

## **БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ И НЕРВОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

*В.П. Ильичев* – аспирант

The expertise of the domestic and foreign explorers in the field of an electrophysiology of the system of breathing is mapped in the given browse. The feasibility of modern electrophysiological methods for disclosure of dodges of adapting of the system of breathing to a hypoxia is esteemed.

Во всех исследованиях, проведенных до 80-х годов XX века, применялся рутинный анализ электрической активности дыхательных мышц (амплитудный анализ, подсчет частоты колебаний и длительности активности) [1, 6, 7, 12, 29]. Первые сведения о наличии в залповых разрядах дыхательных мышц колебаний, впоследствии названных высокочастотными, были получены в 1912 г. Следующий шаг в изучении спектрального состава электрической активности моторного аппарата дыхательной системы был сделан в 1982 г. при применении спектрального анализа [24].

К настоящему времени накоплены данные о частотном спектре электрической активности некоторых дыхательных мышц и нервов у млекопитающих. В этом частотном спектре выделяют два пика. В отношении одного, более высокого и узкого, лежащего в полосе 50–110 Гц, у исследователей принято единое название – высокочастотный пик (ВЧ). Другой пик, находящийся в полосе 20–50 Гц, менее выраженный и иногда отсутствующий, обозначен как низкочастотный (НЧ) [22, 23, 24] или как среднечастотный [11, 26]. Расположение и выраженность пиков могут несколько меняться и зависеть от вида и возраста животного, характера и глубины наркоза и особенностей нерва или мышцы, от которых отводится активность, а также других условий эксперимента.

При интерпретации частотного спектра электрической активности двигательного аппарата дыхательной системы считают, что в стволе головного мозга существуют два центральных генератора дыхательного ритма, имеющих параллельные пути к дыхательным мотонейронам [22, 23, 24]. Каждый генератор характеризуется специфическими спектральными линиями моторных выходов. Эволюционно более молодой генератор связан с нейронами дорсальной дыхательной группы (ДДГ). Морфологической основой его является вентролатеральная часть ядра одиночного пути, филогенетически появившегося вместе с легочным дыханием. В свою очередь, нейроны ДДГ функционально связаны с мотонейронами диафрагмы. Для более молодого генератора характерен спектральный пик около 88 Гц, что, как полагают, связано с частотой синхронизации нейронов этого генератора. Второй генератор, соответствующий вентральной дыхательной группе (ВДГ) нейронов, расположен в обоюдном ядре и эволюционно связан с бывшим жаберным аппаратом. Он характеризуется частотой колебаний моторного выхода, равной 55 Гц.

Необходимо отметить, что в основном все исследования в этой области были проведены на различных животных. Было выяснено, что на спектр электромиограммы дыхательных мышц влияют возраст животного, температура

тела, температура окружающей среды, раздражение механорецепторов легких и многое другое [9, 10, 13].

Среди работ, посвященных изучению частотного спектра инспираторного моторного разряда, особую группу составляют наблюдения, проведенные на человеке. Естественно, что применение неинвазивных методов ограничивает область исследования только анализом электромиографической (ЭМГ) активности [4, 5, 15, 18]. При анализе ЭМГ диафрагмы и межреберных мышц у человека наблюдается форма частотного спектра, сходная с таковой у животных [9]. Сходство частотных спектров инспираторных залпов позволяет провести некоторую аналогию в механизмах возникновения и регуляции дыхательного ритмогенеза у человека и животных. Однако основным приложением спектрального анализа электрической активности мышц у человека пока является оценка степени утомления дыхательных мышц.

Впервые это направление стали разрабатывать Lindstrom L. and al. [16], которые использовали анализ частотных спектров ЭМГ при оценке степени утомления во время физической работы. Эта концепция частотного анализа ЭМГ была применена во многих работах для изучения утомления диафрагмы [13, 14, 17, 19, 25, 27, 20]. Некоторые из этих исследователей использовали отношение мощности высокой частоты к мощности низкой частоты (H/L), чтобы описать вызванный утомлением сдвиг частотного спектра ЭМГ диафрагмы [3].

