

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ВОРОНЕЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ СПОРТА»

И. Е. Попова, Е. А. Двурекова

**СОВРЕМЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОТБОРА  
В ПРЫЖКИ В ВОДУ  
НА ОСНОВЕ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ**

*Монография*



Воронеж  
Издательско-полиграфический центр  
«Научная книга»  
2024

УДК 797.26  
ББК 75.717.6,1  
П58

Рецензент:

докт. биол. наук,

зав. кафедрой генетики, цитологии и биоинженерии,  
зав. базовой кафедрой ЭФКО «Молекулярная биотехнология»  
медико-биологического факультета ФГБОУ ВО «ВГУ»

*В. Н. Калаев*

**Попова, И. Е.**

П58 Современные критерии отбора в прыжки в воду на основе морфо-функциональных и психологических особенностей : монография / И. Е. Попова, Е. А. Двурекова ; ФГБОУ ВО «Воронежская государственная академия спор-та». — Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2024. — 106 с. — ISBN 978-5-4446-1985-8. — Текст : непосредственный.

В монографии представлены результаты комплексных исследований морфофункциональных и психофизиологических особенностей квалифицированных прыгунов в воду, определены наиболее значимые критерии отбора в прыжки в воду с учетом вида прыжковых дисциплин и половой принадлежности.

УДК 797.26

ББК 75.717.6,1

ISBN 978-5-4446-1985-8

© Попова И. Е., Двурекова Е. А., 2024

© Изд. оформление.

Издательско-полиграфический  
центр «Научная книга», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	6
РАЗДЕЛ 1. Критерии отбора детей в прыжки в воду с учетом возрастных норм и половой принадлежности .....	8
1.1. Антропометрические критерии .....	8
1.2. Мышечная сила .....	30
1.3. Компонентный состав тела .....	31
1.4. Психологические и психофизиологические критерии .....	36
1.4.1. Психологические критерии .....	36
1.4.2. Психофизиологические критерии .....	39
1.5. Физические качества при отборе детей в прыжки в воду .....	52
1.6. Вестибулярный анализатор как критерий отбора в прыжки в воду .....	60
1.7. Особенности микроциркуляции квалифицированных прыгунов в воду .....	61
РАЗДЕЛ 2. Разработка компьютерной программы для оценки предрасположенности к занятиям прыжками в воду .....	83
2.1. Выбор входных данных для прогнозирования предрасположенности к занятиям прыжками в воду .....	83
2.2. Математический аппарат для прогнозирования успешности занятий прыжками в воду .....	92
2.3. Компьютерная программа для оценки предрасположенности к занятию прыжками в воду .....	97
2.4. Оценка вклада основных параметров в определение предрасположенности к занятиям прыжками в воду .....	99
ЛИТЕРАТУРА .....	101

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

Ад	– амплитуда дыхательных колебаний
Ак	– амплитуда кардиоритмов
Ам	– амплитуда миогенных колебаний
Ан	– амплитуда нейрогенных колебаний
Аэ	– амплитуда эндотелиальных колебаний
ВК	– верхняя конечность
Гц	– Герц
кг	– килограмм
км/ч	– километров в час
КЧСМ	– критическая частота слияния мельканий
ЛАКК	– лазерный анализатор капиллярного кровотока
ЛДФ	– лазерная доплеровская флоуметрия
м	– метр
мм	– миллиметр
мм <sup>2</sup>	– миллиметр квадратный
мм <sup>3</sup>	– миллиметр кубический
мм рт. ст.	– миллиметр ртутного столба
мм/с	– миллиметр в секунду
мс	– миллисекунда
МТ	– миогенный тонус
МЦР	– микроциркуляторное русло
НК	– нижняя конечность
нм	– нанометр
НТ	– нейрогенный тонус
ОНК	– общий нутритивный кровоток
ООК	– общий объемный кровоток
отн. ед.	– относительная единица
ОШК	– общий шунтовой кровоток
п. е.	– перфузионная единица
п. е./мм рт. ст.	– перфузионная единица на миллиметр ртутного столба
ПЗМР	– простая зрительно-моторная реакция
ПМ	– показатель микроциркуляции

ПМ <sub>max</sub>	– максимальное значение показателя микроциркуляции
ПШ	– показатель шунтирования
РДО	– реакция на движущийся объект
РКК	– резерв капиллярного кровотока
с	– секунда
см	– сантиметр
у. е.	– условная единица
ЦД	– центр давления
ЦНС	– центральная нервная система
ВМІ	– body mass index (индекс массы тела)
FAT	– содержание жировой ткани в организме
FFM	– fat-free mass (количество безжировой массы)
PPM	– относительная мышечная масса
TBW	– total body water (масса воды в организме)
T <sub>max</sub>	– максимальное время, интервал времени от момента снятия окклюзии до достижения максимального показателя микроциркуляции
T <sub>1/2</sub>	– время полувосстановления кровотока

Тренировки в зале на сухом трамплине  
И занятия на лонже помогли  
Обрести необходимую сноровку,  
Без которой невозможно в данном спорте  
Выступать или успешно прыгать в воду,  
Что к себе манит, как море корабли,  
Как лихих парашютистов ситец неба,  
Как любителей игра на светлом корте.

*Владимир Соколовский*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Основанием для проведения исследования является Приказ Минспорта России № 4 от 10.01.2022 г. «Об утверждении тематических планов проведения прикладных научных исследований в области физической культуры и спорта и работ по научно-методическому обеспечению сферы физической культуры и спорта в целях формирования государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) для подведомственных Министерству спорта Российской Федерации научных организаций и образовательных организаций высшего образования на 2022—2024 годы».

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается совершенствование системы подготовки спортсменов высокого класса в различных видах спорта. Высокие требования, предъявляемые к выполнению технических элементов, выносливости и другим качествам организма атлетов, диктуют необходимость повышения эффективности медико-биологического, педагогического и психологического сопровождения спортивной подготовки.

В современных условиях спорта высших достижений большое значение приобретает раннее выявление наиболее одаренных, перспективных спортсменов. Проблема совершенствования спортивного отбора остается одной из основных теоретических и прикладных медико-биологических проблем физической культуры и спорта.

В прыжках в воду, несмотря на имеющиеся многочисленные данные о критериях спортивного отбора, проблема выявления

информативности последних стоит очень остро, поскольку количество исследований, проведенных в данном направлении, в отечественной и зарубежной литературе весьма ограничено и имеет значительную давность. Кроме того, при детальном анализе отечественной и зарубежной научной литературы за последние 10 лет выявлено отсутствие комплексных исследований морфологических, функциональных и психологических особенностей прыгунов в воду в различных дисциплинах (трамплин, вышка (индивидуальный и синхронный прыжки)).

В монографии представлены результаты комплексных исследований морфофункциональных и психофизиологических особенностей квалифицированных прыгунов в воду, представлены наиболее значимые критерии отбора в прыжки в воду с учетом вида прыжковых дисциплин и половой принадлежности.

# РАЗДЕЛ 1. КРИТЕРИИ ОТБОРА ДЕТЕЙ В ПРЫЖКИ В ВОДУ С УЧЕТОМ ВОЗРАСТНЫХ НОРМ И ПОЛОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

## 1.1. Антропометрические критерии

Для комплексного определения морфологических, функциональных, психофизиологических характеристик и физических качеств современных квалифицированных прыгунов в воду с различных снарядов проведена оценка модельных характеристик спортсменов. С целью выявления вклада каждого параметра в достижение спортивного результата осуществляли корреляционный анализ между результатами выступления атлетов на соревнованиях и значениями параметров, отражающими их морфо-функциональные особенности. Показатели, имеющие сильную корреляционную взаимосвязь со спортивным результатом, сравнивали с физиологическими нормами. На основании результатов исследования и возрастных норм, имеющих в литературе, разрабатывали рекомендации о величинах прогностических критериев при отборе в прыжки в воду.

Полученная информация имеет прикладное значение для совершенствования критериев отбора в прыжки в воду.

В современных условиях прыжки в воду — это вид спорта, включающий выполнение прыжков с трамплина и вышки с разнообразными вращениями и входом в воду головой или ногами. Прыжки в воду различаются по исходному положению — из передней и задней стоек, со стойки на руках; по направлению вращений — вперед, назад и с винтами; по сложности выполнения — коэффициенту трудности (количеству и сложности вращений). Качество прыжков (высота вылета, вход в воду с наименьшим количеством брызг и др.).

Прыжки в воду требуют отменной физической подготовки, координации движений и немалой смелости: скорость полета в момент прыжка может превышать 50 км/ч. Неверно выполненный вход в воду, особенно при прыжке с 10-метровой вышки, может

повлечь за собой серьезные травмы, ушибы и даже переломы. Не меньше неприятностей сулят технические ошибки в момент отталкивания или непосредственно полета.

Прыжки в воду относятся к числу водных спортивных дисциплин, но основные технические элементы прыжка спортсмен выполняет в воздухе — до контакта с водной поверхностью. Прыжки в воду способствуют совершенствованию формы тела, развивают силу, ловкость, гибкость и выносливость, учат управлять своими движениями, создают условия психического и физического комфорта.

Физические упражнения, применяемые в прыжках в воду, развивают все функции центральной нервной системы, силу, подвижность и уравновешенность нервных процессов, а тем самым увеличивают потенциал умственной работоспособности.

Важную роль в достижениях спортсменов в прыжках в воду играют правильный отбор и планирование учебно-тренировочного процесса, учитывающие индивидуальные особенности телосложения и ростового процесса спортсменов. Известно, что антропометрические особенности тела спортсмена играют важную роль в выполнении технических сложных элементов в прыжках. Располовой Е. А. показано влияние пропорций тела прыгунов в воду на показатели выполнения технических элементов.

Антропометрия — это метод изучения человека, основанный на измерении морфологических и функциональных признаков его тела. Материалы о пропорциях тела спортсменов могут помочь более правильному отбору для занятий спортом, а также выбрать специфические упражнения для устранения недостатков в пропорциях тела, индивидуализировать спортивную тренировку.

По этой причине нами было проведено комплексное исследование следующих антропометрических параметров квалифицированных прыгунов в воду: рост, рост сидя, вес, длину туловищу, верхних конечностей, плеча, предплечья, нижних конечностей, бедра, голени, обхват шеи, плеча, предплечья, бедра, голени, обхват грудной клетки (в покое, на вдохе и на выдохе), ширину таза, плеч.

Рост определяли при помощи деревянного ростомера, длины частей тела — при помощи металлического антропометра Марти-

на, ширину плеча и таза — при помощи толстотного циркуля (тазомер Боделока), обхватные размеры тела — при помощи сантиметровой ленты в стандартном положении испытуемого.

Ширина плеч — расстояние между правой и левой акромиальными точками.

Обхват груди — лента накладывается сзади под нижним углом лопатки, спереди у мужчин и детей — по нижней части околососковых кружков, у женщин — над молочными железами. Обхват груди измеряли в трех состояниях: при спокойном дыхании, при глубоком вдохе и максимальном выдохе. Разница между величинами окружностей при максимальном вдохе и максимальном выдохе является экскурсией грудной клетки.

Обхват плеча в расслабленном состоянии измеряли в месте наибольшего развития мышц плеча при свободно опущенной руке и расслабленных мышцах.

Обхват предплечья максимальный измеряли в месте наибольшего развития мышц на свободно опущенной руке и расслабленных мышцах.

Обхват таза измеряли на уровне наиболее выступающей части ягодичной мышцы.

Обхват бедра измеряли в исходном положении испытуемого: ноги на ширине плеч, вес тела равномерно распределен на обе ноги. При этом ленту накладывали горизонтально на бедро, сзади под ягодичной складкой.

Обхват голени максимальный измеряли в месте наибольшего развития икроножной мышцы.

Длину верхней конечности измеряли расстоянием от акромиального отростка лопатки до конца третьего пальца. Длину плеча измеряли до локтевого 9 отростка, длину предплечья — от локтевого отростка плечевой кости до шиловидного отростка локтевой кости.

Длину нижней конечности измеряли в положении лежа на жесткой кушетке — верхние ости таза располагались на линии, перпендикулярной оси тела. Длину конечности измеряли сантиметровой лентой от передней верхней ости подвздошной кости до внутренней лодыжки. Длину бедра измеряли от большого вертела до щели

коленного сустава, длину голени — от щели коленного сустава до наружной лодыжки.

Тип телосложения определяли по индексу Соловьева (окружность самого тонкого места на запястье).

Для измерения силы сжатия мышц руки применяли кистевой динамометр.

Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики с оценкой достоверности различных эмпирических выборок по критерию Стьюдента.

Полученные данные обрабатывали общепринятыми методами вариационной статистики с оценкой достоверности различных эмпирических выборок по критерию Стьюдента.

Для повышения достоверности определения модельных характеристик спортсменов провели сравнительный анализ исследуемых показателей у прыгунов в воду, имеющих разряд кандидат в мастера спорта и мастер спорта. Оценку антропометрических характеристик проводили у 50 спортсменов (девушки в возрасте от 16 до 17 лет и юноши в возрасте от 16 до 19 лет) с учетом дисциплин вида спорта (трамплин метров (индивидуальный прыжок, синхронный прыжок)); вышка 5 метров (индивидуальный прыжок, синхронный прыжок); вышка 10 метров (индивидуальный прыжок).

При анализе антропометрических параметров прыгунов в воду с учетом дисциплин вида спорта, пола и квалификации не было выявлено статистически значимых отличий в значениях таких параметров как рост, рост сидя, длина туловища, размах рук. Исключение составляют прыгуны с вышки 10 м. У спортсменов данной прыжковой дисциплины, имеющих спортивный разряд — мастер спорта, выявлено статистически достоверное увеличение таких показателей как рост, рост сидя и длина туловища по сравнению с прыгунами в воду с такого же снаряда, но имеющих разряд кандидаты в мастера спорта (таблица 1, таблица 2). Однако следует учесть, что возраст прыгунов в воду с вышки 10 метров, имеющих разряд кандидата в мастера спорта, составлял 16—17 лет, а имеющих разряд мастера спорта — 18—19 лет. Этим и обусловлено различие в показателях как рост, рост сидя и длина туловища.

Таблица 1

*Некоторые антропометрические параметры  
квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Рост, см	Рост сидя, см	Туловища, см	Размах рук, см
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	161,2 ± 4,2	121,0 ± 3,9	54,8 ± 3,3	172,0 ± 2,7
	девушки	157,6 ± 3,9	121,1 ± 4,1	52,8 ± 3,7	166,4 ± 5,1
Вышка 5 м	юноши	159,0 ± 2,9	121,0 ± 2,9	53,0 ± 3,2	170,0 ± 3,2
	девушки	157,2 ± 4,1	121,0 ± 3,9	53,3 ± 2,1	166,0 ± 2,9
Вышка 10 м	юноши	158,5 ± 4,2	121,3 ± 2,7	53,6 ± 3,1	169,0 ± 3,8
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	160,9 ± 4,7	125,0 ± 1,8	55,3 ± 3,7	169,0 ± 2,9
	девушки	155,5 ± 2,9	123,5 ± 2,9	53,7 ± 3,7	166,7 ± 2,9
Трамплин	юноши	159,2 ± 3,8	123,0 ± 1,8	56,7 ± 2,7	171,0 ± 3,9
	девушки	155,9 ± 2,9	121,3 ± 2,7	53,5 ± 3,9	167,0 ± 2,8

Таблица 2

*Некоторые антропометрические параметры  
квалифицированных прыгунов в воду (мастер спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Рост, см	Рост сидя, см	Туловища, см	Размах рук, см
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	163,6 ± 3,1	122,0 ± 3,8	55,2 ± 3,1	174,7 ± 3,7
	девушки	157,9 ± 2,9	121,8 ± 3,3	53,9 ± 2,7	166,4 ± 3,1
Вышка 5 м	юноши	163,2 ± 2,8	123,0 ± 2,1	54,7 ± 3,2	173,0 ± 3,7
	девушки	159,0 ± 3,9	122,0 ± 3,1	53,9 ± 3,1	171,0 ± 2,3
Вышка 10 м	юноши	176,5 ± 3,2	127,3 ± 2,9	58,7 ± 2,1	174,0 ± 4,1
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	161,1 ± 3,1	125,7 ± 2,8	56,7 ± 3,7	171,0 ± 1,9
	девушки	157,3 ± 2,9	124,0 ± 2,7	54,1 ± 3,7	168,1 ± 2,9
Трамплин	юноши	161,0 ± 2,7	123,7 ± 2,8	55,2 ± 3,7	173,0 ± 4,1
	девушки	157,5 ± 3,2	123,1 ± 3,1	54,1 ± 3,9	165,9 ± 3,1

Согласно возрастным нормам, указанным в литературе, средний рост девушек 16—17 лет составляет 160 до 170 см. Средний рост квалифицированных прыгуний в воду колеблется от 157 до 160 см (то есть средний и ниже среднего).

Рост юношей 16—17 лет составляет от 167 до 180 см, 18—19 лет — от 170 до 183 см. Средний рост квалифицированных прыгунов в воду 16—17 лет составляет от 160 до 165 см, в возрасте 18—19 лет (прыгуны с вышки 10 м) — 173—180 см (то есть средний и ниже среднего).

На основании анализа полученных данных можно заключить, что для занятий прыжками в воду с различных снарядов рекомендуется отбирать детей, имеющих средние и ниже среднего показатели роста.

В таблице 3 представлены предпочтительные значения роста детей различного возраста для занятий прыжками в воду, опираясь на возрастные нормы, указанные в литературе.

При анализе размаха рук квалифицированных прыгунов в воду показано, что данный параметр в среднем превышает рост на 5—7 %. Этот критерий также можно учитывать при оценке антропометрических особенностей в спортивном отборе.

Таблица 3

*Рекомендуемые показатели роста для отбора детей в прыжки в воду*

Возраст, годы	Рост, см	
	Мальчики	Девочки
6	105—113	105—113
7	114—120	114—120
8	121—130	123—130
9	129—135	129—135
10	132—140	130—140
11	140—145	137—145

Показано, что длина туловища и рост сидя не являются значимыми критериями для достижения спортивного результата.

При анализе массы тела спортсменов выявлено отсутствие статистически достоверных отличий в значениях данного параметра у прыгунов в воду различных прыжковых дисциплин, пола и уровня спортивного мастерства. Исключение составляет масса тела атлетов, выполняющих прыжки с вышки 10 м, которая превышает таковую других атлетов (таблица 3, таблица 4). Это необходимо учитывать на этапах совершенствования спортивного мастерства и выбора снаряда, с которого осуществляются прыжки.

Значения весо-ростового индекса, характеризующего распределение масса тела на рост статистически достоверно не отличается у исследуемых групп атлетов (таблица 4, таблица 5). Величина данного показателя находится в пределах нормы и составляет в среднем 19,5 отн. ед. То есть данное значение весо-ростового индекса можно считать оптимальным для квалифицированных прыгунов в воду. Это имеет практическое значение для контроля массы тела спортсменов в учебно-тренировочном процессе.

Таблица 4

*Некоторые антропометрические параметры квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Масса тела, кг	Весо-ростовой индекс
индивидуальный прыжок			
Трамплин	юноши	53,1 ± 3,2	20,9 ± 1,2
	девушки	49,7 ± 3,9	19,8 ± 0,9
Вышка 5 м	юноши	49,8 ± 4,2	19,2 ± 1,3
	девушки	49,1 ± 2,9	19,1 ± 1,2
Вышка 10 м	юноши	59,8 ± 3,7	20,1 ± 1,1
синхронный прыжок			
Вышка	юноши	53,2 ± 4,1	19,7 ± 0,7
	девушки	49,1 ± 3,1	19,3 ± 0,9
Трамплин	юноши	49,8 ± 3,8	20,1 ± 1,2
	девушки	49,8 ± 2,5	19,7 ± 1,3

Таблица 5

*Некоторые антропометрические параметры квалифицированных прыгунов в воду (мастер спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Масса тела, кг	Весо-ростовой индекс
индивидуальный прыжок			
Трамплин	юноши	54,1 ± 3,8	20,9 ± 1,2
	девушки	50,7 ± 3,1	19,8 ± 0,9
Вышка 5 м	юноши	50,8 ± 4,1	19,2 ± 1,3
	девушки	50,9 ± 32,9	19,1 ± 1,2
Вышка 10 м	юноши	58,8 ± 2,7	20,1 ± 1,1
синхронный прыжок			
Вышка	юноши	54,2 ± 4,7	19,7 ± 0,7
	девушки	51,1 ± 3,9	19,3 ± 0,9
Трамплин	юноши	52,8 ± 4,1	20,1 ± 1,2
	девушки	51,8 ± 3,5	19,7 ± 1,3

С целью определения экскурсии грудной клетки вычисляли разность между объемом грудной клетки на вдохе и на выдохе. Показано, что значения данных величин у юношей и девушек, имеющих разряд кандидат в мастера спорта и мастер спорта, составляет в среднем 9,1 ± 1,2 не зависимо от вида выполняемых прыжков и половой принадлежности (таблица 6, таблица 7). То есть статистики достоверных отличий в значениях экскурсии грудной клетки у спортсменов различных прыжковых дисциплин не выявлено.

Однако объем грудной клетки в покое выше у спортсменов, имеющих разряд мастера спорта, по сравнению с кандидатами в мастера спорта (таблица 6, таблица 7).

Таблица 6

Объем груди квалифицированных прыгунов  
в воду (кандидаты в мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Объем груди			Индекс Эрисмана
		покой	вдох	выдох	
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	80,2 ± 2,3	86,5 ± 1,6	77,0 ± 3,9	0,3 ± 0,9
	девушки	81,4 ± 2,0	89,3 ± 1,3	80,4 ± 1,1	1,5 ± 0,5
Вышка 5 м	юноши	81,0 ± 2,4	88,3 ± 1,5	77,0 ± 2,4	0,5 ± 0,7
	девушки	80,0 ± 1,5	87,3 ± 1,7	78,3 ± 1,9	1,5 ± 1,1
Вышка 10 м	юноши	80,5 ± 2,4	85,5 ± 2,8	76,2 ± 1,7	1,5 ± 0,9
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	79,5 ± 23,1	86,5 ± 1,7	76,0 ± 1,9	0,5 ± 1,2
	девушки	81,5 ± 2,1	86,0 ± 2,7	79,8 ± 2,6	2,1 ± 0,9
Трамплин	юноши	82,3 ± 1,7	87,8 ± 2,6	77,3 ± 1,7	2,0 ± 0,8
	девушки	80,6 ± 1,1	85,5 ± 2,3	79,1 ± 2,0	2,5 ± 1,2

Таблица 7

Объем груди квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Объем груди			Индекс Эрисмана
		покой	вдох	выдох	
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	87,2 ± 1,3	92,5 ± 2,1	85,0 ± 1,3	8,2 ± 1,2
	девушки	87,4 ± 2,1	94,3 ± 1,2	85,4 ± 2,1	5,0 ± 3,1
Вышка 5 м	юноши	89,0 ± 1,4	93,3 ± 2,5	83,0 ± 1,4	7,5 ± 2,3
	девушки	85,0 ± 1,5	90,3 ± 1,7	81,3 ± 1,9	5,5 ± 2,2
Вышка 10 м	юноши	88,5 ± 1,4	96,5 ± 1,78	83,2 ± 2,7	8,5 ± 1,9
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	86,5 ± 2,1	92,5 ± 2,7	84,0 ± 1,6	6,0 ± 2,1
	девушки	85,5 ± 2,1	90,0 ± 2,7	83,8 ± 2,6	7,0 ± 2,7
Трамплин	юноши	86,3 ± 2,7	91,8 ± 2,6	85,3 ± 1,7	7,3 ± 1,9
	девушки	85,6 ± 1,1	89,5 ± 1,3	84,1 ± 2,7	6,5 ± 2,3

Для оценки степени развития грудной клетки определяли индекс Эрисмана по формуле:

$$ИЭ = ОГ \text{ в покое(см)} - (\text{Рост(см)} / 2).$$

Показано не высокое развитие грудной клетки у прыгунов в воду кандидатов в мастера спорта. Спортсмены характеризуются узкогрудостью. Причем статистически достоверных отличий в рамках прыжковых дисциплин и пола не выявлено (таблица 6, таблица 7).

