

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ВАТЕРПОЛИСТОК ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ VR-ТЕХНОЛОГИИ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ

А.А. Семченко¹, semchenkoa@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0974-6047>

А.В. Шевцов², sportmedi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9878-3378>

Н.В. Мамылина³, tamilinanv@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5880-439X>

А.В. Ненашева⁴, nenashevaav@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7579-0463>

¹ Академия физической и реабилитационной медицины, Санкт-Петербург, Россия

² Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

³ Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия

⁴ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: выявить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы ватерполисток подросткового возраста при формировании сложных двигательных навыков с применением VR-технологии. **Материалы и методы.** Тридцать ватерполисток подросткового возраста (15–16 лет), имеющие I и II взрослые спортивные разряды, были случайно разделены на две исследуемые группы: занимающихся по типовой учебно-тренировочной программе (ИГ1) и с применением технологии виртуальной реальности (ИГ2). Учебно-тренировочная программа (УТП) для ватерполисток ИГ2 помимо 5 дней тренировок в неделю по типовой УТП включала 1 дополнительную еженедельную тренировку для формирования сложных двигательных навыков (прием мяча захватом с поворотом кисти, штрафной бросок, пас-финты) посредством VR-технологии. Диагностика структурно-функциональных особенностей миокарда и кардиодинамики проводилась в рамках двух срезов до и после 9 месяцев спортивной подготовки методом эхокардиографии на ультразвуковом сканере SIM-5000 PLUS (Италия). В рамках этих же диагностических срезов на электрокардиографе SENSITEG ECG 1003 (Китай) осуществлялась запись ЭКГ спортсменок в ответ на дозированную физическую нагрузку (20 приседаний за 30 с). **Результаты.** Установлено, что занятия водным поло благоприятно влияют на функциональный статус сердечно-сосудистой системы девушек-подростков, имеют выраженный оздоравливающий эффект. Показано, что применение VR-технологии при формировании сложных двигательных навыков ватерполисток 15–16 лет повышает визуальную чувствительность двигательных действий, за счет чего обеспечивается более адаптивная когнитивная модуляция стимулов, участвующих в автономном контроле сердечной деятельности. **Заключение.** Подбирая необходимые модели спортивно-специфических двигательных навыков для отработки с применением VR-технологии, можно эффективно воздействовать на те функциональные свойства и когнитивно-двигательные качества, которые в недостаточной мере стимулируются физическими упражнениями. Как показывают результаты проведенного исследования, даже относительно редкое применение VR-технологии в учебно-тренировочном процессе позволяет заметно улучшить показатели экономизации сердечно-сосудистой деятельности. Следовательно, практика применения VR-технологии в качестве дополнительного средства спортивной подготовки в водном поло целесообразна.

Ключевые слова: водное поло, виртуальная реальность, сердечно-сосудистая система, эхокардиография, вариабельность сердечного ритма, спортсмены-подростки, двигательные навыки, вегетативная нервная система, девушки-подростки, иммерсивные технологии

Для цитирования: Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы ватерполисток подросткового возраста при применении VR-технологии в тренировочном процессе / А.А. Семченко, А.В. Шевцов, Н.В. Мамылина, А.В. Ненашева // Человек. Спорт. Медицина. 2026. Т. 26, № 3. С. 16–23. DOI: 10.14529/hsm260302

CARDIOVASCULAR FUNCTION IN ADOLESCENT FEMALE WATER POLO PLAYERS DURING VR TECHNOLOGY-ASSISTED TRAINING

A.A. Semchenko¹, semchenkoa@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0974-6047>

A.V. Shevtsov², sportmedi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9878-3378>

N.V. Mamykina³, mamilinanv@cspu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5880-439X>

A.V. Nenasheva⁴, nenashevaav@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7579-0463>

