

УДК 612.171

© Л.Н. Богданова, С.К. Матишева, 2012.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ДЕЛЬФИНОВ АЗОВОК (PHOCAENA PHOCAENA)

Л.Н. Богданова, С.К. Матишева*Научно-исследовательский центр Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум» (директор – д.тех.н В.В. Кулагин), г. Севастополь*

USING HYPOXIC GAS MIXTURES TO ESTIMATE FUNCTIONAL STATE AND RECREATION OF COMMON PORPOISES (PHOCAENA PHOCAENA)

L.N. Bogdanova, S. K. Matisheva

SUMMARY

Changes in indices of respiratory, cardiac systems, and blood in healthy and sick common porpoises at inhalation of hypoxic mixtures have been studied. It's demonstrated possibility to estimate functional state and recreation of the common porpoise at hypoxic training.

ВИКОРИСТАННЯ ГИПОКСИЧНИХ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ І ОЗДОРОВЛЕННЯ ДЕЛЬФІНІВ АЗОВОК (PHOCAENA PHOCAENA)».

Л.М. Богданова, С.К. Матишева

РЕЗЮМЕ

Досліджено зміни показників дихання, серцевої діяльності і крові у здорових та хворих азовок під час вдихання гіпоксичних сумішей. Показано можливість оцінки функціонального стану та оздоровлення азовок у процесі гіпоксичних тренувань.

Ключевые слова: азовки, газовые смеси, функциональное состояние, оздоровление.

При содержании в неволе у дельфинов часто наблюдаются легочные и сердечные заболевания, как следствие перенесенного стресса в период отлова и попадания морской воды в легкие. Клинические методы исследования крови на ранних стадиях заболевания у азовок не всегда позволяют оценить их функциональное состояние. В пятидесятые годы Н. Н. Сиротининым и его учениками разработана методика, которая позволяет проводить контроль функционального состояния организма и лечить больных людей, страдающих заболеваниями, в патогенезе которых гипоксия играет определенную роль с помощью гипоксических тренировок [1-4]. В настоящее время этот метод успешно используется в различных областях медицины, а также при отборе и подготовке космонавтов к полетам в космос [5]. Оценка изменений некоторых физиологических показателей у азовок в условиях измененной газовой среды ранее проводилась. Однако данные исследований фрагментарны и касаются только некоторых показателей системы дыхания [6]. В связи с этим, представляло интерес исследовать реакцию системы дыхания, сердечной деятельности и крови азовок на недостаток кислорода. Азовки, как известно, длительно в условиях неволи не живут, так как особенности их поведения не позволяют выявить признаки нарушения здоровья на ранних стадиях заболевания. Было целесообразно также выяснить возможность использования гипоксических

тренировок для оздоровления и продления их жизни в условиях неволи. Условия, создаваемые при этих тренировках дают дополнительную нагрузку для системы дыхания и сердечно-сосудистой системы, которая имеет место у азовок в естественной среде обитания при нырянии под воду.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 10 здоровых азовках и 9-ти больных пневмонией. Кратковременное (5-10 мин) вдыхание гипоксической смеси с пониженным содержанием кислорода (от 15 до 10%) в условиях нормоксии чередовалось с дыханием атмосферным воздухом. В нескольких экспериментах использовались газовые смеси с более низким содержанием кислорода. Сеансы проводились с постоянным увеличением экспозиции от 5 до 12 циклов ежедневно в течение 3-х недель. Газообмен исследовали с использованием дыхательной маски разработанной нами совместно с А.З. Колчинской, и А.Г. Мисюрой. Маска, в которую был вмонтирован датчик дыхания, с помощью резиновых присосок закреплялась над дыхалом азовки на время эксперимента. Маска имела два патрубка. Из одного патрубка отбирались пробы выдыхаемого и альвеолярного воздуха в резиновые мешки для газоанализа, а через другой – они могли дышать атмосферным воздухом и периодически подаваемой им газовой смесью. Объем выдыхаемого воздуха определяли с помощью газовых часов типа ГСБ-400.

