

# ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ-ВАТЕРПОЛИСТОВ ДО И ПОСЛЕ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ЗДОРОВЬЕ-ЭКСПРЕСС»

С. Э. Музрапова\*<sup>1</sup>, М. Р. Камалиева<sup>1</sup>, Р. Н. Сапаргалиев<sup>2</sup>, Г. А. Нарбекова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НУО «Казахстанско-Российский медицинский университет», Казахстан, Алматы

<sup>2</sup> ТОО «Центральный плавательный бассейн» Казахстан, Алматы

<sup>3</sup> Городская клиническая больница № 5, Казахстан, Алматы

\*Корреспондирующий автор

## Аннотация

Водное поло – трудная атлетическая игра на воде. Она требует разносторонней физической подготовленности. Интенсивные спортивные тренировки формируют специфические изменения сердечно-сосудистой системы, обозначенные в спортивной медицине термином «спортивное сердце». В Казахстане данный вид спорта является одним из перспективных направлений командных видов спорта.

*Цель.* Изучить состояние сердечно-сосудистой системы у спортсменов водных видов спорта, в том числе при физической нагрузке с использованием инновационных технологий (АПК «Здоровье-экспресс»).

*Материалы и методы.* В ретроспективном исследовании приняли участие 102 спортсмена-ватерполиста, из которых 86 соответствовали критериям включения. Формирование выборки осуществлялось на основе подбора с учётом физических параметров, уровня физической подготовки и отсутствия противопоказаний к участию в исследовании.

*Результаты.* После тренировочного процесса у спортсменов женского пола отмечалась более высокая общая вариабельность сердечного ритма (MxDMn, SDNN, CV, Mo) и более низкие показатели напряжения регуляторных систем (Amo%, SI), что свидетельствовало о менее напряжённом профиле восстановления по сравнению с мужчинами.

*Выводы.* Проведённое исследование показало, что острая физическая нагрузка вызывает снижение парасимпатической и активацию симпатической активности, что проявляется в изменениях ключевых показателей вариабельности сердечного ритма.

**Ключевые слова:** водное поло, спортивное сердце, сердечно-сосудистая система.

## Введение

Водное поло – трудная атлетическая игра на воде. Она требует разносторонней физической подготовленности. Ватерполисты должны быть превосходными пловцами, отличаться такими качествами, как выносливость, быстрота, сила и ловкость. Также стоит обратить внимание, что их отличают сильные морально-волевые качества. Деятельность ватерполистов – это многолетний непрерывный процесс обучения и

физического развития, то есть тренировочных занятий с использованием больших, а порой и предельных, физических нагрузок [1].

Водное поло культивируется в 13 регионах Республики Казахстан. Для занятия данным видом спорта в стране имеется более 377 бассейнов. По данным статистического отчета [2], количество систематически занимающихся водным поло в Казахстане составляет 2645 человек (Акмолинская область – 50, Актюбинская

область – 219, Атырауская область – 169, г. Алматы – 281, Восточно-Казахстанская область – 110, Жамбылская область – 366, Западно-Казахстанская область – 244, Карагандинская область – 85, г. Астана – 600, Павлодарская область – 55, область Жетысу – 260, область Абай – 206).

В Казахстане данный вид спорта является одним из перспективных направлений командных видов спорта. В марте 2025 года в Чжаоцине (Китай) прошёл чемпионат Азии по водному поло. Казахстанские ватерполисты завоевали на нем две награды: мужская и женская команды Казахстана стали третьими на континентальном первенстве [3].

Формирование сердечно-сосудистой системы наиболее активно происходит в раннем детском и подростковом возрасте, при этом развитие органов кровообращения отличается интенсивностью и неравномерностью. Максимальные темпы увеличения размеров сердца наблюдаются в первые два года жизни и в период 14-15 лет. Наиболее выраженные изменения приходятся на левый желудочек, что связано с возрастающей нагрузкой к 14 годам. С возрастом масса и объём сердца увеличиваются значительно быстрее, чем просвет магистральных сосудов, а к 15 годам объём сердца возрастает приблизительно в семь раз.

У детей с хорошо развитой скелетной мускулатурой частота сердечных сокращений ниже, что обусловлено повышенной активностью парасимпатической нервной системы. В том числе это может быть обусловлено более уязвимыми к состояниям дезадаптации сердечно-сосудистой деятельности [4].

Интенсивные спортивные тренировки формируют специфические изменения сердечно-сосудистой системы, обозначенные в спортивной медицине термином «спортивное сердце».

«Спортивное сердце» характеризуется увеличением размеров и объемов полостей сердца, гипертрофией стенок левого желудочка, увеличением массы миокарда при сохраненной систолической и диастолической функции желудочков, возможным увеличением объема и массы правого желудочка [5].

Применение инновационных технологий при оценке состояниях здоровья данной категории спортсменов позволит диагностировать

развитие физиологического спортивного сердца, а значит и ранее развитие патологических состояний со стороны ССС, что и явилось предметом данного исследования.

АПК «ЗДОРОВЬЕ-ЭКСПРЕСС» – это аппаратно-программный комплекс для скрининг-оценки уровня психосоматического здоровья, резервов организма, параметров физического развития. Оценка функционального состояния сердца производится методом дисперсионного картирования (модуль «Кардиовизор») с анализом микроальтернатив электрокардиографии (далее – ЭКГ). Бальная оценка от 1 до 10 степени – показатель активности регуляторных систем (далее – ПАРС) – характеризует напряжённость регуляторных систем и адаптационные возможности организма. Формирование индивидуальных профилактических мер для предотвращения заболеваний, в том числе и сердечно-сосудистых.

