

РИТМИЧЕСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАК СРЕДСТВО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМ ИСХОДНЫМ УРОВНЕМ САТУРАЦИИ АРТЕРИАЛЬНОЙ КРОВИ КИСЛОРОДОМ ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ДО ОТКАЗА

С.Я. Классина, klassina@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7972-9600>

Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина, Москва, Россия

Аннотация. Цель: изучение особенностей восстановления испытуемых с различным исходным уровнем сатурации артериальной крови кислородом после выполнения интенсивной физической работы до отказа. **Материалы и методы.** В обследовании приняли участие 19 спортсменов-любителей, мужчины в возрасте 18–20 лет. Каждому из них было предложено выполнить на велоэргометре нагрузочное тестирование до отказа. В процессе обследования испытуемые пребывали в следующих состояниях: исходное состояние, разминка, тестовая физическая нагрузка до отказа при мощности 160 Вт, восстановление с использованием ритмических тепловых воздействий, завершающее состояние. Для оценки функционального состояния испытуемых регистрировали ЭКГ и пневмограмму, уровень сатурации артериальной крови кислородом и уровень субъективного самочувствия. В исходном и завершающем состоянии измеряли АД и параметры внешнего дыхания. Расчетным путем оценивали «физиологическую цену» физической работы до отказа, гемодинамические показатели. **Результаты.** Установлено, что испытуемые с исходно высоким уровнем сатурации артериальной крови кислородом имели более высокий уровень физической работоспособности и выполняли физическую работу более экономично, чем испытуемые с исходно низким уровнем сатурации. После интенсивной физической нагрузки и восстановления у испытуемых, имеющих исходно низкий уровень сатурации артериальной крови кислородом, отмечалось достоверное повышение этого уровня, а у испытуемых с исходно высоким уровнем, наоборот, отмечено достоверное его снижение. **Заключение.** Ритмические тепловые воздействия способствовали нормализации уровня сатурации артериальной крови кислородом.

Ключевые слова: субмаксимальная физическая нагрузка до отказа, восстановление, локальные ритмические тепловые воздействия

Для цитирования: Классина С.Я. Ритмические тепловые воздействия как средство восстановления лиц с различным исходным уровнем сатурации артериальной крови кислородом после интенсивной физической работы до отказа // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 2. С. 29–36. DOI: 10.14529/hsm220203

Original article
DOI: 10.14529/hsm220203

RHYTHMIC THERMAL STIMULATION AS A MEANS OF RECOVERY FOR PERSONS WITH DIFFERENT BASELINE BLOOD OXYGEN LEVELS AFTER LOAD TO FAILURE

S.Ya. Klassina, klassina@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7972-9600>

P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper aims to identify the features of recovery among subjects with different baseline blood oxygen levels after load to failure. **Materials and methods.** The study involved 19 male amateur athletes aged from 18 to 20 years. Each of subjects was asked to perform the load to failure test (the bicycle ergometer test). The procedure involved the following stages: baseline measurements, warm-up, load

to failure (160 W), recovery (rhythmic thermal stimulation), final measurements. Functional status was evaluated with the following methods: ECG and pneumogram recording, blood oxygen levels, subjective well-being research. At the beginning and end of the study, blood pressure and external respiration were monitored. The so-called physiological price of load to failure and hemodynamic indicators were evaluated. **Results.** It was found that subjects with high baseline blood oxygen levels had better physical performance compared to subjects with low baseline blood oxygen levels. After physical exertion followed by recovery, subjects with low baseline blood oxygen levels had significantly increased levels of blood oxygen compared to subjects with high baseline blood oxygen levels. **Conclusion.** Rhythmic thermal stimulation contributed to the improvement of blood oxygen levels.

