

АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ БИОРИТМОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

В.И. Короченцев², **Е.В. Смоленский**^{1,2*}, **А.А. Рыбченко**^{1,2},
Г.А. Шабанов¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток.

E-mail: *neurokib@mail.ru

Аннотация

В работе проведен анализ методов оценки функционального состояния организма морских млекопитающих. Целью настоящего исследования явился поиск и отработка технологии мониторинга функционального состояния и здоровья животного, неинвазивного съема диагностической информации, который можно было бы проводить многократно. Впервые была апробирована методика регистрации акустоэнцефалограммы с головного мозга белухи. Аппарат «Регистратор спектра акустоэнцефалограммы-01» (РС АЭГ-01) позволял регистрировать спектр ритмов в диапазоне 0.1-27 Гц с выделением 8400 спектральных гармоник и временем интегрирования 160 сек. Была отработана схема проведения исследования в положении белухи «лежа на воде», способ и место расположения индукционных датчиков акустического сигнала.

Ключевые слова: морские млекопитающие, индукционный вибродатчик, акустоэнцефалограмма, акустическое поле головы, электроэнцефалограмма.

ANALYSIS OF ACOUSTIC BIORHYTHMS OF MARINE MAMMALS

V.I. Korochentsev², **E.V. Smolenskii**^{1,2*}, **A.A. Rybchenko**^{1,2},
G.A. Shabanov¹

¹Scientific Research Center «Arktika» Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan;

²Far Eastern Federal University, Vladivostok;

E-mail: * neurokib@mail.ru

Abstract

The analysis of methods for assessing the functional state of marine mammals was carried out. The aim of this study was to find and test the technology of monitoring the functional state and health of the animal, non-invasive collection of diagnostic information, which could be carried out repeatedly. For the first time the method of acoustic registration of acoustoencephalogram with brain Beluga whales was tested. The apparatus “acoustic encephalogram spectrum recorder” (RS AEG-01) allowed to register the rhythm spectrum in the range of 0.1-27 Hz with the release of 8400 spectral harmonics and integration time of 160 seconds. The scheme of the study in the position of Beluga «lying on the water», the method and location of the induction sensors of the acoustic signal was worked out.

Keywords: marine mammals, induction vibration sensor, acoustoencephalogram, acoustic field of the head, electroencephalogram.

Введение

Учёные разных стран мира длительное время проявляют интерес к изучению морских млекопитающих. Ведется поиск методов оценки функционального состояния организма, критериев адаптации к новым условиям обитания, степень напряжения, диагностика и выявление различных заболеваний у морских млекопитающих. Образ жизни дельфинов, белух и других морских животных отличается от жизни наземных млекопитающих, поэтому стандартные методы диагностики организма сложно применимы к млекопитающим, живущим в водной среде. Наиболее популярными остаются инвазивные методы анализа состояния организма, например анализ крови.

Постановка проблемы

С целью проведения мониторинга здоровья морских млекопитающих мы рассмотрели комплекс для функционально топической диагностики организма человека на основе спектрального анализа биоэлектрической активности головного мозга. Аппарат «Регистратор спектра акустоэнцефалограммы-01» (РС АЭГ-01) был разработан в Научно-исследовательским центром «Арктика» (НИЦ «Арктика» ДВО РАН) для эксплуатации в сложных условиях применения и принципиально отличался от классических аппаратов электроэнцефалографии (ЭЭГ) совершенно новыми подходами к получению диагностической информации, что делало его применение возможным в морских условиях [9,10]:

- аппарат осуществлял спектральный анализ ритмов головного мозга в диапазоне 0.1-27 Гц с выделением в этой полосе 8400 спектральных гармоник;

- каждая спектральная гармоника была получена интегрированием сигнала за время 160 сек;

- для съема информации использовались только два датчика с левого и правого полушария в височно-теменной области;

- время интегрирования 160 сек определяло высокую надежность получаемой информации и специфичность к получению данных о висцеральной сфере организма;

- все 8400 спектральных гармоник были свернуты в матрицу множества функциональных состояний эффекторов – «висцером», анализ которой позволял проводить функционально-топическую диагностику организма человека, выделять очаг патологии и его локализацию, стадии развития воспалительного процесса, определять признаки развития опухоли;

- рассчитывался ряд системных индексов оценки состояния здоровья, среди которых наиболее важные – индекс напряжения симпатических механизмов, вегетативный индекс (стресс индекс), индекс индивидуального здоровья, индекс децентрализации.

