УДК 796.015.62 DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-1-144-152

ТЕХНОЛОГИЯ НОРМИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ

А.А. Ковалёв

Балтийский федеральный университет имени И. Канта, Калининград, Россия

Аннотация

Цель исследования: теоретическое и экспериментальное обоснование технологии нормирования физических нагрузок на основе цифровых данных ЧСС носимых устройств для повышения эффективности занятий оздоровительной направленности.

Методы исследования. Теоретический анализ, обобщение данных научных публикаций, статистический и ранговый анализ.

Результаты исследования и их обсуждение. Рассматривается технология нормирования физической нагрузки занимающихся оздоровительной физической культурой. Проблема нормирования физической нагрузки имеет два противоречия: массовое распространение носимых технологий и недостаточное использование их функционала для решения задач нормирования оздоровительной физической нагрузки; повышение эффективности занятий оздоровительной направленности и отсутствие современных технологий определения персонифицированных норм. Для решения проблемы персонификации норм предлагается применять теорию рангового анализа, которая является перспективной при исследовании суточных негауссовых данных пульса, полученных с помощью носимых устройств. Технология нормирования физической нагрузки состоит из этапов подготовки, сбора и обработки данных и выработки предложений. По результатам технологии на основе нижней, верхней границ и тренировочного потенциала определяются персонифицированные значения норм физической нагрузки для трех уровней подготовки (начальный, средний, продвинутый).

Заключение. Полученные рекомендации могут быть использованы в качестве персональных норм физической активности и при необходимости обновлены (через месяц, квартал или год). Полученные нормы физической нагрузки могут отслеживаться с помощью смарт-часов как во время, так и после занятий. При этом полученные нормы пульса являются персональными и подходят только для одного человека. Предложенная технология позволяет определять персонифицированные нормы физической нагрузки и составлять эффективные физкультурно-оздоровительные программы для занимающихся оздоровительной физической культурой.

Ключевые слова: оздоровительная физическая культура; двигательная активность; физическая нагрузка; нормирование физической нагрузки, персонификация норм; цифровые данные; пульс; частота сердечных сокращений; носимые устройства.

PHYSICAL ACTIVITY RATIONING TECHNOLOGY IN RECREATIONAL PHYSICAL EDUCATION

A.A. Kovalev, e-mail: sheynin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3052-1360
Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract

The purpose of the research: theoretical and experimental substantiation of the technology for rationing physical activity based on digital HR data of wearable devices to improve the efficiency of health-improving activities.

Methods of the research. Theoretical analysis, synthesis of scientific publications' data, statistical and ranking analysis.

Research results and their discussion. The technology of rationing physical activity of recreational physical training is considered. The problem of physical activity rationing has two contradictions: mass distribution of wearable technologies and insufficient use of their functionality to solve the problems of health-improving physical activity rationing; increasing the effectiveness of health-improving activities and the lack of modern technologies for determining personalized norms.

To solve the problem of personalization of norms, it is proposed to apply the theory of rank analysis, which is

promising in the study of daily non-Gaussian heart rate data obtained with wearable devices. The technology for physical activity rationing consists of the stages of preparation, collection and processing of data and development of proposals. Based on the results of the technology, personalized values of physical activity norms for three levels of training (initial, intermediate, advanced) are determined on the basis of lower, upper limits and training potential.

Conclusion. The resulting recommendations can be used as personalized physical activity guidelines and updated if necessary (monthly, quarterly or yearly). The resulting exercise norms can be monitored using a smartwatch both during and after exercise. At the same time, the obtained heart rate norms are personalized and suitable only for one person. The proposed technology allows to determine personalized norms of physical activity and make effective physical training and health improvement programs for those engaged in recreational physical education.

Keywords: health-improving physical culture; motor activity; physical load; physical activity rationing, personalization of norms; digital data; pulse; heart rate; wearable devices.

ВВЕДЕНИЕ

В оздоровительной физической культуре (ОФК) подчеркивается важность определения персонифицированных норм физической нагрузки, так как именно нормирование может обеспечить, с одной стороны, оздоровительный эффект нагрузки занимающегося физической культурой, а с другой – эффективность тренировок. Персонифицированные нормы оздоровительной физической нагрузки способствуют эффективным тренировкам, тогда как недостаточная норма не приносит ожидаемого эффекта, а избыточная оказывает отрицательное воздействие [1,4-6].

