

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ
Кафедра физиологии и анатомии человека и животных

Заведующий кафедрой,
канд. биол. наук,
А.В. Елифанов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Магистерская диссертация

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА КАРДИОРЕСПИРАТОРНУЮ
СИСТЕМУ СПОРТСМЕНОВ – МОРЖЕЙ ВО ВРЕМЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ
ЗАПЛЫВОВ

06.04.01 - Биология
Магистерская программа «*Биотехнология*»

Выполнила работу
студентка 2 курса
очной формы обучения

Есаулкова Карина Александровна

Научный руководитель
канд. биол. наук, доцент

Турбасова Наталья Вячеславовна

Рецензент
д.м.н., доцент
заведующий кафедрой биологии,
Тюменского ГМУ

Соловьева Светлана Владимировна

Тюмень
2022

АННОТАЦИЯ

с. 118, рис. 19, табл. 13, библи. 98.

Изучено влияние низких температур на респираторную систему спортсменов-моржей во время длительных заплывов. Было выяснено, что у всех спортсменов-моржей: САД и ДАД были ниже должных величин, а ПД и ЧСС выше. Кроме того, по окончании заплыва у всех спортсменов ДАД было снижено относительно исходных величин, а ЧСС у женщин как до, так и после марафонского заплыва была выше, чем у мужчин-сверстников. УОС и МОК у всех спортсменов на всех этапах исследования были ниже нормы или на уровне нижней ее границы. Однако, после марафонского заплыва данные параметры были выше по сравнению с исходными величинами. Все исследуемые параметры вентиляционной функции легких спортсменов-моржей были на уровне нормативных величин (Евд Ровд, ЖЕЛ), превышали их (ДО) или были ниже нормы (РОВЫД). Кроме того, отмечено, что у спортсменов-моржей ЖЕЛ была ниже должных величин на всех этапах исследования, а после заплыва - ниже исходных параметров. ФЖЕЛ и ОФВ1 у всех спортсменов, как до, так и после заплыва были в пределах физиологической нормы. После заплыва как у мужчин, так и у женщин ФЖЕЛ и ОФВ1 снизились по сравнению с исходными значениями в результате сильных физических нагрузок и наличием бронхообструктивного синдрома. Выявлено повышение МОД у женщин после заплыва по сравнению с мужчинами-моржами, что связано с повышением ЧД у женщин после марафонского заплыва. У всех спортсменов сатурация, как до, так и после заплыва была в пределах нормы, что свидетельствует о хорошем кислородном обеспечении мышц, органов и тканей организма до и после экстремальных нагрузок.

Ключевые слова: спортсмены-моржи, ЖЕЛ, ФЖЕЛ, спирометрия, гемодинамика, сердечно-сосудистая система, артериальное давление, МОК, УОС.

ABSTRACT

p. 118, fig. 19, tabl. 13, ref. 98.

The effect of low temperatures on the respiratory system of walrus athletes during long swims was studied. It was found that in all walrus athletes: SBP and DBP were below the proper values, and PP and HR were higher. In addition, at the end of the swim, DBP was reduced in all athletes relative to the initial values, and the heart rate in women, both before and after the marathon swim, was higher than in male peers. MBV and CSV in all athletes at all stages of the study were below the norm or at the level of its lower limit. However, after the marathon swim, these parameters were higher compared to the initial values. All studied parameters of the ventilation function of the lungs of walrus athletes were at the level of standard values (IC, IRV, VC), exceeded them (TV) or were below the norm (ERV). In addition, it was noted that in walrus athletes, the VC was below the due values at all stages of the study, and after the swim, it was below the initial parameters. FVC and FEV1 in all athletes, both before and after the swim, were within the physiological norm. After the swim, in both men and women, FVC and FEV1 decreased compared to baseline as a result of strong physical exertion and the presence of broncho-obstructive syndrome. An increase in PMV in women after a swim compared to male walruses was revealed, which is associated with an increase in RR in women after a marathon swim. In all athletes, the saturation, both before and after the swim, was within the normal range, which indicates a good oxygen supply to the muscles, organs and tissues of the body before and after extreme loads.

Keywords: sportsmans-walruses, VC, FVC, spirometry, hemodynamics, cardiovascular system, arterial pressure, MBV, CSV.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	8
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
1.1 ИСТОРИЯ МОРЖЕВАНИЯ	10
1.2 ТЮМЕНСКИЕ КЛУБЫ МОРЖЕВАНИЯ	17
1.3 СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТРЕИСТИКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....	19
1.3.1 СТРОЕНИЕ ЛЕГКИХ.....	19
1.3.2 ФУНКЦИЯ ЛЕГКИХ.....	24
1.4 РЕСПИРАТОРНАЯ СИТЕМА СПОРТСМЕНОВ-МОРЖЕЙ.....	26
1.4.1 ЛЕГКИЕ ПЛОВЦОВ	26
1.4.2 ПОЛОВЫЕ ОТЛИЧИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ	28
1.4.3 ОТЛИЧИЯ ТИПА ДЫХАНИЯ У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН.....	32
1.4.4 ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	33
1.4.5 ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ	36
1.5 ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПОРТСМЕНОВ	38
1.6 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	40
1.6.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОГО МОРЯ.....	40
1.6.2 ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТА ПРОВЕДЕНИЯ «ЭСТАФЕТЫ ПОБЕДЫ – 2020».....	42
1.7 ХОЛОДОВАЯ СТРЕСС-РЕАКЦИЯ	45
1.8 СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ОРГНИЗМА К ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПЕРЕПАДАМ.....	49
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	51
2.1 МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ	51
2.2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	55
2.2.1 МЕТОД СПИРОМЕТРИИ	55
2.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ САТУРАЦИИ.....	59
(НАСЫЩЕНИЕ КРОВЬЮ КИСЛОРОДОМ).....	59

2.2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ	62
2.3 СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	63
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	Ошибка! Закладка не определена.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- БАВ – биологически активное вещество;
- ДАД – диастолическое артериальное давление;
- ДО – дыхательный объем;
- Евд – емкость вдоха;
- ЖЕЛ – жизненная ёмкость легких;
- ЖМТ – жировая масса тела;
- ИМТ – индекс массы тела;
- ИЭ – индекс Эрисмана;
- МВЛ – максимальная вентиляция легких;
- МДО – минутный объем дыхания;
- МОК – минутный объем крови;
- МСОП – международный союз охраны природы;
- ОГК – обхват грудной клетки в покое;
- ОГКвд - обхват грудной клетки при вдохе;
- ОГКвыд - обхват грудной клетки при выдохе;
- ОЕЛ – общая емкость легких;
- ООЛ – остаточный объем легких;
- ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 минуту;
- ПД – пульсовое давление;
- Ровд – резервный объем вдоха;
- Ровыд - резервный объем выдоха;
- РФ – Российская Федерация;
- САД – систолическое артериальное давление;
- Тпост – время, которое необходимо для достижения пиковой объемной скорости выдоха;
- УОС – ударный объем сердца;
- ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких;
- ФСК – факторы свертывания крови;

ЦНС – центральная нервная система;

ЧСС – частота сердечных сообщений;

ЭТЛ – эластичная тяга легких.

АНА – American Heart Association;

ИСА – International Ice Swimming Association;

ИВСА – International Winter Swimming Association;

ВВЕДЕНИЕ

В современной системе спортивной подготовки одним из главных вопросов являются подходящая коррекция функционального состояния спортсменов и их оценивание. В разных видах спорта, особенно в циклических (бег, плавание, гребля и пр.), уровень развития физических качеств и специальной работоспособности спортсмена, совместно с физической работоспособностью и уровнем адаптации организма, вносит весомый вклад в конечный спортивный результат [Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А., с.184].

Если брать конкретно один из видов спорта, такой как спортивное плавание, то высокий результат в этой сфере во многом зависит от степени развития респираторной системы [Эффективность использования ..., с.135-139].

Повышенная продуктивность респираторной системы пловцов приобретает при выполнении большого объема циклических нагрузок при плавании, а также при детерминации дыхания техникой плавания. При этом начинает складываться выносливая и мощная респираторная система, которая позволяет при выполнении значительных физических нагрузок форсировать дыхание, повышая его продуктивность. Одним из способов оценивания респираторной системы пловцов является методика исследования путём спирометрии. Спирометрия - инструментальный метод измерения легочных объемов, в которые входят: жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ), максимальная вентиляция лёгких (МВЛ) и пр.

При заплывах спортсменов в водах с низкими температурами показатели спирометрии могут меняться, причём весомо. Поэтому в настоящее время изучение влияний низких температур на респираторную систему спортсменов – моржей является обязательной и нужной задачей по снабжению информации об изменениях различных показателей спирометрии и тематика данного исследования будет весьма актуальной.

Целью работы явилась оценка влияния низких температур на кардиореспираторную систему спортсменов-моржей во время длительных заплывов.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- 1) определить и рассчитать некоторые гемодинамические показатели (САД, ДАД, ЧСС, МОК, УОС) спортсменов-моржей до и после марафонского заплыва в холодной воде;
- 2) определить параметры легочной вентиляции легких спортсменов-моржей в основных режимах: ЖЕЛ, ФЖЕЛ и МВЛ;
- 3) определить сатурацию крови спортсменов-моржей до и после марафонского заплыва в холодной воде.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 ИСТОРИЯ МОРЖЕВАНИЯ

Плавание в холодной воде, также известное как зимнее плавание или ледяное плавание, описывает плавание на открытом воздухе (в озере, реке, море, бассейне и т. д.). Этот особый вид спорта на выносливость становится все более популярным в наши дни. Плавание в холодной воде можно использовать как общий термин для обозначения плавания в холодной и ледяной воде. В более холодных странах, в том числе в Российской Федерации, это может быть синонимом ледяного плавания (моржевания), когда вода замерзает, потому что ледовое плавание явно требует, чтобы лед трескался.

В последние годы такое ледовое плавание (в воде, при температуре ниже 5°C) превратилось в круглогодичный вид спорта, при этом многие пловцы регулярно принимают участие и соревнуются в местных и международных соревнованиях (Рисунок 1), [Cold water swimming ..., p.23].

На сегодняшний день, ледяное плавание считается отличным способом «закалить» тело против холода и болезней. Как бы странно это ни звучало, обливание и плавание в ледяной воде действительно стали давней медицинской практикой. Во многих странах мира популярным являются также заплывы в ледяной воде специально подготовленными спортсменами.

Первые заявления о пользе плавания в холодной воде для здоровья относятся к 400 г. до н.э. По словам Гиппократ, водная терапия снимала усталость.

С древних времен к погружению в холодную воду относились как с почтением, так и со страхом. В 450 г. до н.э. древнегреческий историк Геродот описал неудачную экспедицию персидского полководца Мардония, отметив, что те, кто не умел плавать, погибли по этой причине, другие же - от холода [Currie J., p. 220-224].



Рис.1. Пловец в ледяной воде. Подготовка к тренировке в бассейне. (англ. IWSA – International Winter Swimming Association). [International Winter Swimming Association (IWSA): официальный сайт].

Позже, в декабре 1790 года, шотландский доктор Джеймс Карри заинтересовался физиологическими эффектами переохлаждения после беспомощных наблюдений за тремя членами экипажа американского парусного корабля, который упал и утонул в море, холодном при температуре 5°C.

Этот опыт побудил доктора Карри провести первые зарегистрированные эксперименты по влиянию погружения в холодную воду и гипотермии на людей. В конечном итоге, это привело к открытию такого понятия, как «Afterdrop». С английского данный термин дословно переводится как «после падения» и означает, что человек после погружения в холодную воду и имеющий гипотермию, охлаждается вовнутрь с периферии тела [Webb P., p. 358-390]. Если объяснить подробнее этот процесс, с точки зрения физиологии, то градиент тепла определяется от сравнительно теплого ядра (ЦНС, скелетные мышцы, внутренние органы) к более холодной периферии (поверхностные мышцы, кожа, подкожная клетчатка) [Георгиева С.А., Беликина Н.В., Прокофьева Л.И., с.283].

Современная эра плавания в открытой холодной воде, вероятно, началась 3 мая 1810 года, когда лорд Байрон проплыл несколько миль через Дарданеллы (Геллеспонт) из Европы в Азию. В России плавание в ледяной воде могло существовать еще с языческих времен, когда люди прыгали в различные водоёмы после горячей бани [Skorich Y., 2019].

Во времена Московской Руси купание в проруби было популярной традицией. Записи, фиксирующие данное событие, датируют традицию еще в 1525 году. Это также была важная придворная церемония и народный обычай в Российском Царстве [Pegov V., 2018]. Некоторые исторические личности, в том числе император Петр Великий, полководец Александр Суворов, физиолог Иван Павлов, поэт Александр Пушкин, художник Илья Репин и другие были страстными поклонниками ледового плавания [Skorich Y., 2019].

В России и других странах Восточной Европы, православие является распространенной религией, купание в льду связано с празднованием Крещения. *Крещение* (с греч. βάπτισμα *báptisma*) – это христианский обряд о принятии и приеме христианина. Почти всегда данное мероприятие проходит с использованием воды. Крещение в Русской Православной Церкви крещенские купания в ледяной воде проводят 19 января по юлианскому календарю. В Библии этот день знаменует крещение Иисуса на священной реке Иордан.

Перед началом события, во льду на реках или на других водоемах вырезают отверстия в форме православного или христианского креста.

Около полуночи после молитвы священника верующие трижды погружаются в воду в честь Святой Троицы [Skorich Y., 2019]. Однако до Октябрьской революции 1917 года купание в холодной воде практиковали лишь немногие, а во времена Советского Союза, когда христианских верующих преследовали, это происходило еще реже. Уже намного позже, ритуал стал очень популярным в 1990-х годах после распада Советского Союза.

Существует распространенное мнение о том, что практика стирает грехи человека, но официально, это не одобрено Русской Православной Церковью [Skorich Y., p. 19; Perov V., 2018]. В праздник, в январе прошлого года 2 миллиона человек в России купались в ледяной воде к крещению Иисуса [Uber zwei Millionen..., 2020]. Подобные практики проходят и в других христианских странах, таких как Болгария, Румыния и Черногория [Horn H. 2013; «Моржи» в Чёрном море..., с. 13].

В России, помимо вышесказанного, существуют Моржовые клубы, которые также практикуют ледяное плавание, но в течение всей зимы. В Моржовых клубах, членов, которые там состоят называют «Моржи». В других странах таких пловцов называют по-разному, например, в Америке «Белые медведи», в Финляндии «Нерпы», в Германии «Тюлени», «Пингвины», и пр. [«Моржи» в Чёрном море..., с. 13]. На сегодняшний день, заплывы в холодной воде, это популярный вид спорта по всему миру, в 50 странах есть отделения Международной ассоциации ледового плавания [Coney Island Polar ..., 2022].

Спортсменка из Соединенного Королевства Великобритании Паула Рэдклифф, например, связала с этим свою победу на чемпионате Европы. На самом деле, во всем мире проводятся самые разные мероприятия, посвященные ледяному плаванию.

В США и Канаде, так называемый клуб «Polar Bear Plunges» (рус. «Клуб полярных медведей») используются для сбора денег на благотворительность и иногда являются частью празднования Нового года. Этот клуб в США является самым старым по стране и находится в Кони-Айленде, штат Нью-Йорк [Coney Island Polar ..., 2022]. Само же мероприятие служит ритуалом для ученых и посетителей полярной исследовательской базы Скотт в Антарктиде [Skorich Y., 2019].

Плавание на льду особенно практикуется спортсменами-экстремалами, причем на сегодняшний день имеются рекордсмены в этом деле. Американка Линн Кокс и британец Льюис Гордон Пью считаются одними из самых

известных и самых экстремальных пловцов в мире [International Swimming ..., 2021].

Южноафриканский спортивный ученый Тимоти Дэвид Ноукс из Кейптаунского университета участвовал в обеих попытках установления мировых рекордов. Его исследования показали, что способность Пью повышать температуру своего тела на 2 °С позволила ему пережить холодную воду. Его специальный термин для этого «Anticipatory thermogenesis». Этот термин обозначает процесс, который никогда не был зарегистрирован ни одним другим человеком. Недавно это повышение внутренней температуры тела при погружении в ледяную воду было несколько раз подтверждено немецким ледяным пловцом Бруно Добельманном.

Наблюдая за многочисленными задокументированными тренировками Добельмана и в условиях соревнований, наблюдалось повышение внутренней температуры тела сразу после начала плавания в ледяной воде. На рисунке 2 показывается увеличение температуры, но в пределах долей градуса, а не точно на 2°С, как сообщил Пью.

Так называемый «Anticipatory thermo-genesis» должен быть нормальной физиологической реакцией тренированного ледяного пловца при погружении в ледяную воду.

Также из исследований немецких физиологов были получены некоторые заключения, касаемые отличия спортсменов-моржей от обычных пловцов. На примере одного опытного спортсмена-моржа возрастом 56 лет с массой тела - 110,2 кг, ростом - 1,76 м и высоким ИМТ (Индекс массы тела) равный 35,6 кг/м², (с содержанием жира 44,8 %) были записаны данные, включая время, расстояние и внутреннюю температуру тела, с 65 тренировочных занятий и нескольких заплывов с соревнований.

У пловца не было переохлаждения во время ледяного плавания, но после плавания в ледяной воде температура тела падала до <36°С.

По средним значениям полученных во время тренировок после начала заплыва внутренняя температура тела пловца в холодной воде повысилась. Вначале внутренняя температура тела составляла $37,7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (диапазон $36,9\text{ }^{\circ}\text{C} - 38,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) и увеличивалась за 30 мин (диапазон 4,0 – 8,0 мин) на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (диапазон $0,06\text{ }^{\circ}\text{C} - 1,12\text{ }^{\circ}\text{C}$). Самая низкая внутренняя температура тела $36,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (диапазон $34,6\text{ }^{\circ}\text{C} - 37,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) была измерена через $65,9 \pm 35,0$ мин (диапазон 24,0 – 160,0 мин) после окончания заплыва.

Первым важным открытием стало повышение внутренней температуры тела в течение первых нескольких минут после начала заплыва. У пловца не было переохлаждения во время заплыва, определяемого как внутренняя температура тела $<36,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно определению гипотермии Американской кардиологической ассоциации (англ. АНА - American Heart Association). Ядро тела во время тренировочных заплывов оставалось неизменным. Неизменная внутренняя температура тела, скорее всего, была связана с высоким содержанием жира в организме [American Heart Association: [сайт]..., 2017].

