

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАТОРНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА ВО ВРЕМЯ ПЛАВАНИЯ НА ПАРУСНОЙ ДОСКЕ

Найдич С.И.

Изучались адаптивные реакции спортсмена-виндсерфингиста во время многодневного плавания в акватории Черного моря. Показано, что основные закономерности адаптации человека во время напряженной мышечной деятельности в сложных условиях морского плавания сводятся к формированию в течение первых семи суток физиологических реакций, направленных на достижение устойчивой терморегуляции организма. Однако одновременное сохранение температурного баланса и обеспечение продолжительной интенсивной мышечной деятельности становятся физиологически несовместимыми задачами, вследствие чего возникает быстрое перенапряжение различных органов и систем организма.

Ключевые слова: морское плавание, мышечная деятельность, адаптация

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, вызванного «физиологической платой» за напряженность адаптационного процесса, ведущего к формированию хронического стресса [1, 2].

Сохранение здоровья яхтсменов и моряков является важной задачей для поддержания высокой производительности их труда и профессионального долголетия. Один из путей повышения эффективности профилактических и лечебных мероприятий связан с решением недостаточно исследованного до сих пор аспекта проблемы адаптации человека к условиям длительного плавания – это дифференциация адаптивных сдвигов от предпатологических состояний, а также своевременная диагностика последних в условиях инициализации адаптационного процесса при индивидуальных типах его формирования. Не утратило также своей актуальности изучение вопросов сравнительной оценки влияния на организм яхтсменов и моряков различной продолжительности пребывания экипажей в море. Кроме того, одним из перспективных направлений является поиск неинвазивных методик тестирования адаптационных возможностей организма человека, диагностика резервов основных регуляторных систем и межсистемных взаимоотношений.

Особенности физиологических реакций человека во время плавания на парусных судах освещены лишь в единичных исследованиях [3, 4, 5]. Поэтому, 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%.

Обследования спортсмена проводились ежедневно перед выходом в плавание. Функции сердечно-сосудистой системы изучали методом электрокардиографии. На основании полученных данных электрической активности сердца и его ритма определялись следующие показатели: систолический показатель Фогельсона—Черногорова (СП), показатель регулярности сердечного ритма (ПР), индекс напряжения (ИН) и вегетативный индекс Кердо (ВИК). Также, методом Дугласа-Холдена определяли следующие значения параметров внешнего дыхания: уровень потребления кислорода ($\dot{V}O_2$) и выделения углекислого газа ($\dot{V}CO_2$), объем легочной вентиляции (\dot{V}_E), дыхательный коэффициент (R), коэффициент использования кислорода (КИО₂). Кроме этого, фиксировались показатели температурного баланса организма спортсмена методом термотопографии — измерением температуры разных участков кожного покрова. В дополнение, определяли концентрацию ионов кальция, калия и натрия в слюне спортсмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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 (табл. 1).

В дальнейшем, из-за хронического утомления и значительных энергозатрат, 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.

Таблица 1.

Показатели внешнего дыхания
у виндсерфингиста во время многодневного плавания

Дни плавания	Показатели						
	МОД л/мин	VO ₂ мл/мин	VCO ₂ мл/мин	R от н. ед	КИО ₂ мл/л	РАСО ₂ мм. рт . ст .	РАО 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

При анализе изменений величины парциального давления углекислого газа была выявлена тенденция к снижению его величины по мере увеличения продолжительности плавания. Так, на финише заплыва снижение уровня РАСО₂ составило 28,4% от исходного, а наибольшее падение отмечалось на 16-й день –

53%. Кроме того, была отмена корреляционная взаимосвязь величины $PaCO_2$ с уровнем дыхательного коэффициента – $r = 0,689$.

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

Таблица 2.