Поэтому актуально персонифицированное нормирование физических нагрузок занимающегося ОФК. При этом под занимающимся ОФК понимается человек, не имеющий противопоказаний к занятиям, который занимается (или планирует заниматься) организованной двигательной активностью с целью оздоровления, создания оптимального фона для жизнедеятельности, повышения сопротивляемости организма различным факторам и продления активного долголетия [1,4-6].

При определении персонифицированных норм физической нагрузки для занимающихся ОФК следует учитывать функциональные возможности их организма. На практике частота сердечных сокращений (ЧСС) является наиболее распространенным показателем реакции организма на физическую нагрузку [1,4-6].

«Умные» часы (фитнес-браслеты) позволяют собирать данные ЧСС в течение суток (как правило, с помощью оптического датчика методом плетизмографии). В связи с новыми реалиями предлагается уточненное понятие ЧСС: минутная частота сердечных сокращений (МЧСС) – это один отсчет артериального пульса взрослого человека в процессе его жизнедеятельности, снимаемый на лучевой артерии методом плетизмографии с помощью оптического датчика и измеряемый в количестве ударов сердца за одну минуту (уд. за мин.). При этом суточная совокупность минутных отсчетов частоты сердечных сокращений – это 1440 отсчетов МЧСС человека за сутки в процессе его жизнедеятельности. Имея информацию о всей суточной двигательной активности занимающегося – всей совокупности МЧСС за сутки, можно определить его персонифицированные нормы физической нагрузки. Для этого требуется разработка технологии нормирования физической нагрузки в оздоровительной физической культуре на основе данных МЧСС.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами были использованы следующие методы исследования: теоретический анализ и обобщение данных научных публикаций, статистический и ранговый анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цифровая трансформация различных отраслей экономики, социальной сферы, в том числе и сферы физической культуры и спорта (ФКиС), определена Указом Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» в качестве одной из приоритетных национальных целей

ТОП-5 мировых трендов фитнеса и здоровья
Top 5 global fitness and health trends

Место	2019	2020	2021	2022	2023
1	Носимые технологии	Носимые технологии	Онлайн тренировки	Носимые технологии	Носимые технологии
2	Интервальные тренировки	Групповые занятия	Носимые технологии	Тренировки дома	Тренировки со свободным весом
3	Групповые занятия	Интервальные тренировки	Тренировки с собственным весом	Занятия на улице	Тренировки с собственным весом
4	Тренировки со свободным весом	Программы для пожилых людей	Занятия на улице	Тренировки со свободным весом	Программы для пожилых людей
5	Персональные тренировки	Тренировки с собственным весом	Интервальные тренировки	Упражнение для похудения	Функциональная фитнес-тренировка

Рисунок 1 – Мировые тренды фитнеса и здоровья
Figure 1 – Global fitness and health trends

развития Российской Федерации. В настоящее время в ОФК также достаточно активно применяют цифровые носимые технологии [2,8-10]. Однако, несмотря на бурное развитие и массовое распространение цифровых носимых устройств с функцией постоянного мониторинга МЧСС с достаточной точностью (рисунок 1), большинство методов и подходов нормирования физической нагрузки не учитывают данные всей суточной активности [6]. Таким образом, с учетом цифровой трансформации и трендов ОФК можно выделить два подхода к нормированию физической нагрузки: до цифровизации и после (рисунок 2), где нормы физической нагрузки определяются по усредненным формулам в зависимости от пола, возраста [1,4-6]. При этом в двух этих подходах отсутствует технология определения персонифицированных норм занимающихся ОФК с учетом их суточных данных МЧСС. Таким образом, проблема персонификации норм физической нагрузки в ОФК имеет два противоречия:

– массовое распространение носимых технологий и недостаточное использование их функционала для решения задач нормирования оздоровительной физической нагрузки;
– повышение эффективности занятий оздоровительной направленности и отсутствие современных технологий определения персонифицированных норм.

Данные противоречия учитываются в рамках методологии и технологии нормирования физической нагрузки [5,6], предполагающих применение теории рангового анализа. Выбор данной теории обосновывается результатами анализа суточных данных МЧСС, который показал, что они относятся к виду негауссовых данных (также существуют невзаимосвязанные, гауссовые), для которых не работают центральные предельные теоремы и закон больших чисел. В математической статистике негауссовые данные исследуются и обрабатываются в рамках теории рангового анализа.

