

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ И КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ У ПЛОВЦОВ-ПОДВОДНИКОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ДИНАМИКЕ ГОДИЧНОГО ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА

В.П. Яковлева, Е.В. Макаров, Л.В. Кривохижина

*Челябинская государственная медицинская академия,
г. Челябинск*

Методом реографии с помощью системы «Кентавр-4» исследовано состояние центральной гемодинамики и регуляции работы сердечно-сосудистой системы у пловцов-подводников высокой спортивной квалификации в динамике годичного тренировочного цикла. Показано наличие достоверных изменений изучаемых параметров в ходе тренировочного процесса. В целом наблюдаемые изменения подтверждают адекватную адаптацию спортсменов к физической нагрузке и оптимальность построения тренировочного процесса.

Состояние системы внешнего дыхания и кровообращения является одним из важнейших факторов, определяющих профессиональные возможности спортсменов [2, 4]. Интенсивные физические нагрузки предъявляют высокие требования к функциональному состоянию сердечно-сосудистой системы, а значительная частота выявления нарушений сердечной деятельности у лиц, занятых спортом, требует совершенствования врачебного контроля для правильного формирования нагрузочного режима, управления тренировочным процессом, раннего выявления доклинических признаков срыва адаптации, в частности, нарушений регуляции сердечной деятельности [6, 7].

Методы исследования

Исследуемая группа включала спортсменов высокой квалификации (I разряд, КМС, МС, МСМК) в возрасте 14–18 лет, имеющих спортивный стаж не менее 5 лет. Наблюдение проводилось трижды в течение годичного тренировочного цикла: в начале (сентябрь), в середине (январь), в конце (май). Тренировочный режим включает 1–2 тренировки в день 5–6 раз в неделю в зависимости от этапа тренировочного процесса; плавательная нагрузка составляет 4–5 км за тренировку. Для исключения непосредственного влияния тренировочной нагрузки исследования производились минимум за 3 часа до или через 3 часа после тренировки. Регистрацию показателей гемодинамики проводили с помощью системы «Кентавр-4» [1]. Оценивали следующие показатели: амплитуду реоволны пальца (АТОЕ), МОм, амплитуду реоволны легкого (АТНРХ), МОм, сердечный индекс (СИ), л/мин·м², ударный объем (УО), мл, ЧСС, уд/мин., систолическое и диастолическое давление (САД, ДАД), мм рт. ст., минутный объем кровообращения (МОК), л/мин, Хитер-индекс (Н_i), ед., фракцию выброса левого желудочка (ФВ), %, амплитуду диастолической волны (FW), МОм, SPO₂, мл/мин/м² – насыщение крови кислородом,

DO₂, л/мин/м² – доставку кислорода к тканям, S – показатель симпатической регуляции, Pi, интегральный индекс работы всей сердечно-сосудистой системы. Регистрация всех показателей производилась в положении лежа.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета Statistica 6.0. Нормальность распределения исходных данных оценивали по критерию Шапиро–Уилка. Для нормально распределенных данных применяли методы параметрической статистики – дисперсионный анализ ANOVA, t-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони. Если распределение отличалось от нормального, применяли методы непараметрической статистики – анализ вариабельности по Краскел–Уоллису (KW), критерии Манна–Уитни (U) и Вальд–Вольфовитца (WW) с поправкой Бонферрони. Различия считали статистически достоверными при $p < 0,05$; при значениях $p < 0,10$ различия расценивали как неслучайные.

Результаты и обсуждение

Наиболее значимым звеном аппарата гемодинамики является сердце, насосная функция которого определяет объемные параметры центральной гемодинамики. Динамический характер наблюдаемых изменений отражен в табл. 1.

Минутный объем кровообращения (МОК) является интегральной характеристикой кровообращения и подчинен обеспечению метаболических потребностей тканей. Он определяется ударным объемом сердца и ЧСС. Обращают на себя внимание высокие абсолютные показатели МОК (от $7,62 \pm 3,32$ до $9,72 \pm 2,59$ л/мин). По данным И.Т. Корнеевой, Ю.С. Ванюшина [3, 5], исследовавших типы гемодинамики у спортсменов 12–16 лет, МОК составляет от $3,95 \pm 0,28$ до $7,21 \pm 0,31$ л/мин, что существенно ниже полученных нами данных. Вероятно, это связано со спецификой подводного плавания как вида спорта, а именно, с обязательной задержкой дыхания, что приводит к развитию

гипоксии, гипоксемии, гиперкапнии. В динамике годового цикла показатель МОК достоверно ($p = 0,04$) снижается за счет уменьшения УО ($p = 0,01$) при стабильности ЧСС. При этом фракция выброса остается стабильной, следовательно, снижение УО обусловлено не снижением сократительной активности миокарда, а изменением параметров преднагрузки левого желудочка, однако показа-

тель преднагрузки FW достоверно не изменялся, демонстрируя лишь тенденцию к уменьшению. Снижение сердечного индекса (Ci) к концу тренировочного цикла является прямым следствием изменений ударного объема.

