

## СПОРТИВНАЯ ТРЕНИРОВКА КАК ПЕЙСМЕКЕР БИОЛОГИЧЕСКИХ ЧАСОВ ЧЕЛОВЕКА

Целью данной работы явился анализ существующих гипотез и собственных экспериментальных данных для определения роли физической нагрузки в качестве одного из пейсмекеров циркадианных часов организма человека. Как известно, механизм ритмичности функций организма направлен с одной стороны на адаптацию к условиям окружающей среды, с другой - на сохранение гомеостаза. Принцип построения спортивной тренировки также основан на феномене «биологического маятника». Чередование процессов утомления и восстановления вызывает кумулятивный эффект и рост работоспособности спортсмена. Согласно представленным данным спортивная тренировка определенной направленности способствует формированию специфической ритмической организации. Это дает основания считать ее одним из пейсмекеров циркадианных ритмов организма человека.

**Ключевые слова:** *пейсмекер, спорт, тренировка, биологические ритмы, тренировка, спортивная работоспособность, хронобиология.*

Koryagina Y. V. \*

## PHYSICAL TRAINING AS A PACEMAKER OF HUMAN BIOLOGICAL CLOCK

The aim was to analyze existing hypotheses and our own experimental data to determine the role of exercises as one of the circadian clocks pacemaker of a human body. As we know, the body rhythmic function mechanism is intended to adapt to the surrounding environmental conditions, on one hand, and on the other hand, to maintain homeostasis. The principle of training is also based on the «biological balance» phenomenon. The alternation of fatigue and recovery has a cumulative effect and it increases athlete performance. It is reported that training of a certain direction contributes to a specific rhythmic organization. This gives grounds to consider it one of the pacemakers of the human body circadian rhythms.

**Keywords:** *pacemaker, sports, training, biological rhythms, exercise, athletic performance, chronobiology.*

\* E-mail: koru@yandex.ru

Движение человека по кривой его существования предполагает гетерохронность и неравномерность функционирования различных структур его организма [7]. Временная организация биологической системы или биологические часы образуется совокупностью всех ее ритмических процессов, взаимодействующих и согласованных во времени между собой и с изменяющимися условиями среды [17; 18]. Ведущая роль во временной организации принадлежит циркадианным или околосуточным ритмам. В настоящее время известно, что в происхождении ритмов играют роль как эндогенные, так и экзогенные факторы. Последние выполняют роль

подсказок или временных ориентиров. Синхронизация ритмов осуществляется благодаря наличию специальных управляющих структур - водителей ритма, так называемых пейсмекеров.

Существуют различные гипотезы происхождения ритмов. Большинство исследователей отдает предпочтение мультиосцилляторной модели [1; 4; 5; 6; 25; 26; 28]. Согласно данной модели циркадианная система состоит не менее чем из двух взаимодействующих между собой осцилляторов, обозначенных как «Х» и «У» [28]. Предполагается, что «У» – осциллятором являются супрахиазматические ядра переднего гипоталамуса, локализация «Х»

- осциллятора не установлена. В свете современных представлений супрахиазматические ядра – это комплекс двух возможно более взаимосвязанных осцилляторов: левый запускается светом, а правый – наступлением темноты [26]. Роль нейроэндокринного трансдуктора, передающего сигналы главного ритмоводителя на периферию, играет эпифиз. Фоторецепторы глаза выполняют роль регуляции циркадианных ритмов, реагируя на суточные изменения освещенности [1].

Исходя из результатов наших исследований [9; 12; 13; 14] можно предположить, что определенным внешним фактором или ориентиром для биологических ритмов человека может являться не только светотемновой цикл, но физическая нагрузка. При этом эндогенными пейсмекерными свойствами должны обладать помимо фоторецепторов возможно проприорецепторы двигательной сенсорной системы и висцеральные рецепторы, реагирующие на изменение давления, биохимических свойств крови и т.д.

*Цель исследования:* Провести анализ существующих гипотез и собственных экспериментальных данных для определения роли физической нагрузки в качестве одного из пейсмекеров циркадианных часов организма человека.