Keywords: load to failure, recovery, rhythmic thermal stimulation

For citation: Klassina S.Ya. Rhythmic thermal stimulation as a means of recovery for persons with different baseline blood oxygen levels after load to failure. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(2):29–36. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220203

Введение. Проблема восстановления функционального состояния человека приобретает особую значимость в спорте, поскольку практически любая спортивная деятельность связана с интенсивными физическими нагрузками. Известно, что интенсивная физическая нагрузка сопряжена с потреблением большого количества кислорода, а потому поддержание должного уровня кислородного насыщения крови кислородом спортсмена становится первостепенной задачей реабилитационно-восстановительных мероприятий.

При выборе средств восстановления предпочтение следует отдавать нелекарственным методам, адресованным к механизмам саморегуляции организма человека. Широко используются методы физической реабилитации [9], физиотерапевтического воздействия [5]. Предложен и обоснован подход к реабилитации человека на основе использования сигналов обратной связи от ритмических процессов его организма [11]. Показано, что ритмические тепловые воздействия, подаваемые на центры продолговатого мозга человека, оказывают реабилитирующий эффект на центральную и вегетативную нервную системы, систему кровообращения, дыхания [4, 8]. Однако эффективность такого рода воздействий определяется психофизиологическими характеристиками индивидуума. Целью исследования являлось изучение восстановления лиц с различным исходным уровнем сатурации артериальной крови кислородом после выполнения интенсивной физической работы до отказа.

Материалы и методы. В обследовании участвовали 19 спортсменов (юноши в возрасте 18–20 лет). Каждому из них было предложено выполнить нагрузочное тестиро-

вание на велоэргометре до отказа. В процессе обследования испытуемые пребывали в следующих состояниях: исходное (2,5 мин), разминка (1 мин), тестовая физическая нагрузка, восстановление на фоне ритмических тепловых воздействий (РТВ, 6 мин), завершающее (2,5 мин).

Восстановление обследуемых после выполнения тестовой физической нагрузки проводилось с использованием РТВ, которые подавались с теплового элемента прибора «Вита-Терм» («Нейрософт»). При этом тепловой элемент (термод) располагался в назолабиальной зоне лица, а температура под ним составляла 30 градусов по Цельсию. Термод включался на вдохе и выключался на выдохе, в результате чего подача тепла регулировалась подсознательно самим испытуемым за счет изменения паттерна дыхания.

Для нагрузочного тестирования применяли велоэргометр «Sports Art 5005», а само тестирование осуществлялось под контролем ЭКГ и пневмограммы (прибор «Поли-Спектр-8», «Нейрософт»). Испытуемый должен был крутить педали велоэргометра (мощность 160 Вт) до отказа с постоянной скоростью 60 об./мин, а прибор «SIGMA – bc-509» (Germany) осуществлял текущий контроль скорости.

Анализировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) по ЭКГ, частоту дыхания (ЧД, 1/мин) по кривой пневмограммы, временную длительность физической работы до отказа в процессе нагрузочного тестирования (Т-отк, с). «Физиологическую цену» физической работы до отказа вычисляли, используя формулу: $\rho = \sqrt{\sigma_{\text{ЧСС}}^2 + \sigma_{\text{ЧД}}^2}$, где $\sigma_{\text{ЧСС}}$ и $\sigma_{\text{ЧД}}$ – величины относительных сдвигов ЧСС и ЧД в момент отказа от физической работы, представленные в процентах к тем же показателям

телям исходного состояния [7]. Вычисляли также удельную «физиологическую цену» как ($\rho_{уд} = \rho/T\text{-отк.}$).

Для анализа исходного («фон-1») и завершающего («фон-2») состояния использовали спектральный анализ ЭКГ. Оценивали спектральные мощности HF-, LF-, VLF-волн в абсолютных и относительных единицах, полную спектральную мощность (TP, мс^2), величину вариабельности сердечного ритма (sdnn, мс) [2, 18]. Наряду с этим отслеживали артериальное систолическое (АДС, мм рт. ст.) и диастолическое давление (АДД, мм рт. ст.) методом Короткова, жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л) с помощью портативного спирометра «SP-1», степень сатурации артериальной крови кислородом (SaO_2 , %), используя пальцевой пульсооксиметр (Армед YX300). По формулам рассчитывали ударный объем крови (УОК, мл), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $\text{дин} \cdot \text{с}/\text{см}^5$), минутные объемы кровообращения (МОК, л/мин) [6] и дыхания (МОД, л/мин = ЧД · ДО) [3], где $\text{ДО} = 0,12 \cdot \text{ЖЕЛ (л)}$ [10].