Профессором МЭИ Б.И. Кудриным для негауссовых систем различного типа разработана

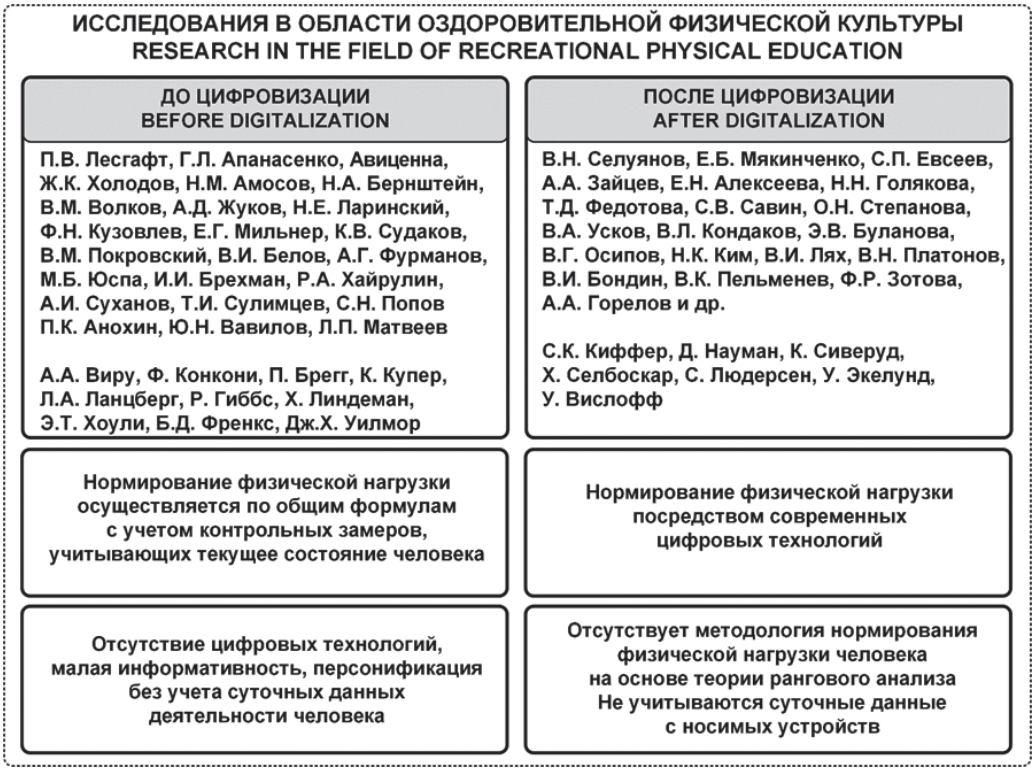


Рисунок 2 – Подходы в области нормирования физической нагрузки
Figure 2 – Approaches to rationing physical activity

теория рангового анализа [3,5-7], фундаментом которой является закон рангового распределения. Ранговое распределение – это распределение W(r), получающееся в результате ранжирования: объекты исследуемой системы располагаются в порядке убывания исследуемого параметра W (в данном случае – МЧСС), где каждому объекту присваивается номер ранга r = 1, 2, 3 и т.д. Далее строится график зависимости W от номера ранга r, который имеет вид гиперболы и называется Н-распределением [3,5-7]:

$$W = W_0 / r^{\beta}, \qquad (1)$$

где W – исследуемый параметр системы (МЧСС);
r – ранг объекта системы (ранг МЧСС);
W_0 и β – параметры распределения.

Поэтому представляется перспективным использование инструментария рангового анализа в теории ОФК с целью исследования совокупности данных МЧСС и дальнейшего определения норм физической нагрузки для занимающихся ОФК [5,6].

Определение персонифицированных норм осуществляется в рамках технологии нормирования в четыре этапа (рисунок 3).

На первом, подготовительном, этапе осуществляются подготовка занимающегося ОФК, контрольные замеры в виде различных батарей тестов, выбор часов с оптическим датчиком измерения пульса. В качестве примера занимающегося ОФК рассмотрен мужчина 35 лет (офисный работник с тренировками 3-4 раза в неделю). Значение максимального показателя ЧСС – 185 ударов в минуту было получено по формуле «220 – возраст» [1,4].