¹ Academy of Physical and Rehabilitation Medicine, Saint Petersburg, Russia

² Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

³ South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

⁴ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. This paper aims to identify the functional status of the cardiovascular system in adolescent female water polo players during the development of complex motor skills using VR technology. **Materials and methods.** Thirty adolescent female water polo players (aged 15-16 years) with adult sports ranks I and II were randomly divided into two groups. Group I (G1) followed a standard training program, while Group 2 (G2) integrated VR technology into their training. In addition to five weekly standard training sessions, G2 included one additional weekly VR-assisted session for developing complex motor skills (wrist catch and turn, penalty shot, and pass feints). Myocardial structural and functional characteristics, as well as cardiac dynamics, were assessed by echocardiography (SIM-5000 Plus, Italy) at baseline and after 9 months. Exercise ECG (20 squats / 30 s) was recorded using a Sensitec ECG-1003 (China). **Results.** Water polo had a beneficial effect on the functional cardiovascular status of female athletes, producing a pronounced health-enhancing effect. The use of VR technology in the development of complex motor skills was shown to improve visual-motor sensitivity, thereby providing more adaptive cognitive modulation of stimuli involved in autonomic cardiac control. **Conclusion.** By selecting appropriate sport-specific motor skills for VR-assisted training, it is possible to effectively target those functional, cognitive, and motor characteristics that are insufficiently stimulated by physical exercise. Even infrequent use of VR technology in the training process can significantly improve cardiovascular performance. Therefore, using VR technology as an additional training tool in water polo is justified.

Keywords: water polo, virtual reality, cardiovascular system, echocardiography, heart rate variability, adolescent athletes, motor skills, autonomic nervous system, female athletes, immersive technology

For citation: Semchenko A.A., Shevtsov A.V., Mamykina N.V., Nenasheva A.V. Cardiovascular function in adolescent female water polo players during vr technology-assisted training. *Human. Sport. Medicine.* 2026;26(3):16–23. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm260302

Введение. Водное поло – это спортивная командная игра в воде с мячом, которая характеризуется выполнением преимущественно ациклических двигательных действий в условиях контактного противоборства. В сравнении с другими спортивными играми специализация в водном поло требует более высокого уровня зрительного восприятия и способности предвидеть и реализовывать сложные двигательные навыки в условиях определенных временных рамок. Это обусловлено тем, что во время игры в водное поло происходит прямой контакт не только с соперниками и членами команды, но и с водной средой. Для развития зрительно-двигательных навыков ватерполистов(ок) проведения регулярных тре-

нировочных занятий с использованием физических упражнений в бассейне недостаточно. В связи с этим для достижения конкурентной результативности в водном поло в последние годы актуализировалась задача поиска новых технологий для получения преимущества за счет усовершенствованных когнитивно-двигательных практик тренировок.

Вместе с тем в связи с напряженным характером двигательной деятельности в водных видах спорта у спортсменов(ок) подросткового возраста довольно часто выявляются малые аномалии развития сердца [3]. По результатам плановой диспансеризации юных пловцов коллективом авторов под руководством Н.М. Леоновой (2010) выявлены на-

рушения осанки у большинства обследованных; зрения – у 32 % детей; малые аномалии развития сердца (по данным эхокардиографии) – у 63 % (из них 24 % составляли пролапс митрального клапана, аномально расположенные хорды – 16,7 %) [2].

Выявив вышеобозначенные проблемы, мы предположили, что для нивелирования возможного негативного влияния на сердечно-сосудистую систему ватерполисток подросткового возраста напряженной двигательной деятельности в условиях контактного противоборства в водной среде в качестве оптимизирующего средства может быть использована технология виртуальной реальности (VR). При этом ввиду технических особенностей проектирования иммерсивных обучающих сред VR-технология предлагается рассматривать как средство формирования сложных двигательных навыков при проведении тренировок по водному поло на суше.

Цель исследования – выявить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы (структурно-функциональные особенности миокарда и кардиодинамики, показатели электрокардиографии) ватерполисток подросткового возраста при формировании сложных двигательных навыков с применением VR-технологии.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе ГБУЗ «Челябинский областной врачебно-физкультурный диспансер», кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ» и кафедры «Теория и методика физической культуры и спорта» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)». Исследование проводилось в 2023 году, запланированная продолжительность периода включения в исследование составила 9 месяцев. В исследовании принимали участие 30 девушек 15–16 лет, занимающихся водным поло. Все исследуемые имели I и II взрослые спортивные разряды.

