

**УДК [613.68]: 612.2: 612.766.1**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПЕРИОД МНОГОДНЕВНОГО ПЛАВАНИЯ НА ПАРУСНОЙ ДОСКЕ**

*Найдич С.И.*

*РВУЗ Крымский инженерно-педагогический университет, Симферополь, Украина  
E-mail: tournesi@rambler.ru*

Выявлено, что при продолжительном плавании на парусной доске в сложных погодных условиях функции внешнего дыхания испытывают повышенную нагрузку, обеспечивая одновременно несколько важных физиологических процессов – поддержание температурного баланса и энергопродукцию работающих мышц. Таким образом, к спортсменам, занимающимся виндсерфингом должны предъявляться требования к наличию высокого уровня аэробных возможностей организма. Показано, что интегральным показателем функциональных возможностей организма спортсмена-виндсерфингиста может служить динамика величин парциального давления углекислого газа – чем меньшее снижение его величин от исходного уровня во время мышечной деятельности, тем более высокие аэробные возможности организма.

**Ключевые слова:** морское плавание, мышечная деятельность, внешнее дыхание.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Постоянно возрастающее количество людей, принимающих участие в развлекательных и спортивных плаваниях на яхтах и парусных досках, требует более детального изучения физиологических процессов, происходящих в организме человека в процессе адаптации к сложным условиям морского плавания. Плавание связано с непрерывной сменой климатических зон, длительным отрывом от берега, различным спектром деприваций на фоне выраженного эмоционального напряжения, ведущего к формированию хронического стресса [1, 2].

Адаптивные реакции человека в условиях морского плавания изучались преимущественно во время пребывания на моторных судах [1, 2]. Особенности функций внешнего дыхания во время плавания на парусных судах освещены лишь в единичных исследованиях [3–5]. С целью получения новых данных изучались индивидуальные реакции виндсерфингиста во время заплыва длительностью 36 дня и протяженностью 2300 км в акватории Черного моря.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

По условиям плавания спортсмен ежедневно проходил на парусной доске от 70 до 150 км в течение светового дня в сопровождении яхты, переходя на яхту только для ночлега и трехразового кратковременного отдыха (15-20 мин). Погодные условия характеризовались следующими значениями: сила ветра – от 12 до 22 м/сек., температура воздуха – от 26 до 34 градусов, влажность составляла в среднем 72,6%.

Функции внешнего дыхания изучали ежедневно перед выходом в плавание. Методом Дугласа-Холдена определяли следующие значения: уровень потребления кислорода ( $VO_2$ ) и выделения углекислого газа ( $VCO_2$ ), объем легочной вентиляции ( $VE$ ), дыхательный коэффициент ( $R$ ), коэффициент использования кислорода ( $KIO_2$ ). Кроме этого, фиксировались показатели температурного баланса организма спортсмена методом термотопографии - измерением температуры разных участков кожного покрова.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные внешнего дыхания и газообмена, зарегистрированные во время перехода представлены в Таблице 1.

**Таблица 1.**  
**Показатели газообмена у виндсерфингиста во время многодневного плавания**

Дни плавания	Показатели						
	МОД, л/мин	$VO_2$ , мл/мин	$VCO_2$ , мл/мин	$R$ , отн.ед	$KIO_2$ , мл/л	$PAO_2$ , мм. рт. ст	$PAO_2$ , мм. рт. ст.
2	6,2	275	209	0,76	44,4	30,4	123,1
3	5,9	232	155	0,71	39,3	31,2	123,9
4	5,9	285	160	0,56	27,1	29,66	121,6
5	3,9	177	124	0,70	45,4	31,9	122,4
7	6,7	257	174	0,68	38,4	30,6	123,1
8	7,1	272	220	0,81	38,3	30,4	123,1
10	10,6	416	283	0,68	39,2	31,9	121,6
11	6,2	268	186	0,69	43,2	31,9	123,1
12	8,9	350	338	0,97	39,3	38,0	123,1
13	7,6	382	332	0,87	50,3	36,5	123,1
15	10,6	501	476	0,95	47,3	35,0	120,8
16	6,7	257	154	0,60	38,4	27,4	127,7
17	5,3	192	184	0,96	36,2	38,8	117,8
20	3,6	138	97	0,70	38,3	30,4	119,3
23	4,8	237	158	0,67	49,4	29,6	121,6
25	5,3	224	159	0,71	42,3	28,9	124,6
26	6,8	392	302	0,77	57,6	30,4	121,6
27	6,7	270	241	0,89	40,3	31,2	125,4
28	5,1	226	168	0,74	44,3	31,9	120,1
29	7,8	357	346	0,95	45,8	38,0	118,6
30	5,6	241	180	0,75	42,9	35,7	112,5
32	3,6	158	107	0,68	43,9	32,7	119,3
33	7,6	318	289	0,91	41,8	41,0	116,3
34	5,3	250	201	0,80	47,2	35,7	124,6
35	6,7	281	241	0,86	41,9	34,2	120,8
36	6,4	218	244	1,12	34,1	29,6	121,6

