

*Н. В. КОРНИЛОВА, В. Г. АБУШКЕВИЧ, А. Н. АРДЕЛЯН, Ю. Ю. ПЕРОВА, А. Г. ПОХОТЬКО*

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОЗБУЖДЕНИЯ В НЕРВАХ ЛЯГУШКИ

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения  
Российской Федерации, ул. Седина, д. 4, Краснодар, Россия, 350063.*

### АННОТАЦИЯ

**Цель.** Визуализация процесса возбуждения в нервах лягушки.

**Материалы и методы.** Наблюдения были выполнены на 30 обездвиженных лягушках. У лягушек выделяли ваго-симпатические стволы и седалищный нерв. На правый ваго-симпатический ствол накладывали лигатуры и пересекали его. Над нервами устанавливали сканер камеры газоразрядной визуализации установки КЭЛСИ, создающей высокочастотное электромагнитное поле (1024 Гц). Сканером с высокочувствительной телекамерой снимали 60-секундный видеofilm (частота покадровой съемки до 1000 кадров в секунду), во время которого регистрировались краевое свечение и очаги свечения внутри нерва. Синхронно записывали электрокардиограмму (ЭКГ) в I стандартном отведении. Обработку полученных результатов проводили по площади очага свечения, площади наибольшей яркости свечения, направлению перемещения очагов свечения, линейной скорости перемещения очагов свечения.

**Результаты.** В высокочастотном электромагнитном поле в седалищном нерве лягушки очаги внутреннего свечения появлялись только при раздражении нерва электрическими импульсами, при этом отмечалось сокращение лапки лягушки. В центральном конце перерезанного ваго-симпатического ствола лягушки наблюдали очаги свечения поступающие из мозга, синхронные сердечному ритму, предшествующие зубцу V на ЭКГ лягушки.

**Заключение.** Визуализируемые очаги свечения в нерве отражают нервную активность.

**Ключевые слова:** визуализация процесса возбуждения в нервах; иерархическая система ритмогенеза сердца

**Для цитирования:** Корнилова Н.В., Абушкевич В.Г., Арделян А.Н., Перова Ю.Ю., Похотько А.Г. Визуализация процесса возбуждения в нервах лягушки. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2018; 25(4): 51-54. DOI: 10.25207 / 1608-6228-2018-25-4-51-54

**For citation:** Kornilova N.V., Abushkevich V.G., Ardelyan A.N., Perova Yu.Yu., Pokhot'ko A.G. Visualization of the excitation process in the frog's nerves. *Kubanskiy nauchnyy medicinskiy vestnik*. 2018; 25(4): 51-54. (In Russ., English abstract). DOI: 10.25207 / 1608-6228-2018-25-4-51-54

**N. V. KORNILOVA, V. G. ABUSHKEVICH, A. N. ARDELYAN, YU. YU. PEROVA, A. G. POKHOT'KO**

### VISUALIZATION OF THE EXCITATION PROCESS IN THE FROG'S NERVES

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education  
"Kuban State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation,  
Sedina, 4, Krasnodar, Russia, 350063.*

### ABSTRACT

**Aim.** Visualization of the excitation process in the frog's nerves.

**Materials and methods.** Observations were carried out on 30 immobilized frogs. Vagosympathetic trunks and sciatic nerve were allocated from the frogs. Ligatures were placed on the right vagosympathetic trunk crossing it. A scanner of the gas discharge visualization camera of the CELSY device, which created a high-frequency electromagnetic field (1024 Hz), was installed above the nerves. The scanner with a highly sensitive camera shot a 60-second video (the frequency of frame-by-frame shooting to 1000 frames per second), during which the edge luminescence (Kirlian effect) and the glow spots were recorded inside the nerve. The electrocardiogram (ECG) was synchronously recorded in the I standard lead. The processing of the obtained results was carried out according to the area of the glow spot, the area of the highest luminescence brightness, the direction of the movement of the foci of the luminescence, and the linear velocity of the movement of the glow foci.

**Results.** Foci of the internal luminescence appeared only in the high-frequency electromagnetic field in

the sciatic nerve of the frog when the nerve was stimulated by electrical impulses, which resulted in the contraction of the frog's foot. Glow foci of the brain synchronous to the heart rhythm and preceding the tooth of the V-wave on the frog's ECG were observed at the central end of the cut of the frog's vagosympathetic trunk.