После заполнения информированного добровольного согласия на проведение исследования в соответствии с основами законодательства РФ «Об охране здоровья граждан, правил проведения клинической практики в РФ» (приказ МЗ РФ № 266 от 19.07.03 г., приказ Росздравнадзора № 2325-Пр/06 от 17.10.06 г.) спортсменки были случайно разделены на две исследуемые группы: занимающихся по типовой учебно-тренировочной программе (ИГ1) и с применением технологии

виртуальной реальности (ИГ2). По результатам медицинского осмотра все девушки были отнесены к первой и второй группам здоровья.

Учебно-тренировочная программа (УТП) для ватерполисток ИГ2 помимо 5 дней тренировок в неделю по типовой УТП включала 1 дополнительную еженедельную тренировку для формирования сложных двигательных навыков посредством VR-технологии. В системе виртуальной реальности «VIVE» (Тайвань) были записаны трехмерные визуализации эталонных выполнений приема мяча захватом с поворотом кисти, штрафного броска, пас-финтов. Тренировки с применением VR выполнялись на суше в спортивном зале со свободным полем и размеченным тентом для фиксации бросков. Манжеты с датчиками были закреплены на запястьях.

Диагностика структурно-функциональных особенностей миокарда и кардиодинамики проводилась в рамках двух срезов до и после 9 месяцев спортивной подготовки методом эхокардиографии на ультразвуковом сканере SIM-5000 PLUS (Италия). В рамках этих же диагностических срезов на электрокардиографе SENSITEG ECG 1003 (Китай) осуществлялась запись ЭКГ спортсменок в ответ на дозированную физическую нагрузку (20 приседаний за 30 с). ЭКГ регистрировали в I стандартном отведении и в отведении V5. Нами были проанализированы следующие временные показатели ЭКГ: продолжительности R-R_{ср}, зубца P, интервала PQ, комплекса QRS, интервала QT.

Все значимые для исследования данные кардиодинамики и ЭКГ были зафиксированы в индивидуально разработанных картах, внесены в специально созданную статистическую базу данных для последующей обработки с использованием лицензионной программы STATGRAPHICS Plus 5.0. Для статистических расчетов был использован U-критерий Манна – Уитни. Уровень статистической значимости при $p < 0,05$ был достаточным, чтобы принять различия между группами как достоверные.

Результаты. Сравнительные характеристики структурно-функциональных показателей левого желудочка, объемов сердца и центральной гемодинамики у ватерполисток исследуемых групп до и после проведенного исследования представлены на рис. 1.

В динамике исследования частота сердечных сокращений (ЧСС) у ватерполисток ИГ1 незначительно уменьшилась ($p \geq 0,05$);

