

УДК 612.017:612.16:796

## ЦИРКАДИАНЫЕ РИТМЫ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗКАХ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, Г.Н. Тер-Акопов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Ессентуки, Россия  
Для связи с авторами: E-mail: nauka@skfmba.ru

### Аннотация

**Цель исследований:** выявление особенностей ресинхронизации и синхронизации циркадианных (околосуточных) ритмов высококвалифицированных спортсменов при адаптации к интенсивным физическим нагрузкам в условиях среднегорья.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России в г. Кисловодске на горе Малое седло на высоте 1240 м в условиях учебно-тренировочных сборов спортсменов. У 360 высококвалифицированных спортсменов были исследованы параметры циркадианных ритмов ЧСС, показатели кардиореспираторной системы, вариабельность сердечного ритма.

**Результаты и обсуждение.** Проведенное исследование выявило достоверные 24 ч. ритмы ЧСС, что свидетельствует о выраженной ритмичности и отсутствии состояния десинхроноза. Параметры ритмов у спортсменов различных видов спорта значительно отличались. Амплитуда ЦР в большей степени определяется уровнем двигательной активности. Акрофазы ЦР ЧСС у спортсменов приходились на период с 13 до 17 ч. Более ранние акрофазы, как правило, сопровождались большей амплитудой и более высоким мезором ЦР.

Исследование циркадианных ритмов спортсменов с симптомами скрытого десинхроноза показало у них выраженную суточную ритмичность, но они отличались по параметрам ЦР ЧСС: мезору, амплитуде, акрофазе. Большие значения мезора и амплитуды разброса циркадианных ритмов ЧСС имели спортсмены с высоким артериальным давлением и индексом напряжения, меньшие значения – спортсмены с низким артериальным давлением и гипоксией.

**Заключение.** Большие физические нагрузки и пребывание в экстремальных условиях среды у высококвалифицированных спортсменов не вызывают нарушения ритмичности функций организма, а наоборот, способствуют проявлению большего диапазона функции.

Напряжение адаптационных процессов у спортсменов, выявляемое по отклонениям от нормы физиологических показателей, в период адаптации к среднегорью отражается на параметрах ритмов.

**Ключевые слова:** биологические ритмы, циркадианные ритмы, сердечный ритм, спортсмены, адаптация, десинхроноз.

### CIRCADIAN RHYTHMS OF HEART RATE OF ATHLETES FROM DIFFERENT SPORTS EXPERIENCING INTENSIVE TRAINING LOADS IN MIDDLE MOUNTAIN REGIONS

Iu.V. Koriagina, S.V. Nopin, G.N. Ter-Akopov

Federal State Budgetary Institution «North Caucasian Federal Research and Clinical Center under the Federal Medical Biological Agency», Essentuki, Russia

### Abstract

**The aim of the research:** to identify the characteristics of resynchronization and synchronization of circadian (daily) rhythms of elite athletes when adapting to intensive training loads in middle mountain regions.

**Materials and methods.** The studies were carried out at the Center for Biomedical Technologies of The Federal State Budgetary Institution «North Caucasian Research and Clinical Center under the Federal Medical Biological Agency» in Kislovodsk on the Maloe Sedlo [Small Saddle] Mountain at an altitude of 1240 m in terms of training camps for athletes. The study was focused on the investigation of parameters of circadian rhythms of heart rate, cardio-respiratory system parameters, and heart rate variability of 360 elite athletes.

**Results and discussion.** The study revealed accurate 24 hours heart rate rhythms, which indicates an obvious rhythmicity and the absence of desynchronization. The rhythm parameters of athletes in various sports differed significantly. The amplitude of the circadian rhythms is mostly determined by the level of motor activity. Acrophases of the circadian rhythms of the heart rate of athletes were recorded during the period from 13 to 17 h. Earlier acrophases, as a rule, were accompanied by a larger amplitude and a higher circadian rhythms mezor. The study of circadian rhythms of athletes with symptoms of latent desynchronization showed that they had obvious daily rhythmicity but different circadian rhythms parameters of the heart rate: mezor, amplitude, acrophase. Large values of mezor and amplitude of spread of circadian rhythms of heart rate were found in athletes with high blood pressure and stress index, while smaller values were found in athletes with low blood pressure and hypoxia.

