

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ ВОДНЫХ ВИДОВ СПОРТА

Звягина Е.В., Петрушкина Н.П., Миловидов В.К.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры»,
Челябинск, e-mail: zv-aev@mail.ru*

Цель исследования – оценка нейрофизиологических показателей функционального статуса спортсменов водных видов спорта. Исследованы параметры компонента управления функциональной системы по основным показателям сенсомоторных центров нервной системы (скорость реакции, сила, уравновешенность, подвижность нервных процессов). Каждая группа включала 30 подростков, занимающихся водными видами спорта (водное поло, плавание). Применяемые в исследовании методики разделены на три модуля: анализ зрительно-моторных реакций, анализ зрительных реакций, анализ моторных реакций. По всем модулям были установлены количественные показатели, по которым далее проведен качественный анализ – распределение по уровневой шкале: высокий, средний или низкий уровень. Отмечен достаточно высокий уровень изученных характеристик у спортсменов водных видов спорта. Средние значения силы нервных процессов, уровней уравновешенности, подвижности и возбудимости нервной системы среди ватерполистов и пловцов имели сходство. Статистически значимо различались средние показатели уровня функциональной устойчивости – $1,56 \pm 0,121$ н.е. против $1,72 \pm 0,041$ н.е.; при детальном анализе параметров уровней уравновешенности (баланс, возбуждение, торможение) отличия отмечены в среднем уровне: «баланс» регистрировался соответственно у 36,7% (группа 1) и 10,0% (группа 2), что отражает специфику двигательной деятельности в каждом виде спорта. Полученные данные объясняются формированием функциональной системы спортсменов, направленной на совершенствование компонента управления и, как следствие – механизмов, обеспечивающих высокий уровень необходимых двигательных качеств в водных видах спорта.

Ключевые слова: юные спортсмены, водное поло, плавание, функциональные системы, компонент управления, нервные процессы, скорость реакции, сила, подвижность, лабильность, уравновешенность.

CHARACTERISTICS OF NEUROPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF THE FUNCTIONAL STATUS OF WATER SPORTS ATHLETES

Zvyagina E.V., Petrushkina N.P., Milovidov V.K.

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: zv-aev@mail.ru

The aim of the study was to evaluate neurophysiological indices of the functional status of water sports athletes. The parameters of the functional system control component were studied based on the main indices of the sensorimotor centers of the nervous system (reaction speed, strength, balance, and mobility of nervous processes). Each group included 30 adolescents involved in water sports (water polo, swimming). The methods used in the study were divided into three modules: analysis of visual-motor reactions, analysis of visual reactions, and analysis of motor reactions. Quantitative indices were established for all modules, which were then used for qualitative analysis – distribution according to a level scale: high, medium, or low. A sufficiently high level of the studied characteristics was noted in water sports athletes. The average values of the strength of nervous processes, levels of balance, mobility, and excitability of the nervous system among water polo players and swimmers were similar. The average indices of the functional stability level differed statistically significantly – 1.56 ± 0.121 n.u. versus 1.72 ± 0.041 n.u.; in a detailed analysis of the parameters of balance levels (balance, excitation, inhibition), differences were noted at the average level: "balance" was recorded, respectively, in 36.7% (group 1), and 10.0% (group 2), which reflects the specificity of motor activity in each sport. The data obtained are explained by the formation of a functional system of athletes aimed at improving the control component and, as a consequence, the mechanisms that ensure a high level of the necessary motor qualities in water sports.

Keywords: young athletes, water polo, swimming, functional systems, control component, nervous processes, reaction speed, strength, mobility, lability, balance.

Введение. Итоговой задачей тренировочного периода является повышение

эффективности спортивной деятельности. В конкретном виде спорта среди всех двигательных качеств ведущими становятся те, при развитии которых достигаются наивысшие результаты, что в конечном счете определяется функциональными системами (ФС), отвечающими за их развитие. Такие виды спорта, как плавание и водное поло, объединяет средовая характеристика реализации двигательных качеств. Водная среда имеет ряд чисто физических характеристик (гидростатика, гидродинамика, волнообразование, гипогравитация, охлаждающий эффект и др.), которые делают ее уникальной для занятий спортом и, соответственно, требующей от спортсмена развития специфических свойств: плавучести (горизонтальная и/или вертикальная устойчивость в воде), силы тяги (максимальное приложение усилия в воде при выполнении движения), активного и пассивного сопротивления давлению жидкости, демпфирование ударов и т.д. [1].

