



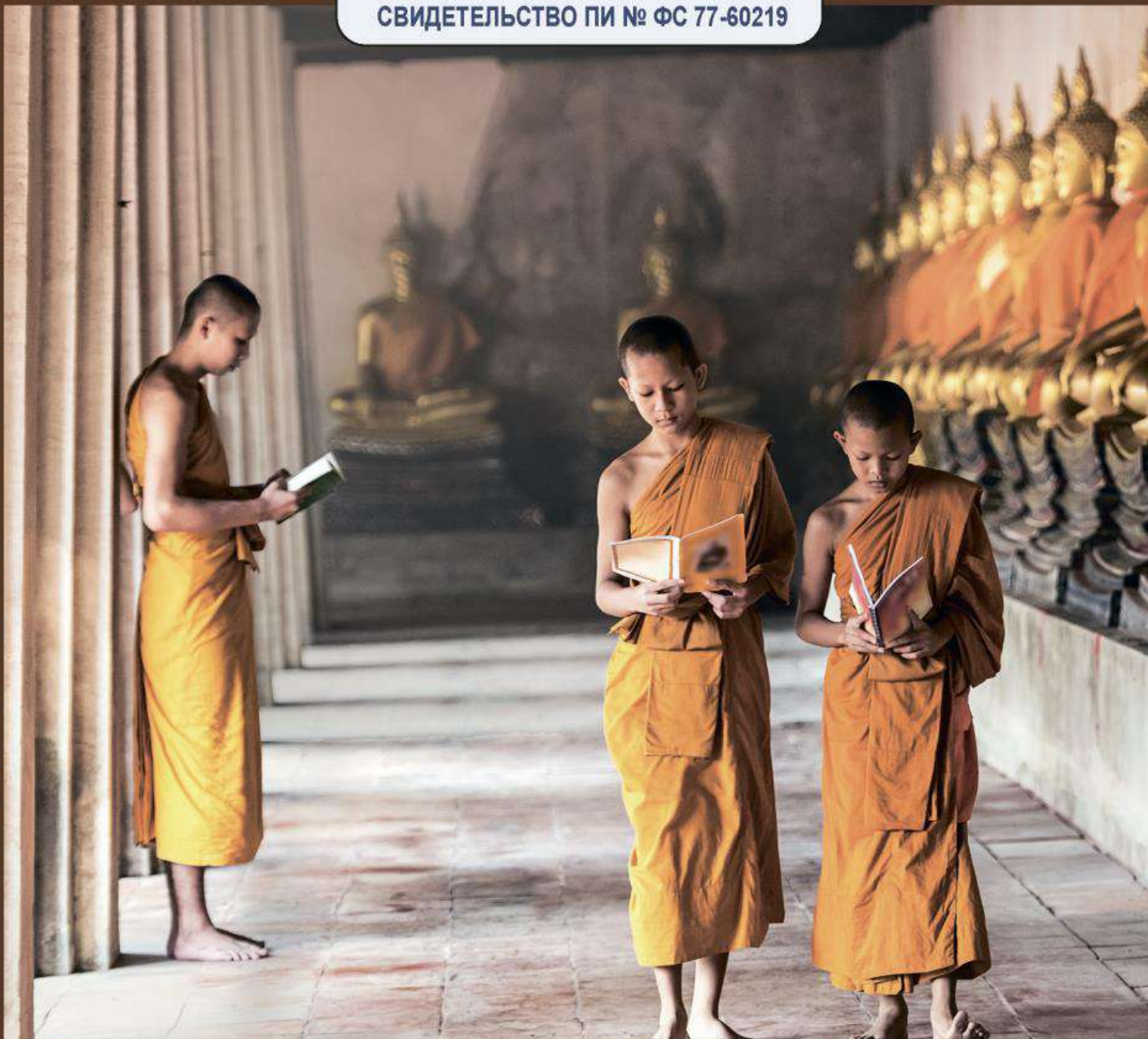
ПРОБЛЕМЫ ПЕДАГОГИКИ

№ 4(49). ИЮНЬ 2020 ГОДА

ISSN 2410-2881
СООТВЕТСТВУЕТ
ГОСТ 7.56-2002

 **РОСКОМНАДЗОР**
СВИДЕТЕЛЬСТВО ПИ № ФС 77-60219

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ПРОБЛЕМЫ ПЕДАГОГИКИ» № 4(49) 2020



[HTTPS://PROBLEMSPEDAGOGY.RU](https://problemspedagogy.ru)

Проблемы педагогики

№ 4 (49), 2020

Российский импакт-фактор: 1,95

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: ВАЛЬЦЕВ С.В.

Зам. главного редактора: Ефимова А.В.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Стукаленко Н.М. (д-р пед. наук, Казахстан), *Баулина М.В.* (канд. Пед. Наук, Россия), *Блейх Н.О.* (д-р ист. наук, канд. пед. наук, Россия), *Гавриленкова И.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Дивненко О.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Линькова-Даниельс Н. А.* (канд. пед. наук, Австралия), *Клинок Г.Т.* (PhD in Pedagogic Sc., Болгария), *Матвеева М.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Мацаренко Т.Н.* (канд. пед. наук, Россия), *Селитреникова Т.А.* (д-р пед. наук, Россия), *Шамишина И.Г.* (канд. пед. наук, Россия).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Абдуллаев К.Н. (д-р филос. по экон., Азербайджанская Республика), *Алиева В.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Акбулаев Н.Н.* (д-р экон. наук, Азербайджанская Республика), *Аликулов С.Р.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Ананьева Е.П.* (д-р филос. наук, Украина), *Асатурова А.В.* (канд. мед. наук, Россия), *Аскарходжаев Н.А.* (канд. биол. наук, Узбекистан), *Байтасов Р.Р.* (канд. с.-х. наук, Белоруссия), *Бакико И.В.* (канд. наук по физ. воспитанию и спорту, Украина), *Бахор Т.А.* (канд. филол. наук, Россия), *Баулина М.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Блейх Н.О.* (д-р ист. наук, канд. пед. наук, Россия), *Боброва Н.А.* (д-р юрид. наук, Россия), *Богомолов А.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Бородай В.А.* (д-р социол. наук, Россия), *Волков А.Ю.* (д-р экон. наук, Россия), *Гавриленкова И.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Гарагонич В.В.* (д-р ист. наук, Украина), *Глуценко А.Г.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Грищенко В.А.* (канд. техн. наук, Россия), *Губарева Т.И.* (канд. юрид. наук, Россия), *Гутникова А.В.* (канд. филол. наук, Украина), *Датий А.В.* (д-р мед. наук, Россия), *Демчук Н.И.* (канд. экон. наук, Украина), *Дивненко О.В.* (канд. пед. наук, Россия), *Дмитриева О.А.* (д-р филол. наук, Россия), *Доленко Г.Н.* (д-р хим. наук, Россия), *Есенова К.У.* (д-р филол. наук, Казахстан), *Жамулдинов В.Н.* (канд. юрид. наук, Казахстан), *Жолдошев С.Т.* (д-р мед. наук, Кыргызская Республика), *Зеленков М.Ю.* (д-р.полит.наук, канд. воен. наук, Россия), *Ибадов Р.М.* (д-р физ.-мат. наук, Узбекистан), *Ильинских Н.Н.* (д-р биол. наук, Россия), *Кайракбаев А.К.* (канд. физ.-мат. наук, Казахстан), *Кафтаева М.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Киквидзе И.Д.* (д-р филол. наук, Грузия), *Клинок Г.Т.* (PhD in Pedagogic Sc., Болгария), *Кобланов Ж.Т.* (канд. филол. наук, Казахстан), *Ковалёв М.Н.* (канд. экон. наук, Белоруссия), *Кравцова Т.М.* (канд. психол. наук, Казахстан), *Кузьмин С.Б.* (д-р геогр. наук, Россия), *Куликова Э.Г.* (д-р филол. наук, Россия), *Курманбаева М.С.* (д-р биол. наук, Казахстан), *Курпаяншиди К.И.* (канд. экон. наук, Узбекистан), *Линькова-Даниельс Н.А.* (канд. пед. наук, Австралия), *Лукиенко Л.В.* (д-р техн. наук, Россия), *Макаров А. Н.* (д-р филол. наук, Россия), *Мацаренко Т.Н.* (канд. пед. наук, Россия), *Мейманов Б.К.* (д-р экон. наук, Кыргызская Республика), *Мурадов Ш.О.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Мусаев Ф.А.* (д-р филос. наук, Узбекистан), *Набиев А.А.* (д-р наук по геoinформ., Азербайджанская Республика), *Назаров Р.Р.* (канд. филос. наук, Узбекистан), *Наумов В. А.* (д-р техн. наук, Россия), *Овчинников Ю.Д.* (канд. техн. наук, Россия), *Петров В.О.* (д-р искусствоведения, Россия), *Радкевич М.В.* (д-р техн. наук, Узбекистан), *Рахимбеков С.М.* (д-р техн. наук, Казахстан), *Розыходжаева Г.А.* (д-р мед. наук, Узбекистан), *Романенкова Ю.В.* (д-р искусствоведения, Украина), *Рубцова М.В.* (д-р социол. наук, Россия), *Румянцев Д.Е.* (д-р биол. наук, Россия), *Самков А. В.* (д-р техн. наук, Россия), *Саньков П.И.* (канд. техн. наук, Украина), *Селитреникова Т.А.* (д-р пед. наук, Россия), *Сибирцев В.А.* (д-р экон. наук, Россия), *Скрипко Т.А.* (д-р экон. наук, Украина), *Сопов А.В.* (д-р ист. наук, Россия), *Стрекалов В.Н.* (д-р физ.-мат. наук, Россия), *Стукаленко Н.М.* (д-р пед. наук, Казахстан), *Субачев Ю.В.* (канд. техн. наук, Россия), *Сулейманов С.Ф.* (канд. мед. наук, Узбекистан), *Трегуб И.В.* (д-р экон. наук, канд. техн. наук, Россия), *Упоров И.В.* (канд. юрид. наук, д-р ист. наук, Россия), *Федоськина Л.А.* (канд. экон. наук, Россия), *Хилтухина Е.Г.* (д-р филос. наук, Россия), *Цуцуля С.В.* (канд. экон. наук, Республика Армения), *Чиладзе Г.Б.* (д-р юрид. наук, Грузия), *Шамишина И.Г.* (канд. пед. наук, Россия), *Шарипов М.С.* (канд. техн. наук, Узбекистан), *Шевко Д.Г.* (канд. техн. наук, Россия).

