

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ ПАРАШЮТИСТОВ ПРИ ВЫСОТНЫХ ПОЛЕТАХ

УДК 616-003

¹**Агаджанян Н.А.**: профессор кафедры нормальной физиологии медицинского факультета, д.м.н., профессор, академик РАМН;

²**Башкирева Т.В.**: доцент, к.б.н.

¹ФГБОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», г. Рязань, Россия

Введение

Параютный спорт в мировом сообществе стал как спортом, так и профессией. Примером тому являются войска: десантные, морские, космические, авиационные. У военнослужащих спортсменов парашютистов работа в небе с различных высот, направленная на спортивные достижения, рекорды – стала профессией.

Наравне с классическим парашютным спортом сегодня интенсивно развиваются: «групповая парашютная акробатика», «купольная парашютная акробатика», «пара-ски» (парашютное горнолыжное многоборье), «скайсерфинг» (воздушная акробатика на доске-лыже), «фристайл» (воздушный балет в свободном падении), «фрифлай» (выполнение вертикальных фигур в свободном падении), «пилотирование куполов».

И не случайно, особое значение имеет адаптация, связанная с профессиональной деятельностью. Характер взаимодействия основных стрессоров, действующих на человека опасных профессий, сложен и недостаточно изучен [6]. Риск в жизни человека – неотъемлемая суть его существования, а в профессиональной деятельности сопряжен с опасностью для жизни человека [1-2]. Важно знать и изучать экпортер человека при отборе людей для работы в экстремальных условиях, опасных профессий, экстремальных видов спорта [1]. У людей с различными генотипическими характеристиками различная цена адаптации не только к условиям среды обитания, но и к различным профессиям, видам спорта [там же]. Поэтому необходимо определить стратегию адаптации к тому или иному экстремальному фактору.

Функциональное состояние, адаптационные реакции, адаптационные ресурсы спортсменов парашютистов в условиях выполнения комплекса заданий, в частности в условиях соревнований, не достаточно изучены. Адаптационные реакции – это колебательная система, в которых присутствует периодичность, позволяющая организму, как приспособиться к изменениям факторов внешней среды, так и расширить границы воздействия, в пределах которых организм остается жизнеспособным [3]. Особый интерес представляют адаптационные реакции на воздействие комплекса стресс-факторов. Спортсмену парашютисту приходится прыгать с различных высот, выполняя в свободном падении разнообразные задания. Однако, следует учесть, что на высоту от 2000 м и выше парашютисты поднимаются на разных летательных аппаратах (вертолет, самолет) и гипоксическая нагрузка длится разное время. На высоте, прежде, чем парашютист отделится от самолета, он испытывает воздействие низких темпе-

ратур, дефицит кислорода. После отделения он с большой скоростью преодолевает те километры, которые набирал постепенно, поднимаясь на заданную высоту. Свободное падение парашютиста – это падение от момента отделения от самолета с нарастающей скоростью падения впервые 10–14 секунд, с постепенной стабилизацией скорости до 180–200 км/час. За первые 10 секунд парашютист пролетает 300 м, последующие 300 м за 5,5 секунд. Меняя положение тела, парашютист может влиять на скорость, увеличивать или уменьшать ее. При выполнении комплекса фигур в одиночной или групповой акробатике парашютисты могут достигать скорости до 400 км/час. В групповой акробатике больших формаций спортсмены парашютисты покидают самолет с высоты 4500 м и более. В таком случае, профессиональная деятельность спортсменов парашютистов сопряжена с работой в условиях гипоксии.

Нами было исследовано состояние кардиореспираторной системы спортсменов парашютистов в тренировочных, соревновательных условиях и выполнении рекордов среди больших формаций с использованием аппаратно-программных комплексов «AnnaFlash» и «Варикард», в статистической обработке «ISCIM6»

Цель исследования: изучение адаптационных реакций по показателям вариабельности сердечного ритма у спортсменов парашютистов при выполнении высотных полетах.

Материал и методы

Исследования проведены в естественных условиях на аэродромах городов Рязань, Псков, Коломна, Иваново с 2005 по 2010 гг. Прыжки спортсменов парашютистов осуществлялись с высоты от 2000 до 4700 м. Осуществлялось суточное и дневное мониторирование с использованием приборов Холтера и «Варикард» в 5-минутном кардиоинтервале.

