

УДК 796.012.265:611.1

## **ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПРЕРЫВИСТОЙ ГИПОКСИИ У СПОРТСМЕНОК СИНХРОННОГО ПЛАВАНИЯ**

*Ровная О.А.*

Результативность соревновательной деятельности зависит не только от уровня функциональной подготовленности спортсмена, но и от способности мобилизовать свои резервы [1]. Мобилизационная готовность обеспечивает достижение высоких результатов. Вместе с тем, по данным литературы нормативные показатели уровня мобилизации готовности очень вариабельны. Существует ряд психологических тестов, которые определяют мобилизационную готовность спортсмена. Однако в физиологии спорта критерии мобилизационной готовности к соревновательной деятельности разработаны еще недостаточно. Синхронное плавание – водный вид спорта, характеризующийся избытком нетрадиционных рабочих поз (вниз головой, различных вращений, ныряний) и воздействием гипоксических влияний. Поэтому определение мобилизационной готовности организма спортсмена к гипоксическим состояниям соревновательной деятельности в синхронном плавании является определяющим. Известно, что проведение тренировочной работы в условиях гипоксии среднегорья повышает анаэробную производительность спортсменов [1]. Вместе с тем, доказано, что применение дозированных циклов дыхания гипоксической газовой смесью в нормобарических условиях также дает положительный результат [2 – 4]. Однако данных по изучению использования гипоксического фактора, как критерия мобилизационной готовности спортсменок синхронного плавания к условиям соревновательной деятельности в литературе нами не обнаружено, что и определило цель настоящего исследования.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для решения поставленных задач нами были проведены исследования с участием 13 девушек в возрасте 16-20 лет, занимающихся синхронным плаванием, со спортивной квалификацией мастера спорта и мастера спорта международного класса. Сеанс прерывистой нормобарической гипоксии (ПНГ) состоял из трех повторных циклов, общей продолжительностью 30 минут. Цикл включал поочередное дыхание газовой смесью, содержащей 10,7 % кислорода, 0,03 % углекислого газа, 89,0 % азота (гипоксический интервал) и дыхание атмосферным воздухом (нормоксический интервал). Каждая фаза цикла продолжалась 5 минут [3].

Определение показателей функционального состояния кардиореспираторной системы осуществлялось в состоянии покоя до сеанса, на последней минуте каждой фазы цикла, на 5-ой, 10-ой и 15-ой минуте восстановительного периода. Изучение функций системы внешнего дыхания проводилось спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора «Мета-2-40» и пневмотахометра. Фиксировались следующие показатели: частота дыхательных движений ( $f$ , цкл\*мин<sup>-1</sup>), дыхательный объем ( $V_T$ , л), объем лёгочной вентиляции ( $V_E$ , л\*мин<sup>-1</sup>). Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе ( $F_E O_2$ , %,  $F_E CO_2$ , %) определялось с помощью газоанализатора «Бекман». Рассчитывались скорость потребления кислорода ( $VO_2$ , л\*мин<sup>-1</sup>), коэффициент использования кислорода (КИО<sub>2</sub>, отн.ед.). Лёгочные объемы приводились к условиям ВTPS, показатели газообмена к условиям STPD.

В капиллярной крови определялся уровень парциального давления кислорода ( $pO_2$ , мм рт. ст.) и углекислого газа ( $pCO_2$ , мм рт. ст.) при помощи биомикроанализатора ОР-210/2 марки «Radelkis».

Контроль функционального состояния сердечно-сосудистой системы проводился по методике вариационной пульсометрии (Р.М. Баевский, 1979). Регистрация сердечной деятельности осуществлялась на электрокардиографе ЭК-6Т: определялась частота сердечных сокращений (РН, уд\*мин<sup>-1</sup>). Статистическая обработка материала проводилась с помощью стандартных программ Statistica. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовался t-критерий Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ изменений показателей внешнего дыхания, газообмена и гемодинамики в ответ на три повторных цикла гипоксических и нормоксических воздействий выявил разнонаправленные приспособительные реакции кардиореспираторной системы в разных фазах цикла (табл. 1).