**Conclusion.** Intensive training loads and extreme environmental conditions do not cause disturbance of the rhythm of the body functions of elite athletes. Moreover it contributes to the manifestation of a larger range of functions.

The strain of adaptation processes of athletes, detected by abnormal physiological indices is reflected in the parameters of rhythms during the adaptation to the middle mountain environment.

**Keywords:** biological rhythms, circadian rhythms, cardiac rhythm, athletes, adaptation, desynchronization.

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем прикладной физиологии и спортивной медицины является изучение механизмов адаптации к изменяющимся факторам внешней среды и физическим нагрузкам. Различные факторы эндогенной и экзогенной природы оказывают влияние на временную организацию человека, основными из них являются свето-темновой цикл и двигательная активность [1,2,3].

Механизм ритмичности функций организма направлен, с одной стороны, на адаптацию к условиям окружающей среды, с другой – на сохранение относительного постоянства своей внутренней среды. Образ жизни спортсменов, подразумевающий влияние множества различных факторов на их организм (переезды в новые климатикогеографические зоны со сменой высот обитания, наличие различных эколого-физиологических факторов, большие физические и психоэмоциональные нагрузки), требует сохранения биологической и психофизиологической надежности, варьирования фазами адаптации для поддержания адекватных состояний организма и спортивной результативности [2,5]. В связи с этим значительный интерес представляет изучение хронобиологических особенностей спортсменов при различных по направленности физических нагрузках, что позволит разработать и рекомендовать подходы к оптимальному планированию режима дня, нагрузки и отдыха у спортсменов различных видов спорта, а также выявить хронобиологические марке-

ры адаптации спортсменов к специфическим физическим нагрузкам.

Целью исследований являлось выявление особенностей ресинхронизации и синхронизации циркадианных (околосуточных) ритмов высококвалифицированных спортсменов при адаптации к интенсивным физическим нагрузкам в условиях среднегорья.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНKC ФМБА России в г. Кисловодске на горе Малое седло на высоте 1240 м в условиях учебно-тренировочных сборов спортсменов в ФГУП «Юг спорт». Были исследованы параметры циркадианных ритмов (ЦР) частоты сердечных сокращений (ЧСС), показатели кардиореспираторной системы, вариабельность сердечного ритма у спортсменов разных видов спорта с различными по структуре движениями и интенсивностью мышечной деятельности. Всего обследовано 360 спортсменов мужского и женского пола, возраст спортсменов – 16-30 лет, квалификация – КМС, МС, МСМК и ЗМС.

При организации хронобиологического исследования соблюдались основные правила планирования и проведения наблюдений. Измерения ЧСС проводились с помощью круглосуточного мониторингирования фитнес-трекерами Polar M 200. Polar M200 – водонепроницаемых часов со встроенным GPS,

оснащенных технологией считывания пульса с запястья. Polar M200 передает данные на веб-сервис Polar Flow, где их можно просмотреть и проанализировать (рисунок 1, Figure 1).

Для расчета биоритмов с фитнес-трекеров брались данные пульсограмм, предшествующих тренировочным занятиям. Для обработки хронобиологических данных применялся косинор-анализ, предложенный Ф. Халбергом [6] и реализованный нами в компьютерной программе Cosinor Ellipse 2006 [4].

Исследование параметров кардиореспираторной системы и ВСР спортсменов проводилось на аппаратно-программном комплексе (АПК) ESTECK System Complex (LD Technology, USA). Прибор включает биомпедансный сенсор, сенсор фотоэлектрической плетизмограммы (оксиметр), осцилометрический сенсор.