Анализ результатов научных исследований начнем с рассмотрения показателей газообмена, поскольку по их значениям можно судить, как о количественных затратах энергии, так и характере энергопродукции. Для получения энергии в большинстве случаев используются реакции окисления углеводов и жиров в определенном соотношении, которое оценивается дыхательным коэффициентом (ДК). ДК определяется как отношение объема выделяемой углекислоты к объему поглощаемого кислорода за определенный промежуток времени. При окислении углеводов ДК равен 1,0, а при окислении жиров - 0,7. Во время выполнения тяжелой мышечной работы величина ДК может быть выше 1,0. Это обусловлено усиленным (избыточным) выведением углекислоты из бикарбонатной буферной системы крови вследствие нейтрализации большого количества недоокисленных продуктов, попадающих в кровь при анаэробном (безкислородном) способе выделения энергии из углеводов. Дыхательный коэффициент у виндсерфингиста постепенно возрастал, достигнув максимума на 12-й день плавания – 0,97. После некоторой стабилизации на уровне 0,74-0,7 он вновь возрос до величины 0,95 на 29-й день плавания.

Полученные данные указывают на то, что во время плавания у виндсерфингиста постепенно происходило изменение характера энергопродукции: более энергетически выгодный процесс окисления углеводов и жиров аэробным (с участием кислорода) способом образования энергии замещался менее эффективным безкислородным механизмом. В дальнейшем, из-за хронического утомления и значительных энерготрат, процессы образования энергии были угнетены. Получался замкнутый круг: значительные физические нагрузки требовали больших затрат энергии, и организм вырабатывал энергию, используя все свои функциональные резервы, но из-за перенапряжения физиологических систем и недостаточного поступления в кровь питательных веществ, происходило переключение на неэффективные схемы образования энергии, приводя, в конечном итоге, к наступлению хронического утомления.

При анализе изменений величины парциального давления углекислого газа ( $P_{ACO_2}$ , рис. 1) была выявлена тенденция к снижению его величины по мере увеличения продолжительности плавания. Так, на финише заплыва снижение уровня  $P_{ACO_2}$  составило 28,4% от исходного, а наибольшее падение отмечалось на 16-й день – 53%. Кроме того, была отменена корреляционная взаимосвязь величины  $P_{ACO_2}$  с уровнем дыхательного коэффициента:  $r = 0,689$ .

Таким образом, можно говорить о развитии двигательной гипокапнии, связанной с продолжительной мышечной деятельностью, что согласуется с исследованиями [6, 7].

Изменения дыхательного коэффициента и парциального давления углекислого газа, зафиксированные в альвеолярном воздухе, показали, что у виндсерфингиста во время плавания отмечались повышение энергозатрат и быстрое ухудшение функционального состояния. По-видимому, это было связано не только с высокой интенсивностью мышечной нагрузки в течение продолжительного времени, но и с неблагоприятными условиями окружающей среды. Известно, что повышенная температура и влажность воздуха значительно затрудняют теплоотдачу, создавая риск перегрева организма. Показано, что температура тела у марафонца,

