

## ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ЦИРКАСЕПТАННОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ-ПАРАШЮТИСТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Башкирева Т.В.<sup>1</sup>, Северин А.Е.<sup>2</sup>, Чибисов С.М.<sup>2</sup>, Башкирева А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», Рязань, Россия (390000, г. Рязань, ул. Свободы, д. 46), e-mail: bashkirevat@bk.ru, bashkireva32@gmail.com

<sup>2</sup> ГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8), e-mail: kalcna@mail.ru

В работе представлены лонгитюдные экспериментальные данные гендерных различий циркасептанного ритма variability сердечного ритма у спортсменов-парашютистов в экстремальных условиях с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард». Исследования проводились в естественных условиях. Выявлено, что у спортсменов-парашютистов в период соревнований имели место не циркасептантные, а циркадисептантные (около  $14 \pm 3$  сут.) ритмы. Полученные данные о когерентности показателей variability ритма сердца, в частности частотно-спектральные компоненты, свидетельствуют о том, что циркасептантные ритмы спортсменов-парашютистов подчиняются групповым ритмам, приобретают вид циркадисептантных и приходятся на батифазу, за исключением мужчин, у которых акрофаза выявлена только по спектру HF. Периодичность циркасептантных и циркадисептантных ритмов в условиях длительного стресса не связана с календарной неделей. В экстремальных условиях групповой профессиональной деятельности индивидуальные ритмы подчиняются групповым и представляют собой не циркасептантные ритмы, а циркадисептантные, с признаками, характерными для психоэмоционального напряжения, психологического стресса либо десинхроноза.

**Ключевые слова:** циркасептантный, циркадисептантный ритм, экстремальные условия, гендерные различия, variability сердечного ритма.

## SPORTSMEN-PARACHUTIST PHYSIOLOGICAL DATA CIRCASEPTAN RHYTHM OF GENDER DIFFERENCES IN EXTREME CONDITIONS

Bashkireva T.V.<sup>1</sup>, Severin A.E.<sup>2</sup>, Chibisov S.M.<sup>2</sup>, Bashkireva A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GBOU VPO «Esenin State university of Ryazan», (46, Svobodi str., Ryazan, Russia, 390000)  
e-mail: bashkirevat@bk.ru, bashkireva32@gmail.com

<sup>2</sup> GBOU VPO «Peoples Friendship University of Russia», (117198, 8, Mikluho-Maklaya str. Moscow), e-mail: kalcna@mail.ru

In the work experimental data of physiological data circaseptan rhythm gender differences related to sportsmen-parachutist heart rhythm variability in extreme conditions using "Varicard" device. Study are carried out in natural conditions. Set what during competitions sportsmen-parachutist have circadiseptan rhythms (app.  $14 \pm 3$  day). Received coherency of indexes heart rhythm variability data particularly frequently-spectral components shows what sportsmen-parachutists circaseptan rhythms subject to groupe rhythms and got view of circadiseptan with the transition on batiphase except men which acrophase detected only according HF spectrum. Circaseptan and circadiseptan rhythms periodicity in long stress condition is not connected with calendar week. In extreme conditions of groupe professional activity individual rhythms subject to groupe rhythms and are not circaseptan but circadiseptan with psycho-emotional stress, psychological stress or desynchronosis typical features

**Key words:** circaseptan rhythm, circadiseptan rhythm, extreme conditions, gender differences, heart rhythm variability.

### Введение

Любое биологическое явление, любая физиологическая реакция периодичны, функциональные системы организма являются ритмическими системами [1]. Развитию патологических состояний предшествует рассогласование биоритмов с последующими

информационными, энергетическими, обменными и структурными изменениями [1; 6; 7]. Возможность быстрого изменения частоты физиологических биоритмов обеспечивает приспособительные реакции – адаптацию организма к различным условиям жизнедеятельности [2].

Ф. Halberg (1964) выделил среди инфрадианных ритмов: циркасемисептанные (примерно  $3 \pm 0,5$  суток); циркасептанные (с периодом  $7 \pm 3$  сут.), циркадисептанные (с периодом  $14 \pm 3$  сут.), циркавигинтанные (с периодом  $21 \pm 3$  сут.), циркатригинтанные (с периодом  $30 \pm 5$  сут.), цирканнуальные (с периодом 1 год  $\pm 2$  мес.) [8; 9].