**Организация и методы исследования.** Осуществлялись поиск и сбор источников информации, а также экспериментальные хронобиологические исследования. При этом определялись циркадианные ритмы психофизиологических показателей с помощью компьютерной программы «Исследователь временных и пространственных свойств человека» (116 человек) [10] и циркадианные ритмы центральной и периферической гемодинамики и системы внешнего дыхания у 70 испытуемых. При изучении циркадианных ритмов параметры регистрировались трое суток подряд, пять раз в течение дня: в 7, 11, 15, 19, 23 часа. Для обработки хронобиологических данных применялся Косинор-анализ. Расчетные данные Косинор-анализа получали с помощью компьютерной программы

«Cosinor-Analysis 2.4 for Excel 2000/XP» [23]. Графическое представление данных Косинор-анализа с построением доверительных интервалов осуществлялось с помощью компьютерной программы «Cosinor Ellipse 2006» [11].

Статистическая обработка включала в себя вычисление средней арифметической, коэффициента корреляции Спирмена, факторный анализ. Обработка данных производилась с помощью программы Statistica V.6.

**Результаты и их обсуждение.** Для исследования особенностей ритмической организации психофизиологических процессов, а также выявления возможного влияния различных факторов на данную организацию и наиболее оптимального деления всех испытуемых на группы был проведен факторный анализ переменных. При проведении факторного анализа в качестве факторов выбраны следующие переменные (характеристики): принадлежность к определенному виду спорта (или отсутствие занятий спортом), половые различия, тип вегетативной регуляции, уровень психической напряженности, сложность дерматоглифического узора и профиль сенсомоторной функциональной асимметрии.

Было установлено, что наиболее значимыми факторами у обследованных лиц являются принадлежность к определенному виду спорта (или отсутствие занятий спортом) и половые различия. Вторым по значимости фактором являются тип вегетативной регуляции и уровень психической напряженности.

Исследования ритмической организации психофизиологических показателей спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, показало [12; 14], что у спортсменов при занятиях определенным видом спорта формируется высоко адаптивная функциональная система с определенными высоко специализированными психофизиологическими особенностями (табл. 1, 2). Это согласуется с данными теории адаптации и учении о функциональной системе [2; 15; 20; 21; 22].

Таблица 1 – Ритмическая организация психофизиологических показателей у лиц, не занимающихся спортом, (n=186)

Показатели	Период, ч	Мезор± ошибка	Амплитуда	Акрофаза, ч. мин
Время простой сенсомоторной реакции на звук (с)	24	0,33 ± 0,00	0,01 (0,01 ÷ 0,03)	15,35 (11,24 ÷ 20,36)
Время реакции выбора (с)	24	0,35 ± 0,01	0,02 (0,01 ÷ 0,04)	16,10 (12,55 ÷ 20,45)
Величина ошибки (в %), допущенная при узнавании углов	24	0,98 ± 0,14	0,47 (0,01 ÷ 0,94)	17,37 (12,35 ÷ 23,36)

Примечание: мезор и амплитуда представлены в тех единицах измерения, которые указаны для каждого показателя.

Таблица 2 – Ритмическая организация психофизиологических показателей у легкоатлетов, (n=186)