Разработка технологии регистрации спектра акустоэнцефалограммы РС АЭГ-01 позволила значительно упростить и улучшить эксплуатационные характеристики съема информации с головы пациента, повысить качество съема информации в низкочастотной области спектральной матрицы для частот ниже 1 Гц.

Технология оказалась эффективной для оценки состояния и влияния внешних факторов на организм человека, изучения патогенеза и диагностики целого ряда патологических состояний. Аппарат проходит доклиническую апробацию для определения адаптационности организма, профотбора спецконтингентов на холодоустойчивость, ранней диагностики заболеваний в гинекологии, офтальмологии, эндокринологии, гастроэнтерологии и кардиологии. В завершении находятся исследования по ранней диагностике и определению стадии развития онкологического заболевания, выявления места локализации опухоли и метастазов [12]. Предлагаемый способ съема информации показал высокие эксплуатационные характеристики и помехозащищенность в сложных условиях эксплуатации.

Основные результаты

Получение акустического сигнала с мозга животного производилось с помощью модернизированного комплекса регистратора спектра акустоэнцефалограммы РС АЭГ-01 (рис. 1) для исследования морских млекопитающих - белух. Комплекс РС АЭГ-01 был расположен на пирсе рядом с животным.

По команде тренера, белуха подходила к пирсу и принимала положение «лежа на воде». Морское млекопитающие находилась на



Рис. 1 Общий вид прибора РС АЭГ-01. Вибродатчики закреплены на прорезиненной ленте и выполнены с гидроизоляцией



Рис. 2 Проведение эксперимента с белухой. За дыхалом на белуху наброшена лента с вибродатчиками, которые под собственным весом прижимались к проекции левого и правого полушария головного мозга белухи

поверхности воды в расслабленном состоянии, слегка подрабатывая плавниками. Голова, мелон и дыхало находились выше водной поверхности. Постановка позы животного, возможность контакта с вибродатчиками отрабатывались тренером заранее. Пара индукционных вибродатчиков были закреплены на прорезиненной ленте, которая набрасывалась на белуху в 5 см за дыхалом и под собственным весом были прижаты к левой и правой частям головы. Вибродатчики и кабель связи с аппаратом были выполнены с гидроизоляцией. Вес датчиков был тщательно подобран. Крепления датчиков на теле белухи не предусматривалось, она могла свободно покинуть место съема информации.

По мере тренировок, поза «лежа на воде» с датчиками не вызывало напряжения и воспринималось белухой как игра. Основная задача была выдержать позу в течение съема одного кадра информации длительностью 160 с. После съема животное уходило под воду и спустя 3-5 мин возвращалось к месту проведения эксперимента для повторного исследования. За один раз снимались 3 кадра информации по 160 с каждый. На рисунке 2 показано проведение эксперимента после тренировки морского млекопитающего.

На рисунке 3 показан фрагмент графика акустического сигнала с монитора компьютера. Предварительно можно отметить, что по амплитуде сигнал с вибродатчиков установленных на белухе примерно

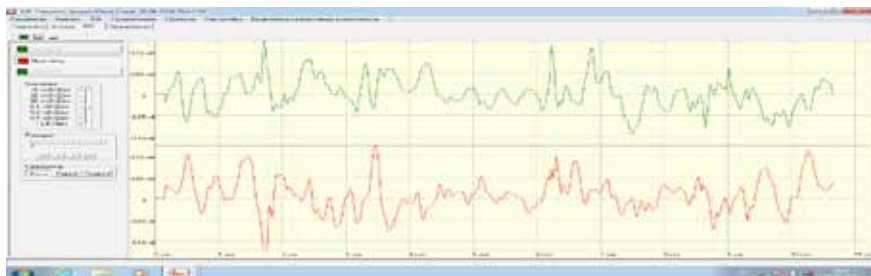


Рисунок 3. Вид акустического сигнала снимаемого с головы белухи
График сверху - правое полушарие, снизу – левое

в 5 раз больше, чем с головы человека и составляет в среднем 50-100 мкВ. Сигнал с левого полушария закономерно выше, чем с правого. Спектральный анализ показал, что на частотной матрице преобладают следующие частоты: 15-12Гц, 7.3-6.8Гц, 5.2-4.5Гц, 2.7-3.2Гц, 1.1-1.9Гц, 0.47- 0.33Гц.