Подписано в печать:
23.06.2020

Дата выхода в свет:
25.06.2020

Формат 70x100/16.

Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс».

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,28

Тираж 1 000 экз.

Заказ № 3310

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«Проблемы науки»

**Территория
распространения:
зарубежные страны,
Российская Федерация**

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по
надзору в сфере связи,
информационных
технологий и массовых
коммуникаций
(Роскомнадзор)
Свидетельство
ПИ № ФС77 - 60219
Издается с 2014 года

Свободная цена

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ, СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ, ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ И АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

СНИЖЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ У ВОЗРАСТНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Романович В.А.



Романович Виталий Анатольевич - Почетный работник в сфере образования РФ, кандидат педагогических наук, мастер спорта СССР, инструктор-методист, Муниципальное казенное учреждение физкультурно-оздоровительный комплекс «Юбилейный», гп. Октябрьское, Ханты-Мансийский автономный округ - ЮГРА

Аннотация: с улучшением экологии, здравоохранения, технологий в большинстве стран неуклонно повышается продолжительность жизни, увеличивая количество пожилых людей. Однако качественная продолжительность жизни не совпадает со средней продолжительностью жизни, поэтому годы, проведенные со слабым здоровьем, инвалидностью и различными нарушениями в старости, увеличиваются. Большинство пожилых людей не придерживаются даже минимальных рекомендаций в отношении физической активности, и в большей мере малоподвижны, такая пассивность неизбежное условие жизни современных пожилых людей. Снижение физической работоспособности неизбежно с возрастом. Тем не менее, некоторые пожилые люди продолжают тренироваться так же, как в молодые годы, преодолевая последствия старения. Эти возрастные спортсмены демонстрируют незначительные физические изменения, способны к выдающимся достижениям в соревнованиях связанных с выносливостью и, таким образом, представляют модели успешного старения. Регулярная физическая активность позволяет им ограничить нарушение физиологических способностей, необходимых для хорошего качества жизни. Целью этого обзора является изучение взаимосвязи между возрастом и физиологическими функциями сердечнососудистой системы, основополагающей в поддержании физических функций и здоровья на протяжении всей жизни. На примере возрастных спортсменов выносливости, сделать попытку в определении функции, которая бы служила маркером биологического старения. Приблизить наше понимание процесса биологического старения, - это результат естественного снижения физиологических функций или сокращение физической активности, ответственной за это снижение. Методы. Статьи, которые считались подходящими для включения в этот обзор, были получены в период с 2018 года по март 2020 года с использованием следующих баз данных: EBSCO, Google Scholar, PubMed, SCOPUS, eLIBRARY. Были использованы следующие поисковые термины: «Возрастной спорт», «Успешное старение в спорте», «Выносливость спортсменов» и «Физиологические функции». В основном англоязычные статьи были

включены в начальный поиск, чтобы максимизировать количество найденных статей. Выводы. Возрастные спортсмены представляют собой интересную экспериментальную модель в изучении старения, без мешающих факторов малоподвижного образа жизни и низкого уровня физиологических функций, которые усиливают процесс старения. Их мотивация участия в выносливых видах спорта, такие как бег, велогонки или триатлон, позволяет им поддерживать, и даже улучшать свой уровень работоспособности, несмотря на возраст. Представляя модели оптимального старения, они демонстрируют незначительные или никакие телесные изменения и патологии, традиционно связанные со старением. Тем не менее, многие исследования возрастных спортсменов указывают на неизбежное и постепенное снижение выносливости с возрастом. В основном это снижение происходит с 35 лет и сопровождается изменениями физиологических систем, участвующих в выносливости. Максимальное потребление кислорода (МПК), максимальный сердечный выброс и силовые способности являются физиологическими маркерами, наиболее характерными для снижения физических способностей с возрастом. Таким образом, будущие исследования должны включать возрастных спортсменов для нашего понимания и углубления знаний о процессе старения в поиске стратегий оптимального старения.

Ключевые слова: возрастной спорт, выносливость, физиологические функции.

Введение

Продолжительность жизни человека вдвое увеличилась за последние два столетия, увеличив количество людей преклонного возраста. Но эти добавленные годы связаны со снижением физиологических функций, которые, в конечном счете, приводят к утрате независимости, распространению сопутствующих заболеваний и повреждений. Продолжительность жизни зачастую воспринимается как позитивная мера, но для человека, вероятно, не ключевой показатель, чем последствия ухудшения функций. В этой связи качественная продолжительность жизни, которую называют «успешное старение», «здоровое старение» или «оптимальное старение», не совпадает со средней продолжительностью жизни, поэтому годы, проведенные со слабым здоровьем, инвалидностью и различными нарушениями в старости, увеличиваются. В настоящее время существует необходимость обоснование таких стратегий, которые способны увеличить здоровую и безопасную жизнь в пожилом и старческом возрасте, благодаря поддержанию на оптимальном уровне физиологических систем и снижению траектории в отношении недееспособности [30]. Однако наше понимание взаимосвязи между здоровым старением и физиологическими функциями ограничено, и не существует никаких показателей, которые могут быть использованы для оценки возраста человека [53]. В исследованиях старения, множество сопутствующих факторов, запутывают наше понимание взаимосвязи функций и старение, включающие в себя генетические, разные образы жизни, социально-экономические, пищевые, медицинские и другие экологические различия [33]. В том числе, отсутствие адекватной физической нагрузки, как известно, приводит к серьезным отрицательным последствиям в ухудшение физиологических функций. Большинство пожилых людей не придерживаются даже минимальных рекомендаций в отношении физической активности, и в большей мере малоподвижны, такая пассивность неизбежное условие жизни современных пожилых людей. Однако наш генотип ведет свою эволюционную историю с периода, когда высокий уровень физической активности, по всей видимости, являлся нормой. С большой вероятностью можно утверждать, что физическая активность, по умолчанию, способна сохранять здоровье и физиологические функции на протяжении всей жизни [33]. Поэтому возрастное ухудшение функций малоподвижных людей, не отражает процесс биологического старения, являясь мешающим фактором для нашего понимания.

