

УДК 599.537 + 599.745.3

## ОБ ИЗМЕНЕНИИ ДЫХАНИЯ У ДЕЛЬФИНОВ И ТЮЛЕНЕЙ ПРИ ВДЫХАНИИ ИМИ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

К.А.Джинчарадзе

Исследования дыхательного ритма морских млекопитающих в различных условиях проводились как в нашей стране, так и за рубежом. По литературным данным (Andersen, 1966; Scholander, 1940), частота дыхания дельфина *Tursiops truncatus* составляет в среднем один вздох в минуту, длительность максимальной дыхательной паузы - 6 мин. при максимальной глубине ныряния 330 м.

Частота дыхания (ЧД) афалин в вольере составляет от 2 до 4 вздохов в минуту в зависимости от пола, возраста, веса животных и времени суток (Колчинская и др., 1971, 1975).

У тюленя *Phoca vitulina* весом 39 кг и морского слона частота дыхания составляет 3 вздоха в минуту, у калифорнийского морского льва *Zalophus californianus* - 6 (Scholander, 1940).

Частота дыхания взрослого островного тюленя в спокойном состоянии колеблется от 3 до 6 вздохов в минуту. Длительность дыхательной паузы - от 3 до 408 с. (Соболевский, 1975).

Цель нашего исследования - определить некоторые параметры внешнего дыхания дельфинов и тюленей в нормальных условиях и выявить различия в реакциях животных, принадлежащих к двум различным отрядам морских млекопитающих, на изменение газового состава вдыхаемой смеси.

Сведений об изменении дыхательного ритма у морских млекопитающих при вдыхании газовых смесей с различным содержанием кислорода и углекислого газа в литературе мало.

По данным А.З.Колчинской (1971), вдыхание афилиами азотно-кислородной газовой смеси, содержащей 12,4%  $O_2$ , вызывает у них учащение дыхания. Вдыхание газовых смесей, по составу аналогичных выдыхаемому животными воздуху, также вызывает четко выраженные изменения дыхательного ритма и частоты дыхания. По мнению Шоландера (Scholander 1940) и некоторых других исследователей, дыхательный центр ныряющих животных нечувствителен к избытку углекислого газа.

Без экспериментальных данных о различии вентиляторного ответа на гиперкапнические и гипоксические раздражители трудно составить представление об особенностях регуляции дыхания у морских млекопитающих и путях развития механизмов адаптации китообразных и ластоногих к водному образу жизни. Поэтому нами были поставлены опыты на восьми взрослых (три самца и пять самок весом 120–220 кг) и одной восьмимесячной афалине (*Tursiops truncatus* pont.), а также на пяти взрослых и пяти пятимесячных (три самца и две самки средним весом 23 кг) каспийских тюленях (*Phoca caspica*) в условиях свободного плавания в бассейне и в экспериментальных условиях, когда дельфины находились в ванне с морской водой, а тюлени – в стакне.

В разное время суток на протяжении 10–15 мин. регистрировалась последовательность дыхательных актов и длительность дыхательных пауз. В результате была получена информация о средней частоте дыхания и дыхательном ритме и выявлены факты, вызывающие изменение дыхания.

Дыхательные смеси – гипоксическая (10%  $O_2$  в азоте), гипероксическая (100%  $O_2$ ), комбинированная гипоксическо-гиперкапническая (11%  $O_2$  с 5–7%  $CO_2$  в азоте) – подавались животным из аэрозондовой оболочки емкостью 200 л, соединенной гофрированным шлангом с дыхательными масками, сконструированными для дельфинов А.Г.Мисюрой и В.А.Заболуевым, для тюленей – В.В.Беленикиным. К ношению маски животные приучались заранее.

Для контроля газовых смесей и их влияния на дыхание животных определялись минутный объем выдыхаемого воздуха (с помощью водяного газового счетчика) и содержание во вдыхаемых смесях кислорода и углекислого газа (на аппарате ГВВ-2).

В условиях свободного плавания в бассейне с морской водой соленостью 17°/oo и температурой 21–23°C у дельфинов-афа-

лин дыхательный ритм нерегулярен (2-2,5 вздоха в минуту). Дыхательные циклы (ДЦ) имеют разную длительность. Нам удалось установить соотношение ДЦ разной продолжительности: ДЦ до 15с. составляют около 39%; ДЦ 15-20 с. - 31%, ДЦ 20-50 с. - 30%.

При перемещении животных в специальную ванну с морской водой, где животные находятся на плаву, дыхательный ритм становится более регулярным, однако средняя частота дыхания остается той же, что и в бассейне. Дыхательный объем (ДО) при вдыхании атмосферного воздуха составляет в среднем у взрослых дельфинов 3,5 л, минутный объем дыхания (МОД) - в среднем 7,8 л.

У тюленей при свободном плавании в бассейнах с морской водой наблюдаемый дыхательный ритм менее регулярен, длительный дыхательный цикл (при нырянии) чередуется с несколькими частыми и короткими, во время которых происходит гипервентиляция легких. Этот ритм носит характер закономерности. В среднем при свободном плавании в бассейне частота дыхания у взрослых тюленей составляет II вздохов в минуту. Во время сна независимо от того, находится ли животное на суше или в воде, наблюдается закономерное чередование длительного дыхательного цикла (до 5 мин.) с серией коротких (2-5 с.). На суше дыхательный ритм тюленей становится регулярнее, МОД в среднем составляет 7,5 л. По нашим данным, у взрослых тюленей МОД составляет 5,8 л, ДО - 1 л. На суше дыхательные циклы тюленей по длительности распределяются в процентном отношении следующим образом: ДЦ 2-5 с. - 8%, ДЦ 5-10 с. - 30%, ДЦ 10-15 с. - 50%, ДЦ 15-20 с. - 12%. У дельфинов дыхательный цикл начинается с активного, резкого выдоха и непосредственно следующего за ним вдоха, после чего животное ныряет; у тюленей дыхательный цикл начинается со вдоха, затем следует выдох, и животное ныряет. При вдыхании гипоксической смеси (10%  $O_2$  в азоте) параметры дыхания и у дельфинов, и у тюленей заметно меняются: ЧД и МОД возрастают, а ДО уменьшается (таблица).

