

ВОЗМОЖНОСТИ ПОТЕРИ СОЗНАНИЯ У ФРИДАЙВЕРОВ ПОСЛЕ НАЧАЛА ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ



МОЛЧАНОВА
Наталья Владимовна
Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва
Кандидат педагогических наук, доцент кафедры ТiM прикладных видов спорта и экстремальной деятельности
E-mail: freediving2004@list.ru, тел. 8-903-288-53-75

КУЗЬМИЧЕВ
Василий Александрович
ФГБУ ВПО «Центр спортивной подготовки сборных команд»
Ведущий специалист

KUZMICHEV Vasily
FGBU VPO «Center Sports Training Teams»
Leading Specialist

Ключевые слова: задержка дыхания, гипоксия.

Аннотация. В восстановительном периоде после ныряния в длину с задержкой дыхания у фридайверов наблюдается гипоксический спад, с наличием которого можно связать многие случаи потери сознания после начала активной вентиляции легких, когда ныряние завершилось в декомпенсированной форме гипоксического состояния.

MOLCHANOVA Natalia

Russian State University of Physical Culture, Sport, Youth and Tourism (GTSOLIFK), Moscow
Ph.D., Associate Professor, Department of T&M Applied Sports and Extreme Activities, e-mail: freediving2004@list.ru, tel. 8-903-288-53-75

THE OPPORTUNITIES OF LOSS OF CONSCIOUSNESS BY DIVERS AFTER THE START OF VENTILATION

Keywords: holding your breath, hypoxia, hypoxic «pit».

Abstract. During the recovery period after diving in length with breath freedivers have observed hypoxic «pit», the presence of which can be related to many cases of loss of consciousness after the start of the active ventilation when diving was completed in decompensated form hypoxic condition.

Сокращения:

$PetO_2$ – парциальное давление кислорода в конце выдоха

$PetCO_2$ – парциальное давление углекислого газа в конце выдоха

Актуальность исследования. При нырянии с задержкой дыхания у фридайверов по классификации Н.А. Агаджаняна развивается эндогенная физиологическая гипоксия нагрузки и метаболическая эндогенная гиперкапния как компенсаторный механизм поддержания кислотно-основного состояния в пределах физиологической нормы [1]. На индивидуальных чемпионатах мира по фридайвингу, проходящих с 2005 г. по версии AIDA, в среднем около 10% спортсменов во время ныряния теряли сознание. При этом не было

принципиальных отличий в характере развития острого гипоксического состояния во время статической задержки дыхания, ныряния в длину или в глубину. В большинстве случаев потеря сознания происходила после всплытия и возобновления дыхания на 5–15-й секундах восстановления. Реже спортсмены теряли сознание под водой, перед всплытием на поверхность. В исследованиях была сделана попытка выявления особенностей газообмена в восстановительном периоде у фридайверов высокой и низкой квалификации, которые помогут объяснить феномен потери сознания после начала активной вентиляции легких.

Цель исследования. Анализ особенностей легочного газообмена у фридайверов в восстановительном периоде после ныряния в длину в ластах.

Методы исследования. Анализ научно-методической литературы, газоанализ, математическая статистика.

Организация исследования. В исследованиях, которые проводились на базе бассейна РГУФКСМиТ, принимали участие 16 спортсменов, из них – 5 высокой (мужчины) и 11 низкой квалификации (8 мужчин, 3 женщины). При проведении исследований с помощью прибора газоанализатора MetaLyzer Cortex 3В выдох после окончания дистанции осуществлялся в маску, из которой он поступал на газоанализатор для определения концентраций находящихся в нем газов. Изучаемые показатели измерялись перед и после ныряния под водой в длину в ластах с задержкой дыхания в различных зонах гипоксической нагрузки: 1-я попытка в 1-й зоне без дыхательного дискомфорта, 2-я во 2-й зоне – дистанция прерывалась при появлении дыхательного дискомфорта, 3-я в 3-й зоне – спортсмены продолжали ныряние с дыхательным дискомфортом около 5 м. Спортсмены высокой квалификации ныряли в 4-й зоне – 10-12 м с дыхательным дискомфортом, в 5-й зоне – 13-25 м, в 6-й зоне – более 26 м.

Обсуждение результатов. Результаты исследования показали, что во время ныряния в длину у фридайверов развивается гипоксигиперкапническое состояние, а по окончании нагрузки не наблюдается монотонное по

экспоненте восстановление газового гомеостаза. Кривые, отображающие изменения парциального давления O_2 в составе выдыхаемого воздуха в восстановительном периоде, имеют сложную форму. Сначала идет быстрый подъем, затем наблюдается спад, в котором $PetO_2$ снижается и потом вновь начинает постепенно увеличиваться. Можно дать название этому провалу – гипоксический спад в периоде срочного восстановления у фридайверов.