Снятие электрокардиограммы при помощи АПК «ЗДОРОВЬЕ-ЭКСПРЕСС» должно осуществляться на модуле «Кардиовизор» в условиях покоя с соблюдением всех требований стандартной методики, изложенной в рекомендациях Британского общества кардиологических специалистов (The Society for Cardiological Science and Technology, SCST), представленных в клинических рекомендациях по регистрации стандартной 12-отведённой электрокардиограммы (2024 год) [6].

Показатель «Low Frequency» (низкие частоты, далее – LF) – низкочастотный компонент в диапазоне от 0,04 до 0,15 Гц, который отражает преимущественно симпатическую активность, однако может содержать вклад и парасимпатического звена.

Показатель «High Frequency» (высокие частоты, далее – HF) – высокочастотный компонент в диапазоне от 0,15 до 0,4 Гц, который считается надёжным маркером парасимпатической активности и отражает влияние дыхательной синусовой аритмии. HF-показатель тесно связан с активностью блуждающего нерва и используется для оценки вагусной регуляции.

Для оценки баланса между симпатическим и парасимпатическим звеньями вегетативной нервной системы рассчитывалось отношение LF/HF, представляющее собой соотношение мощностей в диапазоне LF и HF. Более высокие

значения LF/HF ассоциируются с преобладанием симпатической активности, тогда как снижение данного показателя может указывать на доминирование парасимпатического контроля.

Были определены следующие временные параметры variability сердечного ритма:

- SDNN (Standard Deviation of NN intervals) – стандартное отклонение всех NN-интервалов за время регистрации. Этот показатель отражает суммарную variability сердечного ритма и включает вклад как симпатического, так и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

- rMSSD (Root Mean Square of Successive Differences) – квадратный корень из среднего квадрата разностей между последовательными NN-интервалами. rMSSD отражает краткосрочные колебания сердечного ритма и считается надёжным маркером парасимпатической (вагусной) активности.

- pNN50 – процент пар последовательных NN-интервалов, различающихся более чем на 50 мс. Показатель, отражающий быстрое вагусное влияние на синусовый ритм, особенно информативен при оценке функции парасимпатической нервной системы [7-11].

- Stress Index (далее – SI) – индекс напряжения регуляторных систем, используемый как индикатор симпатической активности. Рассчитывается по формуле:  $SI = A_{Mo} \times 100\% / (2 \times Mo \times MxDMn)$ , где  $A_{Mo}$  – амплитуда моды,  $Mo$  – мода,  $MxDMn$  – разница между максимальным ( $Mx$ ) и минимальным ( $Mn$ ) RR-интервалами [12-16].

Коэффициент вариации (CV) – отношение стандартного отклонения к среднему значению интервалов R-R – один из маркеров активности парасимпатического звена вегетативной регуляции [17].

Для оценки степени функционального напряжения и адаптационных возможностей организма использовался показатель активности регуляторных систем (ПАРС), представляющий собой интегральный параметр, рассчитываемый на основе совокупности временных и спектральных характеристик variability сердечного ритма. Балльная шкала ПАРС отражает степень отклонения этих показателей от нормативных значений. Интерпретация значений осуществлялась следующим образом:

показатели в диапазоне от 1 до 3 баллов соответствовали состоянию удовлетворительной адаптации; от 4 до 5 баллов свидетельствовали о функциональном напряжении регуляторных систем; значения 6-7 баллов указывали на выраженное перенапряжение и снижение адаптационных резервов; значения от 8 до 10 баллов интерпретировались как срыв адаптационных механизмов и истощение регуляторных систем [18].

Исследование вегетативного баланса у пациентов проводилось методом регистрации электрокардиограммы с последующим анализом variability сердечного ритма. Для этого использовался модуль «Кардиовизор», входящий в состав аппаратно-программного комплекса «Здоровье-Экспресс» (Medical Computer System, Российская Федерация). ЛЭЖ №22\123 от 02.04.2024г. НУО «Казахстанско-Российский медицинский университет»

Перед началом обследования пациенты в течение не менее пяти минут находились в положении лёжа на спине в комфортной и спокойной обстановке, при температуре окружающей среды не ниже 22 °С. В процессе подготовки исключались разговоры, физическая активность и иные внешние факторы, способные повлиять на точность электрокардиографической записи. В исследовании использовались отведения от конечностей, при этом электроды размещались в соответствии с классической схемой: красный электрод – на правой руке, жёлтый – на левой руке, зелёный – на левой ноге, чёрный – на правой ноге.

Непрерывная регистрация сигнала осуществлялась в течение пяти минут. По завершении процедуры полученные данные автоматически обрабатывались с использованием встроенного программного обеспечения модуля «Кардиовизор».

Повторная регистрация электрокардиограммы проводилась сразу после тренировки.

В ходе анализа были рассчитаны спектральные характеристики variability сердечного ритма.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 365 и IBM SPSS Statistics версии 26.

Оценка соответствия распределения ко-

личественных переменных нормальному закону осуществлялась с применением критерия Колмогорова-Смирнова. Описательные статистики представлены в следующем формате: для переменных с нормальным распределением – в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $M \pm SD$ ), для переменных с ненормальным распределением – в виде медианы и интерквартильного размаха ( $Me$  (ИКР)).

Целью исследования являлось изучение состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов водных видов спорта, в том числе при физической нагрузке с использованием инновационных технологий (АПК «Здоровье-экспресс»).

*Новизна:* Применение инновационных научных технологий в оценке состояния здоровья спортсменов в качестве ранней диагностики и разработка профилактических мероприятий для специалистов спортивной медицины, кардиологов.

