

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67

УДК: 61:796/799+612.161.1

## Особенности инфекционной патологии у спортсменов-дайверов в сложных климатических условиях

*В.И. Пустовойт, А.С. Самойлов, Р.В. Никонов*

*ФГБУ Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна, Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия*

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** усовершенствовать методику оценки функциональных резервов организма, позволяющую при своевременном определении понизить вероятность возникновения инфекционного заболевания спортсменов-дайверов в период проведения подготовки и соревнований в странах с тяжелыми климатическими условиями. **Материалы и методы:** выполнен математико-статистический анализ результатов обследования и частоты инфекционной заболеваемости в период с 2018 по 2019 гг. для 47 спортсменов-дайверов мужского пола, средний возраст которых составил  $30,5 \pm 3,56$  лет. Обследование проводилось с использованием методов объемной компрессионной осциллометрии (ОКО) и вариабельности сердечного ритма (ВСР). **Результаты:** в ходе анализа показателей объемной компрессионной осциллометрии и вариабельности сердечного ритма определены наиболее значимые ( $p < 0,05$ ) признаки (систолическое и диастолическое артериальное давление, среднее гемодинамическое и боковое артериальное давление, расход энергии на передвижение одного литра крови, общее и удельное периферическое сопротивление сосудов, среднее квадратичное отклонение, квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, разность Max-Min, отношение Max/Min, амплитуда моды 50, амплитуда моды 7.8 и индекс напряжения регуляторных систем), позволяющие своевременно определить функциональное состояние организма водолазов, соответствующее уровню преморбидного или критического. В результате полученных данных появилась возможность прогнозирования вероятных осложнений в состоянии здоровья. **Выводы:** постоянный мониторинг состояния здоровья позволяет своевременно определить нарушение адаптационных механизмов, сопровождающихся снижением противовирусной и противомикробной резистентностью организма спортсменов-дайверов. Предложена методика диагностики функционального состояния организма спортсменов-дайверов, имеющая высокую диагностическую информативность и базирующаяся на основании оценки методами (ОКО) и (ВСР). Интегральная оценка экстремального и критического состояния обладает тесной корреляционной связью ( $p < 0,05$ ;  $r > 0,70$ ) с острыми инфекционными заболеваниями.

**Ключевые слова:** спортсмены; инфекционные болезни; функциональное состояние; дайверы; острые инфекционные заболевания; адаптация

**Для цитирования:** Пустовойт В.И., Самойлов А.С., Никонов Р.В. Особенности инфекционной патологии у спортсменов-дайверов в сложных климатических условиях // Спортивная медицина: наука и практика. 2020. Т.10, №1. С.67-75. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67

## Divers' infectious pathologies in severe climate

*Vasilyi I. Pustovoit, Alexandr S. Samoilov, Roman V. Nikonov*

*State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center,  
Moscow, Russia*

### ABSTRACT

**Objective:** to improve the methodology of timely functional body's reserves assessment, to reduce the probability of an infectious disease in divers during the training and competition period in the countries with severe climate. **Materials and methods:** We performed the mathematical and statistical analysis of the examination data and the frequency of infectious diseases in 2018-2019 in 47 male divers (mean age  $30,5 \pm 3,56$ ). The study involved volumetric compression oscillometry (VKO) and heart rate variability (HRV). **Results:** in the volumetric compression oscillometry and heart rate variability analysis, we determined the most significant ( $p < 0,05$ ) signs (systolic and diastolic blood pressure, mean hemodynamic and lateral arterial pressure, energy consumption for the movement of one liter of blood, total and specific peripheral vascular resistance, root mean square deviation, square root of the sum of the differences in a series of cardio intervals, Max-Min difference, Max / Min ratio, mode 50 amplitude, mode 7,8 amplitude and stress index of regulatory systems). These signs enable timely evaluation of the divers' functional state indicating a premorbid or critical health level. The study findings allow prediction of probable health complications. **Conclusions:** regular health monitoring enables the timely diagnosis of the adaptive mechanism disorders associated with decreased antiviral and antimicrobial resistance of divers. The methodology for the body functional state evaluation is proposed which has high diagnostic value and is based on the VKO and HRV assessment. The methodology of the integrated assessment for extreme and critical conditions has a close correlation ( $p < 0,05$ ;  $r > 0,70$ ) with acute infectious diseases.

**Key words:** athletes; infectious diseases; functional state; divers; acute infectious diseases; adaptation

**For citation:** Pustovoit V, Samoilov A, Nikonov R. Athletes-divers' infectious pathology features under difficult climatic conditions. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2020;10(1):67-75 (In Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2020.1.67

### 1. Введение

Спортивный дайвинг с каждым годом вызывает все больший интерес среди молодежи. С целью достижения высоких результатов спортсменам-дайверам в период подготовки к соревнованиям приходится часто тренироваться в различных регионах земного шара, а условия труда (температура, повышенное парциальное давление газовой и водной среды, физические нагрузки) нередко приближены к экстремальным. Постоянное участие в соревнованиях требует наличия максимальной функциональной готовности к работе, в том числе и в различных странах, что выдвигает на передний план проблему акклиматизации и временной адаптации к новым условиям пребывания.

Некоторыми авторами [1-8] доказано, что факторы окружающей среды оказывают негативное влияние на организм спортсменов-дайверов и способствуют развитию несостоятельных компенсаторно-приспособительных реакций, являющихся важным признаком ухудшения состояния здоровья, снижения уровня надежности функциональных систем и адаптационных резервов организма. Это выражается в снижении местного или общего иммунного ответа, вследствие чего повышается инфекционная заболеваемость водолазов.