В последнее время, особенно в зарубежных странах, растет число активных людей в возрасте, которые занимаются спортом и участвуют в соревнованиях. Эта категория возрастных спортсменов, используя высокоинтенсивные тренировки, представляют уникальную модель, для выяснения взаимосвязи между старением и функциями. Целью данного обзора является изучение взаимосвязи между возрастом и физиологическими функциями сердечнососудистой системы, основополагающей в поддержание физических функций и здоровья на протяжении всей жизни. Сделав попытку в определении функции, которая бы служила маркером биологического старения, с одной стороны, и процесс биологического старения, это результат естественного снижения физиологических функций или снижение физической активности, ответственна за это снижение. На примере возрастных спортсменов приблизить наше понимание о физической активности, обеспечивающей взаимосвязь между старением и физиологическими функциями.

Возрастные спортсмены - это люди, которые систематически тренируются и соревнуются в организованных видах соревновательного спорта, специально предназначенных для людей среднего и пожилого возраста. Эти стареющие люди представляют уникальную модель для изучения влияния высоких уровней физической подготовки на старение человека [61]. Международные и национальные федерации определяют возраст для определения возрастного спортсмена, как правило, старше 35 лет. Это люди имеющие опыт соревновательной и физической подготовки, которые завершили свою карьеру в спорте высших достижений, продолжая тренироваться и соревноваться, либо возобновили физическую подготовку после длительного перерыва [38]. Исследования мотивов участия в организованном соревновательном спорте, показали, что возрастные спортсмены участвуют для удовольствия, конкуренции с другими, физической подготовке, пользы для здоровья, социальных связей, путешествий и снятия стресса. Причем с увеличением возраста наблюдается снижение этих мотиваций [58]. Мужчины более ориентированы на достижения результатов и первенства, а женщины в большей степени ориентированы на пользу для здоровья, социальной сферы и удовольствия [32].

Снижение результативности возрастных спортсменов

В данном обзоре используются примеры снижения результатов возрастных спортсменов для оценки уровня сердечнососудистой системы, специализирующихся в выносливых видах спорта (длительный бег, велогонки, плавание, триатлон и др.). Под выносливостью обычно понимают способность противостоять утомлению в процессе выполнения упражнений, в форме продолжительной работы до тех пор, пока не появятся первые признаки выраженного утомления [15]. «Пожалуй, ни одна из составляющих физического потенциала современного человека не испытала на себе отрицательных последствий недостаточной двигательной активности в такой степени, как выносливость. Научиться выносливости невозможно. Способность успешно противостоять утомлению достигается только тренировкой, преодолением усталости, привыканием к физическим нагрузкам в состоянии относительного утомления организма» [2, с. 200]. Эффективность тренировочного процесса в циклических видах спорта, зависит во многом от уровня технической и физической подготовленности, если техника конкретного упражнения будет опираться на соответствующий уровень развития физических качеств, то только в этом случае будет рост спортивных результатов [6]. Выносливость в основном зависит от аэробных возможностей организма, которые определяются величиной максимального потребления кислорода (МПК) и способностью длительно поддерживать высокую скорость потребления кислорода, когда физическая работа производится за счет образования энергии путем окисления. Потребление и утилизация кислорода при мышечной деятельности оцениваются величиной *максимального потребления кислорода* – максимального количества кислорода, поглощенного организмом. Эта величина является предельной для данного индивида уровнем потребления кислорода в единицу времени (1 мин)

[10]. Показатели выносливости зависят от биохимических и физиологических показателей, которые определяются мощностью, емкостью и эффективностью процессов энергообеспечения. К показателям мощности в аэробном процессе относят (*МПК*), к емкости - содержание гликогена в мышечной ткани и время удержания критической мощности, эффективности - кислородный эквивалент работы и порог анаэробного обмена [1, 4, 7, 8, 13]. Уровень работоспособности в марафонском беге определяется эффективностью аэробного окисления, способностью длительно поддерживать высокую производительность аэробных механизмов (*80-90% МПК*), включением в аэробный цикл жиров.

Исследования выносливости возрастных спортсменов, указывают на снижение результативности по мере старения [62, 68]. Это возрастное ухудшение вероятно криволинейно, сохраняясь до 35-летнего возраста, за которым следует умеренное снижение до 50-летнего возраста с последующим постепенным снижением работоспособности, причем наибольшее снижение наблюдается после 70-лет [50]. У женщин это снижение более очевидно, чем у мужчин, возможно, из-за биологических или социальных различий [61]. Хотя это не соответствие, частично может объясняться, меньшим количеством участия женщин в старших возрастных категориях. Предполагается, что возрастное снижение результатов выносливости связано с уменьшением объемов и интенсивности тренировок в результате возросших профессиональных и семейных обязательств [64], снижение мотивации к тренировкам [61].

Несмотря на преклонный возраст, возрастные спортсмены продолжают тренироваться так же, как их более молодые коллеги на протяжении десятилетий. Они демонстрируют незначительные изменения или не изменяют массу тела и редко сталкиваются с патологиями, традиционно регистрируемыми с возрастом [69]. Следовательно, эта популяция, не соответствующая традиционному представлению о пожилых людях, может рассматриваться как «модель успешного старения», а также как «экспериментальная модель» в исследовании старения [26, 34, 46, 61]. Благодаря активному образу жизни, близкому к юным спортсменам, возрастные спортсмены позволяют измерять относительный вклад старения (необратимый биологический процесс старения) в отличие от малоподвижных людей того же возраста, которые традиционно подвержены патологиям старения (например, ожирение, диабет, высокое кровяное давление), которые приводят к усугублению снижения физических возможностей [46]. Несмотря на регулярные интенсивные тренировки и поддержание здорового образа жизни на протяжении всей жизни, физическая работоспособность неизбежно снижается с возрастом.

Выносливость в основном зависит от многих физиологических факторов. Метаболические, которые включают максимальное потребление кислорода (*МПК*), порог накопления молочной кислоты, максимальная частота сердечных сокращений (*ЧСС макс*) и сердечный выброс; периферические факторы, такие как количество, тип и размер мышечных волокон, плотность капиллярной сети и активность ферментов аэробного метаболизма. Согласно научным данным, эти факторы, напрямую влияющие на выносливость, могут ухудшаться у возрастных спортсменов и, таким образом, снижать уровень работоспособности [25, 50]. Поэтому в этой части обзора литературы основное внимание будет уделено каждому из этих факторов, необходимые для понимания влияния возраста на физическую работоспособность.

Максимально потребление кислорода (*МПК*) возрастных спортсменов.

Ключевым показателем аэробных способностей, является максимальное потребление кислорода (*МПК*) - максимальная скорость, с которой организм может использовать кислород, и, в конечном итоге, является отражением интегрированной работы сердечнососудистой, дыхательной и нервно-мышечной систем во время максимальной нагрузки организма [10]. У здоровых малоподвижных людей, (*МПК*) снижается примерно на 10% за десятилетие после достижения 25 летнего возраста.