**Таблица 1.** Показатели ватерполистов до и после тренировки.

Показатель	До	После	p-value
ПАРС	6 (5; 7)	7 (6; 8)	0,073
MxDMn	228,3 (83,88)	179,43 (82,2)	<b>0,009</b>
pNN50, %	11,3 (5; 22,4)	5 (0,3; 14,1)	0,147
RMSSD, мсек	33,6 (25,7; 44,7)	23,6 (11,9; 35,3)	<b>0,013</b>
SDNN	50,01 (17,49)	37,91 (19,56)	<b>0,003</b>
CV	6,76 (1,75)	5,54 (2,49)	<b>0,012</b>
Mo	725 (625; 775)	625 (575; 725)	<b>0,001</b>
Амо%	38,3 (32,1; 44,5)	50 (37,9; 74,8)	<b>0,004</b>
SI	124,8 (81,5; 199,1)	196 (123,1; 540)	<b>0,007</b>
HF, %	23,9 (14,9; 37,4)	20,1 (13; 34,4)	0,604
LF, %	48,52 (18,52)	51,66 (19,21)	0,524
LF/HF	2 (1,1; 3,4)	3 (0,7; 5,1)	0,317

Примечания к таблицам 1-3: ПАРС – показатель активности регуляторных систем,

LF – низкочастотный компонент, отражает преимущественно симпатическую активность, однако может содержать вклад и парасимпатического звена.

HF – высокочастотный компонент, считается надёжным маркером парасимпатической активности и отражает влияние дыхательной синусовой аритмии.

LF/HF Для оценки баланса между симпатическим и парасимпатическим звеньями вегетативной нервной системы рассчитывалось отношение, представляющее собой соотношение мощностей в диапазоне LF и HF.

SDNN – стандартное отклонение всех NN-интервалов за время регистрации.

rMSSD – квадратный корень из среднего квадрата разностей между последовательными NN-интервалами. rMSSD отражает краткосрочные колебания сердечного ритма и считается надёжным маркером парасимпатической (вагусной) активности.

pNN50 – процент пар последовательных NN-интервалов, различающихся более чем на 50 мс.

SI – индекс напряжения регуляторных систем, используемый как индикатор симпатической активности.

Рассчитывается по формуле:  
 $SI = AMo \times 100\% / (2 \times Mo \times MxDMn)$ , где АМо – амплитуда моды, Мо – мода, MxDMn – разница между максимальным (Mx) и минимальным (Mn) RR-интервалами.

CV – отношение стандартного отклонения к среднему значению интервалов R-R – один из маркеров активности парасимпатического звена вегетативной регуляции

Источник: составлено авторами

## Материалы и методы

Данное ретроспективное исследование было проведено на базе СК «Rakhat Fitness» (Алматы, Казахстан) с марта 2023 по май 2024 года.

В исследовании приняли участие 102 спортсмена по водному поло. Из которых 86 человек, соответствовало критериям включения и исключения. Формирование выборки осуществлялось на основе подбора с учётом физических параметров, уровня физической подготовки и отсутствия противопоказаний к участию в исследовании. Добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии включения: абсолютно здоровые дети в возрасте от 12 до 18 лет.

Критерии исключения: возраст до 12 и после 18 лет, наличие соматических заболеваний, отказ родителей в участии их ребенка в исследовании.

**Результаты**

Для оценки межгрупповых различий применялись следующие статистические методы: парный t-критерий Стьюдента для независимых выборок – при нормальном распределении количественных данных; критерий Уилкоксона – для сравнения ненормально распределённых непрерывных переменных.

Во всех расчётах статистически значимыми считались различия при уровне  $p < 0,05$ .

В таблице 1 приведены показатели вариабельности сердечного ритма пациентов до и после тренировки.

В результате сравнительного анализа были обнаружены статистически значимые различия между показателями до и после тренировки. Отмечено снижение MxDMn (228,3 (83,88) против 179,43 (82,2);  $p=0,009$ ), RMSSD (33,6 (ИКР: 25,7; 44,7) против 23,6 (ИКР: 11,9; 35,3);  $p=0,013$ ), SDNN (50,01 (17,49) против 37,91 (19,56);  $p=0,003$ ), CV (6,76 (1,75) против 5,54 (2,49);  $p=0,012$ ), Mo (725 (ИКР: 625; 775)

против 625 (ИКР: 575; 725);  $p=0,001$ ), а также статистически значимое повышение Aмо (38,3 (ИКР: 32,1; 44,5) против 50,0 (ИКР: 37,9; 74,8);  $p=0,004$ ) и SI (124,8 (ИКР: 81,5; 199,1) против 196 (ИКР: 123,1; 540);  $p=0,007$ ) после тренировки.

ПАРС вырос с 6 (5;7) баллов до 7 (6; 8) баллов после тренировки, однако различие не достигло статистической значимости ( $p=0,073$ ).

Полученные данные в таблице 1 отражают типичную острую реакцию на физическую нагрузку. Снижение SDNN, CV и RMSSD указывает на уменьшение парасимпатического влияния на сердечный ритм сразу после тренировки. Параллельный рост индекса напряжения SI свидетельствует о повышении активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Тенденция к увеличению ПАРС также указывает на активацию симпатической нервной системы.

При разделении групп по гендерному признаку показатели до тренировки были сопоставимы (таблица 2).