Для математического анализа полученных данных использовали программу Statistica 10. Статистическую значимость различий одноименных показателей выявляли t-критерием Стьюдента с учетом значимости критического уровня равного 0,05.

Обследуемые были заранее ознакомлены с порядком участия и процедурой эксперимента, что подтвердили письменным добровольным согласием. Биомедицинская этическая комиссия ФГБНУ НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина программу эксперимента одобрила.

Результаты. Сатурация артериальной крови кислородом – это процентное соотношение гемоглобина, насыщенного кислородом, к общему количеству этого белка, циркулирующего в крови. Показано, что здоровый человек в состоянии покоя имеет показатель SaO_2 в диапазоне 94–98 % [14].

У всех испытуемых (19 человек) в исходном состоянии был измерен показатель SaO_2 , на основе которого они были разделены на индивидуально-типологические группы. Для анализа были выделены две крайние по SaO_2 группы испытуемых:

- Гр1 (4 человека) – испытуемые с *исходно низким* SaO_2 (менее 95 %);
- Гр2 (10 человек) – испытуемые с *исходно высоким* SaO_2 (более 97 %);

Тот факт, что интенсивная физическая работа требует от человека потребления большого количества кислорода, можно предположить, что у испытуемых с различным исходным уровнем насыщения крови кислородом, время выполнения одной и той же тестовой физической нагрузки будет не только различным, но и потребует от них различной «физиологической цены» (табл. 1).

Сравнивая показатели групп 1 и 2 можно заключить, что у лиц с исходно высоким уровнем SaO_2 (Гр2) временная длительность физической работы до отказа была достоверно больше ($p < 0,05$) при практически той же «физиологической цене» выполненной работы, однако при этом величина «удельной физиологической цены» была достоверно ниже. *Последнее свидетельствует в пользу того, что лица с исходно высоким уровнем SaO_2 имели более высокий уровень физической работоспособности, но выполняли физическую работу более экономно, поскольку прирост «физиологической цены» у них происходил более медленно.*

Восстановление после интенсивной физической нагрузки осуществлялось с использованием ритмических тепловых стимулов. Регуляция подачи тепла на назолабиальную область лица подсознательно производилась самим испытуемым за счет изменения паттерна дыхания. Естественно предположить, что восприятие такого рода ритмических тепловых стимулов должно сопровождаться изменением гомеостаза организма человека, а именно смещением вегетативного баланса ВНС, изменением показателей гемодинамики, дыхания и обмена веществ.

В табл. 2 представлены спектральные показатели ритма сердца, являющиеся информативными индикаторами работы вегетативных систем в организме человека.

Из табл. 2 видно, что по показателям спектрального анализа индивидуально-типологические подгруппы различались в уже исходном состоянии. Так, у лиц Гр2, имевших исходно высокий уровень SaO_2 , показатель % LF составил $56,4 \pm 3,6$ % и был достоверно больше, чем у лиц Гр1 – $40,0 \pm 5,7$ ($p < 0,05$). Кроме того, у лиц Гр2 в исходном состоянии показатели TP и sdnn также были больше, что позволяет думать, что в *исходном состоянии у лиц Гр2 парасимпатические влияния были более выражены* [16, 17].