В мониторинге обследовано спортсменов 63 (39 мужчин и 24 женщины) уровня ЗМС, МСМК, МС с количеством прыжков 4500–10000 в период соревнований и установления мирового рекорда.

На протяжении исследований скорость ветра у земли была 4–8 м/сек, порывами до 10–12 м/сек. Прыжки осуществлялись на специальных легких парашютах для высотных прыжков американской фирмы «Parafoil». Особенностью легкого парашюта является то, что он облегчает вес спортсмена в воздухе и является минимальным сопротивлением при групповой или одиночной акробатической работе в воздухе. Вместе с тем, купол способен развивать высокую горизонтальную скорость с учетом скорости ветра по высотам, для того, чтобы спортсмен, несмотря на удаленность

открытия от аэродрома, имел возможность на него прийти. Гасится скорость только перед приземлением, что создает безопасность при приземлении, как в сильный ветер, так и штиль.

В обработке материала использовалось теоретическое описание математических методов анализа variability ритма сердца (BCP или HRV – heart rate variability), в соответствии с которыми дана характеристика отдельных его показателей: среднее значение частоты сердечных сокращений (HR); стресс-индекс (SI – степень напряжения регуляторных систем), активность парасимпатического звена (RMSSD ms), суммарный эффект вегетативной регуляции (SDNN ms), степень активности автономного контура регуляции (CC1), степень активности центрального контура регуляции (CC0), степень централизации ритмом сердца (IC) – соотношение уровней активности центрального и автономного контуров регуляции; отношение значений сверхнизкочастотного и высокочастотного компонента variability ритма (VLF/HF). Акцент в работе сделан на медленно-волновых компонентах управления ритмом сердца: волны высокой частоты – суммарный уровень активности парасимпатического звена (HF – High Frequency) – 0,40–0,15 Гц (2,5–6,7 с), волны низкой частоты – суммарный уровень активности вазомоторного центра (LF – Low Frequency) – 0,15–0,04 Гц (6,6–25 с), волны очень низкой частоты – суммарный уровень активности симпатического звена регуляции (VLF – Very Low Frequency) – 0,04–0,0033 Гц (25–303 с), волны ультранизкой частоты – суммарный уровень активности высших вегетативных центров (ULF – Ultra Low Frequency) – менее 0,0033 Гц (более 303 с). HF отражает трофотропные (ваго-инсулярная ветвь барорецепторного рефлекса), LF – изменение баро- и хеморецепторов (симпатическая ветвь барорецепторного рефлекса), VLF – эрготропные процессы [8].

В работах Р.М. Баевского и его сотрудников установлена связь variability ритма сердца с нейрогуморальной регуляцией и адаптивными реакциями организма человека на стресс [5].

Важным вопросом при анализе случайных процессов является вопрос о стационарности. Стационарным называется процесс, если его среднее значение не меняется во времени, протекает приблизительно однородно и имеет вид непрерывных колебаний вокруг некоторого среднего значения [6]. На ритм сердца оказывают постоянное воздействие центральная и вегетативная нервная системы, насыщение крови кислородом и углекислым газом, различные рефлексы, эти влияния относят к стационарным. Вместе с тем, существуют переходящие факторы, связанные с функционированием системы кровообращения (например, при изменении положения тела) их называют нестационарными. Нестационарный или переходный процесс имеет определенную тенденцию развития во времени [там же]. При проверке стационарности случайного процесса мы следовали общепринятым рекомендациям проверки статистических гипотез.

Гистограммы анализировались в соответствии с приятными характеристиками [3, 6, 8–9]. Нормальная гистограмма – распределение величин RR интервалов близко к нормальному (Гауссовскому) распределению. Асимметричная гистограмма – наблюдается при переходных (нестационарных) состояниях ритма. Эксцессивная гистограмма – характеризуется очень уз-

ким основанием и заостренной вершиной, что говорит о малой изменчивости RR интервалов, регистрируется при выраженном стрессе, ряде патологий. Многовершинная гистограмма характерна для мерцательной аритмии, экстрасистолии, перемежающемуся ритму, множественным артефактам.