На этапе сбора данных с помощью «умных часов» осуществляется суточное измерение МЧСС (рисунок 4). Сбор данных МЧСС рекомендуется осуществлять в том числе и в дни повседневной активности занимающегося. Некорректно собирать данные, например, в дни отпуска, каникул или выходных. Оптимальный вариант при сборе данных МЧСС – это рабочие дни с и дни без тренировок. Контрольные измерения при повседневной активности осуществляются в течение 4 дней. Во время сбора данных испытуемый всю свою повседневную деятельности проводит с часами: во время сна, работы, тренировки, в душе и т.д.

Рисунок 3 – Этапы технологии нормирования физической нагрузки
Figure 3 – Stages of physical activity rationing technology

Рисунок 4 – «Умные часы» для сбора данных ЧСС
Figure 4 – Smart watch for HR data collection

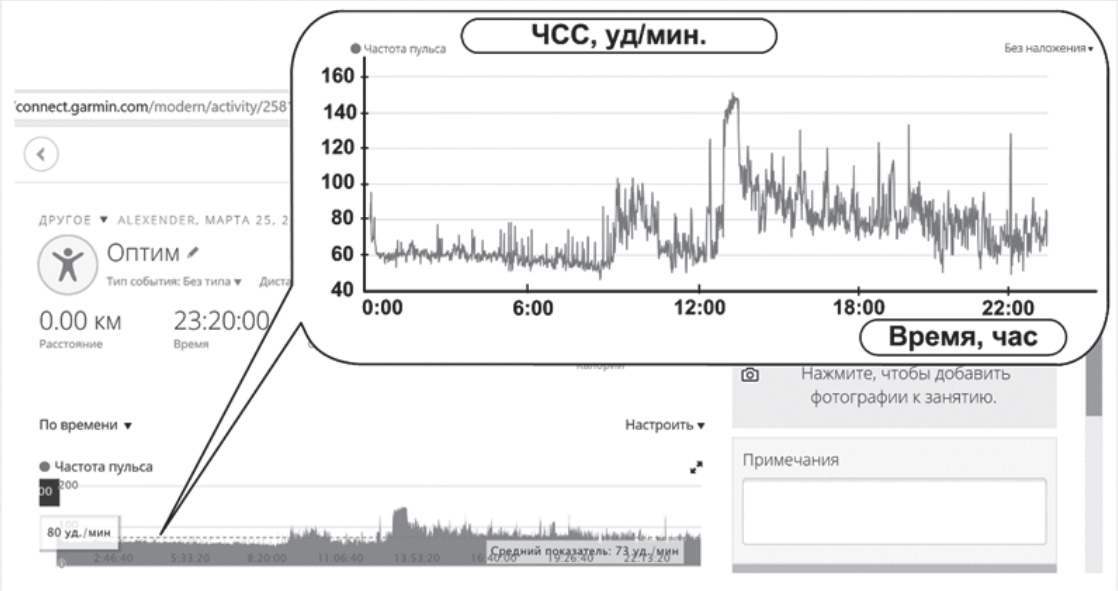
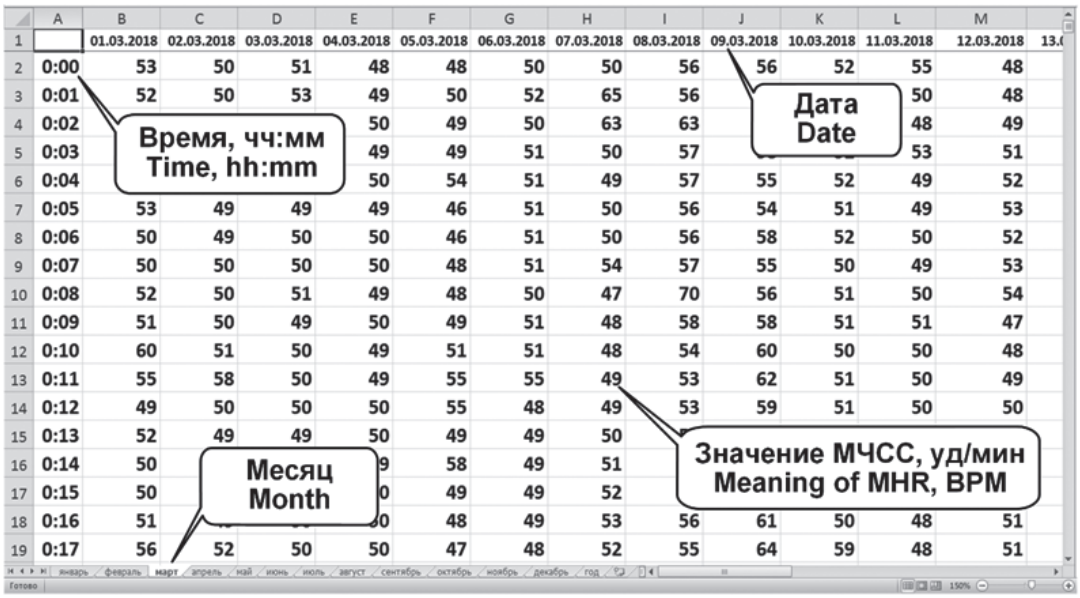