Устройство для отбора альвеолярного воздуха состояло из контактного мембранного датчика давления, электронного блока и исполнительного электромагнитного клапана [8]. Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе определяли на газоанализаторе ГВВ-2. Содержание кислорода и кислородную емкость крови определяли на аппарате АГК-2. Одновременно с исследованием дыхания производилась синхронная запись электрокардиограммы, которую регистрировали в трех стандартных отведениях с помощью электрокардиографа «Элкар» или энцефалографа «Альвар». Два активных кардиографических электрода, герметично смонтированные в резиновые присоски, устанавливали на теле азовок у основания грудных плавников, нейтральный - на средней части хвостового стебля. Дыхательный коэффициент, вентиляционный эквивалент, кислородный эффект дыхательного цикла, экономичность, эффективность дыхания, содержание кислорода в смешанной венозной крови и насыщение ее кислородом рассчитывались по методу А. З. Колчинской [7]. Пробы крови отбирали пункцией вен или артерий хвостового плавника. Клинические показатели крови определяли по общепринятым методикам [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что у азовок, имеющих толстую подкожную жировую прослойку, при диагностике легочных заболеваний, невозможно использовать аускультацию легких, перкуссию и пальпацию. Применение рентгенодиагностики также осложнено, так как толстый жировой слой обуславливает необходимость применения либо очень мощных аппаратов, либо больших экспозиций, что небезразлично для здоровья азовки, поэтому использование этих методов для оценки легочной патологии оказалось не приемлемым. В связи с этим, целесообразно было исследовать особенности внешнего дыхания, газообмена и биоэлектрической активности сердца азовок в норме, при заболеваниях и физиологических нагрузках (и в частности, с использованием гипоксических смесей). У азовок, как при свободном плавании, так и при нахождении в ванне наполненной водой отмечался нерегулярный дыхательный ритм. Частота дыхания колебалась в пределах 7-12 дых/мин. У азовок весом до 30 кг, она была выше (10-12 дых/мин), у крупных животных, весом до 45 кг - ниже (от 7 до 8 дых/мин). Длительная дыхательная пауза на вдохе прерывалась к концу ее в результате снижения напряжения кислорода и повышения концентрации углекислого газа в артериальной крови. Дыхательный акт в норме не превышал 1 с, выдох был в два раза короче вдоха, если не считать дыхательной паузы на вдохе, превышающей время дыхательного акта более чем в