При статистическом анализе использовались стандартные методы вариантной статистики: построение диаграмм, гистограмм, вычисление средне-статистических показателей и ее отклонений ($M \pm m$), среднеквадратичное отклонение ($\pm \sigma$), достоверность различий для параметрических показателей определялись по t-критерию Стьюдента, взаимосвязи (ρ) – корреляционным анализом в программе Microsoft Excel, 2007. Определение достоверности корреляции проведено также в автоматическом режиме программного обеспечения Statistica 6.0. Значимыми принимались прямые и обратные связи с учетом уровня достоверности.

Результаты и их обсуждение

На протяжении прыжков с высоты 4000 метров замеры артериального давления осуществлялись на момент приземления парашютиста. У мужчин и у женщин АД и HR выявлены от верхнего предела нормы до высокого. У 53,8 % спортсменов САД, у 61,5% ДАД и 33,3 %, HR отмечены выше нормы или в верхнем пределе нормы.

Рекордные прыжки больших формаций осуществлялись спортсменами с высоты от 4500 метров и выше. Результатами исследования variability ритма сердца до прыжка на установление рекорда мира у женщин спортсменок-парашютисток выявлен взаимопереход частотно-спектральных компонентов LF, VLF, ULF. Осцилляция HF захватывает осцилляции других частот (рис. 1).

Известно, что в период адаптации осуществляется взаимопереход спектров физиологических ритмов, в данном случае синхронизация осуществляется за счет осциллирования с общей частотой HF. После установления рекорда у женщин наблюдается когерентность VLF и ULF и вновь осцилляция HF захватывает осцилляции других частот. Такая согласованность ритмов наблюдается при антистрессовых реакциях и характеризуется гиперсинхронизацией.

Можно сказать, что в групповом свободном падении с большим числом спортсменов парашютистов (более 70 человек) и комплексном воздействии стресс-факторов различной природы, индивидуальные ритмы подчиняются групповым и синхронизация достигается общим осциллированием частотно-спектральных компонентов и характеризуется гиперсинхронизацией.

Фазовый портрет является наглядным геометрическим методом оценки BCP. На рисунке 3 представлены фазовые портреты парашютисток с преобладанием активности парасимпатикотонической (ПНС) и симпатикотонической нервной системы (СНС), осуществлявших прыжки на установление рекорда мира больших формаций среди женщин с высоты 4500 м (рис. 2).

Повышенная активность автономного контура регуляции (HF) у одной спортсменки и выраженное усиление активности вазомоторного центра (LF), регулирующего сосудистый тонус у другой спортсменки, являются адаптационной реакцией на мощное воздействие комплекса других стресс-факторов различной природы, включая психо-эмоциональную сферу.