Известно, что интенсивная физическая

нагрузка сопровождается смещением баланса ВНС в сторону усиления симпатических влияний. Однако и после восстановления на фоне РТВ у лиц Гр1 отмечалась тенденция к снижению TP, % HF и sdn, что свидетельствует в пользу усиления симпатических влияний на сердце, а тенденция к увеличению показателя % LF позволяет говорить об активации вазомоторного центра продолговатого мозга этих испытуемых [12, 15]. Однако достоверных различий спектральных показателей у испытуемых Гр1 после восстановления не выявлено.

Следует отметить, что усиление симпатических влияний после интенсивной физической нагрузки и восстановления отмечалось и у испытуемых Гр2. Это выразилось в тенденции к снижению TP, в достоверном снижении

% HF ($p < 0,05$) и sdn ($p < 0,05$) (см. табл. 2). Однако у испытуемых Гр2 среднее значение показателя % LF было выше нормы уже в исходном состоянии, а после восстановления на фоне РТВ этот показатель практически не изменился. Отсюда следует, что у лиц Гр2 как в исходном состоянии, так и после восстановления на фоне РТВ активность вазомоторного центра продолговатого мозга оставалась высокой и доминировала в спектре кардиоритма. Следует подчеркнуть, что высокий уровень показателя % LF отражает активность вазомоторного центра, что через механизм барорефлекса благотворно сказывается на состоянии кардиореспираторной системы, способствуя ослаблению тонуса кровеносных сосудов, снижению АД, общего периферического сопротивления току крови, изменению

Таблица 1
Table 1

Средние значения времени физической работы до отказа (Т-отк, с), «физиологической цены» работы до отказа (р, %) и удельной физиологической цены» (р уд, %/с) у испытуемых с исходно низким (Гр1) и с исходно высоким уровнем сатурации артериальной крови кислородом (Гр2) ($M \pm m$) ($n = 19$)
Average values of load to failure (Т-отк, s), physiological price of load to failure (р, %) and specific physiological price (р уд, %/s) in subjects with low (group 1) and high (group 2) baseline blood oxygen levels ($M \pm m$) ($n = 19$)

Показатель / Parameter	Гр1 / Group 1 ($n = 4$)	Гр2 / Group 2 ($n = 10$)
Т-отк, с / Т-отк, s	64,0 ± 15,0	258,0 ± 55,0*
р, % / р, %	129,4 ± 14,8	123,6 ± 17,4
р- уд, %/с / р- уд, %/s	2,5 ± 0,8	0,9 ± 0,4*

Примечание: * – $p < 0,05$ – изменения достоверны между группами.
Note: * – $p < 0,05$ – changes are significant between groups.

Таблица 2
Table 2

Средние значения спектральных показателей кардиоритма (TP, ms^2 , %VLF-, %LF-, %HF, sdn) в исходном состоянии (фон-1) и после восстановления (фон-2) у испытуемых с исходно низким (Гр1) и исходно высоким уровнем SaO_2 (Гр2) ($M \pm m$) ($n = 19$)
Average values of spectral data (TP, ms^2 ; % VLF-; % LF-; % HF; SDNN, ms) at the beginning (baseline) and end (recovery) of the study in subjects with low (group 1) and high (group 2) baseline SaO_2 levels ($M \pm m$) ($n = 19$)

Показатель (диапазон нормы) Parameter (reference values)	Состояние / State	Гр1 / Group 1 ($n = 4$)	Гр2 / Group 2 ($n = 10$)
TP, ms^2 / ms^2 (2400–4500)	Фон-1 / Baseline	4491 ± 1469	5928 ± 2271
	Фон-2 / Recovery	2113 ± 510	2070 ± 584
% VLF (15–30)	Фон-1 / Baseline	34,7 ± 8,2	28,6 ± 3,1
	Фон-2 / Recovery	35,0 ± 6,7	36,0 ± 5,5
% LF (35–40)	Фон-1 / Baseline	40,0 ± 5,7	56,4 ± 3,6 *
	Фон-2 / Recovery	51,0 ± 8,0	55,8 ± 5,0
% HF (15–25)	Фон-1 / Baseline	25,3 ± 7,0	14,7 ± 1,9
	Фон-2 / Recovery	14,3 ± 5,3	8,2 ± 1,3 **
SDNN, мс / ms (100–180)	Фон-1 / Baseline	58,3 ± 10,8	61,1 ± 11,4
	Фон-2 / Recovery	39,0 ± 4,7	32,7 ± 5,6 **