Плавание, согласно структурно-функциональной классификации, является циклическим видом спорта, эффективность которого зависит от развития скоростной выносливости. Специфика водного поло как спортивной игры определяется ациклическим характером двигательных действий, что требует совершенствования скоростно-силовой выносливости. Как и для других игровых видов спорта, действия спортсменов различных амплуа специфичны, что проявляется в скоростных передвижениях, остановках, сменах направления в сочетании с владением мячом и т.д. [2].

Для ватерполистов и пловцов необходим ряд общих качеств и навыков, включая такие, как физическая выносливость, силовая подготовленность для преодоления сопротивления воды, поддержания техники движения в воде, высокая скорость и темп перемещения, владение техникой плавания и др.

В контексте вышесказанного очевидно, что ватерполисты и пловцы должны обладать схожими физическими и психофизиологическими качествами для успешной практики и выступлений в своих видах спорта. Объединяющая эти два вида спорта совокупность внешнесредовых факторов (водная среда) требует включения дополнительных неспецифических механизмов адаптации. Этот факт позволяет провести изучение и сравнение ряда показателей, характеризующих физиологический статус и обеспечивающих спортивную эффективность ватерполистов и пловцов, с одной стороны, различающихся по требованиям к их спортивным действиям, с другой – объединяющих тех и других сходными внешними условиями их реализации [1-3].

Научные исследования, направленные на изучение особенностей статуса спортсменов на разных уровнях развития спортивного мастерства как факторов эффективности, остаются актуальными. Однако выявление и сопоставление особенностей физиологического статуса спортсменов, занимающихся различными водными видами спорта, в доступной литературе

представлено недостаточно [4; 5]. В связи с этим очевидна необходимость исследования показателей управления ФС как предикторов спортивного статуса, которые отражают уровень функциональных возможностей спортсменов.

Согласно классической теории функциональных систем (ФС) любая ФС направлена на получение полезного результата и по-крупному состоит из компонента управления и компонента исполнения. Первый включает психический компонент (высшая нервная деятельность – внимание, память, эмоции, мотивации и т.д.) и нейродинамический (особенности нервных процессов - сила, уравновешенность, подвижность и т.д.). Очевидно, что при осуществлении различных функций включается и тот и другой компонент управления, но в разной степени реализации. Все вышесказанное требует поэтапного подхода к оценкам физиологического статуса спортсменов. На данном этапе исследования изучены нейрофизиологические характеристики спортсменов, играющих в водное поло, и спортсменов, занимающихся плаванием.

Цель исследования – оценка нейрофизиологических показателей функционального статуса спортсменов водных видов спорта.

Материалы и методы исследования. В исследование включены юные спортсмены, занимающиеся водными видами спорта. Наблюдались две группы подростков по 30 человек: 1-я группа спортсменов – игровики в водное поло, 2-я группа - пловцы (средние дистанции, преимущественно кроль на груди). Все занимались в областной спортивной школе по водным видам спорта г. Челябинска, имели схожий стаж спортивной деятельности: $4,0 \pm 0,13$ года (ватерполисты), $4,1 \pm 0,12$ года (пловцы), соответственно возраст: $13,0 \pm 1,14$ года и $13,2 \pm 1,09$ года. Уровень пубертатного развития определяли по вторичным половым признакам и соответствию паспортному возрасту (шкала Таннера) [6], и он также был схожим.

Информированное согласие о добровольном участии в исследовании было подписано законными представителями в рамках ежегодного собрания [7].

Исследование предусматривало оценку компонента управления ФС (нейродинамического компонента) по основным показателям работы сенсомоторных центров нервной системы (сила, уравновешенность, подвижность нервных процессов, возбудимость). Спортсмены обследованы в начале подготовительного периода на функционально-диагностическом компьютерном комплексе «НС-Психотест Спорт» (ООО «Нейрософт», г. Иваново, РФ) [8].

Применяемые в исследовании методики разделены на три модуля:

- модуль зрительно-моторных реакций (ЗМР) – объединял оценку уравновешенности нервной системы (тест «Реакция на движущийся объект» – РДО) и анализ функционального

состояния нервной системы, включая и ее типологические особенности (тест «Простая зрительно-моторная реакция» – ПЗМР);

- модуль зрительных реакций (ЗР) – направлен на выявление подвижности нервной системы (тест «Критическая частота световых мельканий» – КЧСМ);

- модуль моторных реакций (МР) – включал определение силы нервных процессов методом темпометрии (теппинг-тест).