10 раз. Интенсивность вентиляции легких у азовок почти в 2 раза выше, чем у человека. Альвеолярная вентиляция колебалась в пределах 2,5 - 4,01 л/мин. Содержание кислорода в выдыхаемом воздухе составляло 16 - 13 об %, а содержание углекислого газа изменялось от 3,5 до 6,5 об %. Концентрация кислорода в альвеолярном воздухе колебалась от 15 об % до 11 об %, а концентрация углекислого газа - изменялась в пределах 4,0 - 7,2 об %. Оказалось, что азовки более полно утилизируют кислород из воздуха, по сравнению с человеком (до 40% и более), что почти в 1,5 раза выше. Альвеолярный воздух по составу близок к выдыхаемому, что способствует повышению эффективности дыхания. Кислородный эффект вдоха значительно выше, чем у человека. За каждый вдох в легкие поступает от 45 до 170 мл кислорода, что значительно превышает кислородный эффект вдоха человека. Дыхательный и минутный объемы дыхания у азовок разной массы, возраста, пола, а также условий, в которых они находятся - различны. Вдыхание гипоксических смесей изменяет дыхательный ритм: он становится более регулярным, длительность дыхательных пауз резко сокращается. Вдыхание гипоксических газовых смесей, содержащих 14-12% кислорода в азоте, вызывает учащение дыхания на 20%, смесей 11,5-9% - на 52%. При вдыхании смесей 8,7-6,2 % кислорода в азоте дыхание учащается более чем в 2,5 раза. Изменяется также структура самого дыхательного акта. Фаза вдоха при вдыхании смеси 14-12% кислорода в азоте укорачивается до 0,5 с, длительность выдоха не изменяется. При вдыхании смеси 11,5-9,0% кислорода в азоте укорачиваются обе фазы дыхательного цикла (фаза вдоха - до 0,5-0,2 с, выдоха - до 0,4-0,2 с). Вдыхание смесей с 5,6-4,5% кислорода в азоте удлиняет фазу вдоха до 0,8-0,9 с и резко укорачивает фазу выдоха до 0,1 с. Дыхательный объем при вдыхании гипоксических смесей у азовок снижается. Так, при вдыхании смеси 12,5-11,0% O₂ в азоте дыхательный объем составил 82,5% от нормы, при вдыхании смеси 10,2-9,5% O₂ в азоте всего - 60% от нормы. Вдыхание смесей с более низким содержанием кислорода (около 8,4%) не приводит к дальнейшему снижению дыхательного объема. Скорость потребления кислорода при гипоксии у азовок снижается. Снижаются также коэффициент утилизации кислорода и кислородный эффект дыхательного цикла. Вентиляционный эквивалент возрастает. Снижение уровня потребления кислорода при гипоксии у азовок может рассматриваться как адаптация их к длительному выключению дыхания при нырянии с более экономичным расходом кислорода в организме, а также может свидетельствовать о более высокой устойчивости этих животных к недостатку кислорода. Вдыхание воздуха с пониженным содержанием кислорода приводит к повышению легочной вентиляции почти в 1,5 раза

что меньше, чем в этих же условиях у человека. Это свидетельствует о высокой устойчивости азовок к недостатку кислорода, которая вырабатывалась в процессе эволюции. При гипоксии наблюдается снижение поглощения O_2 из легких, что является, результатом перераспределения кровотока, направленного на усиление кровоснабжения жизненно важных органов (головного мозга и сердца). Об этом может свидетельствовать увеличение поглощения кислорода кровью из легких в течение первых 5-10 минут восстановительного периода. Для подтверждения этого положения нами был использован гипоксический тест на азовках больных пневмонией. Оказалось, что у больных азовок относительное учащение дыхания было меньше, чем здоровых. При вдыхании больными азовками гипоксической смеси частота дыхания возросла всего на 1,4 дых/мин. Дыхательные объемы у больных и здоровых азовок на гипоксию оказались одинаковыми. Однако, если у здоровых животных они составляли 50-60% от дыхательного объема при нормоксии, то у больных – всего 20-25%. Минутный объем дыхания у больных азовок при гипоксии оказался меньшим, чем у здоровых (у больных он увеличился всего в 2,6 раза, у здоровых - почти в 4 раза). Отношение альвеолярной вентиляции к минутному объему дыхания снизилось до 61,8%. Уменьшился кислородный эффект дыхательного цикла и возрос вентиляционный эквивалент. Потребление кислорода при гипоксии у здоровых и больных азовок снижалось, однако, у больных - оно снижалось в меньшей степени, чем в аналогичных условиях у здоровых, что, по-видимому, свидетельствует о перестройке обменных процессов и метаболизма в организме (соотношения аэробных и анаэробных процессов). Восстановительный период у больных азовок характеризовался значительным кислородным долгом, который ликвидировался в более поздние сроки, чем у здоровых в аналогичных условиях. Эти данные показывают худшую деятельность компенсаторных механизмов у больных азовок по сравнению со здоровыми. В отличие от наземных млекопитающих и человека частота сердечных сокращений у азовок при воздействии гипоксических смесей снижалась, причем, чем более была обеднена кислородом смесь, тем больше снижалась частота сердечных сокращений. Длительность элементов кардиоцикла не изменялась. Выраженная в обычных условиях дыхательная аритмия при гипоксии сглаживалась. Так, при вдыхании смеси 12% кислорода в азоте частота сердечных сокращений (ЧСС) снижалась от 149 до 136 ударов в минуту, при вдыхании смеси с 10% содержанием кислорода - до 95 ударов в минуту. При вдыхании 8% смеси ЧСС снижалась до 76 ударов в минуту и оставалась на этом уровне при вдыхании 4% смеси, более не изменялась. При дыхании