Рисунок 5 – Сайт производителя «умных часов»
Figure 5 – Smart watch manufacturer's website



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		01.03.2018	02.03.2018	03.03.2018	04.03.2018	05.03.2018	06.03.2018	07.03.2018	08.03.2018	09.03.2018	10.03.2018	11.03.2018	12.03.2018
2	0:00	53	50	51	48	48	50	50	56	56	52	55	48
3	0:01	52	50	53	49	50	52	65	56			50	48
4	0:02				50	49	50	63	63			48	49
5	0:03				49	49	51	50	57			53	51
6	0:04				50	54	51	49	57	55	52	49	52
7	0:05	53	49	49	49	46	51	50	56	54	51	49	53
8	0:06	50	49	50	50	46	51	50	56	58	52	50	52
9	0:07	50	50	50	50	48	51	54	57	55	50	49	53
10	0:08	52	50	51	49	48	50	47	70	56	51	50	54
11	0:09	51	50	49	50	49	51	48	58	58	51	51	47
12	0:10	60	51	50	49	51	51	48	54	60	50	50	48
13	0:11	55	58	50	49	55	55	49	53	62	51	50	49
14	0:12	49	50	50	50	55	48	49	53	59	51	50	50
15	0:13	52	49	49	50	49	49	50					
16	0:14	50				58	49	51					
17	0:15	50				49	49	52					
18	0:16	51				48	49	53	56	61	50	48	51
19	0:17	56	52	50	50	47	48	52	55	64	59	48	51

Рисунок 6 – База данных минутных значений частоты сердечных сокращений
Figure 6 – Database of minute heart rate values (MHR)

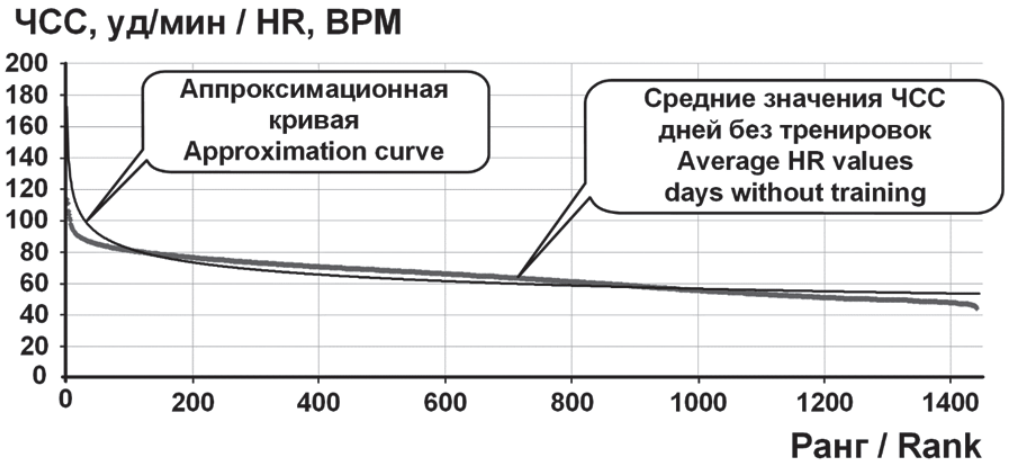


Рисунок 7 – Аппроксимация средних значений МЧСС дней без тренировок
Figure 7 – Approximation of average MHR values of days without training

Далее данные с часов за исследуемый период выгружаются на сайт производителя носимого устройства. График измерений МЧСС представлен на рисунке 5.