Анализируя электрическую активность диафрагмы на наркотизированных кошках при системном введении блокатора карбоангидразы ацетазоламида, И.А. Тараканов и соавт. [2] выявили, что исходный частотный спектр содержит два пика: низкочастотный (48 Гц) и высокочастотный (88 Гц). В частотном спектре после введения ацетазоламида выделялись также два значимых пика: низкочастотный (40 Гц) и пик на частоте 68 Гц. При введении ацетазоламида снижалась активность диафрагмы, но увеличивалась активность межреберных мышц на фоне интенсивного газообмена. Такой тип патологического дыхания может быть следствием нарушения обычной высокочастотной (88 Гц) иннервации диафрагмы, что вызывает компенсаторную реакцию межре-

берных мышц. Высокочастотный пик частотного спектра характеризует деятельность нейронов дорсальных дыхательных ядер, которые функционально связаны с диафрагмой [22, 23, 24]. Очевидно, снижение активности диафрагмы происходит из-за менее высокочастотной (68 Гц) иннервации, которая может быть обусловлена торможением нейронов дорсальных дыхательных ядер.

Приведенные примеры показывают, что возможности спектрального анализа электрической активности дыхательных мышц достаточно информативны и позволяют исследовать широкий круг вопросов, связанных с функционированием аппарата дыхания и у человека, и у животных.

Среди всех работ по данной проблеме нами не выявлено сообщений о применении спектрального анализа электрической активности дыхательной мускулатуры в горной физиологии, хотя целесообразность проведения таких исследований очевидна. Так как часть населения земного шара проживает на высотах, значительно превышающих уровень моря, представляется возможным исследовать механизмы развития тех или иных заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы у жителей – уроженцев горной местности, а также у людей, мигрировавших с высокогорья на равнину, и наоборот.

Для выявления скрытых механизмов, лежащих в основе патогенеза многих заболеваний органов дыхания, связанных с пребыванием человека в горах, необходимо использовать современные методы исследования, в частности спектральный анализ электрической активности дыхательной мускулатуры.

#### Литература

1. Бебинов Е.М. Особенности регуляции внешнего дыхания и устойчивость к гипоксии низкогорных и высокогорных животных, подвергнутых околокаротидной гломерэктомии в условиях горного климата: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Фрунзе, 1979. – 170 с.
2. Тараканов И.А., Вайсман М.В., Сафонов В.А. Спектральный анализ электрической активности дыхательных мышц и нервов // Электроника в косметике и медицине. – 1997. – Режим доступа: <http://www.cosmedtech.ru>