Также спортсмен показал следующие результаты по завершении первых соревнований «Ледяная миля» 31 декабря 2014 года при температуре воды $4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температуре воздуха $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 44 мин при плавании со средней скоростью 2,19 км/ч. Внутренняя температура тела в начале соревнований составляла $38,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, повышалась до максимума $38,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ во время заплыва. К концу заплыва температура тела упала до $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самая же низкая температура в течение заплыва была $34,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как и во время тренировок, максимальная температура тела была максимальной через $\sim 6-18$ мин после начала заплыва, непрерывно снижалась во время заплыва и была самой низкой через $\sim 40-56$ мин после финиша [Knechtle B., Rosemann T., Rust C., 2015, p. 9].

Разница в температуре ядра тела примерно на $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, скорее всего, связана с разницей в процентном содержании жира в организме. Как известно, жир влияет на пребывание в ледяной воде. У пловцов, соревнующихся в воде с температурой $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже, пловцы с меньшим

количеством подкожного жира прекращали заплыв через значительно меньшее время, чем спортсмены с более толстой толщиной кожной складки. Более продолжительное время плавания у мужчин с более толстыми кожными складками, т.е. с большим количеством жировых отложений, во многом объяснялось их большей плавучестью, позволяющей им удерживать голову над водой во время ранней гипервентиляции. Помимо жировых отложений, высокий ИМТ пловца в $35,6 \text{ кг/м}^2$ может объяснить, что он поддерживал внутреннюю температуру тела во время плавания на льду. Более высокий ИМТ на прямую связан со снижением риска гипотермии.

Специфические антропометрические характеристики, такие как высокий рост и большая масса тела (большое количество жировых отложений), по-видимому, предотвращают раннюю смерть в холодной воде и предоставляют организму лучшую адаптацию [Knechtle B., Rosemann T., Rust C., 2015, p. 9].

С 2009 г. проводятся официальные соревнования по ледяному плаванию. Международная ассоциация ледового плавания (англ. IISA - International Ice Swimming Association) была основана 1 июля 2009 года южноафриканским пловцом Рамом Баркай в Кейптауне, Южная Африка. Ранее Баркай проплыл 2,3 км (1,43 мили) за 43:00 мин, при температуре воды 4°C в Цюрихе. Это событие считается началом движения так называемых «Ледяных миль» [Butcher J., 2005; Knechtle B., Rosemann T., Rust C., 2015, p. 9].

Официально признанная «Ледяная миля» (1608 м) проводится в воде с максимальной температурой $+5^\circ \text{C}$. При этом имеются условия для пловцов, а именно, разрешается использовать только специальные плавательные очки, плавательную шапочку и купальную одежду, соответствующая гендерной принадлежности. В 2014 году дистанция в 1 км была введена как официальная дистанция в дополнение к традиционной «Ледяной миле» [Knechtle B., Rosemann T., Rust C., 2015, p. 9].

В настоящее время проводятся официальные соревнования по ледовому или зимнему плаванию на более короткие дистанции и в различных дисциплинах. Также проводятся чемпионаты на национальном уровне, континентальные и мировые чемпионаты [Knechtle B., Rosemann T., Rust C., 2015, p. 345]. Официальные зимние пловцы не плавают в гидрокостюмах или других термозащитных средствах, а только в стандартных купальных костюмах, как было упомянуто выше.

Международные соревнования по ледовому плаванию и зимнему плаванию проводятся по всему миру, причем двумя наиболее крупными организаторами являются IISA (International Winter Swimming Association) и IWSA (International Ice Swimming Association) [International Winter Swimming Association, 2019; Knechtle B., Rosemann T., Rust C., 2015, p. 9]. Обе организации имеют схожую конкурентную политику, включая температуру воды ниже +5 °С. Бассейн имеет размер в длину 25 метров, который часто вырезан из замороженной воды, и пловцов, чье снаряжение ограничивается очками для плавания, обычным купальником и латексной или силиконовой шапочкой. Также стоит отметить, что в этом виде соревновательного плавания температура воды не коррелирует со временем соревнований ни у мужчин, ни у женщин.

Россия продолжила свои традиции и имеет множество клубов зимнего плавания.

1.2 ТЮМЕНСКИЕ КЛУБЫ МОРЖЕВАНИЯ

На сегодняшний день существует несколько клубов моржевания в Тюменской области, например в самой Тюмени находятся такие клубы, как: «АкваАйСпорт-Тюмень», «Белый медведь», «Кристалл», «Родник» и «Полюс». Также есть и клубы и в других городах, например «Моржи Урая» в Урае и пр. [Беседин В., 2002].

История клубов зимнего плавания может исчисляться десятками лет, так, к примеру, тюменский клуб моржевания «Кристалл» был основан еще в 1990 г [Беседин В., 2002].

Изначально погружение и заплывы моржей проходили на замерзших водоемах, где, заранее сами члены клуба выдалбливали лед и делали своеобразные бассейны [Ice Swimming Aqua..., 2014].

В клуб зимнего плавания приходили и приходят не только специально обученные спортсмены люди разных возрастов и разной физической подготовки. Так, в одной статье рассказывается о пожилой женщине, которая с трудом передвигалась. Но, уже через год, работа на свежем воздухе, холодная вода, контраст температур и регулярность проведения таких процедур привели к улучшению состояния женщины и та, в свою очередь, также начала выступать на соревнованиях по многоборью спортсменов-моржей на равне с мужчинами [Ice Swimming Aqua..., 2014].

Принято полагать, что моржевание действительно хорошо влияет на состояние организма. Если рассматривать вопрос с физиологической точки зрения, то постоянные термотренировки улучшают устойчивость организма во время сезонных заболеваний. Также моржевание «закаляет» нервную систему, за счет выброса в большом количестве таких гормонов как, адреналин, норадреналин, дофамин, серотонин и пр. Со временем данные гормоны стабилизируют эмоциональный фон, и, таким образом, люди, занимающиеся моржеванием реже, поддаются депрессиям, проявляется более оптимистичный взгляд.

Также стоит отдельно отметить и более молодые клубы моржевания города Тюмень, один из них называется «АкваАйСпорт». Открытие клуба моржей приходится на 2012 год, но несмотря на то, что организация является относительно молодой, она добилась колоссальных результатов на своем поприще. Например, спортсменами-моржами данного клуба было установлено 10 мировых рекордов в зимнем плавании. Исполнительный директор данного центра Агарков Андрей Александрович стал

шестикратным рекордсменом «Книги рекордов России», трехкратным рекордсменом «Книги рекордов Европы» и рекордсменом «Книги рекордов Гиннесса» [«Моржи» в Чёрном море..., с. 93].

Данная организация часто в различных мероприятиях, к примеру в 4 ноября 2019 года спортсмены-моржи совместно с другими желающими участвовали в показательном флешмобе посвященному «Дню моржа в Тюмени». Около 200 человек в холодный ноябрьский день обливались холодной водой на Набережной реки Туры (Рисунок 3).

Также организация «АкваАйСпорт» отличилась своей легендарной «Эстафетой победы-2020», приуроченной к 75-летию Великой победы (Рисунок 4).

Группа состояла из спортсменов-моржей, прибывших из 15 регионов РФ и стран СНГ, которые по прибытию в пункт сбора сразу же становились членами вновь выработанного коллектива [«Моржи» в Чёрном море..., с. 28].

Заплыв продолжался 17 суток в водах Черного моря вблизи городов Новороссийск (I этап), Керчь (II этап) и Севастополь (III этап) [«Моржи» в Чёрном море..., с. 28].

Длина дистанции эстафеты составила 555 км за 17 суток [«Моржи» в Чёрном море..., с. 28].

1.3 СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТРЕИСТИКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

1.3.1 СТРОЕНИЕ ЛЕГКИХ

Легкие (лат. *pulmone*; в ед.числе лат. *pulmo*) – это парные органы дыхательной системы, которые расположены в специальных плевральных полостях. Сами же легкие состоят из нескольких составляющих: бронхиальное дерево, разветвление бронхов и система альвеол [Буланкина И.А., с. 30].

Структурно-функциональной единицей легких является ацинус (лат. *acinus*), (ок. 300 тысяч в одном организме). В свою очередь, ацинус включает в себя дыхательные бронхиолы, отходящие от концевой бронхиолы, многочисленные альвеолярные ходы, альвеолы и альвеолярные мешочки.

Дополнительно к выше сказанному между ацинусами и дольками легких имеется особое сообщение, которое обеспечивает коллатеральную вентиляцию альвеол, примерно 30-40 %. Это сообщение важно при условии, если будут закупорены бронхиолы.

По функциональным характеристикам легкие человека условно можно разделить на 2 зоны:

1) Воздухопроводящая зона (первые 16 генераций из 23), которая включает в себя дыхательные пути, которые подразделяют на верхние и нижние. Верхние пути состоят из носовых ходов, полость рта, носоглотки, придаточных пазух носа. Нижние пути: гортань, трахея и бронхи.

2) Респираторная зона, включающая в себя многочисленные альвеолы (Рисунок 5).

Анатомическое мертвое пространство (с 1 по 16 генерацию), лежащее проксимально, объем которого составляет 150 мл, выполняет воздухопроводящую функцию. Совместно с этой функцией осуществляется подогрев, подача, очищение и увлажнение вдыхаемого человеком воздуха. Анатомически мертвое пространство заканчивается дистальным отделом бронхиального дерева с бронхиолами, переходящими в альвеолы и образующие альвеолярное пространство. Все вышеперечисленные структуры легких также имеют ряд немаловажных функций [Буланкина И.А., с. 5].

Бронхи (лат. *bronchus*) - это ответвления третьего порядка от ветвей второго порядка (долевые бронхи), которые отходят от главного бронха. Главные бронхи парные *bronchi principales (dexter et sinister)*, отходят от трахеи на уровне V грудного позвонка [Буланкина И.А., с. 29].

Эмбриологический процесс формирования бронхиального дерева легкого начинается, когда эмбриону исполняется четыре недели. В этот момент эмбрион уже начал развитие кишечной трубки из зародышевого слоя энтодермы. Первые следы бронхиального дерева появляются в виде дыхательного дивертикула (легочной почки), который расположен вентрально на передней кишке в виде выроста [Amador C., Weber C., Varacallo M., 2022].

Дальнейший рост бутона способствует развитию двух боковых отростков, известных как примитивные бронхиальные почки. Левый и правый главные бронхи (из бронхиальных почек) увеличиваются в начале пятой недели. Последующий рост каудальной и боковой почки образует вторичные бронхи, которые расширяются в полость тела. Эти вторичные бронхи подразделяются дихотомически, образуя таким образом восемь третичных бронхов в левом легком и десять третичных бронхов в правом. К концу шести месяцев сформировалось около семнадцати поколений дивизий. Созревание легких происходит в следующем порядке. С пятой по шестнадцатую недели бронхи продолжают ветвиться, образуя терминальные бронхиолы, которые известны как псевдогландулярный период [Amador C., Weber C., Varacallo M., 2022].

Правый главный бронх он шире, короче и более вертикальный, чем левый главный бронх, его средняя длина составляет 3 см. Правый бронх входит в корень правого легкого примерно также на V грудном позвонке. Правый главный бронх подразделяется на три вторичные бронхи (также известный как долевые бронхи), которые доставляют кислород к трём доли из правого легкого (верхняя, средняя и нижняя доли). Примерно в 2 см от своего начала она дает ветвь к верхней доле правого легкого.

Левый главный бронх имеет меньший калибр, но длиннее правого, имея длину 4-5 см. Он входит в корень левого легкого напротив VI грудного позвонка. Левый бронх не имеет епархиальное отделение, и поэтому

некоторые предположили, что у левого легкого нет верхней доли, но что так называемая верхняя доля соответствует средней доле левого легкого.

Вторичные бронхи делятся далее на третичные бронхи, (также известный как сегментарные бронхи), каждый из которых снабжает бронхолегочный сегмент. Бронхолегочный сегмент — это отдел легкого, отделенный от остальной части легкого, перегородка из соединительной ткани. Первоначально в каждом легком десять сегментов, но в процессе развития, когда левое легкое имеет только две доли, две пары сегментов сливаются, образуя восемь, по четыре на каждую долю [Буланкина И.А., с. 5].

Третичные бронхи делятся еще на три ветви, известные как сегментарные бронхи 4-го порядка, 5-го порядка и 6-го порядка, которые также называются субсегментарными бронхами. Они разветвляются на множество более мелких бронхиолы, которые делятся на терминальные бронхиолы, каждый из которых затем порождает несколько дыхательные бронхиолы, которые далее делятся на два - одиннадцать альвеолярные протоки (Рисунок 6), [Агаджанян Н.А., Смирнов В.М., 2009, с. 240].

Пять или шесть альвеолярные мешочки связаны с каждым альвеолярным протоком. Альвеола является основной анатомической единицей газообмена в легком [Буланкина И.А., с. 29]. Каждая дыхательная бронхиола делится на две через одиннадцать альвеолярных протоков; каждый проток дает начало пяти - шести альвеолярным мешочкам [Amador C., Weber C., Varacallo M., 2022].

Основные бронхи имеют относительно большие люмены, которые выложены респираторным эпителием. Эта клеточная подкладка имеет реснички, отходящие ко рту, которые удаляют пыль и другие мелкие частицы. Существует гладкая мышца слой ниже эпителия расположен в виде двух лент мышц, которые спирально движутся в противоположных направлениях. Этот гладкомышечный слой содержит серозные железы, которые выделяют слизь, в его стене [Saladin K., p. 860].

Гиалиновый хрящ присутствует в бронхах, окружающих гладкомышечный слой. В главных бронхах хрящ образует С-образные кольца подобные, как и в трахее, в то время как в мелких бронхах гиалиновый хрящ присутствует в виде неправильно расположенных серповидных пластинок и островков. Эти пластины обеспечивают структурную поддержку бронхов и держат дыхательные пути открытыми [Saladin K., p. 860].

Бронхиальная стенка в норме имеет толщину от 10% до 20% от общего диаметра бронха. Более проксимальные из этих ветвей, бронхи, обычно характеризуются своим уникальным гистологическим составом, включая наличие слизи и базальных клеток в эпителии, слизистых желез в интерстиции и значительного количества хряща в интерстициальных пространствах [Неотложные состояния ..., с. 94].

Возрастные изменения главных бронхов касаются в основном их размеров. Главные бронхи очень быстро растут на первом году жизни ребенка и в подростковый период. Половые отличия становятся заметны в более зрелом возрасте. Так, женщины могут иметь меньшие центральные проводящие дыхательные пути, чем мужчины [True tracheal bronchus, 2016; Sex differences in large, p. 960-965].

Менее чем у 5% людей имеется особый трахеальный бронх. Трахеальный бронх — это добавочный правый верхний долевого бронх, возникающий из главного стволового бронха до киля трахеи. Это известно как трахеальный бронх, и рассматривается как анатомическая вариация. Он может иметь множество вариаций и, хотя обычно протекает бессимптомно, может быть основной причиной различных легочных заболеваний [True tracheal bronchus, 2016].

Бронхиолы (с 17 по 19 генерацию) – конечные разветвления бронхов, которые являются посредниками между анатомическим мёртвым пространством и *альвеолярным пространством* (альвеолярными ходами и альвеолами) [Буланкина И.А., с. 29].

Альвеолы (лат. *alveoli*)– это слепозамкнутые мешочки с диаметром 0,3 – 0,4 мм, сообщенные с альвеолярными ходами (с 19 по 23 генерацию). Они представляют собой единую систему и выполняют важную респираторную функцию, т.е. осуществляют газообмен.

Число альвеол составляет 300- 350 млн, суммарная же площадь составляет примерно 80 м² [Буланкина И.А., с. 3].

Также в легких принято различать физиологически мертвое пространство (ок. 10 - 15 мл). Оно представляет собой тот объем воздуха, который содержится в вентилируемых, но не перфузируемых кровью альвеолах, т.е. в этой структуре не происходит как такового газообмена.

Воздух в легкие попадает через трахею и пару бронхов. Трахея (лат. *Trachea*) — это особая хрящевая трубка, которая соединяет гортань с бронхами и лёгкими. Длина трахеи может быть от 9 — 10 см у женщин и от 10 до 13 см у мужчин. У взрослого человека трахея располагается спереди в шее и ныряет кзади в средостение, направляясь к килю трахеи (*Carina tracheae*). Этот угол спуска более острый у детей и имеет тенденцию становиться более горизонтальным с возрастом из-за кифотических изменений позвоночника и привязывания левого главного стволового бронха под дугой аорты [Буланкина И.А., с. 27].

У детей в возрасте от 1 до 12 лет не имеются различия размеров трахеи. Однако у мальчиков старше 14 лет площадь поперечного сечения трахеи становится больше, чем у девочек (у мальчиков - 218± 44 мм², у девочек - 163±24 мм²). У взрослых тенденция в различиях параметров также сохраняется. У женщин размеры трахеи будут меньше, чем у мужчин. Связано это с особенностями анатомического строения грудной клетки и физиологическими особенностями дыхания [Sex differences in paediatric..., p. 727-731].

1.3.2 ФУНКЦИЯ ЛЕГКИХ

Принято считать, что легкие выполняют две основные функции в организме человека, а именно: газообменную и негазообменную.

Негазообменная функция легких условно делится еще на несколько, а именно:

1. Терморегуляция – легкие вырабатывают большое количество тепла и участвуют в теплопередаче. Согласно трудам Агаджаняна (Учебник по физиологии и пр.), легкие относят к ядру тела, от которого совместно с другими органами и кровью осуществляется теплообмен к периферии тела (кожа, скелетные мышцы) [Ice Swimming Aqua..., 2014].

2. Участие в процессе выделения – удаление из организма CO_2 , непосредственно сопряженным с выделением легкими H_2O (в норме у взрослого человека выделяется 0,5 л/сут) и некоторых веществ (эфир, этанол, закиси ацетона, азота и пр.).

3. Участие в защите организма – легкие в организме служат в виде естественного барьера между внутренней средой и окружающим миром. В легких также могут образовываться антитела, участвующие в процессе фагоцитоза. Фагоцитоз – особый процесс, осуществляемый специализированными для этого клетками организма, которые, в свою очередь, захватывают и переваривают твердые ненужные частицы. В данном процессе, в легких, участвуют альвеолярные фагоциты, которые вырабатывают компоненты, входящие в состав иммунной системы, а именно: интерферон, иммуноглобулины, лизоцим и пр. Вышеуказанные компоненты выводятся в кровь, задерживаются в капиллярах и разрушают микроорганизмы, агрегаты липидных клеток и т.д. [Зубарев А., 2019].