Анализировали параметры сатурации (насыщения крови кислородом), потребления кислорода, базовые ритмы RR интервалов ВСР, проводили временной и спектральный анализ интервалограммы, анализ пульсовой волны, параметров гемодинамики и артериальной жесткости.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Особенности ЦР и его параметров у спортсменов различных видов спорта

При исследовании ЦР ЧСС у спортсменов различных видов спорта по результатам косинор-анализа у всех спортсменов были выявлены достоверные 24 ч. ЦР ЧСС, что свидетельствовало о выраженной ритмичности и отсутствии состояния десинхроноза.

Однако у спортсменов различных видов спорта параметры ЦР ЧСС значительно отличались (таблица 1, Table 1). Наименьшие значения мезора ЦР ЧСС были выявлены у спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой, боксом, плаванием и футболом. Затем по мере увеличения мезора ЦР ЧСС следовали спортсмены, занимающиеся художественной гимнастикой, современным пятиборьем, волейболом и фехтованием на колясках. Наибольшие значения мезора ЦР ЧСС выявлены у тяжелоатлетов и каратистов.

Амплитуды разброса ЦР ЧСС были наименьшими у спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой, пулевой стрельбой, фехтованием на колясках, боксом (женщины), футболом и художественной гимнастикой. По мере увеличения амплитуд ритмов ЦР ЧСС следовали пятиборцы, боксеры (мужчины), пловцы и волейболисты. Наибольшие величины амплитуд ЦР ЧСС установлены у каратистов. По-видимому, амплитуда ЦР в большей степени определяется уровнем двигательной активности. Акрофазы ЦР ЧСС у спортсменов

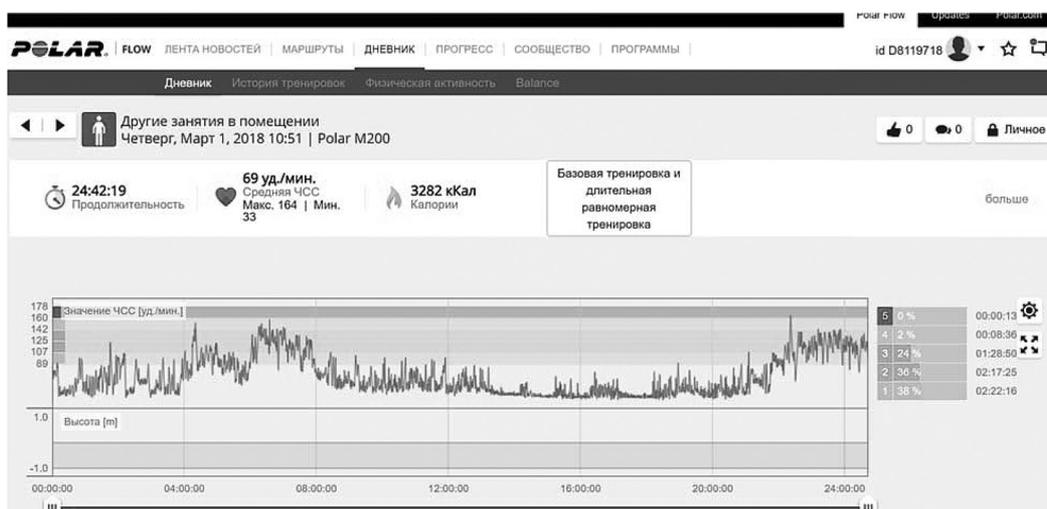


Рисунок 1 – Пример суточной динамики ЧСС спортсмена с программы Polar Flow, измеренной монитором сердечного ритма Polar M200 / Figure 1 – An example of the daily dynamics of an athlete's heart rate from the Polar Flow program measured by the Polar M200 heart rate monitor

**Таблица 1 – Параметры ЦР ЧСС у спортсменов различных видов спорта / Table 1 – Parameters of circadian rhythms of the heart rate of athletes in various sports**