Примечание. * – $p < 0,05$ – изменения достоверны между группами; ** – $p < 0,05$ – изменения достоверны между состояниями. Диапазон нормы показателей представлен в соответствии с [18].
Note. * – $p < 0,05$ – changes are significant between groups; ** – $p < 0,05$ – changes are significant between states. Reference values are provided in accordance with [18].

вентиляции легких [1]. Все это отразилось в динамике кардиореспираторных показателей (табл. 3).

Действительно, из табл. 3 видно, что при восстановлении с использованием ритмических тепловых стимулов происходит перестройка вегетативных механизмов, направленных на включение естественных механизмов теплоотдачи. При этом у испытуемых Гр1, имеющих исходно низкий уровень сатурации кислорода в крови, созданы все условия для развития у них состояния гиперкапнии. Однако исходная гиперкапния и восстановление с использованием РТВ способствуют активации сердечнососудистой системы и системы дыхания. В основе такого рода активации лежит тот факт, что при гиперкапнии афферентные сигналы от хеморецепторов стимулируют активность дыхательного центра, приспособлявая ее к метаболическим потребностям организма испытуемых, а РТВ активируют систему кровообращения. В результате достоверно повышается ЧСС ($p < 0,05$), отмечается тенденция к росту МОК и МОД, а, следовательно, показатель SaO_2 достоверно повышается с $94,8 \pm 0,9$ до $97,5 \pm 0,7$ %

($p < 0,05$). Отсюда следует, что в результате использования РТВ включаются не только механизмы теплоотдачи, но и механизмы саморегуляции, направленные на поддержание должного уровня кислорода в крови.

У испытуемых Гр2, исходно имевших высокий уровень сатурации кислорода в крови и высокую активность вазомоторного центра, наоборот, при восстановлении на фоне РТВ отмечено снижение АДС ($p < 0,05$) и ОПСС ($p < 0,05$), повышение ЧСС ($p < 0,05$) и МОК ($p < 0,05$), что способствует дополнительному поступлению кислорода в кровь. При этом на фоне исходно высокого уровня сатурации развивается состояние гипероксии, что является фактором торможения дыхательного центра. В результате после восстановления показатели ЧД и МОД практически не меняются, способствуя ограничению притока кислорода в легкие. В конечном итоге, у обследуемых Гр2 показатель SaO_2 достоверно снизился с $97,1 \pm 0,3$ до $93,7 \pm 0,8$ % ($p < 0,05$), но их субъективное самочувствие (sam) при этом имело тенденцию к улучшению.

Таким образом, ритмическая тепловая стимуляция при восстановлении испытуемых

Таблица 3
Table 3

Средние значения вегетативных показателей в исходном состоянии (фон-1) и после восстановления (фон-2) у испытуемых с исходно низким (Гр1) и исходно высоким уровнем сатурации артериальной крови кислородом (Гр2) ($M \pm m$) ($n = 19$)
Average values of vegetative parameters at the beginning (baseline) and end (recovery) of the study in subjects with low (group 1) and high (group 2) baseline blood oxygen levels ($M \pm m$) ($n = 19$)