Адаптация человека к экстремальным условиям с выполнением комплекса сложных заданий в естественных условиях недостаточно исследована. Актуальность представляют гендерные различия физиологического состояния и адаптационные реакции у спортсменов-парашютистов в ситуации длительной нагрузки к быстро меняющимся экстремальным ситуациям [3; 5]. Гендер – это социальные роли, выполняемые мужчиной и женщиной в профессиональной или иной сфере социальных взаимодействий. Мужчины и женщины – спортсмены-парашютисты несут равную физическую нагрузку в равных условиях выполнения профессиональной деятельности.

**Цель исследования:** выявить гендерные различия циркасептанного ритма физиологических показателей у спортсменов-парашютистов в экстремальных условиях (соревнования).

### **Методы исследования**

В работе представлены лонгитюдные исследования (2005–2010 гг.) показателей variability сердечного ритма у спортсменов-парашютистов в возрасте от 18 до 56 лет. Замеры проводились по летнему времени (май–июнь) в естественных условиях на аэродроме между прыжками на протяжении кубковых, военных и международных соревнований (с понедельника по субботу) с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард», статистическим обеспечением – ISCIM6, продолжительностью записи – 5 минут.

В недельной динамике были изучены показатели гемодинамики по variability сердечного ритма у 102 спортсменов-парашютистов (всего выполнено 217 замеров: у мужчин – 112, у женщин – 105) с профессиональным уровнем кмс, мс, мсмк, змс, с количеством прыжков от 800 до 12000.

Данные обработаны с вычислением основных математических и статистических показателей. Рисунки выполнены в Excel с использованием аппроксимации полинома 3-й степени. Аппроксимацией называется подбор аналитической формулы  $y = f(x)$  для

установленной из опыта функциональной зависимости  $y = \varphi(x)$  [4]. Использование встроенных статистических функций рабочего листа Excel позволяет получать регрессии (линии тренда) непосредственно на основе исходных данных. Полиномиальная линия тренда используется для описания характеристик, имеющих несколько ярко выраженных экстремумов (максимумов и минимумов). При подборе линии тренда Excel автоматически рассчитывает значение величины  $R^2$  (коэффициент детерминации), которая характеризует достоверность аппроксимации (степень близости линии тренда к исходным данным): чем ближе значение  $R^2$  к единице, тем надежнее линия тренда аппроксимирует исследуемый процесс. С нашей точки зрения, рисунки физиологических показателей по вариабельности сердечного ритма, выполненные в аппроксимации полинома 3-й степени, наглядно и корректно показывают доминирующие физиологические процессы организма у спортсменов-парашютистов в течение недели соревнований.

### **Результаты исследования и обсуждение**

У мужчин и у женщин на протяжении соревнований наблюдался верхний порог нормы по показателю частоты сердечных сокращений (HR), достоверных различий между мужчинами и женщинами по данному показателю не выявлено. От начала к концу недели соревнований у мужчин и у женщин достоверно снизилась активность парасимпатического звена регуляции (RMSSD) автономной нервной системы ( $t=3,34 \div 2,54$ ;  $P<0,01$ ). Суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения (SDNN) как у мужчин, так и у женщин достоверно снизился к среде ( $t=3,57 \div 3,58$ ;  $P<0,01$ ), но увеличился к пятнице только у мужчин ( $t=2,45$ ;  $P<0,05$ ) (рис. 1).

У мужчин и у женщин – парашютистов в период соревнований показатели HR, RMSSD, SDNN когерентны. Когерентность (лат. *cohaerens* – «находящийся в связи») – скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени. Колебания когерентны, если разность их фаз постоянна во времени и при сложении колебаний получается колебание той же частоты [4]. Достоверность аппроксимации (выше 0,5–1) свидетельствует о гомеостатичности парасимпатического и симпатического звеньев регуляции.

У мужчин и у женщин – парашютистов показатель соотношения уровней активности центрального и автономного контуров регуляции (LF/HF) наблюдался высоким от начала до конца недели соревнований и сопровождался у мужчин энергодефицитом, а у женщин – постепенным увеличением метаболизма (VLF/HF). У мужчин-парашютистов в недельной динамике показатели LF/HF, IC, IARS, VLF/HF когерентны. У женщин же LF/HF, IC, IARS, VLF/HF когерентны в среду и пятницу, когда увеличивалась физическая, физиологическая,

психологическая нагрузка в период соревнований. В первый день соревнований (понедельник) у женщин отмечалось наибольшее эмоциональное напряжение, негативно влияющее на интегральный показатель функционального состояния (IARS) (рис. 1).

