц; диапазон сверхвысокочастотных волн (VHF) – от 0,40 до 1,00 Гц, общая мощность спектра ($TP_{0-0,40}$) в диапазоне от 0,003 Гц до 0,40 Гц. Для анализа и оценки полученных данных применялись методы параметрической и непараметрической статистики и факторного анализа [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ особенностей вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя позволил разделить спортсменов на две группы (табл. 1).

В первую группу вошли спортсменки, у которых границы показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) смещены в область высокого напряжения регуляторных систем организма, во вторую – у которых границы показателей ВСР ритма лежат в диапазоне, характерном для состояния нормы [5], покоя. Спортсмены первой группы составляли - 42,9%, второй – 57,1% соответственно.

Таблица 1

Средние значения показателей математического анализа ритма сердца у легкоатлетов в состоянии относительного покоя и после вестибулярных раздражений

Показатели	1-я группа (n=6) (до вестибулярных раздражений)	2-я группа (n=8) (до вестибулярных раздражений)	1-я группа (n=6) (после вестибулярных раздражений)	2-я группа (n=8) (после вестибулярных раздражений)
RRNN, мс	679±35,3*	885±40,5	824±24,4*	1130±17,5
Mo, мс	641±40,9*	832±44,1	800±39,4*	1100±20,0
SDNN, мс	21,1±9,21	30,8±8,59	26,3±17,50	40,1±5,30
AMo, %	79±5,2*	54±2,2	65±5,2*	43±2,2
ΔR-R, мс	320±105,9	368±92,4	153±39,4	208±56,5
CV, %	2,9±2,62	3,8±1,83	3,2±0,96	3,5±0,47
PNN50, %	3,8±2,92**	9,5±3,21	0,8±2,33**	6,8±1,11
ИН	281±85,3**	107±20,9	265±85,3**	94±20,9
ИВР	281±73,1**	107±52,0	424±42,2**	206±32,1
ПАПР	90±9,4*	46±7,1	81±4,3*	39±3,4
ВПР	5,5±1,75*	2,8±0,78	8,2±0,96*	4,7±0,52
VLF, мс ² /Гц	581±172,8*	810±143,4	416±58,6**	807±41,3
LF, мс ² /Гц	639±161,1	592±84,5	619±64,2*	490±35,6
HF, мс ² /Гц	408±105,1*	740±73,9	531±88,4**	896±30,5
VHF, мс ² /Гц	755±124,5**	231±63,2	747±76,6**	224±14,2
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	1625±453,1	2147±213,6	1581±167,2**	2209±61,3
LF/HF	1,58±0,214	0,79±0,102	1,17±0,115**	0,52±0,084
ПАРС	6±0,4*	4±0,2	4±0,4*	1±0,2

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; различие между группами на уровне * p<0,05; ** - p<0,01; достоверность отличий определялась с помощью непараметрического критерия Уилкоксона

Полученные результаты математического анализа ВСР после вестибулярных раздражений свидетельствуют о различных реакциях у спортсменок по двум выделенным группам. В сравнении с состоянием покоя, у спортсменок в условиях вестибулярных раздражений мощности всех периодических компонент ВСР практически не изменились, за исключением достоверного ($p < 0,05$) увеличения мощности спектра в области высокочастотного компонента (HF), что привело к смещению вегетативного баланса в область преобладания парасимпатических влияний у спортсменок второй группы и тенденции к нормализации вегетативного баланса у спортсменок первой.

Об этом свидетельствуют показатели (LF/HF), которые у спортсменок второй группы меньше 1, а у первой снизились от 1,58 до 1,17. На снижение активности регуляторных систем организма у спортсменок в процессе адаптации указывают и изменения показателей адекватности процессов регуляции (ПАПР) и активности регуляторных систем (ПАРС). После вестибулярных раздражений ПАПР в целом по группе снизился с 64 до 54, а ПАРС с 5 до 2. Вследствие этого наметилась тенденция к снижению напряжения функционирования регуляторных систем. Так ИН после вестибулярных раздражений снизился в целом по группе со 179 до 162. Однако у спортсменок первой группы сохранилась относительно высокая напряженность адаптационных процессов. Это подтверждают достоверно ($p < 0,01$) более высокие значения ИН, ПАПР и ПАРС первой группы спортсменок (табл. 1). Более высокие значения, чем у спортсменок второй группы значения АМо, ИВР, ВПР, LF/HF указывают на сохранение преобладания в вегетативном балансе у данных спортсменок симпатических влияний.