Показатели	Период, ч	Мезор± ошибка	Амплитуда	Акрофаза, ч. мин
Время простой сенсомоторной реакции на свет	24	0,27 ± 0,01	0,03 (0,01 ÷ 0,05)	15,50 (12,30 ÷ 19,55)
Время простой сенсомоторной реакции на звук (с)	24	0,32 ± 0,01	0,03 (0,01 ÷ 0,06)	14,30 (11,45 ÷ 21,00)
Время реакции на движущийся объект (с)	24	0,17 ± 0,01	0,05 (0,02 ÷ 0,07)	18,53 (15,20 ÷ 21,33)
Время реакции выбора (с)	24	0,30 ± 0,01	0,04 (0,02 ÷ 0,06)	17,38 (14,19 ÷ 21,10)
	14	0,32 ± 0,01	0,03 (0,02 ÷ 0,06)	1,42 (0,20 - 8,00)
Индивидуальная минута (с)	24	57,78 ± 1,11	3,36 (1,04 ÷ 6,84)	5,50 (2,15 ÷ 10,45)
Величина ошибки (в %), допущенная при оценивании отрезков	14	16,80 ± 0,78	5,26 (0,69 ÷ 10,18)	4,37 (2,55 ÷ 11,50)
Величина ошибки (в %), допущенная при отмеривании отрезков	24	18,13 ± 1,92	4,22 (1,30 ÷ 11,39)	4,38 (1,27 ÷ 10,58)
Величина ошибки (в %), допущенная при оценивании углов	14	14,87 ± 1,73	5,26 (1,04 ÷ 10,46)	21,00 (14,08 ÷ 23,20)
Величина ошибки (в %), допущенная при узнавании углов	24	1,16 ± 0,28	0,65 (0,12 ÷ 1,35)	18,50 (14,00 ÷ 23,28)
	14	1,22 ± 0,27	0,66 (0,15 ÷ 1,98)	4,31 (1,52 ÷ 11,58)

Примечание: мезор и амплитуда представлены в тех единицах измерения, которые указаны для каждого показателя.

Ритмическая организация психофизиологических показателей спортсменов отличается от лиц, не занимающихся спортом, и представлена суточными, ультрадианными 14 часовыми и инфрадианными 30 часовыми ритмами (табл. 1, 2). Ритмическая организация показателей восприятия времени и пространства у лиц, не занимающихся спортом, представлена только суточными ритмами, у спортсменов циклических динамических ви-

дов спорта помимо суточных имеются ультрадианные 14 часовые ритмы, у спортсменов ситуационных видов спорта – инфрадианные 30 часовые ритмы, а у спортсменов силовых видов спорта и ультрадианные 14 часовые, и инфрадианные 30 часовые ритмы.

Выраженная ритмическая организация психофизиологических показателей сопровождается выраженной ритмической организацией основных показателей работы

сердца и системы внешнего дыхания. Их синхронизация создает внутреннюю временную упорядоченность и является критерием оптимальной работоспособности биологической системы.

Аналогичные данные получены и в другом нашем исследовании ритмичности физиологических функций лыжников [13; 19]. Было выявлено, что ритмическая организация показателей основных показателей систем организма у лыжников более выражена, чем у студентов, не занимающихся спортом.

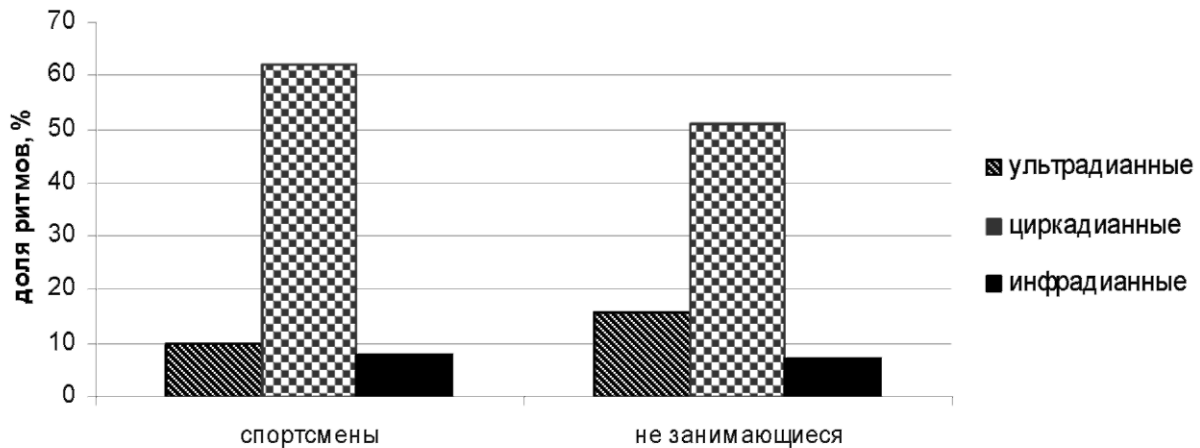


Рисунок 1 – Распределение ритмичности у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом [13]

