

Алла Ященко,
Елена Кривец

Характер долговременной адаптации сердечно-сосудистой системы к тренировочным и соревновательным нагрузкам у спортсменов, занимающихся водными видами спорта

Резюме. Розглянуто особливості адаптивних зрушень діяльності серцево-судинної системи під впливом багаторічних тренувальних та змагальних навантажень у представників різних спеціалізацій водних видів спорту.

Summery. Peculiarities of adaptive shifts in cardiovascular system activity of different aqua-sport specialization are investigated. There are significant difference in the volumes of main homodynamic parameters depending from sport and sex.

Актуальність. Одним из факторов, определяющих возможность спортсмена достичь высоких результатов в различных видах спорта, являются генетические предпосылки. Другой, не менее важный фактор, оказывающий выраженное воздействие на состояние здоровья и специальную работоспособность спортсмена, — это величина и адекватность тренировочной и соревновательной нагрузки. В настоящее время специалисты в области спорта не имеют возможности воздействовать на генетический потенциал спортсмена, однако для воздействия на второй фактор имеется достаточный арсенал средств. Для планирования оптимальной тренировочной программы тренеру необходима объективная информация, отражающая ответную реакцию организма на предъявляемые тренировочной нагрузкой требования, таким образом, необходима оценка адаптации организма спортсмена к предъявляемой нагрузке.

Одним из современных методов исследования состояния сердечно-сосудистой системы является реоплетизмография. Этот метод позволяет судить о механической работе сердца, а также об относительной интенсивности кровенаполнения и состояния сосудов в различных участках тела.

Реализация тренировочных и соревновательных программ спортсменами в водных видах спорта осуществляется в специфических условиях, поскольку плотность, теплопроводность, свето-преломляющие и акустические свойства воды резко отличаются от свойств воздушной среды. Так, плотность воды в 820 раз превышает плотность воздуха, что оказывает значительное сопротивление передвижению спортсмена. По мере погружения тела в воду на него действует не только атмосферное давление, но также и собственный вес жидкости. Тело, погруженное в воду на 1 м, испытывает дополнительное давление, равное $0,1 \text{ кг}\cdot\text{см}^{-2}$, которое весьма ощутимо для человека. Давление препятствует выполнению вдоха, вследствие чего дыхательные мышцы несут повышенную нагрузку. Это относится и к обеспечению выдоха в воду, связанного с подключением активного сокращения мышц живота. Однако давление воды оказывает и положительное влияние. Горизонтальное положение тела спортсмена при плавании обеспечивает меньшую нагрузку на мышцы позвоночного столба, несущие значительную нагрузку при вертикальном положении тела. При нахождении спортсмена в водной среде масса тела уменьшается на величину, равную массе вытесненной воды. Тело человека ве-

сит в воде всего около 2–3 кг. Поэтому исключается необходимость статической работы для поддержания положения тела, что является благоприятным условием для выполнения мышечной работы в течение длительного времени с меньшей степенью утомления [1, 5].

Во время плавания преодолевается сопротивление воды, возрастающее по мере повышения скорости плавания. Установлено, что тело человека при плавании на груди со скоростью от 0,8 до $1,8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ испытывает сопротивление воды от 2,3 до 13,3 кг, при плавании на 400 м в течение 5 мин тело пловца испытывает сопротивление, равное 4,1 кг; при плавании на 100 м за 58,8 с это сопротивление возрастает до 11,5 кг.

При плавании расходуется относительно много энергии на дополнительные мышечные усилия, затрачиваемые на преодоление сопротивления воды. Пребывание в воде без движения сопровождается повышением обмена веществ вследствие повышенной теплоотдачи. Например, при неподвижном пребывании в воде 12°C в течение 4 мин расходуется 100 ккал тепла, то есть столько же, сколько в воздушной среде за 1 ч. Спокойное стояние в воде 24 – 25°C в течение 3–4 мин увеличивает легочную вентиляцию почти вдвое и повышает обмен веществ на 50–75 %.

Специфика водной среды и горизонтальное положение тела определяют ряд особенностей гемодинамики. Рефлекторные изменения работы сердца и кровообращения наблюдаются при одном лишь погружении в воду. Для большинства видов спорта состояние сердечно-сосудистой системы является лимитирующим фактором для проявления и роста специальной работоспособности [2, 4].

В воде при горизонтальном положении тела облегчается работа сердца, так как в этих условиях нет необходимости преодолевать гидростатическое давление крови и, таким образом, исключается препятствие для венозного возврата крови к сердцу.