4. Резервуарная – наличие определенного резервуара воздуха в легких для дальнейшего голосообразования.

5. Участие в инактивации биологически активных веществ (сокр. БАВ) – осуществляется за счет ферментированного расщепления или поглощения эндотелием капилляров легких веществ. К примеру, больше 80% брадикардина – пептидный медиатор, обеспечивающий болевую

чувствительность, который попал в кровоток легких и должен разрушиться при однократном прохождении в легком. В след за этим, в легких образуется превращение ангиотензина I, в ангиотензин II, под влиянием фермента ангиотенгиназы и происходит инактивация около 90% простагландинов в легких, которые в свою очередь являются содействующими составляющими брадикардина [Гиляров М.С., с. 664].

6.Участие в выработке БАВ, важных для организма. Таким образом, вырабатываются: гепарин, простагландины, гистамин, серотонин, факторы свертывания крови (сокр. ФСК) VII -VIII, тромбопластин и пр.

Следующая немаловажная функция газообменная. Газообменная функция лёгких в основном заключена на нескольких структурах, в которых происходит непосредственный обмен газами. В данном процессе участвуют альвеолярные ходы, альвеолярные мешочки, на которых имеются альвеолы, где и происходит газообмен между кровью организма и смесью газов. Место обмена газовой смесью и кровью принято называть дыхательной зоной.

1.4 РЕСПИРАТОРНАЯ СИТЕМА СПОРТСМЕНОВ-МОРЖЕЙ

1.4.1 ЛЕГКИЕ ПЛОВЦОВ

Размер легких и функция спортсменов-пловцов характеризуются большей емкостью легких, потоком выдоха, а также способности к диффузии. Однако широко обсуждается вопрос о том, является ли этот улучшенный профиль легких адаптацией к тренировкам плаванию, результат самоотбора в плавание на основе благоприятных генетических особенностей или того и другого.

Если усиление легочного профиля у пловцов является адаптацией к тренировкам, эффекты, вероятно, будут наиболее очевидны в критические периоды максимального развития легких, которые происходят до 7 лет и в период полового созревания.

Так, в одной из научных статей от 2018 года исследовали пловцов, достигших возраста полового созревания. Пловцы ($n = 11$) и контрольная группа ($n = 10$) были примерно одинакового возраста, размера и половой зрелости ($P < 0,05$). Однако у пловцов по сравнению с контрольной группой была большая общая емкость легких (до заплыва ЖЕЛ женщин-пловцов 4,73 л. и после – 3,93 л. После заплыва ЖЕЛ мужчин- пловцов 5,08 л. и после заплыва – 4,19 л).

Максимальная скорость выдоха (У женщин-пловцов до заплыва - 6,48 и после 5,70; у мужчин- пловцов до заплыва - 6,97 и после - 6,00.

Пловцы набирались из плавательных клубов Ванкувера и соревновались на региональном, провинциальном или национальном уровне в течение одного купального сезона. Контрольная группа в основном занималась гимнастикой, танцами и командными видами спорта, но не выполняла никаких специальных тренировок на выносливость.

В то время как большие объемы легких наблюдались у больших групп пловцов в возрасте от 7 до 9 лет, в других исследованиях не было обнаружено различий. Несколько исследований, посвященных изменениям в период полового созревания, также представили противоположные результаты. Некоторые обнаружили, что ФЖЕЛ и общая емкость легких увеличились больше, чем можно объяснить одним только соматическим ростом, тогда как у других этого не наблюдалось [Janssens J.P., Pache J.C., Nicod L.P., p. 1454-1455; Does competitive swimming..., p. 280].

Продольный анализ спортсменов-пловцов во время роста также показал противоречивые результаты. Во-первых, не было обнаружено различий в ФЖЕЛ до или после 7 месяцев интенсивных тренировок по плаванию у детей в возрасте от 9 до 11 лет по сравнению с контрольной группой того же возраста. Во-вторых, несмотря на схожую емкость легких первоначально, у пловцов были измерены большие емкости легких по сравнению с контрольной группой или прогнозируемыми значениями после 1–5 лет. В-третьих, у пловцов изначально были более крупные легкие,

которые не увеличивались дальше за 1–5 лет тренировок по сравнению с другими спортсменами, не спортсменами или прогнозируемыми значениями [Does competitive swimming..., p. 280].

Таким образом, несмотря на наличие множества опубликованных и проанализированных отчетов о соревновательном плавании и развитии легких, значительные различия между исследованиями в хронологическом возрасте, соревновательном статусе, продолжительности исследования, контрольных группах, а также в дизайне и анализе экспериментов привели к довольно-таки различным выводам. Следовательно, остается сомнительным, способствует ли тренировка плаванию росту легких или если большие легкие пловцов отражают врожденную предрасположенность, ведущую к самостоятельному выбору в этот вид спорта [Janssens J.P., Pache J.C., Nicod L.P., p. 1454-1455].

1.4.2 ПОЛОВЫЕ ОТЛИЧИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Ранние признаки того, что размер легких различается у мужчин и женщин, были основаны на сравнении общей емкости легких, жизненной емкости легких, морфометрии на основе аутопсии, более поздних рентгенограммах грудной клетки и пр. По мере того, как аналитические методы становились все более сложными, трехмерная геометрическая морфометрия подтвердила эти предыдущие утверждения, обнаружив значительно большие легкие у мужчин, чем у женщин.

Размер легких напрямую тесно связан с ростом. Учитывая, что мужчины в среднем выше женщин, можно было бы правильно предсказать, что легкие женщин будут меньше легких мужчин. Однако, когда особи женского пола и особи мужского пола подбираются по росту, у женщин легкие все же меньше [Bains K.N., 2021].

Поскольку у женщин, как правило, легкие меньше, чем у мужчин, неудивительно, что у них также меньше крупных проводящих дыхательных путей (1–5 поколение бронхов). Тем не менее, среди людей, соответствующих размеру легких, существует широкий диапазон максимальных потоков выдоха, что позволяет предположить, что размер легких и размер дыхательных путей не обязательно прямо пропорциональны друг другу [Bains K.N., 2021].

Непропорциональный размер легких и дыхательных путей был назван «*dysanapsis*», чтобы отразить неравные траектории роста между размером паренхимы и дыхательных путей. Даже при подборе размера легких у женщин меньше площади поперечного сечения трахеи и крупных проводящих дыхательных путей [Negrini D., Moriondo A., p. 244].

Разница в площади поперечного сечения дыхательных путей по признаку пола начинает проявляться уже после 14 лет, независимо от роста. Кроме того, это основанное по полу различие в размере проводящих дыхательных путей сохраняется в разных возрастных группах (19–86 лет) у здоровых женщин и мужчин [Sex differences in large, p. 960-965].

Помимо вышесказанных различий у мужчин и женщин в дыхательной системе имеются также отличия на гормональном уровне. Большое количество исследований минувших лет было направлено на определение взаимосвязи между уровнями прогестерона (гормона-предшественника) и эстрогена и измерениями вентиляции при физической нагрузке, при этом некоторые исследования показали, что взаимосвязь практически отсутствует.

Трудность в интерпретации литературы и определении причинно-следственных связей связана с методологическими различиями, небольшим количеством субъектов и присущей вариабельностью циркулирующих гормонов. Однако в группе спортсменов с нормальной менструацией сообщалось, что существует небольшая связь между уровнем эстрогена и дыхательным объемом, временем вдоха и выдоха и максимальным давлением

во рту на вдохе и выдохе в период между фолликулярной и лютеиновой фазами.

Не только нейрохимические характеристики, но и характеристики половых гормонов по-разному влияют на дыхательную активность мужчин и женщин. В основные морфологические различия между полами влияют на дыхание и механику дыхания. Исследования показали, что у женщин и легкие, и центральные дыхательные пути меньше по сравнению с их коллегами-мужчинами того же роста, что приводит к относительно меньшей площади поверхности для газообмена и повышению восприимчивости к турбулентному воздушному потоку, соответственно [Sex differences in paediatric..., p. 727-731].

Кроме того, призматическая геометрия грудной клетки (например, более узкая грудная клетка) у женщин может predispose их к более активному относительному использованию экстрадиафрагмальных инспираторных мышц во время упражнений, способствуя более высокой стоимости дыхания и потребления O_2 и может быть связана с более сильным восприятием одышки по сравнению с мужчинами.

Из-за меньшего размера легких женщины, как правило, дышат неглубоко и быстрее, в отличие от мужчин, для поддержания достаточного уровня поступления воздуха. Кроме того, меньшие легкие женщин приводят к меньшему количеству альвеол и меньшей площади их поверхности. Тем не менее, уменьшенный дыхательный объем и увеличенная частота дыхания у женщин могут привести к увеличению вентиляции мертвого пространства с соответствующими ему последующими факторами.

Более узкие и крупнопроводящие дыхательные пути добавляют сопротивление воздушному потоку. Таким образом, механическая работа дыхания становится выше, и, следовательно, дыхательным мышцам требуется большая порция O_2 . Более того, женщины, по-видимому, меньше полагаются на свою диафрагму и больше на экстрадиафрагмальную инспираторную мускулатуру (например, грудино-ключично-сосцевидные,

внешние межреберные, лестничные и пр.). Так было показано, что во время упражнений, потенциально снижает женская восприимчивость к усталости диафрагмы, вызванной упражнениями.

Например, Лейтон в 2011 году с группой ученых оценили вентиляционную кинематику с помощью трехмерного захвата движения и обнаружили, что женщины больше полагаются на верхние легочные мышцы грудной клетки (лестничную, кивально-ключично-сосцевидную, малую грудную и парастернальные межреберные мышцы). Эти результаты были подтверждены исследованиями с использованием электромиографии (ЭМГ) во время силовых упражнений, которые показали, что у женщин ЭМГ-активность лестничных и грудино-ключично-сосцевидных мышц при данной относительной интенсивности упражнений выше, чем у мужчин [Sex differences in paediatric..., p. 727-731].

Как и другие скелетные мышцы, женская диафрагма более устойчива к утомлению во время занятий спортом или упражнений при вдохе. Однако при сопоставлении с абсолютной выходной силой диафрагмы усталость диафрагмы у мужчин и женщин одинакова. Здесь нужно учитывать то, как можно объяснить эти различия и сходства физиологическими (состав волокон, перфузия крови, метаболизм мышц, гормональная активность) и нефизиологическими (переменные, связанные с упражнениями и условия окружающей среды) составляющими [Балтина Т.В., Розенталь С.Г., Яфарова Г.Г., с. 56].

Например, в скелетных мышцах женщины имеют большую пропорциональную площадь устойчивых к утомлению мышечных волокон I типа («медленные» волокна), чем мужчины. Но, с другой стороны, мужчины имеют большее поперечное сечение область менее устойчивых к усталости волокон II типа («быстрые» гликолевые волокна) по сравнению с женщинами. В настоящее время неизвестно, различается ли доля волокон I типа в диафрагме человека в зависимости от пола. Кроме того, у мужчин имеется большее соотношение капилляр и волокна в определенных местах

мышц, к примеру, передней большеберцовой мышцы) по сравнению с женщинами [Sex differences in large, p. 960-965].

1.4.3 ОТЛИЧИЯ ТИПА ДЫХАНИЯ У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН

Тип дыхания у мужчин и женщин может отличаться, и, соответственно, будут отличаться показатели ЧД, МОД и т.д. Так, у женщин тип дыхания называется *грудной*, или *рёберный* (Рисунок 8).

Дыхательные движение при таком типе дыхания осуществляются в основном за счёт сокращений мышц ребер. Грудная клетка при акте дыхания расширяется и немного приподнимается во время акта вдоха [Айзман Р.И., Лысова Н.Ф., с. 33].

При выдохе грудная клетка суживается и слегка опускается. Если у мужчин прослеживается такой тип дыхания, то это может говорить о воспалительных процессах брюшины, диафрагмы и пр. [Айзман Р.И., Лысова Н.Ф., с. 33].

В норме же у мужчин должен быть брюшной, или диафрагмальный тип дыхания. В этом же случае дыхательные движения будут осуществляться диафрагмой и мышцами пресса. Во время акта вдоха диафрагма будет сокращаться и в последующем опускаться, что может увеличить отрицательное давление в грудной полости и заполнение воздухом легких. При этом внутрибрюшное давление, наоборот, повышается и брюшная стенка выпячивается. При акте выдоха диафрагма расслабляется и поднимается. Внутрибрюшное давление уменьшается, и брюшная стенка снова принимает свое исходное положение. У женщин данный тип дыхания может наблюдаться при межрёберной невралгии, сухом плеврите или при переломе рёбер.

Такие различия в типах дыхания связаны с анатомическими особенностями людей, а именно: общий объем мышечной массы, геометрию

грудной клетки, размеры дыхательных путей и легких и пр. [Физические методы..., с. 78].

1.4.4 ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В период от рождения до 7 лет легкие подвергаются двум основным процессам:

- 1) Увеличение количества альвеол;
- 2) Дифференцировка бронхиального дерева.

Ветвись бронхиолы образуют множество альвеолярных ходов и типичных ацинусов. После рождения поверхность альвеол увеличится почти в 20 раз. После 8 лет у организма происходит увеличение уже имеющихся альвеол в объеме, при этом их количество остается неизменным.

Процесс диффузии в легких также увеличивается с возрастом. Это связано с развитием и увеличением поверхности легочной мембраны, при этом скорость диффузии остается почти без изменения – около 3-4 мл × 1 мин.

Физиологическое же старение легких связано с дилатацией альвеол, увеличением воздушных пространств, уменьшением площади поверхности обмена и потерей поддерживающей ткани для периферических дыхательных путей. Условно этот процесс называется «старческая эмфизема». Проще говоря это изменения, приводящие к снижению статической упругой отдаче легких и увеличению остаточного объема и функциональной остаточной емкости. При этом процессе уменьшается податливость грудной стенки, тем самым увеличивая работу дыхания по сравнению с более молодыми организмами. Сила дыхательных мышц также снижается с возрастом и сильно коррелирует с нутриционным статусом и сердечным индексом.

Несмотря на выше сказанное, респираторная система остается способной поддерживать адекватный газообмен в состоянии покоя и при

нагрузке в течение всей жизни, с лишь небольшим снижением артериального давления O_2 и без значительных изменений артериального давления CO_2 .

Старение приводит к уменьшению резерва дыхательной системы в случае острых заболеваний. Снижение чувствительности респираторных центров за счет дальнейшей гипоксии или гиперкапнии приводит к снижению респираторной реакции в случаях сердечной недостаточности, инфекции или обострения дыхательных путей [Pathways of bradykinin..., p. 2182-2188].

Возрастные периоды в медицине опираются на соответствующие возрасту анатомические и физиологические особенности организма и называются «возрастной периодизацией». В соответствии с этими особенностями в 1965 году Академией педагогических наук СССР (АПН СССР) была составлена классификация возрастной периодизации (Таблица 1), [Есаков С.А., с. 78].

Спортсмены, которые участвовали в марафонском заплыве по последней классификации относятся ко II зрелому возрасту. Данный возрастной период будет отличаться некоторыми изменениями функций структур органов и систем органов, особенно это будет заметно после 50 лет.

Скелет постепенно начинает терять свою гибкость, а мышцы постепенно теряют свою эластичность. Уже к 40-50 годам человек теряет 30-50% мышечной массы. У женщин после 50 также наблюдается тенденция к уменьшению костной массы. Этот факт связан с тем, что в организме снижается уровень эстрогена, поэтому женщины больше подвержены переломам в этот период, чем мужчины [Есаков С.А., с. 78].

Кожа также теряет эластичность и в некоторых участках тела постепенно начинает накапливаться подкожный жировой слой [Хухлаева О.В., с. 20].

Увеличение жира связано с тем, что чаще всего двигательная активность данной возрастной категории снижается и в этом случае повышается порог чувствительности жировой ткани и регулирование ее гормональным фоном. Большее количество поглощаемых углеводов будет превращаться в липиды, которые не будут в полном объеме растрачиваться на энергетические нужды. Энергетическое старение начинается с 30 лет [Физиология дыхания, с. 355].

Со стороны нервной системы будут наблюдаться замедления ее функционирования. Со стороны кровеносной системы наблюдаются сужение коронарных сосудов, поэтому количество крови, которую перекачивает сердце снижается примерно на 8% каждые последующие 10 лет жизни. Примерно в этот возрастной период у женщин начинается менопауза, которая может еще больше увеличить риски сердечно-сосудистых заболеваний, в связи с нестабильностью гормонального фона [Хухлаева О.В., с. 20].

Что касается респираторной системы, то в первую очередь возрастные изменения касаются объемов легких, которые уменьшаются вне зависимости от половой принадлежности [Хухлаева О.В., с. 20; Андреева М.В., с. 47-51].

Это можно объяснить тем, что с возрастом уменьшается эластичность легочной ткани, а также появляется понижение силы мышц, которые участвуют в акте дыхания. Также изменениям подвергается хрящевая ткань бронхов, которая приводит к уменьшению бронхиального просвета, что может затруднить дыхание и привести к развитию пневмосклероза [Физиология дыхания, с. 415].

Пневмосклероз (лат. *pneumosclerosis*) — заболевание, которое развивается на фоне недостаточного газообмена и ухудшения эластичности легких. В связи с прогрессированием вышеуказанных факторов легочная ткань в организме будет заменяться соединительной. Таким образом, у людей с пневмосклерозом может развиваться одышка, особенно при выполнении каких-либо физических нагрузках, в том числе и при

физических упражнениях. При исследовании респираторной системы у людей с пневмосклерозом наблюдаются заметные понижения таких показателей, как ЖЕЛ и МВЛ. Специфического лечения пневмосклероза на сегодняшний день нет, лечатся только сопутствующие заболевания, но имеется профилактика для людей, которые предрасположены к данному заболеванию. Профилактика включает следующие пункты: здоровый образ жизни и своевременное лечение заболеваний респираторной и сердечно-сосудистой системы [Пропедевтика внутренних болезней, с.131].

1.4.5 ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ

Физиологически и механически плавание значительно отличается от других видов спорта на выносливость: оно сочетает в себе гиперпноэ, вызванное физической нагрузкой, и погружение всего тела и лица. Кроме того, локомоторно–дыхательная связь тесно связана со стилем и скоростью гребка, позволяя пловцу быстро вдыхать только тогда, когда лицо находится вне воды. Поэтому инспираторные мышцы должны сокращаться с высокой скоростью против дополнительного внешнего сопротивления, вызванного повышенным гидростатическим давлением воды вокруг грудной клетки. Таким образом, интенсивное плавание на выносливость вызывает не только усталость всего тела и опорно-двигательного аппарата, но и инспираторную мышечную усталость. Кроме того, температура холодной воды создает дополнительные риски для погруженного пловца, включая начальный “холодный шок” и гипервентиляцию, а также потенциальный риск гипотермии [Does Cold-Water..., 2021].

