

УДК 612.171

КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЛЬФИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРКАПНИЧЕСКОГО ТЕСТА

Богданова Л.Н., Матишева С.К.

*Научно-исследовательский центр Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум», Севастополь, Украина
E-mail: andreeva.54@list.ru*

Исследованы изменения показателей внешнего дыхания, газообмена и сердечной деятельности у азовок и афалин при вдыхании ими гиперкапнических смесей с целью оценки чувствительности дыхательного центра к избытку углекислого газа, а также возможности использования гиперкапнического теста для контроля функционального состояния дельфинов и их оздоровления при содержании в условиях неволи.

Ключевые слова: афалины, азовки, функциональное состояние, гиперкапнический тест.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени создан метод, при котором гиперкапния используется для лечения людей с легочными и сердечными заболеваниями такими как: бронхиальная астма, стенокардия, гипертоническая болезнь, облитерирующий эндартериит, а также для функциональной диагностики коронарной болезни [1–5]. В литературе имеются отрывочные данные по воздействию гиперкапнических смесей на дельфинов [6]. В этой связи представляло интерес выяснить чувствительность дыхательного центра дельфинов к избытку углекислого газа, исследовать возможность использования этого метода для оценки функционального состояния и для оздоровления больных дельфинов с легочной и сердечной патологией

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 5 здоровых афалинах и 6 здоровых азовках, а также на 5 афалинах и 6 азовках с легочной патологией. Для оценки функционального состояния дыхательной, сердечно-сосудистой систем дельфинов в норме и при легочной патологии был использован гиперкапнический тест (вдыхание газовой смеси с избытком углекислого газа). При проведении гиперкапнического теста у афалин использовалась газовая смесь, содержащая 20,9% кислорода и 7,2% углекислого газа в азоте, у азовок - газовая смесь содержащая - 20,9 % кислорода и 4,8% углекислого газа в азоте. Газообмен исследовали с использованием дыхательной маски разработанной нами совместно с А.З. Колчинской и А.Г. Мисюрой. Маска с датчиком дыхания с помощью резиновых присосок на

время обследования закреплялась над дыхалом дельфина. Она имела два патрубка. Из одного патрубка отбирались пробы выдыхаемого и альвеолярного воздуха для газоанализа, а через другой дельфины могли дышать атмосферным воздухом и периодически подаваемой им газовой смесью. Объем выдыхаемого воздуха определяли с помощью газовых часов типа ГСБ-400. Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе определяли на газоанализаторе ГВВ-2. Содержание кислорода и кислородную емкость крови - на аппарате АГК-2. Расчет ряда параметров дыхания проводился по методу А.З. Колчинской [7]. Электрокардиограмму регистрировали на кардиографе «Малыш». Два электрода, герметично вмонтированные в резиновые присоски, закрепляли на теле дельфина у основания грудных плавников, два других - на средней части хвостового стебля справа и слева. Пробы крови отбирали пункцией вен или артерий хвостового плавника. Клинические показатели крови определяли по общепринятым методикам [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что вдыхание смесей содержащих избыток углекислого газа вызывает у афалин выраженные изменения параметров дыхания. Наблюдалось увеличение частоты дыхания на 10-20%, дыхательного объема в 1,6 раза и увеличение легочной вентиляции. Эффективность газообмена становилась более низкой: вентиляционный эквивалент увеличивался в 2 раза, уменьшалось соотношение между альвеолярной и легочной вентиляцией с 90% до 80%. Указанные изменения вентиляции и газообмена приводили к изменениям параметров кислородного режима организма. Возрастала в 1,8 раза скорость поступления кислорода в легкие и альвеолы и увеличивалось парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе (на 30-40 мм. рт. ст.). Парциальное давление углекислого газа при этом повышалось только на 8 мм. рт. ст. (с 54 до 62 мм. рт. ст.). У азовок вдыхание гиперкапнической смеси вызывало большее, чем у афалин увеличение частоты дыхания и меньшее увеличение дыхательного объема. Минутный объем дыхания повышался в 1,9 раза. Соотношение между альвеолярной вентиляцией и минутным объемом дыхания изменялось меньше, чем у афалин. Скорость потребления кислорода возрастала более чем на 10% (с 224 мл/мин. до 324 мл/мин.), напряжение кислорода в альвеолярном воздухе возрастало на 15 мм. рт. ст., а парциальное давление углекислого газа - на 7 мм. рт. ст. Экономичность газообмена у азовок снижалась в меньшей степени, чем у афалин. Вентиляционный эквивалент возрастал в 1,5 раза, кислородный эффект дыхательного цикла повышался. Показатели дыхания и газообмена, у азовок в норме и при заболевании имели значительные различия (табл. № 1, 2). У больных азовок при гиперкапнии частота дыхания увеличивалась больше, чем здоровых. Дыхательный объем больных азовок при вдыхании гиперкапнических смесей был в три - четыре раза меньше, чем здоровых. Минутный объем дыхания у больных азовок возрастал меньше, чем у здоровых. Гиперкапнический тест позволил выявить важные симптомы патологии легких у азовок: резкое увеличение физиологического мертвого дыхательного пространства и снижение альвеолярной вентиляции и ее