У мастеров спорта значения индекса Эрисмана выше возрастной нормы, что указывает на хорошее развитие грудной клетки (таблица 6, таблица 7). В индивидуальном прыжке выявлена тенденция к увеличению грудной клетки юношей по сравнению с девушками. Однако отличия статистически не достоверны. Полученные данные указывают на то, что для элитного спортсмена необходимо хорошее развитие грудной клетки.

Индекс Эрисмана и объем грудной клетки в покое следует учитывать не в качестве основного критерия спортивного отбора в прыжки в воду, а в качестве показателей, отражающих развитие выносливости и мускулатуры грудной клетки, необходимых для повышения уровня спортивных достижений уже тренирующихся атлетов.

Так согласно физиологическим нормам. Индекс Эрисмана в возрасте 6—7 лет составляет в среднем 4—2 см, в возрасте 7—8 лет — 0 см, до 15 лет — 1—3 см. То есть течение тренировочного периода необходимо проводить мониторинг данного показателя и внедрять комплекс мероприятий, повышающий его значение относительно указанных величин физиологической нормы.

В таблице 8 представлены возрастные нормы объема грудной клетки мальчиков и девочек по данным литературы.

При проведении отбора в прыжки в воду на указанные данные также необходимо обращать внимание и отдавать предпочтение детям, у которых объем грудной клетки равен или превышает указанные значения.

Таблица 8

## Физиологическая норма объема груди в детей

Возраст, годы	Мальчики	Девочки
	Объем грудной клетки в покое, см	
7	58,9	58,2
8	59,5	59,0
9	65,8	62,2
10	66,1	64,3
11	68,8	66,4
12	72,8	72,8
13	75,7	75,6

При изучении обхватных размеров тела спортсменов установлено отсутствие асимметричности в значениях исследуемых показателей справа и слева, статистически значимых гендерных отличий, а также отличий у спортсменов кандидатов в мастера спорта различных видов прыжков в воду (рисунок 1, рисунок 2).

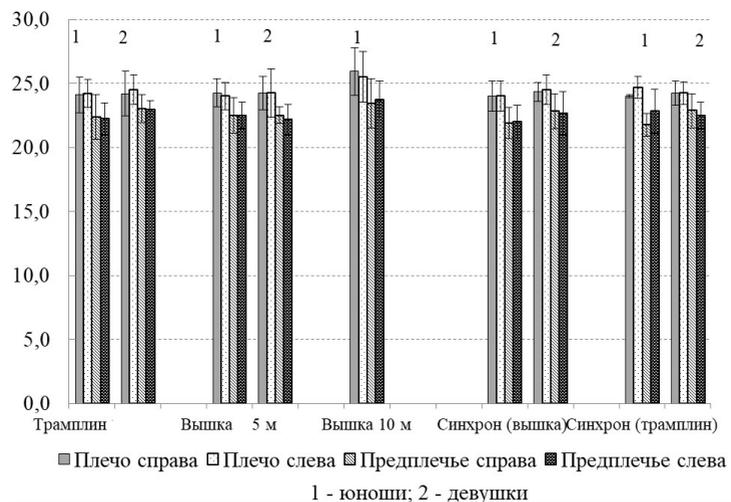


Рис. 1. Обхватные размеры различных отделов верхних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

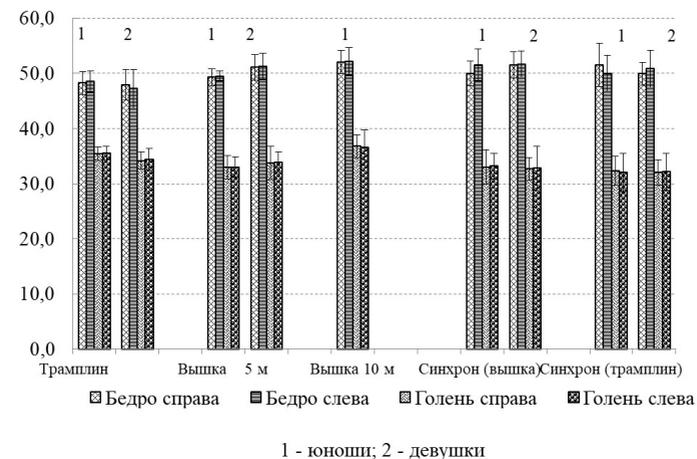


Рис. 2. Обхватные размеры различных отделов нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

У прыгунов в воду — мастеров спорта, также не было выявлено статистически достоверных отличий в значениях обхватных размеров верхних и нижних конечностей в зависимости от пола и вида снаряда (рисунок 3, рисунок 4).

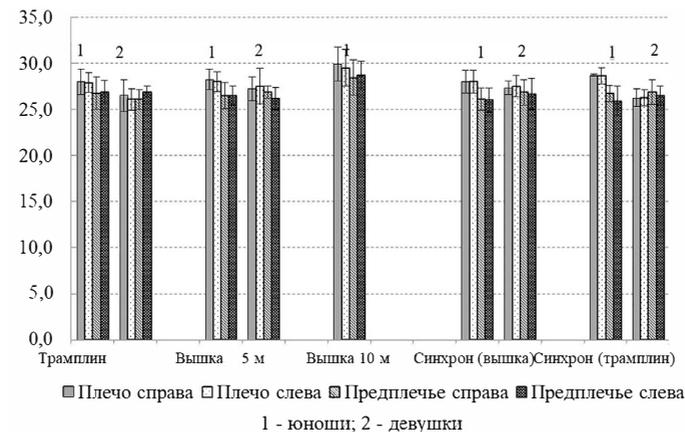


Рис. 3. Обхватные размеры различных отделов верхних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)

Таблица 9

Коэффициенты корреляции между некоторыми антропометрическими параметрами и результатами выступления квалифицированных прыгунов в воду на соревнованиях

Параметр	Коэффициент корреляции
Объем бедер	0,41
Объем шеи	0,38
Объем плеча	0,37
Объем предплечья	0,56
Объем бедра	0,13
Объем голени	0,19
Объем грудной клетки в покое	-0,09
Объем грудной клетки на выдохе	0,06
Объем грудной клетки на вдохе	0,18

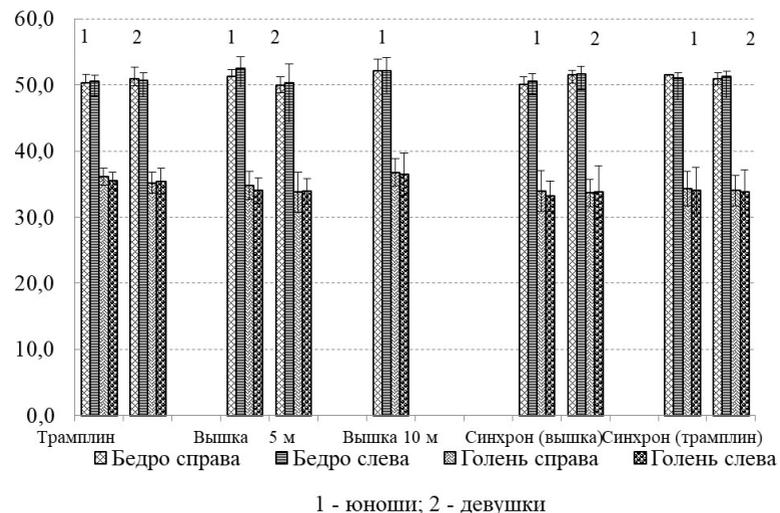


Рис. 4. Обхватные размеры различных отделов нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)

Однако, при сравнении обхватных размеров частей тела у спортсменов различного уровня мастерства показано статистически достоверное повышение значений обхватов плеча и предплечья у мастеров спорта по сравнению с кандидатами в мастера спорта (рисунок 1, рисунок 3). Полученные данные указывают на лучшее развитие мышц верхних конечностей прыгунов в воду более высокого уровня мастерства.

Статистически достоверных отличий в значениях обхватных размеров бедра и голени у спортсменов не выявлено (рисунок 2, рисунок 4).

При проведении корреляционного анализа между величинами обхватных размеров тела квалифицированных прыгунов в воду и результатами их выступлений на соревнованиях показаны средние положительные корреляционные взаимосвязи между объемом бедра и предплечья и средним баллом, полученным за выступление на соревнованиях (таблица 9).

Обхватные размеры можно изменить под влиянием определенных физических нагрузок. По этой причине эти параметры не рекомендованы нами в качестве критериев спортивного отбора детей в прыжки в воду. Однако обхватные размеры элитных спортсменов могут использоваться в качестве модельных характеристик для совершенствования спортивной подготовки прыгунов в воду на этапе повышения спортивного мастерства.

Известно, что продольные же размеры тела мало изменяются под влиянием спортивной тренировки. Изучение пропорций тела у спортсменов в связи со спортивной специализацией позволяет установить характерные черты строения тела, которые могут способствовать достижению высоких спортивных результатов.

При сравнении показателей длин различных частей верхних и нижних конечностей также не было выявлено статистически достоверных отличий между значениями измеряемых параметров у юношей и девушек в различных дисциплинах прыжков в воду (метровый трамплин (индивидуальный прыжок, синхронный прыжок), 5-ти метровая вышка и 10-и метровая вышка (индивидуальный прыжок, синхронный прыжок) (рисунок 5, рисунок 6, рису-

нок 7, рисунок 8, рисунок 9, рисунок 10), в том числе, имеющих различный уровень спортивного мастерства. Показаны различия в значения следующих величин: длины бедра, голени, стопы, плеча, предплечья, кисти, однако они статистически не достоверны.

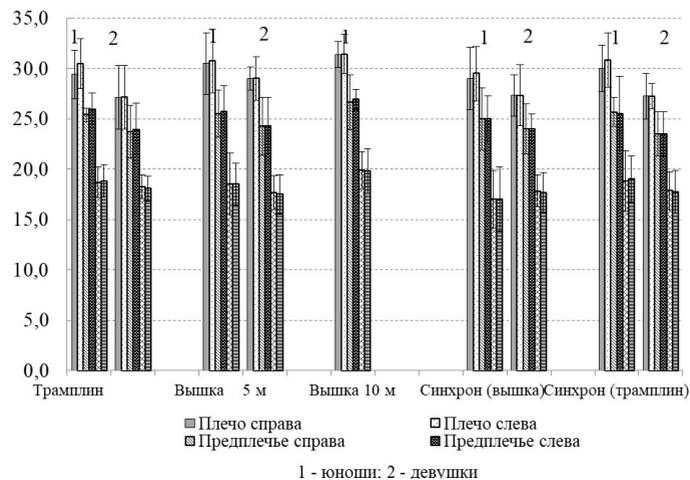


Рис. 5. Величины длин различных отделов верхних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

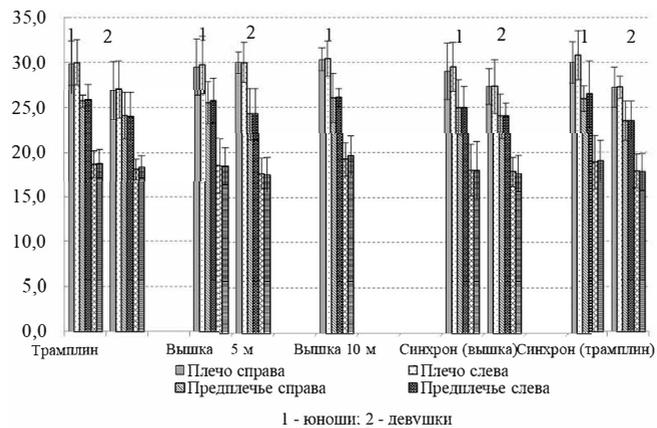


Рис. 6. Величины длин различных отделов верхних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)

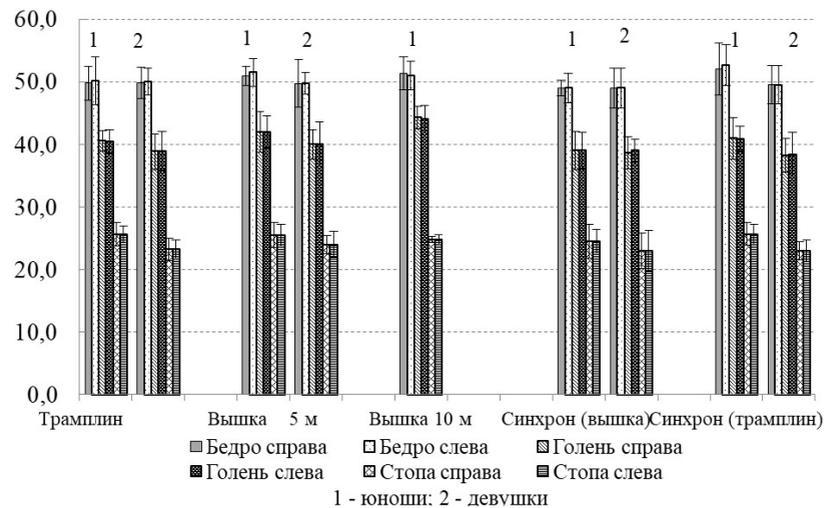


Рис. 7. Величины длин различных отделов нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

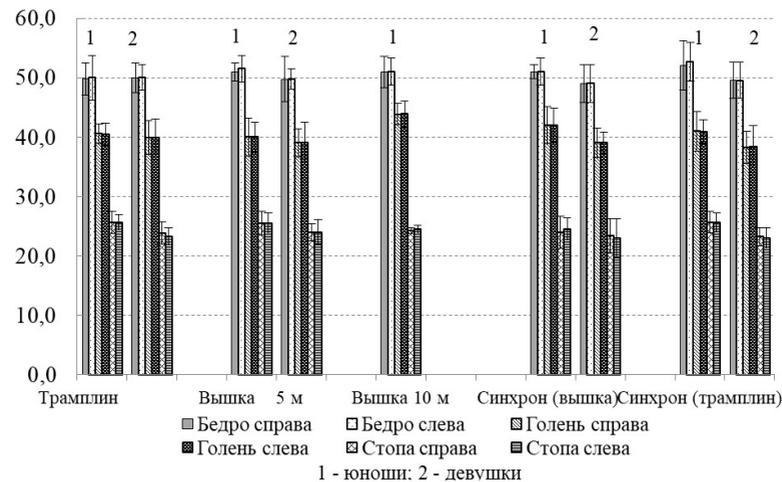
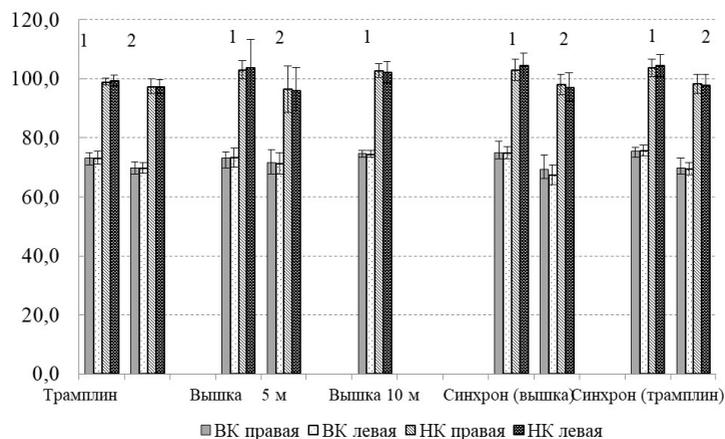
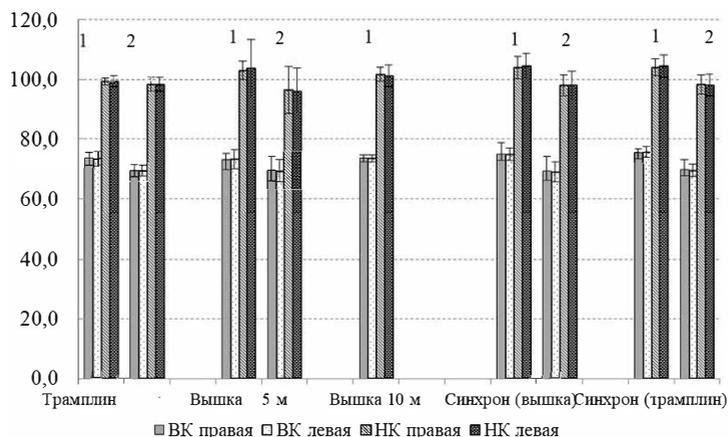


Рис. 8. Величины длин различных отделов нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)



1 - юноши; 2 - девушки; VK - верхняя конечность. НК - нижняя конечность

Рис. 9. Длины верхних и нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)



1 - юноши; 2 - девушки; VK - верхняя конечность. НК - нижняя конечность

Рис. 10. Длина верхних и нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)

Не установлено также статистически достоверных гендерных отличий, а также отличий в рамках дисциплин прыжков в воду у спортсменов в значениях длин верхних и нижних конечностей (рисунок 9, рисунок 10).

Длины верхней конечности, плеча, предплечья, кисти квалифицированных прыгунов в воду юношей и девушек, независимо от вида прыжковых дисциплин составляют в среднем 73 см и 69 см; 30 см и 28 см; 25 см и 24 см; 18 см и 18 см соответственно.

Физиологические нормы длин верхней конечности, плеча, предплечья, кисти составляют в среднем 79 см и 72 см; 34 см и 30 см; 27 см и 24 см; 18 см и 16 см соответственно.

При сравнении длин верхних и нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду с физиологической нормой показано, что длины верхней конечности и ее отделов квалифицированных прыгунов в воду в среднем на 5—8 % ниже физиологической нормы.

Длины нижней конечности, бедра, голени, стопы квалифицированных прыгунов в воду юношей и девушек, независимо от вида прыжковых дисциплин составляют в среднем 100 см и 98 см; 50 см и 49 см; 41 см и 39 см; 25 см и 24 см соответственно.

Физиологические нормы длин нижней конечности, бедра, голени, стопы составляют в среднем 93 см и 91 см; 44 см и 43 см; 43 см и 39 см; 27 см и 25 см соответственно. То есть длина нижних конечностей квалифицированных прыгунов в воду в среднем на 5 % выше физиологической нормы главным образом за счет увеличения длины бедра.

В результате проведения корреляционного анализа между антропометрическими размерами тела и результатами выступления спортсменов на соревнованиях показаны средние положительные корреляционные взаимосвязи между средним баллом по итогу соревнований и длиной предплечья, кисти, а также слабые отрицательные взаимосвязи между средним баллом и длиной плеча (таблица 10). Полученные данные указывают на то, что для достижения высокого результата в прыжках в воду предпочтительными является сле-

дующее соотношение длин плеча, предплечья и кисти: 40 %, 34 % и 26 % соответственно.

Корреляционный анализ длин нижней конечности и результатов выступления спортсменов на соревнования показал, что для высокого результата в прыжках в воду благоприятным является большая длина бедра и меньшая длина голени (таблица 10). При проведении отбора в прыжки в воду необходимо отдавать предпочтение следующим пропорциям длин бедра и голени: 50 % и 40 % соответственно.

Таблица 10

*Коэффициенты корреляции между некоторыми антропометрическими параметрами и результатами выступления квалифицированных прыгунов в воду на соревнованиях*

Параметр	Коэффициент корреляции
Длина плеча	-0,18
Длина предплечья	0,56
Длина кисти	0,46
Длина руки	0,21
Длина бедра	0,48
Длина голени	-0,40
Длина ноги с	0,16
Длина туловища	-0,01
Ширина таза	0,26
Ширина плеч	0,12
Объем запястья справа	0,90
Динамометрия	0,42

Исходя из данных литература по возрастным нормам антропометрических показателей, и результатов проведенных исследований в таблице 11 приведены ориентировочные нормы длин верхних и нижних конечностей, а также их сегментов, для отбора детей в прыжки в воду.

Таблица 11

*Ориентировочные нормы длин верхних и нижних конечностей, а также их сегментов, для отбора детей в прыжки в воду*

Длина, см	Возраст, годы				
	7	8	9	10	11
Мальчики					
Верхней конечности:	48—51	49—52	51—54	54—57	56—59
плеча	17—19	19—21	20—22	21—23	22—25
предплечья	15—17	15—17	16—18	17—19	18—20
кисти	12—14	13—14	13—14	14—15	14—15
Нижней конечности:	62—64	66—68	69—72	73—75	78—81
бедра	30—32	32—34	33—35	35—37	37—39
голени	27—29	29—30	30—31	31—32	33—35
стопы	18—20	20—21	21—22	21—22	22—23
Девочки					
Верхней конечности:	48—50	49—52	51—54	54—58	59—63
плеча	17—20	19—21	20—22	21—23	22—25
предплечья	13—15	15—17	16—18	17—19	18—20
кисти	12—13	13—14	13—14	14—15	14—15
Нижней конечности:	64—66	67—69	69—72	73—76	77—83
бедра	30—32	32—34	33—35	35—37	37—39
голени	27—29	29—30	30—31	31—32	32—33
стопы	18—20	20—21	21—22	21—22	22—23

Тип телосложения определяли по индексу Соловьева (окружность самого тонкого места на запястье). Объем запястья у прыгунов юношей с разной высоты в среднем составляет от 15,6 до 16,2 см, у девушек — от 15,4 до 15,4 см не зависимо от уровня спортивного мастерства. Полученные данные указывают на преобладание у юношей астенического типа телосложения, а у девушек — нормостенического (таблица 12).

Таблица 12

*Объем запястья квалифицированных прыгунов в воду*

Вид прыжков в воду	Пол	Объем запястья, см
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	16,2 ± 0,3
	девушки	15,1 ± 0,3
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	15,9 ± 0,2
	девушки	15,1 ± 0,3
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	15,8 ± 0,3
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	15,9 ± 0,3
	девушки	15,0 ± 0,3
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	16,0 ± 0,2
	девушки	15,4 ± 0,1

При анализе значений показателей обхвата головы, шеи, ширины таза и плеч показано отсутствие статистически значимых отличий в значениях данных параметров прыгунов в воду различного пола, вида прыжковых дисциплин и квалификации. Исключение составляют мастера спорта, выполняющие прыжки с вышки 10 метров. Для них показано статистически достоверное увеличение ширины таза по отношению к другим спортсменам (таблица 13, таблица 14).