**Таблица 2.** Показатели до тренировки в зависимости от пола

Показатель	М (n=7)	Ж (n=16)	p-value
ПАРС	6 (5;7)	6 (5;7)	0,974
MxDMn	176,14 (84,76)	251,12 (74,96)	0,05
pNN50, %	11,3 (5,2; 17,2)	10,5 (5; 24,73)	0,579
RMSSD, мсек	33,6 (24,5; 38,7)	34,35 (26,28; 46,25)	0,413
SDNN	41,21 (12,18)	53,86 (18,36)	0,11
CV	5,88 (1,64)	7,14 (1,69)	0,11
Mo	675 (625; 775)	725 (637,5; 825)	0,376
Aмо%	43,5 (37; 54,5)	35,7 (30,83; 43,78)	0,154
SI	170,8 (102,1; 276,6)	102,9 (701,15; 156,13)	0,103
HF, %	23,9 (19,4; 45,3)	23,65 (12,28; 37,15)	0,452
LF, %	52,5 (15,76)	46,78 (19,83)	0,51
LF/HF	2 (1; 3,4)	1,9 (1,15; 3,53)	1

*Источник: составлено авторами*

После тренировки у девочек отмечались статистически значимо более высокие значения (таблица 3) MxDMn (204,21 (80,18) против 107,31 (48,99);  $p=0,008$ ), SDNN (43,93 (19,61) против 21,3 (9,13);  $p=0,008$ ), CV (6,31 (2,54) против 3,51 (1,17);  $p=0,012$ ) и Mo (650 (625; 725) против 525 (525; 625);  $p=0,012$ ) по сравнению с мальчиками.

В то же время показатели Aмо% (у девочек 63,5 (51,1; 90,3) против 44,65 (36,08; 73,7) у мальчиков;  $p=0,039$ ) и SI (у мальчиков 639 (256,3; 1467) против 154,15 (96,6; 507,35) у девочек;  $p=0,015$ ) были статистически значимо выше у мальчиков.

**Таблица 3.** Показатели после тренировки в зависимости от пола

Показатель	М (n=7)	Ж (n=16)	p-value
ПАРС	8 (7; 9)	7 (6; 8)	0,376
MxDMn	107,31 (48,99)	204,21 (80,18)	0,008
pNN50, %	0,3 (0; 12,8)	8,5 (1,475; 14,78)	0,135

RMSSD, мсек	10,3 (6,4; 30,6)	26,4 (14,48; 38,08)	0,089
SDNN	21,3 (9,13)	43,93 (19,61)	0,008
CV	3,51 (1,17)	6,31 (2,54)	0,012
Mo	525 (525; 625)	650 (625; 725)	0,012
Amo%	63,5 (51,1; 90,3)	44,65 (36,08; 73,7)	0,039
SI	639 (256,3; 1467)	154,15(96,6;507,35)	0,015
HF, %	17,5 (9,3; 37,2)	18,9 (12,63; 33,33)	0,769
LF, %	51,92 (15,43)	54,96 (20,4)	0,72
LF/HF	3 (0,7; 6,2)	3,1 (1,05; 5,33)	0,922

*Источник: составлено авторами*

В результате тренировки у спортсменок женского пола отмечалась более высокая общая вариабельность сердечного ритма (MxDMn, SDNN, CV, Mo) и более низкие показатели напряжения регуляторных систем (Amo%, SI), что свидетельствовало о менее напряжённом профиле восстановления по сравнению с мужчинами.

### **Обсуждение**

Полученные результаты отражают характерную острую реакцию организма на физическую нагрузку. Отмеченное снижение показателей SDNN, CV и RMSSD указывает на уменьшение парасимпатического влияния на сердечный ритм сразу после тренировки. В то же время рост индекса напряжения (SI) и увеличение ПАРС свидетельствуют об активации симпатического отдела вегетативной нервной системы. Такая динамика соответствует типичной стресс-реакции организма на интенсивную нагрузку и согласуется с данными других исследований, демонстрирующих смещение вегетативного баланса в сторону симпатикотонии в постнагрузочном периоде [19-21].

Интересной особенностью оказалось наличие гендерных различий. У спортсменок женского пола выявлена более высокая общая вариабельность сердечного ритма и более низкие показатели напряжения регуляторных систем по сравнению со спортсменами-мужчинами. Это может свидетельствовать о менее напряжённом физиологическом восстановлении у женщин, что требует дальнейшего изучения с учетом физиологических особенностей спортсменок.

Отдельного внимания заслуживает значимость использования инновационных технологий в спортивной медицине. Применение неинвазивных носимых устройств позволило

выявить тонкие функциональные изменения, которые могли бы остаться незамеченными при использовании стандартных методов диагностики. Такой подход открывает новые возможности для раннего выявления признаков перегрузки, оптимизации тренировочного процесса и мониторинга состояния здоровья спортсменок в периоды высоких физических нагрузок, что подтверждается в данном исследовании [22].

Это согласуется с данными исследований демонстрирующих, что носимые (wearable) технологии предоставляют возможность мониторинга физиологических и движенических параметров спортсменок в режиме реального времени, что способствует улучшению спортивной подготовленности и снижению риска патологических состояний [23].

Таким образом, результаты исследования подтверждают информативность показателей вариабельности сердечного ритма для оценки вегетативных реакций на нагрузку и подчеркивают важность внедрения современных технологий для повышения точности диагностики и индивидуализации спортивной подготовки.

### **Выводы**

Проведённое исследование показало, что острая физическая нагрузка вызывает снижение парасимпатической и активацию симпатической активности, что проявляется в изменениях ключевых показателей вариабельности сердечного ритма (SDNN, CV, RMSSD, SI, ПАРС). Выявленные гендерные различия указывают на более благоприятный характер вегетативных реакций у спортсменок, что требует дальнейшего углублённого изучения. Использование инновационных технологий, в частности аппаратно-программного

комплекса «Здоровье-Экспресс», подтвердило свою эффективность в выявлении тонких функциональных изменений и открывает перспективы для ранней диагностики признаков перегрузки, индивидуализации тренировочного процесса и мониторинга здоровья спортсменов.