доли в вентиляции легких. Отношение альвеолярной вентиляции к минутному объему дыхания у больных азовок снижалось с 63 до 44%, в то время как здоровых с 84,2 до 78,2 %. Скорость потребления кислорода и эффективность внешнего дыхания также снижались. Значительно снизился кислородный эффект дыхательного цикла с 57,1 мл до 13,6 мл, в то время как вентиляционный эквивалент повысился.

Таблица 1.

Параметры внешнего дыхания афалин и азовок при избытке углекислого газа во вдыхаемом воздухе ($x \pm Sx^2$)

Вид дельфина, (вес в кг)	Состав вдыхаемой газовой смеси	Показатели вентиляции				Показатели газообмена				Показатели экономичности		
		частота дыхания	дыхательный объем, л	минутный объем дыхания	альвеолярная вентиляция	потребление кислорода	выделение углекислого газа	Парциальное давление в альвеолах		Кислородный эффект дыхательного цикла	вентиляционный эквивалент	отношение альвеолярной вентиляции к легочной
								кислорода	углекислого газа			
		дых/мин	л	л/мин	мл/мин	мм.	рт. ст.	мл			%	
Афалины (150-210)	Атмосферный воздух (20,9 % O ₂ в азоте)	1,75±0,1	3,9±0,2	6,9±0,4	6,2±1,2	590±32	371±11	67±1,8	54±0,9	337±21	11,5±0,4	90±2,4
	Гиперкапническая смесь (6,3-8,8% CO ₂ в воздухе)	2,1±0,2	6,0±0,3	12,8±0,7	9,9±1,5	574±28	211±5,0	101±2,6	62±1,1	268±12	22,5±0,9	80±1,9
Азовки (20-40)	Атмосферный воздух (20,9 % O ₂ в азоте)	7,6±0,2	0,75±0,06	5,1±0,3	4,0±0,3	224±9,0	148±6,0	98±3,1	37±0,6	28,2±1,2	23,4±0,8	69±1,2
	Гиперкапническая смесь (4,0-4,8% CO ₂ в воздухе)	10,5±0,7	0,94±0,08	9,6±0,5	6,8±0,5	324±14	208±9	113±9,6	44±0,7	34,5±1,4	32,5±1,5	67±1,7

При вдыхании азовками и афалинами гиперкапнических смесей регистрировалось замедление сердечного ритма. Нерегулярный ритм сердечных сокращений характерный для этих животных в норме при вдыхании смесей сглаживался. Замедление ритма сердечных сокращений у больных дельфинов в период вдыхания смесей с повышенным содержанием углекислого газа было меньшим, чем здоровых. У афалин вдыхавших газовую смесь с более высоким содержанием углекислого газа в смеси по сравнению с азовками ритм сердечных сокращений изменялся более значительно. Представленные данные свидетельствуют о том, что нагрузка на систему дыхания и сердечно-сосудистую систему, создаваемая путем вдыхания газовых смесей, содержащих избыток углекислого газа, у больного животного проявлялась более выраженными сдвигами

параметров дыхания и кровообращения, снабжающих организм кислородом. Использование гиперкапнического теста и у здоровых и у больных дельфинов проявлялось в учащении дыхания, приводящем к увеличению вентиляции легких. Наблюдалось значительное увеличение физиологического мертвого дыхательного пространства и снижение соотношений между альвеолярной вентиляцией и минутным объемом дыхания. Однако у больных дельфинов период восстановления параметров дыхания до исходных после гиперкапнии был более длительным, требовал большого напряжения систем доставки кислорода в организм, чем у здоровых дельфинов.

Таблица 2.