Показатели электрокардиографии
у виндсерфингиста во время многодневного плавания

Дни	Показатели				
	Систолические показатели	Кардиологический индекс	Показатель регулярности сердечного ритма	Индекс напряжения миокарда	Вегетативный индекс
2	51,2	0,800	28	31,1	-25,6
3	75,2	0,900	41	45,5	-20,6
4	47,8	0,800	58	72,5	-36,5
7	31,0	1,100	31	12,8	-23,7
8	45,8	0,900	63	70,0	-7,3
10	33,5	0,700	45	10,6	-3,2
12	42,3	0,900	57	63,3	-14,4
13	37,9	0,800	20	25,0	-14,9
15	35,4	0,800	16	20,0	-7,7
16	42,3	0,750	16	21,3	-31,4
17	28,0	0,950	44	46,3	-10,5
20	42,3	0,900	17	18,8	-2,5
23	37,9	0,800	24	30,0	-17,3
25	42,3	1,000	64	64,0	-28,3
26	44,8	0,900	61	67,7	-20,2
28	64,5	1,000	32	32,0	-15,5
29	52,1	0,950	31	32,6	-13,6
30	28,0	0,900	39	43,3	-15,5
31	47,7	0,950	33	41,2	-11,2
32	39,9	0,900	47	52,2	-9,5
33	35,4	0,800	26	32,5	-11,8
34	35,4	0,850	44	51,7	-4,3
35	47,7	0,850	33	38,8	-14,6
36	39,9	0,800	23	28,7	-13,5

Показатели электрической активности сердца и его ритма, полученные во время длительного перехода служат подтверждением тяжелых нагрузок, испытываемых сердечно-сосудистой системой виндсерфингиста. При изучении систолического показателя Фогельсона—Черногорова (СП), отражающего

состояние энергетических процессов миокарда, уровень СП в шестнадцати из двадцати четырех проводимых обследованиях был повышен на 67%. Это указывает на хроническое напряжение миокардиальной мышцы и продолжительную работу сердца в неблагоприятных условиях (табл. 2).

Степень ритмической деятельности сердца в покое может быть оценена с помощью показателя регулярности сердечного ритма (ПР). У здоровых людей ПР не должен превышать 50%, то есть чем ниже показатель ПР, тем ритмичнее сокращается сердце. Согласно исследованиям, у виндсерфингиста только в восьми случаях из тридцати пяти наблюдалось устойчивое состояние сердечного ритма, в пяти случаях физиологическая аритмия была явно выражена, и еще в пяти показатели указывали на срыв ритмической деятельности сердца. Кроме того, в современной физиологии получили распространение два интегральных показателя сердечного ритма: индекс напряжения (ИН) и вегетативный индекс Кердо (ВИК). Повышение величин индекса напряжения отражает преобладание корковой, или центральной, регуляции сердечной деятельности.

В наших исследованиях показатели ИН, характеризующие стабильность сердечного ритма, отмечались в десяти случаях из двадцати четырех зафиксированных. Таким образом, наблюдался срыв регуляции сердечной деятельности со стороны структур головного мозга из-за преобладающего влияния гуморальных факторов, то есть от перенапряжения вегетативных систем организма (недостаточное снабжение сердца кислородом, снижение концентрации электролитов в крови, уменьшение сократительной способности миокарда).

Для оценки влияния парасимпатической иннервации на работу сердца используется вегетативный индекс Кердо (ВИК). Его положительные значения говорят о преобладании симпатических влияний, отрицательные — о влиянии парасимпатических воздействий. Как известно, симпатические влияния оказывают положительные воздействия на сердечную деятельность вследствие увеличения силы и мощности сокращения миокарда, усиления кровотока через сердечные (коронарные) кровеносные сосуды, повышения частоты сердечных сокращений, а также благоприятных изменений электрической активности сердца. Парасимпатическая активность вызывает отрицательные эффекты: снижение ЧСС, уменьшение силы сокращений предсердий миокарда, уменьшение кровотока через коронарные сосуды, что приводит к ослаблению насосной функции сердца. У виндсерфингиста только в трех случаях из двадцати четырех (1,3%) наблюдались благоприятные симпатические влияния со стороны нервной системы, что подтверждает состояние хронического перенапряжения сердечной деятельности.