Таблица 13

*Некоторые антропометрические параметры квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Обхват шеи, см	Обхват головы, см	Ширина таза, см	Ширина плеч, см
1	2	3	4	5	6
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	35,1 ± 0,8	55,0 ± 1,2	26,1 ± 1,0	37,5 ± 0,9
	девушки	32,8 ± 0,3	55,2 ± 0,9	27,4 ± 0,9	36,7 ± 1,2
Вышка 5 м	юноши	35,0 ± 0,7	56,0 ± 1,2	27,0 ± 1,2	38,0 ± 1,3
	девушки	33,0 ± 0,9	52,3 ± 0,9	28,9 ± 1,3	36,5 ± 0,8
Вышка 10 м	юноши	35,0 ± 0,7	55,1 ± 1,1	28,3 ± 0,8	38,5 ± 1,0

Окончание табл. 13

1	2	3	4	5	6
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	35,0 ± 0,5	55,5 ± 0,7	28,0 ± 0,7	36,0 ± 0,9
	девушки	33,0 ± 0,2	54,7 ± 1,3	26,7 ± 0,9	36,5 ± 1,2
Трамплин	юноши	35,2 ± 0,3	55,0 ± 1,2	27,0 ± 1,1	36,2 ± 0,7
	девушки	33,1 ± 0,5	54,8 ± 0,9	26,9 ± 0,8	35,0 ± 1,0

Таблица 14

*Некоторые антропометрические параметры квалифицированных прыгунов в воду (мастер спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Обхват шеи, см	Обхват головы, см	Ширина таза, см	Ширина плеч, см
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	35,0 ± 0,9	55,3 ± 1,0	32,9 ± 1,0	37,5 ± 1,0
	девушки	33,1 ± 0,6	55,9 ± 0,7	29,4 ± 1,9	39,7 ± 1,2
Вышка 5 м	юноши	35,0 ± 0,8	55,3 ± 1,0	27,0 ± 1,2	38,0 ± 1,0
	девушки	33,0 ± 0,7	56,3 ± 0,9	28,8 ± 1,3	36,5 ± 0,9
Вышка 10 м	юноши	35,5 ± 0,9	55,8 ± 0,8	33,3 ± 0,8	39,5 ± 1,5
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	34,0 ± 0,7	55,4 ± 0,9	28,0 ± 0,7	36,0 ± 1,0
	девушки	33,0 ± 0,5	55,7 ± 1,0	27,7 ± 0,9	36,2 ± 0,8
Трамплин	юноши	35,2 ± 0,9	55,0 ± 1,2	28,0 ± 1,1	36,2 ± 0,7
	девушки	33,5 ± 0,7	54,8 ± 0,9	27,9 ± 0,8	36,9 ± 1,2

Сравнивая результаты полученных данных с нормами, имеющимися в литературе, можно заключить, что обхват головы, обхват шеи, ширина таза и плеч квалифицированных прыгунов

в воду соответствует значениям физиологической нормы. Кроме того, по результатам корреляционного анализа, проведенного ранее, не выявлено вклада данных параметров в повышение результативности в прыгунов в воду. По этой причине обхват головы и шеи, а также ширина таза и плеч не являются базовыми параметрами для проведения отбора в прыжки в воду.

### 1.2. Мышечная сила

Измерение силы мышц-сгибателей пальцев проводили при помощи кистевого динамометра. При этом испытуемый одновременно максимально сжимал его, после чего регистрировали результат. Исследование проводили для обеих конечностей.

Силу мышечных групп, выпрямляющих туловище, оценивали при помощи становой динамометрии, применяя ручной пружинный динамометр. В процессе измерения нижняя планка станового динамометра зафиксирована под ступнями испытуемого, который обхватывает верхнюю планку кистями рук и тянет вверх. При этом он пытается выпрямиться при разогнутых в коленях нижних конечностях. Результаты измерений представлены в таблице 15.

Показано статистически значимое уменьшение кистевой и становой силы у девушек по сравнению с юношами. Статистически значимых отличий в значениях измеряемых параметров у спортсменов различных прыжковых дисциплин не выявлено (таблица 15).

Корреляционный анализ показал наличие средней положительной взаимосвязи между силой мышц кисти и спортивным результатом прыгунов в воду. В связи с этим показатели кистевой динамометрии можно рекомендовать в качестве одного из параметров, оказывающих влияние на результативность прыжка. Силу мышц кисти можно учитывать при оценке уровня подготовки действующих спортсменов с целью мониторинга их физического состояния и силовых характеристик мышц.

Таблица 15

Кистевая и становая динамометрия квалифицированных прыгунов в воду

Вид прыжков в воду		Пол	Сторона	Кистевая динамометрия, кг	Становая динамометрия, кг		
Индивидуальный прыжок	Трамплин	юноши	справа	36,8 ± 2,8	121,8 ± 4,3		
			слева	36,2 ± 2,7			
		девушки	справа	26,6 ± 3,1			
			слева	25,2 ± 2,9			
	Вышка 5 м	юноши	справа	35,8 ± 3,2	127,8 ± 4,3		
			слева	36,5 ± 2,9			
		девушки	справа	25,5 ± 3,3			
			слева	26,5 ± 1,9			
Вышка 10 м	юноши	справа	38,4 ± 2,3	127,8 ± 5,1			
		слева	38,7 ± 3,7				
	Синхронный прыжок	Вышка	юноши		справа	37,0 ± 3,1	123,9 ± 3,1
					слева	37,9 ± 3,2	
девушки			справа	26,0 ± 2,9			
			слева	26,1 ± 3,7			
Трамплин	юноши	справа	38,6 ± 3,2	125,8 ± 5,6			
		слева	38,2 ± 3,1				
	девушки	справа	26,4 ± 2,9				
		слева	26,9 ± 2,9				

### 1.3. Компонентный состав тела

Известно, что оценка композиционного состава тела спортсменов определяет его функциональные возможности и широко используется для изучения соматического статуса, оценки эффективности учебно-тренировочных нагрузок. По этой причине определение состава тела человека имеет большое значение в спорте и используется тренерами для оптимизации учебно-тренировочно-

го процесса. Биоимпедансный анализ состава тела является одним из современных методов морфологической и функциональной диагностики в спортивной медицине. Отличительной особенностью биоимпедансного анализа является возможность оперативного обследования спортсменов как во время отдельной тренировки, так и на этапах учебно-тренировочного цикла. Данные позволяют судить об уровне физической подготовленности спортсменов в режиме мониторинга.

По этой причине было проведено исследование сегментарного состава тела квалифицированных прыгунов в воду методом биоимпедансометрии при помощи анализатора сегментного состава тела BC 418 MA.

Оценку общего и сегментарного состава тела проводили по следующим параметрам: содержание жировой ткани в организме (FAT, кг), количество безжировой массы (FFM, кг), содержание относительной мышечной массы (PPM, кг), масса воды в организме (TBW, кг).

С целью выявления симметричности распределения жировой, безжировой и относительной мышечной масс измеряли данных величин в верхних и нижних конечностях справа и слева.

При анализе распределения различных типов тканей в организме спортсменов, имеющих уровень спортивного мастерства — кандидаты в мастера спорта, установлено повышение количества жировой массы в % у девушек по сравнению с юношами во всех видах прыжковых дисциплин. При этом в значениях абсолютного содержания жировой массы в организме спортсменов различных полов статистически достоверных отличий не выявлено на фоне наличия тенденции к более высокому содержанию данного типа ткани у девушек по сравнению с юношами. Так в среднем относительное и абсолютное количество жировой ткани у юношей составило 15,7 % ± 1,9 и 9,8 кг ± 0,9 и у девушек 22,1 % ± 2,5 и 11,3 кг ± 1,5 соответственно в различных видах прыжковых дисциплин (таблица 16). При этом у прыгунов с вышки 10 м установлено достоверное уменьшение количества жировой массы в организме относительно спортсменов, выполняющих прыжки в воду с других снарядов (таблица 16).

Таблица 16

*Соотношение различных типов тканей в организме квалифицированных прыгунов в воду*

Параметры	Индивидуальный прыжок						Синхронный прыжок						
	Трамплин		Вышка 5 м		Вышка 10 м		Вышка		Вышка		Трамплин		
	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	
FAT, %	15,7 ± 1,1	21,6 ± 2,3	15,3 ± 0,8	21,3 ± 2,1	9,5 ± 1,2	15,8 ± 1,9	23,2 ± 1,8	15,7 ± 1,1	21,2 ± 2,3	15,7 ± 1,1	21,2 ± 2,3	15,7 ± 1,1	21,2 ± 2,3
FAT mass, кг	9,7 ± 0,5	10,8 ± 1,3	9,8 ± 0,7	11,2 ± 0,9	7,3 ± 0,9	9,1 ± 1,2	11,1 ± 0,9	9,8 ± 0,9	11,3 ± 1,3	9,8 ± 0,9	11,3 ± 1,3	9,8 ± 0,9	11,3 ± 1,3
FFM, кг	45,1 ± 1,7	43,3 ± 1,7	42,4 ± 2,9	38,9 ± 1,7	43,4 ± 3,7	42,9 ± 2,7	41,5 ± 2,2	41,4 ± 2,3	37,5 ± 1,9	41,4 ± 2,3	37,5 ± 1,9	41,4 ± 2,3	37,5 ± 1,9
TBW, кг	31,4 ± 1,3	27,9 ± 1,8	31,0 ± 1,7	28,5 ± 1,3	32,1 ± 3,1	30,8 ± 1,9	27,2 ± 0,9	30,0 ± 1,2	27,2 ± 1,9	30,0 ± 1,2	27,2 ± 1,9	30,0 ± 1,2	27,2 ± 1,9
	кандидаты в мастера спорта												
	мастера спорта												
FAT, %	13,7 ± 0,7	15,6 ± 1,9	12,9 ± 0,9	15,3 ± 1,7	6,1 ± 0,9	12,8 ± 1,3	16,2 ± 1,8	12,7 ± 2,1	16,2 ± 2,3	12,7 ± 2,1	16,2 ± 2,3	12,7 ± 2,1	16,2 ± 2,3
FAT mass, кг	7,1 ± 0,7	7,5 ± 1,1	7,3 ± 0,9	8,1 ± 1,2	5,3 ± 1,2	7,1 ± 1,2	8,3 ± 0,9	6,3 ± 0,9	8,3 ± 1,3	6,3 ± 0,9	8,3 ± 1,3	6,3 ± 0,9	8,3 ± 1,3
FFM, кг	49,0 ± 1,7	48,7 ± 2,7	49,4 ± 2,3	48,9 ± 2,7	56,4 ± 2,3	49,8 ± 2,7	48,5 ± 2,3	48,4 ± 2,3	46,5 ± 2,9	48,4 ± 2,3	46,5 ± 2,9	48,4 ± 2,3	46,5 ± 2,9
TBW, кг	34,3 ± 1,7	33,7 ± 1,9	34,7 ± 1,5	35,0 ± 2,7	41,1 ± 2,9	35,8 ± 1,9	33,2 ± 0,9	35,0 ± 1,2	33,2 ± 1,9	35,0 ± 1,2	33,2 ± 1,9	35,0 ± 1,2	33,2 ± 1,9

Сегментарный состав тела квалифицированных прыгунов в воду

Параметры	Трамплин			Вышка 5 м			Вышка 10 м			Вышка			Трамплин	
	индивидуальный прыжок			Вышка 5 м			Вышка 10 м			Вышка			Трамплин	
	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки
левая нижняя конечность														
FAT mass, кг	2,0 ± 0,2	2,4 ± 0,1	1,9 ± 0,2	2,5 ± 0,2	1,4 ± 0,3	1,9 ± 0,3	2,5 ± 0,2	1,9 ± 0,3	2,5 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,7 ± 0,2			
FFM, кг	8,3 ± 0,3	6,3 ± 0,4	7,6 ± 0,3	6,3 ± 0,2	9,4 ± 0,5	7,9 ± 0,2	6,2 ± 0,3	7,9 ± 0,2	6,2 ± 0,3	7,6 ± 0,4	6,1 ± 0,3			
PMM, кг	7,9 ± 0,5	5,9 ± 0,3	7,2 ± 0,2	5,9 ± 0,4	9,0 ± 0,3	7,7 ± 0,3	5,8 ± 0,4	7,7 ± 0,3	5,8 ± 0,4	7,2 ± 0,2	5,7 ± 0,3			
правая нижняя конечность														
FAT mass, кг	2,0 ± 0,2	2,5 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,1	1,3 ± 0,4	2,0 ± 0,2	2,8 ± 0,3	1,9 ± 0,3	2,8 ± 0,3	1,9 ± 0,3	2,8 ± 0,4			
FFM, кг	8,0 ± 0,4	6,5 ± 0,3	7,3 ± 0,2	6,3 ± 0,1	9,2 ± 0,4	7,9 ± 0,2	6,4 ± 0,3	7,3 ± 0,5	6,4 ± 0,2	7,3 ± 0,5	6,4 ± 0,2			
PMM, кг	7,6 ± 0,3	6,1 ± 0,2	7,9 ± 0,4	5,9 ± 0,3	8,7 ± 0,3	7,6 ± 0,3	6,5 ± 0,3	7,9 ± 0,3	6,5 ± 0,3	7,9 ± 0,3	6,0 ± 0,4			
левая верхняя конечность														
FAT mass, кг	0,5 ± 0,2	0,7 ± 0,3	0,5 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,3	0,7 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,8 ± 0,2			
FFM, кг	2,4 ± 0,1	1,8 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,7 ± 0,2	3,1 ± 0,3	2,3 ± 0,2	1,7 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,7 ± 0,1	2,2 ± 0,1	1,7 ± 0,1			
PMM, кг	2,2 ± 0,2	1,7 ± 0,2	2,0 ± 0,1	1,6 ± 0,2	2,9 ± 0,1	2,1 ± 0,3	1,6 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	1,6 ± 0,2			
правая верхняя конечность														
FAT mass, кг	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,4 ± 0,2	0,7 ± 0,3	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,3	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,3	0,7 ± 0,1			
FFM, кг	2,4 ± 0,3	1,5 ± 0,2	2,1 ± 0,1	1,6 ± 0,3	3,0 ± 0,2	2,3 ± 0,3	1,6 ± 0,3	2,1 ± 0,3	1,6 ± 0,2	2,1 ± 0,3	1,6 ± 0,2			
PMM, кг	2,3 ± 0,3	1,4 ± 0,2	2,0 ± 0,3	1,5 ± 0,2	2,9 ± 0,2	2,3 ± 0,3	1,5 ± 0,2	2,3 ± 0,3	1,5 ± 0,2	2,1 ± 0,3	1,5 ± 0,1			
туловище														
FAT mass, кг	2,9 ± 0,5	3,6 ± 0,3	2,5 ± 0,3	3,9 ± 0,2	2,0 ± 0,3	2,8 ± 0,3	4,0 ± 0,3	2,5 ± 0,3	4,0 ± 0,3	2,5 ± 0,3	4,1 ± 0,4			
FFM, кг	25,9 ± 0,3	23,0 ± 0,5	24,3 ± 0,4	22,8 ± 0,3	28,6 ± 0,5	25,1 ± 0,3	22,6 ± 0,5	23,9 ± 0,4	22,6 ± 0,5	23,9 ± 0,4	22,6 ± 0,2			
PMM, кг	24,9 ± 0,3	22,0 ± 0,5	23,7 ± 0,5	21,8 ± 0,4	27,5 ± 0,3	24,0 ± 0,5	21,6 ± 0,3	24,1 ± 0,3	21,6 ± 0,3	24,1 ± 0,3	21,6 ± 0,5			

У прыгунов в воду — мастеров спорта, показаны более низкие значения относительного и абсолютного количества жировой ткани в организме относительно спортсменов — кандидатов в мастера спорта обоих полов для всех видов прыжковых дисциплин (таблица 16). Причем у девушек более высокого спортивного мастерства выявлена лишь тенденция к повышению количества жировой ткани в % относительно юношей, однако эти отличия статистически не достоверны.

То есть элитные прыгуны в воду имеют не большое содержание жировой массы в организме не зависимо от пола и вида прыжковой дисциплины. При этом спортсмены, выполняющие прыжки с вышки 10 м, характеризуются минимальным количеством жировой массы в организме (таблица 16).

Количество безжировой массы и воды у юношей превосходит такое девушек. Максимальная безжировая масса и масса воды выявлены у прыгунов с вышки 10 м (таблица 16, таблица 17).

Анализ сегментарного состава тела спортсменов показал снижение количества жировой и повышение содержания безжировой и относительной мышечной масс в нижних конечностях юношей по сравнению с таковыми девушек (таблица 17). В рамках прыжковых дисциплин статистически значимые отличия распределения тканей в нижних конечностях выявлены лишь у прыгунов с вышки на 10 м относительно спортсменов, выполняющих другие виды прыжков. Для них характерно минимальное содержание жировой ткани и максимальное количество безжировой и относительной мышечной масс в нижних конечностях (в среднем 1,3 кг; 9,3 кг и 8,9 кг соответственно) (таблица 17).

В верхних конечностях спортсменов выявлена тенденция в снижении количества жировой ткани у юношей по сравнению с девушками, однако эти отличия статистически не достоверны. Содержание безжировой и относительной мышечной масс в верхних конечностях достоверно выше у представителей мужского пола по сравнению с женским (таблица 17). Причем большие значения данных величин установлены у прыгунов с вышки 10 м. У представителей других видов прыжков в воду статистически достоверных отличий в распределении различных типов тканей в верхних конечностях не выявлено (таблица 17).

При анализе состава туловища спортсменов показано преобладание относительной мышечной, безжировой масс и снижение жировой ткани у юношей по сравнению с девушками (таблица 15). У прыгунов с 10-метровой вышки установлено минимальное количество жировой и максимально содержание безжировой и относительной мышечной масс по сравнению со спортсменами остальных видов прыжков (таблица 17).

При анализе распределения различных типов тканей в организме спортсменов установлены более низкие значения жировой массы у юношей по сравнению с девушками. Причем в рамках прыжковых дисциплин не было выявлено статистически значимых отличий в значениях данных величин, за исключением прыгунов с вышки 10 м. Так в среднем относительное (абсолютное) количество жировой массы у юношей и девушек составили в среднем 14,7 % (7,9 кг) и 21,0 % (11,0 кг) соответственно. У прыгунов с вышки 10 м регистрировали самое низкое содержание жировой ткани в организме (9,7 %; 5,6 кг).

Определение морфологической модели квалифицированных прыгунов в воду является одним из критериев грамотной спортивной ориентации, успешности и профессионального долголетия.

Количественная оценка состава тела и мышечных характеристик имеют большое значение для тренеров и спортивных врачей, поскольку могут явиться основой для разработки эффективных тренировок, направленных на повышение работоспособности, развития максимальной производительности, регулирования веса и активной массы тела прыгунов в воду.

#### **1.4. Психологические и психофизиологические критерии**

##### **1.4.1. Психологические критерии**

Известно, что психологическое состояние спортсмена играет важную роль в структуре спортивной подготовки и успешности выступлений на соревнованиях. Атлеты постоянно подвержены воздействию психологического стресса, который создает предпо-

сылки для развития срыва адаптации вегетативной нервной системы. Характерной особенностью современных прыжков в воду является высокий качественный уровень исполнения сложных прыжков с многократными вращениями вокруг поперечной и продольной осей тела. Победителем соревнований в прыжках в воду, так же как и в других видах спорта, становится тот, кто лучше умеет настраиваться, рационально распоряжаться не только своими физическими данными, но и умеет управлять своим нервно-психическим состоянием во время спортивных состязаний. Особое значение для высоких спортивных достижений, по данным многих авторов, имеют личностные данные спортсменов. Диагностика и последующая регуляция психологического здоровья спортсменов является одной из важнейших задач их подготовки.

По этой причине нами было проведено комплексное исследование психологических свойств личности квалифицированных прыгунов в воду.

Психологический портрет личности спортсменов определяли при помощи компьютерного комплекса для проведения психофизиологических и психологических тестов с регистрацией вегетативных и эмоциональных реакций «НС Психотест», используя следующие тесты: «Личностный опросник Айзенка», «Опросник Юнга».

По уровню спортивных достижений спортсмены были разделены на кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта, а также мастеров спорта международного класса.

С целью определения уровня темперамента спортсменов проводили тест «Личностный опросник Айзенка». Показано, что для прыгунов в воду независимо от пола и прыжковых дисциплин характерны следующие типы темперамента: холерик, сангвиник, меланхолик и холерик, сангвиник и холерик. Причем каждый из типов темперамента встречается у прыгунов различных дисциплин.

Однако в исследуемой выборке мастеров спорта преобладает сангвистический тип темперамента. Он выявлен у 62 % спортсменов, специализирующихся как в индивидуальном прыжке с различной высоты, так и в синхронных прыжках с вышки и трамплина.

Среди кандидатов в мастера спорта сангвиники составили 42 %. Характерными особенностями сангвиников являются общительность, открытость, контактность, непринужденность, беспечность, жизнерадостность, энергичность, инициативность, склонность к лидерству, самоуверенность.

16 % спортсменов мастеров спорта и мастеров спорта международного класса являются холериками. Среди кандидатов в мастера спорта холерики составляют 38 %. Для людей данного типа темперамента характерны следующие особенности: активность, оптимизм, импульсивность, изменчивость настроения, чувствительность, эмоциональная возбудимость, в ответ на воздействие неблагоприятных факторов склонность испытывать беспокойство, тенденция к враждебным (обидчивость) и агрессивным реакциям. Холерики также встречаются среди спортсменов различных прыжковых дисциплин.

18 % и 12 % мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта соответственно имеют промежуточный тип темперамента, сочетающий черты холерического и сангвинического. Для данного пограничного типа темперамента характерны следующие особенности: активность, энергичность, общительность, оптимистичность. В неблагоприятных условиях склонность испытывать беспокойство и тревогу, тенденция к враждебным (обидчивость) и агрессивным реакциям.

4 % и 8 % мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта соответственно сочетают черты меланхолика и холерика. Для данного пограничного типа темперамента характерны следующие особенности: эмоциональная неуравновешенность, тенденция испытывать беспокойство и тревогу по незначительным поводам, чувствительность, обидчивость, склонность переживать сильные негативные эмоции в неблагоприятных условиях.

Таким образом, показано, что большинство прыгунов в воду являются сангвиниками. Причем среди спортсменов, достигших наивысших результатов, данный тип темперамента преобладает по сравнению с атлетами более низкого уровня спортивного мастерства. Эмоциональная неуравновешенность, тенденция испытывать

беспокойство и тревогу по незначительным поводам, чувствительность, обидчивость, склонность переживать сильные негативные эмоции в неблагоприятных условиях, характерные для меланхолика и холерика, встречаются редко у прыгунов в воду.

С целью выявления типологических особенностей личности применяли опросник Юнга. Показано, что независимо от уровня спортивного мастерства 78 % испытуемых являются экстравертами. Личность проявляет направленность интереса к внешнему миру, которая характеризуется общительностью, склонностью к лидерству, импульсивности, агрессивности. Причем экстраверсия встречается у большинства спортсменов различных прыжковых дисциплин и не зависит от половой принадлежности.

22 % прыгунов в воду сочетают черты направленности как на внешний мир, так и на собственный внутренний мир, то есть являются амбивалентами. В поведении проявляются как черты экстраверсии (общительность, импульсивность, склонность к лидерству), так и черты интроверсии (сдержанность, отстраненность от людей, склонность к тревожности и ригидности).