Гидростатическое давление также приводит к эластической нагрузке на грудную клетку, увеличивая работу дыхания, затраты энергии, а значит, и приток крови к дыхательным мышцам. Снижение температуры воды не влияет на сердечный выброс, однако он влияет на частоту сердечных

сокращений и распределение мышечного и жирового кровотока. Снижение мышечного кровотока приводит к снижению максимального потребления кислорода. Следовательно, спортсмены, плавающие в холодной воде, будут иметь частоту дыхания ниже, чем у спортсменов, которые плавают в теплой воде [Human physiology..., 2015].

Плавание влияет на измерение объема легких, так как дыхательные мышцы, включая диафрагму пловцов, должны развивать большее давление в результате погружения в воду во время дыхательного цикла, что может привести к функциональному улучшению этих мышц, а также к изменению эластичности легких и грудной стенки или дыхательных мышц, что приводит к улучшению форсированной жизненной емкости и других функций легких пловцов. Так, в 2012 году индийскими учеными была опубликована статья по сравнению респираторной системы пловцов и бегунов. В статье было показано, что такие показатели, как: форсированная жизненная емкость (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за одну секунду (ОФВ1) и максимальная вентиляция легких (МВЛ) были выше у пловцов, чем у бегунов. Такие показатели объяснялись большей натренированностью респираторных мышц пловцов, вследствие особых условий их тренировок в воде [Sable M., Vaidya S.M., Sable S.S., 2012].

Другие показатели, которые могут меняться в зависимости от натренированности спортсмена-пловца это частота дыхания (ЧД) и жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ). ЧД может увеличиться от 80 до 110 актов в минуту, вследствие напряженной мышечной работы, но при заплыве в холодной воде ЧД может, наоборот, снизиться. ЖЕЛ некоторых пловцов, а также некоторых гребцов может увеличиться и быть >7000 — 8000 мл. Такие завышенные показатели ЖЕЛ также можно объяснить напряженной работой мышц, особенно, тех которые участвуют в акте дыхания. В связи с большими нагрузками на весь организм, в особенности на респираторную систему, пловцы, которые плавают в холодной воде становятся более выносливыми [Гандельсман А.Б., с. 27].

В 2021 г. ученые из Норвегии провели эксперимент по влиянию плавания в холодной воде на респираторную систему спортсменов и на их выносливость. В данной статье отмечалось, что измерения функций легких, сделанные на берегу моря после заплыв были достоверно ($P < 0,005$) снижены: ФЖЕЛ на 440 ± 331 мл (-8,4%) и ОФВ1 279 ± 224 мл (-6,7%). Но, через десять минут легочная функция вернулась к исходным значениям.

5 из 12 участников заплыва (42%), а именно 4 мужчины и 1 женщина, продемонстрировали вызванную физической нагрузкой бронхоконстрикцию, которая определялась как снижение ОФВ1 на $\geq 10\%$ в течение первых 45 минут после заплыва. Бронхоконстрикция — это нарушение бронхиальной проходимости, которое может развиваться на фоне спазма мускулатуры бронхов. Бронхоконстрикция может сопровождаться отёком слизистой, передвижением слизистых пробок в просвете бронхов [Выхристенко Л.Р., с. 67].

Последствия плавания на выносливость в холодной воде для пловцов еще до конца не изучены. Учёные каждый год проводят исследования и анализируют все имеющиеся результаты [Суслина И.В., с. 73-77].

1.5 ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПОРТСМЕНОВ

Соответствующая возрасту человека физическая активность способствует положительным изменениям в морфологии и функции сердечно-сосудистой системы у спортсменов. Этот факт позволяет адаптироваться организму к тяжелой мышечной работе всего тела в условиях максимальных нагрузок на него [Особенности физиологического ремоделирования..., с. 9-14].

Сам вид нагрузок, длительность и регулярность физической активности могут различно влиять на деятельность среднего слоя мышечной ткани сердца (миокард). Следовательно, функционирование сердечно-сосудистой

системы могут быть разными. Сама реакция сердечно-сосудистой системы на нагрузку будет отображаться в параметрах частоты сердечных сокращений (ЧСС) [Шлык Н.И., с. 259].

В норме ЧСС взрослого здорового человека колеблется от 60 до 80 удар/мин. Увеличение ЧСС выше до 90-100 называется тахикардией, а снижение частоты сердечных сокращений с урежением до 40-50 за 1 минуту называется брадикардией. Тахикардия может наблюдаться при эмоциональном стрессе или при интенсивной мышечной нагрузке. Брадикардия же возникает во время цикла сна или у спортсменов в покое [Особенности физиологического ремоделирования..., с. 9-14]. ЧСС может увеличиваться, так как мышцы начинают потреблять большее количество кислорода.

При частых нагрузках у спортсменов могут увеличиваться и другие гемодинамические параметры, такие как: систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД). Величина давления в артериальной системе изменяется ритмично, достигая максимума во время систолы (САД) и снижаясь в момент диастолы (ДАД) [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931]. Значение САД зависит от сердечного выброса, массы крови, заполняющей артериальную систему и сопротивления артериальной стенки. Значение ДАД, в свою очередь, зависит в большей степени от работы сосудов и сердечной мышцы.

Еще один немаловажный показатель для определения гемодинамики спортсменов это ударный объем сердца (УОС). Как правило, УОС у спортсменов увеличен, по сравнению с людьми, которые не тренируются. Особенно параметр УОС увеличивается у спортсменов, которые выполняют постоянную тяжелую нагрузку. Так, с у спортсменов в процессе тренировок может гипертрофироваться миокард, который и приводит к увеличению параметра УОС. Гипертрофия миокарда у спортсменов, также может развиваться на фоне сопутствующих неблагоприятных факторов, а именно: тренировки и участие в соревнованиях при наличии или перенесенных

респираторных заболеваний (грипп, ангина и пр.); сопутствующие хронические заболевания (тонзиллит, фурункулез и пр). Патологическое гипертрофирование миокарда может стать триггером к ухудшению кровоснабжения самого сердца, что ведет за собой дистрофию тканей и, как следствие, может привести к понижению спортивной работоспособности. [Агаджанян М.Г., 2001, с. 125-128].

В то же время увеличение функции аппарата кровообращения у спортсменов можно объяснить несколькими основными критериями. Одними из главных критериев являются не только эффективность работы сердца, но и работа сосудов, а также нейрогуморального аппарата, который регулирует само кровообращение. Такие реакции, происходящие в организме спортсмена в течение длительного времени, выражаются в физиологическом ремоделировании миокарда и формировании «физиологического спортивного сердца» [Миллер Л.Л., с. 183].

Основные базовые принципы организации спортивного аппарата кровообращения заключаются в максимальной производительности адаптированного спортивного сердца при выполнении экстремальных нагрузок и экономии деятельности сердца в состоянии покоя.

1.6 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.6.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОГО МОРЯ

Административная граница и географическое положение.

Районом изучения в нашем исследовании явились воды Черного моря. Черное море - это естественный внутренний водный бассейн, расположенный между Азией и Европой. Побережье Черного моря разделяют шесть стран: Россия, Украина, Грузия, Болгария, Румыния и Турция. Протяженность соответствующих береговых линий составляет: Россия - 800 км (включая Азовское море), Украина - 2782 км (включая Азовское море), Грузия - 310

км, Болгария - 354 км, Румыния - 225 км, и Турция - 1329 км. Население около 16 миллионов человек населяет прибрежные зоны шести стран (Рисунок 9).

Черное море, общая площадь которого составляет примерно одну треть площади континентальной Европы, является одним из самых крупнейших внутренних водных бассейнов мира. Он почти полностью отделен от Мирового океана, но местами имеет глубину более 2 км и принимает речные потоки.

Ежегодно реки, впадающие в море, выливают в него, в среднем 350тыс.км³ воды. И, поскольку море получает больше пресной воды, то средняя соленость довольно его довольно-таки низкая.

Характерные особенности Черного моря:

1 Общая площадь Черного моря составляет 422 000 км² (включая мелководное Азовское море).

2 Средняя глубина моря: 1300 м. Максимальная глубина: 2212 м.

3 Объем воды в море: 540 тыс. км³; высота волн до 6-7 м, приливные колебания от 3 до 10 см.

4 Рельеф морского дна: центральная часть его представляет собой абиссальную равнину на глубине 2000 м, покрытую иловыми отложениями, это зона аккумуляции бассейна.

5 Шельф Черного моря: пологий, подводный склон до глубины 100-150 м; у горных берегов Черного моря (Кавказ, Крым, Анатолия) шельф узкий (1-2,5 км). Шельф может оканчиваться крутым (до 20-30°) уклоном впадины к области фартука впадины с глубинами более 1000м.

6 Средняя температура морской воды зимой: -4 °С; средняя температура морской воды летом: +22 - +24 °С.

7 Крупнейшие бухты Черного моря: Бургасский, Днестровский, Днепровский, Каламитский, Каркиницкий, Самсунский залив и Синопский.

8 Крупные реки, которые впадают в Черное море: Дон, Дунай, Днепр, Днестр, Камчия, Кизил-Ирмак, Кубань, Риони и Южный Буг.

9 Средняя соленость воды: ~18 ‰

Отток с поверхности, представляющий собой смесь морской и пресной воды, из Черного моря в Эгейское море составляет около 610 тыс.км³ в год. Чтобы компенсировать эту потерю воды, Черное море получает приток из Средиземного моря с более высокой соленостью, но объем примерно в два раза меньше. Он входит в море нижним стоком через пролив Босфор, который также несет сток [Запевалов А.С., Довгая С.В., с.45-55].

1.6.2 ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕСТА ПРОВЕДЕНИЯ «ЭСТАФЕТЫ ПОБЕДЫ – 2020».

Условно район исследования поделен на начальный (стартовая точка) – воды г. Новороссийск и конечный (конечная точка) – воды г. Севастополь (Рисунок 10). Сбор данных спирометрии в г. Керчь (промежуточный этап) не был собран.

Город Новороссийск – один из крупнейших портовых городов России, расположенный в Краснодарском крае. Население города составляет 339 тыс. человек (на 2020 г.). Протяженность города 81,1 км². Новороссийск находится в Новороссийском районе, который, в свою очередь граничит Анапским, Геленджикским и Крымским районами [Официальный сайт Новороссийск: [сайт]..., 2005]. Высота города над уровнем моря равна 37 м.

Средняя месячная температура в г. Новороссийске в июле +24 °С. В определенные жаркие дни температура может подниматься до +28 – +35 °С. В более холодные дни температура может опускаться до 20°С. Среднее количество осадков 38,5 мм.

Средняя температура в январе +3 °С. В более холодные январские дни температура может понизиться до -18 °С, а в более теплые доходит до +6 °С.

Среднее количество осадков за январь 125,1 мм [Архив климатических данных: [сайт]...,2012].

За время прохождения заплыва (с 22 октября) климатические условия представлены в таблице 2.

Из приведенной таблицы по климатическим условиям следует, что в первом этапе заплыва температура воздуха и воды отличалась в среднем на $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Средняя температура воздуха была $+21,6^{\circ}\text{C}$, а воды - $+20,5^{\circ}\text{C}$. Так, максимальная температура воды и воздуха была на пятый день заплыва (t воздуха = $+24^{\circ}\text{C}$, t воды = $+22^{\circ}\text{C}$). Минимальная температура воздуха наблюдалась во второй и шестой день заплыва ($t = +20^{\circ}\text{C}$), а минимальная температура воды наблюдалась только на шестой день заплыва ($t = +18^{\circ}\text{C}$).

Скорость ветра и направление также различались. Максимальная скорость ветра была на четвертый день заплыва - 14 м/с, минимальная – 2 м/с. Средняя скорость ветра за все 6 дней равна 6,8 м/с [«Моржи» в Чёрном море..., с. 13].

Самый высокий показатель данной шкалы наблюдался в четвертый и шестой дни заплыва (3 балла – значительное волнение), а минимальное на первые, третьи и пятые сутки (0,5 балла – умеренное волнение). Как известно, волнения моря будут зависеть от результата заплыва. Всего за данный период, несмотря на некоторое волнение моря, спортсмены-моржи проплыли 157 км 397 м (Таблица 3), [«Моржи» в Чёрном море..., с. 13].

Конечный этап заплыва заканчивался в г. Севастополь. Город Севастополь – один из больших городов Крымского района, расположен в юго-западной части Крыма на Гераклейском полуострове. Также в Севастополе имеется один из больших портов. Самая высокая точка города 1094 м над уровнем моря. Самая низкая точка расположенная на балаклаве – 14 м над уровнем моря [Правительство Севастополя: [сайт]...,2015].

Численность проживающих в городе равна 510 тыс. человек (на 2021 г.). Протяженность города 864 км². Севастополь граничит с северо-востока с Бахчисарайским районом, а на юго-востоке — с территорией Ялты [Правительство Севастополя: [сайт]...,2015].

Средняя месячная температура в г. Севастополь в июле равна +23 °С. Абсолютный минимум температуры достигает +11 °С, а максимум достигает 39°С. Среднее количество осадков в июле 32 мм [Архив климатических данных: [сайт]...,2012].

Средняя температура января в Севастополе +1 °С. В более холодные дни температура падает до -20 °С, а в более теплые поднимается до +5,9 °С. Осадков же в январе в среднем выпадает 26 мм [Правительство Севастополя: [сайт]...,2015; Архив климатических данных: [сайт]...,2012].

Климатические же условия на момент эстафеты были такие:

Из таблицы следует, что по сравнению с заплывом первые 6 суток температура воздуха и воды снижается. Самая низкая температура воздуха наблюдалась на 16, 17 сутки ($t = +13$ °С).

Самая низкая температура воды была на семнадцатый день эстафеты ($t = +16$ °С). Самая же высокая температура воздуха и воды была на 13 день заплыва (t воздуха = +21 °С, t воды = +20 °С).

Скорость ветра менялась в течение заплыва, например, на тринадцатые сутки скорость ветра была 6 м/с (самая низкая). С 14 по 16 дни скорость ветра была стабильной – 10м/с. Максимальная скорость ветра наблюдалась в последний день заплыва – 20м/с.

Последний пункт вышеуказанной таблицы является волнение моря на III этапе заплыва. Каждый день по шкале Бюффона волнение моря было не ниже 3 баллов (значительное волнение). На 13 день волнение моря было 3,- 4,5 (сильное волнение), что могло помешать прохождению самого заплыва.

Всего за момент заплыва, т.е. с 13 по 17 сутки спортсмены проплыли дистанцию длиной 134 км 249 м [«Моржи» в Чёрном море..., с. 6].

1.7 ХОЛОДОВАЯ СТРЕСС-РЕАКЦИЯ

Даже если плавание в холодной воде может принести пользу в определенных случаях, нельзя сбрасывать со счетов риски, особенно при плавании в ледяной воде. При плавании важно осознавать потенциальные сердечные и легочные риски, возникающие из-за воздействия холода. Важно отметить, что термонеутральная температура человека составляет приблизительно 37 °С, и что продолжительное погружение в воду с температурой ниже 35 °С может вызвать переохлаждение, поскольку тепло тела теряется в окружающую среду [Datta A., Tipton M., p. 2057-2064].

В последние годы исследования были направлены на выяснение патофизиологии погружения в холодную воду. Было высказано предположение, что существует четыре стадии погружения в холодную воду, которые могут привести к потере трудоспособности и быстрой потере тепла тела, что приведет к переохлаждению. Каждая из трех стадий погружения связана с особыми рисками (Таблица 5). Продолжительность этих фаз и степень вызываемых в них реакций значительно различаются в зависимости от нескольких факторов, не в последнюю очередь от температуры воды [Tipton M., Bradford C., 2014].

Плавание в ледяной и холодной воде требует подготовки, акклиматизации и, что более важно, опыта погружения в холодную воду и должно проводиться только под надлежащим наблюдением во избежание травм или даже смерти. Даже для самых опытных пловцов погружение в холодную воду часто оканчивается смертельным исходом. Как указано выше, первая стадия погружения в холодную воду – это холодовой шок, который испытывается при первоначальном погружении [Tipton M., Bradford C., 2014].

Легкие человека сокращаются в первые несколько секунд, после чего возникает неконтролируемая гипервентиляция и потеря контроля над

дыханием [Физиология системы дыхания..., с. 60]. Частота сердечных сокращений, артериальное давление и сердечный выброс быстро увеличиваются при одновременном сужении периферических сосудов. Динамический ответ инициируется периферическими рецепторами холода, достигая пика примерно уже через 30 секунд после воздействия на них и адаптируясь примерно через две минуты [Tipton M., Bradford C., 2014].

Первоначальный шок и потеря контроля над дыханием именно то место, где пловец подвергается наибольшему риску утопления, и как следствие, смерти. В результате различных исследований первоначальная реакция на погружение или «холодовой шок» была определена как особо опасная, на которую приходится большинство смертей в результате погружения. Эти смерти чаще всего приписывают утоплению, при этом физиологические реакции в виде одышки и неконтролируемой гипервентиляции инициируются динамической реакцией кожных рецепторов холода, что приводит к аспирации небольшого объема воды, необходимого для инициирования процесса утопления [Tipton M., Bradford C., 2014].

Относительно мало известно о минимальных скоростях изменения температуры рецепторов холода, необходимых для возникновения холодового шока. Сообщается, что реакция начинается в воде с температурой +25 °С, но ее легко подавить сознательно при этой температуре. В лабораторных условиях частотная характеристика дыхания (показатель респираторного возбуждения) достигает пика при погружении в воду с температурой от +15 °С до +10 °С и не увеличивается при погружении в воду с температурой 5 °С [Datta A., Tipton M., p. 2057-2064].

Из опытов физиологов от 2017 года, соответствующие средние скорости изменения температуры кожи грудной клетки в течение первых 20 секунд этих погружений составили 0,42 °С (температура воды 15 °С), 0,56 °С (температура воды 10 °С) и 0,68 °С (температура воды 5 °С). Это говорит о том, что средняя скорость изменения температуры кожи груди между 0,42 °С

и 0,56 °C на первых 20 секунд после погружения достаточно, чтобы вызвать максимальную реакцию дыхательных путей холодового шока [Datta A., Tipton M., p. 2057-2064].