Парциальное давление CO_2 в составе выдыхаемого воздуха в восстановительном периоде сначала быстро снижается, затем так же быстро увеличивается, и после достижения пика значений вновь постепенно снижается. Этот подъем значений можно назвать гиперкапнический подъем в периоде срочного восстановления у фридайверов. В исследованиях, проведенных ранее, было показано, что увеличение этого показателя в восстановительном периоде, вероятно, связано со значительным накоплением продуктов обмена в тканях в связи с гипоксическим характером работы и постепенным выходом CO_2 из тканей в кровяное русло и в легкие [4]. Гипоксический спад и гиперкапнический подъем совпадают по времени и наблюдаются у 14 из 16 спортсменов.

Можно предположить, что падение $PetO_2$ в восстановительном периоде связано с возвращением

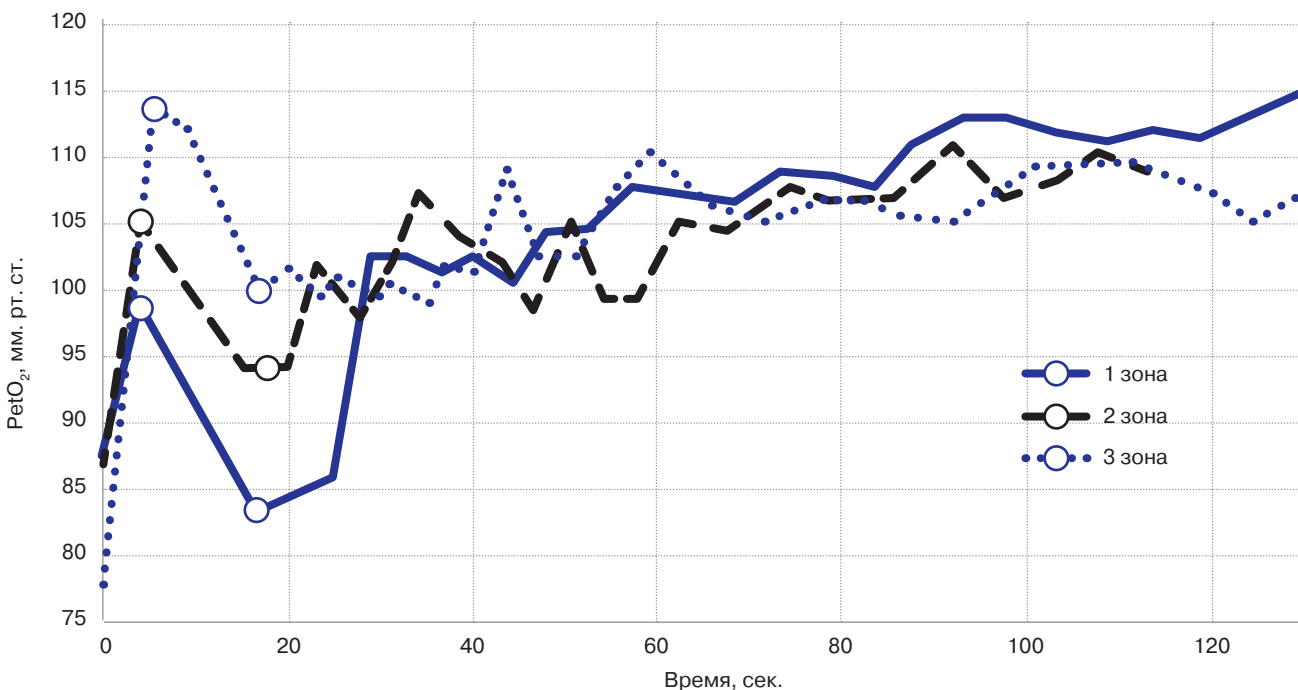


Рис. 1. Парциальное давление O_2 в выдыхаемом воздухе у фридайвера низкой квалификации Г.Ю. в восстановительном периоде (1, 2, 3 – зоны гипоксической нагрузки)

Таблица 1

Характеристика гипоксического спада в восстановительном периоде

Зона дискомфорта	PetO ₂ в начале спада (мм.рт.ст.)	Мах спад PetO ₂ (мм.рт.ст.)	Снижение (%)	Время начала спада (с)	Время мах спада (с)
Фридайверы высокой квалификации					
1	113.27±6.8	107.60±6.9	5.3%	7,78	20,84
2	114.89±10.6	106.46±4.8	7.9%	7,64	21,38
3	114.47±5.1	109.92±4.7	4.1%	9,87	14,72
4	114.74±1.2	106.78±0.1	7.5%	12,41	19,46
5	117.69±1.2	110.79±1.5	6.2%	14,41	23,83
6	112.72±8.9	109.45±9.0	3.0%	11,69	16,2
Фридайверы низкой квалификации					
1	107.14±11.0	101.14±12.2	5.9%	7,38	16,66
2	101.49±12.3	93.93±10.9	8.1%	6,26	16,35
3	106.98±12.1	95.90±7.2	11.6%	6,55	18,71