В спектре достоверных ритмов хронобиологическая картина систем вегетативного обеспечения спортсменов представлена следующим ритмическим ансамблем: циркадинные ритмы с периодом 24 часа – 62 %, ультрадианные с периодом 14 - 16 часов – 10 %, инфрадианных с периодом 30 часов – 8 %. Группа лиц, не занимающихся спортом, характеризовалась следующими особенностями: доля ультрадианных ритмов с периодом 14-16 часов составляла 13 %, инфрадианных 30 часовых – 7 % и циркадианных 24 часовых ритмов – 51 %. Система временной организации физиологических функций юношей и девушек, не занимающихся спортом, находилась в состоянии напряжения, о чем свидетельствовало относительное возрастание доли ультрадианных частот над инфрадианными (13 % и 7 %). Преобладание доли ультрадианных ритмов во временной организации свидетельствует о поиске адаптации путем сокращения величины периодов. Наблюдалось отсутствие синхронизации акрофаз ритмов большинства показателей между собой [13; 19].

При групповом анализе биологических ритмов физиологических функций было установлено, что у лыжников 80 % ритмов достоверны, у группы лиц, не занимающихся спортом – 71 % достоверных ритмов от общего числа анализируемых показателей. Показатели систем вегетативного обеспечения мышечной деятельности лыжников имеют в своей структуре ультрадианные ритмы с периодом 14 часов, циркадианные ритмы с периодом 24 часа и инфрадианные ритмы с периодом 30 часов (рис. 1).

В обоих исследованиях спортсмены характеризовались выраженной ритмической организацией систем организма, лимитирующих спортивную работоспособность, их синхронизацией между собой и с внешним датчиком времени.

В похожем исследовании ученые отдела физиологии высшей школы медицины университета Хоккайдо (Япония) показали, что пейсмекером для биологических часов у млекопитающих, включая человека, является не только яркий свет, но и физическая активность [33]. Они выявили фазосдвигающие эффекты физических упражнений. Запланированные физические упражнения в периоде бодрствования способствовали увеличению мелатонина в плазме. Регулярные физические упражнения также способствовали большей выраженности циркадианных ритмов.

По мнению ученых [8; 16] выраженность суточной периодичности может рассматриваться как свидетельство способности приспособливаться к чередованию света - темноты, бодрствования – сна. На наш взгляд

причиной выраженной суточной ритмичности различных систем организма спортсменов может являться выступающая в роли пейсмекера вместо свето-темнового цикла собственно сама физическая нагрузка.

Исходя из представлений К. В. Судакова [21; 22] увеличение количества ритмичных показателей, а также их большая синхронизация является одним из критериев достижения системой оптимального состояния и наилучшей адаптоспособности. На основе представлений о норме резонансного взаимодействия, являющегося многокритериальным параметром биоритма [3], можно судить о функциональной системе лиц, не занимающихся спортом, как о находящейся в состоянии физиологического десинхрониза; а у спортсменов - как об оптимизированной и обладающей большими адаптационными возможностями. Это достигается именно пейсмекерной ролью двигательной активности.

Следовательно, тренировочный процесс и его направленность, изменяя функциональные и морфологические особенности организма [15; 20; 32], одновременно обладая пейсмекерными свойствами вызывает изменения структуры циркадианной организации организма человека [12; 13; 14; 29; 31; 33].

«Настройка биологических часов» и обеспечение, таким образом, оптимальной работоспособности спортсменов возможна также с помощью таких факторов, как сон [24; 27] и рациональное пищевое поведение [30]. Ученые из университета Калифорнии в своем обзоре сообщают, что в то время как циркадные часы регулирует несколько метаболических путей, наличие метаболитов и пищевое поведение в свою очередь регулируют циркадные часы [30].