По каждому модулю были получены индивидуальные количественные показатели в соответствующих единицах измерения, на основе которых рассчитывали среднегрупповые значения $\pm$ ошибка, что стало возможным после проверки групп и подтверждения нормального распределения [9, с. 28-39].

Программное обеспечение «Психотеста» позволяет на основе индивидуальных данных и по соответствующей шкале определить уровень изученного показателя: высокий, средний или низкий уровень (качественные показатели). Это позволило провести качественную оценку полученных данных, которая косвенно отражает и величину связи между признаками. Характеристика распределения обследованных спортсменов по этим уровням (в процентах) является не только дополнительным подходом к анализу, но и дающим больше информации об изучаемом явлении.

Используя классические методы традиционной биостатистики [9, с. 296-297, 354-357], достоверность между группами оценивали по критерию Стьюдента (t) – количественные показатели, и общепринятому критерию Фишера (F) – качественные показатели. Принят 95% уровень значимости ($p < 0,05$). Различия считали статистически значимыми при $t \geq 1,96$, при $F \geq 4,00$.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные результаты представлены на рисунках, из данных которых следует, что при межгрупповом сравнении средних значений и распределении по результатам выполнения тестов, характеризующих нервные процессы у ватерполистов и пловцов, статистически значимые различия отсутствуют.

Так, коэффициент силы (рис. 1), рассчитанный по результатам выполнения темпометрии, у всех ватерполистов (группа 1) составлял $3,12 \pm 0,561$ н.е., у пловцов (группа 2) – $3,07 \pm 0,504$ ($t=0,47$). Соответственно уравновешенность (тест РДО) составила $79,4 \pm 1,37\%$ и $81,4 \pm 0,56\%$ ($t=0,96$), лабильность нервной системы (тест КЧСМ) – $36,13 \pm 0,36$ Гц и $35,82 \pm 0,34$ Гц ($t=0,61$); скорость реакции (тест ПЗМР) – $208,20 \pm 5,09$ мс и $206,43 \pm 4,83$ мс ($t=1,36$).

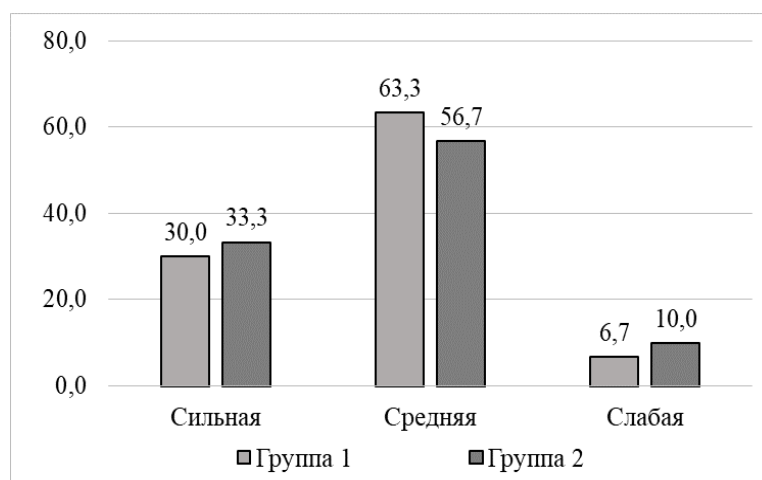


Рис. 1. Распределение обследованных спортсменов по показателю «Сила нервной системы» по методике темпометрии, в %

Доминирующий тип нервной системы у спортсменов водных видов спорта определен как «средний»: в группе ватерполистов – 63,3%, в группе пловцов – 56,7% ($F=0,27$). «Сильный» тип нервной системы» установлен соответственно для 30,0% и 33,3%, ($F=0,07$).

Среднее значение общей суммы точек при выполнении теппинг-теста в 1-й группе подростков составило – $229,4 \pm 4,59$, во 2-й группе – $228,1 \pm 5,62$ ($t=0,96$). При этом темп нажатий в секунду определен как $7,09 \pm 0,16$ и $7,60 \pm 0,24$ ($t=1,88$) соответственно.