Участие в спортивных мероприятиях в странах со средним колебаниями суточной температуры от 35 до 50°C и относительной влажности воздуха от 30 до 70% оказывает отрицательное воздействие на организм слабо адаптированных спортсменов-дайверов, что выражается в снижении аппетита и, как следствие, возникновению дефицита массы тела. В сочетании с высоким уровнем физической нагрузки это приводит к значительному снижению иммунитета и неспецифической резистентности организма спортсменов [6, 9] и при отсутствии своевременной коррекции уровня здоровья на фоне эколого-профессионального хронического напряжения способствует развитию осложнений после перенесенных острых инфекционных заболеваний (затяжной бронхит и пневмония) [2, 3].

**Цель исследования** — усовершенствовать методику оценки функциональных резервов организма, позволяющую при своевременном определении понизить вероятность возникновения инфекционного заболевания спортсменов-дайверов в период подготовки и соревнований в странах с тяжелыми климатическими условиями.

#### Задачи исследования:

1. Оценить частоту и структуру заболеваний спортсменов-дайверов в период подготовки к соревнованиям в местах постоянного проживания и с тяжелыми климатическими условиями.

2. Выделить группы функционального состояния организма спортсменов-дайверов в период подготовки к соревнованиям на основании оценки методами объемной компрессионной осциллометрии (ОКО) и вариабельности сердечного ритма (ВСР).

3. Проанализировать зависимость между уровнями функционального состояния организма и заболеваемостью спортсменов-дайверов.

### 2. Материалы и методы

Регистрацию инфекционной заболеваемости проводили по результатам первичного осмотра и дальнейшего наблюдения в период с 2018 по 2020 гг. за 47 спортсменами-дайверами мужского пола среднего возраста  $30,5 \pm 3,56$  лет. Тренировки проводили ежедневно в условиях как сухого, так и влажного тропического климата по 2 раза в день на открытой воде (вечерняя около 2 ч, утренняя от 1 до 2 ч). Уровень спортивной квалификации на момент наблюдения соответствовал I взрослому разряду и выше. Стаж занятия спортом в среднем  $10 \pm 2,8$  лет. Обследование спортсменов проводили с целью определения уровня функционального состояния организма и своевременной оценки риска развития патологии в условиях спортивной деятельности. При анализе заболеваемости не учитывали зоонозные и острые кишечные инфекции. Наличие инфекционного заболевания фиксировали от начала интенсивных тренировок на сборах, как в местах постоянного проживания, так и в местах с тяжелыми климатическими условиями спортивного труда на основании обращений, клинических проявлений, анамнестических данных.

Дизайн исследования утвержден решением этического комитета ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России от 18.10.2018 № 10/2 и соответствует Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотру в 2013 г.

Уровень функционального состояния организма спортсменов оценивали один раз в неделю за 1 ч до начала тренировки, используя методы объемной компрессионной осциллометрии (ОКО) и вариабельности сердечного ритма (ВСР).

Оценка первым методом (ОКО) осуществлялась при помощи аппаратно-программного комплекса «Глобус 8.9». Он основывается на определении уровней артериального давления спортсменов-дайверов путем регистрации объемных артериальных осциллограмм оригинальной измерительной системой комплекса. Способ позволяет оценить параметры сердечной деятельности, уровень артериального давления, эластичность стенок артерии и проходимость сосудистого русла. За одно измерение оцениваются следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), артериальное пульсовое давление (АДп), боковое систолическое артериальное давление (БАД), среднее гемодинамическое артериальное давление (СрАД), сердечный индекс (СИ), сердечный выброс (СВ), ударный объем (УО), ударный индекс (УИ), артериальное ударное давление (АДуд), скорость нарастания артериального давления в фазу быстрого изгнания (СКАДп) крови левым желудочком, показатели расхода энергии на передвижение одного литра крови (РЭ), ско-

рость кровотока линейная (СКлин), мощность сокращения левого желудочка (МСЛЖ), объемная скорость выброса (ОСВ) скорость пульсовой волны (СПВ), податливость сосудистой системы (ПСС), общее периферическое сосудистое сопротивление сосудов (ОПСС), удельное периферическое сопротивление сосудов (УПСС).

Оценка функционального состояния вторым методом (BCP) реализована на приборе «Варикард – 2.51 и Диамед – МБС» в соответствии с рекомендациями группы российских экспертов [3, 4], Североамериканского общества электростимуляции и электрофизиологии и Европейских стандартов общества кардиологов 1996 г. [5, 10, 11]. Метод BCP позволяет осуществлять регистрацию электрокардиосигнала, имеющего качественный характер с автономной расстановкой меток R зубцов. За одно измерение прибор определяет следующие показатели: количество ударов в минуту (ЧСС), среднее значение длительности интервалов (R-R интервалы), максимальное значение, минимальное значение (Mn), разность Max-Min (MxDMn), отношение Max/Min (MxRMn), квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов RMSSD, число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % по отношению к общему числу кардиоинтервалов в массиве pNN50, среднее квадратичное отклонение (SDNN), коэффициент вариации (CV), дисперсия (D), мода (Mo), амплитуда моды (AMoSDNN), амплитуда моды (AMo50), амплитуда моды (AMo7.8), показатель автокорреляционной функции (CC1), показатель автокорреляционной функции (CC0), число аритмий (NAr), индекс напряжения регуляторных систем (Si), суммарная мощность спектра (TP), мощность HF, мощность LF, мощность VLF, мощность ULF, max высокочастотной составляющей (HFmx), max низкочастотной составляющей (LFmx), max сверхнизкочастотной составляющей (ULFmx), период Max спектра HF (HFt), период Max спектра LF (LFt), период Max спектра VLF (VLFt), период Max спектра ULF (ULFt), мощность HF%, мощность LF%, мощность VLF%, отношение LF/HF, VLF/HF, индекс централизации (VLF+LF)/HF, показатель активности регуляторных систем (ПАРС) и интегральный показатель регуляторных систем (ИПРС).