Совсем недавно было высказано предположение, что большее количество смертей, чем считалось ранее, может быть связано с аритмией, вызванной погружением в холодную воду из-за случайной активации симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы за счет стимуляции кожных покровов. Рецепторы холода в теле и в носовой области, активируют симпатическую систему (холодовой шок) при погружении или всплеске волн, при стимуляции блуждающего нерва (реакция ныряния). Этот «вегетативный конфликт» - очень эффективный способ вызвать аритмию даже у молодых и здоровых людей, особенно, но не обязательно, если при погружении задействована длительная задержка дыхания [Tipton M., Bradford C., 2014].

Похоже, что для развития фатальных аритмий необходимы предрасполагающие факторы, такие как синдром удлиненного интервала QT, ишемическая болезнь сердца или гипертрофия миокард. Многие из этих факторов, включая лекарственный синдром удлиненного интервала QT являются приобретенными. Несмертельные аритмии по-прежнему могут косвенно привести к смерти, если они приводят к дальнейшей потере трудоспособности и, таким образом, приведут к утоплению. На рисунке 10 представлены опасные реакции, связанные с холодной ударной реакции [Cold water immersion..., p. 1335-1355].

Проблемы, возникающие при кратковременном погружении, в первую очередь связаны с физической недееспособностью, вызванной нервно-мышечным охлаждением. Руки особенно уязвимы из-за их большого отношения площади поверхности к массе. Низкая мышечная температура влияет на химические и физические процессы на клеточном уровне. Это включает скорость метаболизма, ферментативную активность, высвобождение и скорость диффузии кальция и ацетилхолина, а также ряд

эластичных компонентов соединительной ткани. При температуре нервов ниже 20 °С нервная проводимость замедляется, а амплитуда потенциала действия уменьшается. Нервная блокада может возникнуть после воздействия местной температуры от 5 °С до 15 °С в течение 1–15 минут. Это может привести к дисфункции, что эквивалентно периферическому параличу и, как результат, человек тонет из-за неспособности держать дыхательные пути из воды. При сильном переохлаждении пациент находится в глубоком бессознательном состоянии. Прогрессирующие признаки и симптомы, при приблизительной температуре тела при переохлаждении: дрожь (36°С), спутанность сознания, дезориентация, интроверсия (35 ° С), амнезия (34°С), сердечные аритмии (33 °С), помутнение сознания (33 –30 °С), потеря сознания (30 °С), фибрилляция желудочков (28°С) и смерть (25 °С) [Tipton M., Bradford C., 2014].

В ледяной воде вероятность переохлаждения у взрослых не возникает в течение как минимум 30 минут. Гипотермия влияет на клеточный метаболизм, кровоток и нервную функцию [Cold water immersion..., p. 1335-1355].

Существует большая разница между глубокой температурой тела, признаками и симптомами переохлаждения [Tipton M., Bradford C., 2014; Cold water immersion..., p. 1335-1355].

Около 17% тех, кто умирает в результате погружения, умирают непосредственно перед, во время или после спасения. Смерти непосредственно перед спасением интригуют и, вероятно, связаны с поведенческими изменениями в это время или с облегчением и психофизиологическими изменениями, связанными с неизбежным спасением, включая снижение концентрации циркулирующего гормона стресса и повышение тонуса блуждающего нерва. Смерть во время спасения чаще всего связана с падением артериального давления, когда его поднимают вертикально из воды и удерживают в этом положении в течение некоторого времени [Cold water immersion..., p. 1335-1355].

Опытные зимние пловцы становятся более устойчивыми к реакции холодового шока за счет кондиционирования и постепенной адаптации тела к холоду регулярно, с увеличением частоты и постепенным понижением температуры [Tipton M., Bradford C., 2014].

1.8 СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ АДАПТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ОРГНИЗМА К ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПЕРЕПАДАМ

На сегодняшний день существует определенный перечень, предназначенный для правильного повышения адаптационной способности организма к температурной нагрузке. Так, выделяют несколько этапов закаливания, такие как:

1) длительный контрастный цикл (начальный этап), характеризуемый разминкой (1-2 мин), окунанием в холодную воду по шею (30 с), дыхательными упражнениями по А.Н. Стрельниковой, повторным окунанием по шею (20 с) и посещением сауны ($t = +90-92$ °С), (15-20 мин) [«Моржи» в Чёрном море..., с. 230].

2) средний контрастный цикл (промежуточный этап), состоящий из окунания в холодную воду по шею (20 с), дыхательных упражнений по А.Н. Стрельниковой и посещения сауны ($t = +90-92$ °С), (10-15 мин);

3) кратковременный контрастный цикл (конечный этап), этот этап характеризуется окунанием в холодную воду с головой (на 10 с), посещением сауны ($t = +90-92$ °С), (5-10 мин) и окунанием в холодную воду с головой (10 с) [Амосова Т.Ю., с.8].

Для маленьких детей дошкольного возраста существует следующий перечень по комплексному закаливанию, среди которых выделяют такие этапы:

1) утренняя разминка ($t = \sim +21$ °С), (5-7 мин);

2) воздушные процедуры на улице в купальниках, с включением элементов игры ($t =$ от $- 5$ °С до $- 25$ °С), (30-40мин), с последующим растиранием снегом (5-10с);

3) нахождение в сауне с выполнением дыхательных упражнений по А.Н. Стрельниковой ($t = 50-55$ °С), (5-7 мин) [Оценка внешнего дыхания..., с. 50-53];

4) прием теплой воды (примерно 50-100 мл) для восстановления водного насыщения;

5) закутывание ребенка в полотенце (5-10 с) и возвращение в его в теплое помещение [«Моржи» в Чёрном море..., с. 231].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению респираторной системы спортсменов-моржей проходили в г. Новороссийск (этап I) и в г. Севастополь (этап III). Пловцы из 15 стран СНГ в общем количестве 51 человек (в научном же исследовании 27 человек) участвовали в легендарной «Эстафете Победы – 2020» протяженностью 555 км, приуроченной к 75-летию Великой Победы [«Моржи» в Чёрном море..., с. 13].

Мониторинг спирометрических показателей спортсменов-моржей проводилось с 20 октября по 7 ноября 2020 г. с применением общепринятых методических подходов по исследованию дыхательной системы.

Для лучшего изучения дыхательной системы участвующих, процесс заплыва условно был разделен на 3 этапа. Первый этап был охарактеризован как начальный. Сбор данных этого этапа начинался непосредственно перед самим заплывом. Участников на старте, соответственно зафиксировано больше, чем в конце эстафеты, по причинам того, что некоторые сошли с дистанции из-за определенных трудностей дальнейшего заплыва [«Моржи» в Чёрном море..., с. 46].

Второй этап условно можно назвать промежуточным. Остановка этого этапа была в г. Керчь. На данном этапе эстафеты показатели респираторной системы не снимались [«Моржи» в Чёрном море..., с. 95].

Третий этап характеризуется как конечный. Этот этап заканчивалась в г. Севастополь. Показатели респираторной системы снимались, соответственно, после конца заплыва спортсменов-моржей [«Моржи» в Чёрном море..., с. 149].

Для определения показателей респираторной системы спортсменов-моржей был применен метод спирометрии внешнего дыхания. Выбранный метод сбора данных до и после заплыва за счет спирометрии характеризуется рядом положительных качеств, во-первых, портативность приборов для спирометрии, т.е. сбор данных можно проводить в полевых условиях, во-вторых, за счет хорошего спирографа можно выявить высокую точность анализируемых параметров, в-третьих, спирометрия может показать различные патологические состояния испытуемого (например, наличие астмы, обструктивные болезни легких и бронхов, наличие пневмоторакса и пр.). Недостатком метода является ценовая категория прибора для спирометрии (от 85 000 до 150 000 руб.) [Ambimed: [сайт]..., 2022].

Также во время исследования для общего представления изменения состояния спортсменов-моржей были сняты такие параметры, как ЧСС с помощью медицинского пульсометра, ростомером измерен рост испытуемых, вес измерялся напольными весами.

Для вычисления различных объемов и емкостей были использованы математические формулы.

- 1) Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – тот объем газовой смеси, который человек может вдохнуть после максимального выдоха [Физиология системы дыхания..., с.60]. ЖЕЛ рассчитывается по формуле 1:
- 2)

$$\text{ЖЕЛ} = \text{ДО} + \text{Ровд} + \text{Ровыд} \quad (1)$$

,где ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ДО -дыхательный объем, Ровд – резервный объем вдоха, Ровыд- резервный объем выдоха [Физиология системы дыхания..., с.60];

2) Должная жизненная емкость легких (дЖЕЛ) рассчитывалась по формулам 2,3:

-для мужчин:

$$\text{дЖЕЛ} = \text{рост} \times 40 + 30 \times \text{масса} - 4000 \quad (2)$$

-для женщин:

$$\text{дЖЕЛ} = \text{рост} \times 40 + 10 \times \text{масса} - 3800 \quad (3)$$

где дЖЕЛ – должная жизненная емкость легких (мл), рост (см), масса (кг)
[Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

- 3) Емкость вдоха (Евд) – тот объем газовой смеси, который можно вдохнуть после спокойного выдоха. Нормы Евд 2,0-3,0 л [Физиология системы дыхания, с. 60]. Евд рассчитывается по формуле 4:

$$\text{Евд} = \text{ДО} + \text{Ровд} \quad (4)$$

,где Евд – емкость вдоха, ДО – дыхательный объем, Ровд – резервный объем вдоха.

- 4) Минутный объем дыхания (МДО) – объем воздуха, который поступил в легкие за минуту. В норме у взрослого человека он должен составлять 6-8 л/мин. МДО рассчитывался по формуле 5:

$$\text{МДО} = \text{ЧД} \times \text{ДО} \quad (5)$$

,где МДО – минутный объем дыхания, ЧД – частота дыхания, ДО – дыхательный объем [Тарабрина В.А., с.133-136].

Некоторых показателей сердечно-сосудистой системы также были рассчитаны по формулам:

- 1) Должное диастолическое артериальное давление (дДАД), мм.рт.ст., рассчитывается по формуле 6:

$$\text{дДАД} = 63 + 0,5 \times \text{В} \quad (6)$$

где В — возраст в годах [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

- 2) Должное систолическое артериальное давление (дСАД), мм.рт.ст. рассчитывается по формуле 7:

$$\text{дСАД} = 102 + 0,6 \times \text{В} \quad (7)$$

где В — возраст в годах [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

- 3) Пульсовое давление (ПД) — один из важных показателей сердечно-сосудистой системы. ПД показывает, насколько САД превышает ДАД, что необходимо для мониторинга открытия полулунного клапана. ПД можно рассчитать по следующей формуле 8:

$$\text{ПД} = \text{САД} - \text{ДАД} \quad (8)$$

где ПД - пульсовое давление (мм.рт.ст), САД - систолическое артериальное давление (мм.рт.ст), ДАД - диастолическое артериальное давление (мм.рт.ст.) [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

- 4) Должное пульсовое давление — характеризуется разностью показателей дСАД и дДАД, которое рассчитывается по формуле 9:

$$\text{дПД} = \text{дСАД} - \text{дДАД} \quad (9)$$

где дПД — должное пульсовое давление (мм.рт.ст), дСАД — должное систолическое артериальное давление (мм.рт.ст), дДАД — должное диастолическое артериальное давление (мм.рт.ст.) [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

- 5) Ударный объем сердца (УОС) — это тот объем крови, который выбрасывается из желудочка сердца за одну систолу. УОС можно рассчитать по формуле 10:

$$УОС = 90,97 + 0,54 \times ПД - 0,57 \times ДД - 0,61 \times В \quad (10)$$

где ПД — пульсовое давление, ДД — диастолическое давление, В — возраст в годах [Миллер Л.Л., с. 183].

- 6) Минутный объем кровообращения (МОК) – это то количество крови, которое сердце перекачивает за 1 минуту. Известно, что МОК можно охарактеризовать такими параметрами, как: ЧСС и УОС. МОК можно рассчитать по формуле 11:

$$МОК = ЧСС \times УОС \quad (11)$$

где ЧСС — частота сердечных сокращений, УОС — ударный объем сердца [Миллер Л.Л., с. 183].

- 7) Должная частота сердечных сокращений (дЧСС) рассчитывается по формуле 12:

$$дЧСС = 48 \times (\text{рост} \div \text{масса тела})^{\frac{1}{3}} \quad (12)$$

где ЧСС — частота сердечных сокращений [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

Расчеты, которые были полученных в ходе проводимых исследований данных производились на персональном компьютере с применением программы STATISTICA, Microsoft Windows EXCEL и учебного пособия по математическим методам [Лакин Г.Ф., с. 204].

2.2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.2.1 МЕТОД СПИРОМЕТРИИ

Чтобы измерить некоторые объемы и емкости легких, а также оценить, насколько хорошо работает респираторная система было принято общее измерение дыхательной системы с помощью метода спирометрии.

Спирометрия – это физиологический тест оценивает компетентность, с которой человек вдыхает или выдыхает объемы воздуха в зависимости от времени, требуя от субъекта выполнить серию маневров форсированной жизненной емкости легких (ЖЕЛ, англ. FVC) через мундштук [Standardization of the measurement..., 2005].

Прибор для измерения ЖЕЛ называется спирометр. Спирометр - ценный инструмент для проверки общего респираторного здоровья, используемый для проверки легких во многих странах мира [Rivero-Yeverino D., 2019].

Перед проведением спирометрии необходимо собрать информацию о пациентах и тестах, чтобы облегчить калибровку прибора и интерпретацию результатов. Также обязательно следует указать первичную информацию об испытуемом, а именно:

- рост испытуемого (без обуви),
- возраст,
- вес,
- пол.

Расположение пациента и комфорт - ключевые элементы для получения надежных результатов спирометрии. Спирометрию следует проводить, когда испытуемые находятся в сидячем положении с нейтральным положением головы. Отрицательные факторы, такие как некомфортная температура в помещении, тесная одежда или неудобное сидение могут привести к неточным измерениям. Артефакты, связанные с изменением температуры и положения тела, хорошо описаны [Rivero-Yeverino D., 2019].

Также отрицательным фактором проходящих спирометрию, таков, что некоторые могут принимать лекарства, которые могут повлиять на результаты. Испытуемых следует попросить воздержаться от использования бронходилататоров перед тестированием или определенных ингаляционных

лекарств, таких как гипертонический раствор и пр. [Standardization of the measurement..., 2005].

Сама процедура взятия показателей спирометрии заключается в нескольких шагах:

- 1 Обеспечение удобного сидения испытуемого,
- 2 Помощь при правильном вставлении мундштука (у рта не должно быть утечек, не должно быть колебаний во время маневра и не должно быть препятствий для мундштука) [Lung function testing..., 1991].

- 3 Носовой зажим должен находиться в правильном положении, закрывая обе ноздри.

После наблюдения за приливным дыханием техник просит испытуемого полностью выдохнуть до остаточного объема. Далее попросить испытуемого вдохнуть до полной емкости легких и снова выдохнуть до остаточного объема. Во время каждого испытания техник должен научить пациента поддерживать постоянный поток газа и следить за утечками, препятствиями для потока воздуха, например, из-за закрытия голосовой щели и окончания выдоха. Кашель или перемежающиеся ингаляции могут сделать исследование недействительным [Standardization of the measurement..., 2005].

Большинство современных электронных спирометров теперь автоматически выполняют обратный расчет. Однако, когда оборудование новое, полезно вручную подтвердить, что обратный расчет выполняется правильно. Чтобы определить начало выдоха вручную, на кривой объема-времени в точке пикового потока выдоха проводят линию, параллельную кривой в этой точке (с наклоном, равным пиковому потоку выдоха). Пересечение этой линии с максимальным уровнем вдоха определяет начало выдоха. Разница в объеме между максимальным вдохом и фактической кривой ФЖЕЛ в экстраполированном начале выдоха называется экстраполированным объемом. Это не должно превышать 10% от ФЖЕЛ или 100 мл, в противном случае исследование считается неоптимальным. Экстраполированный объем выше 250 мл делает

исследование неприемлемым [Incentive Spirometry..., 2011; Агаджанян Н.А., Смирнов В.М., 2009, с. 250].

Проба снята после достижения стабильного уровня конца акта выдоха, когда заслонка закрывается для определения объема грудного газа, за которым следует период открытой заслонки, в течение которого человек остается на выполнении маневра резервного объема выдоха через мундштук (Рисунок 12). После этого следует медленный маневр жизненной емкости вдоха. Все объемы определяются без отрыва пациента от мундштука в так называемом «связанном» маневре.

Преимущество метода спирометрии заключается в том, что спирометрические оценки можно проводить как в лаборатории, так и в полевых условиях с использованием портативного оборудования. Недостатки, однако, состоят в том, что маневр ЖЕЛ является произвольным и требует определенной степени подготовки и предметной компетентности для получения воспроизводимых данных [Warren G.L., Cureton K.J., Sparling P.V., p. 253-263].

Спирометрия наиболее полезна при оценке обструктивных нарушений дыхательных путей, обнаруживаемых, например, при астме, при которой отклонения от нормы обратимы, или при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), при которой результаты обычно необратимы. Это менее полезно при оценке рестриктивных заболеваний [Standardization of spirometry..., 2005]. Это простой неинвазивный тест, который легко выполнить.

Путем количественной оценки дыхательных объемов и потоков, таких как форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) или объем форсированного выдоха за шесть секунд (ФЖЕЛ₆), объем форсированного выдоха за первую секунду (ФЖЕЛ₁) и взаимосвязь между этими параметрами (ФЖЕЛ₁ / ФЖЕЛ или ФЖЕЛ₁ / ФЖЕЛ₆), обструкция может быть

обнаружена с высокой чувствительностью и специфичностью [Rivero-Yeverino D., 2019].

Спирометрия наиболее полезна для диагностики заболеваний, вызывающих обструкцию дыхательных путей (например, ХОБЛ, астма и пр.), а также для измерения различных респираторных показателей спортсменов, отслеживая их динамику. Спирометрия также может быть полезна для отслеживания прогрессирования заболевания и оценки эффективности терапии с течением времени.

Спирограф, который использовался в нашем исследовании был марки «СпироС-100» (Россия) (Рисунок 13).