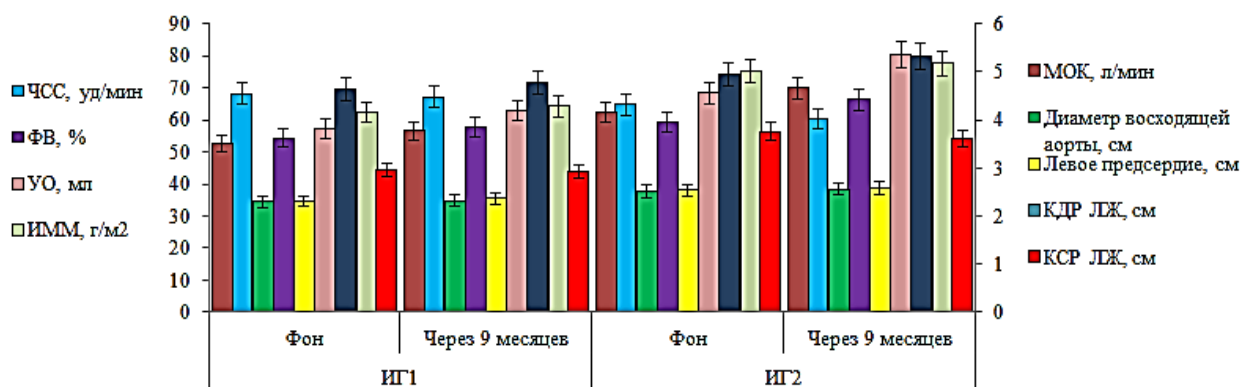


Рис. 1. Сравнительные характеристики эхокардиографического исследования ватерполисток 15–16 лет: ЧСС – частота сердечных сокращений; ФВ – фракция выброса; УО – ударный объем; ЛЖ – левый желудочек; ИММ – индекс массы миокарда ЛЖ; МОК – минутный объем крови; КДР – конечно-диастолический размер; КСР – конечно-систолический размер

Fig. 1. Comparative echocardiographic data from adolescent female water polo players: ЧСС – heart rate; ФВ – ejection fraction; УО – stroke volume; ЛЖ – left ventricle; ИММ – LV myocardial mass index; МОК – minute volume; КДР – end-diastolic dimension; КСР – end-systolic dimension

в ИГ2 – уменьшилась на 6,9 % (при $p < 0,05$) по сравнению с фоновыми значениями. После выполнения дозированной физической нагрузки в рамках контрольного тестирования ЧСС у ватерполисток ИГ1 увеличилась в 2,2 раза ($p < 0,001$) по сравнению с состоянием покоя, а в ИГ2 – на 99 % ($p < 0,001$). Восстановление ЧСС у ватерполисток ИГ1 произошло в течение четырех минут после выполнения нагрузки, в ИГ2 – в течение трех минут.

Значения минутного объема кровообращения (МОК) в обеих группах в условиях выполнения нагрузочного теста увеличились по сравнению с покоем в ИГ1 – на 6,3 % ($p < 0,05$); в ИГ2 – на 15,1 % ($p < 0,05$), характеризую уровень кровоснабжения работающих мышц. Значения минутного объема крови (МОК) в обеих группах достоверно увеличились по сравнению с фоновым уровнем (в контрольной группе – на 7,4 % ($p < 0,05$); в основной – на 11,8 % ($p < 0,05$)). В группе ватерполисток, занимающихся с применением VR-технологии, в условиях покоя и после выполнения физической нагрузки МОК превышал аналогичные показатели спортсменок ИГ1.

Практика применения VR-технологий в учебно-тренировочном процессе повышает функциональную репрезентативность спортивно-специфичных двигательных действий, приближая их к эталонному исполнению и, следовательно, увеличивая производительность спортивной деятельности [7]. Производительность любой двигательной деятельности напрямую связана с уровнем потребления кислорода [1]. Следовательно, чем выше по-

требление кислорода, или чем выше производительность двигательной деятельности ватерполисток, тем выше МОК.

Внутренний диаметр восходящей аорты в состоянии покоя и после нагрузочного теста у ватерполисток ИГ2 превышал среднегрупповой показатель ИГ1 на 10,3 и 11,7 % ($p < 0,05$) соответственно.

При выполнении нагрузки значения фракции выброса (ФВ) у ватерполисток ИГ2 увеличились на 10,4 % ($p < 0,05$) по сравнению с состоянием покоя, превышая среднегрупповой показатель ИГ1 на 12,6 % ($p < 0,05$). В динамике исследования значения ФВ в обеих группах достоверно увеличились по сравнению с фоновыми показателями: в ИГ1 – на 6,0 %; в ИГ2 – на 11,8 % ($p < 0,05$). Значения ФВ у ватерполисток ИГ2 при первичной диагностике превышали данные ИГ1 на 9,2 % ($p < 0,05$); через девять месяцев – на 15,1 % (при $p < 0,05$), что указывает на более высокий уровень тренированности организма.

Конечно-диастолический размер левого желудочка (КДР ЛЖ) при первичной диагностике у ватерполисток ИГ2 был выше на 6,7 % ($p < 0,05$); в конце исследования – на 11,8 % ($p < 0,05$) по сравнению с ватерполистками ИГ1.