В то же время, более низкие ($p < 0,01$), чем в целом по группе, значения VLF и $TP_{0,40}$ и более высокие ($p < 0,01$) значения VHF свидетельствуют о снижении у данных спортсменок центральных влияний на регуляцию сердечного ритма и активизацию в условиях вестибулярных раздражений автономных звеньев регуляторной системы, более быстрых, но менее устойчивых к влиянию внешних факторов.

Проведенный факторный анализ показателей ВСР у обследованных спортсменок позволил выделить на уровне корреляции $> 0,70$ пять факторов, описывающих 88,2% изменений в распределениях кардиоинтервалов в состоянии относительного покоя и в условиях вестибулярных раздражений (рис. 1, 2).

В состав имеющего наибольший вес первого фактора - фактора централизации регуляторных механизмов и симпатических влияний - входят VLF, АМо, которые характеризуют активность соответственно центрального контура регуляции, церебральных эрготропных влияний и симпатического отдела вегетативной нервной системы [5, 6].

Второй фактор – фактор вагусных влияний, содержит SDNN и HF, отражающих активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Третий фактор - фактор медленных волн или адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы входит LF. В четвертый фактор – фактор активности гуморального канала входят RRNN и Мо, характеризующие уровень функционирования синусового узла. Пятый фактор - фактор очень быстрых волн или фактор неустойчивых состояний содержит VHF, отражающий уровень

активности регуляторных систем организма, включающийся при неспособности других звеньев регуляторной системы удержать организм в устойчивом функциональном состоянии [7].

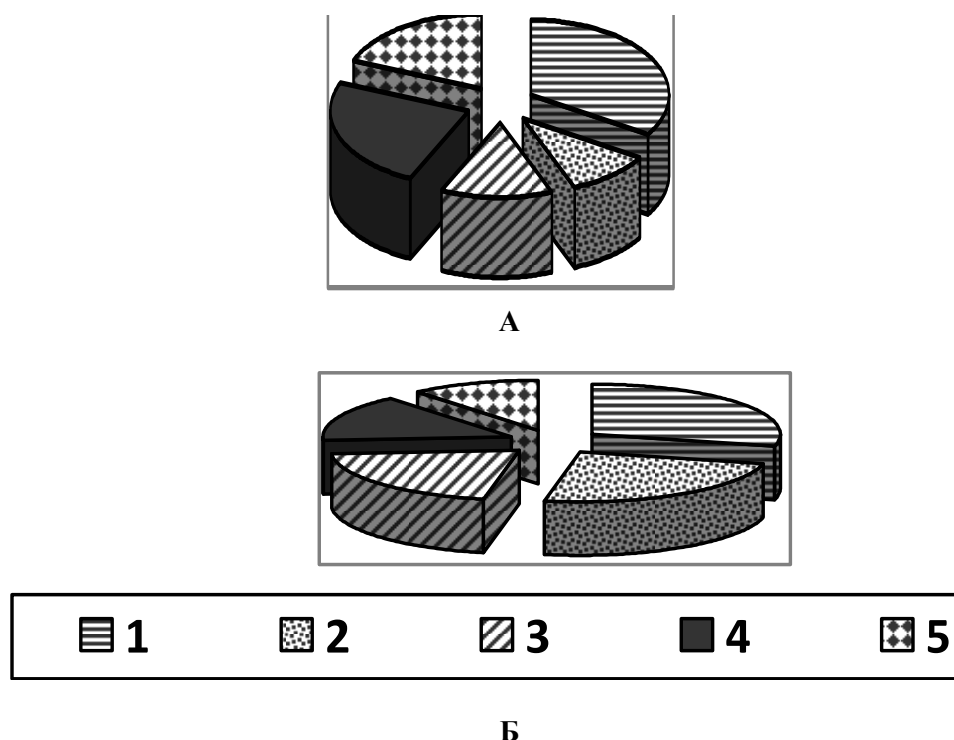


Рис. 1. Удельные веса факторов, определяющих состояние регуляторных систем организма у спортсменок в состоянии относительного покоя: А – первая группа; Б – вторая группа: 1- фактор центральной регуляции; 2- фактор вагусных влияний; 3- фактор активности сердечно-сосудистой системы; 4 - фактор гуморальной активности; 5 – фактор неустойчивых состояний.