«СпироС-100» осуществляет автоматические измерения функции внешнего дыхания, включая такие параметрами, как: МВЛ (максимальная вентиляция легких), ИТ (индекс Тиффно), ЧД (частота дыхания), ФЖЕЛ (форсированная жизненная емкость легких), ЖЕЛ (жизненная емкость легких), ОФВ₁ (объем форсированного выдоха за 1 минуту), ДО (дыхательный объем), МДО (минутный дыхательный объем), РОвд. (резервный объем вдоха), РОвыд. (резервный объем выдоха), ПОС (скорость выдоха), СОС (средняя объемная скорость) 25-75%, СОС75-85%, МОС (мгновенная объемная скорость) 25%, МОС50%, МОС 75%. Также имеется возможность расчета нормативных параметров ФВД по стандартам ECCS и пр. [Hankinson J.L., 1993].

2.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ САТУРАЦИИ (НАСЫЩЕНИЕ КРОВЬЮ КИСЛОРОДОМ)

При сборе данных о насыщении O₂ кровью в исследовании использовали пульсоксиметр «УХ302» (Китай) (Рисунок 14).

Прибор является переносным и его можно использовать в полевых условиях. С помощью данного пульсоксиметра можно контролировать

состояние людей, страдающих хроническими заболеваниями дыхательной и сердечно сосудистой системы, а также контролировать уровень физических нагрузок спортсменов. У спортсменов мониторинг нагрузок заключается в падении уровня насыщения артериальной крови кислородом.

Артериальная кровь обычно получает достаточное количество O_2 , а затем переносит его потом в органы и ткани. O_2 в свою очередь связывается с особым белком (гемоглобином) и условно получает название насыщенный гемоглобин (или сатурированный). Насыщение кислородом измеряет, сколько гемоглобина в настоящее время связано с кислородом по сравнению с тем, сколько гемоглобина остается несвязанным. На молекулярном уровне гемоглобин состоит из четырех глобулярных белковых субъединиц. Каждая субъединица связана с группой гема. Каждая молекула гемоглобина впоследствии имеет четыре связывающих гем сайта, легко доступных для связывания кислорода. Поэтому во время транспорта кислорода в крови гемоглобин способен переносить до четырех молекул кислорода. В связи с критическим характером потребления тканевого кислорода в организме крайне важно иметь возможность контролировать текущее насыщение кислородом [Карпман В.Л., Любина Б.Г., с. 135].

Насыщение сатурированным гемоглобином в крови взрослого здорового человека должно быть в пределах от 96 до 100%. Если же провести исследование венозной крови, то значение должно быть ниже около 75%. Этот процесс напрямую связан с легкими, откуда в кровь может попасть атмосферный воздух [Армед: [сайт]..., 2013].

Если же сатурация артериальной крови падает ниже 96%, то можно говорить о снижении степени насыщения гемоглобина O_2 , что чревато таким опасным состоянием, которое называют гипоксией [Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю., с. 185].

Другой показатель, который дает пульсоксиметра это ЧСС (Частота сердечных сокращений). У здорового взрослого человека пульс составляет ок.60-90 ударов за 1 минуту [Белоцерковский З.Б., с. 241].

Принцип работы пульсоксиметра в определении уровня сатурации организма заключается в том, что диод в приборе излучает свет и полностью просвечивает палец испытуемого. Прибор ловит те лучи насыщенного и ненасыщенного гемоглобина. Датчик на тыльной стороне регистрирует остаточные объемы излучения. Он анализирует полученные данные и выводит на данные о насыщенном гемоглобине, который, в свою очередь, связан с кислородом [Армед: [сайт]..., 2013].

Для того, чтобы данные диагностики были правильно собраны и погрешности были минимальные нужно посадить испытуемого в неподвижное положение сидя или лежа. Положить руку испытуемого, на которой будут проводить мониторинг на специально подготовленную опору, которой может служить, например, твердая поверхность (Рисунок 15). Причина, по которой пульсоксиметр одевают испытуемому на палец заключается в том, что кожа в этой области имеет гораздо более высокую плотность сосудов.

Вышеуказанное положение тела испытуемого требуется сохранять несколько минут до воспроизведение самого измерения. После этого нужно поместить палец руки испытуемого в специальное отверстие устройства. Для уменьшения погрешностей в исследовании также следует соблюдать следующие требования:

- Руки заранее должны быть вымыты.
- Ногтевая пластина испытуемого должна быть очищена (без декоративного покрытия).

Далее пульсоксиметр включают прибор и тот автоматически за счет диода считывает и отображает на экране ЧСС и процент сатурации крови испытуемого. Сенсор прибора работает в среднем примерно 20 с. В это

времени палец должен сохранять неподвижность, а человек должен сохранять покой [TopZdrav: [сайт]..., 2000].

Принцип работы пульсоксиметра заключается в фотометрическом методе. Датчики передачи, где излучатель и приемник расположены напротив друг друга собирают инфракрасные лучи, которые проходят в одном направлении через ткани пальца. Далее аналитический блок собирают полученные данные и интерпретирует их, выводя на дисплей. На дисплее будут отображаться процентное содержание оксигемоглобина и частота сердечных сокращений [Hankinson J.L., 1993].

2.2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

В ходе исследования у спортсменов-моржей определялись некоторые параметры кардиореспираторной системы, а именно систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление. Оба показателя определялись с помощью тонометра A&D UA-888EAC (Япония) (Рисунок 16).

Продолжительность, регулярность и вид физической нагрузки по-разному влияет на происходящие изменения в миокарде и функционировании кровеносной системы. У спортсменов в процессе тренировок может гипертрофироваться миокард, который и приводит к увеличению некоторых параметров. Чаще всего на фоне физических нагрузок и неблагоприятных факторов может гипертрофироваться миокард. Чтобы процесс не стал патологическим нужен постоянный мониторинг сердечно-сосудистой системы [Агаджанян М.Г., 2001, с. 125-128]. Поэтому в исследовании использовался неинвазивный метод измерения артериального давления с помощью тонометра A&D UA-888EAC (Япония).

Принцип работы тонометра заключается в автоматическом методе измерения артериального давления. Традиционно осциллометрии манжета служит исполнительным механизмом для изменения внешнего давления в

артерии и датчиком для измерения этого давления и результирующих колебаний объема крови с переменной амплитудой внутри артерии. Затем на дисплее отображается САД и ДАД [Агаджанян М.Г., 2001, с. 125-128; A&D: [сайт]..., 2017].

Чтобы данные диагностики были собраны с минимальными погрешностями нужно посадить испытуемого в неподвижное положение. Руку испытуемого, на которой будут проводить мониторинг на специально подготовленную опору, которой может быть твердая поверхность стола. Манжета устанавливается на плечо, на расстояние двух сложенных пальцев от локтевого сгиба испытуемого. Положение тела испытуемого нужно сохранять несколько минут до воспроизведения измерения [A&D: [сайт]..., 2017].

После включение тонометра автоматически сдавливается плечевая артерия за счет подачи воздуха в манжету. В тоже время самим прибором улавливается расширение артерии во время прохождения по ней пульсовой волны, что принято называть осциллометрическим методом измерения давления [A&D: [сайт]..., 2017].

2.3 СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Чтобы охарактеризовать и оценить физиологические параметры, необходимо сравнить цифровые значения, полученные в ходе исследования, со значениями, характерными для здорового организма. Сравнение параметров при статистической обработке может помочь с анализированием результатов, так можно понять проходят ли физиологические процессы нормально или же они отклоняются от нормы.

Значения, которые мы получаем при исследовании часто имеют большой диапазон параметров. Поэтому главной задачей после эксперимента становится получение достоверных выводов об исследуемом процессе.

Данные, которые мы получили бы статистически обработаны на компьютере ЭВМ Pentium IV с использованием таблиц Microsoft Excel.

Параметры, которые мы определяли: средняя арифметическая (M) и ошибка арифметической (m).

Достоверную значимость различий мы определили в программе STATISTICA по t-критерию Стьюдента. Непараметрические критерии определялись по t-критерию Уилкоксона. В программе обработанные параметры имели свои уровни значимости (P), которые определяли в соответствии, с табличными значениями. Различия считались значимыми на уровнях значимости: $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$ [Лакин Г.Ф., с. 204].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования спортсменов-моржей в «Эстафете Победы-2020» в начале (I этап) и в конце (III этап), заплыва был собран ряд показателей для анализа функционирования респираторной системы [«Моржи» в Чёрном море..., с. 13].

Средний возраст спортсменов-моржей составил: у мужчин примерно 49 лет (n=22), у женщин примерно 45 лет (n= 5) (Таблица 6).

Все спортсмены были из группы II зрелого возраста (у мужчин возрастной диапазон был 36-60 лет, у женщин – 36-55 лет) по общепринятым критериям постнатального онтогенеза человека (Таблица 6), [Есаков С.А., с. 78].

Средний стаж плавания спортсменов-моржей составил: у мужчин около 11 лет, у женщин примерно 5,5 лет.

Как известно, с возрастом люди становятся более подвержены различным заболеваниям со стороны сердечно-сосудистой системы и респираторной системы. Несмотря на хорошее физическое состояние спортсменов, с годами у них тоже могут появляться физиологические изменения со стороны, например, легких, такие как старческая эмфизема альвеол легких и пр. [Физиологические и патофизиологические аспекты..., с.116]. Поэтому для полного мониторинга состояния респираторной системы спортсменов проводился ряд дополнительных исследований.

Перед стартом эстафеты у всех спортсменов оценивалось состояние сердечно-сосудистой системы: систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД). Средний показатель САД мужчин составил $135,83 \pm 0,8$ мм рт.ст. и женщин - $136,00 \pm 5,72$ мм рт.ст. (Таблица 7).

Исследование артериального давления и ЧСС дают возможность получить важную информацию о работе сердца и состоянии системы кровообращения. Основными критериями функционального состояния сердечно-сосудистой системы, определяющими развитие адаптации всего организма, относятся ЧСС, САД и ДАД.

Величина артериального давления, в основном, определяется систолическим объемом крови и ее периферическим сопротивлением. Диастолическое давление колеблется от 60 до 90 мм.рт.ст, а систолическое давление в норме может находиться в пределах 90-140 (или до 138) мм.рт.ст. [Есаков С.А., с. 78; Смирнов В.М., 2009, с. 240].

Следовательно, показатели САД спортсменов-моржей входят в общепринятые нормы и являются допустимыми.

ДАД пловцов мужчин перед заплывом в среднем составляет $86,39 \pm 0,5$, а женщин $81,00 \pm 3,12$ (Таблица 7). Также ДАД спортсменов входит в общепринятые физиологические нормы (от 60 до 90 мм.рт.ст.) [Смирнова Е.В., с. 66].

После заплыва средние показатели САД и ДАД спортсменов вне зависимости от пола изменились. У мужчин показатель систолического давления повысился примерно на 2 мм.рт.ст. и стал составлять $137,89 \pm 0,68$ мм.рт.ст. У женщин разница САД до и после заплыва составила 11,40 мм.рт.ст., что составило 124,6. Такая разница САД у женщин связана с тем, что количество спортсменок сократилось до 3 и у каждой систолическое артериальное давление было разным (от очень высокого 170 мм.рт.ст. до низкого 112 мм.рт.ст.). В целом, все средние показатели САД и ДАД спортсменов-моржей входят в допустимые общепринятые физиологические нормы) [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

Среднее диастолическое артериальное давление после заплыва понизилось у всех спортсменов. У мужчин оно составило $78,50 \pm 0,77$ мм.рт.ст., что меньше показателя ДАД перед заплывом на 7,89 мм.рт.ст. В то время как у женщин ДАД составило $72,8 \pm 2,45$ мм.рт.ст., что ниже начального

показателя на 8,20 мм.рт.ст. Таким образом, показатели ДАД после заплыва у спортсменов-моржей не выходили за допустимый диапазон нормы) [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

Статистические различия при обработке результатов показателей САД и ДАД спортсменов также были высчитаны. Статистически значимые различия по полу были получены при сравнении систолического артериального давления и диастолического артериального давления мужчин и женщин после заплыва, а именно сравнивалось САД мужчин - $137,89 \pm 0,68$ мм.р.мт. и $78,50 \pm 0,77$ мм.рт.ст. были достоверно выше ($P < 0,001$; $P < 0,005$) и САД женщин $124,60 \pm 2,44$ мм.рт.ст. и $78,80 \pm 2,45$ мм.рт.ст. (Таблица 7).

Средние показатели САД, по сравнению с дСАД, у всех спортсменов-мужчин были выше. Достоверными эти различия были как до, так и после заплыва: у них САД была достоверно ($P < 0,001$) выше дСАД.

Средние показатели САД, по сравнению с дСАД, у всех спортсменов-мужчин были выше. Достоверными эти различия были как до, так и после заплыва: у них САД была достоверно ($P < 0,001$) выше дСАД.

Статистически значимые различия по сравнению параметров ДАД перед заплывом и после заплыва были обнаружены: у спортсменов-мужчин до заплыва - $86,39 \pm 0,50$ мм.рт.ст. и после - $78,50 \pm 0,77$ мм.рт.ст. ($P < 0,001$), а также у женщин ($P < 0,05$), (Таблица 7). Понижение параметра ДАД после заплыва может быть связан с компенсаторной реакцией работы мышц и сердечно-сосудистой системы. Так, при увеличении физической нагрузки на организм повышается сердечный выброс, чтобы удовлетворить потребление кислорода работающих мышц, соответственно, показатель САД будет увеличен. Данная реакция опосредована симпатической нервной системой. Также происходит сужение сосудов, в следствие, воздействия холодной воды, которое уменьшает почечный и печеночный кровоток, т.е. увеличивает сопротивление сосудов. Точечное сосудосуживающее действие подавляет вазоконстрикцию и позволяет перераспределить сердечный выброс к работающим скелетным мышцам, тем самым снижает общее периферическое

сопротивление сосудов. Такие противоположные реакции способствуют снижению ДАД спортсменов-моржей после тяжелых нагрузок.

Также у мужчин ДАД после заплыва был достоверно ($P < 0,05$) выше, чем у женщин. Причины снижения ДАД связаны с гормональным фоном. Так, гипотония чаще всего развивается у женщин на фоне кровопотерь при менструальных циклах [Караченцев А.Н., Сергеев П.В., с. 45-53].

Гемодинамическое обеспечение ДАД у спортсменов-моржей характеризовалось достоверным изменением по сравнению с дДАД. Так, ДАД было достоверно ниже ($P < 0,001$, $P < 0,01$) по сравнению с дДАД после заплыва как у мужчин, так и у женщин. Возможно, это связано с возрастной периодизацией, а именно: у людей II зрелого возраста, в отличие от молодых, возможно снижение диастолического артериального давления, особенно после тяжелых нагрузок. Физиологически это считается нормальным, так как с возрастом у людей теряется эластичность сосудистой стенки, что может приводить к снижению ДАД [Караченцев А.Н., Сергеев П.В., с. 45-53].

Разницу между значениями САД и ДАД принято называть пульсовым давлением (ПД, или P_p). ПД показывает, насколько САД превышает ДАД. Это необходимо для открытия полулунного клапана (лат. *Semilunar valve*) аорты во время акта систолы. Считается, что в норме ПД составляет 35–55 мм.рт.ст., только при таких условиях во время акта систолы левого желудочка клапан полностью открывается, и кровь, в свою очередь, поступает в большой круг кровообращения. В случае, если систолическое давление станет равным диастолическому, движение крови станет невозможным и наступит моментальная смерть. С каждым повышением давления на 10 мм.рт.ст. увеличится риск развития сердечно-сосудистых заболеваний на 30%, поэтому очень важно рассчитывать ПД [Миллер Л.Л., с. 183].

Как известно пульсовое давление имеет различные нормы для людей с разной физической подготовкой.

В норме ПД взрослого здорового человека, вне зависимости от пола равно примерно 30 – 50 мм.рт.ст. У спортсменов этот показатель может немного превышать допустимую норму. В нашем исследовании ПД мужчин-спортсменов было равно: 49,44 мм.рт.ст. (что входит в общепринятую норму). У женщин-спортсменок ПД составило: 55,00 мм.рт.ст., что также является нормой для спортсменов.

После заплыва ПД спортсменов мужчин составило: 59,39 мм.рт.ст. Повышение показателя после заплыва связано с повышением САД. САД у мужчин увеличился в ответ на сильную нагрузку организма. При тренировке могут высвободиться некоторые адренегрические гормоны в кровь, что в свою очередь может привести к сокращению сосудистой стенки и усилению сердечного выброса на фоне сниженного ударного объема [Караченцев А.Н., Сергеев П.В., с. 45-53]. У женщин же ПД снизился, но было на уровне нормативных параметров – 51,80 мм.рт.ст.

Статистически значимые различия были получены при сравнении пульсового давления мужчин до и после заплыва. ПД мужчин было достоверно ($P < 0,05$) выше после заплыва. После физической нагрузки в норме ПД может увеличиться, что может свидетельствовать о хорошей натренированности сердечной мышцы спортсменов. При активной физической работе мышцам не хватает кислорода. Тогда срабатывает компенсаторная реакция организма, а именно: чтобы обеспечить нужный объем кислорода, сердце начинает работать быстрее [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931]. Помимо этого, ПД по сравнению с дПД было выше у всех спортсменов. Но достоверными ($P < 0,001$, $P < 0,01$) эти различия были у мужчин до и после заплыва, а также у женщин ($P < 0,01$) до заплыва.

Следующий показатель, связанный с сердечно-сосудистой системой – ЧСС (частота сердечных сокращений) за минуту (Рисунок 17).

В нашем исследовании были изучены показатели ЧСС спортсменов-моржей до заплыва и после. Группа спортсменов-мужчин перед заплывом

имела среднее ЧСС $71,00 \pm 0,3$ удар/мин. У женщин частота сердечных сокращений в среднем перед заплывом составила $75,2 \pm 1,49$ удар/мин. Оба параметра входят в норму ЧСС для взрослого здорового человека (Таблица 7).

После заплыва средний показатель ЧСС немного отличался от показателей перед заплывом. Так, у мужчин спортсменов средний показатель ЧСС был равен $72,28 \pm 0,61$ удар/мин, а у спортсменок – $77,40 \pm 2,15$ удар/мин. Результаты после заплыва повысились, но незначительно и входили в диапазон общепринятых физиологических норм.

Статистически значимые различия по полу наблюдались при гендерном сравнении: так, ЧСС было достоверно выше ($P < 0,01$) у женщин как до заплыва, так и после, нежели у мужчин (Таблица 7). Это можно объяснить специфическими особенностями гормонального фона у женщин (менопауза, менструация и пр.), когда сердце должно компенсировать потери крови. Также сердце у женщин физиологически меньше, чем у мужчин, поэтому должно совершать больше СС [Агаджанян Н.А., Смирнов В.М., 2009, с. 275; Виноградов В.В., с. 181].