Анализ результатов полученных данных позволил выявить, что большинство прыгунов в воду являются экстравертами, но встречаются также и амбиваленты.

#### ***1.4.2. Психофизиологические критерии***

Долговременный учебно-тренировочный процесс сопровождается значительными изменениями нейродинамических характеристик и трансформацией психофизиологического состояния организма спортсмена, которое рассматривается как способ обеспечения высших психических функций. При этом учитывается, что управляющая и регулирующая роль центральной нервной системы (ЦНС), непосредственно определяющая психофизиологический статус организма человека, непостоянна: она претерпевает существенное изменение в процессе любой деятельности, в том числе и в связи с изменением в результате многолетних тренировок. Все это свидетельствует о том, что психофизиологическое состояние является одним из важнейших слагаемых спортивных успехов

и потому может быть оценено только во взаимосвязи и через спортивные достижения.

Отсутствие информации по данному вопросу и его актуальность явились причиной проведения исследования психофизиологических характеристик квалифицированных прыгунов в воду. Для этого применяли компьютерный комплекс для проведения психофизиологических и психологических тестов с регистрацией вегетативных и эмоциональных реакций «Психотест». Психофизиологические характеристики спортсменов изучали при помощи следующих тестов: «Оценка внимания», «Помехоустойчивость», «Простая зрительно-моторная реакция», «Реакция различения», «Реакция выбора», «Реакция на движущийся объект», «Критическая частота слияния мельканий», «Теппинг-тест».

Оценка зрительных реакций занимает ключевое место в психофизиологии. Сущность исследования заключается в измерении времени моторной реакции на световой стимул. Анализ полученных результатов позволяет оценить абсолютное время, устойчивость, стабильность реакции, вероятность ошибок и срывов. Зрительно-моторная реакция отражает динамику скорости нервных процессов, их переключение, уровень зрительно-моторной координации, общий уровень работоспособности и активности центральной нервной системы.

Для диагностики концентрации и устойчивости внимания применяли методику «Оценка внимания». При анализе результатов теста показано, что времени реакции прыгунов в воду различного уровня спортивного мастерства, выполняющих как индивидуальные, так синхронные прыжки с различной высоты, колеблется в пределах от 274 мс до 290 мс, что указывает на среднее время реакции. Также установлена высокая устойчивость и концентрация внимания у всех квалифицированных прыгунов в воду независимо от пола и вида прыжковых дисциплин. То есть спортсмены могут в течение длительного времени концентрировать внимание на необходимом объекте и выполнять заданную задачу независимо от внешних отвлекающих факторов. Показатели концентрации и устойчивости внимания представлены в таблице 18.

*Результаты методики «Оценка внимания»  
квалифицированных прыгунов в воду*

Вид прыжков в воду	Пол	Устойчивость внимания	Концентрация внимания
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	1,0	0,8
	девушки	1,1	0,7
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	1,1	0,8
	девушки	1,0	0,7
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	1,1	0,7
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	1,1	0,7
	девушки	1,0	0,7
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	1,0	0,8
	девушки	1,1	0,7

Показано отсутствие статистически значимых отличий в значениях времени реакции спортсменов различного пола и различных прыжковых дисциплин (таблица 18). Однако у прыгунов в воду, имеющих более высокий уровень спортивного мастерства (мастер спорта), выявлено более высокое среднее значение времени реакции по сравнению с кандидатами в мастера спорта.

Для оценки способности спортсменов воспринимать какой-либо объект в условии фоновых признаков (помех) применяли тест «Помехоустойчивость». Помехами в данном случае служили различные зрительные стимулы, которые мешали выполнению задания. Наличие помех при восприятии объекта снижает степень чувствительности к основному сигналу, концентрацию внимания и общую работоспособность человека. Однако в зависимости от индивидуальных свойств нервной системы воздействие одних и тех же помех на различных людей неодинаково, а в зависимости от текущего функционального состояния один и тот же человек в различное время по-разному подвержен воздействию помех.

Таблица 19

Результаты теста «Помехоустойчивость прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Среднее значение времени реакции, мс
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	366,0 ± 12,7
	девушки	369,4 ± 11,7
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	367,9 ± 12,8
	девушки	363,4 ± 12,1
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	359,0 ± 15,1
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	361,9 ± 12,3
	девушки	360,9 ± 15,9
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	361,7 ± 16,9
	девушки	369,1 ± 12,7

Таблица 20

Результаты теста «Помехоустойчивость» прыгунов в воду (мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Среднее значение времени реакции, мс
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	336,0 ± 12,9
	девушки	339,4 ± 11,5
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	332,9 ± 13,1
	девушки	341,4 ± 12,1
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	331,0 ± 12,8
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	337,9 ± 11,3
	девушки	333,9 ± 12,9
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	337,7 ± 15,7
	девушки	338,1 ± 12,7

Для оценки степени помехоустойчивости вычисляли разницу показателей тестов «Помехоустойчивость» и «Оценка внимания». Показано, что у спортсменов более высокого уровня спортивного мастерства (мастер спорта и мастер спорта международного класса) среднее значение данного показателя составило  $51,7 \pm 7,9$  мс, то есть выявлено не значительное отличие времени реакции между двумя тестами. Это указывает на то, что высококвалифицированные прыгуны в воду могут в течение длительного времени концентрировать внимание на необходимом объекте и выполнять заданную задачу независимо от внешних отвлекающих факторов.

У спортсменов — кандидатов в мастера спорта разница времени реакции между тестами «Оценка внимания» и «Помехоустойчивость» составила в среднем  $83,6 \pm 12,9$  мс, что является значительным и указывает на не высокую помехоустойчивость. То есть для данной группы спортсменов длительная концентрация внимания возможна лишь в условиях отсутствия шума и других отвлекающих факторов. Для данных спортсменов необходимо разработать комплекс мероприятий, направленных на повышение устойчивости внимания.

Данные отличия не зависят от пола спортсменов и вида прыжковых дисциплин.

Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР) представляет собой элементарный вид произвольной реакции человека на зрительный стимул, в котором принято выделять два последовательных компонента: сенсорный (латентный) период и моторный период. Латентный период определяется как период восприятия и идентификации стимульного сигнала, включающий возбуждение рецепторов сетчатки, прохождение сигнала по зрительному анализатору, переработку сигнала центральной нервной системой и принятие решения о конкретном способе реагирования. Моторный период — это период выполнения движения, включающий этапы посылки сигнала к исполнительному органу, развитие возбуждения в исполнительном органе, сокращение мышц конечности (или собственно выполнение движения)

и проприорецепторный контроль параметров движения. Суммарная скорость ПЗМР зависит от времени, затраченного на прохождение каждого из ее этапов (например, длительность моторного периода зависит от быстроты проведения возбуждения по нервам, уровня возбуждения мышц и преодоления сил инерции покоя тела и конечности) и обусловлена анатомическими особенностями анализатора, свойствами нервных процессов, психофизиологическим состоянием организма и двигательнo-координационным потенциалом обследуемого. Время ПЗМР может изменяться в зависимости от ряда факторов, оказывающих влияние на свойства и состояние центральной нервной системы, как внешних (интенсивность раздражителя, его сенсорная модальность и сенсорное качество, межсигнальный интервал), так и внутренних (возраст, пол, профессиональные навыки, типологические особенности нервной системы), а также от комбинации этих факторов. В связи с тем, что ПЗМР лежит в основе других целенаправленных приспособительных реакций человека, на основании показателя скорости ПЗМР можно делать вывод о временных параметрах более сложных составляющих деятельности спортсмена. Кроме того, по скорости ПЗМР возможна оценка интегральных характеристик центральной нервной системы человека.

С целью оценки зрительного и центрального утомления, качества сенсомоторного воздействия, подвижности нервной системы проводили тест «Простая зрительно-моторная реакция». Установлено, что среднее значение времени простой зрительно-моторной реакции мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта составило в среднем  $221,7 \pm 12,0$  мс и  $257,9 \pm 15,0$  мс соответственно (таблица 21, таблица 22). То есть более квалифицированные спортсмены имеют более быструю скорость зрительно-моторной реакции. При этом статистически достоверных отличий в значениях данного показателя у спортсменов различного пола и различных прыжковых дисциплин не выявлено.

Таблица 21

*Результаты теста «Простая зрительно-моторная реакция» прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Среднее значение времени реакции, мс
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	$260,0 \pm 12,7$
	девушки	$258,4 \pm 9,5$
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	$265,9 \pm 11,3$
	девушки	$265,4 \pm 9,8$
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	$253,0 \pm 9,8$
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	$259,9 \pm 11,3$
	девушки	$260,9 \pm 8,9$
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	$255,7 \pm 12,7$
	девушки	$253,1 \pm 9,7$

Таблица 22

*Результаты теста «Простая зрительно-моторная реакция» прыгунов в воду (мастера спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Среднее значение времени реакции, мс
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	$221,0 \pm 9,9$
	девушки	$225,4 \pm 8,5$
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	$227,9 \pm 7,1$
	девушки	$219,4 \pm 9,1$
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	$218,0 \pm 9,8$
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	$220,9 \pm 11,1$
	девушки	$223,9 \pm 9,9$
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	$225,7 \pm 12,7$
	девушки	$223,1 \pm 12,7$

С целью изучения сложных сенсомоторных реакций проводили тест «Реакция различения». Он осуществляется на один определенный стимул из нескольких разнообразных стимулов. Процесс обработки сенсорной информации центральной нервной системой происходит не только по принципу наличия либо отсутствия сигнала, но и по принципу различения сигналов, отбора сигналов определенного цвета из общего их числа и формирования реакции на заданный вид сигнала. В связи с более сложным процессом обработки сенсорной информации центральной нервной системой скорость реакции различения меньше, чем скорость простой реакции, т. е. время, затраченное на осуществление реакции различения, больше, чем на осуществление простой реакции. Методика «Реакция различения» предназначена для измерения подвижности нервных процессов в ЦНС.

При анализе результатов теста показано, что 82 % спортсменов с разрядом мастера спорта и 48 % кандидатов в мастера спорта имеют подвижный тип высшей нервной деятельности. Среднее значение скорости реакции составляет  $257,8 \pm 12,7$  мс. Это указывает на то, что нервная система данных атлетов может быстро перестраиваться на меняющиеся раздражители, что является одной из главных детерминант скорости центральной переработки информации, в том числе и скорости процесса принятия решения.

У 18 % прыгунов в воду мастеров спорта и 52 % кандидатов в мастера спорта имеют промежуточный тип высшей нервной деятельности между инертным и подвижным. Среднее значение скорости реакции составило  $329,5 \pm 13,9$  мс.

То есть для элитных прыгунов в воду предпочтителен подвижный тип высшей нервной деятельности.

К разновидности сложной сенсомоторной реакции относится также реакция выбора. В результате проведения теста «Реакция выбора» установлено, что 68 % прыгунов в воду — мастеров спорта имеют высокую скорость сенсомоторной реакции ( $315,8 \pm 8,7$  мс) и 32 % — среднюю скорость сенсомоторной реакции ( $405,9 \pm 19,8$  мс).

У спортсменов, имеющих уровень спортивного мастерства — кандидаты в мастера спорта, высокая скорость сенсомоторной реакции выявлена у 28 % ( $327,8 \pm 12,7$  мс), средняя у 52 % ( $415,9 \pm 15,7$  мс) и низкая скорость сенсомоторной реакции у 20 % прыгунов в воду ( $439,3 \pm 12,9$  мс).

При этом не установлено зависимости скорости сенсомоторной реакции от пола и вида прыжковой дисциплины.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что прыгуны в воду высокого уровня имеют высокую скорость сенсомоторной реакции независимо от пола и вида прыжковых дисциплин.

Для анализа скорости проведения возбуждения и торможения по рефлекторной дуге применяли тест «Реакция на движущийся объект» («РДО»). Время реакции является интегральным показателем в оценке проведения возбуждения по центральным образованиям, что позволяет рассматривать время РДО в качестве критерия оценки процессов возбуждения и торможения центральной нервной системы. Исследование РДО является одной из наиболее информативных методик оценки силы и уравновешенности нервных процессов.

Обработка результатов производится путем сравнения количества опережающих и запаздывающих реакций. Если число опережений (преждевременных реакций) превышает число запаздываний, то диагностируется неуравновешенность нервных процессов с преобладанием силы возбуждения; если число запаздываний превышает число опережений — неуравновешенность с преобладанием торможения; если данные показатели равны либо различаются незначительно, то диагностируется уравновешенность нервных процессов.

Показано, что у 88 % прыгунов в воду независимо от пола, уровня спортивного мастерства и вида прыжковых дисциплин преобладает возбудительный процесс, у 12 % испытуемых выявлен сбалансированный вариант тормозного и возбудительного процесса. Для людей с преобладанием процессов возбуждения над процессами торможения характерны высокая реактивность, активность, быстрый темп реакций.

Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ) отражает скорость возникновения и прекращения нервных процессов, лабильность нервной системы. Для уточнения типологические особенности нервной системы проводили тест КЧСМ. В основе методики лежит способность глаза воспринимать низкочастотные периодические прерывания светового раздражителя. При увеличении частоты прерывания светового потока ощущение мельканий сменяется ощущением ровного, немигающего света. Минимальная частота всплеск в секунду, при которой наступает слияние мельканий, и называется критической частотой слияния мельканий.

Установлено, что у 48 % испытуемых различного уровня спортивного мастерства, пола и вида прыжковых дисциплин подвижность нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора находится в пределах средних значений, что соответствует норме, а у 52 % выявлена высокая подвижность нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора.

Полученные данные указывают на то, что нервная система прыгунов в воду достаточно подвижная, что обуславливает легкое переключение с одного вида деятельности на другой при постоянно меняющихся процессах.

Для анализа силы нервной системы применяли «Теппинг-тест». Он отражает работу человека в экстремальных условиях, и в ситуациях высокоэмоционального напряжения. Кроме того, сила нервных процессов связана с развитием волевой сферы личности и таких качеств, как смелость, решительность, терпеливость.

Установлено, что 86 % мастеров спорта и 72 % кандидатов в мастера спорта имеют нервную систему средней силы. У 14 % мастеров спорта и 14 % кандидатов в мастера спорта выявлена сильная нервная система. И у 14 % кандидатов в мастера спорта показана слабая нервная система (рисунок 11, рисунок 12).

Полученные данные указывают на то, что большая часть квалифицированных прыгунов в воду имеют нервную систему промежуточного типа между средней и слабой силы. У них выявлен ровный тип кривой, полученной по результатам обследований.

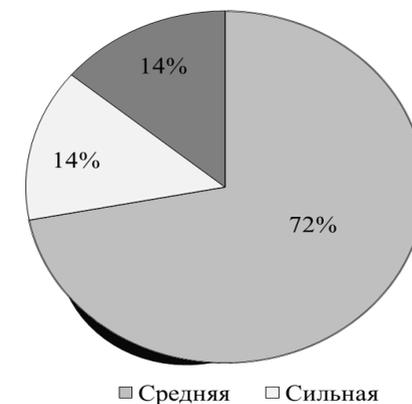


Рис. 11. Распределение прыгунов в воду — кандидатов в мастера спорта, по силе нервной системы



Рис. 12. Распределение прыгунов в воду — мастеров спорта, по силе нервной системы

У спортсменов со средней силой сильный, уравновешенный, инертный тип (спокойный) нервной системы отличается также сильными уравновешенными возбуждательными и тормозными процессами, но они малоподвижны, и получить адекватную реакцию при смене положительного сигнального раздражения на отрица-

тельный (и наоборот) удастся с большим трудом. Этот тип характеризуется выраженным контролем коры над безусловными рефлексами и эмоциями. Активны и стойки при выполнении сложных заданий, что является необходимым в прыжках в воду.

Типологические особенности свойств нервной системы спортсменов необходимо учитывать как в учебно-тренировочном процессе, так и в подготовке спортсменов к соревнованиям. Взаимосвязь выполняемой деятельности и правильно подобранных условий для этого будет способствовать повышению спортивных результатов.

Выявленные особенности свойств нервной системы спортсменов не зависят от пола и вида прыжковых дисциплин.

Таким образом, анализ результатов полученных данных позволяет выявить следующие особенности свойств нервной системы квалифицированных прыгунов:

1) для прыгунов в воду различного уровня спортивного мастерства, выполняющих как индивидуальные, так синхронные прыжки с различной высоты, характерно среднее время реакции, высокая устойчивость и концентрация внимания,

2) прыгунов в воду, имеющие более высокий уровень спортивной квалификации (мастер спорта), по сравнению с кандидатами в мастера спорта характеризуются меньшим временем, необходимым для осуществления зрительно-моторной реакции, лучшей концентрацией внимания,

3) наиболее квалифицированные прыгуны в воду в подавляющем большинстве имеют подвижный тип высшей нервной деятельности, преобладание процесса возбуждения над торможением и нервную систему средней силы.

С целью проведения отбора в прыжки в воду наиболее благоприятными являются следующие свойства нервной системы:

— тип высшей нервной деятельности подвижный или промежуточный между инертным и подвижным;

— преобладание процесса возбуждения над торможением или сбалансированный вариант тормозного и возбуждательного процессов;

— средняя сила нервной системы.

На основании анализа результатов полученных данных скорости простой и сложных зрительно-моторных реакций квалифицированных прыгунов в воду и физиологических нормативов можно заключить о том, что время простой зрительно-моторной реакции и реакции выбора спортсменов соответствуют норме (таблица 23), а время реакции различения ниже нормы, что указывает на более быструю реакцию прыгунов в воду на сложные зрительные стимулы. В связи с этим в таблице 24 приведены рекомендуемые значения времени зрительно-моторных реакций для проведения отбора в прыжки в воду.

Таблица 23

*Среднее время реакции по результатам тестов оценки простой и сложных зрительно-моторных реакций*

Наименование теста	Прыгуны в воду	Возрастная норма
ПЗМР, мс	210—232	220—260
Реакция выбора, мс	307—325	332—434
Реакция различения, мс	260—380	400—430

Таблица 24

*Средние значения нормы и рекомендуемые значения времени зрительно-моторных реакций для отбора в прыжки в воду*

Наименование теста	Возраст				
	7	8	9	10	11
Физиологическая норма					
ПЗМР, мс	320—390	330—370	295—315	270—300	240—280
Реакция выбора, мс	582—650	550—610	500—560	450—500	400—450
Реакция различения, мс	360—400	345—370	320—340	300—330	280—320
Рекомендуемое значение для отбора в прыжки в воду					
ПЗМР, мс	320—390	330—370	295—315	270—300	240—280
Реакция выбора, мс	582—650	550—610	500—560	450—500	400—450
Реакция различения, мс	340—370	320—350	300—320	280—300	270—290

### 1.5. Физические качества при отборе детей в прыжки в воду

Оценку развития различных физических качеств прыгунов в воду проводили при помощи следующих тестов:

— гибкость изучали при помощи упражнений «поперечный шпагат» (бедра касаются пола) и «мост» из положения лежа на спине;

— скоростно-силовые качества оценивали по результатам прыжка в длину с места, лазанья по канату без помощи ног 5 м, напрыгивание на возвышенность высотой 60 см;

— скоростные способности изучали на основании времени выполнения бега на 100 м;

— силовые качества оценивали по итогам выполнения упражнений «поднимание ног из виса на гимнастической перекладине до касания перекладины» и «сгибание и разгибание рук в упоре на параллельных гимнастических скамейках».

При анализе гибкости квалифицированных прыгунов в воду показано, что все они выполняют нормативы общей физической подготовки для зачисления в группы на этапе высшего спортивного мастерства. На это указывают результаты упражнения «мост» из положения лежа на спине, при выполнении которого расстояние от стоп до пальцев рук не превышает необходимые значения (таблица 25). При выполнении поперечного шпагата у всех спортсменов бедра касаются пола. Статистически достоверных гендерных различий, а также отличий в рамках прыжковых дисциплин и уровня спортивного мастерства в результатах тестов на гибкость у спортсменов не выявлено.

При оценке скоростно-силовых, скоростных и силовых способностей не выявлено различий в результатах выполнения соответствующих тестов юношами и девушками, исполняющими индивидуальные и синхронные прыжки с различной высоты (таблица 26, таблица 27, таблица 28, таблица 29). При этом результаты тестов соответствовали по нормативам для зачисления в группы на этапе высшего спортивного мастерства. Однако показано, что у мастеров спорта более выражены скоростно-силовые и силовые способности по сравнению с кандидатами в мастера спорта (таблица 26, таблица 27).

Т а б л и ц а 25

Результаты упражнений на гибкость квалифицированных прыгунов в воду

Вид прыжков в воду	Пол	Поперечный шпагат (бедра касаются пола)	Упражнение «мост» из положения лежа на спине (расстояние от стоп до пальцев рук, см)
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	100 % спортсменов	31,0 ± 1,2
	девушки	100 % спортсменов	30,0 ± 1,7
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	100 % спортсменов	32,0 ± 2,1
	девушки	100 % спортсменов	29,0 ± 1,3
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	100 % спортсменов	29,0 ± 0,9
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	100 % спортсменов	32,0 ± 1,9
	девушки	100 % спортсменов	30,0 ± 2,3
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	100 % спортсменов	31,0 ± 1,2
	девушки	100 % спортсменов	28,0 ± 2,9

Для оценки силы мышц пресса спортсмены выполняли упражнения «Поднимание ног из виса на гимнастической перекладине до касания перекладины» и «Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу». Показано, что более квалифицированные прыгуны в воду имеют большую силу мышц пресса. При этом девушки и юноши кандидаты в мастера спорта не независимо от вида прыжков выполнили задание в среднем 10 раз. Мастера спорта поднимали ноги из виса на гимнастической перекладине до касания перекладины от 12 до 15 раз.

Таблица 26

Результаты упражнений на оценку скоростно-силовых способностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Прыжок в длину с места	Лазанье по канату без помощи ног 5 м, с	Напрыгивание на возвышенность высотой 60 см, кол-во раз
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	215,6 ± 5,1	7,7 ± 0,2	7,2 ± 2,8
	девушки	185,0 ± 6,2	7,5 ± 0,4	6,1 ± 2,7
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	215,6 ± 6,1	7,5 ± 0,4	6,2 ± 2,3
	девушки	183,0 ± 5,1	7,7 ± 0,2	6,2 ± 1,2
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	219,6 ± 3,8	7,8 ± 0,3	7,2 ± 2,9
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	220,6 ± 4,1	7,5 ± 0,5	7,1 ± 2,5
	девушки	187,0 ± 6,3	7,4 ± 0,3	7,2 ± 1,8
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	223,6 ± 5,1	7,8 ± 0,5	7,7 ± 1,3
	девушки	185,0 ± 4,9	7,7 ± 0,4	7,8 ± 1,5

Таблица 27

Результаты упражнений на оценку скоростно-силовых способностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Прыжок в длину с места	Лазанье по канату без помощи ног 5 м, с	Напрыгивание на возвышенность высотой 60 см, кол-во раз
1	2	3	4	5
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	259,6 ± 3,1	7,3 ± 0,4	11,2 ± 1,3
	девушки	197,0 ± 5,0	7,1 ± 0,6	8,1 ± 2,7
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	260,6 ± 5,1	7,5 ± 0,3	11,2 ± 1,3
	девушки	199,0 ± 3,8	7,5 ± 0,2	10,2 ± 2,2

Окончание табл. 27

1	2	3	4	5
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	257,6 ± 3,8	7,3 ± 0,3	11,2 ± 1,9
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	260,7 ± 4,1	7,5 ± 0,5	10,1 ± 2,5
	девушки	199,0 ± 4,3	7,1 ± 0,2	8,2 ± 2,8
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	258,6 ± 4,1	7,2 ± 0,5	10,7 ± 1,3
	девушки	197,0 ± 4,2	7,1 ± 0,6	9,8 ± 1,5

Силовые показатели имеют большое значение для выполнения сложных прыжков, по это причине их необходимо учитывать при проведении спортивного отбора (таблица 28, таблица 29).