Показатель / Parameter	Состояние / State	Гр1 / Group 1 ($n = 4$)	Гр2 / Group 2 ($n = 10$)
АДС, мм рт. ст. Systolic blood pressure, mmHg	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$131,3 \pm 6,2$ $123,8 \pm 8,1$	$125,1 \pm 3,5$ $113,6 \pm 3,3^{**}$
УОК, мл Stroke volume (SV, ml)	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$73,2 \pm 2,9$ $73,6 \pm 5,0$	$70,0 \pm 2,9$ $69,4 \pm 3,1$
МОК, л/мин Cardiac output (CO, l/min)	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$5,9 \pm 0,3$ $7,0 \pm 0,4$	$5,7 \pm 0,3$ $7,1 \pm 0,4^{**}$
ЧСС, уд./мин HR, bpm	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$80,8 \pm 4,2$ $95,5 \pm 2,2^{**}$	$82,3 \pm 3,4$ $102,2 \pm 3,7^{**}$
ОПСС, $\text{дин} \cdot \text{с} / \text{см}^5$ Total peripheral vascular resistance (TPVR, $\text{dyn} \cdot \text{s} / \text{cm}^5$)	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$1263,1 \pm 92,8$ $1002,9 \pm 58,5$	$1288,8 \pm 71,8$ $972,5 \pm 70,3^{**}$
ЧД, л/мин RF, l/min	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$16,0 \pm 0,7$ $20,8 \pm 3,5$	$16,3 \pm 1,1$ $16,4 \pm 1,3$
МОД, л/мин VE (l/min)	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$7,6 \pm 1,2$ $9,9 \pm 2,6$	$9,2 \pm 0,4$ $9,2 \pm 0,8$
SaO_2 , %	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$94,8 \pm 0,9$ $97,5 \pm 0,7^{**}$	$97,1 \pm 0,3$ $93,7 \pm 0,8^{**}$
Sam, баллы Subjective well-being (scores)	Фон-1 / Baseline Фон-2 / Recovery	$4,6 \pm 0,2$ $4,6 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,2$ $4,8 \pm 0,3$

Примечание. ** – $p < 0,05$ – изменения достоверны между состояниями.

Note. ** – $p < 0.05$ – changes are significant between conditions.

явилась модулятором функциональных перестроек в организме испытуемых. Так, *после восстановления у лиц с исходно низким уровнем SaO₂%, отмечалось достоверное повышение этого показателя, а у лиц с исходно высоким уровнем SaO₂%, наоборот, достоверное его снижение.* Такого рода регуляция физиологической функции согласуется с законом исходного уровня [13], в соответствии с которым, чем выше исходный уровень активации функции, тем в более напряженном состоянии находится система и тем меньший ответ возможен при действии возмущающих стимулов.

Выводы

1. Показано, что лица с исходно высоким уровнем сатурации артериальной крови кис-

лородом имели более высокий уровень физической работоспособности и выполняли физическую работу до отказа более экономно, а прирост «физиологической цены» у них происходил более медленно.

2. После процедуры восстановления с использованием ритмической тепловой стимуляции у лиц с исходно низким уровнем сатурации артериальной крови кислородом отмечено достоверное повышение этого уровня, а у лиц с исходно высоким уровнем сатурации, наоборот, отмечено достоверное его снижение. При этом ритмические тепловые воздействия как средство восстановления способствовали нормализации уровня сатурации артериальной крови кислородом.