Заключение

Таким образом, в ходе проведенных экспериментов впервые у белух была отработана технология съема акустоэнцефалограммы в полосе частот от 0.1 до 27 Гц. Подтвердилось правильность выбора способа регистрации в положении животного «лежа на воде». Подобраны форма, способ крепления и вес датчиков вибраций для съема АЭГ. Так как все работы по получению интегральных индексов и оценки состояния здоровья были выполнены ранее для АЭГ человека, в последующих работах необходимо доказать подобие получаемых спектральных матриц «висцером» для человека и морских млекопитающих. В работе показана возможность разработки неинвазивного длительного мониторинга степени адаптации белухи к новым условиям содержания, проводимым исследованиям и изучения состояния ее здоровья.

Литература

1. Cumeras R., Cheung W.H., Gulland F., Goley D., Davis C.E. Chemical analysis of whale breath volatiles: a case study for non-invasive field health diagnostics of marine mammals // Journal Metabolites. V. 4. 2014 No. 3. p. 790-800.

2. Hashio Fuyuko, Tamura Shinichi, Okada Yasunori, Morimoto Shigeru, Ohta Mitsuaki, Uchida Naoyuki. Frequency analysis of electroencephalogram recorded from a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) with a novel method during transportation by truck // *The Journal of Physiological Sciences*. 2010. V. 60. No. 4. p. 235-244.
3. Кавцевич Н.Н. Цитохимическое исследование структуры популяции лимфоцитов периферической крови афалин // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2011. ВАР. Т. 13 № 5. С. 1113-1118.
4. Thompson Laura A., Spoon Tracey R., Goertz Caroline E. C., Hobbs Roderick C., and Romano Tracy A. Blow Collection as a Non-Invasive Method for Measuring Cortisol in the Beluga (*Delphinapterus leucas*) // *PLoS ONE* (2014). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114062> (accessed 2 December 2014).
5. Лямин О.И., Мухаметов Л.М. Особенности сна китообразных // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2013. Т. 63. №1. С. 61-74.
6. Миргородский В.И., Герасимов В.В., Пешин С.В. Обнаружение новых акустических сигналов // *Акустический журнал*. 2014. Т. 60. №4 С. 437-442.
7. Lyamin Oleg I., Manger Paul R., Ridgway Sam H., Mukhametov Lev M., Jerome M. Cetacean sleep: An unusual form of mammalian sleep // *Journal Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2008. V. 32. No. 8. p. 1451-1484.
8. Патент на полезную модель № 180056 Российская Федерация, МПК51 А61В 7/00. Регистратор спектра ритмической активности головного мозга / Шабанов Г.А., Лебедев Ю.А., Рыбченко А.А., Фейгин С.А., Зубков И.А. / НИЦ «Арктика» ДВО РАН (RU), Заявка № 2017119102; Приоритет 31.05.2017; опубл. 31.05.2018. Бюл. №16.
9. Патент на изобретение № 2661098 Российская Федерация, МПК51 А61В 5/05. Способ экспресс-диагностики онкологического заболевания / Рыбченко А.А., Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Ищенко В.Н., Крыжановский С.П. / НИЦ «Арктика» ДВО РАН (RU), Заявка № 2016127302; Приоритет 06.07.2016; опубл. 11.07.2018. Бюл. №20.
10. Ridgway Sam, Houser Dorian, Finneran James, Carder Don, Keogh Mandy, Bonn William Van, Smith Cynthia, Scadeng Miriam, Dubowitz David, Mattrey Robert, Hoh Carl. Functional imaging of dolphin brain metabolism and blood flow // *Journal of Experimental Biology*, 2006, vol. 209, no.15, pp.2902-2910.
11. Шабанов Г.А., Лебедев Ю.А., Рыбченко А.А., Максимов А.Л., Короченцев В.И. Исследование спектра акустического поля головного мозга человека // *Вестник СВНЦ ДВО РАН*. 2017. №3. С. 115-121.
12. Шабанов Г.А., Максимов А.Л., Рыбченко А.А. Функционально-топическая диагностика организма человека на основе анализа ритмической активности головного мозга. Владивосток: Дальнаука. 2011. 206 с.