Венозному притоку крови к сердцу, а тем самым и увеличению сердечного выброса, способствуют также глубокое дыхание пловца, участие больших мышечных групп и их ритмичная деятельность, отсутствие значительных статических усилий, давление воды на венозные сосуды [2, 3].

При выполнении мышечной работы в условиях водной среды отмечаются меньшие сдвиги гемодинамических показателей, по сравнению с выполнением адекватной работы на суше. При плавании ЧСС обычно не превышает 180 уд в 1 мин, при выполнении аналогичной работы на

VELOэргометре и беге — составляет 190 и более. Величины артериовенозной разницы по кислороду после выполнения плавательной работы обычно больше, чем при выполнении аналогичной работы на суше. Минутный объем кровообращения (МОК) при плавании не превышает $25 \text{ л}\cdot\text{мин}^{-1}$ [1]. Таким образом, мышечная работа, выполняемая в условиях водной среды, вызывает менее значительные сдвиги показателей сердечно-сосудистой системы в сторону повышения, чем выполнение соответствующей работы на суше, то есть сердце выполняет меньший объем работы.

При выполнении прыжков в воду спортсмены сталкиваются с перегрузками, вызванные, главным образом, тремя причинами: выполнением в воздухе от момента отрыва от снаряда до входа в воду сложных вращательных движений в нескольких плоскостях; переходом из одной среды (воздушной) в другую, более плотную (воду) и происходящим при этом ударом; эмоциональными перегрузками. Наибольшим перегрузкам подвергается сосудистая система в целом, особенно сосуды головного мозга [1, 4].

Синхронное плавание как вид спорта имеет следующие особенности: частая перемена положения тела спортсменки, фактически в условиях невесомости, выполнение мышечной работы на фоне длительной задержки дыхания (суммарная длительность задержек дыхания во время произвольной программы как в сольных, так и в дuetных выступлениях колеблется в пределах 60–70 % общего времени выступления). При этом возникают естественные трудности для двигательной деятельности из-за необходимости все время изменять точку опоры. Малейшая неточность движения приводит к потере равновесия и изменению траектории движения. Причина в обычных условиях афферентная информация с рецепторных зон двигательного аппарата не эффективна. Выполнение произвольной программы сопровождается 1–8 периодическими задержками дыхания, продолжительностью в среднем от 6 до 30 с. В отдельных случаях время задержки дыхания превышает 60 с. Во время выполнения произвольной программы первая задержка дыхания, как правило, продолжается 45 с. Время нахождения на поверхности воды колеблется от 6 до 9 с. В период кратковременного нахождения на поверхности воды необходимо не только частично ликвидировать кислородный долг, но и функционально подготовить себя к следующей дыхательной паузе. Различные по продолжительнос-

ти произвольные задержки дыхания, с кратковременным восстановлением легочной вентиляции перед началом очередной дыхательной паузы, приводят к постепенному расходу кислородного резерва и накоплению избытка CO_2 в организме спортсменок. В связи с этим большую нагрузку несет аэробная система и, прежде всего, процессы, связанные с проявлением окислительных способностей.

Продолжительность произвольной задержки дыхания в значительной мере зависит от способности к утилизации O_2 во время дыхательной паузы из кислородного резерва организма, который состоит из кислорода воздуха легких на вдохе, кислорода крови и тканевой жидкости, а также миоглобина, что в сумме у тренированных спортсменок, занимающихся синхронным плаванием, составляет около 2,5–3 л.

Данные биохимического контроля свидетельствуют о том, что концентрация лактата в крови спортсменок после выступлений на соревнованиях с произвольной композицией составляет от 10,4 до 15,4 $\text{ммоль}\cdot\text{l}^{-1}$, что сравнимо с аналогичными показателями после проплыивания дистанции 400 м в спортивном плавании. Сопоставление результатов биохимического анализа (концентрация лактата и pH крови) свидетельствует о значительном вкладе также и анаэробных процессов в энергообеспечение организма спортсменок во время тренировочной и соревновательной деятельности [3].

Целью нашего исследования являлось изучение состояния центральной кардиогемодинамики у спортсменов, специализирующихся в водных видах спорта.