У всех обследованных показатель стресса (SI) достоверно выше нормированного, характеризующего рабочее состояние. У мужчин SI достоверно увеличивался от понедельника к среде ( $t=3,03$ ;  $P<0,01$ ), у женщин – от понедельника к пятнице ( $t=2,39$ ;  $P<0,05$ ). У мужчин показатель стресс-индекса достоверно выше, чем у женщин в середине соревнований ( $t=2,39$ ;  $P<0,05$ ).

Степень активности центрального контура регуляции (CC0) у мужчин-парашютистов в период соревнований достоверно ниже в среду, но выше в пятницу ( $t=4,55$ ;  $P<0,001$ ). У женщин достоверных различий по данному показателю не выявлено.

В целом в период соревнований автономный контур регуляции (CC1) у мужчин в течение недели достоверно выше, чем у женщин ( $t=3,18$ ;  $P<0,01$ ).

Суммарная мощность в недельной динамике спектра variability сердечного ритма (TP) достоверно выше нормы как у мужчин, так и у женщин. У мужчин TP достоверно снижался на соревнованиях к среде и увеличивался к пятнице ( $t=2,76\div 3,13$ ;  $P<0,01$ ). У женщин колебания этого показателя на протяжении недели соревнований не достоверны.

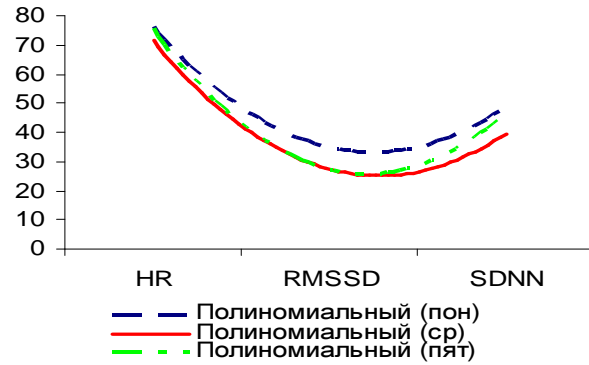
Суммарная мощность активности парасимпатического звена регуляции (HF  $mc^2$ ) постепенно снижалась к среде, у мужчин – к пятнице ( $t=2,45\div 2,69$ ;  $P<0,05\div 0,01$ ). У женщин активность HF достоверно снизилась в 2 раза ( $t=4,83$ ;  $P<0,001$ ) от понедельника к среде. Однако эти различия между мужчинами и женщинами – парашютистами не достоверны.

Из рисунка видно, что у мужчин-парашютистов к концу недели увеличивается плотность частотных компонентов, сглаживаются вариации спектров. Данное явление характерно для неустойчивой системы и указывает на степень мобилизации адаптивных процессов.

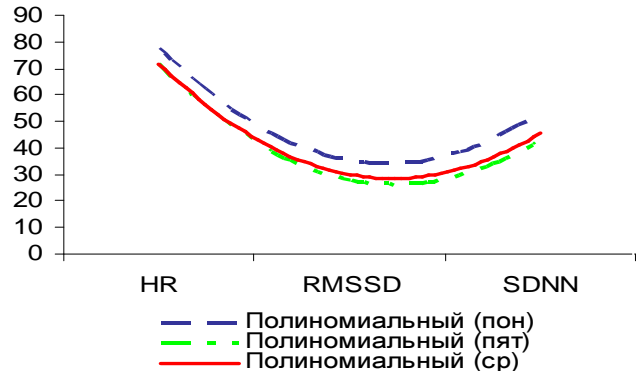
Активность вазомоторного центра (LF  $mc^2$ ) у мужчин-парашютистов увеличилась от понедельника к пятнице, достигая наибольших значений к среде, а у женщин – к среде снизилась. По стандартному отклонению LF ( $mc^2$ ) у мужчин и у женщин выявлен высокий уровень индивидуального размаха приспособительных реакций.

Суммарная мощность или активность симпатического звена регуляции (VLF  $mc^2$ ) у мужчин и у женщин снижалась к середине и увеличивалась к концу недели. Средний уровень активности очень низкочастотных влияний нейрогуморальной регуляции (VLF) связывают с влияниями надсегментарных отделов симпатического звена вегетативной регуляции.