Далее формируется база данных по МЧСС за определенный период: данные ЧСС скачиваются на компьютер и копируются в файл формата XLSX (файл MS Excel). В каждых суточных измерениях, соответственно, 1440 МЧСС от 00:00 до 23:59 (рисунок 6).

На этапе обработки данных (рисунок 3) решаются четыре задачи рангового анализа. Ранжирование экспериментальных суточных данных МЧСС по убыванию осуществляется в первой задаче.

В второй задаче ранжированные данные МЧСС разделяются на группы в зависимости от дней: когда была тренировочная активность; дней, когда она отсутствовала и всех дней (с тренировками и без). И далее все значения МЧСС в этих трех группах усредняются.

В третей задаче происходит аппроксимация средних значений всех трех групп: подбирается аналитическая зависимость, наилучшим образом описывающая совокупность точек каждой из трех групп. Пример полученной аппроксимационной кривой средних значений ЧСС дней без тренировок представлен на рисунке 7.

В четвертой задаче для определения тренировочного потенциала на одном графике осуществляется построение верхней и нижней границ. Нижняя граница тренировочного

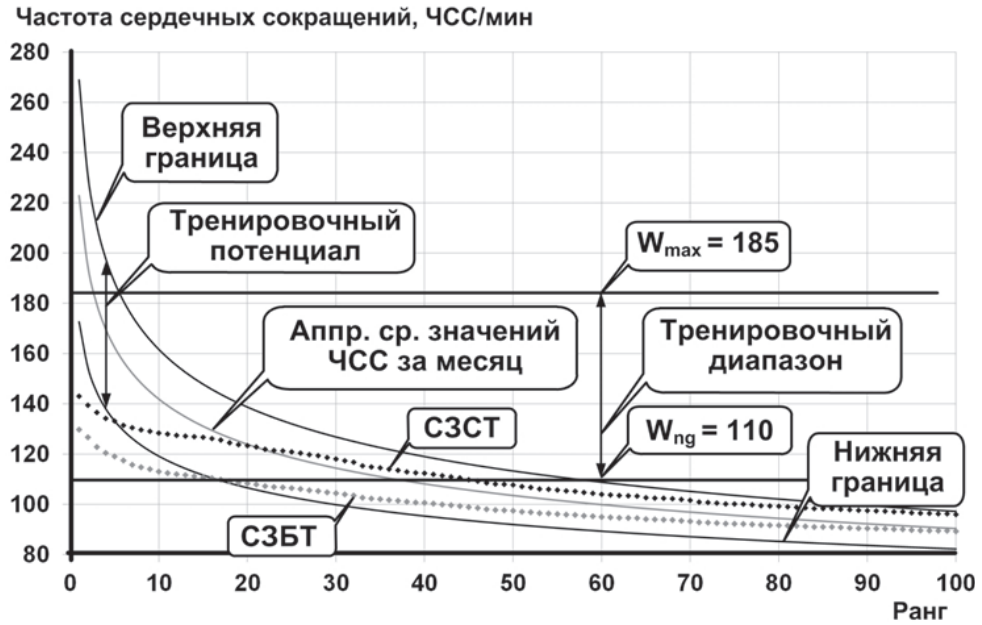


Рисунок 8 – Тренировочный потенциал (фрагмент с 1-го по 100-й ранг):
СЗБТ – средние значения МЧСС дней без тренировок;
СЗСТ – средние значения МЧСС дней с тренировками
Figure 8 – Training potential (fragment from rank 1 to 100):
СЗБТ – mean MHR values of days without training;
СЗСТ – average MHR of days with training

		Уровень подготовки Training level			
Зона ЧСС HR zone	ЧСС, уд/мин HR, bpm	Нач. elementary	Ср. Intermed.	Продв. advanced	Эффект Effect
Анаэробная	до 185	1 мин	4 мин	8 мин	Анаэр.
Пороговая	до 167	1 мин	4 мин	7 мин	Анаэр.
Аэробная	до 148	4 мин	7 мин	12 мин	Аэроб.
Средняя	от 110 до 130	9 мин	22 мин	31 мин	Аэроб.
Время, мин	-	15 мин	37 мин	58 мин	-

Рисунок 9 – Персонифицированные значения норм физической нагрузки
Figure 9 – Personalized values of physical activity norms

потенциала определяется как аппроксимационная кривая средних значений дней без тренировок, а верхняя – дней с тренировками (рисунок 8).