Данные методы дают возможность в течение нескольких минут оценить уровень функционального состояния регуляторных систем в условиях нормы и патологии, определить уровень адаптации спортсменов-дайверов к условиям окружающей среды.

Результаты анализа инфекционной заболеваемости, ОКО и BCP вносились в табличный редактор Excel for Windows 2016 для последующей статистической обработки с помощью специализированного пакета прикладных программ KNIME и Statistica 6 for Windows [12, 13].

Для обработки и анализа результатов инфекционной заболеваемости спортсменов-дайверов был выбран ряд

методов статистической группировки и описания признаков (средней квадратической (стандартной) ошибки средних значений, относительной величины частоты и распределения, среднего арифметического значения, среднего квадратического отклонения). Корреляционный анализ проводился с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена и параллельных координат, оценку достоверности разности средних величин осуществляли при помощи t-критерия Стьюдента [13]. При анализе учитывалась инфекционная заболеваемость водолазов, результаты значений ОКО, BCP, графические представления данных получили с помощью программ KNIME и Statistica 6 for Windows [12, 13].

### 3. Результаты

Анализ заболеваемости водолазов проводили в период тренировочного процесса по спортивному дайвингу и показал, что в условиях, нехарактерных для постоянного места жительства, в сухом или влажном тропическом климате пик развития острых персистирующих инфекционных заболеваний и обострение хронических болезней приходится на  $26 \pm 3,6$  сутки от начала интенсивного тренировочного процесса, тогда как в местах постоянного проживания пиков не регистрировали (рис. 1).

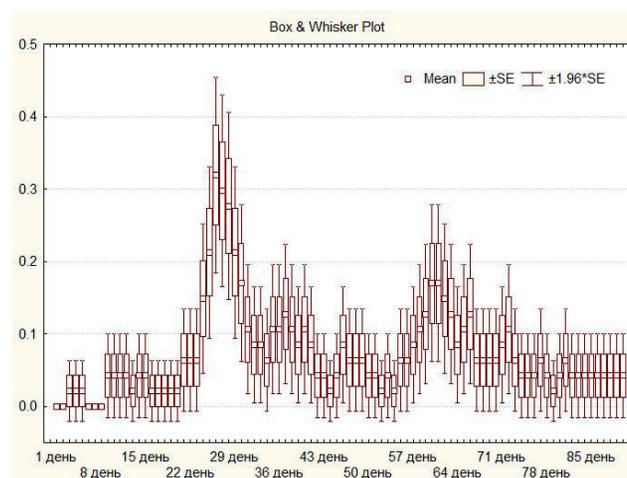


Рис. 1. Зависимость доли заболеваемости в днях, от начала тренировочного процесса в нехарактерном месте для постоянного места жительства

Fig. 1. Dependence proportion of morbidity in days, on the beginning of training process in an unusual place for living

В среднем, инфекционная заболеваемость водолазов в тот же временной период сборов, проходящих в местах постоянного проживания, регистрировалась в пределах 4,25% больных (2 спортсмена), тогда как в местах с измененными климатическими условиями возрастала до 31,92% заболевших (14 человек), что исключало возможность участия спортсменов-дайверов в процессе подготовки и непосредственно в соревнованиях.

Основной удельный вес при регистрации болезней приходился на четвертую и пятую недели от начала сбо-

ров, в дальнейшем заболеваемость значительно снижалась – в два ( $7 \pm 1,4$ ) или три ( $4,7 \pm 1,1$ ) раза и составила 14,9 и 9,9% соответственно.

Характерной особенностью инфекционных болезней в период сборов являлась неравномерность их возникновения по месяцам года. При анализе годовой динамики по основным нозологическим формам отчетливо выявляются пики инфекционной заболеваемости в определенные месяцы. Например, острые респираторные заболевания преимущественно регистрировались в феврале – марте, мае – июне и сентябре, а в июле – августе преобладали герпесвирусные инфекции.

Следует подчеркнуть, что в местах с измененными климатическими условиями и в местах постоянного проживания в структуре инфекционных болезней большую долю занимала группа инфекционной патологии дыхательных путей (25,53 и 10,6% соответственно) за все периоды интенсивной подготовки спортсменов-дайверов.

На первом месте по частоте встречаемости регистрировали острые респираторные заболевания (ОРЗ) – 19,14% (9 человек), ангина отмечалась у 4,25% спортсменов (2 человека). При этом данные заболевания сопровождались осложнениями в виде бронхита в 18,18% (2 человека) и пневмонии в 9,09% (1 человек) случаев, характеризовавшихся большой длительностью и тяжелым течением, что составляет существенную долю трудопотерь, в то время как в местах постоянного проживания данные осложнения не регистрировались.

На втором месте по частоте встречаемости находится обострение герпесвирусной инфекции 12,77% (6 человек), тогда как в местах постоянного проживания – 2,13% (2 человека). На третьем месте 8,5% (4 человек) в местах с измененными климатическими условиями и 4,25% (2 человек) в местах постоянного проживания

отоларингологические заболевания.

Опираясь на литературные данные [1, 3, 5, 8], можно предположить, что в условиях спортивного труда, нехарактерного для постоянного места жительства, регистрируются более высокие показатели заболеваемости водолазов острыми респираторными и обострением герпесвирусной инфекции в связи с недостаточно высоким уровнем адаптационных и функциональных резервов, истощение которых приводит к снижению полноценного иммунного ответа.