Показатели конечно-систолического размера левого желудочка (КСР ЛЖ) во время сокращения у ватерполисток ИГ1 в динамике исследования (через девять месяцев) достоверно уменьшились по сравнению с фоновыми значениями; у ватерполисток ИГ2 – на 3,7 % ($p > 0,05$).

Занятия водным поло активизируют сократительную способность сердечной мышцы, при этом включение в учебно-тренировочный процесс VR-технологии способствует более эффективному выполнению форсированной физической нагрузки за счет оптимизации функциональной активности системы кровообращения путем включения механизмов нейровисцеральной интеграции.

Показатели ударного объема (УО) крови в обеих группах в условиях выполнения нагрузочного теста увеличились по сравнению с покоем (в ИГ1 – на 13,2 % ($p < 0,05$); в ИГ2 – на 23,4 % ($p < 0,05$)), что указывает на увеличенный запрос двигательной системы в условиях форсированной физической нагрузки. В группе ватерполисток ИГ2 в условиях покоя и после выполнения физической нагрузки УО крови превышал аналогичные значения ИГ1 соответственно на 23,7 и 34,9 %, характеризую рост преднагрузки и увеличение инотропной функции миокарда желудочков.

Вегетативная иннервация, регулирующая сердечную инотропию, связана с принципами координации восприятия-действия [6]. Использование VR-технологии в учебно-тренировочном процессе ватерполисток повышает визуальную чувствительность двигательных действий, за счет чего обеспечивается более адаптивная когнитивная модуляция стимулов, участвующих в автономном контроле сердечной деятельности.

В исследовании Е.М. Спивак и Н.Н. Нежиной (2014) показано, что «предельные частоты сердечных сокращений у спортсменов и нетренированных людей биологически детерминированы, поэтому для оптимизации МОК у спортсменов наблюдается увеличение УО крови при физической нагрузке» [4]. Показатели УО крови в обеих группах в динамике исследования увеличились по сравнению с фоновыми (в ИГ1 – на 9,7 % ($p < 0,05$); в ИГ2 – на 17,5 % ($p < 0,05$)), что указывает на возрастание резервов сердечно-сосудистой системы.