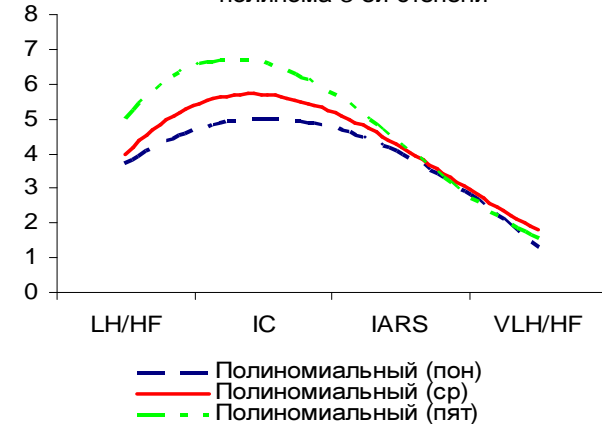
Недельная динамика HR, RMSSD, SDNN у мужчин парашютистов в аппроксимации полинома 3-ей степени



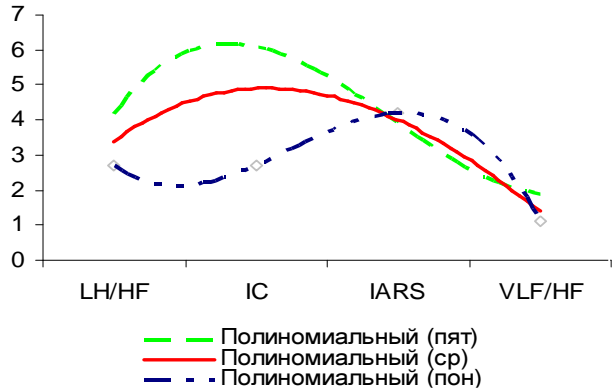
Недельная динамика HR, RMSSD, SDNN у женщин парашютисток в аппроксимации полинома 3-ей степени



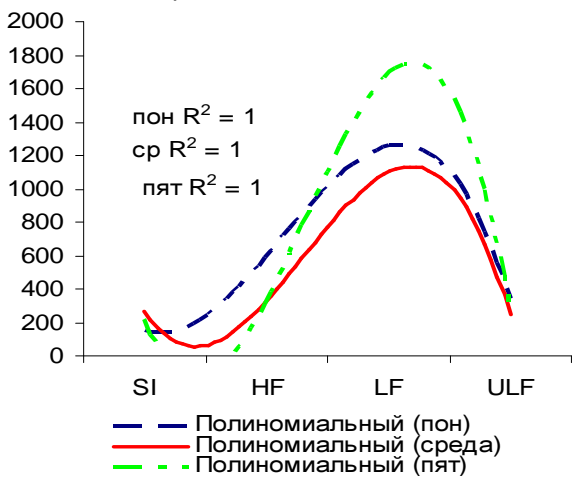
Недельная динамика LF/HF, IC, IARS, VLF/HF у мужчин в аппроксимации полинома 3-ей степени



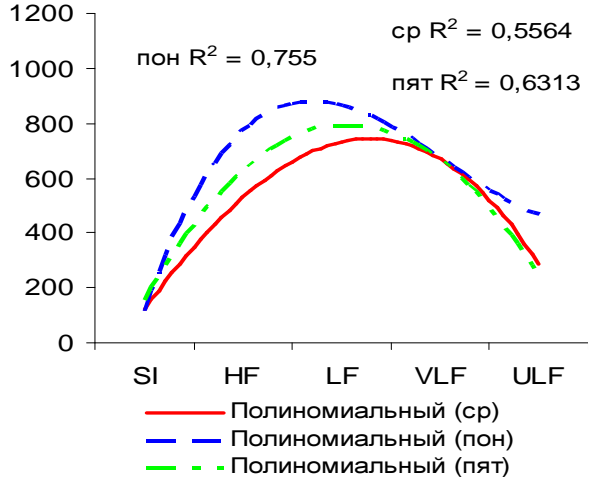
Недельная динамика LF/HF, IC, IARS, VLF/HF у женщин парашютисток в полиноме 3-степени



Недельная спектральная динамика у мужчин парашютистов в аппроксимации полинома 3-ей степени



Недельная спектральная динамика у женщин парашютисток в аппроксимации полинома 3-степени



**Рисунок 1. Циркасептаный ритм показателей variability ритма сердца у мужчин и у женщин – спортсменов-парашютистов в соревновательный период.**

Активность субкортикальных уровней регуляции (ULF мс<sup>2</sup>) или суммарная мощность высших вегетативных центров у мужчин достоверно снижалась от понедельника к среде в

период соревнований ( $t=3,39$ ;  $P<0,01$ ) и незначительно увеличивалась к концу. У женщин же, наоборот, ULF увеличивался к среде и снижался к пятнице.