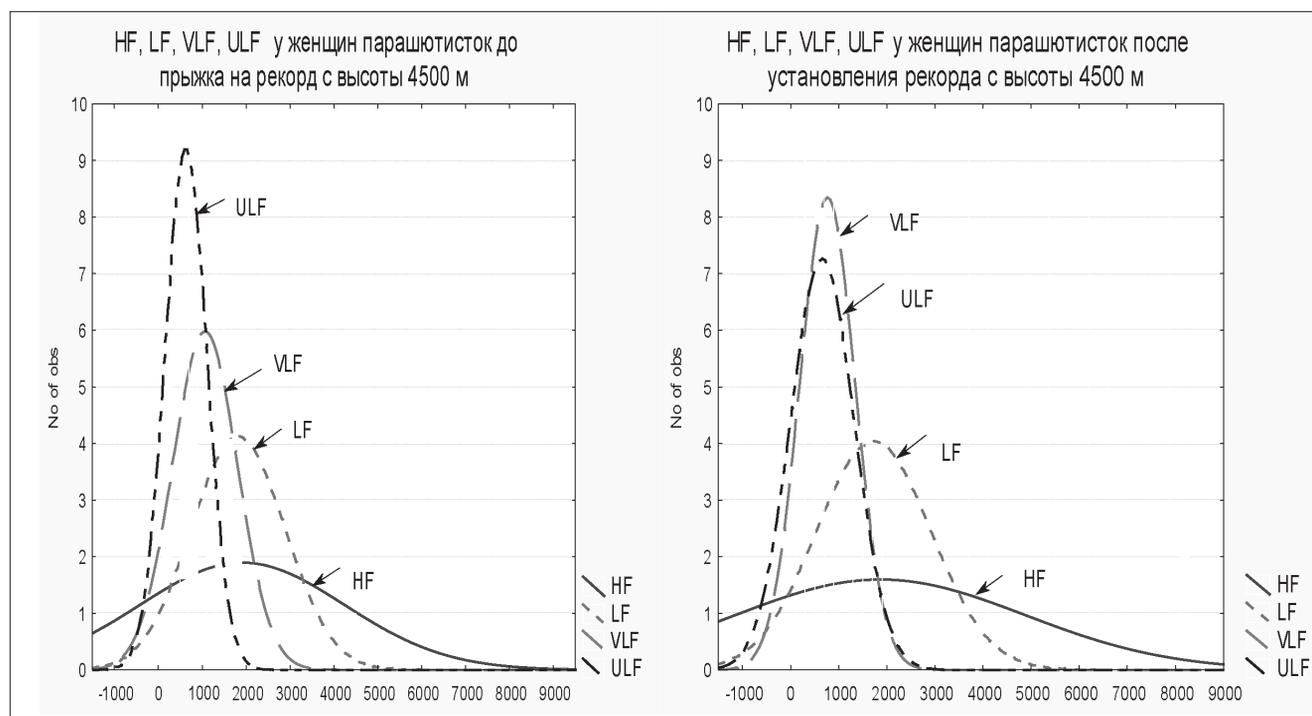


Рисунок 1. График распределения частотно-спектральных компонентов у женщин парашютисток до и после установления рекорда больших формаций среди женщин с высоты 4500 м

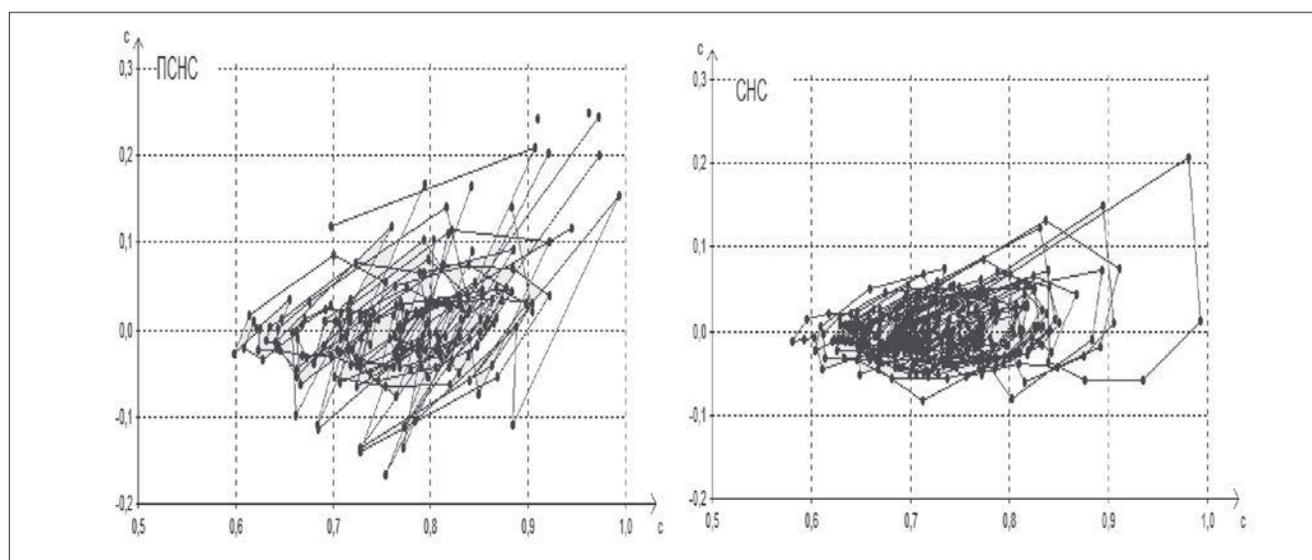


Рисунок 2. Фазовые портреты спортсменок парашютисток с разным типом адапционных реакций при прыжках на установление мирового рекорда больших формаций среди женщин.

Примечание: ПНС – с преобладанием активности парасимпатической нервной системы; СНС – с преобладанием активности симпатической нервной системы.