Снижение, связанное с возрастом уровня (МПК) также было установлено, как в поперечных, так и в продольных исследованиях у мужчин и женщин, занимающихся выносливостью, с высокими уровнями тренировки в более старшем возрасте [18, 27, 28, 52, 69], предполагая, что ухудшение кажется неизбежным при старении, несмотря на высокую физическую подготовку. Исследования 125 высокоактивных велосипедистов 55-79 лет в течение 10 лет, выявили снижение (МПК) на 10 и 15% у мужчин и женщин соответственно [53]. Это согласуется с 8-15% снижением, в поперечных исследованиях пожилых спортсменов [31]. В классическом продольном исследовании *Kusu* и др. (2014) определяли (МПК) у 12 физически активных мужчин в возрасте 44 - 79 лет, в течение 10, 15, 20 и 25 лет наблюдений после первоначального обследования. Показатель максимального потребления кислорода был на 60% выше, чем у малоподвижных мужчин подобного возраста. Снижение составило 5% за десятилетие и 13% за 25-летний период [19]. Некоторые исследования указывают на большие темпы снижения (МПК) у возрастных спортсменов на выносливость в результате снижения объемов и интенсивности тренировок, и это снижение было более ускоренное, поскольку исходные значения значительно превышали средний уровень малоподвижных или умеренно активных людей [61]. *Hawkins* и др. (2001) сообщили о продольном исследовании 86 мужчин ($53,9 \pm 1,1$ года) и 49 женщин ($49 \pm 1,2$ года), возрастных бегунов на выносливость обследовали через 8,5 лет после первоначального измерения (МПК). Их результаты показали, что темпы снижения у мужчин и женщин были аналогичны или превышали показатели малоподвижных пожилых людей [25]. Такое противоречивое не соответствие показателей снижения (МПК) у возрастных спортсменов выносливости объясняется уменьшением объемов, частоты и интенсивности тренировок, с увеличением возраста [40, 63, 69]. *Trappe* и др. (1996) в продольном двадцати двух летнем исследовании изучали 53 высококвалифицированных бегунов на длинные дистанции. В течение этого периода мужчины изменили уровни физической активности, и были классифицированы как возрастные спортсмены ($n = 10$), занимающиеся общей физической подготовкой ($n = 18$), не тренирующиеся ($n = 15$) и малоподвижные ($n = 10$), в зависимости от уровня их подготовки и возраста. Во всех группах наблюдалось значительное снижение (МПК), которое было связано с количеством, объемом и интенсивностью тренировок. Результаты показали снижение на 6, 10, 15 и 15% за десятилетие у возрастных спортсменов, физически активных, не тренирующихся и малоподвижных, соответственно [63]. Также *Katzel* и др. (2001), в продольном исследовании наблюдали изменения (МПК) у 41 бегуна на выносливость мужского пола. После первоначального тестирования 4-13 лет, участники были распределены на группы «высокоинтенсивных» ($n = 7$), «умеренной активности» ($n = 21$) и «низкой» ($n = 13$), в зависимости от режимов тренировок. Было установлено возрастное снижение (МПК) на 2,6, 4,6 и 4,7% соответственно [28]. Все эти результаты указывают, что высокая интенсивность и большой объем тренировок не может предотвратить снижение (МПК) и выносливости. Однако тренировки с высокими физическими нагрузками способны поддерживать и сокращать связанные с возрастом снижение (МПК) и выносливости, и в целом процесс биологического старения.

Таким образом, как у мужчин, так и у женщин, тренирующихся в циклических видах спорта, присутствует возрастное снижение (МПК), которое способствует снижению выносливости. Тем не менее, темпы снижения (МПК) зависят от степени вовлеченности в спорт, где спортсмены сохраняют объем и интенсивность тренировок на высоком уровне. Максимальное потребление кислорода находится в зависимости от многих факторов: максимальной частоты сердечных сокращений (ЧСС), максимального ударного объема, максимальной артериовенозной разницы кислорода, в том числе мышечной массы, способности крови переносить и выделять кислород (объем крови), способность рабочих тканей поглощать и использовать кислород (капилляризация, тип мышечных волокон, аэробная активность ферментов).

Максимальная частота сердечных сокращений (*ЧСС макс*)

Возрастное снижение максимальной частоты сердечных сокращений (*ЧСС макс*) обычно наблюдается у выносливых мужчин и женщин [18, 25, 33, 51, 59, 61]. Например, *Pimental* и др. (2003) наблюдали довольно значительную ($p < 0,0001$) обратную зависимость между возрастом и (*ЧСС макс*) у 80 мужчин, бегунов на выносливость, в возрасте от 21 до 74 лет [51]. *Tanaka* и др. (2001) использовали мета-анализ (351 исследование, $n = 18\ 712$) и лабораторное тестирование на беговой дорожке ($n = 514$), чтобы установить (*ЧСС макс*) у здоровых малоподвижных, активных и тренированных на выносливость мужчин и женщин (тренирующихся три раза в неделю и чаще, на протяжении более 1 года) [59]. Результаты (*ЧСС макс*) были обратно пропорционально связаны с возрастом, как у мужчин, так и у женщин, при этом не наблюдалось никаких различий между полами и уровнями физической активности. После анализа всех исследований, было разработано уравнение регрессии ($208 - 0,7 \times \text{возраста}$) для оценки (*ЧСС макс*) для здоровых стареющих людей и показали, что это уравнение дает значительно отличающийся от возраста прогнозируемый возраст по сравнению с традиционным уравнением ($220 - \text{возраста}$). *Reaburn* и др. (2008) [50] отметили, что последнее уравнение значительно недооценивает (*ЧСС макс*) субмаксимальную интенсивность физических нагрузок у пожилых людей, особенно в старших возрастных группах. Интересно, что это снижение происходит как у мужчин, так и у женщин [25] с одинаковой скоростью как у стареющих спортсменов, так и у малоподвижных групп населения [27, 28, 51, 52], примерно на один удар в год после десятилетнего возраста. *Хокинс* и др. (2001) в продольном исследовании наблюдали изменения (*МПК*), (*ЧСС макс*) и объема тренировок у 86 мужчин ($53,9 \pm 1,1$ года) и 49 женщин ($49,1 \pm 1,2$ года), занимающихся бегом на выносливость в течение 8,5 лет. (*МПК*) и (*ЧСС макс*) значительно снизились независимо от пола и возрастной группы [25]. Это снижение, как считает *Янсен* (2006), не имеет определенной связи с функциональным состоянием человека. Однако имеются доказательства, что снижение (*МПК*) у лиц ведущих малоподвижный образ жизни, связан с возрастным снижением (*ЧСС макс*) [51]. Аналогичным образом, наблюдаемое возрастное снижение (*ЧСС макс*), является основным фактором, влияющим на возрастное снижение (*МПК*) у выносливых спортсменов мужского и женского пола [27, 51, 69]. В продольном исследовании, более 25 лет, *Kasch* и др. (1993) наблюдали 12 физически активных (ходьба, бег, езда на велосипеде, плавание) мужчин старшего возраста (44–79 лет), которые тренировались в среднем 4,6 раза в неделю в течение 66 минут. За 25-летний период возрастное снижение (*ЧСС макс*) составило 15 ударов в минуту, и ударного объема на 13 мл [29]. Наблюдаемое снижение ударного объема стареющих спортсменов может быть обусловлено уменьшением тренировочных объемов и интенсивности, как правило, выявляемых в продольных исследованиях выносливых возрастных спортсменов [40, 51, 57, 66, 69]. Все данные как продольных, так и поперечных исследований указывают на то, что снижение (*ЧСС макс*), является основным фактором в ухудшении (*МПК*) даже у спортсменов поддерживающих большие физические нагрузки. Это позволяет предположить, что максимальная частота сердечных сокращения может служить маркером биологического старения. Еще один немало важный фактор, оказывающий возрастное снижение (*МПК*) - максимальный сердечный выброс.