При детальной оценке числа точек в каждом квадрате [10] установлено, что для пловцов характерен восходящий график, а для ватерполистов – промежуточный (рис. 2). Стоит отметить, что и тот и другой тип кривой отражают среднесильный тип нервной системы.

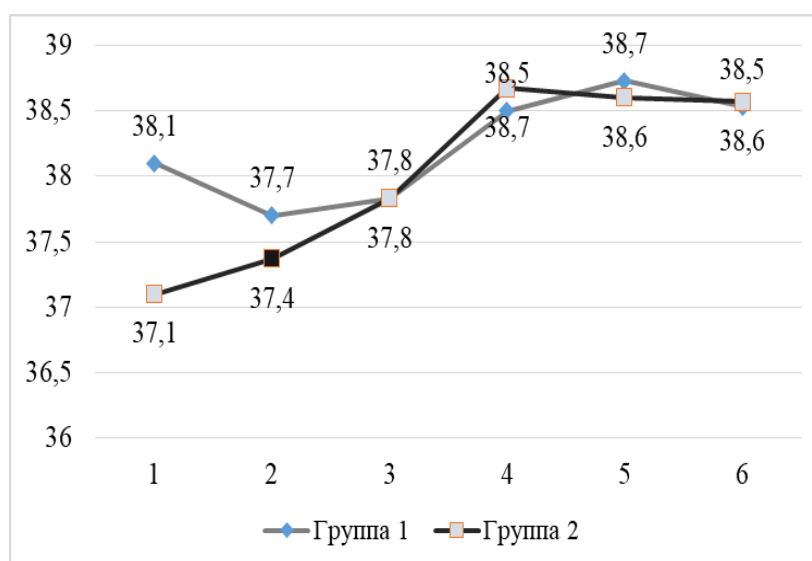


Рис. 2. Динамика среднего числа точек в соответствующих квадратах (абс.)

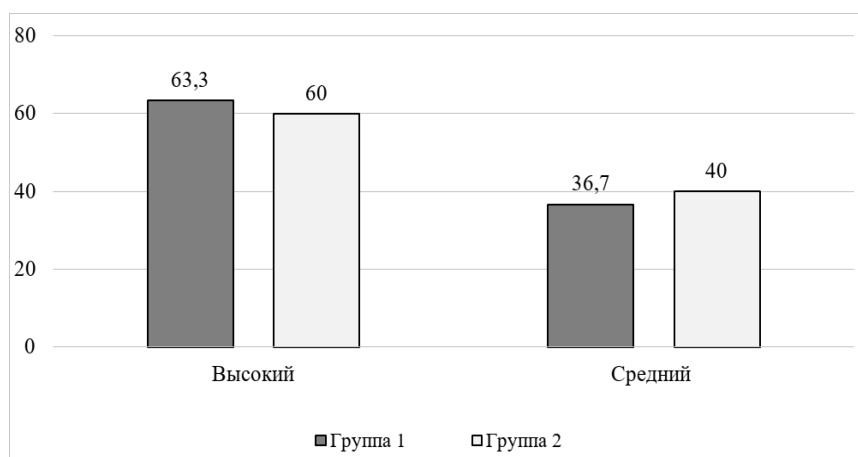


Рис. 3. Распределение спортсменов по показателю уровня уравновешенности процессов возбуждения-торможения («Реакция на движущийся объект»), %