Методы и организация исследований. Исследования проводились на базе Государственного научно-исследовательского института физической культуры и спорта при участии 52 спортсменов, из которых 26 — занимаются спортивным плаванием (15 — МС, 8 — МСМК, 3 — ЗМС; 12 — женщины, 14 — мужчины); 8 — занимаются прыжками в воду (2 — МС, 3 — МСМК, 3 — ЗМС; 4 — женщины, 4 — мужчины); 18 — занимаются синхронным плаванием (13 — КМС, 5 — МС); при помощи метода реоплетизмографии (реоанализатор РА5-01). Регистрировались следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС, $\text{уд}\cdot\text{мин}^{-1}$), артериальное давление систолическое (АДс, мм рт. ст.), артериальное давление диастолическое (АДд, мм рт. ст.), артериальное давление среднее (АДср., мм рт. ст.), артериальное давление пульсовое (АДп, мм рт. ст.), ударный объем крови (УОК, мл), ударный индекс (УИ, $\text{мл}\cdot\text{м}^{-2}$), минутный объем крови (МОК, $\text{л}\cdot\text{мин}^{-1}$), сердечный индекс (СИ, $\text{л}\cdot\text{мин}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $\text{дин}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{см}^{-5}$), работа левого желудочка (кгм). Все перечисленные показатели регистрировались в положении лежа.

Результаты исследований. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что средние величины АД (АДс, АДд, АДп, АДср.) у женщин, независимо от спортивной специализации, ниже, чем у мужчин, а ЧСС у женщин выше (табл. 1). Необходимо отметить, что более низкий уровень АД у женщин по сравнению с мужчинами той же спортивной специализации описан и в работах других авторов [6, 7].

Особый интерес представляют полученные в данной выборке величины УИ и СИ, характери-

Таблица 1
Показатели центральной кардиогемодинамики у спортсменов водных видов спорта ($n = 52$)

Регистрируемый параметр	Плавание, $X \pm m$		Прыжки в воду, $X \pm m$		Синхронное плавание, $X \pm m$
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	
АДс, мм рт.ст.	122,1 \pm 10,9	106,3 \pm 8,2	118,0 \pm 10,2	106,3 \pm 3,7	112,7 \pm 7,9
АДд, мм рт.ст.	73,5 \pm 5,8	67,5 \pm 5,9	74,0 \pm 8,3	67,5 \pm 3,8	63,7 \pm 9,1
АДср., мм рт.ст.	89,7 \pm 5,6	80,9 \pm 6,64	88,0 \pm 4,7	80,2 \pm 2,9	80,9 \pm 7,6
АДп, мм рт.ст.	48,5 \pm 11,8	38,7 \pm 5,8	44,0 \pm 13,0	38,5 \pm 4,8	49,0 \pm 10,6
ЧСС, $\text{уд}\cdot\text{мин}^{-1}$	54,9 \pm 6,2	66,8 \pm 14,0	71,1 \pm 12,2	74,1 \pm 15,0	69,4 \pm 12,0
УОК, мл	76,9 \pm 15,3	74,0 \pm 18,4	89,1 \pm 11,0	55,5 \pm 17,0	69,9 \pm 11,0
МОК, $\text{л}\cdot\text{мин}^{-1}$	4,2 \pm 0,8	4,7 \pm 0,9	6,0 \pm 0,7	3,9 \pm 1,1	5,0 \pm 1,3
УИ, $\text{мл}\cdot\text{м}^{-2}$	36,2 \pm 6,5	42,4 \pm 9,9	47,6 \pm 6,6	35,0 \pm 10,0	50,3 \pm 9,3
СИ, $\text{л}\cdot\text{мин}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$	1,9 \pm 0,3	2,7 \pm 0,6	3,3 \pm 0,4	2,5 \pm 0,6	3,6 \pm 1,1
ОПСС, $\text{дин}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{см}^{-5}$	1824,3 \pm 779,4	1472,6 \pm 462,3	1177,0 \pm 285,0	2016 \pm 790,0	1401,0 \pm 374,0
Работа левого желудочка, кгм	5,2 \pm 1,2	6,6 \pm 2,4	7,5 \pm 1,5	4,8 \pm 0,9	5,8 \pm 1,7