Средние показатели ЧСС, по сравнению с дЧСС, у всех спортсменок были выше. Достоверными эти различия были как до, так и после заплыва: у ЧСС была достоверно ($P < 0,001$) выше дЧСС. Такой результат можно объяснить сильными нагрузками на организм во время заплыва [Агаджанян Н.А., Смирнов В.М., 2009, с. 276].

Еще один показатель, который можно определить по формуле это *ударный объем сердца (УОС)*. Расчетный способ УОС был предложен в 1954 году Старром [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931]. По мере того насколько хорошо натренированным будет спортсмен показатель УОС может увеличиться. Так, по нашим расчетам до заплыва параметр УОС у мужчин составил 38,71 мл. У женщин данный параметр был следующим - 47,17 мл (Таблица 8).

После заплыва у всех спортсменов показатель УОС повысился, а именно: у мужчин до 48,57 мл; у женщин до 50,12 мл. Увеличение УОС после заплыва может говорить о хорошей натренированности спортсменов. Под воздействием тренировок у спортсменов увеличивается мышечная масса и, как следствие, емкость левого желудочка, что способствует увеличению самого ударного объема сердца.

Как известно, УОС женщин меньше мужского на 10-15%, но этот показатель может изменяться, вследствие, натренированности и возраста спортсменов [Кузнецов А.А., с. 83].

У мужчин УОС после заплыва был достоверно выше ($P < 0,01$), чем перед заплывом. Такой результат объясняется тем, что в течение заплыва совершалась работа мышц, которая может привести к увеличению УОС [Кузнецов А.А., с. 80].

Сам же параметр УОС у всех спортсменов-моржей был ниже физиологической нормы. Это может быть связано с возрастными изменениями сердечно-сосудистой системы, в том числе с пониженным показателем ДАД [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

Далее нами был рассмотрен такой показатель, как минутный объем кровообращения (МОК). При этом нужно учитывать тот факт, что у спортсменов с различными квалификациями показатели могут быть разными, к примеру, ЧСС по мере натренированности может уменьшаться, а УОС, наоборот, может увеличиться [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931]. Так, МОК в начале заплыва у мужчин составил 2748,25 л. У женщин МОК равен 3578,94 л.

После заплыва параметр МОК у всех спортсменов увеличился: у мужчин составил 3510,85 л, у женщин — 3816,16 л. Увеличение параметра МОК после заплыва связано с увеличением параметра УОС, вследствие натренированности спортсменов. Под воздействием тренировок, в особенности тех, которые направлены на выносливость, у спортсменов

увеличивается мышечная масса и емкость левого желудочка. Это может способствовать увеличению ударного объема сердца, и, как следствие, увеличению минутного объема кровообращения. Сам параметр МОК у всех спортсменов-моржей, как до, так и после заплыва не входит в общепринятые физиологические нормы. Это можно объяснить тем фактом, что все спортсмены относятся ко II зрелому возрасту. Возрастные изменения напрямую затрагивают сердечно-сосудистую систему (например, наличие гипертрофии левого желудочка и пр.), что может отразиться на гемодинамических показателях [Садыкова Д.И., Лутфуллин И.Я., с. 927-931].

Когда достигнуты максимальные значения ударного объема крови, дальнейший прирост минутного объема кровообращения будет невозможен. Это объясняется тем, что сердечно-сосудистая система будет ограничивать доставку кислорода и глюкозы к мышцам, которые задействованы во время тренировки, поэтому и двигательные возможности человека будут ограничены [Кузнецов А.А., с. 83; Есаков С.А., с. 78].

Статистически значимые различия по полу наблюдались при гендерном сравнении перед заплывом: так, МОК было достоверно выше ($P < 0,001$) у женщин, нежели у мужчин (Таблица 8). А также МОК после заплыва было достоверно ($P < 0,01$) ниже у мужчин, чем у женщин. Это можно объяснить натренированностью самих спортсменов. Этот параметр увеличился, вследствие увеличения параметра УОС [Кузнецов А.А., с. 80].

Средние показатели МОК после заплыва у всех спортсменов-моржей увеличились. Достоверными эти различия были как у мужчин, так и у женщин: у них МОК была достоверно ($P < 0,001$; $P < 0,01$) выше исходных величин [Кузнецов А.А., с. 80].

Следующий рассмотренный нами параметр – жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ). ЖЕЛ – это та величина, которая показывает растяжимость легких, и соответственно, грудной клетки. Во время упражнений объем может увеличиться за счет различных адаптационных приспособлений, например, за счет тонуса мышц, которые участвуют при акте дыхания. Жизненная емкость

легких тот показатель, который будет зависеть от степени физической подготовки, возраста организма, пола и пр. [Калягин А.Н., Аснер Т.В., с. 12].

Жизненная емкость, часто измеряемая клинически как показатель легочной функции, дает полезную информацию о силе дыхательных мышц и других аспектах функций легких. Это обычно отмечается в сидячем положении [Водяницкий С.Н., Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., с. 33-39].

ЖЕЛ в зависимости от возраста может меняться, например, чем старше человек, тем меньше подвижность и эластичность грудной клетки, следовательно, ЖЕЛ будет уменьшаться. В зависимости от половой принадлежности ЖЕЛ также может различаться, к примеру у женщин в среднем ЖЕЛ на 25% ниже, чем у мужчин [Калягин А.Н., Аснер Т.В., с. 12].

Как известно смещение диапазона норм ЖЕЛ может говорить об ухудшении работы респираторной системы. Условно, принято считать, что ухудшение показателей ЖЕЛ, как процесс патологичный делят по степеням.

Степень I – характерны умеренные изменения должной ЖЕЛ до 84-70%.

Степень II – изменения значительные. ЖЕЛ снижается до 69-50%.

Степень III – характерны резкие изменения ЖЕЛ <50%.

Жизненную емкость легких в исследовании 2020 года спортсменов-моржей определяли с помощью спирометра «СпироС-100» (Рисунок 18).

Параметры средней ЖЕЛ спортсменов перед заплывом имели следующие показатели: у мужчин ЖЕЛ равен $4772,00 \pm 38,58$ мл, у женщин ЖЕЛ – $3536,00 \pm 197,23$ мл (Таблица 9). Видно, что жизненная емкость легких и должная жизненная емкость легких женщин была достоверно ниже, чем у мужчин ($P < 0,001$), что является физиологической нормой. Также можем отметить, что у женщин средняя ошибка параметра ЖЕЛ является большой. Данный факт связан с тем, что параметры всех пяти спортсменок очень различались.

Средние показатели ЖЕЛ и дЖЕЛ после заплыва у всех спортсменов-моржей снизились. Но достоверными эти различия были у мужчин: у них

ЖЕЛ была достоверно ($P < 0,001$) ниже исходных величин. Таким образом, показатели ЖЕЛ в независимости от половой принадлежности были снижены, скорее всего, вследствие утомления спортсменов-моржей во время прохождения эстафеты [Калягин А.Н., Аснер Т.В., с. 12].

Следующий параметр, который был нами рассмотрен – должный жизненный объем легких (дЖЕЛ, мл). В норме этот показатель у спортсменов должен составлять $>60-80\%$ от фактической ЖЕЛ. дЖЕЛ также можно рассчитать по формулам. Перед заплывом средний показатель дЖЕЛ у мужчин составил $5043,94 \pm 31,84$ мл, а у женщин – $3629,00 \pm 80,90$ мл (Таблица 9).

После заплыва параметры дЖЕЛ у всех спортсменов изменились: у мужчин показатель снизился до $4931,58 \pm 45,85$ мл, у женщин до $3516,33 \pm 135,23$ мл.

Среди средних величин дЖЕЛ был проведен статистический анализ. Так, у женщин показатель дЖЕЛ был достоверно ($P < 0,001$) ниже, чем у мужчин на всех этапах заплыва. Это может быть связано, с физиологией самих спортсменов. дЖЕЛ напрямую зависит от ЖЕЛ, которая в зависимости от половой принадлежности может различаться. Так, у женщин в среднем ЖЕЛ на 25% ниже, чем у мужчин, что может объяснять, и более низкие показатели дЖЕЛ у женщин [Калягин А.Н., Аснер Т.В., с. 12].

При мониторинге дЖЕЛ было обнаружено снижение показателей, вследствие, большой нагрузки и сильного утомления спортсменов в течение 17-дневного заплыва. Кроме того, было выявлено, что дЖЕЛ у всех спортсменов-моржей была выше фЖЕЛ, но достоверными ($P < 0,001$) эти различия были у мужчин, как перед, так и после марафонского заплыва.

Показатели дЖЕЛ перед заплывом были больше на 200-300 мл, чем после заплыва, как у мужчин, так и у женщин.

Такие различия можно объяснить возрастными особенностями спортсменов. Спортсмены, которые относятся ко II зрелой возрастной группе

менее выносливые, чем, например, спортсмены I зрелой возрастной группы. Поэтому данные показатели после заплыва стали ниже.

По параметру %дЖЕЛ (норма 80-90%) наблюдалось следующее: в начале заплыва у мужчин %дЖЕЛ составил $95,31 \pm 0,82\%$, у женщин – $97,00 \pm 3,54\%$. После заплыва %дЖЕЛ у всех спортсменов-моржей снизился. Так, у мужчин параметр достоверно снизился до $81,38 \pm 1,78\%$ от исходного значения ($P < 0,001$). Этот факт связан с тем, что дЖЕЛ у всех спортсменов снизилась, за счет физических нагрузок. Как можем заметить, средний показатель %дЖЕЛ у женщин до и после заплыва был больше, чем у мужчин. Это может быть связано из-за погрешности в вычислении, так как количество спортсменов на протяжении заплыва варьировало (Таблица 9).

Следующий показатель, который был проанализирован – емкость вдоха (Евд).

Тот объем вдыхаемого воздуха, который можно вдохнуть после спокойного выдоха (норма примерно 2500-3500 мл) [Баранова Е.А. Капилевич Л.В., с. 152-155]. Так, средняя емкость вдоха у женщин до заплыва была достоверно ($P < 0,001$) ниже, чем у мужчин.

Можем заметить, что Евд у мужчин превышает норму, но, скорее всего, это связано с тем, что большинство мужчин имеют хорошо натренированную респираторную систему, более развитую мускулатуру и емкость вдоха у них выше. Такая же гендерная закономерность по параметру Евд наблюдалась после заплыва (Таблица 9).

Кроме того, после заплыва Евд вне зависимости от пола стала меньше. Но у мужчин данный показатель был достоверно ($P < 0,001$) ниже, чем до заплыва. Параметр после заплыва у женщин входит в обще допустимую норму, у мужчин же параметр средней Евд остается чуть больше нормы [Баранова Е.А. Капилевич Л.В., с. 152-155].

Средние арифметические ошибки показателей Евд во многих случаях были высокие (например, у женщин перед заплывом - $3121,25 \pm 232,36$ мл и

пр.). Данный факт связан с тем, что у всех спортсменов-моржей имеются вариации в изученных данных.

Можем заметить, что все ёмкостные показатели внешнего дыхания в таблице 9, а именно ЖЕЛ, дЖЕЛ и Евд после заплыва были меньше, чем перед заплывом. Снижение показателей можно объяснить несколькими факторами, а именно: возрастной категорией пловцов, а также усталостью самих пловцов. Все спортсмены, которые принимали участие в эстафете относятся ко II зрелой возрастной группе. Выносливость данных людей в силу физиологических и анатомических возможностей снижена [Лыкова Е.Ю., с. 80].

Усталость дыхательных мышц, которая была у спортсменов - это явление, при котором инспираторные и/или экспираторные мышцы демонстрируют сниженную способность их сократительной силы по сравнению с исходными показателями. В совокупности эти данные свидетельствуют о том, что мышечная усталость является распространенной реакцией на марафонский заплыв. Снижение легочной функции, вызванное физической нагрузкой, является преходящей и обычно восстанавливается в течение нескольких часов после прекращения физических упражнений [Лыкова Е.Ю., с. 80].

Следующий параметр, который рассматривается в таблице 9 - дыхательный объем (ДО). ДО – тот объем газовой смеси, который вдыхается при нормальном спокойном вдохе и выдыхается при таком же спокойном выдохе. В среднем норма ДО у взрослых мужчин составляет от 300 до 500 мл, у женщин – 300-400 мл [Агаджанян Н.А., Смирнов В.М., 2009, с. 235]. При физических нагрузках организма, например, как у спортсменов-моржей, нормы ДО смещаются до 900 и более мл, но взамен также будет смещен в сторону уменьшения один из основных, составляющих ЖЕЛ объемов, РОвд или РОвыд. Так, в нашем исследовании ДО перед заплывом у мужчин составил – $1855,25 \pm 17,69$ мл и у женщин – $1311,50 \pm 107,33$ мл. После заплыва

средний ДО все зависимости от гендера также превышал норму: у мужчин – $1644,77 \pm 41,10$ мл и у женщин – $1577,33 \pm 261,52$ мл.

Все дыхательные параметры до и после заплыва у всех спортсменов были выше принятой нормы взрослого здорового человека [Лыкова Е.Ю., с. 80]. Это объясняется тем, что из-за каждодневных физических нагрузок на организм параметры вентиляционной функции легких смещаются в сторону увеличения, что является для спортсменов нормой [Агаджанян Н.А., Смирнов В.М., 2009, с. 235].

Среди средних величин ДО спортсменов-моржей был также проведен статистический анализ, который показал, как перед заплывом, так и после ДО у мужчин был выше, нежели у женщин. Но, достоверными эти различия у мужчин ($P < 0,001$) были до заплыва. Кроме того, ДО у мужчин после марафонского заплыва было достоверно ($P < 0,01$) ниже, чем исходный параметр (Таблица 9).

Объем вдыхаемого и выдыхаемого воздуха легких, как и некоторые другие величины, можно измерить с помощью спирометра. Границы нормы и градации отклонений от нормы показателей варьируют $Р_{Овд} = 1000 - 2500$ мл, $Р_{Овыд} - 1000 - 1500$ мл [Баранова Е.А. Капилевич Л.В., с. 152-155].

В нашем исследовании резервный объем вдоха до заплыва был следующим: у женщин данный параметр был достоверно ($P < 0,01$) ниже $Р_{овд}$ у мужчин. Оба показателя входят в допустимый диапазон норм $Р_{овд}$, как видно из таблицы 9.

После заплыва $Р_{Овд}$ у женщин также был достоверно ($P < 0,001$) ниже, нежели у мужчин – спортсменов (Таблица 9). Кроме того, у всех моржей данный показатель после не выходил за границы физиологических нормативов, но имел тенденцию к снижению относительно исходных величин [Баранова Е.А. Капилевич Л.В., с. 152-155].

Следующий изученный параметр спортсменов-моржей был противоположный предыдущему – резервный объем выдоха ($Р_{Овыд}$). Норма резервного объема выдоха составляет в среднем 1000-1500 мл. Перед

началом эстафеты средний РОВыд у мужчин составил $559,39 \pm 35,91$ мл, у женщин – $727,67 \pm 91,89$ мл. Оба полученные параметра были ниже допустимой физиологической нормы. Возможно, это связано со смещением допустимых легочных объемов в сторону увеличения общего дыхательного объема, увеличения резервного объема вдоха и уменьшения резервного объема выдоха вследствие дополнительных физических нагрузок (бронхообструктивный синдром) и возраста спортсменов (возрастная категория: II зрелый возраст) (Рисунок 17) [Лыкова Е.Ю., с. 79; Неотложные состояния..., с. 94].

Бронхообструктивный синдром — это один из распространенных синдромов дыхательной недостаточности, включающий в себя нарушение бронхиальной проходимости, за счет сужения просвета внутригрудных дыхательных путей [Неотложные состояния ..., с. 94].

Ученые считают, что повышенная бронхиальная недостаточность, возникающая в результате выполнения физических упражнений в холодных условиях окружающей среды, связана с потенциальным патофизиологическим механизмом. Этот механизм называется теорией гиперосмолярности. Эта теория утверждает, что вызванная физической нагрузкой гипервентиляция холодного воздуха приводит к потере тепла и воды из эпителия слизистой оболочки бронхов – это физиологическая реакция, необходимая для согревания и увлажнения вдыхаемого воздуха.

Потеря тепла и воды из слизистой оболочки бронхов приводит к увеличению осмолярности ткани, что, в свою очередь, вызывает высвобождение гистамина и других медиаторов, вызывающих бронхоконстрикцию [Дыхательная недостаточность..., с. 44-46].

У обычных людей обструктивный синдром может возникнуть при развивающихся патологических процессах респираторной системы, например, при уплотнении слизистых бронхов (при отеках), при острых бронхитах и пр. У здоровых спортсменов-пловцов обструктивный синдром

развивается из-за ряда причин, например, при попадании инородных тел в дыхательные пути (например, при попадании воды). Триггерами для обструкции бронхов у спортсменов-моржей могут стать чрезмерная нагрузка на организм и наличие холодного воздуха и/или воды. Как известно, спортсмены-моржи профессионально занимаются плаванием в холодной воде и имеют определенную адаптацию к такой среде, но из-за заплыва на большие расстояния адаптационная способность может снизиться. Поэтому, структуры ОЕЛ спортсменов могут сдвигаться, как было показано выше [Лыкова Е.Ю., с. 25].

После заплыва Ровыд спортсменов был снижен до значений ниже 500 мл по сравнению с параметрами до заплыва, но достоверными ($P < 0,05$) изменения были у женщин.

В таблице 10 представлены параметры форсированной жизненной ёмкости лёгких (ФЖЕЛ) спортсменов-моржей в начале и в конце марафонского заплыва.

Цикл форсированного дыхания обычно наблюдается при физических нагрузках и патологических состояниях [Выхристенко Л.Р., с. 67].

У спортсменов во время заплыва осуществлялись большие нагрузки, вследствие этого их показатель ФЖЕЛ менялся. Норма ФЖЕЛ взрослых здоровых спортсменов мужчин $>90\%$ от общей ЖЕЛ, у женщин – $>89,9\%$ от ЖЕЛ.

Перед заплывом параметры ФЖЕЛ у мужчин были $4247,60 \pm 48,94$ мл (примерно 90% от ЖЕЛ), у женщин – $3167,00 \pm 132,54$ мл ($89,6\%$ от ЖЕЛ). Оба показателя входят в диапазон принятых норм.

После заплыва показатели ФЖЕЛ спортсменов снизились по сравнению с исходными: у мужчин показатель снизился до $3850,77 \pm 80,09$ мл ($94,4\%$ от ЖЕЛ), у женщин – $2994,67 \pm 336,88$ мл (примерно 94% от ЖЕЛ).