Максимальный сердечный выброс

Максимальный сердечный выброс соответствует максимальному количеству крови, выбрасываемой левым желудочком в направлении всего организма каждую минуту, который зависит от объема крови, выбрасываемой на каждую систолу левого желудочка (объема систолического выброса) и от частоты, с которой кровь выбрасывается (частоты сердечных сокращений, *ЧСС*). Показатели этого важного фактора значительно выше у спортсменов, тренированных на выносливость, чем у их

малоподвижных коллег, как у мужчин [45], так и у женщин [24]. При адаптации к физическим нагрузкам происходит функциональная гипертрофия сердца (систолический объем возрастает), наблюдается брадикардия спортсменов [5]. Исследования, посвященные сердечной функции, свидетельствуют о положительном влиянии, как у молодых спортсменов, так и регулярные аэробные тренировки у возрастных спортсменов увеличивая или поддерживая размеры сердечной мышцы [24], увеличивая толщину задней стенки и межжелудочковой перегородки [23] и увеличивая массу левого желудочка [44]. Тем не менее, объем сердечного выброса снижается с возрастом по сравнению с молодыми спортсменами, тренирующихся на выносливость. Во многих исследованиях сообщается о снижении на 10-20% у возрастных спортсменов (60 лет) по сравнению с молодыми спортсменами (28 лет). Некоторые объяснительные гипотезы предполагают увеличение жесткости артерий с возрастом [59], что приводит к увеличению сопротивления в аорте и увеличению продолжительности работы левого желудочка после тренировочной нагрузки [42]. Кроме того, данные в литературе предполагают комбинированное снижение максимального объема систолического выброса и (ЧСС макс), чтобы объяснить снижение максимального сердечного выброса с возрастом [67].

В большинстве исследований также сообщается о значительном снижении объема систолического выброса с возрастом как у людей, ведущих малоподвижный образ жизни, так и выносливых [65]. В обзоре по этому вопросу *Wilson* и др. (2010) сообщают, что снижение объема систолического выброса может быть частично компенсировано увеличением времени диастолы, что приводит к снижению максимального сердечного выброса [67]. В других исследованиях зафиксированы значительно более высокие значения максимального сердечного выброса у возрастных спортсменов, тренирующихся на выносливость, чем малоподвижных людей того же возраста, как у мужчин, так и у женщин [24, 45]. *Hagmar* и др. (2005), например, зафиксировали значительно более высокое значение среди возрастных женщин велогонщиц по сравнению с малоподвижными женщинами того же возраста [24].

Порог анаэробного окисления (ПАНО)

(ПАНО) определяется как интенсивность физической нагрузки, при которой уровень молочной кислоты в крови значительно увеличивается по сравнению с исходным уровнем. У возрастных бегунов, похоже, результативность бега на выносливость зависит как от (МПК), так и от скорости (ПАНО) у бегунов мужского пола [60] и высококвалифицированных бегунов старшего возраста [69]. Тем не менее, вклад этих двух механизмов в снижение выносливости не одинаков с возрастом. При выражении в процентах от (МПК) порог анаэробного окисления, по-видимому, значительно не снижается с возрастом у мужчин [68] и женщин [69] на дистанции. Продольное исследование *Wiswell* и др. [68] отметили, что (ПАНО) в процентах от (МПК) не различался у мужчин и женщин, занимающихся выносливостью, и значительно возрастал с возрастом в обеих группах. Изучение (ПАНО) у возрастных спортсменов, предполагает, что старение может оказать минимальное влияние на порог лактата в процентах от (МПК) [68], другие исследования изучили максимальное устойчивое состояние (ПАНО) у стареющих спортсменов [41]. Максимальное устойчивое состояние определяется как самая высокая концентрация молочной кислоты в крови, которую можно поддерживать (± 1 моль/л) в течение 20-30-минутного теста с постоянной рабочей нагрузкой. *Mattern* и др. (2003) определили (МПК) и максимальное устойчивое состояние (ПАНО) в трех возрастных группах: молодые ($25,9 \pm 1,0$ года), среднего возраста ($43,2 \pm 1,0$ года) и старшие ($64,6 \pm 2,7$ года) спортсмены велогонки и триатлона, с соответствующими тренировками (интенсивности и продолжительности). Исследователи наблюдали значительные различия в (МПК) среди всех возрастных групп: $67,7 \pm 1,2$ мл/кг-1 мин-1, $56,0 \pm 2,6$ мл/кг-1 мин-1, $47,2 \pm 2,6$ мл/кг-1 мин-1 у спортсменов молодого, среднего и старшего возраста соответственно. При выражении в

процентах от (МПК) наблюдалось также значительное возрастное снижение относительной максимальной интенсивности упражнений в лактатном устойчивом состоянии: $80,8 \pm 0,9\%$, $76,1 \pm 1,4\%$, $69,9 \pm 1,5\%$ у молодых, среднего возраста, и старших спортсменов соответственно [41]. *Marcell и др.* (2003) не сообщили о какой-либо корреляции между снижением (ПАНО) и снижением работоспособности у 74 бегунов-мастеров (51 мужчина и 23 женщины), которых наблюдали в течение 6 лет. Эти результаты свидетельствуют о том, что вклад снижения (ПАНО) с возрастом был менее значительным, чем снижение (МПК), в ухудшение физической работоспособности [40]. Таким образом, наблюдается возрастное снижение (ПАНО) и максимального устойчивого уровня (ПАНО), что способствует снижению выносливости у возрастных спортсменов. Однако при выражении в процентах от (МПК), порог анаэробного окисления увеличивается у возрастных спортсменов выносливости, что позволяет предположить, что это снижение с возрастом может быть вторичным по сравнению с возрастным снижением (МПК).

Экономичность

Эффективность локомоций соответствует эффективности организма в использовании кислорода для производства энергии и преобразования ее в мышечную работу, необходимую для перемещения. Эффективность определяется как основной детерминант результативности в выносливости. Однако *Peiffer* и др. (2008) не сообщили о влиянии возраста на эффективность велосипедистов в возрасте от 35 до 73 лет [49]. Данные из литературы указывают на положительную корреляцию между эффективностью локомоции и процентным содержанием волокон типа I [43]. В этой связи основным объяснительным предположением было бы поддержание мышечной типологии с возрастом за счет регулярных тренировок на выносливость, позволяющих сохранить эффективность перемещений с возрастом. И наоборот, *Bell и Ferguson* (2009) зафиксировали значительную разницу в эффективности между молодыми женщинами и ветеранами велогонок при одинаковой относительной интенсивности упражнений [17]. Точно так же *Sachetti* и др. (2010) зафиксировали значительное снижение эффективности локомоций у возрастных велогонщиц ($65,6 \pm 5,8$ года) по сравнению с более молодыми ($24,3 \pm 5,3$ года) [55]. *Evans* и др. (1995) в исследовании 31 высококвалифицированных женщин стайеров в возрасте 23–56 лет отметили, что снижение результативности на 10 км были значительно связаны с (МПК) и (ПАНО), но не были связаны с беговой экономией у высококвалифицированных и конкурентоспособных женщин - бегуний на выносливость [20]. Таким образом, у возрастных спортсменов на выносливость кажется, что экономия упражнений не меняется с возрастом, что позволяет предположить, что она не вносит значительного вклада в возрастное снижение выносливости, обычно наблюдаемое у возрастных спортсменов. Согласно последним исследованиям, снижение эффективности с возрастом будет связано, прежде всего, с уменьшением силовой мощности.

Нервно-мышечная функция возрастных спортсменов

Возрастное снижение нервно-мышечной функции оказывает влияние на (МПК) у малоподвижных пожилых людей, но очень мало данных касающихся возрастных спортсменов тренирующихся в выносливости. В исследованиях сообщается о снижении максимальной мощности на 15-35% после 60 лет и более выражена у женщин [37]. У людей пожилого возраста (80 лет) *Vandervoort* и др. (2002) зафиксировали снижение силовых способностей до 50% [47]. В нескольких исследованиях, проведенных с участием возрастных спортсменов, сообщается о сходном снижении силы с возрастом, что свидетельствует о незначительном или нулевом положительном влиянии регулярных тренировок на выносливость на поддержание максимальной произвольной силы [54, 62]. Аэробные тренировки оказывают ограниченное воздействие на увеличение общей массы мышц и силу, но возможно, влияют на толщину отдельных мышечных волокон рабочая гипертрофия.