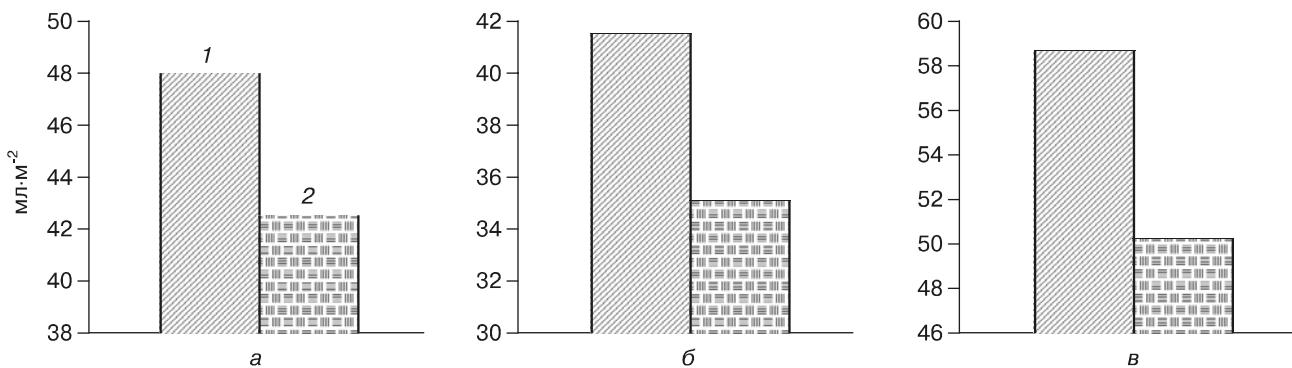


Рис. 1. Различие между индивидуальными и средними величинами УИ (а — спортивное плавание; б — прыжки в воду; в — синхронное плавание); 1 — индивидуальная величина, 2 — среднее значение выборки

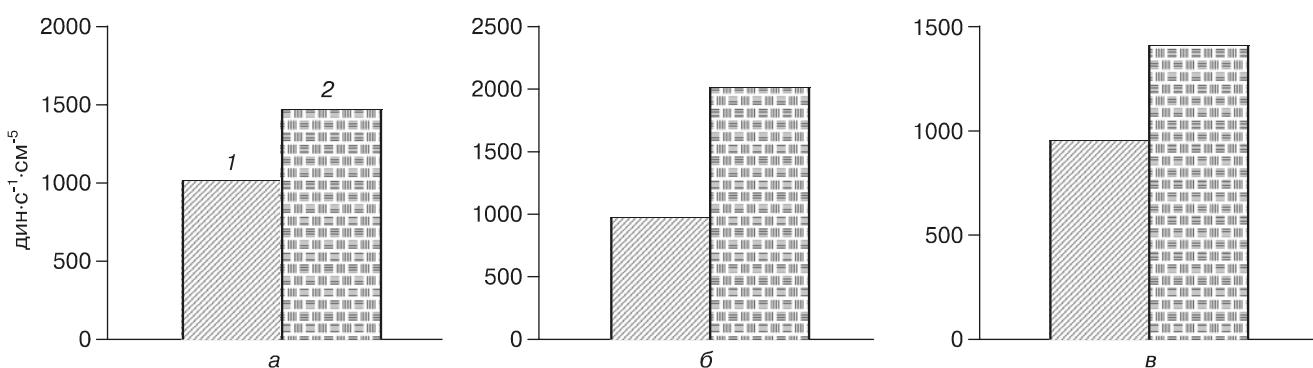


Рис. 2. Различие между индивидуальными и средними величинами ОПСС (а — спортивное плавание; б — прыжки в воду; в — синхронное плавание); 1 — индивидуальная величина, 2 — среднее значение выборки

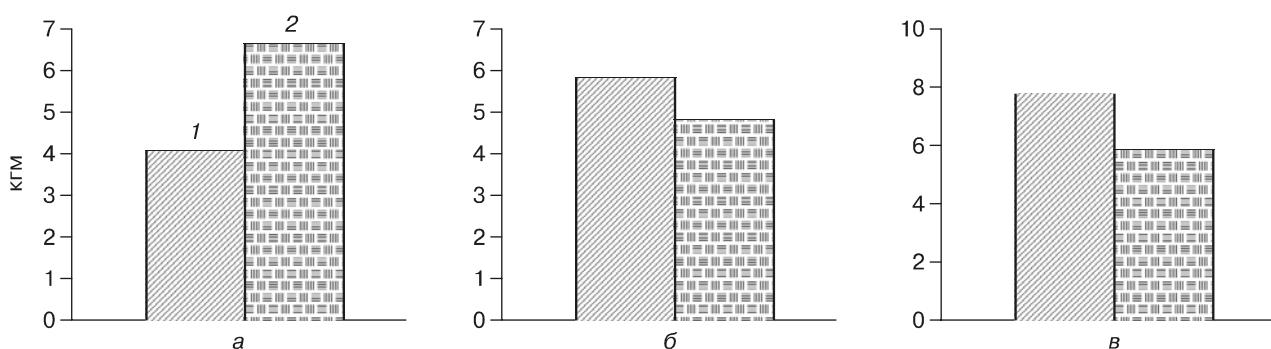


Рис. 3. Различие между индивидуальными и средними величинами работы левого желудочка (а — спортивное плавание; б — прыжки в воду; в — синхронное плавание); 1 — индивидуальная величина, 2 — среднее значение выборки