Полученные данные показали, что у виндсерфингиста во время плавания отмечались повышенные энергозатраты 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 анализе температурных показателей 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 свидетельствовало 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.

На основании данных о концентрации ионов кальция, калия и натрия в слюне виндсерфингиста было отмечено, что в течение перехода у виндсерфингиста прослеживалась тенденция к уменьшению ионов кальция (на 63,6% на четырнадцатый день и на 75% — на тридцать третий день) и ионов калия (на 30,3% на пятый день и на 84,1% — на тридцать первый день). Концентрация ионов натрия снизилась на 90% на третий день и на 70% — на двадцать девятый день. Значительные колебания электролитного баланса виндсерфингиста подтверждают перенапряжение физиологических систем организма.

Анализируя показатели физиологических систем организма виндсерфингиста, можно сделать вывод, что во время многосуточного перехода спортсмен подвергался комплексному воздействию неблагоприятных факторов: чрезмерной физической нагрузки, дискомфортных климатических условий (шторма и штителя), психофизиологических напряжений. Это приводит к истощению резервов организма и прогрессирующему утомлению на грани патологических изменений. Как показано в исследованиях [9], в случае, когда физическая нагрузка достигает экстремальной интенсивности, посредством иммунной системы включается так называемая «тревожная» реакция, подобная той, что проявляется при воспалительных явлениях в организме человека. Одним из проявлений такой реакции является дополнительное выделение лейкоцитов из костного мозга в кровь и повышение их фагоцитарной активности. То есть реакции организма на хронические стрессы, вызванные различными бактериальными инфекциями и чрезмерной физической нагрузкой, протекают одинаково. Изучая иммунную систему у спортсменов, выступающих в соревнованиях по триатлону (ступенчатое непрерывное участие в плавании, езде на велосипеде и беге), авторы показали, что при достижении экстремальных нагрузок происходит выделение в кровь специфических веществ — биогенных аминов, по аналогии поступления в кровь катехоламинов в случае различных видов воспалений. Катехоламины вызывают дополнительное выделение лейкоцитов из костного мозга, которые и направляются к больным и чужеродным клеткам. Также показано [10], что при длительном поступлении катехоламинов в кровь положительные их эффекты, направленные на мобилизацию энергообеспечения и стимуляцию иммунной системы, переходят в отрицательные или повреждающие. То есть стрессовые защитные реакции организма человека, становясь физиологически неэффективными, могут приводить к патологическим изменениям в жизнедеятельности тех или иных органов и систем.

Судя по полученным результатам обследования виндсерфингиста, у него наблюдались явные признаки хронического перенапряжения, что приводило к реакциям иммунной системы, аналогично зафиксированным у спортсменов-триатлонистов. Однако патологических изменений в организме виндсерфингиста, к счастью, не произошло, хотя психологически спортсмен часто находился в дискомфортном состоянии.

ВЫВОДЫ

1. Резюмируя полученные результаты компенсаторных реакций организма виндсерфингиста, можно говорить о трех условных периодах адаптации.
Первая фаза. Характеризуется физиологическими реакциями, направленными на поддержание, прежде всего, стабильной температуры тела, что в условиях интенсивной мышечной деятельности приводит к резко выраженным реакциям со стороны внешнего дыхания, кровообращения и, особенно, сердца, испытывающего явно выраженное влияние со стороны парасимпатической нервной системы. В этот период физиологически главной задачей организма является сохранение температурного гомеостаза, подвергающегося резким воздействиям неблагоприятных погодных-климатических условий в комплексе с интенсивной физической нагрузкой. Длительность этой фазы адаптации — примерно семь дней.
Вторая фаза. Отмечается стабилизация работы аппарата внешнего дыхания и деятельности сердца. Однако продолжающаяся тяжелая мышечная работа не позволяет адаптироваться, и периодически наступает перенапряжение отдельных звеньев энергообеспечения (внешнего дыхания, кровообращения, сердечной деятельности). Длительность этой фазы — десять-двенадцать дней.
Третья фаза. Происходят согласованные физиологические реакции всех систем организма, однако это продолжается в течение коротких периодов, поскольку нет минимального времени для восстановления физиологических функций, что приводит к прогрессирующему истощению резервов организма и снижению работоспособности.
2. Основные закономерности адаптации человека в условиях морского плавания сводятся к формированию в течение первых семи суток физиологических реакций, направленных на достижение устойчивой терморегуляции организма, затем происходит перестройка основных физиологических систем: внешнего дыхания, кровообращения, деятельности сердца и, в конечном итоге, всего организма в целом. Однако одновременное сохранение температурного баланса и обеспечение продолжительной интенсивной мышечной деятельности становятся физиологически несовместимыми задачами, вследствие чего возникает быстрое перенапряжение различных органов и систем организма.