Об этом свидетельствуют различия в площади поперечного сечения мышечных волокон разного типа у спортсменов и нетренированных мужчин [12]. Возрастная потеря в силе мышц в пожилых людях, которые выполняют одну только регулярную выносливую тренировку, не отличается от малоподвижных людей того же возраста [39]. Только возрастные спортсмены, интенсивно практикующие тренировки с отягощениями, занимающиеся бодибилдингом, имеют более высокие уровни силы, чем малоподвижные [48]. *Sallinen* и др. (2008) даже сообщили о значительно более высоких уровнях силы у спортсменов силовой подготовки (72 года) по сравнению с молодыми активными людьми (25 лет) [56]. С другой стороны, похоже, что скорость снижения силы (1-1,5% в год) одинакова для всех людей того же возраста, независимо от уровня подготовки. Согласно *Pearson* и др. (2002) темпы снижения силы у возрастных спортсменов даже выше, чем у малоподвижных, что вероятно связано с более высоким уровнем изначальной силы [48]. Несмотря на более высокий уровень работоспособности выносливых спортсменов в возрасте, отсутствие различий в показателях снижения силы с возрастом между малоподвижными и тренированными пожилыми людьми предполагает, что мышцы возрастных атлетов подвергаются теми же изменениям, что и малоподвижные субъекты. Причины снижения силы с возрастом многофакторные, и могут быть связаны как со структурными, так и функциональными изменениями в мышцах.

Структурные изменения мышц

Когда сила выражается как функция мышечной массы, снижение силы, связанное с возрастом, частично или полностью исчезает. Эти результаты свидетельствуют о значительной потере мышечной массы с возрастом, которые являются одними из основных факторов, ответственных за снижение мышечной силы. Мышечная масса уменьшается на примерно на 40% в возрасте от 20 до 80 лет, с медленным снижением на 10% в возрасте от 25 до 50 лет, а затем ускоряется после 50 лет [36]. Было сделано предположение, что снижение мышечной массы оказывает влияние на возрастное снижение (*МПК*) у людей, ведущих малоподвижный образ жизни [22]. Саркопения (уменьшение мышечной массы), связанная с неактивностью, может привести к уменьшению размера волокон типа II, а также к уменьшению способности производить силу [36]. И, наоборот, у возрастных спортсменов, тренированных на выносливость, потеря мышечной массы будет ограничена [21]. *Power* и др. (2010) сообщили о сходном количестве функциональных двигательных единиц в передней большеберцовой кости у возрастных спортсменов (65 лет) и молодых нетренированных людей (25 лет). Возрастные спортсмены также имели больше двигательных единиц, чем пожилые малоподвижные люди того же возраста (65 лет) [54]. Таким образом, регулярные тренировки на выносливость позволяют сохранить количество функциональных двигательных единиц с возрастом. Следовательно, потеря силы будет по существу связана с изменением типологии мышечных волокон или с функциональными изменениями. Аэробная тренировка существенно не влияет на соотношение между медленными и быстрыми типами мышечных волокон [14], однако ключевую роль в этом определяет спортивная специализация [9]. В видах спорта связанных с выносливостью, прежде всего, мобилизуются медленные волокна типа I [11]. Согласно *Lexell* и др. (1988) старение приводит к прогрессивной модификации мышечной типологии, касающейся волокон типа I. Это изменение типологии мышц с возрастом было бы более важным, для людей регулярно тренирующихся на выносливость [36]. В этом связи регулярные аэробные тренировки сохраняют и даже увеличивают пропорцию волокон типа I [63]. Несмотря на широкий спектр результатов, связанных с различиями в программах тренировок (тип активности, интенсивность, объем и продолжительность), большинство исследований, по-видимому, указывают на снижение доли волокон типа II с возрастом у возрастных спортсменов аэробной направленности. Это изменение типологии мышц с возрастом

может быть частично ответственно за снижение силы, а также увеличивает риск травм из-за более низкой устойчивости к эксцентричным сокращениям.

Все исследования тренированных в выносливости возрастных спортсменов, сообщают о значительном снижении выносливости с возрастом. Это снижение происходит с 35 лет, и сопровождается изменениями физиологических систем, участвующих в выносливости. Снижение (*МПК*), (*ЧСС макс*) и силовых способностей являются физиологическими маркерами, наиболее характерными для снижения физических способностей с возрастом. Снижение (*МПК*) в основном связано с нарушением функционирования сердечной мышцы с возрастом (т.е. снижение максимального сердечного выброса и объема систолического выброса). Сокращение силы главным образом связано со структурными изменениями (то есть небольшим, но постепенным уменьшением количества и размера мышечных волокон и изменением типологии мышц, прежде всего волокон типа I) мышц. Учитывая отсутствие доступных данных, о влиянии регулярных тренировок выносливости на нервно-мышечную функцию еще предстоит изучить у возрастных атлетов.

Выводы

Параллельно со старением населения в промышленно развитых странах в настоящее время наблюдается значительное увеличение числа участников определенного возраста (>35 лет) в спортивных соревнованиях. Мотивация этих возрастных спортсменов участвующих в выносливых видах спорта, такие как бег, велогонки или триатлон, позволяет им поддерживать, и даже улучшать свой уровень работоспособности, несмотря на возраст. Представляя модели оптимального старения, они демонстрируют незначительные или никакие телесные изменения и патологии, традиционно связанные со старением. В этом контексте они представляют собой реальные экспериментальные модели для изучения старения без влияния многих факторов, связанных с малоподвижным образом жизни и нарушением физического состояния, таких как увеличение веса, сердечнососудистые, нервно-мышечные или метаболические патологии. Все исследования возрастных спортсменов указывают на неизбежное и постепенное снижение выносливости с возрастом. В основном, это снижение происходит с 35 лет и сопровождается изменениями физиологических систем, участвующих в выносливости. Снижение максимального потребления кислорода (*МПК*), максимального сердечного выброса и силовых способностей являются физиологическими маркерами, наиболее характерными для снижения физических способностей с возрастом. Снижение (*МПК*) и максимального сердечного выброса в основном связано с нарушением функционирования сердечной мышцы (максимального объема систолического выброса и *ЧСС макс*). Причем возрастное снижение максимальной частоты сердечных сокращений при физической нагрузке, с большой вероятностью, является маркером биологического старения, независимое от образа жизни и уровней физической подготовленности. Возрастное снижение силовой выносливости связано, главным образом, со структурными изменениями (т. е. небольшим, но постепенным уменьшением количества и размера мышечных волокон и изменением типологии, обращенной к волокнам типа I) мышц. Функциональные мышечные изменения (то есть нарушение возбудимости и сократимости), традиционно регистрируемые с возрастом, также могут происходить у возрастных спортсменов и способствовать снижению силы. Наконец, снижение толерантности к физической нагрузке может также повысить уровень утомляемости возрастных спортсменов и даже нарушить механизмы восстановления после тренировок, что может привести к снижению работоспособности. Отсутствие доступных данных, о влиянии регулярных аэробных тренировок на нервно-мышечные и метаболические функции еще предстоит изучить у возрастных спортсменов, и это может помочь лучше понять процесс старения и стратегии, полезные для поддержания физической работоспособности в возрасте. Тем не менее, связанное с возрастом снижение выносливости и ее физиологические

детерминанты, по-видимому, опосредованы снижением интенсивности и объема тренировок, обычно наблюдаемые у возрастных спортсменов выносливости. «Способность поддерживать высокую мотивацию к тренировкам с большими объемами и интенсивностью становится единственным наиболее важным средством ограничения темпов возрастного снижения выносливости» [35, с. 1]. Постоянно расширяя пределы выносливости, возрастные спортсмены, предоставляют важную информацию о способности людей поддерживать физическую работоспособность и физиологические функции с возрастом. «Инволюционные изменения, их темп и интенсивность во многом определяется как характером физической активности взрослого и пожилого человека, так и образом его жизни. Активный образ и регулярные тренировки существенно замедляют процессы старения, заметно увеличивая дееспособность человека» [3, с. 151].