Таблица 28

Результаты упражнений на оценку силовых способностей квалифицированных прыгунов в воду (кандидаты в мастера спорта)

Вид прыжков в воду	Пол	Поднимание ног из виса на гимнастической перекладине до касания перекладины за 20 с, кол-во раз	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	10,0 ± 1,0	50,0 ± 3,0
	девушки	10,2 ± 2,0	20,2 ± 2,0
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	10,0 ± 1,7	53,0 ± 1,7
	девушки	10,2 ± 2,1	23,1 ± 2,3
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	11,0 ± 1,9	55,0 ± 3,1
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	11,1 ± 1,7	53,0 ± 2,0
	девушки	10,2 ± 1,2	21,9 ± 2,3
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	10,0 ± 1,0	55,0 ± 2,7
	девушки	10,1 ± 1,3	21,3 ± 2,3

Статистически достоверных гендерных различий, а также отличий в рамках прыжковых дисциплин в результатах тестов на скоростно-силовые и силовые способности у спортсменов не выявлено.

Т а б л и ц а 29

*Результаты упражнений на оценку силовых способностей квалифицированных прыгунов в воду (мастера спорта)*

Вид прыжков в воду	Пол	Поднимание ног из виса на гимнастической перекладине до касания перекладины за 20 с, кол-во раз	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	14,0 ± 1,0	65,0 ± 3,0
	девушки	12,2 ± 1,0	27,2 ± 2,0
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	14,0 ± 1,7	67,0 ± 1,7
	девушки	13,2 ± 2,1	28,1 ± 2,3
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	15,0 ± 1,9	65,0 ± 3,1
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	14,1 ± 1,7	69,0 ± 2,0
	девушки	12,0 ± 1,2	301,9 ± 1,3
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	15,0 ± 1,0	68,0 ± 2,7
	девушки	13,1 ± 1,3	34,3 ± 2,3

При анализе скоростных способностей показано отсутствие статистически значимых отличий во времени пробегания 100 м у спортсменов обоих полов, различного уровня спортивно мастерства, выполняющих прыжки с различных снарядов (таблица 30).

Полученные результаты соответствуют нормативам общей физической и специальной физической подготовки прыгунов

в воду на этапе высшего спортивного мастерства. Результаты полученных данных свидетельствуют о хорошей физической подготовке прыгунов в воду различного пола, гармоничном развитии у них скоростно-силовых качеств, координационных способностей, силы и гибкости.

Т а б л и ц а 30

*Результаты упражнений на оценку скоростных способностей квалифицированных прыгунов в воду*

Вид прыжков в воду	Пол	Бег на 100 м, с
Трамплин (индивидуальный прыжок)	юноши	13,2 ± 0,5
	девушки	15,3 ± 0,3
Вышка 5 м (индивидуальный прыжок)	юноши	12,8 ± 0,2
	девушки	15,8 ± 0,2
Вышка 10 м (индивидуальный прыжок)	юноши	13,1 ± 0,3
Вышка (синхронный прыжок)	юноши	13,5 ± 0,3
	девушки	15,7 ± 0,2
Трамплин (синхронный прыжок)	юноши	13,1 ± 0,1
	девушки	15,3 ± 0,3

Для оценки общей выносливости прыгунов в воду применяли беговой тест Купера. Испытуемому необходимо было пробежать как можно большее расстояние за 12 минут. По итогам теста показано, что независимо от вида прыжковых дисциплин большинство кандидатов в мастера спорта имеют хорошую физическую форму: 82 % юношей пробежали за 12 с от 2500 м до 2700 м, 93 % девушек — в среднем 2000 м. Физическую форму 18 % юношей и 7 % девушек можно охарактеризовать как отличную: они пробежали в среднем более 2700 м и 2000 м соответственно. Среди мастеров спорта отличную физическую форму имели 79 % юношей и 73 % девушек. Остальные высококвали-

фицированные атлеты характеризовались хорошей физической формой. Полученные данные указывают на то, что у более квалифицированных прыгунов в воду выше общая выносливость.

Известно, что для выполнения современных сложных прыжков в воду прыгуну необходимо быть хорошо физически подготовленным и обладать высоким уровнем развития таких физических качеств, как быстрота, сила, гибкость и ловкость.

Гибкость имеет большое значение для прыгунов в воду:

1) растяжимость (пластика) мышц оказывает существенное влияние на способность красиво двигаться;

2) подвижность в плечевых и голеностопных суставах влияет на красоту линии (позы) спортсмена во время полёта;

3) прыгунам в воду необходимо иметь запас гибкости в тазобедренных суставах, что позволяет свободнее группироваться или «складываться» при выполнении прыжков с многократными вращениями;

4) для прыгунов в воду очень важна подвижность в плечевых суставах, так как ограниченная подвижность, невозможность поднять вверх руки, поставить в одну линию с телом приводит к осложнениям в освоении и совершенствовании винтовых прыжков.

В таблице 31 представлено влияние физических качеств на результативность в прыжках в воду.

Таблица 31  
Влияние физических качеств на результативность  
в прыжках в воду

Физические качества	Уровень влияния
Быстрота	3
Сила	2
Выносливость	1
Гибкость	3
Координация	3

Таблица 32

Нормативы общей физической и специальной физической подготовки для зачисления и перевода на этап начальной подготовки по виду спорта «прыжки в воду»

Вид теста	Возраст, лет					
	6—7	8—9	10—11	6—7	8—9	10—11
	Мальчики			Девочки		
Прыжок в длину с места, см	85—115	108—142	128—162	77—107	103—177	118—152
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу, кол-во раз	7—10	5—18	10—22	4—6	4—12	5—13
Бег на 30 м, с	6,1—7,0	5,1—7,1	5,0—6,6	6,6—7,5	5,3—7,3	5,2—6,6
Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье (от уровня скамьи)	+7—+1	+8—+2	+9—+3	+3—+9	+11—+3	+13—+4

На основании Федерального стандарта спортивной подготовки по виду спорта «прыжки в воду» и результатов собственных исследований нами рекомендовано проводить тесты, представленные в таблице 30, для оценки физических качеств детей при проведении начального отбора в прыжки в воду.

## 1.6. Вестибулярный анализатор как критерий отбора в прыжки в воду

С целью оценки состояния вестибулярного анализатора применяли тест Бондаревского и пробу Яроцкого. Тест Е. А. Бондаревского характеризует функцию статического равновесия спортсменов, является временным показателем удержания статического равновесия на левой или правой ноге, а другая нога согнута в колене развёрнута в сторону, и подошвой стопы упирается в другое колено. Руки при этом на поясе, зрение выключено.

Проба Яроцкого выполняется в основной стойке, глаза закрыты, непрерывное вращение головы в одну сторону в темпе два движения в секунду. Отсчитывается время от начала движения головы до момента потери равновесия.

При анализе результатов теста Бондаревского и пробы Яроцкого показано, что квалифицированные прыгуны в воду обладают очень хорошей вестибулярной устойчивостью (таблица 33).

Т а б л и ц а 33

*Результаты теста на определение вестибулярной устойчивости квалифицированных прыгунов в воду*

Вид прыжков	Пол	Тест Бондаревского, с		Проба Яроцкого, с	
		Показатель спортсменов	Норма	Показатель спортсменов	Норма
индивидуальный прыжок					
Трамплин	юноши	123,0 ± 6,3	20	90,0 ± 5,3	40—80
	девушки	125,0 ± 5,7		89,0 ± 3,9	
Вышка 5 м	юноши	130,0 ± 5,9		95,0 ± 5,2	
	девушки	127,0 ± 3,8		87,0 ± 3,9	
Вышка 10 м	юноши	135,0 ± 6,7	95,0 ± 5,9		
синхронный прыжок					
Вышка	юноши	129,0 ± 5,1	20	90,0 ± 3,1	40—80
	девушки	127,0 ± 6,1		91,7 ± 5,2	
Трамплин	юноши	125,0 ± 5,3		93,0 ± 5,1	
	девушки	123,0 ± 6,1		91,7 ± 5,7	

Время удержания равновесия в стойке на одной ноге, а также при вращении головой значительно превосходит значения нормы. При этом не выявлено статистически достоверных отличий в результатах обеих проб у спортсменов мужского и женского пола и квалификации, а также в пределах различных прыжковых дисциплин (таблица 33).

На основании результатов проведенных исследований и возрастных норм, указанных в литературе, нами предложены значения результатов теста Бондаревского и пробы Яроцкого при проведении отбора в прыжки в воду на начальном этапе подготовки (таблица 34).

Т а б л и ц а 34

*Рекомендуемые значения результатов тестов на определение вестибулярной устойчивости при проведении отбора в прыжки в воду*

Возраст, лет	Тест Бондаревского, с		Проба Яроцкого, с	
	Возрастная норма	Рекомендуемое значение	Возрастная норма	Рекомендуемое значение
7—8	7	7 и более	15—25	25 и более
9—11	15	15 и более		

## 1.7. Особенности микроциркуляции квалифицированных прыгунов в воду

Система микроциркуляции является сложной саморегулирующейся системой, основная функция которой заключается в доставке к органу кислорода и питательных веществ, а также в своевременном удалении продуктов распада. Регулярные физические нагрузки, которым подвергается организм спортсмена, вызывает целый ряд структурно-функциональных модификаций системы микроциркуляции, которые направлены на поддержание оптимального уровня оксигенации скелетных мышц. При этом параметры, характеризующие состояние микроциркуляторного звена, могут достигать предельно допустимых значе-

ний, а в отдельных случаях приводить к нарушению микрогемодинамики.

К микроциркуляторному руслу относятся артериолы, прекапилляры, собственно капилляры, посткапиллярные венулы и венулы и артериоло-венулярные анастомозы или шунты. Функциональное назначение артериоло-венулярных анастомозов — обеспечение сброса артериальной крови в венозные сосуды, а также регуляция кровотока через капилляры: при закрытых анастомозах кровоток через капилляры увеличивается в результате увеличения давления в артериолах и уменьшения в венулах. При открытых анастомозах капиллярный (нутритивный) кровоток уменьшается, что сказывается на интенсивности трансапикалярного обмена. Каждый компонент микроциркуляторного русла выполняет определенные функции в процессе микроциркуляции.

Одним из методов исследования функционального состояния микроциркуляторного русла является лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ). Метод ЛДФ основан на оптическом зондировании тканей монохроматическим сигналом и анализе частотного спектра монохроматического сигнала, отраженного от движущихся в тканях эритроцитов. Глубина оптического зондирования ткани существенно зависит от длины волны лазерного источника. Для красного излучения (632 нм) она не превышает 1 мм.

Регистрируемый при ЛДФ сигнал характеризует кровоток в микрососудах в объеме 1—1,5 мм<sup>3</sup> ткани. Это означает, что в коже человека ЛДФ дает интегральную информацию по очень большому количеству эритроцитов, около  $3,4 \cdot 10^4$ , одновременно находящихся в зондируемом объеме ткани.

Характеристика тканевого кровотока, регистрируемая при ЛДФ, представляет собой показатель микроциркуляции (ПМ), который является функцией от концентрации эритроцитов в зондируемом объеме ткани и их усредненной скорости. Концентрация эритроцитов характеризует геометрию потока эритроцитов в ткани, которая зависит от общей гемодинамики, строения микроциркуляторного русла и локальных органных особенностей кровотока, работы прекапиллярных сфинктеров и артерио-

ло-венулярных анастомозов, величины прекапиллярного и посткапиллярного сопротивления. Скорость эритроцитарного потока является усредненной величиной, так как осуществляется одновременно зондирование эритроцитов, движущихся с различной скоростью по микрососудам различного типа и диаметра. Скорость эритроцитов в системе микроциркуляции изменяется в диапазоне от 0,1—0,6 мм/с в капиллярах до 3,8—4,5 мм/с в венулах и артериолах.

Для записи ЛДФ-граммы используют прибор — лазерный анализатор капиллярного кровотока (ЛАКК). Запись ЛДФ-граммы обычно производится в положении пациента лежа таким образом, чтобы измеряемая область находилась на уровне сердца. Для получения стабильной записи ЛДФ-граммы необходимо соблюдать условия по стандартизации измерений в ходе проведения диагностики:

- по анатомическому положению датчика;
- по физической активности пациента (пребывание пациента перед проведением ЛДФ в спокойном состоянии в положении лежа или сидя не менее 10 мин);
- по тепловому режиму в помещении;
- по времени суток;
- не оказывать давления датчиком на поверхностные слои тканей в зоне измерения.

В ходе исследований регистрируемая величина перфузии или показатель микроциркуляции (ПМ) является величиной непостоянной даже в состоянии полного покоя испытуемого в стандартных условиях измерения. Показатель микроциркуляции претерпевает ритмические изменения различной частоты, связанные с функционированием механизмов регуляции кровотока в микроциркуляторном русле.

Для оценки реактивности микрососудов определяются показатели скорости их реакции: время достижения максимального значения показателя микроциркуляции (ПМ<sub>max</sub>) после снятия окклюзии и время полувосстановления кровотока. Общее число капилляров характеризуется показателем резервного капиллярного кровотока.

Таким образом, лазерная доплеровская флоуметрия является одним из современных методов изучения микрогемодинамики. Данный метод точен, информативен, объективен, воспроизводим и чувствителен по отношению к малейшим колебаниям интенсивности кровотока. Компьютерная обработка поступающего ЛДФ-сигнала и его разложение на гармонические составляющие дает информацию не только об интенсивности и вариабельности кровотока, но и позволяет оценить механизмы регуляции тканевого кровотока.

Исследования функционального состояния микроциркуляторного русла у прыгунов в воду проводили с помощью лазерного анализатора капиллярного кровотока ЛАКК-01 (НПП «Лазма», Россия). Измерения проводились в зоне Захарьина-Геда для сердца на наружной поверхности правого предплечья, расположенной по срединной линии на 4 см выше основания шиловидных отростков локтевой и лучевой костей. Данный участок беден артериоло-веноулярными анастомозами, поэтому в большей степени отражает нутритивный кровоток.

Запись ЛДФ-граммы проводили в течение 10 минут в красном диапазоне лазерного излучения (длина волны  $\lambda = 630$  нм, толщина зондирования около 1 мм) при температуре окружающей среды 20—22 °С.

Определяли показатель микроциркуляции ПМ (п. е.), коэффициент вариации ( $K_v$ , %), усредненные максимальные амплитуды эндотелиального (Аэ, п. е.) нейрогенного (Ан, п. е.), миогенного (Ам, п. е.), дыхательного ритмов (Ад, п. е.) и кардиоритмов (Ак, п. е.), показатель шунтирования (ПШ), нейрогенный тонус (НТ) и миогенный тонус (МТ), общий объемный кровоток (ООК, п. е./мм рт. ст.), общий нутритивный кровоток (ОНК, п. е./мм рт. ст.), общий шунтовой кровоток (ОШК, п. е./мм рт. ст.).

Показатель микроциркуляции (ПМ) характеризует средний поток эритроцитов в единице объема ткани в зондируемом участке в интервале времени регистрации. Показатель микроциркуляции измеряется в перфузионных единицах (п. е.). В норме показатель микроциркуляции равен 4—6 п. е. Увеличение ПМ

может быть связано как с ослаблением артериолярного сосудистого тонуса, которое приводит к увеличению объема крови в артериолах, так и с явлениями застоя крови в веноулярном звене. При этих условиях повышается концентрация эритроцитов в зондируемом объеме, а значит, и величина показателя микроциркуляции.

Коэффициент вариации ( $K_v$ ) позволяет оценить вклад вазомоторного компонента в модуляцию тканевого кровотока. Увеличение величины  $K_v$  отражает улучшение состояния микроциркуляции, так как увеличение этого коэффициента связано с повышением  $\sigma$  в результате активации эндотелиальной секреции, нейрогенного и миогенного механизмов контроля при практически не изменяющейся величине показателя микроциркуляции.

Составной частью ЛДФ является анализ эндотелиальных, нейрогенных, миогенных, дыхательных и пульсовых колебаний кровотока, зарегистрированных в ЛДФ-грамме.

Происхождение эндотелиальных ритмов (0,095—0,02 Гц) связывают с секреторной активностью эндотелия по выработке оксида азота. Эндотелиальный выброс оксида азота включен в физиологическую регуляцию мышечного тонуса и играет важную роль в регуляции давления и распределения потока крови. Диагностическое значение эндотелиальных колебаний заключается в оценке эндотелиальной дисфункции по относительному изменению амплитуд колебаний вблизи 0,01 Гц.

Физиологическая природа нейрогенных колебаний связана с низкочастотными симпатическими адренергическими влияниями на гладкие мышцы артериол и артериолярных участков артериоловеноулярных анастомозов. Нейрогенная симпатическая активность накладывается на миогенные вазомотии резистивных микрососудов и подчиняет их. Колебания, обусловленные симпатической активностью, имеют характерные частоты в диапазоне 0,02—0,05 Гц. Диагностическое значение нейрогенных колебаний заключается в возможности оценивать периферическое сопротивление артериол; увеличение амплитуд нейрогенных колебаний

является индикатором снижения сопротивления и возможного усиления кровотока по артериоловеноулярному шунту при повышении миогенного тонуса.

Миогенные колебания (диапазон 0,07—0,15 Гц) обусловлены активностью миоцитов прекапиллярных сфинктеров и метартериол. Чем больше амплитуда миогенных колебаний, тем ниже периферическое сопротивление, и наоборот, уменьшение вазомоторных амплитуд вызывает повышение мышечного сопротивления и, следовательно, снижение нутритивного кровотока. В физиологической интеграции управления микрокровоотком именно миогенный тонус является последним звеном контроля микрокровоотока перед капиллярным руслом. Диагностическое значение миогенных колебаний заключается в оценке состояния мышечного тонуса прекапилляров, регулирующего приток крови в нутритивное русло.

Дыхательные (респираторные) колебания (диапазон 0,15—0,4 Гц) в микроциркуляторном русле обусловлены динамикой венозного давления при легочной механической активности, присасывающим действием «дыхательного насоса». Местом локализации дыхательных ритмов в системе микроциркуляции являются вены. Наиболее явно респираторные колебания проявляются, если снижается градиент артериовенозного давления. Диагностическое значение дыхательной волны заключается в ее связи с веноулярным звеном. Например, увеличение амплитуды дыхательной волны указывает на снижение микроциркуляторного давления. Ухудшение оттока крови из микроциркуляторного русла может сопровождаться увеличением объема крови в веноулярном звене. Это обстоятельство приводит к росту амплитуды респираторных колебаний в ЛДФ-грамме,

Амплитуда кардиоритмов, приносящейся в микроциркуляторное русло со стороны артерий, является параметром, который изменяется в зависимости от состояния тонуса резистивных сосудов. При снижении сосудистого тонуса увеличивается объем притока артериальной крови в микроциркуляторное русло, модулированной пульсовой волной. Величина амплитуды кар-

диоритмов может быть взаимосвязана с амплитудами колебаний кровотока, обусловленных функционированием нейрогенного и миогенного механизмов, от которых зависят диаметры просвета артериол и артериоло-веноулярных анастомозов. Диагностическое значение кардиоритмов (диапазон 0,8—1,6 Гц): увеличение амплитуды пульсовой волны при повышении перфузии означает увеличение притока в микроциркуляторное русло артериальной крови.

Метод ЛДФ позволяет оценить влияние миогенных и нейрогенных компонентов тонуса микрососудов.

Природа нейрогенного тонуса (НТ) связана с активностью  $\alpha$ - адренорецепторов мембраны гладкомышечных клеток. Нейрогенный тонус может увеличиваться при возрастании активности симпатических нервов-вазоконстрикторов. Снижение нейрогенного тонуса наблюдается при действии сенсорных нейропептидов-вазодилататоров, тормозящих симпатическую активность.

Миогенный тонус (МТ) микрососудов связан с активностью гладкомышечных клеток метартериол и прекапиллярных сфинктеров. Миогенный тонус обратно пропорционален амплитуде осцилляций миогенного диапазона (Ам).

Показатель шунтирования (ПШ) отражает долю шунтового и нутритивного кровотока. Таким образом, чем выше амплитуда нейрогенных колебаний (т. е. нейрогенный тонус понижен) и уменьшены амплитуды миогенных колебаний (т. е. миогенный тонус повышен), тем выше показатель шунтирования. Если значение ПШ меньше 1, это означает поступление значительно объема крови в нутритивное звено на фоне спазма шунтов, например при активации симпатического вазомоторного рефлекса.

С целью выявления адаптационных резервов системы микроциркуляции, а также оценки состояния механизмов регуляции тканевого кровотока применяли окклюзионную пробу. Окклюзионная проба реализуется путем пережатия на 3 минуты соответствующего участка конечности манжетой тонометра таким образом, чтобы

вызвать остановку кровотока и соответственно ишемию в исследуемой области. После прекращения окклюзии кровотока восстанавливается и развивается реактивная постокклюзионная гиперемия, которая проявляется в увеличении показателя микроциркуляции до величины, превышающей исходный уровень ПМ с последующим спадом до исходного уровня.

Физиологическая роль окклюзионной пробы проявляется в прекращении поступления крови в плечевую артерию и соответственно в изменении кровенаполнения в тканях. В большинстве случаев кровенаполнение уменьшается, происходит отток крови из сосудов микроциркуляции. В момент декомпрессии кровотока в артерии восстанавливается и развивается реактивная гиперемия с максимальным заполнением кровью сосудов микроциркуляции. Изменение кровенаполнения от его минимальных значений во время компрессии до максимальных во время реактивной гиперемии характеризует весь диапазон возможностей изменения кровенаполнения.

При интерпретации результатов окклюзионной пробы оцениваются следующие показатели, характеризующие реактивную постокклюзионную гиперемия.

— резерв капиллярного кровотока (РКК, %); характеризует общее количество микрососудов в тестируемой области; в норме у взрослых людей резерв капиллярного кровотока более 200 %.

Снижение резервного капиллярного кровотока наблюдается в следующих случаях:

— при увеличении притока крови в микроциркуляторное русло (в этом случае увеличивается число исходно функционирующих капилляров),

— при явлениях стаза и застоя крови в венах (при данных состояниях также отмечается увеличение числа функционирующих капилляров; кроме того, при возникновении реактивной постокклюзионной гиперемии часть кинетической энергии притекающих эритроцитов неизбежно расходуется на преодоление инертности форменных элементов, находящихся в состоянии стаза).

Увеличение резервного капиллярного кровотока наблюдается при наличии спазма приносящих микрососудов; исходно функционирует меньшее число капилляров).