В целом по всей группе состав этих факторов не изменился в процессе срочной адаптации к вестибулярным раздражениям, однако изменилось их процентное соотношение (рис. 1 и 2). Увеличился с 22% до 27% вес фактора вагусных влияний и с 12% до 16% фактора активности гуморального канала. Снизился с 19% до 11% вес фактора неустойчивых состояний. В тоже время увеличился с 13% до 20% вес фактора активности адаптационных механизмов, вес фактора централизации регуляторных механизмов практически не изменился. Это может свидетельствовать о незавершенности адаптации спортсменок к вестибулярным раздражениям.

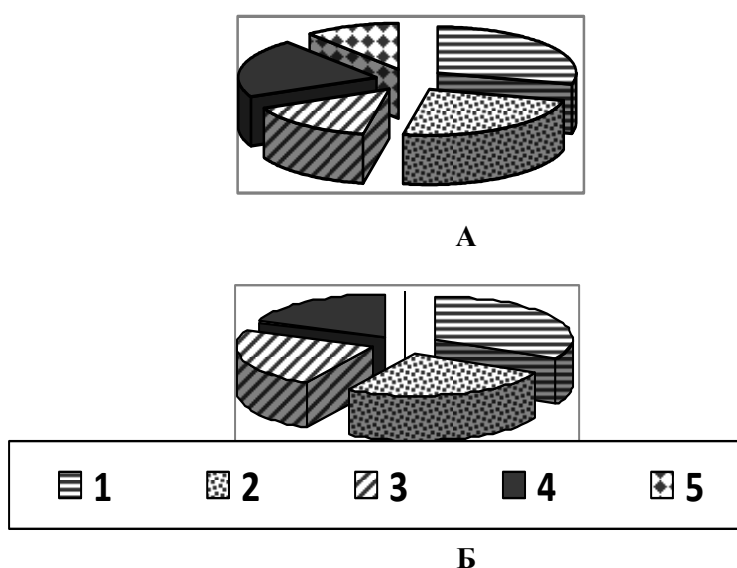


Рис. 2. Удельные веса факторов, определяющих состояние регуляторных систем организма у спортсменок в условиях вестибулярных раздражений: А – первая группа; Б – вторая группа: 1- фактор центральной регуляции; 2- фактор вагусных влияний; 3- фактор активности сердечно-сосудистой системы; 4 - фактор гуморальной активности; 5 – фактор неустойчивых состояний.

Факторный анализ показателей ВСР в условиях вестибулярных раздражений, выявил, что у спортсменок первой группы наблюдаются адаптивные изменения в соотношениях факторов, определяющих функциональное состояние регуляторных систем организма. По сравнению с состоянием покоя (рис. 1) снизился с 34% до 29% вес фактора централизации регуляторных процессов и с 19% до 11% вес фактора неустойчивых состояний, возрос с 10% до 24% вес фактора вагусных влияний (рис. 2). Эти данные свидетельствуют о наличии у спортсменок данной группы адекватной адаптивности и меньшей цены напряженности функционирования регуляторных систем организма [8].