3. Aldrich T.K. Power spectral analysis of the diaphragm electromyogram / J.M. Adams, N.S. Arora, D.F. Rochester // *Journal of Applied Physiology*. – 1983. – V. 54. – Issue 6. – P. 1579–1584.
4. Bartolo A. Analysis of diaphragm EMG signals: comparison of gating vs. subtraction for removal of ECG contamination / C. Roberts, R.R. Dzwocznyk, E. Goldman // *Journal of Applied Physiology*. – 1996. – V. 80. – Issue 6. – P. 1898–1902.
5. Bhajan Singh. Diaphragm electromyogram root mean square response to hypercapnia and its inter-subject and day-to-day variation / Janine A. Panizza, Kevin E. Finucane // *Journal of Applied Physiology*. – 2005. – V. 98. – Issue 1. – P. 274–281.
6. Bigard A.X. Myosin heavychain composition of skeletal muscles in young rats growing under hypobaric hypoxia conditions / H. Sanchez, O. Birot, B. Serrurier // *Journal of Applied Physiology*. – 2000. – V. 88. – Issue 2. – P. 479–486.
7. Brown D.R. Effect of chronic hypoxia on breathing and EMG of respiratory muscles in awake ponies / H.V. Forster, T.F. Lowry, M.A. Forster, A.L. Forster, S.M. Cutting, B.K. Erickson, L.G. Pan // *Journal of Applied Physiology*. – 1992. – V. 72. – Issue 2. – P. 735–747.
8. Bruce E.N. Significance of high-frequency oscillation as a functional index of respiratory control / Eds C. von Euler, H. Lagercrantz. N.Y. // *Neurobiology of the control of breathing*: Raven Press. – 1986. – P. 223.
9. Bruce E.N. High-frequency oscillations in human electromyograms during voluntary contractions / L.M. Ackerson // *J. Neurophysiol.* – 1986. – V. 56. – P. 542.
10. Cohen M.I. Synchronization of discharge, spontaneous and evoked, between inspiratory neurons // *Acta Neurobiol. Exp.* – 1973. – V. 33. – P. 189.
11. Cohen M.I. Age-related changes in power spectra of efferent phrenic activity in the piglet / P.M. Gootman, A.M. Steele // *Brain Res.* – 1987. – V. 426. – P. 179.
12. Duhamel T.A. Human muscle sarcoplasmic reticulum function during submaximal exercise in normoxia and hypoxia / H.J. Green, J.G. Perco, S.D. Sandiford, J. Ouyang // *Journal of Applied Physiology*. – 2004. – V. 97. – Issue 1. – P. 180–187.
13. Grassino A.E. Inspiratory muscle fatigue as a factor limiting exercise / D. Gross, P.T. Macklem // *Bull. Physio-Pathol. Resp.* – 1979. – V. 15. – P. 105.
14. Gross F. Electromyogram pattern of diaphragmatic fatigue / A.E. Grassino, W.R.D. Ross, P.T. Macklem // *J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol.* – 1979. – V.46. – P.1.
15. Beck J. Diaphragm interference pattern EMG and compound muscle action potentials: effects of chest wall configuration / C. Sinderby, L. Lindström, A. Grassino // *Journal of Applied Physiology*. – 1997. – V. 82. – №. 2. – P. 520–530.
16. Lindstrom L. An electromyographic index for localized muscle fatigue / R. Kadefors, I. Peterson // *J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol.* – 1977. – V. 43. – P.750.
17. Lourenco R.V. Quantification of electrical activity in the human diaphragm / E.P. Mueller, P. Quan // *J. Appl. Physiol.* – 1976. – V. 22. – P. 598.
18. Luo Y.M. Effect of diaphragm fatigue on neural respiratory drive / N. Hart, N. Mustfa, R.A. Lyall, M.I. Polkey, J. Moxham // *Journal of Applied Physiology*. – 2001. – V. 90. – Issue 5. – P. 1691–1699.
19. Muller N. Diaphragmatic muscle fatigue in the newborn / G. Gulston, D. Gade // *J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol.* – 1979. – V. 46. – P. 688.
20. Nugent S.T. Spectral analysis of the EMG and diaphragmatic muscle fatigue during periodic breathing in infants / J.P. Finley // *Journal of Applied Physiology*. – 1985. – V. 58. – Issue 3. – P. 830–833.
21. Patrick L. Jansen. No evidence for long-term facilitation after episodic hypoxia in spontaneously breathing, anesthetized rats / Ralf F. Fregosi // *Journal of Applied Physiology*. – 2000. – V. 89. – Issue 4. – P. 1345–1351.
22. Richardson C.A. Power spectra of inspiratory nerve activity with lung inflations in cats // *J. Appl. Physiol.* – 1988. – V. 64. – № 4. – P. 1709.
23. Richardson C.A. Unique spectral peak in phrenic nerve activity characterizes gasps in decerebrate cats // *J. Appl. Physiol.* – 1986. – V. 60. – № 3. – P. 782.
24. Richardson C.A. Power spectral analysis of inspiratory nerve activity in the decerebrate cat / A. Mitchell // *Brain Res.* – 1982. – V. 233. – № 2. – P. 317.
25. Roussos C.S. Diaphragmatic fatigue in man / P.T. Macklem // *J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol.* – 1977. – V. 43. – P. 189.

- 
26. *Schmid K.* Spectral composition of synchronized discharge of phrenic nerve activity in the rabbit and effects of pulmonary afferents / G. Borner // *Resp. Physiol.* – 1989. – V.76. – № 1. – P. 37.
27. *Schweitzer T.W.* Spectral analysis of human inspiratory diaphragmatic electromyograms / J.S. Fitzgerald, J.A. Bowden, P. Lynne-Davies // *J. Appl. Physiol.: Resp. Environ. Exercise Physiol.* – 1979. – V. 46. – P. 152.
28. *Suthers G.K.* Postnatal changes in the rate of high frequency bursts of inspiratory activity in cats and dogs / D.J. Henderson-Smart, D.J.C. Read // *Brain Res.* – 1977. – V.132. – P. 537.
29. *Thomas L. Clanton.* Physiological and genomic Consequences of intermittent hypoxia. Invited review: adaptative responses of skeletal muscle to intermittent hypoxia: the known and the unknown / Paul F. Klawitter // *Journal of Applied Physiology.* – 2001. – V. 90. – Issue 6. – P. 2476–2487.
30. *Vogt M.* Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions / A. Puchart, J. Geiser, C. Zuleger, R. Billeter, H. Hoppeler // *Journal of Applied Physiology.* – 2001. – V. 91. – Issue 1. – P. 173–182.