Как у мужчин, так и у женщин не выявлено достоверных изменений среднего периода дыхательного цикла ( $HFt$   $мс^2$ ) на протяжении соревнований. Среднее время барорефлекторной реакции ( $LFt$   $мс^2$ ) у мужчин достоверно увеличилось от понедельника к пятнице ( $t=3,57$ ;  $P<0,001$ ). У женщин достоверных различий не выявлено.

У мужчин средний период ответа сердечно-сосудистого подкоркового центра ( $VLFt$   $мс^2$ ) достоверно снизился к среде и увеличился к пятнице ( $t=4,30$ ;  $P<0,001$ ). У женщин же наблюдалось постепенное снижение  $VLFt$  от понедельника к пятнице ( $t=2,50$ ;  $P<0,05$ ).

От понедельника к пятнице у мужчин достоверно увеличилось ( $t=2,91$ ;  $P<0,01$ ) среднее время нейрорефлекторного ответа субкортикальных уровней регуляции ( $ULFt$   $мс^2$ ), а у женщин, наоборот – снизилось ( $t=2,91$ ;  $P<0,01$ ).

Показатель активности регуляторных систем (IARS) соответствовал у мужчин и у женщин состоянию выраженного напряжения регуляторных систем, характеризующих недостаточность защитно-приспособительных механизмов.

В целом у мужчин-парашютистов к концу недели увеличилась плотность частотных компонентов, сгладились вариации спектров. Данное явление характерно для неустойчивой системы и указывает на степень мобилизации адаптивных процессов в различных системах организма (Николис Г., Пригожин И., 1979; Флейшман А.Н., 1999).

Результаты циркасептанного ритма частотно-спектральных компонентов в недельной динамике у спортсменов-парашютистов показали, что батифаза медленных колебаний гемодинамики у спортсменов-парашютистов приходится на период соревнований, наиболее интенсивной физической, психической и психологической нагрузки (табл. 1).

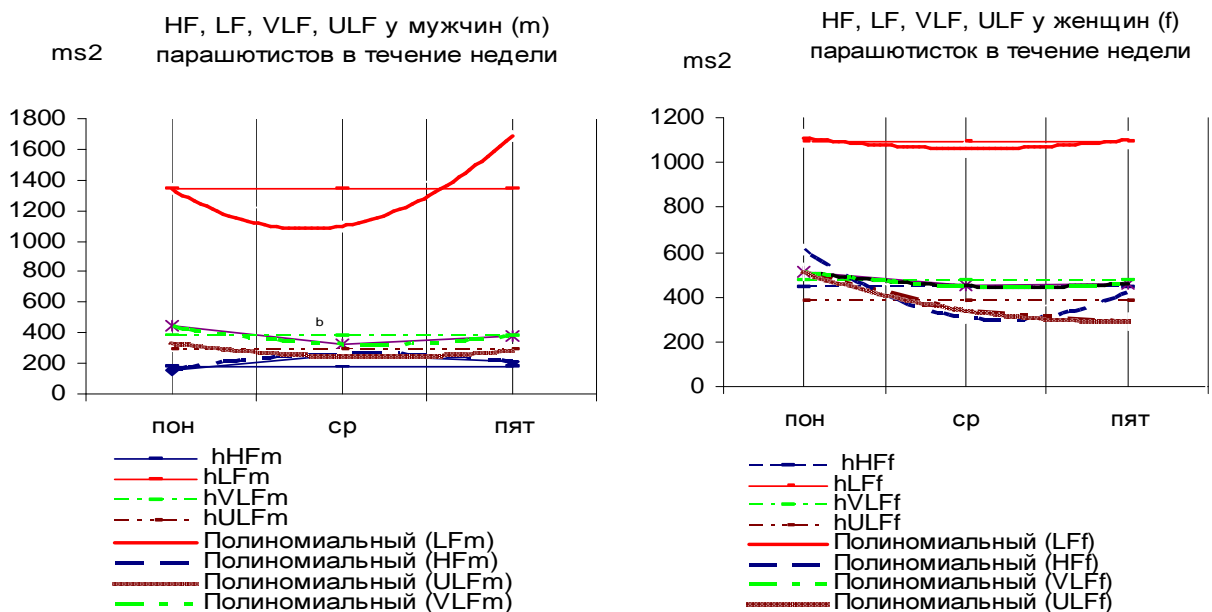
Акрофаза выявлена только у мужчин по показателю HF, максимальные значения которого отмечены в среду. Такая картина биоритмологических данных характерна для организма в условиях психоэмоционального напряжения, психологического стресса либо десинхроноза. Взаимопереход спектров частотных компонентов HF и ULF у мужчин-парашютистов отмечался в среду, HF, VLF, ULF – у женщин в понедельник, а HF и ULF – в четверг (рис 2).