Важным аспектом изучения адапционных возможностей и реакций спортсменов парашютистов на воздействие гипоксии является свободное падение. Поскольку спортсмен в свободном падении находится 30–50 секунд, то изучить особенности реакций VLF и ULF не представляется возможным. Но рассмотреть реакции парасимпатического и симпатического звеньев регуляции возможно.

С использованием приборов Холтера были изучены адапционные реакции быстрых (HF) и медленных (LF) волн у 12 мужчин парашютистов. Для анализа выбраны показатели некоторых спортсменов: ЗМС –

многократный абсолютный чемпион мира (<10000 прыжков), ЗМС (<8000 прыжков) – чемпион мира среди военнослужащих; МС (<6000 прыжков).

Изучение ВСП адапционных реакций парашютистов в свободном падении с выполнением комплекса фигур показало срыв адапционных систем регуляции ритмом сердца (таб. 1).

У спортсмена парашютиста ЗМС – многократного абсолютного чемпиона мира (<10000 прыжков) в свободном падении с выполнением комплекса фигур с высоты 2000 м наблюдался выраженный стресс. У ЗМС (<8000 прыжков) чемпиона мира сре-

ди военнослужащих и МС (<6000 прыжков) – экстрасистолии (рис 3.)

Мониторинговое наблюдение ультрадианных ритмов (с 9.40 до 15.10 час) выявило, что адаптационные реакции на физическую нагрузку заданий по

одиночной акробатике у спортсменов ЗМС (<10000 прыжков) – соответствуют нормотоническому типу, ЗМС (<8000 прыжков) – парасимпатикотоническому и МС (<6000 прыжков) – симпатикотоническому (рис. 4).

Таблица 1. Показатели ВСП у мужчин парашютистов с выполнением комплекса фигур в свободном падении с высоты 2000–3000 м

Показатели	ЗМС (<10000 прыжков)				ЗМС (<8000 прыжков)		МС (<6000 прыжков).	
	с высоты 3000 м		№ прыжка с высоты 2000 м		№ 1	№ 2	№ 1	№ 2
	Свобод. падение	После открытия	№ 1	№ 2				
HR _{уд} /м	148	169	179	83	70	98	116	181
RR	405	366	335	726	859	611	515	332
RMSSD _{ms}	4	16	3	11	38	12	8	7
SDNN _{ms}	4	39	7	16	39	21	8	5
CC1	0,720	0,921	0,805	0,413	0,519	0,746	0,616	0,776
CC0	2,84	15,39	6,53	1,77	1,75	3,00	2,50	8,07
SI	62005	1096	23896	1726	231	849	11896	31054
HF _{ms²}	2,31	11,97	0,94	67,58	824,9	82,68	6,88	2,83
LF _{ms²}	11,33	25,34	3,36	31,44	737,9	435,4	14,4	5,11
VLF _{ms²}	0,0	35,72	0,87	0,17	3,59	28,77	0,30	1,49
HFt _s	6,65	6,32	6,28	6,24,	6,65	4,68	3,74	2,09
LFt _s	8,90	24,98	20,08	6,69	6,92	8,53	12,49	20,90
LF/HF	4,90	2,12	3,59	0,47	0,89	5,27	2,10	1,81
VLF/HF	0,01	2,99	0,93	0,0	0,0	0,35	0,04	0,53
IC	4,91	5,10	4,52	0,47	0,90	5,59	2,14	2,3
IARS	10	5	9	7	4	9	10	8