Параметры регуляции функции сердечно-сосудистой системы также претерпевают ряд динамических изменений, что отражено в табл. 2.

Таблица 1

Показатели работы сердца				
Показатель	Сентябрь $M \pm \sigma; m (n = 18)$	Январь $M \pm \sigma; m (n = 24)$	Май $M \pm \sigma; m (n = 18)$	P
HR (ЧСС) уд/мин.	$68,20 \pm 11,30; 2,68$	$71,40 \pm 10,26; 2,09$	$69,00 \pm 7,93; 1,87$	
SV(УО) мл	$133,20 \pm 27,7; 6,54$ $P_{1-3} = 0,004^* (U)$	$122,90 \pm 29,37; 5,99$ $P_{2-3} = 0,022 (U)$	$102,60 \pm 33,63; 7,93$	$0,01^* (KW)$
CO(МОК) л/мин	$9,72 \pm 2,59; 0,61$ $P_{1-2} = 0,01^* (WW)$ $P_{1-3} = 0,016^* (U)$	$8,79 \pm 2,26; 0,46;$ $P_{2-3} = 0,006^* (WW)$	$7,62 \pm 3,32; 0,78;$	$0,04^* (KW)$
EF %	$65,17 \pm 3,81; 0,89$ $P_{1-2} = 0,014^*$	$67,80 \pm 2,91; 0,59$	$66,10 \pm 3,36; 0,79;$	$0,037^*$
FW мОм	$32,90 \pm 14,60; 3,4$	$28,00 \pm 6,81; 1,39$	$26,50 \pm 7,74; 1,82$	
Ci л/мин/м ²	$5,86 \pm 1,61; 0,37$ $P_{1-3} = 0,021 (U)$	$6,06 \pm 1,55; 0,31$ $P_{2-3} < 0,001^* (U)$	$4,52 \pm 2,00; 0,47$	$0,003^* (KW)$

Столбец p – показатель достоверности межгрупповых различий по параметрическому критерию ANOVA (при отсутствии обозначений), по непараметрическому критерию Краскел–Уоллиса (KW). Различия между отдельными группами указаны с учетом поправки Бонферрони для числа множественных сравнений, равного 3, по t-критерию Стьюдента (при отсутствии обозначений), по критерию Манна–Уитни (U), Вальд–Вольфовитца (WW).

Таблица 2

Показатели регуляции и работы ССС				
Показатель	Сентябрь $M \pm \sigma; m (n = 18)$	Январь $M \pm \sigma; m (n = 24)$	Май $M \pm \sigma; m (n = 18)$	P
САД мм рт.ст.	$119,20 \pm 8,06; 2,02$ $P_{1-2} = 0,002^*$ $P_{1-3} < 0,001^*$	$110,20 \pm 9,01; 1,84$	$108,67 \pm 8,06; 1,90$	$< 0,001^*$
ДАД мм рт.ст.	$67,20 \pm 4,66; 1,10$ $P_{1-2} = 0,007^*$ $P_{1-3} = 0,011^*$	$61,90 \pm 6,79; 1,39$	$62,17 \pm 6,45; 1,52$	$0,015^*$
S y.e.	$46,06 \pm 19,9; 4,70$	$41,42 \pm 19,89; 4,06$	$44,11 \pm 17,23; 4,06$	
Pi y.e.	$58,90 \pm 22,50; 5,3$ $P_{1-3} = 0,027 (U)$	$71,00 \pm 28,81; 5,88$	$74,56 \pm 14,37; 3,39$	$0,05^* (KW)$
Hi мОм/с	$37,30 \pm 12,80; 3,02$ $P_{1-2} < 0,001^* (U)$ $P_{1-3} = 0,0017^* (U)$	$25,14 \pm 5,00; 1,02$	$23,76 \pm 9,83; 2,32$	$< 0,001^* (KW)$

Столбец p – показатель достоверности межгрупповых различий по параметрическому критерию ANOVA (при отсутствии обозначений), по непараметрическому критерию Краскел–Уоллиса (KW). Различия между отдельными группами указаны с учетом поправки Бонферрони для числа множественных сравнений, равного 3, по t-критерию Стьюдента (при отсутствии обозначений), по критерию Манна–Уитни (U), Вальд–Вольфовитца (WW).

Очевидно, что наибольшие отличия наблюдаются между исходным состоянием и серединой тренировочного цикла. Артериальное давление – один из наиболее важных показателей периферической гемодинамики, который отражает работу всей ССС. Как систолическое ($p < 0,001$), так и диастолическое

($p = 0,015$) давление в динамике годового цикла изменялось стереотипно, а именно: к середине цикла показатели достоверно снижались по сравнению с исходными и далее не изменялись. Таким образом, снижение артериального давления является быстро включаемым и стабильным в дальнейшем

Актуальные проблемы здравоохранения. Двигательная активность. Образование. Спорт

адаптивным механизмом. Показатель симпатической регуляции работы сердца (S) достоверно не изменялся в динамике годичного цикла, а абсолютное его значение (> 40 усл. ед.) указывает на наличие нормосимпатикотонии. Интегральный индекс работы всей сердечно-сосудистой системы (Pi) в динамике цикла достоверно ($p = 0,05$) повышается, что указывает в целом на положительный эффект тренировки.