Список литературы

1. Агаджанян, Н.А. Барорефлексы зоны позвоночных артерий на тонус периферических вен, системное артериальное давление и внешнее дыхание / Н.А. Агаджанян // *Рос. физиол. журнал им. И.М. Сеченова.* – 2008. – Т. 94, № 6. – С. 661–669.
2. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, А.П. Гаврилушкин и др. // *Вестник аритмологии.* – 2002. – № 24. – С. 65–68.
3. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: руководство для изучающих физиологию человека / И.С. Бреслав, Н.И. Волков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Совет. спорт, 2013. – 336 с.
4. Эффекты полимодальных ритмических сенсорных воздействий на состояние ЦНС и вегетативные функции человека / О.С. Глазачев, С.Я. Классина, О.В. Бобылева, А. Класня // *Физиология человека.* – 2010. – Т. 36, № 2. – С. 59–66.
5. Зубкова, С.М. Роль тепловой компоненты в лечебном действии физических факторов / С.М. Зубкова // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* – 2011. – № 6. – С. 3–10.
6. Кардиогемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков и др. – М.: Совет. спорт, 2012. – 189 с.
7. Классина, С.Я. Физиологическая модель социального взаимодействия тренер-спортсмен в процессе тренировки на велоэргометре / С.Я. Классина // *Вестник новых мед. технологий.* – 2014. – Т. 21, № 3. – С. 122–125.
8. Классина, С.Я. Состояние центральной и вегетативной нервной системы человека в восстановительный период после отказа от интенсивной физической нагрузки / С.Я. Классина, Н.А. Фудин // *Вестник новых мед. технологий.* – 2015. – Т. 22, № 3. – С. 122–126.
9. Основы физической реабилитации / А.Н. Налобина, Т.Н. Федорова, И.Г. Таламова, Н.М. Курч. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019. – 336 с.
10. Оценка функций дыхания. – <https://sport-51.ru/article/physiology/1068-ocenka-funkciy-duhaniya.html>.
11. Использование сигналов обратной связи от эндогенных ритмов пациента для нелекарственной коррекции функциональных расстройств / А.И. Федотчев, А.Т. Бондарь, В.С. Семенов и др. // *Успехи физиол. наук.* – 2006. – № 4. – С. 82–92.
12. Методические аспекты анализа временных и спектральных показателей variability сердечного ритма (обзор литературы) / Г.Н. Ходырев, С.В. Хлыбова, В.И. Циркин, С.Л. Дмитриева // *Вятский мед. вестник.* – 2011. – № 3–4. – С. 60–70.
13. Шишко, В.И. Вегетативная регуляция сердечной деятельности / В.И. Шишко // *Журнал ГрГМУ.* – 2009. – № 3. – С. 6–8.
14. Энциклопедия кардиологии. – cardiobook.ru/pulsoksimetriya-norma/.

15. Does Low-Frequency Variability of Heart Period Reflect a Specific Parasympathetic Mechanism? / R. Grasso, F. Schena, G. Gulli, A. Cevese // *J Auton. Nerv. Syst.* – 1997. – Vol. 63 (1–2). – P. 30–38.

16. Heart Rate Variability: A Review / Acharya U. Rajendra, Joseph K. Paul, Kannathal N. et al. // *Med Biol Eng Comput.* – 2006. – Vol. 44 (12). – P. 1031–1051.

17. Heart Rate Variability Following Combined Aerobic and Resistance Training in Sedentary Hypertensive Women: A Randomised Control Trial / Sidra Masroor, Pooja Bhati, Shalini Verma et al. // *Indian Heart J.* – 2018. – Dec; 70 Suppl 3. – P. 28–35.

18. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // *Circulation.* – 1996. – Vol. 87. – P. 104.

References

1. Agadzhanyan N.A. [Baroreflexes of the Zone of Vertebral Arteries to the Tone of Peripheral Veins, Systemic Blood Pressure and External Respiration]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal imeni I.M. Sechenova* [Russian Physiological Journal Named after I.M. Sechenov], 2008, vol. 94, no. 6, pp. 661–669. (in Russ.)

2. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Gavrilushkin A.P. et al. [Analysis of Heart Rate Variability Using Various Electrocardiographic Systems (Part 1)]. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology], 2002, no. 24, pp. 65–68. (in Russ.)

3. Breslav I.S., Volkov N.I., Tambovtseva R.V. *Dykhaniye i myshechnaya aktivnost' cheloveka v sporte: Rukovodstvo dlya izuchayushchikh fiziologiyu cheloveka* [Human Respiratory and Muscular Activity in Sport. A Guide for Students in Human Physiology]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2013. 336 p.