соревнующегося в жаркий и влажный день, достигала 41°C [8]. При плавании на виндсерфере дополнительное напряжение создает неопределенный гидрокостюм, который может нагреваться до 41°C при температуре воздуха 25°C [9]. Вследствие этого спортсмен сильно перегревается, но поскольку пот, выделяемый рефлекторно и способствующий охлаждению организма, не имеет возможности испаряться через неопределенную ткань, то еще больше усиливается обусловленная мышечной работой гипертермия (повышение температуры мышечных волокон). Это приводит к нарушению терморегуляции и повышению температуры тела. Возникает порочный круг, при котором за счет обильного, но не приносящего пользы потоотделения развивается дегидратация (потеря организмом воды). При этом скорость потоотделения может достигать 1,2-1,5 л в час. Организм человека слабо реагирует на усиленное потоотделение, так как сохранение воды физиологически менее важно, чем поддержание температуры тела в узких пределах. Это приводит к тому, что потеря жидкости с потом за два с небольшим часа соревнований марафонцев достигает 6 л [8].

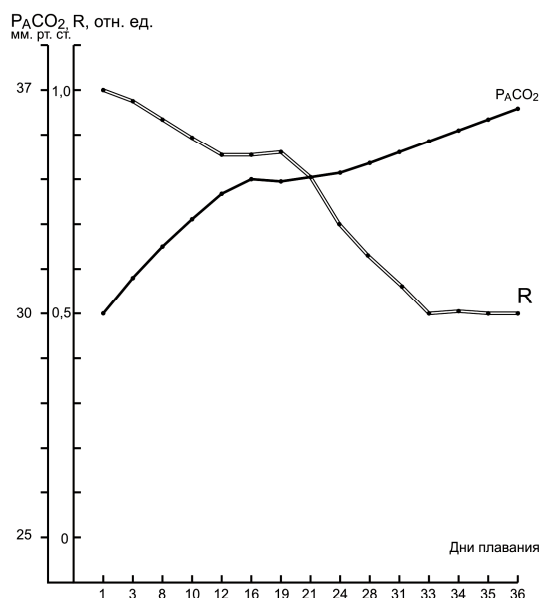


Рис. 1. Сравнительная динамика показателей дыхательного коэффициента (R) и парциального давления углекислого газа ( $P_{ACO_2}$ ) во время плавания.

При анализе температурных показателей (табл. 2) наибольший интерес представляет изменение градиента (разности) между температурой полярных участков тела — подмышки и кисти, подмышки и стопы. Значительное изменение обоих градиентов — «подмышка—кисть» и «подмышка—стопа» проявилось уже на четвертый день перехода; на пятнадцатый день градиенты резко нивелировались,

что свидетельствует о расстройстве механизмов терморегуляции и снижении адаптации в конце плавания; на тридцать третий день пути градиенты составляли наименьшие значения, а уменьшение основной температуры тела составило 0,6 градуса, что указывает на периферический сосудистый тонус и нарушение терморегуляции.

Таблица 2

**Показатели температурного баланса виндсерфингиста во время многодневного плавания**

Дни плавания	Показатели				
	Температура тела, °С	Разность температур тела и кисти	Разность температур тела и стопы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
1	36,1	4,9	9,0	23,0	72,1
2	36,1	2,4	4,9	23,2	72,0
3	35,7	4,4	5,8	22,3	71,8
4	36,0	5,7	9,8	23,7	72,4
5	36,2	5,6	6,1	23,2	72,3
6	36,6	4,0	2,8	23,6	72,6
8	36,3	5,6	6,5	26,4	73,1
9	36,1	6,1	4,5	26,6	72,9
11	36,1	6,1	4,5	24,4	72,2
13	36,3	5,7	4,9	22,8	71,9
14	36,3	4,4	4,4	24,1	72,3
15	36,7	3,1	1,9	25,6	72,8
24	36,4	6,7	3,5	25,0	72,0
25	36,8	4,3	2,6	25,9	73,2
26	36,6	5,9	3,1	26,8	73,6
27	36,2	4,1	4,9	27,2	73,1
28	36,7	2,2	2,9	27,9	73,0
29	36,6	4,0	4,9	29,4	74,1
30	36,7	2,0	3,2	29,3	73,9
31	36,7	2,7	4,4	29,0	74,2
33	36,4	1,9	2,6	28,5	73,8
34	36,1	5,7	6,5	27,5	74,0

Таким образом, во время перехода организм виндсерфингиста испытывал постоянное воздействие повышенной температуры и влажности, что усложняло

процесс терморегуляции и довольно быстро приводило к его расстройству, усугубляя тем самым степень физиологического утомления.