«Конечным» звеном системы кровообращения, определяющим качество доставки кислорода к тканям, является микроциркуляторное русло. Примененный метод регистрации позволяет оценивать кровенаполнение мелких сосудов большого и малого кругов кровообращения, а также показатели оксигенации крови и абсолютную доставку кислорода. Эти результаты отражены в таблице 3.

Таблица 3

Волновые характеристики сосудов и доставка кислорода

Показатель	Сентябрь $M \pm \sigma; m (n = 18)$	Январь $M \pm \sigma; m (n = 24)$	Май $M \pm \sigma; m (n = 18)$	p
ATHRX мОм	$174,00 \pm 46,70; 11,00$	$177,90 \pm 35,82; 7,31$	$171,40 \pm 43,20; 10,18$	
АТОЕ мОм	$52,30 \pm 51,10; 12,00$ $P_{1-3} = 0,006^* (U)$	$29,25 \pm 23,09; 4,71$ $P_{2-3} < 0,001^* (U)$	$104,50 \pm 42,93; 10,12$	$< 0,001^*$ (KW)
SPO ₂ мл/мин/м ²	$94,50 \pm 7,25; 1,70$	$94,04 \pm 11,91; 2,43$ $P_{2-3} = 0,006^* (WW)$	$97,33 \pm 0,49; 0,11$	
DO ₂ л/мин/м ²	$768,60 \pm 156,20; 36,80$	$793,20 \pm 111,70; 22,79$ $P_{2-3} = 0,005^* (U)$	$643,90 \pm 183,80; 43,32$	$0,016^*$ (KW)

Столбец p – показатель достоверности межгрупповых различий по параметрическому критерию ANOVA (при отсутствии обозначений), по непараметрическому критерию Краскел–Уоллиса (KW). Различия между отдельными группами указаны с учетом поправки Бонферрони для числа множественных сравнений, равного 3, по t-критерию Стьюдента (при отсутствии обозначений), по критерию Манна–Уитни (U), Вальд–Вольфовица (WW).

Показатель пульсации сосудов большого пальца стопы (АТОЕ) изменялся неоднозначным образом. Обнаружена тенденция к снижению его в середине тренировочного цикла, а затем показатель достоверно увеличивался в 2 раза по сравнению с исходным. Данный показатель отражает качество перфузии периферических тканей. Отметим, что к концу цикла достоверно повышался показатель насыщения крови кислородом (SPO₂). Таким образом, тренировочная нагрузка приводит к улучшению кровенаполнения мелких сосудов большого круга. Одновременно к концу цикла повышается уровень оксигенации крови ($p = 0,006$) и снижается показатель доставки кислорода ($p = 0,005$) к тканям, что может быть расценено как следствие повышения кислородной емкости крови в результате повторного воздействия на организм гипоксической тренировки.

Выводы

Тренировочный процесс высокой интенсивности у пловцов-подводников оказывает выраженное влияние на состояние системы гемодинамики и кислородтранспортной функции крови. Наблюдаемые изменения в целом носят адаптивный характер, а существующая тренировочная нагрузка соответственно может быть расценена как адекватная для данного контингента спортсменов.

Литература

1. Астахов А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в

анестезиологии (с помощью системы Кентавр). / А.А. Астахов // Челябинск, 1996. – 174 с.

2. Бальсевич В.К. Онтокинезиология человека. / В.К. Бальсевич // М.: Теория и практика физической культуры, 2000. – 275 с.

3. Ванюшин Ю.С. Взаимосвязь показателей гемодинамики и физического развития детей и подростков с различными типами кровообращения. / Ю.С. Ванюшин, Ф.Г. Ситдилов, Р.М. Хаматова. // Физиология человека. Т.29, № 3. – 2003. – С. 139–142.

4. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине. / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков // М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.

5. Корнеева И.Т. Особенности формирования физиологических механизмов типов кровообращения у детей-спортсменов. / И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков, Д.В. Николаев, И.Е. Смирнов // Материалы V научно-практической конференции «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы». – М., 2003. – С. 338–345.

6. Приходько В.И. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных пловцов, достигших высоких спортивных результатов. / В.И. Приходько, Л.М. Беляева // Теория и практика физической культуры. – № 9, 1996. – С. 2–5.

7. Усков Г.В. Анализ показателей гемодинамики у студентов с различным уровнем двигательной активности по данным импедансной реографии. / Г.В. Усков // Известия Челябинского научного центра. Вып. 2 (28). – 2005. – С. 110–114.