**Заключение.** Таким образом, любой организм как колебательная система является носителем многочисленных ритмов. Биологические ритмы являются основой временной организации организма человека как биологической системы. Механизм ритмичности функций организма направлен с одной стороны на адаптацию к окружающим условиям окружающей среды, с другой - на сохранение относительного постоянства своей внутренней среды. Также в трениро-

вочной деятельности физическая нагрузка может выступать в качестве стрессора, вызывающего активную адаптационную реакцию, направленную на устранение сдвигов гомеостаза или его поддержания. Чередование этих реакций вызывает определенный кумулятивный эффект и рост работоспособности спортсмена. По-видимому, одновременно с этим физической нагрузкой (внешний пейсмекер) и реагирующими на нее структурами организма (проприорецепторы, висцеральные рецепторы и др.) задается определенный ритм деятельности как отдельным функциональным системам, так и всему организму человека. Спортивная тренировка определенной направленности способствует формированию специфической ритмической организации. Это дает основания считать спортивную тренировку одним из пейсмекеров циркадианских ритмов организма человека.

Выявление ритмичности основных функциональных систем и процессов организма человека при мышечной деятельности позволяет расширить современные представления о механизмах адаптации к мышечным нагрузкам и определить основные направления и способы повышения резервных возможностей систем организма с целью улучшения функционального состояния и работоспособности.

### Список литературы

1. Арушанян, Э. Б. Водитель циркадианного ритма – супрахиазматические ядра гипоталамуса как возможная мишень для психотропных средств / Э. Б. Арушанян // Экспериментальная и клиническая фармакология, 1998. – Т. 61. – № 3. – С. 67-73.
2. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – Москва : Медицина, 1997. – 236 с.
3. Губин, Г. Д. Хронобиологические исследования и их роль в оценке здоровья / Г. Д. Губин, Д. Г. Губин, Ф. Халберг // XIX съезд Физиологического общества им. И. П. Павлова : материалы съезда. – Екатеринбург, 2004. – С.70-72.
4. Замошина, Т. А. Участие супрахиазматических ядер гипоталамуса и

моноаминергических структур мозга в организации циркадианной системы млекопитающих / Т. А. Замощина, А. С. Саратиков // *Успехи соврем. биол.* – 2000. – Т. 120, № 2. – С. 137-145.

5. Замощина, Т. А. Электролитическое повреждение правого супрахиазматического ядра и циркадианные ритмы температуры тела и горизонтальной активности крыс в тесте «Открытое поле» / Т. А. Замощина, М. В. Мелешко, А. В. Матвиенко // *Бюллетень СО РАМН.* – №1 (111), 2004. – С. 68-72.

6. Замощина, Т. А. Супрахиазматические ядра, циркадные ритмы и режим освещения / Т. А. Замощина, М. В. Мелешко, А. В. Матвиенко // *Бюллетень сибирской медицины*, Т. 4. – 2005б. – Приложение 1. – С. 6.

7. Катинас, Г. С. Хронобиология на современном этапе / Г. С. Катинас, С. М. Чибисов // *Вестник РУДН.* – 2012. – № 7. – С. 123-124.

8. Комаров, Ф. И. Хронобиология и хрономедицина / Ф. И. Комаров, С. И. Рапопорт. – Москва : Триада-Х, 2000. – 488 с.

9. Корягина, Ю. В. Хронобиологическая характеристика подростков, юношей и девушек, развивающих силу и выносливость / Корягина Ю. В. // автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук / Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, 2000. – 22 с.

10. Корягина, Ю. В. Исследователь временных и пространственных свойств человека № 2004610221 / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин // *Программы для ЭВМ...* (офици. бюл.). – 2004. – № 2. – С. 51.

11. Корягина, Ю. В. Cosinor Ellipse 2006 № 2006611345 / Ю. В. Корягина, С. В. Нопин // *Программы для ЭВМ...* (офици. бюл.). – 2006. – № 3 (56). – С. 42.

12. Корягина, Ю. В. Хронобиологические особенности адаптации к занятиям различными видами спорта / Ю. В. Корягина // *Теория и практика физической культуры.* – 2010. – № 7. – С. 24-28.

13. Корягина, Ю. В. Биологические ритмы и адаптация к мышечной деятельности лыжников / Ю. В. Корягина, Ю. П. Салова. – Омск : Изд-во СибГУФК, 2013. – 148 с.