В соревновательный период у мужчин и у женщин – военнослужащих спортсменов-парашютистов активизирована деятельность вазомоторного центра и достоверно превышает норму у мужчин до 1,4, а у женщин до 1,3 раза на протяжении соревнований.

**Таблица 1 – Биоритмологические показатели циркасептанного ритма у мужчин и у женщин – спортсменов-парашютистов**

Показатели	Мезор (h)		Батифаза		Недельный максимум	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
SI	211,6±42,5	180±20,5	158,9	155,7	262,6	205,9
HF	417±125,9	446±124	309	158,9	609,4	262,6
LF	1346±249	1092±20,6	1063	1098	1110,3	1687
VLF	385,6±46,7	473±27	511,1	329	448,6	443,2
ULF	286±37,0	380,6±93,0	293,7	243,9	509,1	334

Соответственно увеличивается контроль сердечно-сосудистого центра на гладкомышечные волокна сосудов, чувствительные к изменению величины артериального давления. Подтверждением этого является высокая скорость барорефлекторной реакции ( $LFt$   $мс^2$ ), больше увеличивающаяся у мужчин, чем у женщин. Известно, что активация симпатического отдела ВНС происходит во время стресса, физической нагрузки и снижается активность парасимпатического звена регуляции.



**Рисунок 2. Гендерные различия циркасептанного ритма частотно-спектральных компонентов у мужчин (m) и у женщин (f) – парашютистов.**

### Выводы

На протяжении соревнований как у мужчин, так и у женщин установлен нижний порог нормы симпатического звена регуляции (VLF%). Степень централизации управления ритмом сердца (IC) достигает на соревнованиях также нижнего порога нормы, что

увеличивает суммарный уровень активности регуляторных систем, свидетельствующий о значительных колебаниях артериального давления. Усиление симпатической регуляции сказывается на снижении до нижнего порога нормы суммарного эффекта вегетативной регуляции кровообращения (SDNN) и напряжении регуляторных систем (SI), подавляющих активность вагуса или автономного центра. Вместе с тем следует отметить когерентность показателей HR, RMSSD, SDNN у мужчин и у женщин – парашютистов на протяжении недели соревнований.

Полученные данные позволяют заключить, что у мужчин и у женщин – военнослужащих спортсменов-парашютистов в недельной динамике в период соревнований адаптационные реакции осуществляются за счет мощной активизации вазомоторного центра (LF, LF%). Прыжки совершались с высоты от 1000 до 2800 м. Время свободного падения составляло от 5 до 40 сек. со скоростью свободного падения от 40 до 100 м/сек., с резким переходом к торможению при раскрытии парашюта. В таком случае регуляция частоты сердечных сокращений, направленная, соответственно, на регуляцию артериального давления, осуществляется у спортсменов-парашютистов как по кратковременному, так и длительному механизмам стабилизации артериального давления, в зависимости от скорости свободного падения, длительности воздействия других стресс-факторов (скорость ветра,  $t^{\circ}\text{C}$  и давление воздуха, тип парашюта, условия площадки приземления и т.д.).

В целом адаптационные реакции к длительным соревновательным нагрузкам у мужчин протекают медленно с постепенной адаптацией всех центров регуляции ритмом сердца. У женщин адаптационные реакции протекают быстро, за счет активизации парасимпатического звена регуляции и психоэмоционального напряжения от середины к концу недели. Данные о соотношении активности парасимпатического и симпатического звена регуляции в течение недели свидетельствуют у мужчин – о постепенном нарастании активности симпатического звена регуляции от начала к концу недели в период соревнований. У женщин отмечается взаимопереход спектров управления ритмом – до середины недели активизировано симпатическое звено регуляции, во второй половине недели – парасимпатическое звено регуляции.