### Список литературы

1. Варзин С. А., Громова В. В., Пискун О. Е., Савченко У., Семенова Т. В., Тарасовская О. Ю., Чурилов Л. П. Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения: труды конференции. – 2016. – Т. 11, ч. 1. – 452 с.
2. Казахстанские ватерполисты стали бронзовыми призерами чемпионата Азии [Электронный ресурс] // olympic.kz [web-сайт]. – 2025. – URL: <https://olympic.kz/ru/article/32958-kazakhstanskije-vaterpolisty-stali-bronzovymi-prizerami-chempionata-azii> (дата обращения: 28.05.2025).
3. Федерация водных видов спорта Республики Казахстан [Электронный ресурс] // aquatics.kz [web-сайт]. – 2025. – URL: <https://aquatics.kz/vodnyie-vidyi-sporta/vodnoe-polo/> (дата обращения: 28.07.2025).
4. Детская кардиология: учебник / под ред. П. В. Шумилова, Н. П. Котлудковой. – Москва: Медпресс-информ, 2018. – 584 с.
5. Дембо А. Г., Земцовский Э. В. Спортивная кардиология. – Ленинград: Медицина, 1989. – 463 с.
6. Campbell B., Richley D., Ross C., Eggett C.J. Clinical Guidelines by Consensus: Recording a standard 12-lead electrocardiogram. An approved method by The Professional Body for Cardiac Scientists (SCST) [Электронный ресурс]. // Issue Date: September 2024. — Document ID: CS3. [https://scst.org.uk/wp-content/uploads/2024/09/2024\\_ECG\\_Recording\\_Guidelines\\_26-09-2024\\_V5\\_FINAL.pdf](https://scst.org.uk/wp-content/uploads/2024/09/2024_ECG_Recording_Guidelines_26-09-2024_V5_FINAL.pdf)
7. The Society for Cardiological Science and Technology. Clinical guidelines by consensus: Recording a standard 12-lead electrocardiogram. Version 5. – 26 September 2024 [Electronic source]. – URL: [https://scst.org.uk/wpcontent/uploads/2024/09/2024\\_ECG\\_Recording\\_Guidelines\\_26-09-2024\\_V5\\_FINAL.pdf](https://scst.org.uk/wpcontent/uploads/2024/09/2024_ECG_Recording_Guidelines_26-09-2024_V5_FINAL.pdf) (Accessed: 28.05.2025).
8. Martinez P., Grinand M., Cheggour S., Taieb J., Gourjon G. How to properly evaluate cardiac vagal tone in oncology studies: a state-of-the-art review // Journal of the National Cancer Center. – 2024. – Vol. 4. – № 1. – P. 36-46. – DOI: 10.1016/j.jncc.2024.02.002.
9. Nayak S. K., Pradhan B., Mohanty B., Sivaraman J., Ray S. S., Wawrzyniak J. и др. A review of methods and applications for a heart rate variability analysis // Algorithms. – 2023. – Vol. 16. – № 9. – P. 433. – DOI: 10.3390/a16090433.
10. Tiwari R., Kumar R., Malik S., Raj T., Kumar P. Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability // Current Cardiology Reviews. – 2021. – Vol. 17, № 5. – Article No. 160721189770. – DOI: 10.2174/1573403X16999201231203854.
11. Pham T., Lau Z. J., Chen S. H. A., Makowski D. Heart rate variability in psychology: a review of HRV indices and an analysis tutorial // Sensors (Basel). – 2021. – Vol. 21. – № 12. – P. 3998. – DOI: 10.3390/s21123998.
12. Karemaker J. M. Interpretation of heart rate variability: the art of looking through a keyhole // Frontiers in Neuroscience. – 2020. – Vol. 14. – P. 609570. – DOI: 10.3389/fnins.2020.609570.
13. Torres R. E., Heilesen J. L., Richardson K. A., Chapman-Lopez T. J., Funderburk L. K., Forsse J. S. The effectiveness of utilizing HRV indices as a predictor of ACFT performance outcomes // Military Medicine. – 2023. – Vol. 188. – № 7-8. – P. 2096-2101. – DOI: 10.1093/milmed/usad009.
14. Ali M.K., Liu L., Chen J.H., Huizinga J.D. Optimizing autonomic function analysis via heart rate variability associated with motor activity of the human colon // Frontiers in Physiology. – 2021. – Vol. 12. – P. 619722. – DOI: 10.3389/fphys.2021.619722.
15. Orini M., van Duijvenboden S., Young W.J., Ramirez J., Jones A.R., Hughes A.D. et al. Long-term association of ultra-short heart rate variability with cardiovascular events // Scientific Reports. – 2023. – Vol. 13. – № 1. – P. 18966. – DOI: 10.1038/s41598-023-45988-2.
16. Yugar L. B. T., Yugar-Toledo J. C., Dinamarco N., Sedenho-Prado L. G., Moreno B. V. D. et al. The role of heart rate variability (HRV) in different hypertensive syndromes // Diagnostics. – 2023. – Vol. 13. – № 4. – P. 785. – DOI: 10.3390/diagnostics13040785.
17. Novikov A. A., Smolensky A. V., Mikhaylova A. V. Approaches to the assessment of heart rate variability indicators: a literature review // Herald of New Medical Technologies (Electronic Edition). – 2023. – Vol. 17. – № 3. – P. 85-94. – DOI: 10.24412/2075-4094-2023-3-3-3.