Как видно из таблицы, при вдыхании газовой смеси, содержащей 10%  $O_2$  в азоте, у животных резко менялись параметры внешнего дыхания: ЧД у дельфинов и тюленей увеличивалась соответственно в 3 и 1,4 раза, МОД - на 74 и 34%, а ДО уменьшался соответственно на 43 и 30%.

Изменение параметров внешнего дыхания у дельфинов (числитель) и тюленей (знаменатель) при вдыхании ими различных газовых смесей

Газовая смесь	ЧД	МОД	ДО
Атмосферный воздух (норма)	2,2 5,8	7,8 5,8	3,5 1,0
Гипоксическая смесь	6,8 11,0	13,6 7,8	2,0 0,7
Гиперкапническо-гипоксическая смесь	4,8 8,0	12,0 6,2	2,5 0,7
Чистый кислород	2,0 2,0	6,2 2,0	3,1 1,0

Примечание. ЧД - частота дыхания, число вздохов в минуту; МОД - минутный объем дыхания, л; ДО - дыхательный объем, л.

И, 3 раза; МОД - на 54 и 6%, а ДО уменьшился соответственно на 29 и 30%.

Дыхание чистым  $O_2$  у тюленей дало более резкие сдвиги в параметрах легочного дыхания относительно нормы, чем у дельфинов (см. таблицу). При вдыхании чистого  $O_2$  ЧД у дельфинов и тюленей уменьшился соответственно в 1,1 и 2,7 раза, МОД - на 20 и 66%, а ДО у дельфинов уменьшился на 10%, а у тюленей остался без изменения.

#### Выводы

1. Наиболее резкие сдвиги в вентиляции легких у дельфинов и тюленей наблюдаются при вдыхании ими смеси газов с пониженным содержанием кислорода: частота дыхания и его минутный объем возрастают, а дыхательный объем уменьшается.

2. Вдыхание смеси с повышенным содержанием углекислого газа вызывает аналогичные, но менее резкие изменения дыхательного ритма, чем при вдыхании смеси, бедной кислородом.

3. Повышенное содержание кислорода во вдыхаемой газовой смеси вызывает изменения дыхания, противоположные тем, что наблюдаются при вдыхании животными гипоксической и гиперкапнической смесей.

4. Дельфины более чувствительны к изменению содержания кислорода и углекислого газа во вдыхаемой смеси, чем тюлени,

вдыхание газовой смеси, состоящей из 11%  $O_2$  и 5-7%  $CO_2$  (гиперкапническо-гипоксической) также резко меняет параметры внешнего дыхания дельфинов и тюленей по сравнению с нормой (см. таблицу).

При вдыхании гиперкапническо-гипоксической газовой смеси ЧД у дельфинов и тюленей увеличивалась соответственно в 2 и

по-видимому, потому, что они меньше, чем тюлени, могут оставаться без воздуха.

### Л и т е р а т у р а

К о л ч и н с к а я А.З. и др. О дыхании афалин. - Бионика, 1971, вып.5, Киев, "Наукова думка", с.9-12.

Авт.: Колчинская А.З., Карандеева О.Г., Мищенков В.С., Шапунов В.М., Матишева С.К., Степанов Ю.Р.

К о л ч и н с к а я А.З. и др. О кислородных режимах организма дельфинов. - Морские млекопитающие. Киев, "Наукова думка", 1975, с.145-155. Авт.: Колчинская А.З., Карандеева О.Г., Шапунов В.М., Матишева С.К., Мисюра А.Г., Забалуев В.А., Маньковская И.Н., Гуляр С.А.

С о б о л е в с к и й Е.И. К вопросу о дыхательном ритме тюленей. - Морские млекопитающие. Киев, "Наукова думка", 1975, с.85-86.

A n d e r s e n , H.T. Physiological adaptations on diving vertebrates. Phys. Revicus, 1966, v.46, N 2, p.212.

S e h o l a n d e r , P. Experimental investigation of the respiratory function in diving mammals and birds.

Hvalraadelets Skrifter, 1940, 22, Oslo.

On changes in the respiration parameters  
of bottlenose dolphins and Caspian seals  
when they breathe various gas mixtures

Dzhincharadze K.A.

S u m m a r y

The investigation of respiration parameters of bottlenose dolphins and Caspian seals when they breathe gas mixtures with various contents of oxygen and carbon dioxide has indicated that when they breathe hypoxic mixtures the respiration rate increases by 3 and 1.4 times respectively, the respiration volume per minute (l/min.) also increases by 74 and 34%, but the breath volume (l) decreases by 43 and 30%.

The mixture consisting of oxygen (11%), carbon dioxide (5-7%) and nitrogen increases the respiration rate by 2 and 1.3 times respectively, the respiration volume per minute by 54 and 63% and decreases the breath volume to 29 and 30%.

When bottlenose dolphins and seals breathe pure oxygen, the respiration rate slows down to 2 breaths per minute. The respiration volume per minute is reduced by 20 and 66%, respectively, the breath volume of bottlenose dolphins is reduced by 10% and that of seals remains unchanged.

Noticeable changes in the respiration parameters are observed when the animals breathe a mixture with a low oxygen content. Since seals can survive longer without air these changes are more distinctly revealed in dolphins.