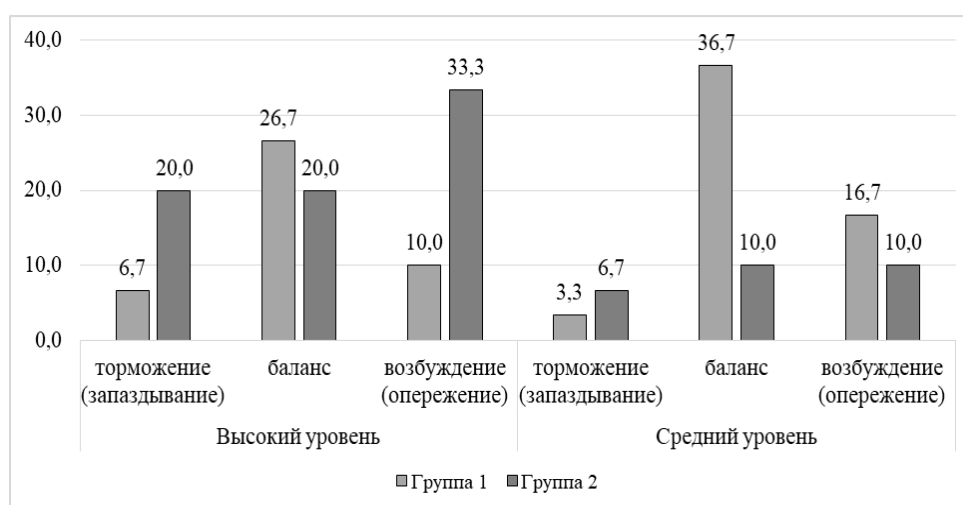


Рис. 4. Распределение спортсменов по типу уравновешенности (РДО, %)

При определении уровня уравновешенности у обследованных спортсменов водных видов спорта низкие оценки не были зарегистрированы. Высокий уровень установлен для 63,3% – 1-я группа и 60,0% – 2-я группа ($F=0,07$), соответственно, средний – 36,7% и 40,0% ($F=0,07$).

Далее определяли число подростков с балансом нервных процессов, а при неуравновешенном типе – с преобладанием возбуждения или торможения.

Для спортсменов обеих групп зарегистрированы «высокий» и «средний» уровни уравновешенности. Для каждого из этих уровней определены следующие параметры: баланс, торможение, возбуждение (рис. 4).

В 1-й группе при высоком уровне уравновешенности «баланс» установлен у 26,7% обследуемых, во 2-й группе – у 20,0% ($F=0,37$). При среднем уровне уравновешенности «баланс» регистрировался соответственно у 36,7% и 10,0% ($F=6,48$). Этот факт, очевидно, связан с особенностями двигательной деятельности ватерполистов и необходимостью

готовности к быстрому реагированию на игровую ситуацию.

Запаздывание встречалось ожидаемо редко в 1-й группе (6,7% при высоком уровне, 3,3% – при среднем уровне), во 2-й группе – соответственно 20,0% и 6,7%. Значение критерия F для торможения при высоком уровне составило 2,46, при среднем уровне – 0,36, т.е. различия между группами недостоверны. Эти показатели важны для представителей обеих групп, поскольку они функционируют в рамках лимита времени и переключения двигательных локомоций (остановки, повороты, «шаг пловца», игровое плавание).

При оценке ЗМР-модуля определяли критериальные характеристики функционального состояния ЦНС, которые рассчитывали в нормализованных единицах (н.е.) по результатам выполнения теста ПЗМР:

- функциональный уровень системы (ФУ) – абсолютное значение времени реакции, отражает текущее функциональное состояние и степень развития утомления;
- устойчивость функциональной системы (УФС) отражает работоспособность как способность нервной системы обеспечивать длительное выполнение работы заданной интенсивности;
- уровень функциональных возможностей (УФВ) – развивать и удерживать конкретное состояние длительное время.

Среднегрупповые значения изученных характеристик были сходными в обеих группах. Так, ФУ в 1-й группе составил $4,3 \pm 0,05$ н.е., во 2-й группе – $4,2 \pm 0,06$ н.е. ($t=0,79$), УФВ – соответственно $3,29 \pm 0,12$ н.е. и $3,45 \pm 0,011$ н.е. ($t=1,00$). Исключение составили средние показатели УФС, которые статистически значимо различались – $1,56 \pm 0,121$ н.е. против $1,72 \pm 0,041$ н.е. ($t=2,04$). Достоверность различий в этом случае обусловлена, по-видимому, тем, что плавание как циклический вид спорта требует удержания высокой работоспособности при монотонном темпе преодоления дистанции, что и достигается устойчивостью ФС.

Качественные оценки более информативны, чем средние значения изученных показателей, поскольку они отражают (в отличие от средних) взаимосвязь между признаками [9]. В распределении спортсменов по уровням качественных оценок (рис. 5) различий не установлено: значение критерия Фишера не превышало 4,00 (95% достоверность) и составляло для ФУ – 0,06, УФС – 1,07, УФВ – 0,06.