Параметры внешнего дыхания и газообмена у азовок при вдыхании гиперкапнической смеси до заболевания и при пневмонии

Характеристики и состав вдыхаемой газовой смеси	Время вдыхания смеси, мин	Частота дыхания в минуту	Дыхательный объем, л/мин	Минутный объем дыхания л/мин	Физиологическое мертвое дыхательное пространство, л	Альвеолярная вентиляция, л/мин	Потребление кислорода мл/мин	Выделение углекислого газа, мл/мин	Отношение альвеолярной вентиляции к легочной, %	Кислородный эффект дыхательного цикла, мл	Вентиляционный эквивалент
До заболевания											
Атмосферный воздух (20,9% O ₂ в азоте)	10	4,4	1,28	5,6	0,86	4,8	306	244	84,2	70,0	15,1
Гиперкапнический тест (4,8% CO ₂ в воздухе)	5	6,2	1,32	8,2	1,99	7,2	354	212	78,2	57,1	26,0
	1-2	5,7	1,21	6,9	1,20	5,7	348	266	82,6	61,0	19,8
	6-7	4,9	1,16	5,7	0,94	4,8	313	238	84,0	63,9	16,4
	11-12	4,1	1,30	5,3	0,90	4,4	292	224	83,0	70,1	17,8
Атмосферный воздух	21-22	4,0	1,25	5,0	0,83	5,2	317	250	86,6	79,2	18,9
	31-32	4,5	1,30	5,8	0,77	5,1	309	276	86,4	68,6	19,0
	41-42	4,2	1,27	5,4	0,86	4,5	316	260	84,9	75,2	16,9
	51-52	4,6	1,1	5,1	0,75	4,4	305	247	84,3	66,3	16,7
При пневмонии											
Атмосферный воздух (20,9% O ₂ в азоте)	10	12	0,38	4,5	1,92	4,0	209	159	63	16,5	22,7
Гиперкапнический тест (4,8% CO ₂ в воздухе)	5	13,4	0,39	5,2	3,4	2,5	183	80	44,3	13,6	28,4
	1-2	14,0	0,41	6,4	3,0	3,4	189	166	53,1	13,5	33,8
	6-7	11,5	0,39	4,9	2,3	2,6	203	154	53,0	17,6	24,3
	11-12	14,0	0,35	5,4	2,0	3,4	216	132	63,4	15,4	25,0
Атмосферный воздух	21-22	12,5	0,36	4,9	2,2	2,8	210	138	57,1	16,8	24,2
	31-32	13,5	0,37	5,5	2,6	2,9	220	169	52,7	16,3	25,2

Таким образом, наши исследования показали, что здоровые и больные животные по-разному реагируют на гиперкапнию. У здоровых животных гиперкапния вызывала задержку дыхания и замедление сердечного ритма (рис. 1). У больных животных замедление дыхательного ритма было выражено в меньшей

степени: брадикардия была недлительной, часто отсутствовала, или через 0,5-1 мин переходила в тахикардию. Выявленные отличия в реакции системы дыхания и сердечной деятельности здоровых и больных дельфинов на вдыхание гиперкапнических смесей позволяет сделать заключение о том, что гиперкапнический тест обеспечивает выявление различий между больными и здоровыми животными даже при скрытой патологии. После проведения цикла гиперкапнических тренировок клинические показатели крови у большинства больных азоек нормализовались. Продолжительность жизни азоек, с которыми проводились ежедневные гиперкапнические тренировки, более чем в 2 раза превысила продолжительность жизни остальных, отловленных одновременно.

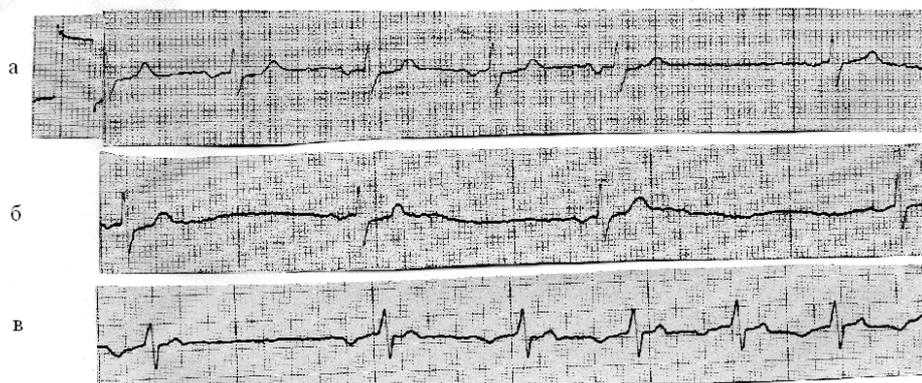


Рис. 1. Электрокардиограмма здоровой афалины при вдыхании гиперкапнической газовой смеси (20,9% кислорода и 7,2% углекислого газа в азоте). а - в норме; б - на 5-ой минуте вдыхания газовой смеси; в – на 15-ой мин восстановления.