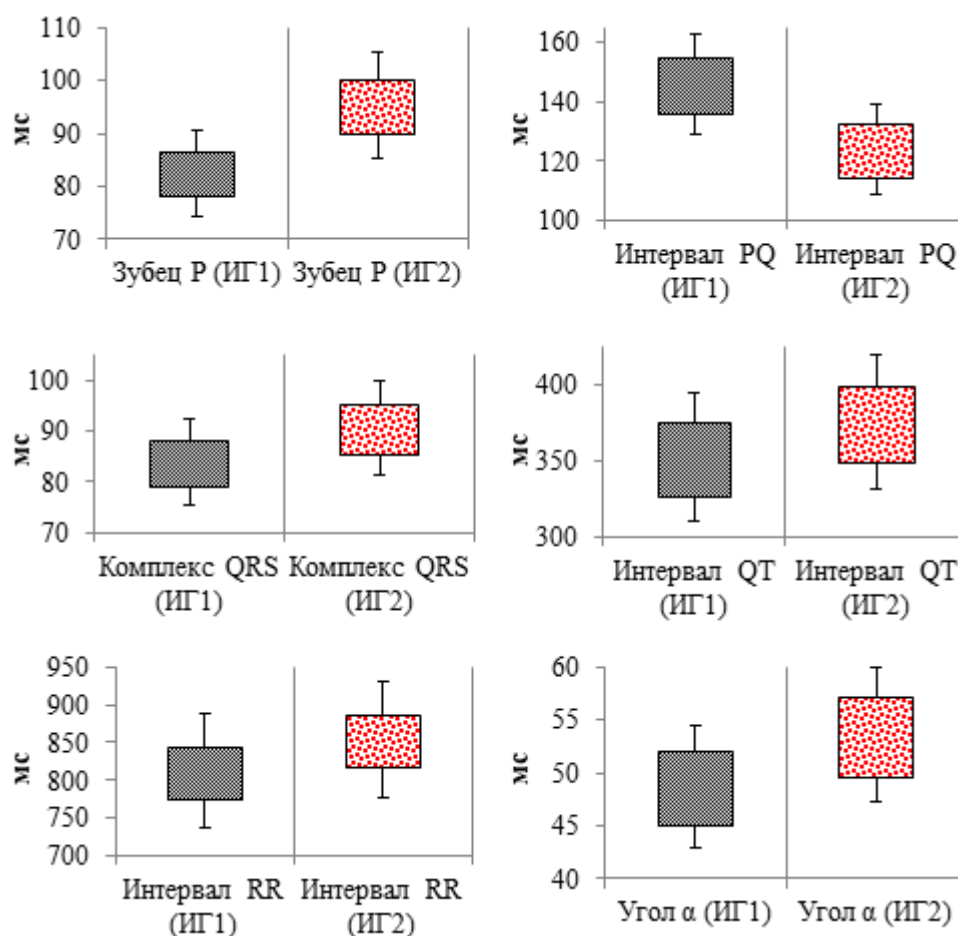


Рис. 2. Сравнительные характеристики электрокардиографического исследования ватерполисток 15–16 лет

Fig. 2. Comparative electrocardiographic data from adolescent female water polo players

В ИГ2 при первичной и вторичной диагностике УО крови достоверно превышал аналогичные значения ИГ1 соответственно на 9,5 и 28,0 %, указывая на повышенные функциональные возможности сердечно-сосудистой системы.

Структурно-функциональные показатели левого желудочка сердца в ИГ1 и ИГ2 находились в пределах возрастной нормы на протяжении всего исследования.

Средняя величина ЧСС у ватерполисток ИГ1 составила $74,5 \pm 3,9$ сокращений в минуту; ИГ2 – на 10,5 % меньше ($p < 0,05$). У всех ватерполисток подросткового возраста исследуемых групп регистрировался синусовый ритм. Средние значения показателей длительности зубцов не отличались от возрастно-половой нормы (рис. 2). Значения интервалов зубцов ватерполисток ИГ1 были без значимых отклонений от физиологических значений.

Средняя продолжительность зубца Р электрокардиограммы у ватерполисток ИГ1 составила $82,3 \pm 4,0$ мс, что соответствует физиологической норме; у ватерполисток ИГ2 – на 15,6 % больше ($p < 0,05$).

У ватерполисток ИГ1 средняя продолжительность интервала PQ электрокардиограммы составила $145,7 \pm 9,6$ мс, что соответствует норме. У ватерполисток ИГ2 данный показатель был на 15,2 % меньше ($p < 0,05$), функциональное укорочение интервала PQ ($PQ < 120$ мс) свидетельствует о повышении симпатического тонуса. В состоянии соревновательного стресса у спортсменок длительность данного интервала повышается на фоне интенсивных физических и эмоциональных нагрузок, не оказывая патологического влияния на тонус блуждающего нерва, являясь адаптационно-компенсаторной реакцией сердечно-сосудистой системы.

Средняя продолжительность комплекса QRS на электрокардиограмме у ватерполисток ИГ1 составила $83,7 \pm 4,4$ мс; у ватерполисток ИГ2 – на 8,1 % больше ($p < 0,05$).

Средние показатели RR-интервала у ватерполисток ИГ2 были на 5,1 % больше по сравнению с ИГ1, вариабельность ритма у всех обследуемых ватерполисток не превышала 20 %.

Заключение. Результаты исследования демонстрируют, что интеграция VR-технологии в тренировочный процесс ватерполисток подросткового возраста способствует более

выраженным адаптационным изменениям сердечно-сосудистой системы, чем стандартные программы подготовки. Установленное увеличение конечно-диастолического размера левого желудочка и ударного объема соответствует паттернам благоприятной гипертрофии, аналогично описанному у элитных ватерполисток в исследовании A. Doronina et al. (2018) [8].