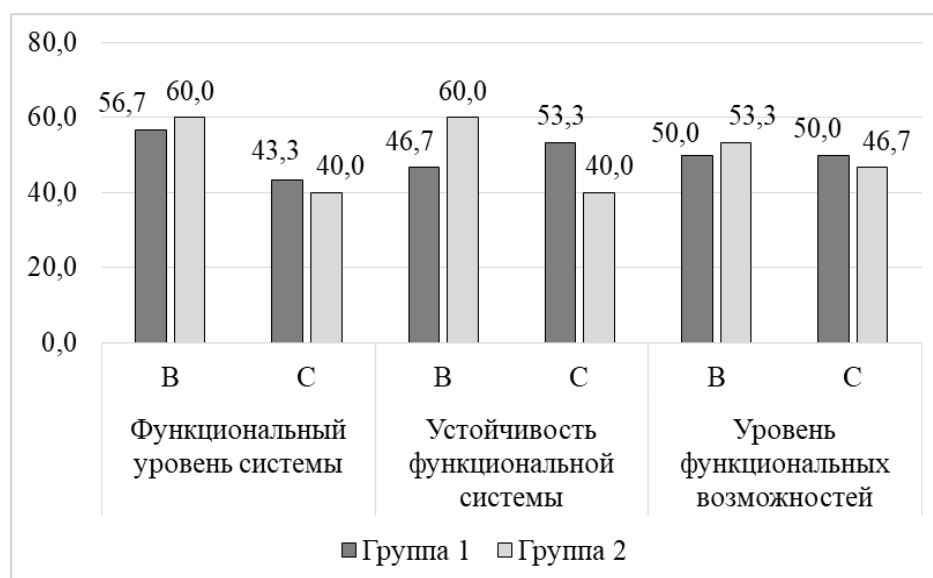


Рис. 5. Распределение по уровням функционального статуса спортсменов водных видов спорта, в %

Полученные на этом этапе анализа данные (доминирование высокого уровня, достаточно высокий средний уровень и отсутствие низкого уровня) объясняются формированием ФС спортсменов, направленной на совершенствование компонента управления и, как следствие – механизмов, обеспечивающих высокий уровень необходимых двигательных качеств в водных видах спорта.

Известно, что основным компонентом, обеспечивающим скоростно-силовые качества, необходимые для ватерполистов и пловцов, является нейродинамический компонент ФС [11; 12]. Согласованная работа структур, входящих в этот компонент ФС (скорость реакции, сила, подвижность, уравновешенность нервной системы), определяет не только локомоции, но и другие сложные психомоторные качества (антиципация, экстраполяция и др.), что позволяет спортсменам адекватно реагировать на внешние раздражители, прогнозировать и эффективно реализовывать последующие действия.

Хотя все изученные характеристики нейродинамического компонента генетически детерминированы [13; 14], корректное внешнее воздействие (тренировочное) с учетом информации о функциональных показателях на различных этапах тренировочного процесса позволит своевременно корректировать последний и, таким образом, повышать эффективность спортивной деятельности.

Полученные результаты отражают сходство локомоторных и нейродинамических характеристик, связанных в том числе и со средовой деятельностью спортсмена. При этом скоростно-силовые двигательные качества, находящиеся под контролем нейродинамического компонента ФС, способствуют повышению спортивной эффективности

как в плавании, так и в игре в водное поло. Этот аспект планируется изучить на следующем этапе. Следующий этап исследования предусматривает изучение в этих же группах спортсменов второй составляющей компонента управления ФС – психического компонента (высшая нервная деятельность – внимание, память, эмоции, мотивации и т.д.).

Кроме того, предполагается исследование (и сопоставление) модульных показателей у спортсменов других игровых видов, а также у подростков, занимающимися физкультурой только на соответствующих уроках в общеобразовательной школе.

Выводы. Таким образом, согласно полученным результатам исследования компонента управления ФС ватерполистов и пловцов при оценках основных нейродинамических характеристик, рассчитанных по показателям функций сенсомоторных центров (сила, уравновешенность, подвижность нервных процессов, возбудимость), регистрируется сходство таковых у ватерполистов и пловцов. Вместе с тем выявлены и некоторые достоверные различия между ними.