—  $T_{max}$ , с – интервал времени от момента снятия окклюзии до достижения ПМ $_{max}$  характеризует реактивность микрососудистого русла.  $T_{max}$  определяется количеством сосудистых блоков и степенью ишемии исследуемого участка тела;

— время полувосстановления кровотока ( $T_{1/2}$ , с) — интервал времени от момента достижения максимума (ПМ $_{max}$ ) до момента полувосстановления. Время полувосстановления характеризует реактивность микрососудов прекапиллярного звена. В норме полувосстановление кровотока происходит за 25—40 с. При наличии высокой реактивности (наклонности к спазму) время полувосстановления кровотока уменьшается, кривая реактивной постокклюзионной гиперемии снижается с высокой скоростью. В случае, когда реактивность микрососудов снижена, время полувосстановления кровотока увеличивается, снижение кривой более пологое.

Для выявления особенностей микроциркуляции у прыгунов в воду была составлена контрольная группа, в которую вошли здоровые, не занимающиеся спортом лица в возрасте 16—18 лет без нарушений микрогемодинамики.

В ходе исследований установлено, что уровень перфузии тканей прыгунов в воду был выше, чем в контрольной группе — у юношей в среднем на 85,5 %, у девушек — на 116 % (таблица 35, таблица 36). Это говорит о высоких показателях объемной перфузии системы микроциркуляции. Общая вариабельность кровотока ( $K_v$ ) значительно превышала контрольные значения у девушек (таблица 36) и у юношей — прыгунов с трамплина (таблица 35). Увеличение коэффициента вариации означает улучшение микроциркуляции, поскольку его величина отражает вазомоторную активность, обусловленную метаболическим, нейрогенным и миогенным механизмами.

Как указывалось выше, величина показателя микроциркуляции претерпевает ритмические изменения, вызванные различными эндогенными влияниями. Выявить долю этих влияний позволяет амплитудно-частотный анализ ЛДФ-граммы.

Таблица 35

Значения основных показателей микроциркуляции  
у прыгунов в воду (юноши)

Показатель	Контрольная группа	Вышка 10 метров	Трамплин
Показатель микроциркуляции (ПМ), п. е.	5,36 ± 0,12	9,87 ± 1,44	10,02 ± 1,49
Коэффициент вариации (Kv), %	3,45 ± 0,19	4,18 ± 0,8	5,86 ± 1,59
Нейрогенный тонус (НТ), у. е.	2,71 ± 0,12	2,67 ± 0,23	1,99 ± 0,28
Миогенный тонус (МТ), у. е.	4,34 ± 0,61	2,95 ± 0,27	2,01 ± 0,30
Общий тонус, у. е.	7,05 ± 0,56	5,62 ± 0,52	4,00 ± 0,57
Показатель шунтирования (ПШ), у. е.	1,62 ± 0,27	1,04 ± 0,19	1,01 ± 0,02

Таблица 36

Значения основных показателей микроциркуляции  
у прыгунов в воду (девушки)

Показатель	Контрольная группа	Вышка 5 метров	Трамплин
Показатель микроциркуляции (ПМ), п. е.	3,98 ± 0,26	8,55 ± 2,4	8,65 ± 1,15
Коэффициент вариации (Kv), %	2,77 ± 0,13	7,49 ± 1,13	10,81 ± 3,65
Нейрогенный тонус (НТ), у. е.	2,53 ± 0,08	2,57 ± 0,73	2,22 ± 0,32
Миогенный тонус (МТ), у. е.	4,3 ± 0,47	2,72 ± 0,45	2,23 ± 0,651
Общий тонус, у. е.	6,83 ± 0,4	5,29 ± 1,06	4,44 ± 0,93
Показатель шунтирования (ПШ), у. е.	1,71 ± 0,23	1,16 ± 0,33	0,98 ± 0,21

В ходе исследования выявлено, что амплитуды эндотелиальных колебаний у юношей статистически достоверно не отличались от контрольных значений; амплитуды миогенных и дыхательных колебаний, а также кардиоритмов превышали таковые. Амплитуда нейрогенных колебаний превосходила контрольные значения лишь у прыгунов с трамплина (рисунок 13). Выявлены достоверные различия в показателях Ан и Ам между группами «трамплин» и «вышка».

При сравнении параметров микроциркуляции контрольной и экспериментальной групп у девушек наблюдается аналогичная картина — амплитуды эндотелиальных колебаний достоверно не отличались от контроля, тогда как амплитуды кардиоритмов, миогенных и дыхательных колебаний были значительно выше контрольных значений. Достоверных различий в показателях между группами «трамплин» и «вышка» выявлено не было (рисунок 14).

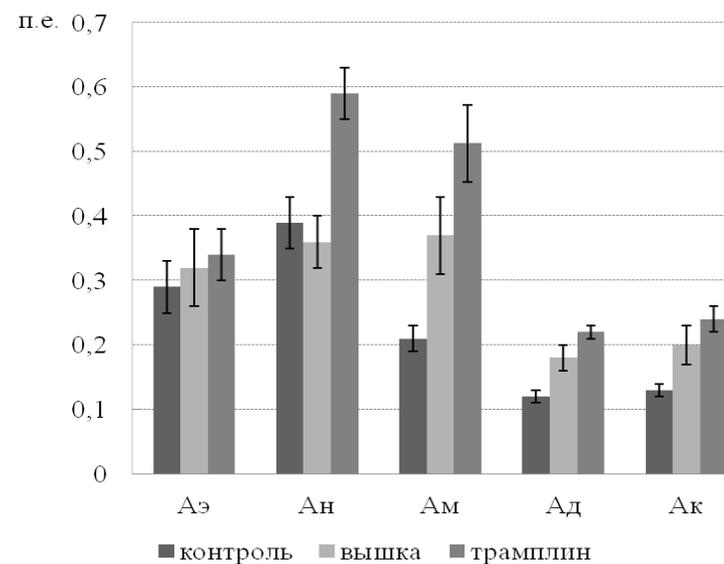


Рис. 13. Усредненное распределение амплитуд ритмов кровотока у прыгунов в воду (юноши)

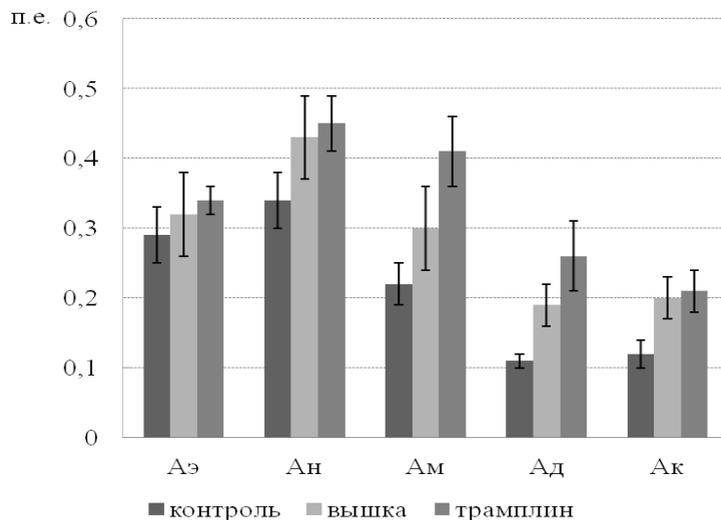


Рис. 14. Усредненное распределение амплитуд ритмов кровотока у прыгунов в воду (девушки)

Таким образом, у спортсменов амплитуды колебаний микрососудов (за исключением эндотелиальных колебаний) выше, чем у людей, не занимающихся спортом. Увеличение амплитуды нейрогенных колебаний связано с усилением симпатических адренергических влияний на гладкие мышцы артериол, миогенных колебаний — с усилением активности миоцитов прекапиллярных сфинктеров и артериол. Повышение кардиоритмов может быть обусловлено снижением общего тонуса стенок микрососудов и/или повышением их чувствительности к пассивным факторам модуляции кровотока (например, пульсовой волне, действующей со стороны артерий или же воздействием «дыхательного насоса» со стороны вен). Влияние пассивных факторов проявляются в периодическом изменении объема крови в микроциркуляторном русле.

Тонус сосудов в отсутствие патологии главным образом подвержен влиянию миогенного и нейрогенного факторов. Поскольку работа прекапиллярных сфинктеров регулируется только миогенным механизмом, а крупных артериол и анастомозов — нейроген-

ными воздействиями, при изменении соотношения компонентов тонуса сосудов поток крови может направляться преимущественно по нутритивным капиллярам или по артериоло-венулярным анастомозам. Выявить вклад каждого из этих компонентов в общий тонус сосудов и оценить долю активно функционирующих микрососудов позволяет расчет показателя шунтирования.

Величина нейрогенного тонуса была ниже контрольных значений на 26,5 % лишь у прыгунов с трамплина (юноши); в остальных случаях различия недостоверны. Значения миогенного тонуса у юношей снижены на 32 % («вышка») и 53,7 % («трамплин»), у девушек — на 36,7 % («вышка») и 48 % («трамплин») по сравнению с контролем (таблица 35, таблица 36). Эти данные свидетельствуют о том, что:

- основной ток крови у прыгунов в воду осуществляется через нутритивные капилляры; доля шунтового кровотока резко снижена (показатель шунтирования — ПШ колебался в пределах  $1,16 \pm 0,33$  —  $0,98 \pm 0,21$ );

- у спортсменов выявлено снижение общего сосудистого тонуса, прежде всего, за счет миогенного компонента. У юношей-прыгунов с вышки общий тонус микрососудов выше ( $5,62 \pm 0,52$  у. е.), чем у прыгунов с трамплина ( $4,00 \pm 0,57$  у. е.), что, по-видимому, обусловлено индивидуальными особенностями спортсменов. У девушек статистически достоверных отличий в зависимости от вида прыжков не выявлено (таблица 36).

Снижение общего тонуса спортсменов способствует повышению чувствительности микрососудов к пульсовым воздействиям, а также, по всей видимости, обуславливает увеличение перфузии тканей.

Повышение перфузии тканей у спортсменов подтверждаются показателями общего объемного (ООК) и общего нутритивного кровотока (ОНК). Как видно из рисунка 16, общий объемный кровоток у юношей статистически достоверно выше, чем в контрольной группе и составил  $0,0189 \pm 0,003$  п. е./мм рт. ст. (у прыгунов с вышки) и  $0,0297 \pm 0,004$  п. е./мм рт. ст. (у прыгунов с трамплина). Общий нутритивный кровоток у прыгунов с трамплина выше на 68,8 %, чем у прыгунов с вышки.

У девушек также регистрировались высокие значения ООК и ОНК по сравнению с контролем. Достоверных различий в изучаемых показателях между группами «трамплин» и «вышка» выявлено не было (рисунок 16).

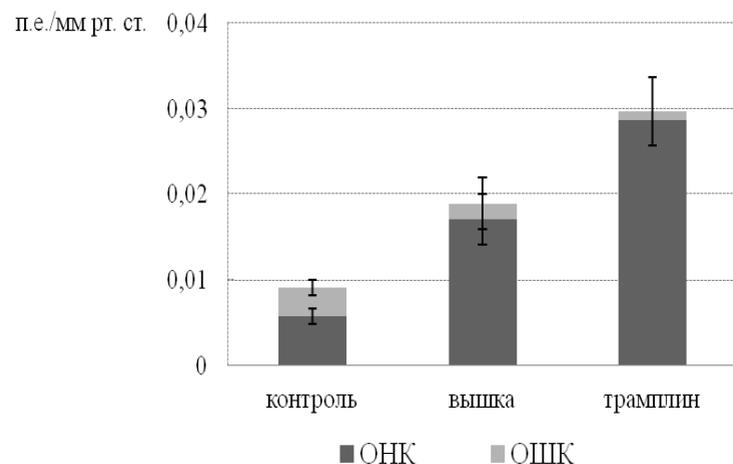


Рис. 15. Показатели общего объемного, нутритивного и шунтового кровотоков у прыгунов в воду (юноши)

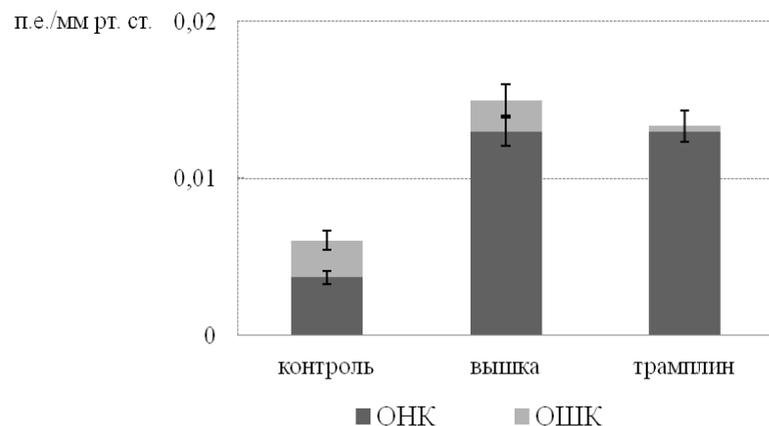


Рис. 16. Показатели общего объемного, нутритивного и шунтового кровотоков у прыгунов в воду (девушки)

Для оценки функциональных резервов системы микроциркуляции у прыгунов в воду проведена 3-х минутная окклюзионная проба. По результатам пробы рассчитывался резерв капиллярного кровотока (РКК), представляющий собой соотношение максимального значения показателя микроциркуляции во время постокклюзионной гиперемии к исходному уровню перфузии.

Значения резервного капиллярного кровотока у юношей находились в пределах 109,7 до 196,9 % (таблица 37), что свидетельствуют о низком уровне развития капиллярной сети в тестируемых тканях. У девушек уровень РКК в среднем на 71,2 % выше, чем в контрольной группе, и на 51,9 % превосходил уровень РКК у юношей. Достоверных различий между группами «трамплин» и «вышка» выявлено не было (таблица 38).

Невысокие значения РКК у прыгунов в воду, как юношей, так и девушек, могут быть обусловлены юным возрастом спортсменов и/или спецификой вида спорта. По всей видимости, физические нагрузки, характерные для прыжков в воду, не способствуют формированию развитой капиллярной сети. Кроме того, микроциркуляторное русло не является статическим, застывшим образованием. Оно постепенно претерпевает структурные изменения в ходе онтогенеза. По мере роста и развития организма происходит рост и новообразование капилляров.

Таблица 37

Основные показатели окклюзионной пробы у прыгунов в воду (юноши)

Показатели	Контрольная группа	Вышка 10 метров	Трамплин
РКК, %	164,2 ± 19,0	133,6 ± 23,9	169,2 ± 27,7
Tmax, с	32,5 ± 5,2	40,14 ± 7,2	26,1 ± 0,7
T <sub>1/2</sub> , с	25,9 ± 3,0	32,8 ± 4,3	26,6 ± 0,6

Таблица 38

Основные показатели окклюзионной пробы у прыгунов в воду (девушки)

Показатели	Контроль	Вышка 5 м	Трамплин
РКК, %	132,7 ± 14,4	224,0 ± 43,6	230,5 ± 17,6
Tmax, с	30,5 ± 3,5	14,42 ± 2,6	17,3 ± 2,1
T <sub>1/2</sub> , с	35,0 ± 5,1	19,6 ± 3,9	21,5 ± 5,0

Показатели микроциркуляции у прыгунов в воду  
в зависимости от вида прыжка

Показатель	Вышка		Трамплин	
	индивидуальный прыжок	синхронный прыжок	индивидуальный прыжок	синхронный прыжок
1	2	3	4	5
юноши				
Показатель микроциркуляции (ПМ), п. е.	9,87 ± 1,44	8,6 ± 0,9	10,02 ± 1,49	9,5 ± 1,2
Коэффициент вариации (Кv), %	4,18 ± 0,8	4,4 ± 0,5	5,86 ± 1,59	4,9 ± 1,3
Нейрогенный тонус (НТ), у. е.	2,67 ± 0,23	2,9 ± 0,16	1,99 ± 0,28	2,21 ± 0,18
Миогенный тонус (МТ), у. е.	2,95 ± 0,27	2,74 ± 0,18	2,01 ± 0,30	2,14 ± 0,21
Общий тонус, у. е.	5,62 ± 0,52	5,64 ± 0,37	4,00 ± 0,57	4,35 ± 0,42
Показатель шунтирования (ПШ), у. е.	1,04 ± 0,19	1,06 ± 0,13	1,01 ± 0,02	1,05 ± 0,15
ОНК, п. е./мм рт. ст.	0,0174 ± 0,001	0,0183 ± 0,002	0,0287 ± 0,002	0,0206 ± 0,001
ОШК, п. е./мм рт. ст.	0,0017 ± 0,001	0,00029 ± 0,001	0,0008 ± 0,001	0,0018 ± 0,001
ООК, п. е./мм рт. ст.	0,0191 ± 0,002	0,0212 ± 0,002	0,0295 ± 0,002	0,0224 ± 0,002

Исследования, проведенные на человеке, показывают, что показатели микрогемодинамики формируются к 20 годам. В. И. Козловым методом капилляроскопии установлено, что плотность функционирующих капилляров в коже уменьшается к 10 годам, а затем к 11—13 годам резко увеличивается, после чего снова уменьшается к 16 годам. Резкое увеличение плотности капилляров происходит в после 16 лет, что связано с изменением гормонального фона и резким скачком в росте.

Время достижения максимального показателя микроциркуляции после окклюзии (Тmax) достоверно отличалось от контрольных значений у юношей (трамплин) и девушек (таблица 37, таблица 38). В среднем Тmax в перечисленных группах было ниже на 56 % по сравнению с контрольной группой. Низкие значения времени достижения максимального показателя микроциркуляции после окклюзии свидетельствуют о высокой реактивности микрососудов у спортсменов.

Реактивность микрососудов в ответ на метаболические стимулы можно оценить по времени полувосстановления кровотока после окклюзии (Т<sub>1/2</sub>). Статистически достоверное снижение Т<sub>1/2</sub> по сравнению с группой контроля отмечается только у девушек (таблица 37, таблица 38).

Организм спортсмена длительное время работает в анаэробном режиме энергообеспечения, который сопровождается ацидозом, изменением ионного состава жидкостей, накоплением тканевых метаболитов, обладающих вазоактивным или дилаторным эффектом. Быстрое восстановление уровня перфузии у девушек, по всей видимости, связано с быстрым удалением анаэробных метаболических продуктов из микроциркуляторного русла, что необходимо рассматривать как приспособительную перестройку системы микроциркуляции в ответ на физическую нагрузку.

Основные показатели микроциркуляции прыгунов в воду, выполняющих одиночные и синхронные прыжки, статистически достоверно не отличались (таблица 39, таблица 10, таблица 41).

Окончание табл. 39

1	2	3	4	5
девушки				
Показатель микроциркуляции (ПМ), п. е.	8,6 ± 2,4	7,7 ± 1,1	8,7 ± 1,2	8,3 ± 1,0
Коэффициент вариации (Kv), %	7,5 ± 1,1	7,0 ± 0,7	10,8 ± 3,7	9,5 ± 1,8
Нейрогенный тонус (НТ), у. е.	2,6 ± 0,7	2,9 ± 0,2	2,2 ± 0,3	2,9 ± 0,2
Миогенный тонус (МТ), у. е.	2,7 ± 0,5	2,7 ± 0,2	2,2 ± 0,7	2,7 ± 0,2
Общий тонус, у. е.	5,3 ± 1,0	5,6 ± 0,4	4,4 ± 0,9	5,6 ± 0,3
Показатель шунтирования (ПШ), у. е.	1,2 ± 0,3	1,0 ± 0,1	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,1
ОНК, п. е./мм рт. ст.	0,013 ± 0,004	0,011 ± 0,001	0,013 ± 0,004	0,011 ± 0,001
ОШК, п. е./мм рт. ст.	0,0009 ± 0,001	0,0003 ± 0,001	0,0008 ± 0,001	0,0008 ± 0,001
ООК, п. е./мм рт. ст.	0,0139 ± 0,001	0,0113 ± 0,001	0,0130 ± 0,001	0,0118 ± 0,001

Таблица 40

*Показатели окклюзионной пробы у прыгунов в воду в зависимости от вида прыжка*

Показатели	Вышка		Трамплин	
	индивидуальный прыжок	синхронный прыжок	индивидуальный прыжок	синхронный прыжок
юноши				
РКК, %	133,6 ± 23,9	147,6 ± 15,9	169,2 ± 27,7	183,5 ± 10,5
Tmax, с	40,14 ± 7,2	34,2 ± 5,8	26,1 ± 0,7	21,4 ± 6,1
T <sub>1/2</sub> , с	32,8 ± 4,3	26,3 ± 4,9	26,6 ± 0,6	25,9 ± 4,7
девушки				
РКК, %	224,0 ± 43,6	236,0 ± 7,5	230,5 ± 17,6	234,8 ± 6,2
Tmax, с	14,42 ± 2,6	14,8 ± 1,0	17,3 ± 2,1	15,2 ± 0,8
T <sub>1/2</sub> , с	19,6 ± 3,9	20,2 ± 3,9	21,5 ± 5,0	19,2 ± 3,2

Таблица 41

*Усредненные амплитуды ритмов кровотока у прыгунов в воду в зависимости от вида прыжка*

Показатель	Вышка		Трамплин	
	индивидуальный прыжок	синхронный прыжок	индивидуальный прыжок	синхронный прыжок
юноши				
Аэ, п. е.	0,32 ± 0,07	0,35 ± 0,05	0,33 ± 0,04	0,33 ± 0,02
Ан, п. е.	0,35 ± 0,05	0,39 ± 0,04	0,59 ± 0,03	0,52 ± 0,06
Ам, п. е.	0,37 ± 0,06	0,34 ± 0,04	0,51 ± 0,07	0,46 ± 0,05
Ад, п. е.	0,18 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,20 ± 0,02
Ак, п. е.	0,21 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,23 ± 0,03
девушки				
Аэ, п. е.	0,32 ± 0,06	0,28 ± 0,03	0,34 ± 0,02	0,29 ± 0,03
Ан, п. е.	0,42 ± 0,06	0,43 ± 0,03	0,44 ± 0,04	0,42 ± 0,03
Ам, п. е.	0,30 ± 0,05	0,32 ± 0,04	0,41 ± 0,06	0,36 ± 0,03
Ад, п. е.	0,19 ± 0,03	0,2 ± 0,02	0,26 ± 0,04	0,24 ± 0,03
Ак, п. е.	0,2 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,19 ± 0,02

Таким образом, функциональное состояние микроциркуляторного русла прыгунов в воду определяется, прежде всего, индивидуальными особенностями спортсменов (в том числе, половыми различиями) и не зависит от вида выполняемых прыжков.

Выявленные модификации системы микроциркуляции позволяют их рассматривать как результат долговременной и срочной адаптации микроциркуляторного русла к мышечной деятельности.

К особенностям микроциркуляции крови прыгунов в воду можно отнести:

- высокий уровень перфузии тканей, обусловленный снижением общего тонуса микрососудов и/или увеличением числа функционально активных капилляров;

- высокий уровень общего нутритивного кровотока при сниженном шунтовом кровотоке, что способствует лучшему снабжению мышечных клеток кислородом и энергетическими субстратами;

- низкий уровень резервных капилляров;

- низкую чувствительность микрососудов к гуморальным факторам регуляции микроциркуляторного русла;

- основные показатели микроциркуляции достоверно не отличаются у прыгунов с вышки и трамплина: выявлены лишь индивидуальные различия у юношей: у прыгунов с трамплина амплитуда нейрогенных колебаний выше, а тонус сосудов ниже, чем у прыгунов с вышки;

- основные показатели микроциркуляции у прыгунов, выполняющих одиночные и синхронные прыжки, статистически достоверно не отличались.