Установлено, что во время гипоксических интервалов парциальное напряжение кислорода в артериальной крови снижалось до 80 % ( $p < 0,001$ ). При этом в периоды нормоксической инспирации наблюдалось практически полное восстановление показателя до исходных значений. Вероятно, что понижение уровня парциального давления кислорода в артериальной крови в периоды нормобарической гипоксии вызывало компенсаторное повышение частоты сердечных сокращений от 7 % до 12 % ( $p < 0,001$ ), причем максимальное повышение показателя наблюдалось в первом цикле, уменьшаясь в последующих, и сопровождалось полным восстановлением его до исходного уровня в периоды нормоксических интервалов. Отмеченные приспособительные реакции спортсменов характеризуют высокую степень адаптации организма к гипоксическим состояниям.

Выявлено постепенное повышение объема лёгочной вентиляции от первого гипоксического воздействия на 18 %, ко второму на 25 % ( $p < 0,01$ ), к третьему на 48 %, ( $p < 0,001$ ) и снижение этого показателя в период нормоксических фаз цикла ниже исходного уровня на 10-23 % ( $p < 0,05-0,01$ ). Необходимо отметить, что наблюдаемая нами динамика вентиляторного ответа организма в течение сеанса ПНГ достаточно специфична. Как известно, у спортсменов других специализаций, а также

Таблица 1.

Изменение показателей кардиореспираторной системы у спортсменок синхронного плавания в течение одного сеанса нормобарической гипоксии ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Показатели	До сеанса	1 цикл		2 цикл		3 цикл		Восстановительный период		
		гипоксия	нормоксия	гипоксия	нормоксия	гипоксия	нормоксия	5 мин	10 мин	15 мин
$pO_2$ мм рт.ст.	97,0 ±0,1	80,3 ±0,4 ***	96,5 ±0,4	79,1 ±0,9 ***	96,0 ±0,2	78,2 ±1,0 ***	95,4 ±0,3 ***	96,4 ±0,2	97,0 ±0,2	97,0 ±0,2
$f$ , цкл* мин <sup>-1</sup>	16,3 ±0,7	14,4 ±0,2 *	15,3 ±0,3	12,1 ±0,2 ***	14,9 ±0,3	15,1 ±0,2	14,6 ±0,7	14,8 ±0,9	15,0 ±1,1	15,1 ±0,7
$V_T$ , л	0,75 ±0,02	0,93 ±0,08 *	0,76 ±0,09	1,05 ±0,07 **	0,77 ±0,05	0,99 ±0,03 ***	0,76 ±0,05	0,75 ±0,01	0,75± 0,03	0,73 ±0,03
$V_E$ , л* мин <sup>-1</sup>	12,00 ±0,75	14,16 ±1,15	10,80 ±1,10	15,00 ±0,23 **	9,22 ±0,37 *	17,72 ±0,95 ***	9,84 ±0,37 *	10,50 ±0,75	11,52 ±0,25	11,71 ±0,22
$KIO_2$ отн. ед.	38,0 ±1,2	28,40 ±1,0 ***	46,2 ±1,7 **	32,8 ±1,2 *	48,1 ±1,5 ***	31,9 ±1,7 *	48,4 ±1,9 ***	42,3 ±1,3 *	40,5 ±1,2	39,1 ±1,2
$RH$ , уд* мин <sup>-1</sup>	62,1 ±0,8	69,3 ±0,2 ***	63,2 ±0,2	67,9 ±0,3 ***	62,4 ±0,4	66,8 ±0,4 ***	63,3 ±0,2	61,5 ±0,2	61,3 ±0,3	61,5 ±0,1

Примечание: \* уровень достоверности различий 0,05, \*\* уровень достоверности различий 0,01, \*\*\* уровень достоверности различий 0,001 относительно данных, зарегистрированных в состоянии покоя.