Группы /Groups	Мезор, уд/мин / Mezor, beat/min	Амплитуда, уд/мин / Amplitude, beat/min	Акрофаза, ч. / Acrophase, h.
Тяжелая атлетика / Powerlifting	76	9	16
Пулевая стрельба, жен. / Shooting, fem.	69	9	17
Пулевая стрельба, муж. / Shooting, m.	67	8	17
Фехтование на колясках, жен. / Wheelchair fencing, fem.	74	11	16
Фехтование на колясках, муж. / Wheelchair fencing, m.	74	14	15
Современное пятиборье, жен. / Modern pentathlon, fem.	74	14	15
Современное пятиборье, муж. / Modern pentathlon, m.	71	17	17
Бокс, жен. / Boxing, fem.	68	11	16
Бокс, муж. / Boxing, m.	60	15	17
Волейбол, муж. / Volleyball, m.	74	17	13
Плавание, муж. / Swimming, m.	68	17	16
Плавание, жен. / Swimming, fem.	66	16	16
Футбол, муж. / Football, m.	65	11	16
Художественная гимнастика, жен. / Rhythmic gymnastics, fem.	70	11	18
Карате, жен. / Karate, fem.	82	22	15
Карате, муж. / Karate, m.	78	19	15

приходились на период с 13 до 17 ч. Более ранние акрофазы, как правило, сопровождались большей амплитудой и более высоким мезором ЦР.

Следовательно, характер мышечной деятельности играет большую роль в формировании ритмичности психофизиологических и физиологических функций организма. Условия внешней среды и половые различия являются менее значимыми.

#### **Биологические ритмы спортсменов с симптомами скрытого десинхроноза**

Хронический десинхроноз возникает при повторных рассогласованиях биологических ритмов с датчиками времени, например, при повторных трансмеридиональных перемещениях, сменной работе, нарушении времени отхода ко сну. Явный десинхроноз проявляется выраженными субъективными (плохой сон, раздражительность, снижение аппетита) и объективными (падение работоспособности, изменение артериального давления и характера пульса) реакциями. С течением времени явный десинхроноз купируется и организм переходит в состояние скрытого десинхроноза [3]. При исследовании параметров гемодинамики и ВСР у отдельных спортсменов при адаптации к условиям среднегорья были выявлены отклонения от физиологической нормы. Данные отклонения от физиологической нормы можно отнести к симптомам скрытого десинхроноза, в связи с чем данные спортсмены были отнесены в группы наблюдений (уже

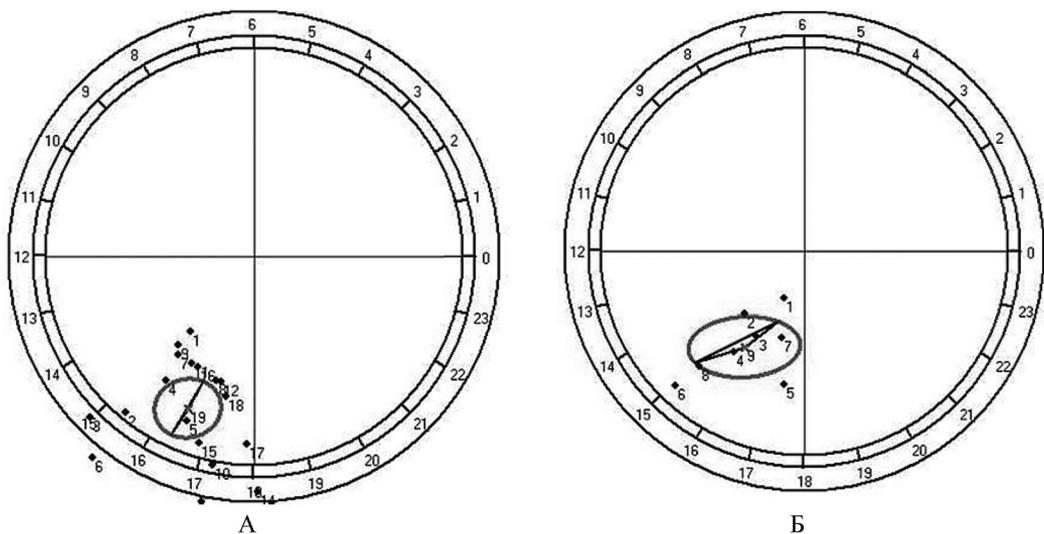
независимо от спортивной специализации и половой принадлежности) для выявления особенностей ЦР в условиях состояния напряжения адаптации, которое, как известно, может явиться начальной стадией различных патологических процессов.