Выявленное функциональное укорочение интервала PQ у спортсменок группы ИГ2 отражает оптимизацию симпатического влияния на сердечную проводимость, что не сопровождается избыточной активацией – показатель RR-интервала не превышал 20 % у всех обследованных, свидетельствуя о сохранении адекватного вагосимпатического баланса.

Согласно концепции нейровисцеральной интеграции, иммерсивные среды VR активируют одновременно визуальные, проприоцептивные и вестибулярные системы, усиливая префронтальный контроль над подкорковыми структурами автономной регуляции [5]. Ритмическая обратная связь между сердечной активностью и сенсорными стимулами способствует совершенствованию когнитивной модуляции кровообращения, что объясняет более выраженное снижение ЧСС в покое (6,9 %) и улучшение восстановления после нагрузки (3 минуты против 4) у группы ИГ2.

Мы согласны с мнением Е.М. Спивак и Н.Н. Нежкиной (2014), что целесообразно учитывать индивидуальные особенности вегетативной регуляции при занятии подростков спортом, особенно в контексте оздоровления и укрепления сердечно-сосудистой системы. В частности, при нормотоническом исходном вегетативном тоне у спортсменов отмечается наиболее сбалансированная перестройка и работа аппарата кровообращения. На фоне симпатикотонии и гипердиастолического типа центральной гемодинамики наблюдается выраженное ремоделирование левого желудочка, при гиперкинетическом – снижение эргометрических индексов [4].

Обработка центральной нервной системой стимулов окружающей тренировочной среды требует интеграции сенсорной информации с постоянным вегетативным контролем сердечно-сосудистой функции. Ритмическая обратная связь активности сердца, визуальных и проприоцептивных стимулов, которая формируется в том числе регулярной практикой применения иммерсивных обучающих

сред, вносит динамический вклад в гомеостатический вегетативный контроль сердечно-сосудистой системы ватерполисток подросткового возраста.

Как показывают результаты проведенного исследования, даже относительно редкое применение VR-технологии в учебно-тренировочном процессе позволяет улучшить показатели экономизации сердечно-сосудистой деятельности. Следовательно, практика применения VR-технологии в качестве дополни-

тельного средства спортивной подготовки в водном поло является физиологически обоснованной. Комплекс полученных нами электрофизиологических данных о функциональных способностях сердечно-сосудистой системы девушек-подростков, занимающихся водным поло, является предпосылкой для дальнейшего изучения особенностей физиологической адаптации организма к тренировочным нагрузкам в условиях применения иммерсивных обучающих сред.

Список литературы

1. Интегративный анализ функционального и метаболического состояния спортивных ориентировщиков высокой квалификации в условиях концентрированного развития локально-региональной мышечной выносливости / А.П. Исаев, Э.Э. Маматов, Е.Ю. Савиных, А.В. Ненасьева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2014. – Т. 14, № 2. – С. 58–66.
2. Показатели здоровья и морфофункционального состояния сердца юных пловцов с малыми аномалиями развития сердца / Н.М. Леонова, Г.Г. Коковина, А.В. Михайлова, А.В. Смоленский // Лечеб. физ. культура и спортив. медицина. – 2010. – № 4. – С. 25–29.
3. Состояние факторов антимикробной защиты у спортсменов-пловцов и методы их коррекции / О.А. Гизингер, А.А. Семченко, Н.В. Мамылина и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 69–76. DOI: 10.14529/hsm230209
4. Спивак, Е.М. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузке у юных спортсменов с различными типами вегетативной регуляции / Е.М. Спивак, Н.Н. Нежкина // Спортив. медицина. – 2014. – №1. – С. 32–36.
5. Focusing neurovisceral integration: cognition, heart rate variability, and cerebral blood flow / J.R. Jennings, B. Allen, P.J. Gianaros et al. // Psychophysiology. – 2015. – № 52 (2). – P. 214–224. DOI: 10.1111/psyp.12319
6. Heart rate variability, prefrontal neural function and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health / J.F. Thayer, A.L. Hansen, E. Saus-Rose, B.H. Johnsen // Ann. Behav. Med. – 2009. – Vol. 37. – P. 141–153. DOI: 10.1007/s12160-009-9101-z
7. Mental Representation and Mental Practice: Experimental Investigation on the Functional Links between Motor Memory and Motor Imagery / C. Frank, W.M. Land, C. Popp, T. Schack // PLoS ONE. – 2014. – No. 9 (4). – e95175. DOI: 10.1371/journal.pone.0095175
8. The Female Athlete's Heart: Comparison of Cardiac Changes Induced by Different Types of Exercise Training Using 3D Echocardiography / A. Doronina, I.F. Édes, A. Ujvári et al. // Biomed Res Int. 2018. – 28. – Art: 3561962. DOI: 10.1155/2018/3561962