Список литературы

1. Скуратова Л.Я., Шишловская К.Я. Наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы у членов экипажа морских и речных судов. – 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. – Медицина, Москва, 1976, 126 с.
3. Агаджанян и соавт. Состояние проходимости трахеобронхиального дерева в условиях автономного плавания на парусном судне. - 7 Всероссийский симпозиум, Москва, 1994. Эколого-физиологические проблемы адаптации.- Москва, 1994.
4. Ulrich J. Sportmedizinische Aspekte des Brettsegelens /Medizin und Sport, 1981, v. 21, n. 5, p. 138 — 142.
5. Schonle Ch. Elektrolytverlust beim Regatta-Windsurfen. /Deutsche Zeitschrift fur Sportmedizin, 1983, n. 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. — М., 1995.
7. Goutier H., Gaz exchanges during exercise in normoxia and hyperoxia. /Res.Physiol., 1978, v. 33, p. 199.
8. Коц Я.М. Физиология мышечной деятельности. – М., ФИС, 1986.
9. Меерсон Ф. З., Пшенникова М. Р. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988. – 253 с.
10. Novak J. & K. Extremní vytrvalostní výkon zlekarskerho hlediska: Parametry bunecne imunity/ Teoric a praxe telesne vrychovry, 1985, v. 10, n.10, p. 614 — 627.

Найдич С.І. Дослідження компенсаторних реакцій людини під час плавання на дощці під парусом // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 3. – С. 115-122.

Вивчалися компенсаторні реакції спортсмена-віндсерфінгіста під час довгострокового плавання в акваторії Чорного моря через дослідження функцій зовнішнього дихання, діяльності серця, термотопографії та електролітного балансу слюни. Виявлено, що адаптивні реакції людини під час інтенсивної м'язової діяльності в поганих погодних умовах формуються в період перших семи днів плавання і вони направлені на досягнення стабільного температурного балансу організму. Потім відбувається перебудова основних фізіологічних функцій: функцій зовнішнього дихання, діяльності серця, і всього організму в цілому. Але одночасне збереження температурного балансу та підтримання інтенсивної м'язової діяльності стають фізіологічно несумісними завданнями, внаслідок чого відбувається швидке перевантаження органів і систем організму людини.

Ключові слова: морське плавання, м'язова діяльність, адаптація

Naidych S.I. Research of the man's compensatory reactions while sailing // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 3. – P. 115-122.

The research is based upon analysis of the windsurfer's adaptive reactions while prolonged sailing in the Black Sea, and exterior breathing analysis, heart activity, thermo topography and electrolyte saliva balance. It is shown, that the main principles of the man's adaptation while strenuous mussel's activity in difficult conditions of sea sailing, are formed during the first seven days of physiological reactions, which help to achieve stable thermoregulation. Then, follow changes in the work of the main physiological systems: exterior breathing, blood circulation, heart beating and, finally, of the whole body. However simultaneous preservation of the temperature balance and providing of the prolonged intensive mussels activity become physiologically incongruent goals, leading to quick overstrain of the organs and systems of the body.

Keywords: sea sailing, mussel's activity, adaptation

Пост упила в редакцию 18.12.2008 г