Параметры микроциркуляции можно использовать в качестве условных маркеров физической работоспособности высококвалифицированных прыгунов в воду. К наиболее информативным параметрам микроциркуляции относится показатель микроциркуляции (ПМ), показатель шунтирования (ПШ), резервный капиллярный кровоток (РКК), время достижения максимального показателя микроциркуляции ( $T_{max}$ ) и время полувосстановления кровотока после воздействия метаболических стимулов

( $T_{1/2}$ ). Остальные параметры микроциркуляции играют вспомогательную роль в оценке функциональных особенностей системы микроциркуляции.

Основываясь на результатах проведенного исследования, оптимальным показателем микроциркуляции у спортсменов является диапазон значений ПМ от 8 до 12 п. е. (у девушек 8—10 у. е. у юношей — 10—12 у. е.). Данный уровень перфузии способен обеспечить необходимое количество метаболитов, поступающих в ткани.

Показатель шунтирования (ПШ) является важной характеристикой микроциркуляции, отражающей долю шунтового и нутритивного кровотока. Для высококвалифицированных прыгунов в воду показатель шунтирования колеблется от 1,0 до 1,2 у. е., что говорит о высоком уровне нутритивного кровотока у спортсменов.

Время достижения максимального показателя микроциркуляции ( $T_{max}$ ) характеризует реактивность микроциркуляторного русла в ответ на метаболические стимулы. Значения  $T_{max}$  варьируют в широких пределах: у спортсменов  $T_{max}$ , как правило, ниже, чем у людей, не занимающихся спортом, что обусловлено высокой реактивностью микрососудов спортсменов. При проведении исследований наблюдались значительные индивидуальные вариации  $T_{max}$  — от 11,8 до 47 секунд. Высокие значения  $T_{max}$  и их индивидуализация выявлены у прыгунов с вышки (юноши) — от 28,4 до 47,3 секунд, низкие значения  $T_{max}$  отмечены у девушек — от 11,8 до 19,4 секунд.

Время полувосстановления кровотока ( $T_{1/2}$ ) является важной характеристикой, позволяющей оценить метаболическую чувствительность микрососудов прекапиллярного звена, в том числе, чувствительность к лактату. Время полувосстановления кровотока ( $T_{1/2}$ ) у высококвалифицированных прыгунов составило: у юношей — от 21,2 до 37 с, у девушек — от 16 до 26,5 секунд. Таким образом, время полувосстановления кровотока индивидуально.

Резервный капиллярный кровоток у прыгунов в воду характеризуется невысокими значениями — от 110 до 243 % (юноши — 110—194 %, девушки — 180—243 %). Как отмечено в ходе обсуждения, низкие значения РКК у прыгунов в воду могут быть обу-

словлены как юным возрастом спортсменов, так спецификой вида спорта. По всей видимости, физические нагрузки, характерные для прыжков в воду, не способствуют формированию развитой капиллярной сети. Тем не менее, чем выше количество резервных капилляров, тем лучше организм спортсмена адаптирован к нагрузкам, и, прежде всего, к нагрузкам аэробной направленности.

Таким образом, лазерная доплеровская флоуметрия является информативным методом исследования микрогемодинамики спортсменов. Метод ЛДФ позволяет оценить текущее состояние микроциркуляторного русла, определить функциональные нарушения, выявить признаки спазма микрососудов, стазических или застойных явлений в системе микроциркуляции. Установление эталонных параметров микроциркуляции высококвалифицированных прыгунов в воду способствует повышению качества спортивного отбора в данный вид спорта.

## РАЗДЕЛ 2. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К ЗАНЯТИЯМ ПРЫЖКАМИ В ВОДУ

### 2.1. Выбор входных данных для прогнозирования предрасположенности к занятиям прыжками в воду

Для повышения эффективности отбора детей в прыжки в воду целесообразно использовать современные математические методы и соответствующий программный продукт, позволяющие с высокой вероятностью прогнозировать спортивные достижения на основе морфофункциональных и психофизиологических параметров детей.

В соответствии с этой целью в данной работе разработан математический аппарат на основе радиальных нейронных сетей и разработана компьютерная программа, позволяющие на основе 25 параметров детей прогнозировать их спортивные результаты.

Из большого количества параметров прыгунов в воду и результатов соревнований выбраны 25 показателей, относящихся к морфофункциональным и психофизиологическим.

Для первичной оценки взаимосвязи между параметрами спортсменов (как числовыми, так и бинарными) и их спортивными результатами выполнен корреляционный анализ. Для расчета коэффициентов корреляции Пирсона используется формула:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})]}{(n-1) \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y},$$

где  $r_{xy}$  — коэффициент корреляции показателей  $x$  и  $y$  (в дальнейшем используется сокращенное обозначение  $r$ );  $n$  — количество спортсменов;  $x_i$  и  $y_i$  — значения показателей, между которыми определяется корреляция;  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  — средние значения показателей;  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  — среднеквадратические отклонения показателей. Матрицы коэффициентов корреляции рассчитаны с помощью программы STATISTICA 10.

Коэффициенты корреляции представлены в таблицах 42 и 43.

*Коэффициенты корреляции между морфофункциональными, психофизиологическими параметрами и результатами соревновательной деятельности квалифицированных прыгунов в воду*

Параметры	Все дисциплины, средний балл	Все дисциплины, лучший балл	Вышка 10 м, средний балл	Вышка 10 м, лучший балл	Вышка 5 м синхрон, средний балл	Вышка 5 м синхрон, лучший балл	Трамплин синхрон, средний балл	Трамплин синхрон, лучший балл
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пол	-0,55	-0,57	-	-	-	-	0,55	0,58
Возраст	0,36	0,34	0,51	0,41	0,33	0,93	0,79	0,76
Стаж	0,25	0,24	0,42	0,37	0,35	0,96	0,72	0,69
Спортивный разряд	0,55	0,42	0,28	-0,32	0,03	0,33	-	-
Рост	-0,04	-0,13	-0,42	-0,63	-0,24	0,53	-0,99	-0,99
Рост сидя	-0,19	-0,26	-0,29	-0,48	-0,05	0,71	-0,91	-0,93
Вес	0,22	0,12	-0,23	-0,47	0,31	0,84	-0,89	-0,91
ЧСС покая	-0,39	-0,33	-0,38	0,91	0,10	0,58	1,00	1,00
Обхват шеи	0,38	0,28	-0,08	-0,45	0,30	0,72	-0,69	-0,72
Обхват плеча	0,34	0,24	-0,11	-0,39	0,51	0,88	-0,71	-0,73
Обхват предплечья	0,52	0,44	-0,23	-0,60	0,25	0,66	-0,79	-0,82
Обхват бедра	0,11	0,04	0,15	-0,02	0,51	0,96	0,81	0,83
Обхват голени	0,19	0,10	-0,31	-0,65	-0,10	0,48	-0,89	-0,91

Окончание табл. 42

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина руки	0,21	0,15	-0,60	-0,72	-0,65	0,19	-0,99	-0,98
Длина ноги	0,16	0,02	-0,49	-0,85	-0,52	-0,01	-0,94	-0,92
Ширина газа	0,26	0,23	0,49	0,09	0,51	0,79	0,17	0,13
Ширина плеч	0,12	0,10	0,85	0,81	0,71	0,96	0,87	0,84
Ведущая рука	-	-	-	-	-	-	-	-
Ведущая нога	0,17	0,23	-0,50	0,07	0,48	0,58	-	-
Внимание	-0,53	-0,50	-1,00	-1,00	-0,83	-0,93	1,00	1,00
Помехоустойчивость	0,02	0,63	1,00	1,00	-0,15	0,73	-1,00	-1,00
Время ПЗМР	-0,83	-0,75	-1,00	-1,00	0,92	0,20	1,00	1,00
ПЗМР, (уровень)	0,72	0,96	1,00	1,00	0,66	0,99	-1,00	-1,00
Время реакции различения	0,26	0,80	1,00	1,00	0,05	0,85	-1,00	-1,00
Время реакции выбора	0,82	0,47	-1,00	-1,00	0,81	-0,03	-1,00	-1,00

*Коэффициенты корреляции между морфофункциональными, психофизиологическими параметрами и результатами соревновательной деятельности квалифицированных прыгунов в воду*

Параметры	Трамплин 1 м средний балл	Трамплин 1 м лучший балл	Трамплин 3 м, средний балл	Трамплин 3 м, лучший балл	Трамплин 3 м, средний балл	Трамплин 3 м, лучший балл	Трамплин 3 м синхрон, средний балл	Трамплин 3 м синхрон, лучший балл
1	2	3	4	5	6	7		
Пол	0,50	0,50	-0,53	-0,41	-1,00	-1,00		
Возраст	0,82	0,82	0,47	0,58	-1,00	-1,00		
Стаж	0,76	0,76	0,08	0,21	-1,00	-1,00		
Спортивный разряд	-	-	1,00	1,00	-	-		
Рост	-0,98	-0,98	0,42	0,54	-1,00	-1,00		
Рост сидя	-0,89	-0,89	-0,03	0,10	-1,00	-1,00		
Вес	-0,86	-0,86	0,87	0,92	-1,00	-1,00		
ЧСС покоя	-	-	-0,34	-0,22	-1,00	-1,00		
Обхват шеи	-0,65	-0,65	0,96	0,91	1,00	1,00		
Обхват плеча	-0,67	-0,67	0,85	0,91	-1,00	-1,00		
Обхват предплечья	-0,76	-0,76	0,93	0,87	1,00	1,00		

## Окончание табл. 43

1	2	3	4	5	6	7
Обхват бедра	0,78	0,78	0,47	0,58	-1,00	-1,00
Обхват голени	-0,87	-0,87	0,88	0,81	1,00	1,00
Длина руки	-0,99	-0,99	0,81	0,88	-1,00	-1,00
Длина ноги	-0,95	-0,95	0,61	0,71	-1,00	-1,00
Ширина таза	0,23	0,23	0,64	0,53	1,00	1,00
Ширина плеч	0,89	0,89	-0,53	-0,41	-1,00	-1,00
Внимание	-	-	1,00	-1,00	1,00	1,00
Помехоустойчивость	-	-	1,00	-1,00	1,00	1,00
Время ПЗМР	-	-	1,00	-1,00	1,00	1,00
ПЗМР (уровень)	-	-	1,00	-1,00	1,00	1,00
Реакция различения	-	-	1,00	-1,00	1,00	1,00
Реакция выбора	-	-	1,00	-1,00	1,00	1,00

В таблицах затемнены ячейки, соответствующие сильным корреляциям (более 0,50 по абсолютной величине). Прочерки в ячейках означают отсутствие корреляционной взаимосвязи.

Положительный знак коэффициента корреляции свидетельствует о прямой связи переменных (с увеличением одной переменной увеличивается вторая переменная). Отрицательный знак свидетельствует об обратной связи (с увеличением одной переменной вторая уменьшается).

Анализируя параметры, сильнее всего влияющие на средний балл, лучший балл и занимаемое место (усредненные по всем дисциплинам) в таблицах 42—45 можно сделать выводы о наиболее важных параметрах для достижения спортивного результата в различных дисциплинах прыжков в воду.

Высокие баллы, полученные при выступлении спортсменов на соревнованиях, зависят от увеличения значений следующих величин: объема бедер, объема предплечья, длины предплечья, длины кисти, длины бедра, объема запястья, кистевой силы, и также уменьшения длины голени.

Таблица 44

*Коэффициенты корреляций между антропометрическими параметрами прыгунов в воду и результатов их выступления на соревнованиях*

Параметры	Все дисц., средний балл	Все дисц., лучший балл	Вышка 10 м, средний балл	Вышка 10 м, лучший балл
1	2	3	4	5
Объем бедер	0,41	0,31	0,19	-0,17
Объем шеи	0,38	0,28	-0,08	-0,45
Объем плеча справа	0,37	0,26	-0,04	-0,36
Объем плеча слева	0,31	0,22	-0,17	-0,40
Объем предплечья справа	0,47	0,39	-0,31	-0,65
Объем предплечья слева	0,56	0,49	-0,14	-0,53
Объем бедра справа	0,09	0,01	0,06	-0,11

Окончание табл. 44

1	2	3	4	5
Объем бедра слева	0,13	0,06	0,24	0,07
Объем голени справа	0,19	0,10	-0,31	-0,65
Объем голени слева	0,19	0,10	-0,31	-0,65
Объем грудной клетки в покое	-0,09	-0,09	-0,05	-0,10
Объем грудной клетки на выдохе	0,06	-0,02	0,03	-0,24
Объем грудной клетки на вдохе	0,18	0,12	0,16	-0,08
Длина плеча справа	-0,14	-0,25	-0,03	-0,39
Длина плеча слева	-0,18	-0,30	-0,10	-0,48
Длина предплечья справа	0,52	0,44	-0,46	-0,70
Длина предплечья слева	0,56	0,49	-0,27	-0,48
Длина кисти справа	0,41	0,34	-0,86	-0,95
Длина кисти слева	0,46	0,40	-0,54	-0,60
Длина руки справа	0,21	0,15	-0,60	-0,72
Длина руки слева	0,21	0,15	-0,60	-0,72
Длина бедра справа	0,45	0,29	-0,11	-0,70
Длина бедра слева	0,48	0,32	-0,05	-0,67
Длина голени справа	-0,40	-0,46	-0,50	-0,59
Длина голени слева	-0,40	-0,46	-0,51	-0,60
Длина ноги справа	0,16	0,02	-0,49	-0,85
Длина ноги слева	0,16	0,02	-0,49	-0,85
Длина туловища	-0,01	-0,18	0,28	-0,14
Ширина таза	0,26	0,23	0,49	0,09
Ширина плеч	0,12	0,10	0,85	0,81
Объем запястья справа	0,90	0,92	—	—
Динамометрия правая рука	0,42	0,29	-0,21	-0,69
Динамометрия левая рука	0,39	0,33	-0,10	-0,36

*Примечание:* в первых трех колонках затемнены ячейки, соответствующие наиболее сильным корреляциям (более 0,4 по абсолютной величине)

*Коэффициенты корреляций между антропометрическими параметрами прыгунов в воду и результатов их выступления на соревнованиях*

Параметры	Трамплин 3 м синхрон, средний балл	Трамплин 3 м синхрон, лучший балл	Трамплин 1 м, сред- ний балл.	Трамплин 1 м, сред- ний балл	Трамплин 1 м, луч- ший балл	Трамплин 3 м, сред- ний балл	Трамплин 3 м, луч- ший балл
1	2	3	4	5	6	7	
Объем бедер	-0,23	-0,23	1,00	1,00	1,00	-	-
Объем шеи	-0,65	-0,65	0,96	0,91	1,00	1,00	1,00
Объем плеча справа	-0,61	-0,61	0,85	0,91	-1,00	-1,00	-1,00
Объем плеча слева	-0,72	-0,72	0,85	0,91	-1,00	-1,00	-1,00
Объем предплечья справа	-0,80	-0,80	0,93	0,87	1,00	1,00	1,00
Объем предплечья слева	-0,69	-0,69	0,93	0,87	1,00	1,00	1,00
Объем бедра справа	0,71	0,71	0,47	0,58	-1,00	-1,00	-1,00
Объем бедра слева	0,82	0,82	0,47	0,58	-1,00	-1,00	-1,00
Объем голени справа	-0,87	-0,87	0,88	0,81	1,00	1,00	1,00
Объем голени слева	-0,87	-0,87	0,88	0,81	1,00	1,00	1,00
Объем грудной клетки в покое	-0,23	-0,23	-	-	-	-	-
Объем грудной клетки на выдохе	-0,40	-0,40	1,00	1,00	-	-	-
Объем грудной клетки на вдохе	0,00	0,00	0,85	0,91	-1,00	-1,00	-1,00
Длина плеча справа	-0,63	-0,63	-0,78	-0,69	-1,00	-1,00	-1,00

*Окончание табл. 45*

1	2	3	4	5	6	7
Длина плеча слева	-0,76	-0,76	-0,78	-0,69	-1,00	-1,00
Длина предплечья справа	-0,87	-0,87	0,85	0,91	-1,00	-1,00
Длина предплечья слева	-1,00	-1,00	0,85	0,91	-1,00	-1,00
Длина кисти справа	-0,87	-0,87	0,85	0,91	-1,00	-1,00
Длина кисти слева	-0,87	-0,87	0,85	0,91	-1,00	-1,00
Длина руки справа	-0,99	-0,99	0,81	0,88	-1,00	-1,00
Длина руки слева	-0,99	-0,99	0,81	0,88	-1,00	-1,00
Длина бедра справа	-0,82	-0,82	0,80	0,87	-1,00	-1,00
Длина бедра слева	-0,76	-0,76	0,80	0,87	-1,00	-1,00
Длина голени справа	-1,00	-1,00	-0,43	-0,30	-1,00	-1,00
Длина голени слева	-1,00	-1,00	-0,43	-0,30	-1,00	-1,00
Длина ноги справа	-0,95	-0,95	0,61	0,71	-1,00	-1,00
Длина ноги слева	-0,95	-0,95	0,61	0,71	-1,00	-1,00
Длина туловища	0,19	0,19	-	-	-	-
Ширина таза	0,23	0,23	0,64	0,53	1,00	1,00
Ширина плеч	0,89	0,89	-0,53	-0,41	-1,00	-1,00
Объем запястья справа	-	-	1,00	1,00	-	-
Динамометрия правая рука	-0,99	-0,99	1,00	1,00	-	-
Динамометрия левая рука	-0,65	-0,65	1,00	1,00	-	-

## 2.2. Математический аппарат для прогнозирования успешности занятий прыжками в воду

Целесообразно разработать метод прогнозирования, который использовал бы для прогнозирования одновременно большой объем собранных данных о спортсменах и их спортивных результатах.

Из большого числа современных методов прогнозирования в настоящей работе используется метод прогнозирования с помощью искусственной нейронной сети. Искусственные нейронные сети — это математическая модель, и соответственно ее программное воплощение, построенные аналогично устройству и работе биологических нейронных сетей, таких как нервная система живых организмов, и как наиболее сложный вариант — мозг человека). Исследования в области искусственных нейронных сетей ведутся уже более 70 лет. За это время предложены десятки вариантов нейронных сетей для решения различных типов задач. Нейронные сети проявили высокую эффективность при решении задач прогнозирования, аппроксимации, распознавания, классификации, принятия решений, управления, сжатия данных и др.

Применяемые для прогнозирования искусственные нейронные сети автоматически выделяют закономерности в наборе данных, используемом для обучения. Применительно к задаче прогнозирования спортивных результатов спортсменов нейронные сети имеют следующие преимущества:

- представляют собой способ обработки данных, естественный с фундаментальной точки зрения, универсальный, надежный в реализации, в высокой степени обоснованный научно, широко используемый.

- позволяют получить математическое описание сложной системы, для которой невозможно построить последовательное описание «из первых принципов»;

- позволяют построить математическую модель для большого количества входных показателей (десять и более, в данной работе 25 показателей);

- обладают высокой скоростью вычислений в процессе прогнозирования по обученной сети. Однако на этапе обучения сети необходимы существенные затраты машинного времени;

- слабо чувствительны к отсутствию информации о каких-либо входных показателях, а также при случайных ошибках входных показателей;

- представляют основу для создания удобного средства для практического применения тренерами при оценке перспективности детей в занятиях прыжками в воду.

Перечисленные преимущества позволяют обосновать выбор нейросетевого прогнозирования в качестве эффективного математического метода для прогнозирования спортивных достижений спортсменов.

При выборе типа и топологии нейронной сети учитывают характер решаемой задачи, тип и объем имеющихся данных для обучения, производительность компьютеров и доступное программное обеспечение. Среди многих типов нейронных сетей, предложенных к настоящему времени, для решения задачи прогнозирования результатов спортсменов наибольшую эффективность должна иметь радиальная нейронная сеть. Такие нейронные сети по своему математическому принципу действия близки к механизмам работы человеческой памяти и в настоящее время широко используются в системах искусственного интеллекта.

Первый («входной») слой нейронов непосредственно считывает набор входных данных (25 морфофункциональных и психофизиологических показателей) для прогнозирования и аналогичен биологическим рецепторам (рисунок 17). Задача  $i$ -го входного нейрона заключается в том, чтобы по поступающему значению  $x_i$  сформировать на выходе нейрона вещественное число  $N_{1i}$ , лежащее в диапазоне от  $-1$  до  $1$ .

Следующий слой нейронов называется «скрытым слоем» и предназначен для поиска закономерностей и обобщения входных данных. В качестве данного слоя выступают показатели эталонных спортсменов из базы данных. Связи между входным и скрытым слоем позволяет определить «расстояние» в многофак-

торном пространстве (или «радиус», отсюда название «радиальные нейронные сети») между спортсменом, для которого необходимо выполнить прогнозирование, и спортсменами-эталоны, для которых известны показатели.

В последнем слое нейронов расположены «выходные нейроны», в количестве, равном количеству прогнозируемых показателей, которые выдают результаты прогнозирования. Связи между скрытым и выходным слоем нейронов выполняют усреднение показателей спортсменов-эталонов с весовыми коэффициентами, зависящими от расстояния между новым и эталонным спортсменом.

Суть метода прогнозирования с помощью радиальных нейронных сетей состоит в том, что для спортсмена необходимо выполнить прогноз для нескольких показателей спортивных достижений  $Y_j$  (получаемые средние и лучшие баллы на соревнованиях, занимаемые на соревнованиях места — как в среднем спортсменом, так и по отдельным типам прыжков в воду) по его известным морфофункциональным и психофизиологическим параметрам  $P_i$ .

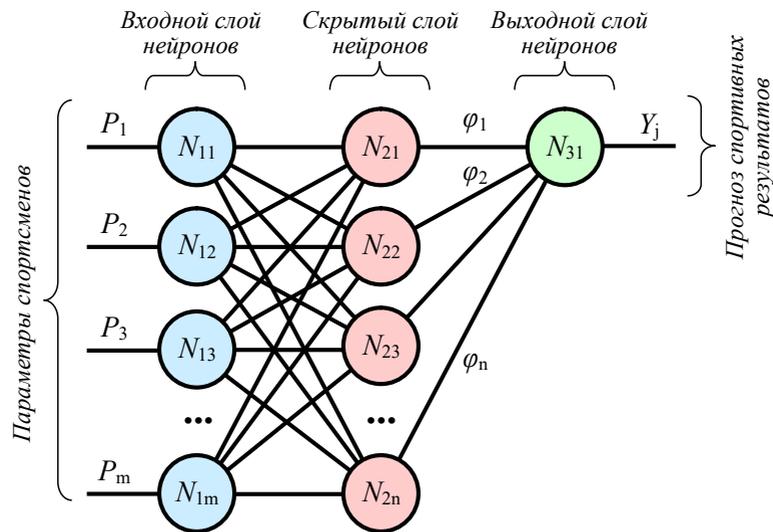


Рис. 17. Топология искусственной нейронной сети, используемой в данной работе

Для этого выбираются наиболее похожие случаи-эталоны, и усредняются (с определенными весами) их известные показатели  $Y_j$  для получения прогноза:

$$y_{jn} = y_{j1} \cdot \alpha_1(r_1) + y_{j2} \cdot \alpha_2(r_2) + \dots + y_{jN} \cdot \alpha_N(r_N) = \sum_{i=1}^N y_{ji} \cdot \alpha_i(r_i),$$

где  $y_{ji}$  — выходной показатель  $j$  спортсмена-эталона из базы данных;  $\alpha_i(r_i)$  — весовой коэффициент нейрона-эталона  $i$ , зависящий от расстояния  $r_i$  в факторном пространстве ( $P_1, P_2, \dots, P_m$ ) между данными для прогноза и  $i$ -м эталонным случаем;  $N$  — количество эталонов (количество спортсменов в наборе обучающих данных).