у нетренированных лиц, уровень легочной вентиляции значительно повышен по сравнению с показателями покоя, не только во время гипоксических, но и во время нормоксических интервалов [4 – 6]. Очевидно, выраженность приспособительных реакций организма обследуемых детерминирована сформировавшимися эффективными механизмами адаптации аппарата внешнего дыхания к острым гипоксическим воздействиям, специфичным для тренировочной и соревновательной деятельности в синхронном плавании.

В исследовании было зафиксировано, что увеличение легочной вентиляции во время дыхания гипоксической смесью происходило, главным образом, за счет роста дыхательного объема на 24-40 % ( $p < 0,05-0,001$ ). Вместе с тем, в период гипоксического воздействия наблюдалось снижение показателей частоты дыхания от 6 % до 25 % ( $p < 0,05-0,01$ ). Эти изменения указывают на достаточно экономичный уровень функционирования внешнего дыхания обследуемых.

В течение сеанса ПНГ отмечались разнонаправленные реакции показателя коэффициента использования кислорода. Выявлено снижение его значений от 16 % до 26 % ( $p < 0,001$ ) в гипоксическом интервале дыхания и повышение на 21 – 26 %

( $p < 0,001$ ) в период нормоксических пауз, следовательно в период дыхания атмосферным воздухом наблюдалась достаточно быстрая оптимизация кислородного режима организма, уменьшались энергетические траты на обеспечение респираторной функции.

Таким образом, специфика синхронного плавания способствует формированию эффективных механизмов адаптации к гипоксическим воздействиям. Очевидно, постоянные колебания параметров газового состава артериальной крови при выполнении спортивных действий изменяют чувствительность периферических хеморецепторов, что в итоге лимитирует выраженность реакций кислородтранспортной системы в ответ на сдвиги газового гомеостаза крови. В этой связи использование сеанса ПНГ в качестве критерия устойчивости организма к острым гипоксическим состояниям представляет особый интерес для оценки мобилизационной готовности спортсменов.

### ВЫВОДЫ

1. Специфика спортивных действий в синхронном плавании способствует формированию эффективных механизмов адаптации кислородтранспортной системы спортсменов к острым гипоксическим воздействиям.

2. Физиологическим критерием мобилизационной готовности спортсменов синхронного плавания может служить выраженность приспособительных реакций кардиореспираторной системы во время сеанса прерывистой нормобарической гипоксии.

### Список литературы

1. Булатова М.М., Платонов В.Н. Физическая подготовка спортсмена. – К.: Олимпийская литература, 1995. – 320 с.
2. Кривошеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э. Расширение функционального диапазона реакций дыхания и газообмена при повторных гипоксических воздействиях // Физиология человека. – 2005. – Т.31, №3. – С. 100-107.
3. Кривошеков С.Г., Диверт Г.М., Диверт В.Э. Индивидуальные особенности внешнего дыхания при прерывистой нормобарической гипоксии // Физиология человека. – 2006. – Т.32, №3. – С. 62-69.
4. Интервальная гипоксическая тренировка. Эффективность, механизмы действия / Отв. ред. А.З. Колчинская. – Киев: ММиС Украины, 1992. – 106 с.
5. Колчинская А.З., Ткачук Е.Н., Закусило М.П. Изменения дыхания, кровообращения и кислородных режимов организма во время сеанса интервальной гипоксической тренировки // Нур. Мед. J. 1993. – Т. 1, N 2. – С. 7-12.
6. Агаджанян Н.А., Степанов О.Г., Архипенко Ю.В. Дыхательные газы и функциональное состояние пищеварительной системы. – Москва-Краснодар, 2002. – 191с.

*Поступила в редакцию 20.12.2006 г.*