атмосферным воздухом (спустя 10 минут после вдыхания гипоксической смеси) ЧСС восстанавливалась до значений нормы. Длительность зубцов Р и Т, а также интервалов P-Q и QRST не изменялась. При вдыхании гипоксических смесей у азовок отмечались также изменения клинических показателей крови: уменьшалось число эритроцитов на 10%, концентрация гемоглобина на 14% и гематокрита на 8% от нормы. Отмечена динамика изменений числа лейкоцитов в зависимости от процентного содержания кислорода во вдыхаемом воздухе. При вдыхании газовых смесей с 12% кислорода в азоте, наблюдалось снижение числа лейкоцитов. Вдыхание смесей более обедненных кислородом вызывало повышение их числа с $8,0 \times 10^3$ до $11,4 \times 10^3$ в mm^3 и даже до $21,0 \times 10^3$ в mm^3 крови. После проведения цикла гипоксических тренировок клинические показатели крови у больных азовок нормализовались: (повысилось число эритроцитов, концентрация гемоглобина и гематокрита). Продолжительность жизни азовок, имевших гипоксические тренировки, увеличилась более чем 2 раза по сравнению с остальными отловленными одновременно.

ВЫВОДЫ

1. У здоровых азовок вдыхание гипоксических смесей вызывает учащение дыхания, уменьшение дыхательного объема, усиление вентиляции легких и уменьшение поглощения кислорода кровью из легких.
2. У больных азовок в условиях гипоксии наблюдаются более выраженные нарушения в функциях вентиляции, газообмена и биоэлектрической активности сердца, чем в тех же условиях здоровых и для восстановления их требуется более длительное время.
3. У азовок, у которых клинические проявления на ранних стадиях заболевания выражены нечетко целесообразно использование гипоксических смесей для оценки их функционального состояния и оздоровления.
4. Метод интервальной гипоксической тренировки представляется перспективным для использования в зооветеринарной практике, как нетрадиционный метод оздоровления содержащихся в условиях неволи дельфинов после отработки его применительно к этому виду животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сиротинин Н.Н. Кислородная терапия и кислородная недостаточность / Н.Н. Сиротинин // – К.: Изд-во АН УССР, 1952. - 234 с.
2. Колчинская А.З. Кислородный режим организма и его регулирование / А.З. Колчинская // – К.: Изд-во АН УССР, 1966. - 123 с.
3. Белошицкий П.В., Курданов Х. А. Концепция ступенчатой адаптации к гипоксии и ее

использование в медицине и спорте / П.В. Белошицкий, Х.А. Курданов // Гипоксія деструктивна та конструктивна дія – К.: Изд-во Наукова Думка, 1998.– С. 30-31.

4. Колчинская А.З. Современное состояние исследований кислородной недостаточности. Гипоксія деструктивна та конструктивна дія – К.: Изд-во Наукова Думка, 1998. К. – 1998.– С. 5-18.

5. Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.В. Острая и хроническая гипоксия / В.Б Малкин, Е.В

Гиппенрейтер/ кн.: Проблемы космической биологии – М.: Изд-во Наука. 1977 – т.35. – 318 С.

6. Шапунов В.М Дыхание дельфинов в условиях гипоксии и гиперкапнии / В.М. Шапунов [и др.] // сб. науч. тр. Морские млекопитающие – К.: Наукова Думка. 1975.– С. 170-171

7. Колчинская А.З. Кислородные режимы ребенка и подростка / А.З. Колчинская // К.: Изд-во Наукова думка. 1973. – 320 С.

8. Лабораторные методы в клинике – М.: Медицина. 1987. – 385 С.