14. Корягина, Ю. В. Циркадианная ритмическая организация психофизиологических показателей спортсменов / Ю. В. Корягина // *Вестник РУДН.* – 2012. – №7. – С.132-133.

15. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – Москва : Медицина, 1988. – 225 с.

16. Моисеева, Н. И. Временная среда и биологические ритмы / Н. И. Моисеева, В. М. Сысуев – Ленинград : Наука, 1981. – 128 с.

17. Романов, Ю. А. Хронотопобиология как одно из важнейших направлений современной теоретической биологии / Ю. А. Романов // *Хронобиология и хрономедицина.* – Москва : «Триада-Х», 2000. – С. 9-24.

18. Романов, Ю. А. От хронобиологии к хронотопобиологии / Ю. А. Романов // *Вестник Рос. АМН.* – 2000. – № 8. – С. 8-11.

19. Салова, Ю. П. Ритмическая организация систем вегетативного обеспечения мышечной деятельности лыжников : автореф. дис. канд. биол. наук / Ю. П. Салова. – Челябинск, 2013. – 22 с.

20. Солодков, А. С. Адаптация в спорте: состояние, проблемы, перспективы / А. С. Солодков // *Физиология человека.* – 2000. – Т.26. – № 6. – С. 87-93.

21. Судаков, К. В. Системная организация функций человека: Теоретические аспекты / К. В. Судаков // *Успехи физиол. наук.* – 2000. – Т. 31. – № 1. – С. 1-17.

22. Судаков, К. В. Функциональные системы / К. В. Судаков. – Москва : Изд-во РАМН, 2011. – 320 с.

23. Шереметьев, С. Н. Травы на градиенте влажности почвы (водный обмен и структурно-функциональная организация) / С. Н. Шереметьев. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 271 с.

24. Calogiuri, G. Effects of Sleep Loss on the Rest-Activity Circadian Rhythm of Helpers Participating in Continuous Dogsled Races / G. Calogiuri, A. Weydahl, F. Carandente // *Biol Res Nurs* April 1. – 2014. – V. 16. – P. 123-133.

25. Dunlap, J. A new slice on an old problem / J. Dunlap // *Nature Neuroscience.* – 2000, № 3. – P. 305-306.

26. Jagota, A. Morning and evening circadian oscillations in the sprachiasmatic nucleus in vitro / A. Jagota, O. Iglesia, W. J. Schwartz // *Nature Neuroscience*, 2000. – № 3. – 305-306.
27. Jarraya, M. The Impact of Partial Sleep Deprivation on the Diurnal Variations of Cognitive Performance in Trained Subjects / M. Jarraya, S. Jarraya, H. Chtourou // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – V. 82. – 3 July 2013. – P. 392-396.
28. (Moore-Ede M. C.) Мур-Ид, М. Внутренняя временная упорядоченность / М. Мур-Ид, Ф. Салзмен // *Биологические ритмы в 2-х т.; Т.1.*; пер. с англ. – Москва : Мир, 1984. – С. 226-274.
29. Racinais, S. Different effects of heat exposure upon exercise performance in the morning and afternoon / S. Racinais // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. – 2010. – V. 20, №3. – P. 80-89.
30. Sahar, S. Regulation of Metabolism: The Circadian Clock dictates the Time / S. Sahar, P. Sassone-Corsi // *Trends Endocrinol Metab.* – Jan 2012. – V. 23(1). – P. 1-8.
31. Teo, W. Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation / W. Teo, M. J. Newton, M. R. McGuigan // *Journal of Sports Science and Medicine*. – 2011. – V. 10. – P. 600-606.
32. Wilmore, J. H. Physiology of Sport and Exercise / J. H. Wilmore, D. L. Costill. – *Human Kinetics*, 2004. – 726 p.
33. Yamanaka, Y. Effects of physical exercise on human circadian rhythms / Y. Yamanaka [et al.] // *Citation Sleep and Biological Rhythms*. – 2006. – V. 4(3). – Режим доступа свободный: <http://hdl.handle.net/2115/45263>. – Заглавие с экрана.