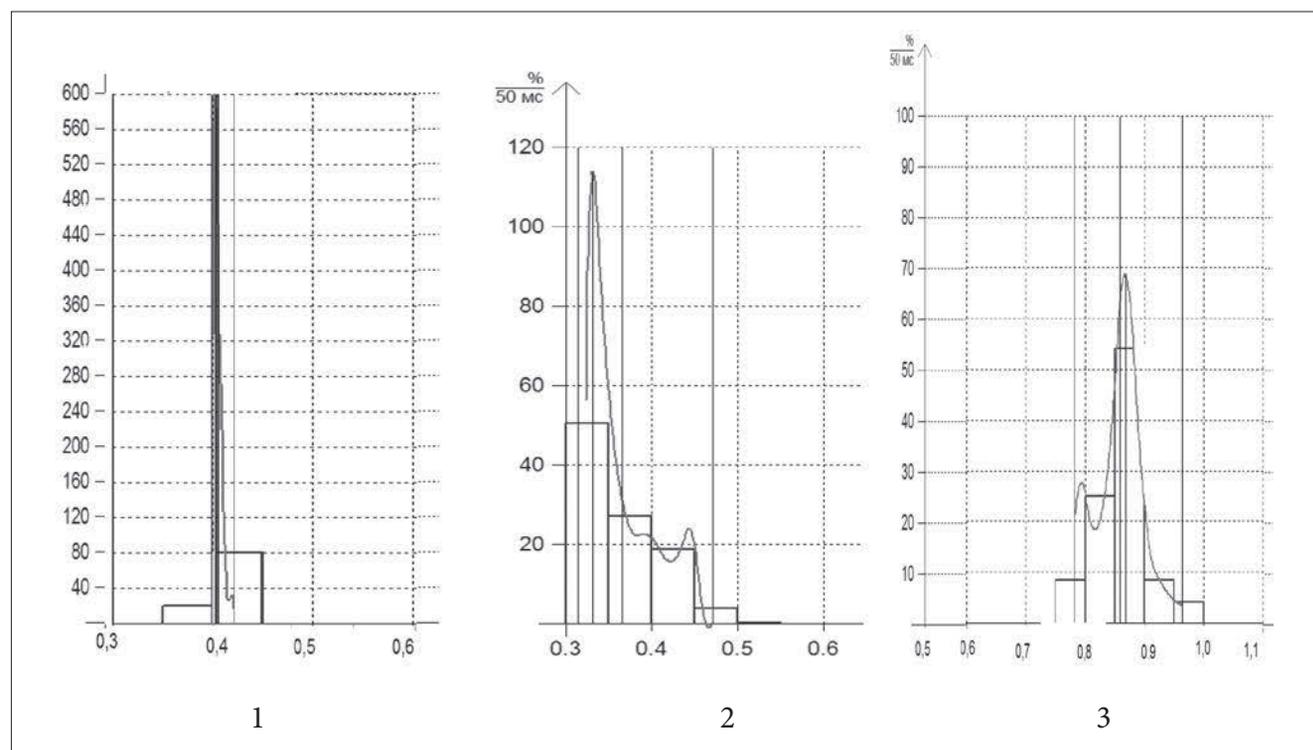


Рисунок 3. Гистограмма спортсменов парашютистов в свободном падении с выполнением комплекса фигур одиночной акробатики с высоты 2000 м на соревнованиях.

Примечание: диаграммы: 1 – эксцессивная и ассиметричная; 2 – многовершинная и ассиметричная; 3 – многовершинная и нормальная.