У спортсменок второй группы факторный анализ выделил самых весомых четыре фактора из пяти, определяющие функциональное состояние регуляторных систем организма спортсменок в условиях вестибулярных раздражений (рис. 2). Для этой группы характерно, что отсутствует фактор неустойчивых состояний, что является благоприятным симптомом [9] и свидетельствует о повышении висцеральной устойчивости в условиях «угрозы» потери равновесия. Однако сохранившиеся при этом высокие веса факторов централизации регуляторных механизмов (33%) и активности адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы (23%) указывают на гиперреактивность срочной адаптации к вестибулярным нагрузкам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании анализа особенностей ВСР все обследованные спортсменки разделены на две группы. У спортсменок первой отмечается повышенная напряженность регуляторных процессов в организме, с преобладанием симпатических влияния. У спортсменок второй группы наблюдается сбалансированность симпатических и парасимпатических влияний и умеренное напряжение регуляторных систем организма.
2. Проведенный факторный анализ позволил выделить пять факторов, описывающих 88,2% изменений в распределениях кардиоинтервалов в состоянии относительного покоя и дал возможность определить структуру висцеральной устойчивости при вестибулярных раздражениях у спортсменок.
3. У спортсменок первой группы при вестибулярных раздражениях наблюдаются адекватные изменения в соотношениях факторов, определяющих функциональное состояние регуляторных систем организма, которые свидетельствуют о тенденции к устойчивости вегетативного баланса и менее выраженной напряженности функционирования регуляторных систем организма, однако присутствует фактор неустойчивых состояний.
4. У спортсменок второй группы отсутствует фактор неустойчивых состояний, что является благоприятным симптомом и свидетельствует о повышении устойчивости организма к вестибулярным раздражениям. Однако сохранившиеся при этом веса факторов централизации регуляторных механизмов и активности адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы указывают гиперреактивность срочной адаптации в связи с «угрозой» потери равновесия.
5. Полученные данные показывают, что вегетативная «цена» вестибулярной устойчивости спортсменок различна в своих компонентах механизмов регуляции ритма сердца.

Список литературы

1. Платонов В.Н. Адаптация в спорте / В.Н.Платонов. – К.: Здоров'я, 1988. –216 с.
2. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н.Платонов – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
3. Дембо А.Г. Спортивная кардиология: Руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский. – Л.: Медицина, 1989.-464с.
4. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.
5. Черкес Л.И. Факторы, определяющие функциональное состояние регуляторных систем организма у спортсменов на 10-12 сутки пребывания в условиях среднегорья / Л.И.Черкес, В.Н. Ильин и др. // Ученые записки ТНУ им. В.И. Вернадского. Симферполь.-2012, Т.25(64), №1.- С.244-252
6. 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.
7. Wilmore J.H. Physiology of sport and exercise / J.H.Wilmore, D.L.Costill. – Champaignn, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.

8. 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.–Р. 1043-1065.
9. Ильин В.Н. Применение теории ультрастабильных систем для оценки функционального состояния организма человека / В.Н. Ильин // УСиМ. – 2000. – N1. – С.14–19.

Савіна К.Д. Вегетативна регуляція і функцій ний стан мінусового вузлу у висококваліфікованих спортсменок в умовах вестибулярних подразнень / К.Д. Савіна, Г.Д. Сышко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 161-169.

Вивчено вплив вестибулярного подразнення на вегетативну регуляцію і функціональний стан синусного вузла у висококваліфікованих спортсменок. Обстежено 14 висококваліфікованих спортсменок, що спеціалізуються в бігу на 800м, 1500м, 3000с/п і 5000м. На підставі статистичного і факторного аналізу варіабельності серцевого ритму виявлені типологічні особливості функціонального стану синусного вузла, а також чинники, що визначають функціональний стан регуляторних систем вегетативної регуляції ритму серця в умовах спокою і вестибулярних подразнень. На підставі аналізу особливостей ВСР всі обстежені спортсменки розділені на дві групи. У спортсменок першою групи спостережали підвищену напруженість регуляторних процесів в організмі, з переважанням симпатичних впливи. У спортсменок другої групи спостерігається збалансованість симпатичних і парасимпатичних впливів і помірна напруга регуляторних систем організму. Проведений аналіз дозволив виділити п'ять чинників, що описують 88,2% змін в розподілах кардіоінтервалів в стані відносного спокою і дав можливість визначити структуру вісцелярної стійкості при вестибулярних подразненнях у спортсменок. У спортсменок першої групи при вестибулярних подразненнях спостерігаються адекватні зміни в співвідношеннях чинників, що визначають функціональний стан регуляторних систем організму, які свідчать про тенденцію до стійкості вегетативного балансу і менш вираженої напруженості функціонування регуляторних систем організму. У спортсменок другої групи відсутній чинник нестійких станів, що є сприятливим симптомом і свідчить про підвищення стійкості організму до вестибулярних роздратувань. Проте вага чинників централізації регуляторних механізмів і активності адаптаційних механізмів серцево-судинної системи, що збереглася при цьому, указує на гіперреактивність термінової адаптації до вестибулярних навантажень.