18. Zvereva M.V., Matveev Y.A., Iskakova Zh.T. Features of heart rate variability of students in the process of their adaptation to new conditions of educational activity // *Vestnik of Moscow City University. Series: Natural Sciences.* – 2020. – № 3 (39). – P. 8-17. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/383140003\\_Features\\_of\\_Heart\\_Rate\\_Variability\\_of\\_Students\\_in\\_the\\_Process\\_of\\_Their\\_Adaptation\\_to\\_New\\_Conditions\\_of\\_Educational\\_Activity](https://www.researchgate.net/publication/383140003_Features_of_Heart_Rate_Variability_of_Students_in_the_Process_of_Their_Adaptation_to_New_Conditions_of_Educational_Activity)
19. Marasingha-Arachchige S. U., Rubio-Arias J. A., Alcaraz P. E., Chung L. H. Factors that affect heart rate variability following acute resistance exercise: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Sport and Health Science.* – 2022. – Vol. 11. – № 3. – P. 376-392. – DOI: 10.1016/j.jshs.2020.11.008.
20. Amekran Y., El Hangouche A.J. Effects of exercise training on heart rate variability in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *Cureus.* – 2024. – Vol. 16. – № 6. – P. e62465. – DOI: 10.7759/cureus.62465.
21. Esco M. R., Williford H. N., Flatt A. A., Freeborn T. J., Nakamura F. Y. Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance // *European Journal of Applied Physiology.* – 2018. – Vol. 118. – № 1. – P. 175-184. – DOI: 10.1007/s00421-017-3759-x.
22. Seshadri D.R., Thom M.L., Harlow E.R., Gabbett T.J., Geletka B.J., Hsu J.J. et al. Wearable technology and analytics as a complementary toolkit to optimize workload and to reduce injury burden // *Frontiers in Sports and Active Living.* – 2020. – Vol. 2. – P. 630576. – DOI: 10.3389/fspor.2020.630576.
23. Li R.T., Kling S.R., Salata M.J., Cupp S.A., Sheehan J., Voos J.E. Wearable performance devices in sports medicine // *Sports Health.* – 2016. – Vol. 8. – № 1. – P. 74-78. – DOI: 10.1177/1941738115616917.

### References

1. Varzin, S. A., Gromova, V. V., Piskun, O. E., Savchenko, U., Semenova, T. V., Tarasovskaya, O. Yu., Churilov, L. P. (2016). *Zdorov'e – osnova che-lovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya.* Proceedings of the conference, 11(1), 452 p. (In Russian).
2. Kazakhstanskije vaterpolisty stali bronzovymi prizherami chempionata Azii. [olympic.kz \[website\]](https://olympic.kz/ru/article/32958-kazakhstanskije-vaterpolisty-stali-bronzovymi-prizerami-chempionata-azii). Retrieved May 28, 2025, from [https://olympic.kz/ru/article/32958-kazakhstanskije-vaterpolisty-stali-](https://olympic.kz/ru/article/32958-kazakhstanskije-vaterpolisty-stali-bronzovymi-prizerami-chempionata-azii)

- [bronzovymi-prizerami-chempionata-azii.](https://olympic.kz/ru/article/32958-kazakhstanskije-vaterpolisty-stali-bronzovymi-prizerami-chempionata-azii) (In Russian)
3. Federatsiya vodnykh vidov sporta Respubliki Kazakhstan. [aquatics.kz \[website\]](https://aquatics.kz). Retrieved July 28, 2025, from <https://aquatics.kz/vodnyie-vidyi-sporta/vodnoe-polo/>. (In Russian)
4. Sankt-Peterburgskoe gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie sportivnaya shkola olimpiyskogo rezerva po vodnym vidam sporta «Nevskaya volna». (2013). *Programma sportivnoy podgotovki po vidu sporta vodnoe polo.* Approved by the Order of the Ministry of Sports of Russia dated August 3, 2013 No. 682. Saint Petersburg. (In Russian).
5. Shumilov P. V., Kotludkova N. P. (Eds.). (2018). *Detskaya kardiologiya: uchebnik.* Moscow: Medpress-inform, 584 p. ISBN 978-5-00030-584-3. (In Russian).
6. Dembo A. G., Zemtsovskiy E. V. (1989). *Sportivnaya kardiologiya.* Leningrad: Meditsina, 463 p. (In Russian).
7. The Society for Cardiological Science and Technology (2024). *Clinical guidelines by consensus: Recording a standard 12-lead electrocardiogram (Version 5).* Retrieved May 28, 2025, from [https://scst.org.uk/wpcontent/uploads/2024/09/2024\\_ECG\\_Recording\\_Guidelines\\_26-09-2024\\_V5\\_FINAL.pdf](https://scst.org.uk/wpcontent/uploads/2024/09/2024_ECG_Recording_Guidelines_26-09-2024_V5_FINAL.pdf).
8. Martinez P., Grinand M., Cheggour S., Taieb J., Gourjon G. (2024). How to properly evaluate cardiac vagal tone in oncology studies: a state-of-the-art review. *Journal of the National Cancer Center*, 4(1), 36-46. DOI: 10.1016/j.jncc.2024.02.002.
9. Nayak, S. K., Pradhan, B., Mohanty, B., Sivaraman, J., Ray, S. S., Wawrzyniak, J., et al. (2023). A review of methods and applications for a heart rate variability analysis. *Algorithms*, 16(9), 433. DOI: <https://doi.org/10.3390/a16090433>.
10. Tiwari, R., Kumar R., Malik, S., Raj T., Kumar, P. (2021). Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability. *Current Cardiology Reviews*, 17(5), e160721189770. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854>.
11. Pham, T., Lau, Z. J., Chen, S. H. A., Makowski, D. (2021). Heart rate variability in psychology: a review of HRV indices and an analysis tutorial. *Sensors (Basel)*, 21(12), 3998. DOI: 10.3390/s21123998.
12. Karemaker J. M. (2020). Interpretation of heart rate variability: the art of looking through a key-