Были сформированы 5 групп: 1 группа – спортсмены с высоким АД (АДс в покое более 130 мм рт. ст.); 2 группа – спортсмены с низким АД (АДс в покое менее 110 мм рт. ст.); 3 группа – спортсмены с гипоксией, показатели SpO<sub>2</sub> (сатурации) у них были менее 95%; 4 группа – спортсмены с высоким индексом напряжения регуляторных процессов (ИН) – более 150 усл. ед.; 5 группа – спортсмены с нарушением сна (ночное повышение ЧСС до 90 уд/мин. более 3 раз).

Анализ ЦР ЧСС у спортсменов данных групп показал наличие достоверного 24 ч. ЦР во всех группах (рисунки 2,3; Figure 2,3).

Однако, несмотря на выраженную суточную ритмичность у всех спортсменов с симптомами десинхроноза, они отличались по параметрам ЦР ЧСС: мезору, амплитуде, акрофазе (таблица 2, Table 2).

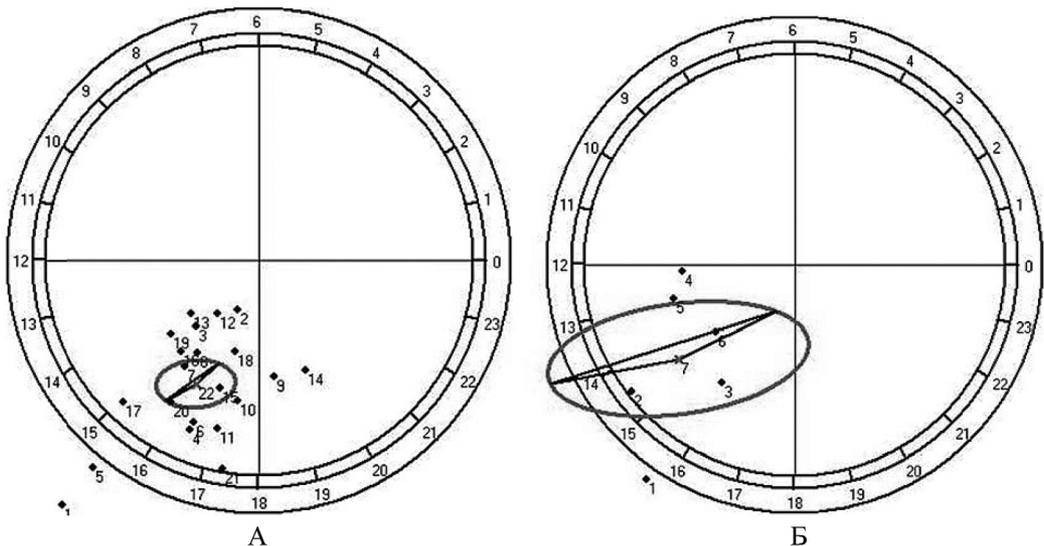
Большие значения мезора и амплитуды разброса ЦР ЧСС имели спортсмены с высоким АД и ИН, меньшие значения – спортсмены с низким АД и гипоксией. Акрофазы ЦР ЧСС у всех групп спортсменов приходились на 16 ч., кроме группы спортсменов с высоким ИН – акрофазы ЦР ЧСС приходились на 15 ч. Спортсмены с нарушением сна отличались