References

1. Isaev A.P., Mamatov E.E., Savinykh E.Yu., Nenasheva A.V. Integrative Analysis of the Functional and Metabolic State of Highly Qualified Orienteering Athletes Under Conditions of Concentrated Development of Local-regional Muscular Endurance. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, Healthcare, Physical Culture*, 2014, vol. 14, no. 2, pp. 58–66. (in Russ.)
2. Leonova N.M., Kokovina G.G., Mikhailova A.V., Smolensky A.V. [Health Indicators and Morphofunctional State of the Heart in Young Swimmers with Minor Cardiac Developmental Anomalies]. *Lechebnaya fizicheskaya kul'tura i sportivnaya meditsina* [Therapeutic Physical Culture and Sports Medicine], 2010, no. 4, pp. 25–29. (in Russ.)
3. Gizinger O.A., Semchenko A.A., Mamylyna N.V. et al. The State of Antimicrobial Defense Factors in Swimmer Athletes and Methods of Their Correction. *Human. Sport. Medicine*, 2023, vol. 23, no. 2, pp. 69–76. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm230209

4. Spivak E.M., Nezhkina N.N. [Features of Cardiovascular System Adaptation to Load in Young Athletes with Different Types of Autonomic Regulation]. *Sportivnaya meditsina* [Sports Medicine], 2014, no. 1, pp. 32–36. (in Russ.)
5. Jennings J.R., Allen B., Gianaros P.J. et al. Focusing Neurovisceral Integration: Cognition, Heart Rate Variability, and Cerebral Blood Flow. *Psychophysiology*, 2015, no. 52 (2), pp. 214–224. DOI: 10.1111/psyp.12319
6. Thayer J.F., Hansen A.L., Saus-Rose E., Johnsen B.H. Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function and Cognitive Performance: the Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. *Ann. Behav. Medicine*, 2009, vol. 37, pp. 141–153. DOI: 10.1007/s12160-009-9101-z
7. Frank C., Land W.M., Popp C., Schack T. Mental Representation and Mental Practice: Experimental Investigation on the Functional Links between Motor Memory and Motor Imagery. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9 (4), e95175. DOI: 10.1371/journal.pone.0095175
8. Doronina A., Édes I.F., Ujvári A. et al. The Female Athlete's Heart: Comparison of Cardiac Changes Induced by Different Types of Exercise Training Using 3D Echocardiography. *Biomed Research Int.*, 2018, vol. 2018, art. 3561962. DOI: 10.1155/2018/3561962

Информация об авторах

Семченко Антон Александрович, кандидат биологических наук, доцент, Академия физической и реабилитационной медицины, Санкт-Петербург, Россия.

Шевцов Анатолий Владимирович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой оздоровительной физической культуры и адаптивного спорта Института физической культуры и спорта, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.

Мамылина Наталья Владимировна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и медико-биологических дисциплин, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия.

Ненашева Анна Валерьевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Anton A. Semchenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Academy of Physical and Rehabilitation Medicine, St. Petersburg, Russia.

Anatoly V. Shevtsov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Health-Related Physical Education and Adaptive Sports, Institute of Physical Education and Sports, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia.

Natalya V. Mamylina, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Life Safety and Biomedical Disciplines, South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia.

Anna V. Nenasheva, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sports, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.02.2026

The article was submitted 14.02.2026