- hole. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 609570. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.609570>.
13. Torres, R. E., Heileson, J. L., Richardson, K. A., Chapman-Lopez, T. J., Funderburk, L. K., Forsse, J. S. (2023). The effectiveness of utilizing HRV indices as a predictor of ACFT performance outcomes. *Military Medicine*, 188(7–8), e2096–e2101. DOI: <https://doi.org/10.1093/milmed/usad009>.
14. Ali, M. K., Liu, L., Chen, J. H., Huizinga, J. D. (2021). Optimizing autonomic function analysis via heart rate variability associated with motor activity of the human colon. *Frontiers in Physiology*, 12, 619722. DOI: 10.3389/fphys.2021.619722.
15. Orini, M., van Duijvenboden, S., Young, W. J., Ramírez, J., Jones A. R., Hughes, A. D., et al. (2023). Long-term association of ultra-short heart rate variability with cardiovascular events. *Scientific Reports*, 13(1), 18966. DOI: 10.1038/s41598-023-45988-2.
16. Yugar, L. B. T., Yugar-Toledo, J. C., Dinamarco, N., Sedenho-Prado, L. G., Moreno, B. V. D., et al. (2023). The role of heart rate variability (HRV) in different hypertensive syndromes. *Diagnostics*, 13(4), 785. DOI: 10.3390/diagnostics13040785.
17. Novikov, A. A., Smolensky, A. V., Mikhaylova, A. V. (2023). Approaches to the assessment of heart rate variability indicators: a literature review. *Herald of New Medical Technologies (Electronic Edition)*, 17(3), 85-94. DOI: <https://doi.org/10.24412/2075-4094-2023-3-3-3>. (In Russian),
18. Zvereva, M. V., Matveev, Y. A., Iskakova, Zh. T. (2020). Features of heart variability of students in the process of their adaptation to new conditions of educational activity. *Vestnik of Moscow City University. Series: Natural Sciences*, 3(39), 8-17. (In Russian),
19. Marasingha-Arachchige, S. U., Rubio-Arias, J. Á., Alcaraz, P. E., Chung, L. H. (2022). Factors that affect heart rate variability following acute resistance exercise: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11(3), 376-392. DOI: 10.1016/j.jshs.2020.11.008.
20. Amekran, Y., El Hangouche, A. J. (2024). Effects of exercise training on heart rate variability in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cureus*, 16(6), e62465. DOI: 10.7759/cureus.62465.
21. Esco, M. R., Williford, H. N., Flatt, A. A., Freeborn, T. J., Nakamura, F. Y. (2018). Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance. *European Journal of Applied Physiology*, 118(1), 175-184. DOI: 10.1007/s00421-017-3759-x.
22. Seshadri, D. R., Thom, M. L., Harlow, E. R., Gabbett, T. J., Geletka, B. J., Hsu, J. J., et al. (2020). Wearable technology and analytics as a complementary toolkit to optimize workload and to reduce injury burden. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 630576. DOI: 10.3389/fspor.2020.630576.
23. Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., Voos, J. E. (2016). Wearable performance devices in sports medicine. *Sports Health*, 8(1), 74-78. DOI: 10.1177/1941738115616917.

## «ДЕНСАУЛЫҚ-ЭКСПРЕСС» АПТАМАЛЫҚ-БҰРЫМ-ҚҰРАМДЫҚ КЕШЕНІ ПАЙДАЛАНҒАН ЖАТҚЫНҒА ДЕЙІН ЖӘНЕ КЕЙІН ЖАТҚАН СУ ПОЛОСЫНДАРЫНЫҢ ЖҮРЕК-ТАМЫР ЖҮЙЕСІНІҢ ФУНКЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

**С. Э. Музрапова<sup>1\*</sup>, М. Р. Камалиева<sup>1</sup>, Р. Н. Сапарғалиев<sup>2</sup>, Г. А. Нарбекова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> «Қазақстан-Ресей медициналық университеті» МЕМБМ, Қазақстан, Алматы

<sup>2</sup> «Орталық жүзу бассейні» жауапкершілігі шектеулі серіктестігі, Қазақстан, Алматы

<sup>3</sup> №5 қалалық клиникалық аурухана, Қазақстан, Алматы

*\*Корреспондент автор*

### Андатпа

Су добы судағы қиын атлетикалық ойын. Ол жан-жақты физикалық дайындықты қажет етеді. Қарқынды спорттық жаттығулар спорттық медицинада «спорттық жүрек» терминімен белгіленген жүрек-тамыр жүйесінде ерекше өзгерістерді тудырады. Қазақстанда бұл спорт түрі болашағы зор бағыттардың бірі болып табылады.

*Мақсаты.* Инновациялық технологияларды («Денсаулық-Экспресс» АПК) пайдалана отырып, су спортымен айналысатын спортшылардың жүрек-қантамыр жүйесінің, оның ішінде дене шынықтырумен айналысу кезіндегі жағдайын зерттеу.

*Материалдар мен әдістер.* Ретроспективті зерттеуге 102 су добы спортшысы қатысты. Оның ішінде 86 адам қосу критерийлеріне сай болды. Таңдама физикалық параметрлерді, физикалық дайындық деңгейін және зерттеуге қатысуға қарсы көрсетілімдердің жоқтығын ескере отырып, іріктеу негізінде қалыптастырылды.

*Нәтижелер:* жаттығу процесінен кейін спортшы әйелдердің жалпы жүрек соғу жиілігінің өзгергіштігі жоғары (MxDMn, SDNN, CV, Mo) және реттеу жүйесінің стресс көрсеткіштері (Amo%, SI), бұл ерлерге қарағанда аз күйзеліске ұшырайтын қалпына келтіру профилін көрсетеді.

*Нәтижелер.* Алынған нәтижелер дененің физикалық белсенділікке тән жедел реакциясын көрсетеді. SDNN, CV және RMSSD көрсеткіштерінің байқалған төмендеуі жаттығудан кейін бірден жүрек соғу жиілігіне парасимпатикалық әсердің төмендеуін көрсетеді. Сонымен қатар стресс индексінің жоғарылауы және PARS жоғарылауы вегетативті жүйке жүйесінің симпатикалық бөлігінің белсендірілгенін көрсетеді.