В ходе проведения анализа была установлена тесная корреляционная связь ( $p < 0,05$ ;  $r > 0,70$ ) между фактом постановки диагноза инфекционного заболевания и функциональным состоянием организма, оцененным с использованием ВСП и ОКО как экстремальное (преморбидное) и критическое.

Данные методы оценки показали, что у спортсменов-дайверов отмечались существенные сдвиги ряда показателей сердечно-сосудистой системы, характеризующих функциональное состояние и резервы организма. Анализ результатов ОКО в преморбидном состоянии показал, что такие признаки, как повышение ДАД, САД, БАД, СрАД, РЭ, ОПСС и УПСС статистически значимо ( $p < 0,05$ ) отличались от регистрируемых в оптимальных условиях спортивного труда (табл. 1). Указанные показатели изменялись в зависимости от степени перенапряжения организма и характеризовали изменение уровня функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов. Регистрировалась тесная корреляционная связь ( $p < 0,05$ ;  $r > 0,70$ ) между ухудшением функционального состояния организма дайверов в критическую сторону и повышением интенсивности и продолжительности выполнения тяжелого тренировочного цикла в неблагоприятных климатических условиях [14].

Таблица 1

## Шкала оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов-дайверов

Table 1

## Scale of assessment of functional state of cardiovascular system athletes divers

Состояние / State	Границы параметров ОКО в преморбидном состоянии у спортсменов / Boundaries of OKO parameters in premorbid state in athletes		Границы параметров ОКО в функциональном оптимальном состоянии организма / Boundaries of OKO parameters in optimal state in athletes		Значимость / Importance
	Нижняя / Lower	Верхняя / Upper	Нижняя / Lower	Верхняя / Upper	
Пока- затель / Indicator					
ДАД	$87 \pm 0,2$	$95,6 \pm 0,7$	$60,2 \pm 0,4$	$68,5 \pm 0,1$	$p < 0,001$
САД	$134,3 \pm 1$	$139,4 \pm 1,2$	$120,2 \pm 0,9$	$124,8 \pm 0,9$	$p < 0,05$
БАД	$119,1 \pm 0,8$	$127,7 \pm 1,1$	$101,4 \pm 0,7$	$105,8 \pm 0,7$	$p < 0,01$
СрАД	$99,3 \pm 0,7$	$107,5 \pm 1$	$80,2 \pm 0,7$	$85,3 \pm 0,7$	$p < 0,01$
РЭ	$13,2 \pm 0,09$	$14,3 \pm 0,1$	$10,7 \pm 0,08$	$11,4 \pm 0,09$	$p < 0,001$
ОПСС	$1370 \pm 13$	$1451 \pm 17$	$1072 \pm 7,6$	$1142 \pm 9,6$	$p < 0,001$
УПСС	$33,6 \pm 0,4$	$36,5 \pm 0,4$	$26 \pm 0,2$	$27,9 \pm 0,2$	$p < 0,001$

\* - расшифровка аббревиатуры в тексте

\* - decryption of the abbreviation in the text

Аналогичная картина отмечалась при анализе ВСР в группах с автономным и центральным типом вегетативной регуляции у спортсменов-дайверов (табл. 2). Изменения показателей оказались значимы как в продромальном, так и критическом состоянии организма водолазов. Использование метода ВСР позволило с высокой достоверностью определить отклонения функционального состояния в критическую сторону, в некоторых случаях с развитием острых инфекционных заболеваний.

Диагностика основана на семи наиболее значимых ( $p < 0,001$ ) регистрируемых методом ВСР параметрах, которые были сгруппированы по своей способности достоверно классифицировать уровень функционального состояния организма спортсменов-дайверов. В основную группу полученных признаков вошли: RMSSD, SDNN, MxDMn, MxRMn, AMo50, AMo7.8 и Si.

Таблица 2

**Шкала оценки функционального состояния регуляторных систем спортсменов-дайверов с автономным типом регуляции**

Table 2

**Scale of assessment of functional state of regulatory systems Athletes-divers with autonomous type of regulation**

Состояние / State Показатель / Indicator	Значения ВСР в преморбидном состоянии у спортсменов / Values of SMR in premorbid state in athletes		Значения в оптимальном функциональном состоянии организма / Values in the optimal functional state of the body		Значимость / Importance
	От / From	До / Till	От / From	До / Till	
RMSSD	251,6±2,1	332,2±5,3	32,2±1,7	60±1,3	$p < 0,001$
SDNN	339,5±16,8	281,2±9,8	52,1±3	73,1±2,8	$p < 0,01$
MxDMn	104,3±2,8	0,11±0,01	298,2±6,6	445,5±2,3	$p < 0,01$
MxRMn	1,17±0,08	1,2±0,01	1,4±0,006	1,6±0,03	$p < 0,01$
AMo50	108,6±2,8	79±6,7	40,8±0,5	32,9±0,7	$p < 0,001$
AMo7.8	16,7±0,4	12,8±3	8±0,1	7±0,1	$p < 0,01$
Si	392,4±10	808±45,2	76,8±0,9	41,2±0,7	$p < 0,001$