зующие кровенаполнение сосудов мышц. Несмотря на то что абсолютные величины ударного и минутного объемов крови у мужчин больше, эффективность доставки крови к работающим мышцам у спортсменок выше. Следует отметить, что наибольшие величины УИ и СИ, выявленные нами, были у спортсменок, занимающихся синхронным плаванием.

Половой (гендерный) диморфизм адаптационных изменений четко проявляется при анализе величин общего периферического со-

противления сосудов. Установлено, что данный показатель у пловцов-мужчин выше, чем у женщин, в то время как у спортсменов, специализирующихся в прыжках в воду имеют место обратные взаимоотношения. Что касается величины общего периферического сопротивления сосудов у спортсменок, занимающихся синхронным плаванием, то она оказывается такой же, как у спортсменок, занимающихся спортивным плаванием. Судя по нашим данным, наибольшую работу левый желудочек сердца

выполняет у мужчин, специализирующихся в прыжках в воду, далее следуют спортсменки, занимающиеся спортивным и синхронным плаванием.

Обращает на себя внимание выраженность индивидуальных величин адаптивных сдвигов измеряемых параметров в зависимости от спортивной специализации. Наибольшая величина УИ, превышающая среднюю на 13 %, выявлена у спортсменки Р-й (синхронное плавание), за ней следует представительница прыжков в воду (11,7 %) и спортивного плавания (11 %). Возможно, дополнительной предпосылкой для увеличения доставки O_2 к работающим мышцам являются регулярные задержки дыхания и обусловленная этим реактивная гиперемия (рис. 1, а—в). Периферическое сопротивление сосудов току крови у отдельных спортсменок выражено отличалось от средней величины; у спортсменки С-ой (прыжки в воду) — на 204 %, у спортсменок Р-й (синхронное плавание) и К-и (спортивное плавание) — на 147 % и 134 % соответственно. При этом абсолютные величины данного параметра были сходны у вышеупомянутых спортсменок (рис. 2, а—в). Средняя величина работы левого желудочка была наибольшей у представительниц спортивного плавания, однако наибольшая абсолютная величина данного показателя была зарегистрирована у спортсменки, занимающейся синхронным плаванием (рис. 3, а—в).

Заключение. Воздействие тренировочных и соревновательных нагрузок в течение длительного периода времени обуславливает развитие определенных адаптативных перестроек деятельности сердечно-сосудистой системы. Наблюдаемые отличия выраженности этих перестроек находятся в зависимости от спортивной специализации, также прослеживаются четкие гендерные отличия в характере данных изменений. Изучение комплекса основных показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы, дает возможность повышать эффективность тренировочного процесса.

1. Ганчар И.Л. Плавание: теория и методика преподавания. — Минск, 1998. — 326 с.
2. Ванюшин Ю.С. Показатели кардиореспираторной системы у спортсменов разного возраста // Физиология человека. — 1998. — Т. 24. — №1. — С. 105—108.
3. Кебкало В.И., Меньшуткина Т.Г. Что может повлиять на эффективность выполнения упражнений в синхронном плавании // Современные проблемы физической культуры и спорта: Сборник научн. трудов. — Белгород, 1997. — С.262—265.
4. Нигматуллина Р.Р. Срочные реакции показателей на сосной функции сердца у спортсменов и неспортсменов // Теория и практика физ.культуры. — № 8.— 1999.— С.41—43.
5. Плавание /Под общ.ред. В.Н. Платонова — К.: Олимпийская литература, 2000. — 494 с.
6. Zemva A., Rogel P.a. oth. Gender difference in athlete's heart: association with 24 — h blood pressure. A study of pairs in sport dancing // Int. J. Cardio 2001, Jan; 77 (1); P.49—51.
7. Yashchenko A.G. Sexual dimorphism of blood supply in elite weightlifters during body position changes. 6-th Intern. Sci. Congr. "Problems of Sex dimorphism in Sport", Katowice 20—22.10.2000.

Национальный университет
физического воспитания и спорта Украины, Киев

Поступила 23.01.2001