**Рисунок 2 – Косинор-диаграмма 24 ч. ЦР ЧСС у спортсменов А – с высоким артериальным давлением, Б – с низким артериальным давлением / Figure 2 – Kosinor diagram 24 h. circadian rhythm of the heart rate of athletes А – with high blood pressure, В – with low blood pressure**

высокими значениями мезора и низкой амплитудой 24 ч. ЦР ЧСС, что является признаком тахикардии и более низких адаптационных возможностей организма, акрофаза ритма приходилась на более позднее время – 17 ч. Следовательно, напряжение адаптационных процессов у спортсменов, выявляемое по отклонениям от нормы физиологических показателей, не вызывая десинхроноза, отражает-

ся на параметрах 24 ч. ЦР ЧСС, прежде всего амплитуде и мезоре. Напряжение адаптационных процессов при адаптации к условиям среднегорья и интенсивным физическим нагрузкам, часто относимое к симптомам скрытого десинхроноза, проявляется повышением мезора и амплитуды ритмов, т.е. проявлением большего диапазона функции организма, проявляющейся при адаптации. Нарушение



**Рисунок 3 – Косинор-диаграмма 24 ч. ЦР ЧСС у спортсменов А – с гипоксией, Б – с высоким индексом напряжения / Figure 3 – Kosinor diagram 24 h. circadian rhythm of the heart rate of athletes А – with hypoxia, В – with a high stress index**

**Таблица 2 – Параметры ЦР ЧСС у спортсменов с различными отклонениями функционального состояния / Table 2 – Parameters of circadian rhythm of the heart rate of athletes with various deviations of the functional state**

Группы / Groups	Мезор, уд/мин / Mezor, beat/min	Амплитуда, уд/мин / Amplitude, beat/min	Акрофаза, ч. / Acrophase, h.
Спортсмены с высоким АДс / Athletes with high BP	72	13	16
Спортсмены с низким АДс / Athletes with low BP	65	9	16
Спортсмены с гипоксией / Athletes with hypoxia	68	11	16
Спортсмены с высоким ИН / Athletes with high SI	75	15	15
Спортсмены с нарушением сна / Athletes with sleep disturbances	81	9	17

сна сопровождалось повышением мезора и снижением амплитуды разброса ЦР, т.е. снижением экономизации и диапазона функции организма. В данном исследовании принимали участие спортсмены самой высокой квалификации, и выявленная в исследовании хорошая ритмичность и высокие адаптационные способности у них связаны с процессами долговременной адаптации к физическим нагрузкам. У спортсменов более низкой квалификации высокие физические нагрузки, как было показано в более ранней работе, и их сочетание с условиями среднегорья могут не способствовать синхронизации функций организма.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Характер физической нагрузки и уровень спортивной квалификации оказывают значительное влияние на ритмичность функций организма.

2. Большие физические нагрузки и пребывание в экстремальных условиях среды у высококвалифицированных спортсменов не вызывают нарушение ритмичности функций организма, а наоборот, способствуют проявлению большего диапазона функции, в данном случае сердечной мышцы.

3. Напряжение адаптационных процессов у спортсменов, выявляемое по отклонениям от нормы физиологических показателей, в период адаптации к среднегорью не вызывает нарушение ритмичности физиологических процессов, но отражается на параметрах ЦР ЧСС. Выявление ритмичности основных функциональных систем организма человека при адаптации к мышечной деятельности и условиям среды позволяет расширить современные представления об адаптационных процессах и определить основные направления и способы повышения резервных возможностей человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян, Н.А. Влияние природно-климатических факторов Кисловодска на систему крови в различные сезоны года / Н. А. Агаджанян, Л. И. Игнатьев, И. В. Радыш // Хронобиология и хрономедицина: Руководство. – М.: ООО Медицинское информационное агентство, 2012. – С. 191-205.
2. Агаджанян, Н. А. Биоритмы, среда обитания, здоровье / Н. А. Агаджанян, И. В. Радыш. – М.: РУДН, 2013. – 362 с.
3. Алякринский, Б. С. Закон циркадианности и проблема десинхроноза / Б. С. Алякринский // Проблемы хронобиологии, хронопатологии, хронофармакологии и хрономедицины. – Уфа: БГМИ, 1985. – Т. 1. – С. 6-7.