Таблица 3

**Шкала оценки функционального состояния регуляторных систем спортсменов-дайверов с центральным типом регуляции**

Table 3

**Scale of assessment of functional state of regulatory systems Athletes-divers with a central type of regulation**

Состояние / State Показатель / Indicator	Значения ВСР в преморбидном состоянии у спортсменов / Values of SMR in premorbid state in athletes		Значения в оптимальном функциональном состоянии организма / Values in the optimal functional state of the body		Значимость / Importance
	От / From	До / Till	От / From	До / Till	
RMSSD	120,4±4,3	145,6±3,8	210,5±3,9	283,3±6,8	$p < 0,01$
SDNN	327,4±9,4	501,5±41,7	137,8±8,9	161,2±8,2	$p < 0,001$
MxDMn	268,2±15,8	354,6±11,3	66,7±3,3	97,4±3,1	$p < 0,01$
MxRMn	1,15±0,03	1,19±0,02	1,28±0,01	1,41±0,02	$p < 0,01$
AMo50	91,5±2,9	131,9±8,1	42,2±0,9	54,8±0,9	$p < 0,001$
AMo7.8	14,7±0,5	20,9±1,2	8,2±0,4	10,1±0,3	$p < 0,05$
Si	540,2±12,6	1 297±203,2	153,9±1,6	89,6±2,6	$p < 0,001$

Как описано ранее, функциональное состояние спортсменов-дайверов изменялось в критическую сторону в условиях возрастания интенсивности и продолжительности тренировочного процесса в сочетании с воздействием неблагоприятных эколого-профессиональных факторов. Для интегральной оценки функциональной готовности была разработана шкала, в которую вошли результаты обследования дайверов методами ОКО и ВСП.

На рис. 2 представлены математические модели итогового расчета статистически значимых ( $p < 0,05$ ) признаков, полученных методами ОКО (ось X) и ВСП (ось Y), с градацией на 8 уровней, а ось (Z) характеризует наличие или отсутствие острых инфекционных заболеваний. Трехмерная визуализация позволяет наглядно продемонстрировать паттерны и корреляции между переменными данными, где зеленая зона соответствует функциональному «оптимальному» состоянию организма спортсменов и отвечает 7–8 баллам по оцениваемым показателям и не требует коррекции состояния здоровья. Желтая зона фиксируется между 5–6 баллами,

характеризует «допустимое» функциональное состояние организма и соответствует переходному уровню (донозологические изменения). Красная зона соответствовала 3–4 баллам, характеризует функциональное «экстремальное» состояние организма дайверов и была специфична для преморбидных изменений. Данным спортсменам вносили изменения в подготовительный и соревновательный процесс. Бордовая зона соответствует «критическому» уровню функционального состояния организма, регистрируется в пределах 1–2 баллов, этим спортсменам была необходима экспресс-коррекция функциональных и адаптационных резервов.

Спортсмены, которые игнорировали врачебные рекомендации и продолжали усиленно тренироваться вопреки низким показателям уровня функционального состояния организма, впадали в «штопор», что приводило к ослаблению и срыву адаптации организма, сопровождающейся резким угнетением биологической защиты и, как следствие, повышением риска заболевания дайверов, острыми инфекционными болезнями.

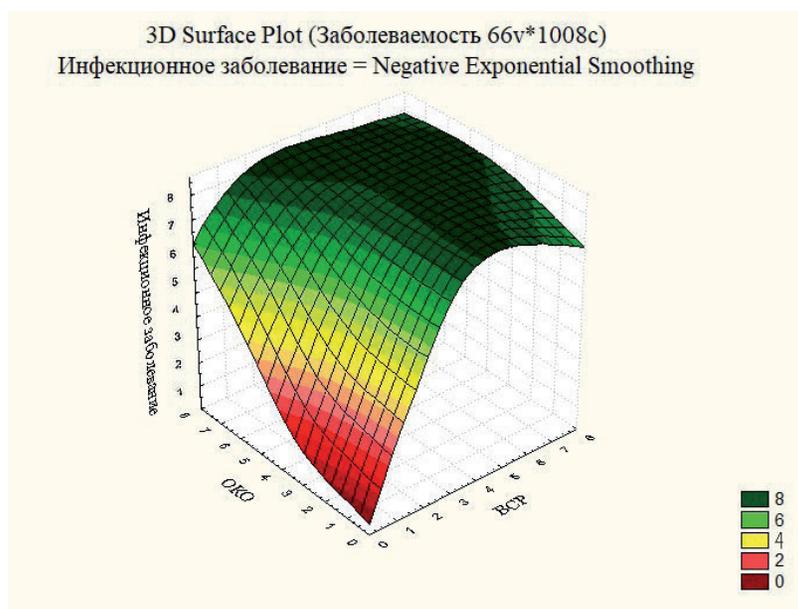


Рис. 2. Зависимость между развитием инфекционного заболевания и уровнями функционального состояния организма спортсменов-дайверов (по оси X – ОКО, по оси Y – ВСП, по оси Z – наличие острой инфекционной патологии)

Pic. 2. Relationship between the development of infectious disease and the levels of functional state of the body of athletes-divers (on the X-axis – CMS, on the Y-axis – SMR, on the Z-axis – presence of acute infectious pathology)

На рис. 3 представлен график с неинвазивными методами диагностики сердечно-сосудистой системы с градацией на 8 уровней. Первому уровню характерно «критическое», а восьмому – «оптимальное» функциональное состояние организма спортсменов с прогнозированием их вероятной связи с состоянием здоровья. С целью повышения комфорта восприятия график представлен в виде параллельных координат, что дало возможность визуализировать количественные данные с множественными переменными и провести сравни-

тельный анализ полученных данных. Расположенные параллельно друг другу оси отражают результаты математической модели итогового расчета статистически значимых ( $p < 0,05$ ) признаков с градацией на 8 уровней, полученных методом ВСП и ОКО по краям графика и факта наличия острого инфекционного заболевания – центральная ось. Таким образом, можно наглядно продемонстрировать, что факт заболевания соответствует первым двум функциональным состояниям при оценке методом ВСП и первым трем – при оценке методом ОКО.