4. Glazachev O.S., Klassina S.Ya., Bobyleva O.V., Klasnyaya A. [Effects of Polymodal Rhythmic Sensory Influences on the State of the Central Nervous System and Autonomic Functions of a Person]. *Fiziologiya cheloveka* [Physiology Human], 2010, vol. 36, no. 2, pp. 59–66. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119710020076

5. Zubkova S.M. [The Role of the Thermal Component in the Therapeutic Effect of Physical Factors]. *Fizioterapiya, bal'neologiya i reabilitatsiya* [Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation], 2011, no. 6, pp. 3–10. (in Russ.)

6. Karpman V.L., Belotserkovskiy Z.B., Gudkov I.A. et al. *Kardiogemodinamika i fizicheskaya rabotosposobnost' u sportsmenov* [Cardiac Hemodynamics and Physical Performance in Athletes]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2012. 189 p.

7. Klassina S.Ya. [Physiological Model of Social Interaction Trainer-Athlete During Training on a Bicycle Ergometer]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of New Medical Technologies], 2014, vol. 21, no. 3, pp. 122–125. (in Russ.) DOI: 10.12737/5916

8. Klassina S.Ya., Fudin N.A. [The State of the Central and Autonomic Nervous System of a Person in the Recovery Period after Refusing Intensive Physical Activity]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of New Medical Technologies], 2015, vol. 22, no. 3, pp. 122–126. (in Russ.) DOI: 10.12737/13313

9. Nalobina, A.N., Fedorova T.N., Talamova I.G., Kurch N.M. *Osnovy fizicheskoy reabilitatsii* [The Basics of Physical Rehabilitation]. Saratov, I.P.R. Media Publ., 2019. 336 p.

10. *Otsenka funktsiy dykhaniya* [Assessment of Respiratory Functions]. Available at: <https://sport-51.ru/article/physiology/1068-ocenka-funktsiy-dykhaniya.html>.

11. Fedotchev A.I., Bondar A.T., Semenov V.S. et al. [The Use of Feedback Signals from the Endogenous Rhythms of the Patient for Non-Drug Correction of Functional Disorders]. *Uspehi fiziologicheskikh nauk* [Advances in Physiological Sciences], 2006, no. 4, pp. 82–92. (in Russ.)

12. Khodyrev G.N., Khlybova S.V., Tsirkin V.I., Dmitrieva S.L. [Methodological Aspects of the Analysis of Temporal and Spectral Indicators of Heart Rate Variability (Literature Review)]. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik* [Vyatka Medical Bulletin], 2011, no. 3–4, pp. 60–70. (in Russ.)

13. Shishko V.I. [Vegetative Regulation of Cardiac Activity]. *Zhurnal GrGMU* [Journal of Grodno State Medical University], 2009, no. 3, pp. 6–8. (in Russ.)

14. *Entsiklopediya kardiologii* [Encyclopedia of Cardiology]. Available at: cardiobook.ru/pulsoksimetriya-norma/.

15. Grasso R., Schena F., Gulli G., Cevese A. Does Low-Frequency Variability of Heart Period Reflect a Specific Parasympathetic Mechanism? *J Auton. Nerv. Syst.*, 1997, vol. 63 (1–2), pp. 30–38. DOI: 10.1016/S0165-1838(96)00128-2

16. Rajendra A.U., Paul J.K., Kannathal N. et al. Heart Rate Variability: A Review. *Med Biol Eng Comput.*, 2006, vol. 44 (12), pp. 1031–1051. DOI: 10.1007/s11517-006-0119-0

17. Sidra Masroor, Pooja Bhati, Shalini Verma et al. Heart Rate Variability Following Combined Aerobic and Resistance Training in Sedentary Hypertensive Women: A Randomised Control Trial. *Indian Heart J.*, 2018, suppl. 3 (3), pp. 28–35. DOI: 10.1016/j.ihj.2018.03.005

18. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 1996, vol. 87, p. 104.

Информация об авторах

Классина Светлана Яковлевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина. Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8.

Information about the authors

Svetlana Ya. Klassina, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию 07.03.2022

The article was submitted 07.03.2022