Расстояние в факторном пространстве между новым случаем ( $P_i, P_m$ ) и эталонным рассчитывается по теореме Пифагора для  $N$ -измерений:

$$r_i = \sqrt{(P_{1n} - P_{1i})^2 + (P_{2n} - P_{2i})^2 + \dots + (P_{173n} - P_{173i})^2} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (P_{jn} - P_{ji})^2},$$

где  $j$  — номер исходного показателя эталона.

С помощью весовых коэффициентов  $\alpha_i$  учитывается, какую долю информации передают эталоны в зависимости от расстояния до пробной точки факторного пространства. Весовой коэффициент  $\alpha_i$  должен быть тем больше, чем меньше расстояние  $r_i$ , и убывать при неограниченном увеличении расстояния  $r_i$ . Для различных типов статистических данных могут использоваться различные функции активации  $\alpha_0(r)$ . На этапе настройки нейронной сети была произведена проверка четырех вариантов функций активации нейронов и установлено, что наилучшей функцией для весовых коэффициентов является следующая функция:

$$\alpha_i^0(r_i) = A + \frac{1}{(r_i)^B},$$

где индекс «0» в обозначении переменной  $\alpha_i^0$  означает предварительный ненормированный вариант;  $A$  и  $B$  — коэффициенты, определяемые на этапе настройки нейронной сети (в частности, полу-

чены значения  $A = 1,00$ ,  $B = 4,82$ ). График функции представляет имеет плавно убывающий характер (рисунок 18).

После определения весовых коэффициентов  $\alpha_i$  по данной формуле производится их нормировка, для выполнения следующего условия:

$$\alpha_1(r_1) + \alpha_2(r_2) + \dots + \alpha_N(r_N) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(r_i) = 1.$$

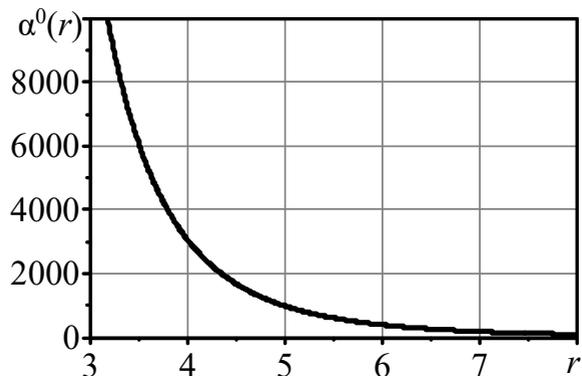


Рис. 18. Радиальная функция активации нейрона

Исходя из этого, нормировка коэффициентов  $\alpha_i^0$  осуществляется по формуле:

$$\alpha_i(r_i) = \frac{\alpha_i^0(r_i)}{\sum_{j=1}^N \alpha_j^0(r_j)}.$$

Окончательное выражение для прогноза показателя  $Y_j$  для нового набора данных можно записать следующим образом:

$$Y_{jn} = \sum_{i=1}^N Y_i \cdot \exp \left( - \frac{\sum_{j=1}^M (P_{jn} - P_{ji})^2}{\sigma^2} \right) \left( \sum_{j=1}^N \exp \left( - \frac{\sum_{k=1}^M (P_{kn} - P_{kj})^2}{\sigma^2} \right) \right)^{-1}.$$

Таким образом, с использованием радиальных нейронных сетей разработан математический аппарат, позволяющий прогнозировать спортивные достижения спортсменов на основе их морфофункциональных и психофизиологических параметров. Для предварительной настройки нейронной сети и для последующего практического использования данного аппарата тренерами разработан программный продукт: «Программа для оценки предрасположенности к занятию прыжками в воду на основе анализа антропометрических и психофизиологических особенностей».

### 2.3. Компьютерная программа для оценки предрасположенности к занятию прыжками в воду

Предложенный метод прогнозирования реализован в «Программе для оценки предрасположенности к занятию прыжками в воду на основе анализа антропометрических и психофизиологических особенностей» (рисунок 19). Программа разработана на языке Object Pascal в среде программирования Borland Delphi 7. В настоящее время программа находится в стадии регистрации в «Роспатенте».

Программа предназначена для прогнозирования 21 показателя спортивных результатов (средних и лучших баллов, а также занимаемого места на соревнованиях — как в целом, так и по отдельным видам прыжков в воду) по 25 морфофункциональным и психофизиологическим параметрам спортсменов.

После запуска программы на интерфейсной форме программы появляется ряд полей и переключателей, позволяющих задать 25 параметров спортсмена (рисунок 19). Так как многие параметры спортсмена могут быть не известны, предусмотрена возможность оставлять соответствующие поля пустыми: в этом случае программа использует для прогноза только известные параметры. После нажатия кнопки «Выполнить прогноз» на экран выводятся результаты прогнозирования методом радиальных нейронных сетей.

Программа допускает дополнение базы данных новыми эталонными спортсменами и новыми параметрами спортсменов. Статистические данные о спортсменах хранятся в тексте программы, и при дополнении статистических данных необходимо пересобрать проект в среде «Delphi 7».

Программу целесообразно использовать в практической деятельности тренеров для прогноза выступления спортсменов на соревнованиях по прыжкам в воду и для спортивного отбора детей в данный вид спорта.

Программа рассчитана на использование компьютера с процессором тактовой частотой не ниже 1,3 ГГц, и объемом оперативной памяти не менее 256 Мбайт. Исходный текст программы имеет объем 15 кбайт.

После компиляции с языка программирования программа состоит из одного файла DivingSport.exe, который разрабатывался как удобный продукт для практического использования тренерами.

Рис. 19. Интерфейсная форма ввода медико-биологических и наследственных показателей

## 2.4. Оценка вклада основных параметров в определение предрасположенности к занятиям прыжками в воду

Математический аппарат нейронных сетей позволяет не только прогнозировать спортивные результаты для конкретного спортсмена, но и исследовать влияния каждого из параметров абстрактного спортсмена на спортивные результаты. Из установленных ранее девяти параметров, оказывающих наибольшее влияние на спортивные результаты, пять параметров изменяются непрерывно (длины руки  $L_p$  и ноги  $L_n$ , ширина плеч  $W_n$ , внимание  $B$ , простая зрительно-моторная реакция ПЗМР), а оставшиеся четыре параметра — дискретно (пол, спортивное звание, ведущие рука и нога).

Каждый параметр варьировали в диапазоне, в котором находился данный параметр в собранных статистических данных. При варьировании какого-либо параметра всем остальным параметрам придавались средние значения (определенные по базе собранных статистических данных).

Оптимальное значение длины руки составляет 75 ... 80 см. При этом прогнозируется достаточно высокие средний балл 5,94 ... 5,95 и лучший балл 7,02 ... 7,03 и достаточно высокое (низкое) место 9,0 ... 9,3.

Длина ноги спортсмена для достижения наилучших спортивных результатов должна составлять около 105 см. При этом прогнозируемый средний балл составит 5,96, лучший балл — 7,025, место — 9,1.

Ширина плеч у спортсменов, занимающих наилучшие места, составляет менее 35 см. При этом прогнозируемый средний балл составляет 5,88 ... 5,93, лучший балл — 6,99 ... 7,02, место — 8,5 ... 9,1.

Параметр «внимание» у наиболее результативных спортсменов составляет 260 ... 280 мс. При этом спортсмены получают средний балл около 5,96, лучший — около 7,03, и прогноз занимаемого места составит 9,3.

Параметр ПЗМР у лучших спортсменов составляет 200 ... 220 мс. Для таких спортсменов прогнозируется средний балл около 6,02, лучший балл около 7,06 и занимаемое место около 9,2.

Таким образом, разработанный метод прогнозирования позволил получить рекомендации по отбору перспективных спортсменов по морфофункциональным и психофизиологическим параметрам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Адамов В. Е.* Статистика промышленности : учебное пособие / В. Е. Адамов, Э. В. Вергилес. — Москва : Финансы и статистика, 2005. — 326 с.
2. Антропологические обследования в клинической практике / В. Г. Николаев [и др.]. — Красноярск : Версо, 2007. — 173 с.
3. Антропометрические параметры и распределение соматотипов у лиц юношеского возраста Краснодарского края : автореф. дис. ... мед. наук: 14.03.01 / Юлия Сергеевна Афанасиевская. — Волгоград, 2011. — 25 с.
4. Антропометрические подходы в оценке конституции юношей и девушек из различных социальных групп / П. Г. Койносов, С. А. Орлов, А. П. Койносов [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. — 2020. — Т. 21, № 4 (104). — С. 30—34.
5. *Анцыперов В. В.* О роли двигательной асимметрии в прыжках в воду / В. В. Анцыперов, О. И. Иванов // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 6. — С. 45—56.
6. *Арутюнян К. А.* Физическое развитие ребенка : учебное пособие / К. А. Арутюнян, А. Ф. Бабцева, Е. Б. Романцова. — Благовещенск : Буквица, 2011. — 35.
7. *Блинова Н. Г.* Динамика показателей физического и психофизиологического развития детей в период от 7 до 12 лет / Н. Г. Блинова, Н. Н. Кошко, К. А. Кукченко // Вестник Кемеровского государственного университета. — 2017. — № 1 (69). — С. 99—106.
8. *Власов Т. Д.* Механизмы гуморальной регуляции сосудистого тонуса / Т. Д. Власов // Региональное кровообращение и микроциркуляция. — 2002. — № 3. — С. 68—73.
9. *Горбань А. Н.* Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. — Новосибирск : Наука, 1996. — 276 с.
10. *Гуштурова И. В.* Практикум по возрастной физиологии: для студентов институтов физической культуры и спорта / И. В. Гуштурова. — Изд. 2-е, переработанное и дополненное. — Ижевск : Издательский дом «Удмуртский университет», 2018. — 140 с.

11. Дарская С. С. Техника определения типов конституции у детей и подростков / С. С. Дарская // Оценка типов конституции у детей и подростков. — Москва, 1975. — С. 45—55.

12. Дорджиева Д. Б. Возрастные различия времени зрительно-моторной реакции у школьников / Д. Б. Дорджиева, И. А. Бадмаева, С. В. Карлова // Наука вчера, сегодня, завтра : сборник статей по материалам XLVIII международной научно-практической конференции. — Новосибирск, 2017. — С. 6—10.

13. Доронин Б. М. Краткое практическое руководство по соматотипированию в медицинской антропологии / Б. М. Доронин, О. М. Филатов, О. Э. Шевченко. — Новосибирск, 1998. — 48 с.

14. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования / Т. А. Дуброва. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 133 с.

15. Еремин Д. М. Искусственные нейронные сети в интеллектуальных системах управления / Д. М. Еремин, И. Б. Гарцеев. — Москва : МИРЭА, 2004. — 75 с.

16. Ермолаева С. В. Региональные особенности антропометрических показателей мальчиков и девочек школьного возраста г. Ульяновска и Ульяновской области / С. В. Ермолаева, Р. М. Хайруллин // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. — 2017. — № 1. — С. 42—56.

17. Изучение психомоторных качеств у детей младшего школьного возраста с нарушениями зрения / Н. Б. Пилькевич, В. А. Марковская, О. В. Яворская [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2021. — № 4 (106). — URL: <https://research-journal.org/archive/4-106-2021-april/izuchenie-psixomotornyx-kachestv-u-detej-mladshego-shkolnogo-vozrasta-s-parusheniyami-zreniya> (дата обращения 29.09.2024).

18. Ильин Е. П. Психология спорта / Е. П. Ильин. — Санкт-Петербург : Питер, 2009. — 352 с.

19. Капилевич Л. В. Физиологические механизмы координации движений в безопорном положении у спортсменов / Л. В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. — 2012. — № 7. — С. 45 — 49.

20. Кирилова И. А. Оценка уровня и гармоничности физического развития дошкольников г. Иркутска / И. А. Кирилова, А. А. Соя // Общество. — 2020. — № 3 (18). — С. 65—69.

21. Колокольцев М. М. Антропометрическая и физиометрическая характеристика юношей 17—20 лет разных вариантов развития организма / М. М. Колокольцев // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 6. — URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27149> (дата обращения 17.03.2024).

22. Крупаткин А. И. Оценка объемных параметров общего, нутритивного и шунтового кровотока микрососудистого русла кожи с помощью лазерной доплеровской флоуметрии / А. И. Крупаткин // Физиология человека. — 2005. — Т. 31. № 1. — С. 114—119.

23. Круцевич Г. Ю. Теория и методика физического воспитания / Г. Ю. Круцевич, В. В. Петровский. — Киев : Олимпийская литература, 2003. — Т. 1. — 348 с.

24. Курьсь В. Н. Биомеханика приземления в спорте / В. Н. Курьсь // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. — 2011. — № 1. — С. 194—202.

25. Кучма В. Р. Методы оценки показателей физического развития детей при популяционных исследованиях / В. Р. Кучма, Н. А. Скоблина // Российский педиатрический журнал. — 2008. — № 2. — С. 47—49.

26. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / под ред. А. И. Крупаткина, В. В. Сидорова. — Москва : Медицина. — 2005. — 256 с.

27. Макаров В. А. Щадящие режимы педагогического контроля технико-тактического мастерства в единоборствах на восходящем и нисходящем этапах спортивной деятельности / В. А. Макаров, В. А. Котко, О. В. Устименко // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка : детский тренер-журнал в журнале. — 2007. — № 5. — С. 45—47.

28. Маколкин В. И. Метод доплеровской флоуметрии в кардиологии : пособие для врачей / В. И. Маколкин. — Москва, 1999. — 48 с.

29. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И. Н. Мантрова. — Иваново : Нейрософт, 2008. — 210 с.

30. Мельник В. А. Конституциональные особенности возрастной динамики времени простых сенсомоторных реакций школьников / В. А. Мельник, С. Н. Мельник, П. В. Ткаченко // Человек и его здоровье : Курский научно-практический вестник. — 2017. — № 3 — URL: [https://fulltext.kurskmed.com/fulltext/publications\\_kgmu/2017/konstitucionalnye.pdf](https://fulltext.kurskmed.com/fulltext/publications_kgmu/2017/konstitucionalnye.pdf) (дата обращения 21.03.2024).

31. Михута И. Ю. Алгоритм информационно-диагностической системы оценки уровня готовности и подготовленности спортсменов высокой квалификации в прыжках в воду к соревновательной деятельности / И. Ю. Михута, Сун Пэн, Лю Ичжэ // Актуальные проблемы теории и методики физического воспитания и спортивной тренировки : материалы республиканской научно-практической конференции ; редкол.: К. И. Белый (гл. ред.). — Брест : БрГУ им. А. С. Пушкина, 2019. — С. 75—80.

32. Моисеева С. Б. Типовая программа спортивной подготовки по виду спорта «прыжки в воду» (этап начальной подготовки) : методическое пособие / С. Б. Моисеева, М. А. Николаева. — Москва : ФГБУ ФЦПСР, 2021. — 93 с.

33. Морфофункциональные особенности студентов первого курса педагогического вуза / А. В. Лебедев, В. Б. Рубанович, Н. И. Айзман [и др.] // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. — 2014. — № 1 (17). — С. 128—141.

34. Мосина Н. В. Характеристика и учет индивидуально-типологических особенностей, свойств нервной системы спортсменов в учебно-тренировочном процессе / Н. В. Мосина // Международный журнал экспериментального образования. — 2018. — № 6. — С. 17—21.

35. Нарушевич К. И. Особенности функционального состояния школьников, занимающихся легкой атлетикой / К. И. Нарушевич, К. Ф. Голубева // Образование, педагогика. Физкультура и спорт, здоровый образ жизни. — 2015. — Вып. 8 (78). — С. 185—187.

36. Николаев Г. М. Методики спортивного отбора на основе комплексной оценки перспективности юных спортсменов / Г. М. Николаев, С. Н. Федорова // Вестник Марийского государственного университета. — 2020. — Т. 14, № 3 (39). — С. 306—311.

37. Нормативы для оценки физического развития детей и подростков Российской Федерации : учебное пособие для врачей : в 2 ч. / Д. Б. Никитюк, В. И. Попов, О. Ю. Милушкина [и др.]. — Москва : Издательство «Научная книга», 2023. — 430 с.

38. Нотова С. В. Показатели психофизиологической адаптации студентов разных социальных групп / С. В. Нотова, И. Э. Алиджанова, Е. В. Кияева, С. С. Акимов. — 2015. — № 11. — С. 41—47.

39. Орлов А. И. Прикладная статистика / А. И. Орлов. — Москва : Экзамен, 2006. — 671 с.

40. Особенности физического развития детей из различных социальных групп / П. Г. Койносов, С. М. Пантелеев, А. П. Койносов [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. — 2019. — Т. 20, № 1 (97). — С. 57—61.

41. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. — Москва : Финансы и статистика, 2004. — 344 с.

42. Потапов А. С. Распознавание образов и машинное восприятие / А. С. Потапов. — Санкт-Петербург : Политехника, 2007. — 548 с.

43. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии : учебное пособие / В. Д. Балин, В. К. Гайда, В. К. Гербачевский [и др.] ; под общей ред. А. А. Крылова, С. А. Маничева. — Санкт-Петербург : Питер, 2000. — 254 с.

44. Прокопьев Н. Я. Динамика физического развития мальчиков 8 лет на начальном этапе занятий спортом / Н. Я. Прокопьев, А. М. Дуров // Теория и практика физической культуры. — 2017. — № 12. — С. 49—52.

45. Распопова Е. А. Личностные качества как основа результативности прыгунов в воду высокого класса / Е. А. Распопова // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. — 2014. — № 3 (15). — С. 56—60.

46. *Распопова Е. А.* Морфологическая модель прыгуна в воду: половые, национальные особенности и эпохальная изменчивость / Е. А. Распопова, Т. В. Панасюк // Юбилейный сборник трудов ученых РГАФК, посвященный 80-летию академии. — Москва : Физкультура, образование, наука, 1998. — С. 158—162.
47. *Рылова Н. В.* Морфо-функциональные особенности юных спортсменов / Н. В. Рылова, А. В. Жолинский // Спортивная медицина: наука и практика. — 2020. — Т. 10, № 2. — С. 19—28.
48. Сравнение различных способов определения массы тела / С. А. Ушакова [и др.] // Университетская медицина Урала. — 2018. — Т. 4. № 4 (15). — С. 38—40.
49. Статистическое моделирование и прогнозирование : учебное пособие / Г. М. Гамбаров, Н. М. Журавель, Ю. Г. Королев [и др.] ; под ред. А. Г. Гранберга. — Москва : Финансы и статистика, 2000. — 340 с.
50. *Терехов В. А.* Нейросетевые системы управления / В. А. Терехов, Д. В. Ефимов, И. Ю. Тюкин. — Москва : Высшая школа, 2002. — 184 с.
51. *Тихонов В. Н.* Биомеханические характеристики прыжков в воду / В. Н. Тихонов // Материалы совместной научно-практической конференции РГАФК, МГАФК и ВНИИФК. — Москва : Физкультура, образование и наука, 2001. — С. 114—117.
52. Об утверждении федерального стандарта спортивной подготовки по виду спорта «прыжки в воду» : Федеральный стандарт спортивной подготовки по виду спорта «прыжки в воду», утвержден Приказом Министерства спорта РФ от 22 ноября 2022 г. № 1054. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405876443/> (дата обращения 15.07.2024).
53. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. — Москва : Вильямс, 2006. — 1104 с.
54. *Чистоедова Ю. А.* Оценка и сравнение психофизиологических характеристик спортсменов различных видов спорта / Ю. А. Чистоедова, А. А. Кылосов // Концепт : научно-методический электронный журнал. — 2017. — № Т 2. — С. 575—581.
55. *Шмойлова Р. А.* Теория статистики / Р. А. Шмойлова. — Москва : Финансы и статистика, 2004. — 656 с.
56. *Шогенов Р. Х.* Роль темперамента в спорте / Р. Х. Шогенов, С. М. Ветвицкая // Международный студенческий научный вестник. — 2017. — № 6. — URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=17866> (дата обращения: 21.03.2023).
57. *Яковенко Д. В.* Применение специальных комплексов физических упражнений для развития равновесия у лиц среднего возраста после Covid-19 / Д. В. Яковенко, Е. Г. Чистякова, Е. И. Андрианова // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. — 2022. — № 4 (206). — С. 537—541.
58. *Bishop Ch. M.* Pattern recognition and machine learning / Christopher M. Bishop. — New York, NY : Springer, 2006. — 738 p.
59. *Brown C. N.* Athlete characteristics and outcome score for computerized neuropsychological assessment: a preliminary analysis / C. N. Brown, K. M. Guskiewich, D. Bleiberg // Journal of athletics train. — 2007. — Vol. 42. № 4. — P. 515—523.
60. *Franchini E.* Physical fitness and antropometrical profile of the Brazilian male judo team / E. Franchini, A. V. Nunes, J. V. Morales, F. B. Del Vecchio // Journal of physiological anthropology. — 2007. — Vol. 26, № 2. — P. 59—67.
61. *Klabunde R. E.* Cardiovascular physiology concepts / R. E. Klabunde. — Published by Lippincott Williams and Wilkins, 2012. — P. 256.
62. *Kvandal P.* Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostaglandins / P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber // Microvasc. Res. — 2003. — V. 65 — P. 160.
63. *Maslova O. I.* Primenenie testovykh komp'yuternykh sistem v diagnostike kognitivnykh narusheniy pri sindrome defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu u detey shkol'nogo vozrasta / O. I. Maslova [i dr.] // Meditsinskaya tekhnika. — 2005. — № 1. — S. 7—13.

*Научное издание*

ПОПОВА Ирина Евгеньевна,  
ДВУРЕКОВА Евгения Александровна

СОВРЕМЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОТБОРА  
В ПРЫЖКИ В ВОДУ  
НА ОСНОВЕ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
И ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

*Монография*

Издание публикуется в авторской редакции  
и авторском наборе

Подписано в печать 11.11.2024. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 6,28. Тираж 500 экз. Заказ 213.

ООО Издательско-полиграфический центр  
«Научная книга»  
394018, г. Воронеж, ул. Никитинская, 38, оф. 308  
Тел. +7 (473) 200-81-02, 229-78-68  
<http://www.n-kniga.ru>. E-mail: [zakaz@n-kniga.ru](mailto:zakaz@n-kniga.ru)

Отпечатано в типографии ООО ИПЦ «Научная книга».  
394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 11/5  
Тел. +7 (473) 229-32-87  
<http://www.n-kniga.ru>. E-mail: [nautyp@yandex.ru](mailto:nautyp@yandex.ru)