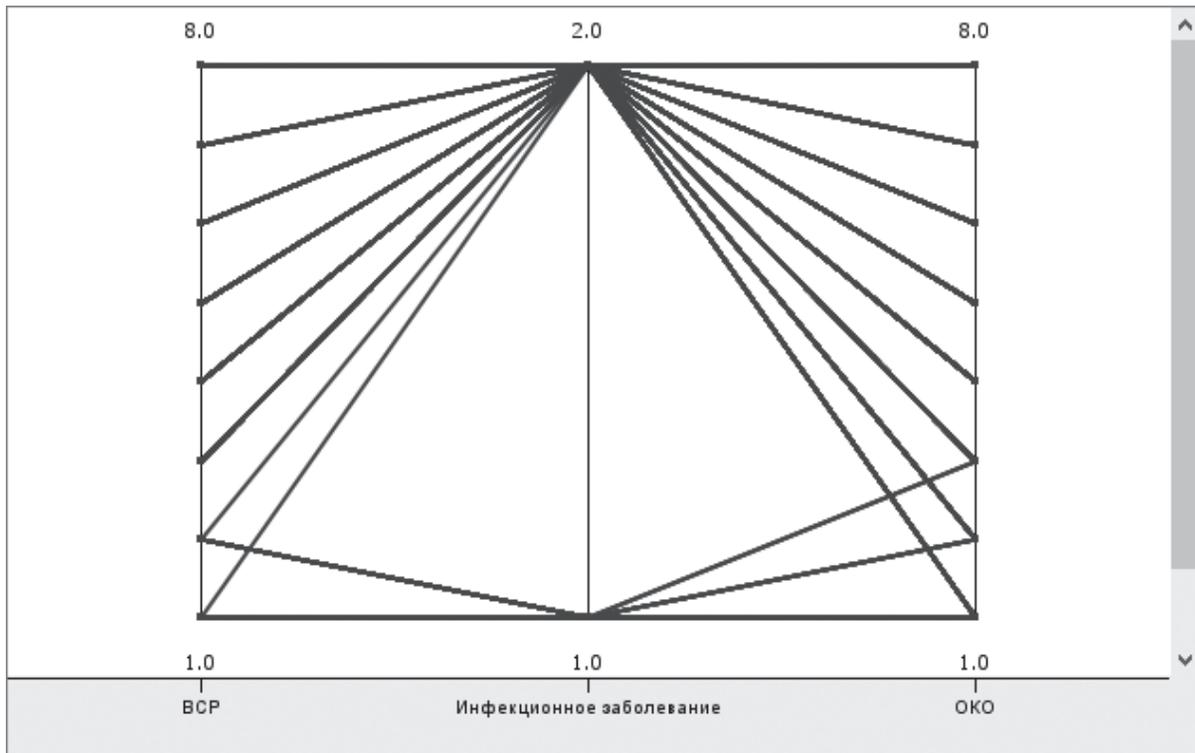


Рис. 3. Взаимосвязь между уровнями функционального состояния организма спортсменов-дайверов и развитием инфекционного заболевания  
Pic. 3. Relationship between levels of functional state of athletes divers and development of infectious disease

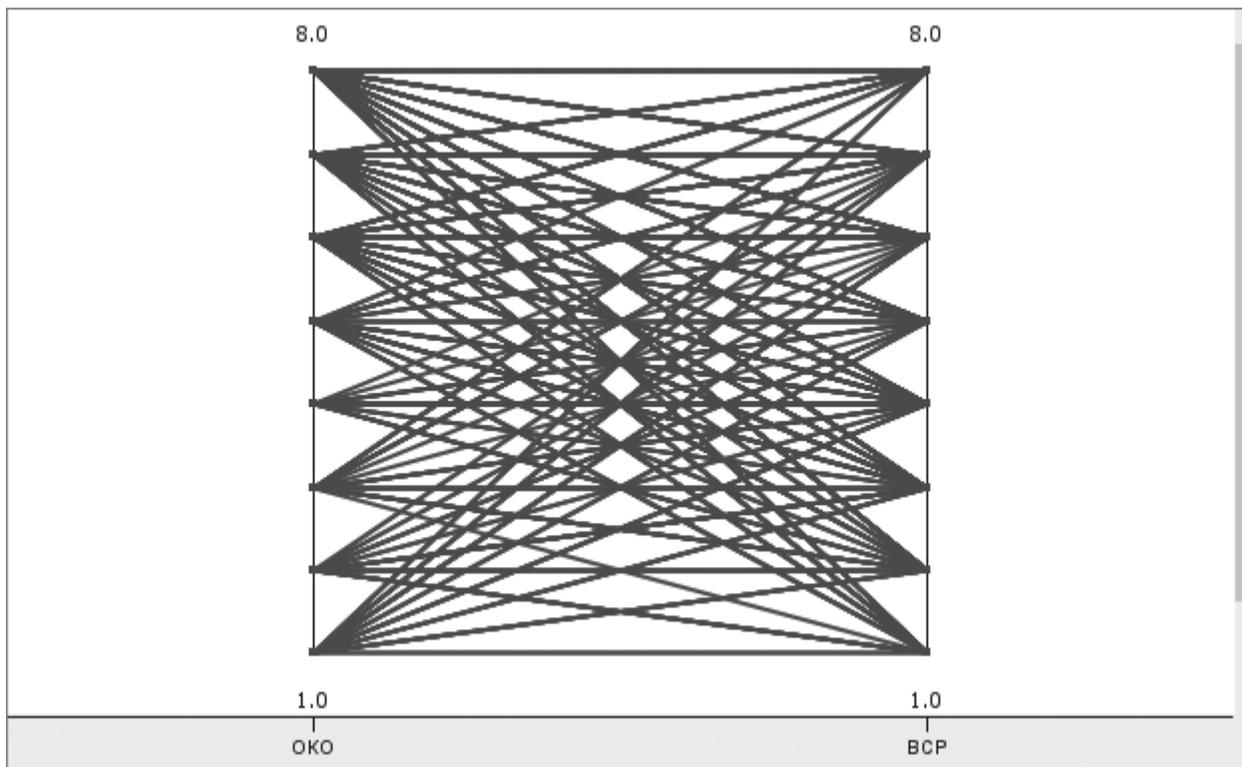


Рис. 4. Сравнение параллельных координат, полученных в результате математико-статистического анализа ВСП и ОКО  
Pic. 4. Comparison of parallel coordinates obtained as a result of mathematical-statistical analysis of SMR and QMS