По результатам четвертого этапа на основе нижней, верхней границ и тренировочного потенциала определяются персонифицированные значения норм физической нагрузки для трех уровней подготовки (рисунок 9). Нормы интенсивности и объема на каждом уровне подготовки соответствуют значениям МЧСС нижней, средней и верхней границ (рисунок 9).

Полученные рекомендации могут быть использованы в качестве персональных норм физической активности и при необходимости обновлены (через месяц, квартал или год). Полученные нормы физической нагрузки могут отслеживаться с помощью смарт-часов как во время, так и после занятий ОФК (рису-

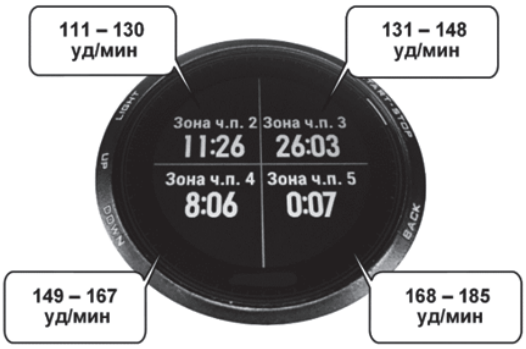


Рисунок 10 – Экран смарт-часов:
а – МЧСС в реальном времени;
б – общее время нахождения в зонах МЧСС
Figure 10 – Smartwatch screen:
a - real-time MHR;
b - total time in MHR zones

нок 10). При этом полученные нормы МЧСС являются персональными и подходят только для одного человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, технология нормирования физической нагрузки позволяет определять для занимающийся ОФК персонифицированные нормы физической нагрузки, что позволит повысить эффективность занятий оздоровительной направленности. В технологии применяется теория рангового анализа, которая учитывает негауссовость суточных данных МЧСС, полученных с помощью цифровых носимых устройств. Нормирование физической нагрузки включает в себя этапы: подготовки, сбора данных МЧСС, обработки, ранжирования, аппроксимации и определения персонифицированных норм физической нагрузки. Данные этапы являются необходимыми и достаточными для составления эффективных физкультурно-оздоровительных программ для занимающихся ОФК.

Работа проведена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения государственного задания FZWM-2024-0013.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов, Н. М. Физическая активность и сердце / Н. М. Амосов, Я. А. Бендет. – Киев. : «Здоровье», 1984. – 228 с.
2. Белякова, М. Ю. Применение цифровых и информационных технологий в сфере физической культуры и спорта / М. Ю. Белякова, А. Д. Дьяконов // Экономика и управление в спорте. – 2021. – Том 1. – №3. – С. 133-148.
3. Гнатюк, В. И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В. И. Гнатюк. – 3-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2019]. – 896 с. – Режим доступа: http://gnatukvi.ru/ind.html, свободный.
4. Зайцев, А. А. Физическая культура взрослого человека. / А. А. Зайцев. – Калининград : Министерство здравоохранения Калининградской области, 2007. – 36 с.
5. Ковалёв, А. А. К проблеме физического развития и функционального состояния курсантов посредством персонификации при дозировании двигательной активности / А. А. Ковалёв, Т. Д. Шайхуллин, В. В. Ерофеев, И. С. Веретенников, А. Н. Ларин // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2023. – № 7. – С. 178-181.
6. Ковалёв, А. А. Оптимизация психофизической подготовки спортсменов по спортивному ориентированию с использованием современных технологий / А. А. Зайцев, А. Ю. Фарафонов, А. А. Ковалёв // Барнаул. : Алтайский государственный университет, 2022. – 236 с.
7. Кудрин, Б. И. Введение в технетику. / Б. И. Кудрин. – Томск : Изд-во ТГУ, 1993. – 552 с.
8. Стеценко, Н. В. Цифровизация в сфере физической культуры и спорта: состояние вопроса / Н. В. Стеценко, Е. А. Широбакина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 22. – № 1 (22). – С. 35-40.
9. Wang, F. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study / Fei Wang, Xiaoyan Wang, André Henriksen, Johan Goris, Anjum Khurshid, and Maria Asuncion // Vicente JMIR Mhealth Uhealth. 2018. – № 6. – P.94.
10. Wisløff, U. Personalized Activity Intelligence (PAI) for Prevention of Cardiovascular Disease and Promotion of Physical Activity / Bjarne M. Nes, Christian R. Gutvik, Carl J. Lavie, Javaid Nauman, Ulrik Wisløff // The American Journal of Medicine. 2017. – № 130. – P.328-336.