Нами установлено, что батифаза спектров частотных компонентов у спортсменов-парашютистов приходится на середину недели соревнований, в период наиболее интенсивной физической, психической и психологической нагрузки.

Лонгитюдные исследования показали, что у спортсменов-парашютистов в период соревнований имели место не циркасептанные, а циркадисептанные (около  $14 \pm 3$  сут.) ритмы. Полученные данные о когерентности показателей variability ритма сердца, в частности его спектрально-частотные характеристики, позволяют утверждать, что циркасептанные



ритмы спортсменов-парашютистов подчиняются групповым ритмам и приобретают вид циркадисептанных ритмов и приходится на батифазу, за исключением мужчин, у которых акрофаза выявлена только по спектру HF.

Подтвердилась точка зрения о том, что циркасептанные (околонедельные) ритмы представляют особый интерес. Их периодичность не связана с календарной неделей, циклически повторяемой, и может наблюдаться в многочисленных адаптивных и компенсаторных процессах [10].

Таким образом, можно утверждать, что выявленные гендерные различия характерны для лиц, занятых в групповой деятельности в условиях психоэмоционального напряжения, психологического стресса либо десинхроноза и представляют собой ритмы не циркасептанные, а циркадисептанные. Полученные гендерные различия взаимоперехода спектров частотных компонентов у спортсменов-парашютистов в недельной динамике соревнований подтвердили мнение Н.А. Агаджаняна (с соавт. 1999; 2007) о том, что в период адаптации осуществляется взаимопереход спектров физиологических ритмов, а гармоничное согласование достигается благодаря стремлению живого организма к синхронизации. Полученные сведения показали необходимость и актуальность глубоких исследований циркасептанных и циркадисептанных ритмов у лиц, занятых в групповой деятельности, сопряженной с экстремальными ситуациями или условиями.

### **Список литературы**

1. Агаджанян Н.А., Губин Г.Д., Губин Д.Г., Радыш И.В. Хроноархитектоника биоритмов и среда обитания. – М. ; Тюмень, 1998. – 166 с.
2. Агаджанян Н.А., Кислицын А.Н. Резервы организма и экстремальный туризм. – М., 2002. – 302 с.
3. Агаджанян Н.А., Башкирева Т.В., Северин А.Е., Семенов Ю.Н., Башкирева А.В., Валентонис А.С. Особенности адаптации к разнице в часовых поясах у военнослужащих спортсменов-парашютистов в условиях чемпионата мира // Технологии живых систем. – 2009. – № 6. – С. 30–33.
4. Анюронов А.М., Копытов Е.А., Гринглаз Л.Я. Теория вероятностей и математическая статистика. – СПб. : Питер, 2004. – 481 с.
5. Башкирева А.В., Чибисов С.М., Гази Халаби, Дрогова Г.М., Еремина И.З., Харлицкая Е.В. Гендерные различия биоритмологических характеристик циркадианного ритма у спортсменов-парашютистов в период соревнований // Междунар. журнал прикл. и фундамент. иссл. – 2011. – № 8. – С. 93–94.

6. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М. и др. Хроноструктура биоритмов сердца и факторов внешней среды. – М., Изд-во Росс. ун-та дружбы народов ; Полиграф сервис, 2002. – 232 с.
7. Парин В.В. Проблема прогнозирования и новые пути развития физиологической науки // Информ. матер. АН СССР. Сер. «Кибернетика». – М., 1970. – 1 (38). – С. 21–23.
8. Halberg F. Human circannual rhythms over a broad spectrum of physiological processes // Int. J. Chronobiol. – 1983. – Vol. 8. – № 4. – P. 225–268.
9. Halberg F., Cornelissen G., Cardandente A. et al. Chronobiologic perspective of intensive health care reform for the future of children // Chronobiology laboratories of Minnesota, Minneapolis, Minnesota. Chronobiologia. – 1993. – № 3. – P. 4.
10. Hildebrandt G. Reactive modifications of the autonomous time structure of biological functions in man // Ann. 1st. Super. Sanita. – 1993. – Vol. 29. – № 4. – P. 545–557.

**Рецензенты:**

Ермакова Т.В., д.м.н., профессор кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», г. Москва.

Благонравов М.Л., д.м.н., доцент кафедры общей патологии и патологической физиологии ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», г. Москва.