### ВЫВОДЫ

1. При продолжительном плавании на парусной доске в сложных погодных условиях функции внешнего дыхания испытывают повышенную нагрузку, обеспечивая одновременно несколько важных физиологических процессов – поддержание температурного баланса и энергопродукцию работающих мышц. Таким образом, к спортсменам, занимающимся виндсерфингом должны предъявляться требования к наличию высокого уровня аэробных возможностей организма.
2. Интегральным показателем функциональных возможностей внешнего дыхания спортсмена-виндсерфингиста может служить динамика величин  $PaCO_2$  – чем меньше снижение его величин от исходного уровня во время мышечной деятельности, тем выше аэробные возможности организма.

### Список литературы

1. Скуратова Л.Я. Наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы у членов экипажа морских и речных судов. / Л.Я. Скуратова, К.Я. Шишловская– В кн.: Физиология труда. Материалы 5-й Всесоюзной конференции по физиологии труда. – М., 1967 – С. 273.
2. Страхов А.П. Адаптация моряков в длительных океанских плаваниях. / Страхов А.П. – Медицина, Москва, 1976. – 126 с.
3. Состояние проходимости трахеобронхиального дерева в условиях автономного плавания на парусном судне. / Агаджанян и [и др.] – 7 Всероссийский симпозиум, Москва, 1994. Эколого-физиологические проблемы адаптации. – Москва, 1994.
4. Ulrich J. Sportmedizinische Aspekte des Brettsegelns / J. Ulrich // Medizin und Sport. – 1981. – Vol. 21, No. 5. – P. 138–142.
5. Schonle Ch. Elektrolytverlust beim Regatta-Windsurfen. / Ch. Schonle // Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 1983. – No. 3. – P. 93–96.
6. Красников Н.П. Значение газообменной функции легких и кислотно-основного состояния крови в механизме повышения работоспособности и развития мышечного утомления : автореферат дисс. док. биол. наук. / Н.П. Красников — М., 1995.
7. Goutier H. Gaz exchanges during exercise in normoxia and hyperoxia. / Goutier H. // Res.Physiol. – 1978. – Vol. 33. – P. 199.
8. Коц Я.М. Физиология мышечной деятельности. / Коц Я.М. – М., ФИС, 1986.

**Найдич С.И. Вивчення функцій зовнішнього дихання людини в період тривалого плавання на парусній дошці / С.И. Найдич // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 113-119.**

Досліджувались реакції зовнішнього дихання та термотопографії спортсмена-віндсерфінгиста під час тривалого плавання в акваторії Чорного моря. Було виявлено, що в складних кліматичних умовах на фоні тяжких мускульних зусиль система зовнішнього дихання зазнає надмірних навантажень, забезпечуючи одночасно важливі фізіологічні процеси – підтримання температурного балансу та енергопродукцію працюючих мускулів. Також показано, що інтегральним показником функціональних можливостей організму спортсмена-віндсерфінгиста може служити динаміка величин  $PaCO_2$  – чим менше зниження його величини від початкового рівня під час мускульної роботи, тим більш високі аеробні можливості організму.

**Ключові слова:** морське плавання, мускульна діяльність, зовнішнє дихання.

**Naydich S.I. Research of the exterior breathing functions of the windsurfer during long sea sailing / S.I. Naydich** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 113-119.

The research is based on the analysis of the exterior breathing reaction and thermo topography of a windsurfer while sailing in the Black Sea for many days. It is revealed that during prolonged sailing in unfavorable weather conditions, the exterior breathing functions receive extra wear, providing simultaneously several important physiological processes – keeping temperature balance and energy production of the working muscles. It is explicated that the functional capability of the body can be presented through the dynamic of the following figures: PACO<sub>2</sub> – the slower figures become lower from the starting level during muscles activity, the higher is aerobic potential of the body.

**Keywords:** sea sailing, muscles activity, exterior breathing.

*Поступила в редакцию 11.04.2012 г.*