REFERENCES

1. Amosov, N. M. Physical activity and heart / N. M. Amosov, Y. A. Bendet. – Kiev : " Health", 1984, – 228 p.
2. Belyakova, M. Yu. Application of digital and information technologies in the sphere of physical culture and sport / M. Yu. Belyakova, A. D. Diakonov // Economics and management in sport. – 2021. – Vol. 1. – № 3. – pp. 133-148.
3. Gnatiuk, V. I. Law of optimal construction of technocenoses [Monograph] / V. I. Gnatiuk. – 3rd ed., revision and supplement. – Electronic text data. – Kaliningrad : Publishing House of the Scientific and Research Center "Technocenosis"], [2019]. – 896 p. – Access mode: http://gnatukvi.ru/ind.html, free.
4. Zaitsev, A. A. Physical culture of an adult. / A. A. Zaitsev. – Kaliningrad: Ministry of Health of the Kaliningrad region, 2007. – 36 p.
5. Kovalyov, A. A. Kovalyov, T. D. Shaykhullin, V. V. Erofeev, I. S. Kovalyov, A. A. Kovalyov, T. D. Shaykhullin, V. V. Erofeev, I. S. Veretennikov, A. N. Larin // Scientific Notes of P.F. Lesgaft University. – 2023. – № 7. – pp. 178-181.
6. Kovalev, A. A. Optimization of psychophysical training of athletes in sports orienteering using modern technologies / A. A. Zaitsev, A. Yu. Farafonov, A. A. Kovalev // Barnaul. Farafonov, A.A. Kovalyov // Barnaul: Altai State University, 2022. – 236 p.
7. Kudrin, B. I. Introduction to technology / B. I. Kudrin. – Tomsk: TSU Publishing House, 1993. – 552 p.
8. Stetsenko, N. V. Digitalization in the sphere of physical culture and sport: the state of the issue / N. V. Stetsenko, E. A. Shirobakina // Science and sport: current trends. – 2019. – Vol. 22. – № 1 (22). – pp. 35-40.
9. Wang, F. Evaluating the Validity of Current Mainstream Wearable Devices in Fitness Tracking Under Various Physical Activities: Comparative Study / Fei Wang, Xiaoyan Wang, André Henriksen, Johan Goris, Anjum Khurshid, and Maria Asuncion // Vicente JMIR Mhealth Uhealth. 2018. – № 6. – P. 94.
10. Wisløff, U. Personalized Activity Intelligence (PAI) for Prevention of Cardiovascular Disease and Promotion of Physical Activity / Bjarne M. Nes, Christian R. Gutvik, Carl J. Lavie, Javaid Nauman, Ulrik Wisløff // The American Journal of Medicine. 2017. – № 130. – P. 328-336.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ковалёв Александр Анатольевич (Kovalev Alexander Anatolyevich) – кандидат технических наук, руководитель группы научно-технического развития, доцент Высшей школы физической культуры и спорта; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский федеральный университет имени И. Канта», Россия, 236041, г. Калининград, ул. Александра Невского, 14; e-mail: sheynin@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3052-1360.

Поступила в редакцию 07 февраля 2024 г.
Принята к публикации 22 февраля 2024 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Ковалёв, А.А. Технология нормирования физической нагрузки в оздоровительной физической культуре / А. А. Ковалёв // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № 1 – С. 144-152. DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-1-144-152

FOR CITATION

Kovalev A.A. Technology of physical activity rationing in recreational physical culture. Science and sport: current trends., 2024, vol. 12, no. 1. – pp. 144-152. DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-1-144-152