Список литературы

1. *Аулик И.В.* Порог анаэробного обмена и его роль при тренировке выносливости / И.В. Аулик, И.Э. Рубана // Научно - спортивный вестник, 1990. № 5. С. 15-19.
2. *Бальсевич В.К.* Онтокинезиология человека / В.К. Бальсевич // М.: Теория и практика физической культуры, 2000. 275 с.
3. *Бальсевич В.К.* Очерки по возрастной кинезиологии человека / В.К. Бальсевич // М.: Советский спорт, 2009. 220 с.
4. *Белоцерковский З.Б.* Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский // М.: Советский спорт, 2005. 312 с.
5. *Васильев В.Н.* Физиология: учебное пособие / В.Н. Васильев, Л.В. Капилевич // Томск: Томск, 2010. 186 с.
6. *Верхошанский Ю.В.* Программирование и организация тренировочного процесса / Ю.В. Верхошанский // М.: Физкультура и Спорт, 1985. 176 с.
7. *Волков Н.И.* Об энергетических критериях работоспособности спортсмена / Н.И. Волков, Е.А. Ширковец // Биоэнергетика. Л., 1973. С. 18-30.
8. *Волков Н.И.* Физиологические критерии выносливости спортсменов / Н.И. Волков, А.Н. Волков // Физиология человека, 2004. Т. 30. № 4. С. 103-113.
9. *Городничев Р.М.* Физиология силы / Р.М. Городничев, В.Н. Шляхтов // М.: Спорт, 2016. 232с.
10. *Корягина Ю.В.* Курс лекций по физиологии физкультурно-спортивной деятельности: учебное пособие / Ю.В. Корягина, Ю.П. Салова, Т.П. Замчий // Омск: Изд-во СибГУФК, 2014. 152 с.
11. *Колесник О.В.* Биоэнергетические факторы специальной выносливости в беге на средние и длинные дистанции // автореф. дис. ... канд. биол. Наук. М., 2016. 35 с.
12. *Коц Я.М.* Спортивная физиология: учебник для ин-тов физ. культуры / Под общ. ред. Я.М. Коца // М.: Физкультура и спорт, 1986. 240 с.
13. *Рубин В.С.* Олимпийский и годовые циклы тренировки. Теория и практика: учебное пособие / В.С. Рубин. 2-е изд.; Испр. доп. М.: Советский спорт, 2009. 188с.
14. *Уилмор Дж.* Физиология спорта: пер. с англ. / Дж. Уилмор, Д.Л. Костил // Киев: Олимпийская литература, 2001. 503 с.
15. *Фарфель В.С.* Физиология спорта / В.С. Фарфель. М.: Физкультура и спорт, 1970. 361 с.
16. *Янсен Петер.* ЧСС, лактат и тренировки на выносливость: Пер. с англ. / Янсен Петер // Мурманск: Издательство «Тулума», 2006. 160 с.
17. *Bell M.P., Ferguson R.A.* Interaction between muscle temperature and contraction velocity affects mechanical efficiency during moderate-intensity cycling exercise in young and older women. J Appl Physiol (1985). 2009;107(3):763- 769. doi:10.1152/jappphysiol.91654.2008.

18. *Brown S.J., Ryan H.J., Brown J.A.* Age-Associated Changes In VO₂ and Power Output - A Cross-Sectional Study of Endurance Trained New Zealand Cyclists. *J Sports Sci Med.* 2007; 6(4):477- 483. Published 2007 Dec 1.
19. *Buskirk E.R., Hodgson J.L.* Age and aerobic power: the rate of change in men and women. *Fed Proc.* 1987; 46(5):1824- 1829.
20. *Evans S.L., Davy K.P., Stevenson E.T., Seals D.R.* Physiological determinants of 10-km performance in highly trained female runners of different ages. *J Appl Physiol* (1985), 1995; 78(5):1931- 1941. doi:10.1152/jappl.1995.78.5.1931.
21. *Faulkner J.A., Davis C.S., Mendias C.L., Brooks S.V.* The aging of elite male athletes: age-related changes in performance and skeletal muscle structure and function. *Clin J Sport Med.*, 2008; 18(6):501- 507. doi:10.1097/JSM.0b013e3181845f1c.
22. *Fleg J.L., Lakatta E.G.* Role of muscle loss in the age associated reduction in VO₂ max. *J Appl Physiol* (1985). 1988; 65(3):1147- 1151. doi:10.1152/jappl.1988.65.3.1147.
23. *Giada F., Bertaglia E., De Piccoli B. et al.* Cardiovascular adaptations to endurance training and detraining in young and older athletes. *Int J Cardiol.* 1998; 65(2):149- 155. doi:10.1016/s0167-5273(98)00102-8.
24. *Hagmar M., Hirschberg A.L., Lindholm C., Schenck-Gustafsson K., Eriksson M.J.* Athlete's heart in postmenopausal former elite endurance female athletes. *Clin J Sport Med.*, 2005; 15(4):257- 262. doi:10.1097/01.jsm.0000171257.54908.e7.
25. *Hawkins S.A., Marcell T.J., Victoria Jaque S., Wiswell R.A.* A longitudinal assessment of change in VO₂max and maximal heart rate in master athletes. *Med Sci Sports Exerc.*, 2001; 33(10):1744- 1750. doi:10.1097/00005768-200110000-00020.
26. *Hawkins S.A., Wiswell R.A., Marcell T.J.* Exercise and the master athlete--a model of successful aging? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2003; 58(11):1009- 1011. doi:10.1093/gerona/58.11.m1009.
27. *Kavanagh T., Shephard R.J.* Can Regular Sports Participation Slow the Aging Process? Data on Masters Athletes. *Phys Sportsmed.* 1990; 18(6):94- 104. doi:10.1080/00913847.1990.11710069.
28. *Katzel L.I., Sorkin J.D., Fleg J.L.* A comparison of longitudinal changes in aerobic fitness in older endurance athletes and sedentary men. *J Am Geriatr Soc.* 2001; 49(12):1657- 1664. doi:10.1046/j.1532-5415.2001.t01-1-49276.x.
29. *Kasch F.W., Boyer J.L., Van Camp S.P., Verity L.S., Wallace J.P.* Effect of exercise on cardiovascular ageing. *Age Ageing*, 1993; 22(1):5- 10. doi:10.1093/ageing/22.1.5.
30. *Kirkland J.L., Peterson C.* Health span, translation, and new outcomes for animal studies of aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2009; 64(2):209- 212. doi:10.1093/gerona/gln063.
31. *Kusy K, Zieliński J.* Aerobic capacity in speed-power athletes aged 20-90 years vs endurance runners and untrained participants. *Scand J Med Sci Sports*, 2014; 24(1):68- 79. doi:10.1111/j.1600-0838.2012.01496.x.
32. *Kolt G.S., Driver R.P., Giles L.C.* Why older Australians participate in exercise and sport. *J Aging Phys Act.* 2004; 12(2):185- 198. doi:10.1123/japa.12.2.185.
33. *Lazarus N.R., Harridge S.D.* Exercise, physiological function, and the selection of participants for aging research. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2010; 65(8):854- 857. doi:10.1093/gerona/glq016.
34. *Lazarus N.R., Harridge S.D.* Inherent ageing in humans: the case for studying master athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2007; 17(5):461- 463. doi:10.1111/j.1600-0838.2007.00726.x.
35. *Lepers R., Stapley P.J.* Master Athletes Are Extending the Limits of Human Endurance. *Front Physiol.* 2016; 7:613. Published 2016 Dec 12. doi:10.3389/fphys.2016.00613.