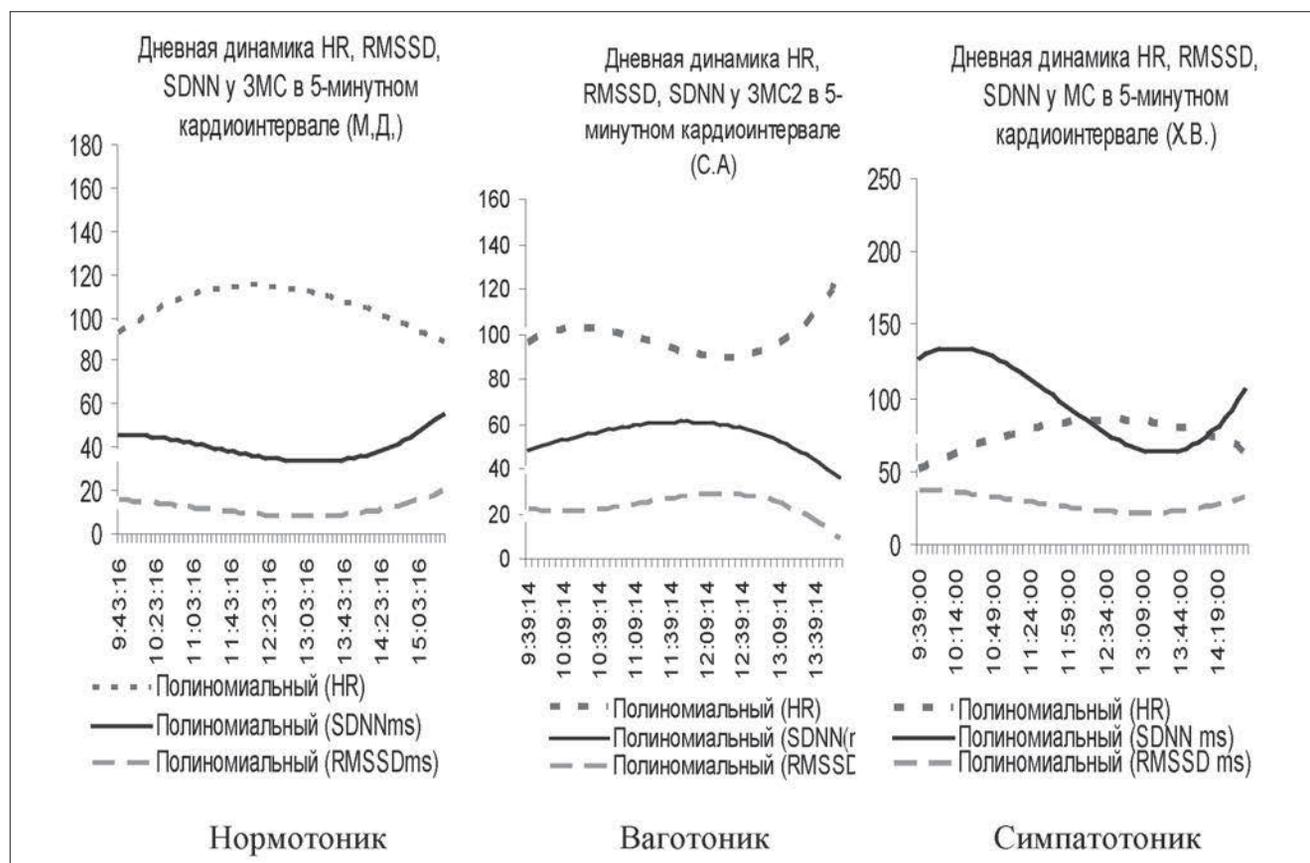


Рисунок 4. Индивидуальные ультрадианные ритмы HR, RMSSD, SDNN в аппроксимации полинома 3-ей степени у спортсменов парашютистов в день выполнения упражнений по одиночной акробатике с высоты 2000 м.
 Примечание: ЗМС – заслуженный мастер спорта; МС – мастер спорта; 2 – второй спортсмен; (М.Д, С.А., Х.В.) – сокращенные инициалы спортсменов.

Следуя классификации гипоксических состояний Н.А. Агаджаняна и А.Я. Чижова (1998), результаты полученных данных по показателям вариабельности сердечного ритма, у спортсменов парашютистов в свободном падении, при высотных полетах, следует отнести по экзогенному критерию – к гипобарической высотной гипоксии, а по эндогенному – физиологической нагрузки [3].

Исследование психологических особенностей личности вышеуказанных парашютистов показали, что нормотоник обладает максимальными возможностями адаптации к комплексу стресс-факторов, характеризуется высокой лабильностью, мотивированностью к достижению успеха, эмоциональной устойчивостью, целеустремленностью. Ваготоник и симпатикотоник менее лабильны. У ваготоника успешность зависит от скорости включения парасимпатикотонии, более подвержен смене эмоциональных состояний и депрессивности. Симпатотоник высокоэнергетичен, работоспособен, оптимистичен. По результатам исследования у симпатотоника самая высокая цена адаптации к условиям воздействия комплекса стресс-факторов при высотных прыжках.

Таким образом, при прыжках с больших высот (от 3000–4500 м и выше) и воздействии комплекса стресс-факторов различной природы, адаптация у спортсменов парашютистов достигается как взаимопереходом спектров физиологических ритмов, так и осциллирования с общей частотой HF. Такая согласованность ритмов наблюдается при анти-

стрессовых реакциях и характеризуется гиперсинхронизацией. В групповой акробатике больших формаций с большим числом участников (более 70 человек) при комплексном воздействии стресс-факторов различной природы, индивидуальные ритмы подчиняются групповым, и синхронизация достигается общим осциллированием частотно-спектральных компонентов и также характеризуется гиперсинхронизацией.