Таблица 2

Характеристика гиперкапнического подъема в восстановительном периоде

Зона дискомфорта	PetCO ₂ в начале подъема (мм.рт.ст.)	Мах подъем PetCO ₂ (мм.рт.ст.)	Увеличение (%)	Время Начала подъема (с)	Время мах подъема (с)
Фридайверы высокой квалификации					
1	27.69±5.1	33.61±5.7	21.4%	4,45	28,42
2	25.79±4.2	34.61±5.3	34.2%	4,08	25,93
3	27.37±3.6	34.03±5.8	24.3%	2,7	14,57
4	26.58±1.6	33.68±3.4	26.7%	4,04	19,46
5	27.36±0.9	33.67±1.0	23.1%	4,7	23,83
6	29.86±5.3	36.95±7.4	23.7%	4,54	23,14
Фридайверы низкой квалификации					
1	32.68±5.9	39.51±6.6	20.9%	4,91	21,9
2	31.81±5.0	40.58±5.6	27.6%	3,2	19,13
3	30.80±7.0	42.46±5.5	37.9%	3,94	27,21

обедненной O₂ крови с периферии к легким по большому кругу кровообращения и отражает тканевый кислородный долг, т.к. потребность в O₂ накопилась во время ныряния. Гипоксический спад, вероятно, связан с возрастанием разницы между концентрацией O₂ в периферических тканях и в центральных органах, из-за выраженного эффекта вазоконстрикции периферических сосудов, что приводит к большей изоляции периферических тканей и к большему накоплению кислородного долга. Этим можно объяснить случаи потери сознания фридайверами на соревнованиях после начала активной вентиляции легких

(3–4-х вдохов) на 5–15-й секундах восстановления после нагрузки, когда они заканчивали дистанцию в декомпенсированной форме гипоксического состояния. Однако у 1-го фридайвера низкой квалификации не наблюдалось гипоксического спада на всех 3-х дистанциях: PetO₂ возросло сначала быстро, затем медленнее. У 1-го фридайвера высокой квалификации вместо спада была стабилизация PetO₂ в том же отрезке времени. У всех фридайверов снижение PetO₂ в гипоксическом спаде не отражалось на устойчивости контроля состояния и не привело к ухудшению самочувствия при восстановлении. Имеются

отличия в выраженности гипоксического спада и гиперкапнического подъема в зависимости от длины дистанции у спортсменов высокой и низкой квалификаций (табл. 1,2).

У низкоквалифицированных спортсменов с увеличением длины дистанции от 1-й к 3-й зонам гипоксической нагрузки изменяются показатели $P_{et}O_2$ и $P_{et}CO_2$, приводя к увеличению гипоксического спада и гиперкапнического подъема. Такой же выраженной тенденции нет у высококвалифицированных спортсменов.

Потребление O_2 и выделение CO_2 в восстановительном периоде отражают развернутую динамику оплаты кислородного долга, накопившегося во время ныряния. Во время, соответствующее гипоксическому спаду наблюдается увеличение потребления O_2 и выделения CO_2 , что способствует быстрому восстановлению гомеостаза. У фридайверов низкой квалификации потребление O_2 после ныряния в 1-й зоне увеличилось на 22,2%, во 2-й зоне на 22,9% и особенно резко после ныряния в 3-й зоне – 37,9%. У фридайверов высокой квалификации увеличение потребления O_2 от 1-й к 6-й зонам соответственно было на 30,7; 43,5; 27,4; 22,3; 12,5; 29,7% и тенденции, связанной с увеличением потребления O_2 в зависимости от дистанции не прослеживается.

Исследуемые показатели газообмена измерялись в выдыхаемом воздухе, где воздух в легких смешивался с воздухом мертвого пространства, что искажает картину происходящих процессов. Чтобы выяснить тонкие механизмы регуляции дыхания в процессе ныряния, необходимо исследовать газы крови, что требует дополнительных экспериментов.

Выводы

1. Гипоксическое состояние в восстановительном периоде усугубляется отсроченным кислородным долгом, который связан с возвращением обедненной O_2 крови с периферии к легким по большому кругу кровообращения. Это явление может быть названо гипоксическим спадом в периоде срочного восстановления у фридайверов.

2. Гипоксический спад совпадает по времени с гиперкапническим подъемом – резким увеличением $P_{et}CO_2$, также связанным с активным выходом CO_2 из тканей в кровяное русло и в легкие при возобновлении дыхания и увеличении ЧСС и скорости обменных процессов.

3. Направленность изменений в газообмене у фридайверов низкой и высокой квалификации одинаковая, а уровень колебаний показателей отличается.

Литература

1. Агаджанян Н. А. Гипоксические, гипокапнические и гиперкапнические состояния / Н. А. Агаджанян, А. Я. Чижов. – М. : Медицина, 2003. – 93 с.
2. Бреслав И. С. Дыхание. Висцеральный и поведенческий аспекты / И. С. Бреслав, А. Д. Ноздрачев. – С.-П., «Наука», 2005. – 308 с.
3. Дмитрук А. И. Медицина глубоководных погружений / А. И. Дмитрук. – С.-П., 2004. – 288 с.
4. Молчанова Н. В. Особенности газообмена у фридайвера высокой квалификации при нырянии в длину в ластах. Теория и практика прикладных и экстремальных видов спорта. Научно-методическое издание / Н. В. Молчанова. – 2013. – №2 (27). – С. 3-5
5. Физиология человека: учебник. пер. с англ.: в 3-х томах / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевс. – М., 2004.