По центральной оси нижнее значение указывает на связь острых инфекционных заболеваний дайверов с экстремальным и критическим уровнем функционального состояния организма. По-видимому, низкий уровень функционального состояния организма спортсменов способствовал снижению функциональной активности форменных элементов крови, что также подтверждалось в работах других авторов [2, 5, 9, 15-17] и способствовало повышению заболеваемости дайверов острыми инфекционными болезнями.

#### 4. Обсуждение результатов

Анализ полученных данных показал, что интегральная оценка функционального состояния организма дайверов методами ОКО и ВСР обладает высокой информативностью и способностью прогнозировать ослабление защитных механизмов у спортсменов с возможным развитием острых инфекционных заболеваний. Некоторыми авторами [2, 5, 11, 15-17] было доказано, что в период тяжелых тренировок развивается спортивный стрессовый иммунодефицит, из-за чего повышается склонность организма спортсменов к формированию персистирующих инфекций и хронических воспалительных процессов, значительно превышающих показатели функционального состояния на базовом этапе занятий в оптимальных условиях спортивной деятельности.

Разработанная модель определения функционального состояния организма позволяет повысить прогностическую эффективность методов диагностики ВСР и ОКО [14], использованных по отдельности, поскольку их одновременное применение взаимно дополняет друг друга и повышает диагностическую достоверность ( $p < 0,05$ ) (рис. 5).

#### Список литературы

1. **McCraty R, Shaffer F.** Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk // *Global. Adv. Health Med.* 2015. Vol.4. P.46-61.
2. **Демин В.Ф., Ключников С.О., Балькова Л.А., Самойлов А.С.** Детская спортивная медицина. М.: Буки Веди, 2017. 472 с.
3. **Разинкин С.М., Дворников М.В.** Физиология и гигиена летчика в экстремальных условиях. М.: Научная книга, 2019. 560 с.
4. **Шлык Н.И., Баевский Р.М.** Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов // Материалы VI всероссийского симпозиума. Ижевск, 2016. 608 с.
5. **Sassi R, Cerutti S, Lombardi F, Malik M, Huikuri H et al.** Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society // *Europace.* 2015. Vol.17. P.1341-1353.
6. **Носкин Л.А., Герасимова Л.С., Яковенко Е.Н., Медведева Ю.С. и др.** Дифференциация сывороточных маркеров гомеостаза у спортсменов высокой квалификации различной специализации // *Физиология человека.* 2017. Т.43, №4. С.430-436.
7. **Quintana DS.** Statistical considerations for reporting and planning heart rate variability case-control studies // *Psychophysiology.* 2017. Vol.54, №3, P.344-349.

С целью оптимизации и повышения качества тренировочного процесса у спортсменов-дайверов необходимо разработать единую математическую модель, способную работать в полуавтоматическом или автоматическом режиме, для своевременного определения функционального состояния организма спортсменов-дайверов.

#### 5. Выводы

1. На фоне нарушения адаптации спортсменов к факторам окружающей среды отмечалось угнетение естественной резистентности к 4–5 неделям от начала спортивных сборов, что способствовало повышению инфекционной заболеваемости в 7 раз (31,92%) по сравнению с обычными условиями спортивной деятельности (4,25%). По частоте встречаемости на первом месте была инфекционная патология дыхательных путей (25,53%), на втором – обострение хронических герпесвирусных инфекций (12,77%), находящихся в стадии ремиссии и не способных преодолеть защитные барьеры организма в обычных условиях.

2. Разработанные уровни функционального состояния организма спортсменов-дайверов в период подготовки к соревнованиям показали высокую диагностическую информативность и базируются на основании оценки методами ОКО и ВСР.

3. Анализ результатов обследования в период физических нагрузок различной интенсивности и длительности показал наличие тесной корреляционной связи ( $p < 0,05$ ;  $r > 0,70$ ) острых инфекционных заболеваний с экстремальным и критическим уровнем функционального состояния организма спортсменов-дайверов.

#### Reference

1. **McCraty R, Shaffer F.** Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Global Adv Health Med.* 2015;4(1):46-61.
2. **Demin VF, Klyuchnikov SO, Balykova LA, Samoylov AS.** Detskaya sportivnaya meditsina. M.: Buki Vedi 2017. 472p. (In Russ.)
3. **Razinkin SM, Dvornikov MV.** Fiziologiya i gigiena letchika v ekstremal'nykh usloviyakh. M.: Nauchnaya kniga, 2019. 560p. (In Russ.)
4. **Shlyk NI, Bayevsky RM.** Heart rate and type of vegetative regulation in assessing the level of health of the population and functional readiness of athletes: materials of the VI All-Russian Symp. Izhevsk, 2016. 608p. (In Russ.)
5. **Sassi R, Cerutti S, Lombardi F, Malik M, Huikuri HV et al.** Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace.* 2015;(17):1341-1353.
6. **Noskin LA, Gerasimova LS, Yakovenko EN, Medvedeva YS et al.** Differentiation of serum markers of homeostasis in highly qualified athletes engaged in various sports. *Human physiology.* 2017;43(4):430-436. (In Russ.)
7. **Quintana DS.** Statistical considerations for reporting and planning heart rate variability case-control studies. *Psychophysiology.* 2017;54(3):344-349.