ВЫВОДЫ

1. У здоровых азоек вдыхание гиперкапнических смесей вызывает учащение дыхания, изменение фаз дыхательного цикла, уменьшение дыхательного объема, усиление вентиляции легких и уменьшение поглощения кислорода кровью из легких.
2. У больных азоек в условиях гиперкапнии наблюдаются более выраженные нарушения в функциях вентиляции, газообмена и сердечной деятельности, чем в тех же условиях у здоровых, для восстановления параметров до нормы требуется более длительное время.
3. Особенности реакции внешнего дыхания, газообмена и сердечной деятельности у здоровых и больных дельфинов при проведении гиперкапнического теста служат достаточным основанием для того, чтобы использовать этот тест для проведения функционального контроля их состояния.
4. Метод интервальной гиперкапнической тренировки представляется перспективным для использования в зооветеринарной практике, как

нетрадиционный метод оздоровления содержащихся в условиях неволи дельфинов после отработки режимов применительно к этому виду животных.

Список литературы

1. Юсупалиева М.М. Применение гипоксического и гиперкапнического стимулов при хроническом обструктивном заболевании: обзор литературы и собственные данные / М.М. Юсупалиева // Вестник физиотерапии и курортологии. 2011. – №2. – С. 51-55.
2. Юсупалиева М.М. Влияние комбинированного применения гипоксическигиперкапнического стимула и метод аппаратной физиотерапии на иммунную систему больных хроническим обструктивным заболеванием легких / М.М. Юсупалиева В.М. Савченко // Международный медицинский журнал . – 2007. – Т. 13, №3 . – С. 98-104.
3. Токарева Е.Р. Влияние на качество жизни больных астмой неинвазивной магнитолазеротерапии и ее комбинации с гипоксически-гиперкапническим стимулом / Е.Р. Токарева // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2011. – Т. 13, №3 – С. 25-28.
4. Колобов Ф.Г. Дыхание по Бутейко / Колобов Ф.Г. – М.: ООО Изд-во АСТ Донецк «Сталкер», 2003. – 120 с.
5. Бутейко В.К. Теория Бутейко о роли дыхания в здоровье человека: научное введение в метод Бутейко для специалистов / В.К. Бутейко, М.М. Бутейко. – Воронеж: ООО «Общество Бутейко», 2005. – 100 с.
6. Дыхание дельфинов в условиях гипоксии и гиперкапнии / В.М. Шапунов, А.З. Колчинская, О.Г. Карандеева [и др.] // Морские млекопитающие: сб. тез. – К, Наукова Думка, 1975 . – С. 170-171.
7. Колчинская А.З. Кислородные режимы ребенка и подростка / Колчинская А.З. – К.: Изд-во Наукова думка, 1973. – 320 с.
8. Лабораторные методы исследования в клинике / под ред. Меншикова В.В. – М.: Медицина, 1987. – 385 с.

Богданова Л.М. Контроль функціонального стану дельфінів з використанням гіперкапнічного тесту / Л.М. Богданова, С.К. Матишева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 31-36.

Досліджено зміни показників зовнішнього дихання, газообміну та електрокардіограми в азовок і афалін під час вдихання гіперкапнічних сумішей з метою оцінки чутливості дихального циклу до надлишку вуглекислого газу, а також можливості використання гіперкапнічного тесту для контролю функціонального стану дельфінів і їх оздоровлення під час утримання в умовах неволі.

Ключові слова: азовка, афаліна, функціональний стан, гіперкапнічний тест.

Bogdanova L.N. Control of dolphins' functional state, using hypercapnic test / L.N. Bogdanova, S.K. Matisheva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 31-36.

Research of change in external respiration, gas exchange and electrocardiogram indices in common porpoises and bottlenose dolphins at inhalation hypercapnic mixtures in order to estimate sensitivity of respiratory center to carbon dioxide excess as well as availability to use hypercapnic test for control of dolphins' functional state and their recreation in captivity conditions.

Keywords: bottlenose dolphins, common porpoises, functional state, hypercapnic test.

Поступила в редакцію 26.04.2012 г.