## REFERENCES

1. Agadzhanian, N.A. L. I. Ignatiev, I. V. Radysh [The influence of natural and climatic factors of Kislovodsk on the blood system in different seasons] Khronobiologiya i khronomeditsina: Rukovodstvo [Chronobiology and chronomedicine: Handbook]. Moscow, OOO Medical Information Agency Publ, 2012. pp. 191-205.

4. Корягина, Ю. В. Разработка автоматизированных систем диагностики и анализа различных компонентов подготовленности спортсмена / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин, В. А. Блинов, О. А. Блинов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 8. – С. 101-104.
5. Салова, Ю. П. Суточная ритмичность показателей систем вегетативного обеспечения лыжников-гонщиков / Ю. П. Салова, Ю. В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011. – № 8. – С. 21-26.
6. Halberg F. Some aspects of biological data analysis and transverse profiles of rhythms / F. Halberg // Circadian clocks. – Amsterdam etc., 1965. – P. 675-725.

2. Agadzhanian, N.A., Radysh I.V. Bioritmy, sreda obitaniia, zdorove [Biorhythms, habitat, health]. Moscow, RUDN Publ., 2013. - 362 p.
3. Aliakrinskii, B.S. Zakon tsirkadiannosti i problema desinkhronoza [Circadian law and the problem of desynchronization] Problemy khronobiologii, khronopatologii, khronofarmakologii i khronomeditsiny [Problems of chronobiology, chronopathol-

- ogy, chronopharmacology and chronomedicine]. Ufa, BGMI Publ., 1985. - vol. 1, pp. 6-7.
4. Koriagina, Iu. V., Nopin S. V., Blinov V. A., Blinov O. A. [Development of automated systems for diagnostics and analyzes of various components of athlete's fitness] *Teoriia i praktika fizicheskoi kultury* [Theory and practice of physical culture]. 2015, no. 8, pp. 101-104.
  5. Salova, Iu. P., Koriagina Iu. V. [Daily rhythmicity of parameters of the systems of vegetative support of skiers-racers] *Lechebnaia fizkultura i sportivnaia meditsina* [Therapeutic physical training and sport medicine]. 2011, no. 8, pp. 21-26.
  6. Halberg F. [Some aspects of biological data analysis and transverse profiles of rhythms Circadian clocks]. Amsterdam etc., 1965, pp. 675-725.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

Корягина Юлия Владиславовна (Koriagina Julija Vladislavovna) - доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий; ФГБУ СКФНKC ФМБА России; 357600, г. Ессентуки, ул. Советская, 24; nauka@skfmba.ru; ORCID: 0000-0001-5468-0636.

Нопин Сергей Викторович (Nopin Sergej Viktorovich) - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий; ФГБУ СКФНKC ФМБА России; 357600, г. Ессентуки, ул. Советская, 24; e-mail: work800@yandex.ru; ORCID ID 0000-0001-9406-4504.

Тер-Акопов Гукас Николаевич (Ter-Akopov Gukas Nikolaevich) - кандидат экономических наук, генеральный директор; ФГБУ СКФНKC ФМБА России; 357600, г. Ессентуки, ул. Советская, 24; e-mail: sk@fmbamail.ru; ORCID ID 0000-0002-7432-8987.

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Корягина Ю.В., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н. Циркадианные ритмы частоты сердечных сокращений у спортсменов различных видов спорта при интенсивных тренировочных нагрузках в условиях среднегорья / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин, Г.Н. Тер-Акопов // *Наука и спорт: современные тенденции.* – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 53-59

**FOR CITATION**

Koriagina Iu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. Circadian rhythms of heart rate of athletes from different sports experiencing intensive training loads in middle mountain regions. *Science and sport: current trends*, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 53-59 (in Russ.)