*Қорытындылар.* Зерттеу жедел физикалық белсенділіктің парасимпатикалық белсенділігінің төмендеуін және симпатикалық белсенділіктің белсендіруін тудыратынын көрсетті, бұл жүрек соғу жиілігінің өзгергіштігінің негізгі көрсеткіштерінің өзгеруінен көрінеді.

*Түйін сөздер:* су добы, спорттық жүрек, жүрек-тамыр жүйесі.

## FUNCTIONAL STATE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF ADOLESCENT WATER POLO PLAYERS BEFORE AND AFTER EXERCISE USING A HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX «HEALTH-EXPRESS»

S. E. Muzrapova\*<sup>1</sup>, M. R. Kamaliyeva<sup>1</sup>, R. N. Sapargaliyev<sup>2</sup>, G.A. Narbekova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kazakh-Russian medical university, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup> Central Swimming Pool, Kazakhstan, Almaty

<sup>3</sup> City Clinical Hospital No. 5, Kazakhstan, Almaty

\*Corresponding author

### Abstract

Water polo is a challenging aquatic sport. It requires versatile physical fitness. Intensive sports training induces specific changes in the cardiovascular system, as designated in sports medicine by the term «athletic heart.» In Kazakhstan, this sport is one of the promising areas.

*The purpose of the study.* To examine the state of the cardiovascular system in water sports athletes, including during physical activity, using innovative technologies (HSC «Health-Express»).

*Methods and Materials.* This retrospective study involved 102 water polo athletes. Of these, 86 people met the inclusion criteria. The sample was formed based on selection, taking into account physical parameters, level of physical fitness, and the absence of contraindications to participation in the study.

*Results.* After training, female athletes exhibited higher overall heart rate variability (MxDMn, SDNN, CV, Mo) and lower regulatory system stress indicators (Amo%, SI), indicating a less stressful recovery profile compared to male athletes.

*Conclusions.* The study has shown that acute physical activity causes a decrease in parasympathetic activity and an increase in sympathetic activity, which is manifested in changes in key indicators of heart rate variability.

*Keywords:* water polo, sports heart, cardiovascular system.

**АВТОРЛАР ТУРАЛЫ**

**Музрапова Сабина** – медицина ғылымдарының магистрі, «Қазақстан-Ресей медициналық университеті» МEBБМ, оқытушысы, Алматы, Қазақстан; e-mail: sabina.muzrapova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5271-3555>.

**Камалиева Мадина** – «Қазақстан-Ресей медициналық университеті» МEBБМ, докторанты, Алматы, Қазақстан; e-mail: Miss.kamalieva001@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2148-6466>.

**Сапарғалиев Рашид** – биология ғылымдарының магистрі, спортты басқару шебері, «Орталық жүзу бассейні» ЖШС өндірістік директоры, Алматы, Қазақстан; e-mail: rqn.doctor@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5009-9231>.

**Нарбекова Гүлнара** – №5 қалалық клиникалық ауруханасының функционалдық және ультрадыбыстық диагностика дәрігері, кардиолог, Алматы, Қазақстан; e-mail: gulnaranarbekova.68@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5282-4813>.

**ОБ АВТОРАХ**

**Музрапова Сабина** – магистр медицинских наук, преподаватель НУО «Казахстанско-Российский медицинский университет»), Алматы, Казахстан; e-mail: sabina.muzrapova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5271-3555>.

**Камалиева Мадина** – докторант НУО «Казахстанско-Российский медицинский университет» г. Алматы, Казахстан; e-mail: Miss.kamalieva001@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2148-6466>.

**Сапарғалиев Рашид** – Магистр биологии, мастер спортивного администрирования, операционный директор ТОО «Центральный плавательный бассейн» Алматы, Казахстан; e-mail: rqn.doctor@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5009-9231>.

**Нарбекова Гүлнара** – врач-кардиолог, врач функциональной и ультразвуковой диагностики Городская клиническая больница №5 г. Алматы, Казахстан; e-mail: gulnaranarbekova.68@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5282-4813>.

**ABOUT AUTHORS**

**Muzrapova Sabina** – Master of Medical Sciences, teacher at the Kazakh-Russian Medical University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: sabina.muzrapova@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5271-3555>.

**Kamaliyeva Madina** – doctoral student at the Kazakh-Russian Medical University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: Miss.kamalieva001@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2148-6466>.

**Sapargaliyev Rashid** – Master of Biology, Master of Sports Administration, Operations Director of Central Swimming Pool LLP, Almaty, Kazakhstan; e-mail: rqn.doctor@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5009-9231>.

**Gulnara Narbekova** – Cardiologist, functional and ultrasound diagnostics doctor, City Clinical Hospital № 5, Almaty, Kazakhstan; e-mail: gulnaranarbekova.68@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5282-4813>.

**Вклад авторов.** *Разработка концепции: Музрапова Сабина.; Методология: Сапарғалиев Рашид; Верификация: Камалиева Мадина; Статистический анализ: Нарбекова Гүлнара; Сбор данных: Музрапова Сабина.; Сапарғалиев Рашид; Управление данными: Нарбекова Гүлнара; Подготовка первоначального варианта рукописи: Музрапова Сабина; Редактирование и доработка текста: все авторы; Визуализация: Музрапова Сабина; Научное руководство: Сапарғалиев Рашид;*

**Конфликт интересов.** *Все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.*

**Финансирование.** *Работа выполнена в рамках программно-целевого финансирования Министерства здравоохранения Республики Казахстан (№BR27310319 «Разработка профилактических и реабилитационных программ для улучшения качества жизни населения в постковидный период»).*

**Все авторы прочитали и одобрили окончательную версию рукописи и согласны нести ответственность за все аспекты работы.**

**Статья поступила: 2.08.2025 г.**

**Принята к публикации: 12.09.2025г.**