Так, статистически значимо различались средние показатели УФС – $1,56 \pm 0,121$ н.е. против $1,72 \pm 0,041$ н.е. ($t=2,04$), что объясняется тем фактом, что плавание как циклический вид спорта требует при монотонном темпе преодоления дистанции удержания высокой работоспособности, что и достигается устойчивостью ФС. При детальном анализе параметров уровней уравновешенности (баланс, возбуждение, торможение) статистически значимые отличия отмечены в среднем уровне: «баланс» регистрировался соответственно у 36,7% (группа 1) и 10,0% (группа 2) ($F=6,48$). Эти результаты также связаны со спецификой двигательной деятельности ватерполистов в условиях постоянной смены игровой ситуации и с необходимостью готовности к быстрому реагированию.

Список литературы

1. Фролов Д.Ф., Викулов А.Д. Эффективность занятий подростков в школьной спортивной секции // Ярославский педагогический вестник. 2020. № 2 (59). С. 43-46 URL: https://vestnik.yspu.org/releases/2009_2g/12.pdf (дата обращения: 15.01.2025).
2. Кудряшова Ю.А. Ровный Д.А., Бердичевская Е.М., Кудряшов Е.А., Маякова О.В. Учет морфофункциональных показателей ватерполистов как основа оптимизации спортивного отбора и индивидуализации тренировочного процесса // Физическая культура, спорт – наука и практика. 2019. №3. С.40-46. URL: <https://sciup.org/142221981> (дата обращения: 15.01.2025).
3. Лалаева Г.С., Захарова А.Н., Кабачкова А.В., Миронов А.А., Капилевич Л.В. Психофизиологические особенности спортсменов циклических и силовых видов спорта // Теория и практика физической культуры. 2015. №11. С.73-75.

4. Мальцев В.П., Филиппов А.М. Динамика показателей нейровегетативной регуляции у юных пловцов ХМАО-Югры в период спортивно-тренировочных сборов // Физическое воспитание и спортивная тренировка. 2024. № 2(48). С. 130-136.
5. Мосина Н.В., Аксарина И.Ю., Астраханцев А.А. Контроль функционального состояния ЦНС спортсменов, занимающихся водным поло, на различных этапах соревновательного периода // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №10-2. С.102-105. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-10-2-102-105.
6. Нестерова А.С., Барбашов С.В. Сравнительный анализ методов оценки уровня полового созревания в спортивной практике // Общество: социология, психология, педагогика. 2023. №10 (114). С. 98-103. DOI: 10.24158/spp.2023.10.14.
7. Быков Е.В., Петрушкина Н.П., Коломиец О.И., Симонова Н.А. Методологические подходы при организации научных исследований в сфере физической культуры и спорта // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2019. Т. 14, № 1. С. 176-184. DOI: 10.14526/2070-4798-2019-14-1-176-184.
8. Петрушкина Н.П. Звягина Е.В., Алешин И.Н., Симонова Н.А. Нейрофизиологический статус юных ватерполистов. Сообщение 2. Функциональное состояние сенсомоторных центров // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2022. № 1(203). С. 307-314. DOI: 10.34835/issn.2308-1961.2022.1.p307-314.
9. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Издательство МГУ, 1970. 268 с.
10. Нопин С.В., Корягина Ю.В., Кушнарева Ю.В. Теппинг-тест как показатель эффективности, силы и выносливости нервной системы у спортсменов различных видов спорта // Современные вопросы биомедицины. 2022. №2 (19). С.86-91. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_10.
11. Солопов И.Н., Суслина И.В., Солопов А.И., Авдиенко В.Б. Взаимосвязь факторов морфо-функционального статуса организма с уровнем физической работоспособности пловцов разной квалификации // Современные вопросы биомедицины. 2023. Т. 7, № 3(24). С40-47. DOI 10.51871/2588-0500_2023_07_03_40.
12. Власова С.В., Александрович А.П., Булышко Е.С., Психологические особенности спортсменов игровых видов спорта в возрастном аспекте, Степанова Е.М. // Прикладная спортивная наука. 2024. №20. С.5-13.
13. Ведерникова Е.В., Морозова М.А., Шушканова Е.Г., Кротова М.Н. Психофизиологические особенности спортсменов-подростков разной спортивной специализации // Теория и практика физической культуры. 2023. № 2. С. 64-66.
14. Федорова Е.Ю., Гиття М.А., Папуша А.Т. Методика оценки психофизиологического статуса высококвалифицированных пловцов на основе выявления индивидуальных

особенностей чувствительности сенсорных систем к тренировкам по плаванию // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2022. № 4. С. 247-252.