Данные параметры спортсменов не выходят за рамки допустимых норм для мужчин и женщин. Снижение легочной функции в этом контексте может быть связано с небольшой обструкцией дыхательных путей.

Механизмы, которые лежат в основе этой очевидной обструкции дыхательных путей, неясны, хотя они могут быть связаны со степенью воспаления дыхательных путей (например, повышенная концентрация полиморфноядерных нейтрофилов и пр.), попаданием воды в дыхательные пути и т. д. [Дыхательная недостаточность..., с. 44-46].

Статистический анализ ФЖЕЛ показал, как до заплыва, так и после имелись статистически значимые различия по полу: так у женщин ФЖЕЛ была достоверно ниже ($P < 0,05$; $P < 0,001$), нежели у мужчин-моржей.

Кроме того значимые различия ($P < 0,001$) по сравнению с параметрами перед заплывом и после были обнаружены у мужчин (до заплыва – $4247,60 \pm 48,94$ мл, после заплыва – $3850,77 \pm 80,09$ мл).

Показатели ФЖЕЛ по сравнению с ЖЕЛ были больше на 200-300 мл, как у мужчин, так и у женщин. Такие различия можно объяснить возрастными особенностями спортсменов. Спортсмены, которые относятся ко II зрелой возрастной группе менее выносливые, чем, например, спортсмены I зрелой возрастной группы. Поэтому данные показатели после заплыва стали ниже [Лыкова Е.Ю., с. 75].

Следующий параметр, который был нами рассмотрен - средний $T_{\text{пост}}$. $T_{\text{пост}}$ – это то время, которое необходимо для достижения пиковой объемной скорости выдоха. Нормы $T_{\text{пост}}$ для взрослых здоровых мужчин и женщин составляют от 0,05 до 0,20 с [Белозерова Л.М., Одегова Т.В., с. 53-56].

У мужчин перед эстафетой $T_{\text{пост}}$ составил $0,20 \pm 0,009$ с, у женщин $0,10 \pm 0,008$ с. Как видно у мужчин, так и у женщин, показатель входит в диапазон нормы [Выхристенко Л.Р., с. 67].

После марафонской эстафеты $T_{\text{пост}}$ показатель у всех спортсменов стал выше. Т.о., у женщин $T_{\text{пост}}$ повысился до $0,20 \pm 0,02$ с, у мужчин до $0,30 \pm 0,03$ с. Средние параметры $T_{\text{пост}}$ спортсменов-моржей после заплыва входили в допустимую норму, у мужчин $T_{\text{пост}}$ был выше нормы, что может быть связано с сильной нагрузкой и половой принадлежностью спортсменов [Выхристенко Л.Р., с. 68].

Кроме того были выявлены статистические различия: $T_{\text{пост}}$ у женщин был достоверно ниже ($P < 0,01$), чем у мужчин, как до, так и после заплыва. Помимо этого, $T_{\text{пост}}$ был достоверно ($P < 0,001$) выше у мужчин после заплыва по сравнению с исходными параметрами. Такие результаты связаны с половой принадлежностью самих спортсменов и самим типом дыхания. Как известно, сам тип дыхания у спортсменок грудной, а у спортсменов брюшной, что может увеличить время, которое необходимо для достижения пиковой объемной скорости выдоха [Айзман Р.И., Лысова Н.Ф., с. 33].

Последний рассмотренный нами показатель ФЖЕЛ – объем форсированного выдоха за 1 с (ОФВ1). Нормы ОФВ1 для мужчин и женщин примерно одинаковые и находятся в пределах от 75 до 83% от средней ЖЕЛ. Средний параметр ОФВ1 у мужчин до заплыва был – $3200,90 \pm 36,36$ мл (68 % от ЖЕЛ). У женщин ОФВ1 составил $2555,40 \pm 113,54$ мл (73 % от ЖЕЛ), что немного ниже нормы [Выхристенко Л.Р., с. 68].

После заплыва ОФВ1 спортсменов мужчин стал еще меньше $2611,23 \pm 65,75$ мл (64% от ЖЕЛ). Принято считать, что понижение ОФВ1 спортсменов может падать вследствие развития также обструктивного синдрома. ОФВ1 спортсменок после заплыва был $2359,00 \pm 317,99$ (75% от ЖЕЛ), что входит в предел общедопустимых норм [Выхристенко Л.Р., с. 68].

Статистическая обработка данных показала, что ОФВ1 у женщин перед заплывом была достоверно ($P < 0,001$) ниже, чем у мужчин.

Уменьшение параметра ОФВ1 у всех спортсменов до заплыва может быть связан с возрастной категорией спортсменов [Лыкова Е.Ю., с. 75].

Значимыми ($P < 0,001$) различия ОФВ1 после заплыва по сравнению с параметрами перед заплывом обнаружены только у спортсменов-мужчин (до заплыва - $3200,90 \pm 36,36$ мл, после заплыва - $2611,23 \pm 65,75$ мл) (Таблица 10).

В таблице 11 рассмотрены показатели максимальной вентиляции легких (МВЛ) спортсменов-моржей в начале и в конце марафонского заплыва. МВЛ составляется из следующих параметров: $\text{МДО} \times \text{ЧДмакс}$ [Водяницкий С.Н., Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., с. 33-39].

Нормы МВЛ взрослых людей могут варьировать от 40-50 до 180 л. Этот показатель позволяет оценивать эффективность работы респираторной системы при физических нагрузках [Лыкова Е.Ю., с. 75; Водяницкий С.Н., Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., с. 33-39].

В нашем исследовании МВЛ мужчин до заплыва был в пределах нормы – $102,47 \pm 1,47$ л. У женщин показатель МВЛ также был в диапазоне допустимых норм – $94,54 \pm 6,20$ л., но ниже, чем у мужчин-моржей перед эстафетой, что говорит о хорошей работе респираторной системы спортсменов [Водяницкий С.Н., Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., с. 33-39].

После заплыва среднее значение МВЛ спортсменов по сравнению с исходными значениями уменьшились: у мужчин до $86,12 \pm 2,27$ л, у женщин – $81,20 \pm 6,18$ л, но достоверными эти различия были у мужчин ($P < 0,001$). Параметры после заплыва вне зависимости от пола уменьшились из-за сильных физических нагрузок во время прохождения эстафеты (Таблица 11). Это может повлиять на общий нейрогуморальный стимул дыхательного центра, воздействующий на вентиляцию в процессе выполнения работы. При тяжелой физической работе, например, при марафонском заплыве, на уровень вентиляции будут влиять также температура, артериальная гипоксия и индивидуальные лимитирующие биомеханические факторы спортсменов. Поэтому некоторые показатели МВЛ были понижены [Покровский В.М., Коротько Г.Ф., Авдеев С.Н., с. 453].

Следующий показатель, который мы рассмотрели, был минутный дыхательный объем (МОД).

МОД рассчитывается как производная от ДО и ЧД. Перед эстафетой МОД мужчин составило $2270,55 \pm 38,44$ мл, у женщин – $1920,40 \pm 117,54$ мл. После заплыва у мужчин и женщин средний МОД был уже ниже, чем перед заплывом: у мужчин – $2117,02 \pm 81,86$ мл, и у женщин – $1504,00 \pm 212,89$ мл.

Понижение минутного дыхательного объема после заплыва у спортсменов связано с сильным физическим напряжением во время прохождения «Эстафеты Победы-2020» (Таблица 11), [Физиология дыхания, с. 415].

При статистическом анализе параметров МОД было выяснено, что статистически значимые различия по полу были как до заплыва (у мужчин - $2270,55 \pm 38,44$ мл, у женщин - $1920,40 \pm 117,54$ мл ($P < 0,01$)), так и после (у мужчин - $2117,02 \pm 81,86$ мл, у женщин - $1504,00 \pm 212,89$ мл ($P < 0,05$)).

Третий параметр в таблице 11 рассмотренный нами, был ЧД (частота дыхания). У обычных здоровых взрослых, не тренированных людей ЧД составляет примерно 15-20 актов дыхания в минуту. У спортсменов ЧД может в двое увеличиваться, достигая до 45 актов в минуту [Водяницкий С.Н., Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., с. 33-39].

В нашем исследовании средние показатели ЧД до заплыва были следующими: у мужчин – $47,50 \pm 0,76$, у женщин – $50,30 \pm 2,22$. Высокие значения ЧД перед заплывом также могут быть связаны не только с физической подготовкой пловцов, но и со стрессом и волнением перед заплывом. Как известно, при стрессе в общий кровоток выбрасывается большое количество кортикостероидов (в т.ч. адреналин), которые могут учащать частоту дыхания [Респираторная медицина..., с. 80].

После заплыва ЧД спортсменов заметно отличилась: у мужчин средний ЧД снизился до $39,28 \pm 0,85$ актов в минуту, а у женщин увеличился до $57,33 \pm 4,24$.

Показатель ЧД у женщин выше, чем у мужчин, т.к. имеются особые половые отличия при акте дыхания. У женщин выделяется преимущественно грудной тип дыхания, когда в акте дыхания в большей степени задействованы реберные мышцы. Женщины дышат чаще и не глубоко. У мужчин же брюшной тип дыхания с более уряженными актами дыхания. Это связано с тем, что в брюшном типе дыхания участвует преимущественно диафрагма [Айзман Р.И., Лысова Н.Ф., с. 33].

Анализ статистических данных пловцов по ЧД показал следующее: статистически значимые различия по сравнению с параметрами перед заплывом наблюдались только у мужчин (до заплыва ЧД - $47,50 \pm 0,76$ и после заплыва - $39,28 \pm 0,85$ ($P < 0,001$)); достоверные различия ($P < 0,001$) по полу были обнаружены после заплыва (у мужчин - $39,28 \pm 0,85$, у женщин - $57,33 \pm 4,24$ (Таблица 11).

Также можно отметить, что у женщин после заплыва показатель ЧД стал выше, чем перед заплывом, а у мужчин наоборот ниже. Такой факт может быть связан с половой принадлежностью пловцов. Возможно, что у мужчин ритм дыхания стал глубже из-за особенностей заплыва в холодной воде, что физиологически могло проявиться в снижении частоты дыхания. У женщин же в силу половых особенностей, в том числе анатомического строения респираторной системы, частота дыхания могла увеличиться (Таблица 11), [Физические методы..., с. 78].

В таблице 12 представлены антропометрические параметры спортсменов-моржей в начале и в конце марафонского заплыва. Так, в таблице были представлены такие показатели, как ЖМТ. ЖМТ – это жировая масса тела человека, которая может выражаться в кг и в % [Влияние углеводно-жирового обмена..., с. 77-81].

Параметр ЖМТ был зафиксирован, как средний и у мужчин он составил $21,07 \pm 0,36$ кг, а у женщин $21,46 \pm 2,20$ кг. %ЖМТ составил: у мужчин - $22,93 \pm 0,26$ %, у женщин - $28,78 \pm 1,66$ %.

Среди этих показателей были найдены статистические различия: %ЖМТ у женщин был достоверно ($P < 0,01$) выше, чем у мужчин. Это связано с некоторыми физиологическими факторами, а именно: синтез эстрогенов, на основе холестерина у женщин выше, чем у мужчин, что может увеличить общий %ЖМТ; второй фактор, связанный с увеличенным %ЖМТ у женщин связан с половой принадлежностью, отложениями жировой ткани может служить защитой плода при беременности [Влияние углеводно-жирового обмена..., с. 77-81].

В таблице 13 отображены параметры насыщения кислородом крови спортсменов-моржей в начале и после марафонского заплыва.

Насыщение крови O_2 измеряется с помощью пульсоксиметра. В нашем исследовании сбор параметров осуществлялся пульсоксиметром «УХ302» (Китай). Уровень насыщения кислородом от 95% до 100% считается нормальным. Исключением являются здоровые люди, живущие на больших высотах, которые в норме могут иметь более низкий уровень насыщения кислородом [Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю., с. 185].

В случае со спортсменами показатель сатурации будет одним из важных. Сатурация — это мера того, сколько гемоглобина в настоящее время связано с кислородом по сравнению с тем, сколько гемоглобина остается несвязанным. Скелетные мышцы человека сильно зависят от окислительного метаболизма. Такой процесс напрямую связан с обменными процессами, которые позволяют преобразовывать белки и углеводы в энергию. Это означает, что мышцы, которые задействованы при физических нагрузках, способны использовать больше кислорода для получения энергии для производства движения. Любое нарушение нормальной доставки или потребления кислорода может отрицательно сказаться на толерантности к физической нагрузке и понижению энергии. Поэтому людям, особенно спортсменам нужно следить за уровнем сатурации крови [Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю., с. 185].

Известно, что тренировка улучшает толерантность мышц к повышенным энергетическим потребностям от физических упражнений. Во время интенсивных физических упражнений снижение внутримышечного рН и концентрации фосфокреатина, повышение концентрации лактата в крови и внутримышечного неорганического фосфата, а также поглощение кислорода продолжаются до мышечной усталости, отражая неэффективную мышечную нагрузку. Учеными уже доказано, что все вышеуказанные факторы могут приводить к снижению кровотока. Это, в свою очередь, может привести к мышечной гипоксии, которая станет триггером для дальнейшей мышечной усталости и снижению физической работоспособности спортсменов [Водяницкий С.Н., Диверт В.Э., Кривошеков С.Г., с. 33-39].

Незначительное снижение показателей сатурации может возникнуть из-за условий самого заплыва. Индуцированная холодом работа мышц, может снизить максимальную силу, скорости и мышечную выносливость при более низкой температуре среды и будет создавать условия подобно тому, что наблюдаются при гипоксии [Дыхательная недостаточность..., с. 44-46].

В нашем исследовании перед заплывом средний показатель сатурации у мужчин составлял $97,11 \pm 0,15\%$, у женщин $97,80 \pm 0,36\%$. Оба показателя не отклонялись от общепринятой физиологической нормы [Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю., с. 185].

После заплыва показатели сатурации у спортсменов также были в пределах нормы и были следующими: у мужчин данный показатель немного снизился до $96,72 \pm 0,13$, у женщин наоборот повысился до $98,60 \pm 0,11$.

Параметр насыщения крови кислородом у спортсменов-моржей имел статистически значимые различия по полу: Так, после заплыва у женщин сатурация была достоверно ($P < 0,01$) выше, нежели у мужчин. Существуют исследования, которые объясняют по чему после заплыва уровень оксигенации может быть выше, чем перед заплывом. Причиной более высокого уровня оксигенации после марафона может быть нервно-мышечная усталость, которая приводит к неспособности использовать циркулирующий

внутримышечный кислород и делает невозможным увеличение интенсивности упражнений [Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю., с. 185].

Для общего представления о терморегуляции организма спортсменов также были собраны параметры температур с разных участков тела. Сбор данных осуществлялся с помощью бесконтактного термометра модели TORMED NC-178 (Китай). Норма температуры человека, снятая с наружных покровов, должна составлять 36,6 °С.

Внутренняя температура тела может быть чуть выше, согласно определению гипотермии Американской кардиологической ассоциации [American Heart Association: [сайт]..., 2017].

В нашем исследовании были зарегистрированы только параметры внешней температуры тела спортсменов-моржей.

Из таблицы 14 видно, что средняя температура спортсменов мужчин, измеренная в таких областях, была соответственно следующей: лоб - $36,37 \pm 0,02$ °С; рука – $36,15 \pm 0,009$ °С; шея – $36,45 \pm 0,02$ °; и в среднем составила $36,32 \pm 0,01$ °С. Можно отметить, что средние температуры тела в указанных регионах тела не превышала норму внешних температур у человека (Таблица 14).

У женщин средние температуры, измеренные с разных частей тела были следующие: лоб - $36,45 \pm 0,11$ °С, рука - $36,48 \pm 0,09$ °С, шея – $36,66 \pm 0,03$ °С. Усредненное значение внешних температур составило $36,52 \pm 0,06$ °С.

Все снятые показатели температур организма спортсменок соответствуют физиологическим нормам [American Heart Association: [сайт]..., 2017].

Различия внешних температур разных участков тела мужчин и женщин спортсменов-моржей заключаются лишь в значениях после запятой и не имеют каких-либо отклонений.

При статистической обработке данных были выявлены статистически значимые различия по полу: у женщин средняя температура рук, шеи и средняя температура тела была достоверно ($P < 0,01$, $P < 0,001$) выше, чем у мужчин-моржей. Это связано с тем, что выборки спортсменок моржей были намного меньше, чем у спортсменов, поэтому показатель температуры может достоверно отличаться [American Heart Association: [сайт]..., 2017].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. У всех спортсменов-моржей: систолическое и диастолическое артериальное давление были ниже должных величин, а пульсовое давление и частота сердечных сокращений выше. Кроме того, по окончании марафонского заплыва у всех спортсменов диастолическое давление было снижено относительно исходных величин, а частота сердечных сокращений у женщин-спортсменок как до, так и после марафонского заплыва была выше, чем у мужчин-сверстников.

2. Ударный объем сердца и минутный объем крови у всех спортсменов на всех этапах исследования были ниже нормативных величин или на уровне нижней границы физиологической нормы. Однако, после марафонского заплыва данные параметры были достоверно выше по сравнению с исходными величинами, исключение составили женщины-моржи, у них показатель ударного объема сердца не имел достоверных различий по сравнению с исходными значениями.

3. Все исследуемые параметры вентиляционной функции легких спортсменов-моржей были на уровне нормативных величин (Евд Ровд, ЖЕЛ), превышали их (ДО) или были ниже нормы (РОВыд). Кроме того, отмечено, что у спортсменов-моржей ЖЕЛ была ниже должных величин на всех этапах исследования, а после заплыва - ниже исходных параметров, зарегистрированных до заплыва.

4. ФЖЕЛ и ОФВ₁ у всех спортсменов, как до, так и после заплыва были в пределах физиологической нормы. После заплыва как у мужчин, так и у женщин ФЖЕЛ и ОФВ₁ снизились по сравнению с исходными значениями в результате сильных физических нагрузок и наличием бронхообструктивного синдрома, вследствие заплыва в холодной воде и наличия ветра. Выявлено повышение МОД у женщин после заплыва по сравнению с мужчинами-моржами, что связано с повышением ЧД у женщин после марафонского заплыва.

5. У всех спортсменов сатурация, как до, так и после заплыва была в пределах нормы, что свидетельствует о хорошем кислородном обеспечении мышц, органов и тканей организма до и после экстремальных нагрузок.