В свободном падении угнетается деятельность как парасимпатикотонии, так и симпатикотонии, однако хорошо отслеживается гармоничность, либо дисгармоничность протекающих процессов управления ритмом сердца. В связи с большой скоростью падения состояние спортсменов характеризуется нестационарным состоянием и управляется осциллирующей быстрых (HF) волн. За счет чего достигается общая синхронизация управления ритмом сердца. Индивидуальная адаптация зависит от типа управления ритмом сердца (нормотоник, ваготоник, симпатотоник).

Выводы

Полученные сведения позволяют заключить, что при индивидуальной и групповой деятельности в экстремальных условиях следует учитывать особенности адаптационных реакций в зависимости от типа нервной системы, управляющей ритмом сердца. И при отборе лиц для опасных профессий желательно проводить мониторинговые исследования с использованием современных АПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Агаджанян Н.А., Кислицын А.Н. Резервы организма и экстремальный туризм. – М.: Издательство «ПРОСВЕТИТЕЛЬ», 2002. – 304 с.
2. Агаджанян Н.А., Кислицын А.Н., Сизова М.В. Физиология человека в полете. Сочи.: тип. «Феникс», 2004. – 184 с.
3. Агаджанян Н.А., Батоцыренова Т.Е., Семенов Ю.Н. Эколого-физиологические и этнические особенности адаптации человека к различным условиям среды. Монография. Владимир: Изд-во Владим. гос.ун-та, 2010. – 239 с.
4. Анюронов А.М., Копытов Е.А., Гринглаз Л.Я. Теория вероятностей и математическая статистика. – СПб.: Питер, 2004. – 481 с.
5. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. – 236 с.
6. Беляев К.Р. Методы анализа вариабельности ритма сердца. <http://konstb.newmail.ru>
7. Приображенский В.Н., Ушаков И.Б., Лядов К.В. Активационная терапия в системе медицинской реабилитации лиц опасных профессий. М.: «Паритет Граф», 2000. – 320 с.
8. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики: теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 264 с.
9. <http://kardi.ru>

РЕЗЮМЕ

Изучены адаптационные реакции вариабельности сердечного ритма у спортсменов- парашютистов в условиях высотных прыжков с использованием аппаратно-программных комплексов «AnnaFlash» и «Варикард», в статистической обработке «ISCIM6». В естественных условиях проведено обследование спортсменов парашютистов сборной России по классическому парашютизму, парашютистов ВДВ, ВВС, ВКС, ВМФ, рекордсменов мира. Выявлено, что у спортсменов- парашютистов в свободном падении адаптация достигается за счет взаимоперехода спектров физиологических ритмов и осциллирования с общей частотой, характерной для синхронизации. В групповой акробатике больших формаций с большим числом участников при комплексном воздействии стресс-факторов индивидуальные ритмы подчиняются групповым, и синхронизация достигается общим осциллированием частотно-спектральных компонентов и характеризуется гиперсинхронизацией. Индивидуальная адаптация к высотным полетам у спортсменов парашютистов зависит от типа управления регуляцией ритмом сердца (нормотоник, ваготоник, симпатотоник).

Ключевые слова: адаптационные реакции, вариабельность сердечного ритма, частотно-спектральные компоненты, свободное падение.

ABSTRACT

Sportsmen-parachutists blood circulation system adaptation reactions in natural conditions of Campoinship “CISM” are studied. Study is conducted by using “Varicard” device in static treatment with 5-th minute interval. Survey of sportsmen parachutists of Airborne troops, AF, Military Space Force, Navy, world record-holders members of Russian classic parachuting team performed in natural conditions. Revealed what during free fall sportsmen parachutist reach the adaptation by physiological rhythms specter mutual transitions and general frequency oscillating which is typical for synchronizing. In group skydiving with big quantity of sportsmen during complex stress-factor influence, personal rhythms are subordinates to group and synchronizing is reaches by general frequently-specter components oscillating and looks like hyper-synchronization. Individual high flying sportsmen parachutists adaptation depends on heart rhythm control type (normatonic, vagotonic, sympatonic).

Keywords: Adaptation reactions, heart rhythm variability, frequently-specter components, free fall.

Контакты:

Башкирева Татьяна Валентиновна. E-mail: bashkirevat@bk.ru