36. *Lexell J., Taylor C.C., Sjöström M.* What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci*, 1988; 84(2-3):275- 294. doi:10.1016/0022-510x(88)90132-3.
37. *Macaluso A., De Vito G.* Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 91(4):450- 472. doi:10.1007/s00421-003-0991-3.
38. *Maron B.J., Araujo C.G., Thompson P.D. et al.* Recommendations for preparticipation screening and the assessment of cardiovascular disease in master's athletes: an advisory for healthcare professionals from the working groups of the World Heart Federation, the International Federation of Sports Medicine, and the American Heart Association Committee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. *Circulation*, 2001; 103(2):327- 334. doi:10.1161/01.cir.103.2.327.
39. *Marcell T.J., Hawkins S.A., Wiswell R.A.* Leg strength declines with advancing age despite habitual endurance exercise in active older adults. *J Strength Cond Res.*, 2014; 28(2):504- 513. doi:10.1519/JSC.0b013e3182a952cc.
40. *Marcell T.J., Hawkins S.A., Tarpenning K.M., Hyslop D.M., Wiswell R.A.* Longitudinal analysis of lactate threshold in male and female master athletes. *Med Sci Sports Exerc.*, 2003; 35(5):810- 817. doi:10.1249/01.MSS.0000065002.69572.6F.
41. *Mattern C.O., Gutilla M.J., Bright D.L., Kirby T.E., Hinchcliff K.W., Devor S.T.* Maximal lactate steady state declines during the aging process. *J Appl Physiol* (1985), 2003; 95(6):2576- 2582. doi:10.1152/jappphysiol.00298.2003.
42. *Mazzaro L., Almasi S.J., Shandas R., Seals D.R., Gates P.E.* Aortic input impedance increases with age in healthy men and women. *Hypertension*, 2005; 45(6):1101- 1106. doi:10.1161/01.HYP.0000164579.73656.c4.
43. *Mogensen M., Bagger M., Pedersen P.K., Fernström M., Sahlin K.* Cycling efficiency in humans is related to low UCP3 content and to type I fibres but not to mitochondrial efficiency. *J Physiol.*, 2006; 571(Pt 3):669- 681. doi:10.1113/jphysiol.2005.101691.
44. *Hood S., Northcote R.J.* Cardiac assessment of veteran endurance athletes: a 12 year follow up study. *Br J Sports Med.*, 1999; 33(4):239- 243. doi:10.1136/bjism.33.4.239.
45. *Nottin S., Nguyen L.D., Terbah M., Obert P.* Long-term endurance training does not prevent the age-related decrease in left ventricular relaxation properties. *Acta Physiol Scand.*, 2004; 181(2):209- 215. doi:10.1111/j.1365-201X.2004.01284.x.
46. *Rittweger J., di Prampero P.E., Maffulli N., Narici M.V.* Sprint and endurance power and ageing: an analysis of master athletic world records. *Proc Biol Sci*, 2009; 276(1657):683- 689. doi:10.1098/rspb.2008.1319.
47. *Vandervoort A.A.* Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve*, 2002; 25(1):17- 25. doi:10.1002/mus.1215.
48. *Pearson S.J., Young A., Macaluso A. et al.* Muscle function in elite master weightlifters. *Med Sci Sports Exerc.*, 2002; 34(7):1199- 1206. doi:10.1097/00005768-200207000-00023.
49. *Peiffer J.J., Abbiss C.R., Chapman D., Laursen P.B., Parker D.L.* Physiological characteristics of masters-level cyclists. *J Strength Cond Res.*, 2008; 22(5):1434- 1440. doi:10.1519/JSC.0b013e318181a0d2.
50. *Reaburn P., Dascombe B.* Endurance performance in Masters athletes. *Europe Rev Ag Physic Act.*, 2008; 5. 31-42. 10.1007/s11556-008-0029-2.
51. *Pimentel A.E., Gentile C.L., Tanaka H., Seals D.R., Gates P.E.* Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in endurance-trained than in sedentary men. *J Appl Physiol*, 1985. 2003; 94(6):2406- 2413. doi:10.1152/jappphysiol.00774.2002.
52. *Pollock M.L., Mengelkoch L.J., Graves J.E. et al.* Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol*, 1985. 1997; 82(5):1508- 1516. doi:10.1152/jappl.1997.82.5.1508.

53. Pollock RD, Carter S, Velloso CP, et al. An investigation into the relationship between age and physiological function in highly active older adults. *J Physiol.* 2015; 593(3):657- 680. doi:10.1113/jphysiol.2014.282863.
54. Power G.A., Dalton B.H., Behm D.G., Vandervoort A.A., Doherty T.J., Rice C.L. Motor unit number estimates in masters runners: use it or lose it? *Med Sci Sports Exerc.*, 2010; 42(9):1644- 1650. doi:10.1249/MSS.0b013e3181d6f9e9.
55. Sacchetti M., Lenti M., Di Palumbo A.S., De Vito G. Different effect of cadence on cycling efficiency between young and older cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(11):2128- 2133. doi:10.1249/MSS.0b013e3181e05526.
56. Sallinen J., Ojanen T., Karavirta L., Ahtiainen J.P., Häkkinen K. Muscle mass and strength, body composition and dietary intake in master strength athletes vs untrained men of different ages. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008; 48(2):190- 196.
57. Schroeder T.E., Hawkins S.A., Hyslop D., Vallejo A.F., Jency N.E., Wiswell R.A. Longitudinal change in coronary heart disease risk factors in older runners. *Age Ageing*, 2007; 36(1):57- 62. doi:10.1093/ageing/afl127.
58. Shaw K.L., Ostrow A., Beckstead J. Motivation and the senior athlete: An examination of the psychometric properties of the Sport Motivation Scale // *Topics in geriatric rehabilitation*, 2005. T. 21. № 3. S. 206-214.
59. Tanaka H., Monahan K.D., Seals D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 37(1):153- 156. doi:10.1016/s0735-1097(00)01054-8.
60. Tanaka K., Takeshima N., Kato T., Niihata S., Ueda K. Critical determinants of endurance performance in middle-aged and elderly endurance runners with heterogeneous training habits. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 1990; 59(6):443- 449. doi:10.1007/BF02388626.
61. Tanaka H., Seals D.R. Invited Review: Dynamic exercise performance in Masters athletes: insight into the effects of primary human aging on physiological functional capacity. *J Appl Physiol* (1985). 2003; 95(5):2152- 2162. doi:10.1152/jappphysiol.00320.2003.
62. Trappe S. Marathon runners: how do they age? *Sports Med.*, 2007; 37(4-5):302- 305. doi:10.2165/00007256-200737040-00008.
63. Trappe S.W., Costill D.L., Vukovich M.D., Jones J., Melham T. Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* (1985). 1996; 80(1):285- 290. doi:10.1152/jappl.1996.80.1.285.
64. Weir P., Kerr T., Hodges N., McKay S., Starkes J. Master Swimmers: How Are They Different from Younger Elite Swimmers? an Examination of Practice and Performance Patterns. *Journal of Aging and Physical Activity.* 2002; 10. 41-63. 10.1123/japa.10.1.41.
65. Wiebe C.G., Gledhill N., Jamnik V.K., Ferguson S. Exercise cardiac function in young through elderly endurance trained women. *Med Sci Sports Exerc.*, 1999; 31(5):684- 691. doi:10.1097/00005768-199905000-00010.
66. Wilson T.M., Tanaka H. Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.*, 2000; 278(3):H829- H834. doi:10.1152/ajpheart.2000.278.3.H829.
67. Wilson M., O'Hanlon R., Basavarajaiah S. et al. Cardiovascular function and the veteran athlete. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 110(3):459-478. doi:10.1007/s00421-010-1534-3.
68. Wiswell RA, Jaque SV, Marcell TJ, et al. Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(6):1165- 1170. doi:10.1097/00005768-200006000-00021.
69. Wiswell R.A., Hawkins S.A., Jaque S.V. et al. Relationship between physiological loss, performance decrement, and age in master athletes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2001; 56(10):M618- M626. doi:10.1093/gerona/56.10.m618.