Ключові слова: вегетативна регуляція, кардіоритмографія, синусний вузол, спортсменки, вестибулярне подразнення.

VEGETATIVE ADJUSTING AND FUNCTIONAL BEING OF SINE KNOT AT HIGHLY SKILLED SPORTSWOMEN IN THE CONDITIONS OF VESTIBULAR IRRITATIONS

Savina K.D., Syshko G.D.

*Taurida National V.I. Vernadsky University, Simferopol, Crimea, Ukraine
E-mail: syshko@list.ru*

Research influence of vestibular irritation on the vegetative adjusting and functional being of sine knot at highly skilled sportswomen is studied. 14 highly skilled sportswomen specialized in at run on 800m, 1500m are inspected, 3000s/p and 5000m. On basis statistical and factor analysis of variability cardiac rhythm the tipologic features of the functional being of sine knot, and also factors determining the functional being of the regulator systems of the vegetative adjusting of rhythm of heart in the conditions of rest and vestibular irritations, are exposed. On basis analysis of the VSR features all inspected

sportswomen are parted on two groups. At sportswomen the promoted tension of regulator processes in an organism is marked the first, with predominance of simpatico influencing. The sportswomen of the second group have balanced of the simpatico and parasimpatico influencing and moderate tension of the regulator systems of organism. The conducted factor analysis allowed to select 5 factors describing 88,2% changes in distributing of cardio-interval in a state of relative rest and gave possibility to define the structure of visceral stability at the vestibular irritations at sportswomen. At the sportswomen of the first group at the vestibular irritations there are the adequate changes in correlations of factors, determining the functional being of the regulator systems of organism, which testify to the tendency to stability of vegetative balance and less expressed tension of functioning of the regulator systems of organism. At the sportswomen of the second group the factor of the unstable states is absent, that is a favorable symptom and testifies to the increase of stability of organism to the vestibular irritations. However much the weights of factors of centralization of regulator mechanisms and activity of adaptation mechanisms of the cardio-vessels system saved here specify hyper- reactivity of urgent adaptation to the vestibular loadings.

Key words: vegetative adjusting, cardio-rhythmo-graphic, sine knot, sportswomen, vestibular irritation.

References

1. Platonov V.N. Adaptaziy v sporte [Adaptation in Sport].-Kiev,1988.-216p.
2. Platonov V.N. Sistema podgotovki sportsmenjv v olimpiyskom sporte [Sistem of training sportsmen in Olympic Sport] Kiev: Olympic literature, 2004.-808p.
3. Dembo A.G. Zemcovski E.V. Sportivnay kardiologiy [Sport cardiology]. – L.: Medicine, 1989,-446p.
4. Antamonov M. U. Matematicheskay obrabotka I analiz medico-biologicheskikh danyh [Mathematical treatment and medico-biologic data analysis]. – K, 2006.-558p.
5. Cherkas L.I. Faktory opredelyushie funkzionalnoe sostoynie regulytorynyh system organizma u sportsmenov [Factors determining functional being of the regulator systems of organism at sportsmen]. Scientific messages Taurida National V.I. Vernadsky University. Simferjpol.- 2012, V.25(64),№.1.- P.244-252
6. 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.
7. Wilmore J.H. Physiology of sport and exercise / J.H.Wilmore, D.L.Costill. – Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.
8. 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.
9. Ilin V.N. Primenenie teorii yltrastabilnyh system dly ozenki funkzionalnogo sostoyniy organizma cheloveka [Application of theory of the ultra-stability systems for determination of the functional being of organism of man]. YSiM.-2000. - №1.- P.14-19

Поступила в редакцию 27.01.2014 г.