References

1. Cumeras R, Cheung WH, Gulland F, Goley D, Davis CE. Chemical analysis of whale breath volatiles: a case study for non-invasive field health diagnostics of marine mammals. *Journal Metabolites*. V. 4. 2014. No. 3. p. 790-800.

2. Hashio Fuyuko, Tamura Shinichi, Okada Yasunori, Morimoto Shigeru, Ohta Mitsuaki, Uchida Naoyuki. Frequency analysis of electroencephalogram recorded from a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) with a novel method during transportation by truck. *The Journal of Physiological Sciences*. 2010. V. 60. No. 4. p. 235-244.
3. Kavtsevich N.N. Cytochemical study of the structure of peripheral blood lymphocyte population of bottlenose dolphins. *Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2011. VAK. V. 13 № 5. p. 1113-1118.
4. Thompson Laura A., Spoon Tracey R., Goertz Caroline E. C., Hobbs Roderick C., and Romano Tracy A. Blow Collection as a Non-Invasive Method for Measuring Cortisol in the Beluga (*Delphinapterus leucas*). *PLoS ONE* (2014). Available at:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114062> (accessed 2 December 2014).
5. Lyamin, O.I., Mukhametov L.M. the Peculiarities of cetacean sleep. *Journal of higher nervous activity*. 2013. V. 63. No. 1. p. 61-74.
6. Mirgorodskii V.I., Gerasimov V.V., Peshin S.V. Detection of new signals of acoustic. *Acoustical physics*. 2014. V. 60. No 4. p. 437-442.
7. Lyamin Oleg I., Manger Paul R., Ridgway Sam H., Mukhametov Lev M., Jerome M. Cetacean sleep: An unusual form of mammalian sleep // *Journal Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2008. V. 32. No. 8. p. 1451-1484.
8. Patent for utility model № 180056 Russian Federation, IPC51 A61B 7/00. Logger spectrum of rhythmic activity of the brain / Shabanov G.A., Lebedev Y.A., Rybchenko A.A., Feigin S.A., Zubkov I.A. / Research center “Arktika” Feb RAS (RU) Application No. 2017119102; Priority 31.05.2017; publ. 31.05.2018. Bul. No. 16.
9. Patent for the invention № 2661098 Russian Federation, MIIK51 A61B 5/05. Method of Express-diagnostics of oncological diseases / Rybchenko A.A., Shabanov G.A., Maksimov A.L., Ishchenko V.N., Kryzhanovsky, S.P. / Research center “Arktika” Feb RAS (RU) Application No. 2016127302; Priority 06.07.2016; publ. 11.07.2018. Bul. No. 20.
10. Ridgway Sam, Houser Dorian, Finneran James, Carder Don, Keogh Mandy, Bonn William Van, Smith Cynthia, Scadeng Miriam, Dubowitz David, Mattrey Robert, Hoh Carl. Functional imaging of dolphin brain metabolism and blood flow. *Journal of Experimental Biology*. 2006. V. 209. No.15. p.2902-2910.
11. Shabanov G.A., Lebedev Y.A., Rybchenko A.A., Maksimov A.L., Korochentsev V.I. Study of the spectrum of the acoustic field of the human brain. *Vestnik svnts DVO RAN*. 2017. No. 3. p. 115-121.
12. Shabanov G.A., Maksimov A.L., Rybchenko A.A. Functional-topical diagnostics of the human body based on the analysis of the rhythmic activity of the brain. *Vladivostok: Dalnauka*. 2011. 206 p.