8. Laborde S, Lautenbach F, Allen MS. The contribution of coping-related variables and heart rate variability to visual search performance under pressure // *Physiol. Behav.* 2015. Vol.139. P.532-540.

9. Калинин С.А., Шульгина С.М., Антропова Е.Н., Рыкова М.П., Садова А.А. и др. Состояние системы иммунитета человека и животных при физических нагрузках различного генеза // *Иммунология.* 2019. Т.40, №3. С.72-82.

10. Kuehl LK, Deuter CE, Richter S, Schulz A, Ruddel H et al. Two separable mechanisms are responsible for mental stress effects on high frequency heart rate variability: an intra-individual approach in a healthy and a diabetic sample // *Int. J. Psychophysiol.* 2015. Vol.95. P.299-303.

11. Verkuil B, Brosschot JF, Tollenaar MS, Lane RD, Thayer JF. Prolonged non-metabolic heart rate variability reduction as a physiological marker of psychological stress in daily life // *Ann. Behav. Med.* 2016. Vol.50. P.704-714.

12. Specialized package of applications KNIME. Available at: KNIME. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.knime.com/knime-software/knime-analytics-platform> (дата обращения 19.11.2019).

13. Paolella MS. Linear Models and Time-Series Analysis: Regression, ANOVA, ARMA and GARCH (Wiley Series in Probability and Statistics). 2018. 897p.

14. Пустовойт В.И., Самойлов А.С. Разработка основных критериев для оценки степени адаптации организма спортсменов-альпинистов в условиях горного климата // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания.* 2019. №73. С.42-48.

15. Shephard RJ. Development of the discipline of exercise immunology // *Exerc. Immunol. Rev.* 2010. Vol.16. P.194-222.

16. Krüger K, Mooren, F (2014). Exercise-induced leukocyte apoptosis // *Exerc. Immunol. Rev.* 2014. Vol. 20. P.117-134.

17. Ачкасов Е.Е., Авдеева М.Г., Макарова Б.А. Инфекционные заболевания в спортивной среде. М: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 192 с. ISBN 978-5-9704-4288-3

8. Laborde S, Lautenbach F, Allen MS. The contribution of coping-related variables and heart rate variability to visual search performance under pressure. *Physiol. Behav.* 2015;139:532-540.

9. Kalinin SA, Shulgina SM, Antropova EN, Rykova MP, Sadova AA et al. The immune system status of humans and animals during exercises of various origin. *Immunologiya.* 2019;40(3):72-82. (In Russ.) DOI: 10.24411/0206-4952-2019-13008

10. Kuehl LK, Deuter CE, Richter S, Schulz A, Ruddel H et al. Two separable mechanisms are responsible for mental stress effects on high frequency heart rate variability: an intra-individual approach in a healthy and a diabetic sample. *Int. J. Psychophysiol.* 2015;95(3):299-303.

11. Verkuil B, Brosschot JF, Tollenaar MS, Lane RD, Thayer JF. Prolonged non-metabolic heart rate variability reduction as a physiological marker of psychological stress in daily life. *Ann. Behav. Med.* 2016;(50):704-714.

12. Specialized package of applications KNIME. Available at: <https://www.knime.com/knime-software/knime-analytics-platform> (accessed at 25 March 2019).

13. Paolella MS. Linear Models and Time-Series Analysis: Regression, ANOVA, ARMA and GARCH. *Wiley Series in Probability and Statistics.* 2018;897. ISBN: 978-1119431909

14. Pustovoyt VI, Samoilov AS. Development of basic criteria for assessing the adaptation level of athletes-mountaineers' organism to a mountain climate. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration.* 2019;(73):42-48. (In Russ.) DOI: 10.36604/1998-5029-2019-73-42-48

15. Shephard RJ. Development of the discipline of exercise immunology. *Exerc. Immunol. Rev.* 2010;(16):194-222.

16. Krüger K., Mooren, FC. (2014). Exercise-induced leukocyte apoptosis. *Exerc. Immunol. Rev.* 2014;(20):117-134.

17. Achkasov EE, Avdeeva MG. Infektsionnye zabolevaniya v sportivnoy srede. GEOTAR Media. 2018;192. (In Russ.) ISBN 978-5-9704-4288-3

#### Информация об авторах:

Пустовойт Василий Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, к.м.н. (+7(926)530-58-56, [vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru)). ORCID ID: 0000-0003-3396-5813

Самойлов Александр Сергеевич, генеральный директор ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, член-корр. РАН, проф., д.м.н. ORCID ID: 0000-0002-9241-7238

Никонов Роман Владимирович, аспирант кафедры восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии с курсом сестринского дела ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. ORCID ID: 0000-0003-2088-5312

#### Information about the authors:

Vasylyi I. Pustovoyt, M.D., Ph.D. (Medicine), Junior Researcher of the Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine of the SRC of the FMBC (+7(926)530-58-56, [vipust@yandex.ru](mailto:vipust@yandex.ru)). ORCID ID: 0000-0003-3396-5813

Alexander S. Samoilov, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, General Director of the SRC of the FMBC. ORCID ID: 0000-0002-9241-7238

Roman V. Nikonov, Graduate Student of the Department of Restorative Medicine, Sports Medicine, Resort Science and Physiotherapy with the Course of Nursing of the SRC – FMBC. ORCID ID: 0000-0003-2088-5312

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Funding: the study was not sponsored

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию: 21.11.2019

Принята к публикации: 05.02.2020

Accepted: 21 November 2019

Received: 05 February 2020