**Conclusion.** Visualized foci of luminescence in the nerve reflect the neural activity.

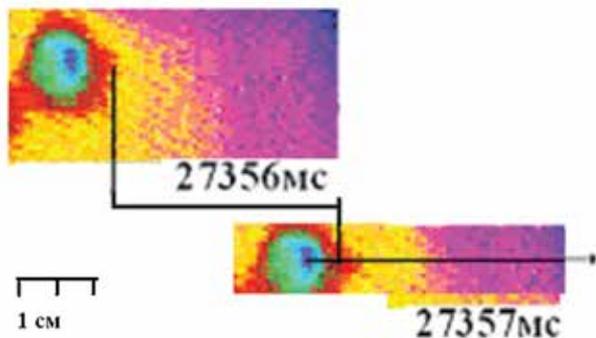
**Keywords:** visualization of the excitation process in the nerves; hierarchical system of heart rhythmogenesis

### Введение

Важной проблемой физиологии является процесс формирования ритма сердца. В нем большая роль принадлежит экстракардиальной нервной системе и, в частности, блуждающему нерву. Согласно концепции В.М. Покровского об иерархической системе ритмогенеза сердца по блуждающим нервам залпы импульсов из головного мозга поступают к автоматогенным структурам сердца и усваиваются пейсмекером синоатриального узла [1].

Традиционные методы выявления «сердечной» залповой импульсации в блуждающем нерве крайне трудоемки вследствие большого количества нервных волокон, идущих к различным органам и очень малого их количества поступающих к синоатриальному узлу [2].

Для решения этого вопроса возможны следующие методические подходы. Во-первых – визуализация процесса возбуждения в нерве в форме очагов свечения в высокочастотном электромагнитном поле [3]. Во-вторых – регистрация процесса возбуждения в ветви нерва, подходящей к сердцу. Для этого целесообразна визуализация процесса возбуждения на участке ваго-симпатического ствола лягушки, подходящего к венозному синусу. В третьих, традиционно считается, что пусковое (синхронизирующее) влияние от мозга поступает по соматическим нервам, а не по вегетативным. В связи с этим необходимо сравнение визуализации процесса возбуждения, поступающего по ваго-симпатическому стволу у лягушки к сердцу с визуализацией процесса возбуждения в седалищном нерве лягушки, с разрушенным спинным мозгом, при стимуляции нерва пороговыми электрическими импульсами, вызывающими сокращение лапки.



**Рис. 1.** Пример расчета скорости перемещения очага  $V = S/T = 0,04/0,001 = 40$  м/с.

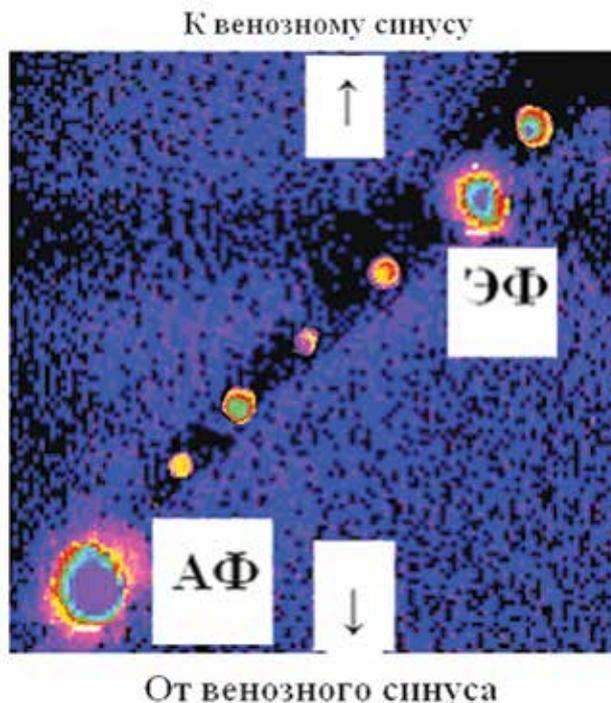
**Fig. 1.** Example of the calculation of the movement speed of the foci  $V = S/T = 0,04/0,001 = 40$  m/c.

**Цель исследования:** визуализация процесса возбуждения в нервах лягушки.

### Материалы и методы

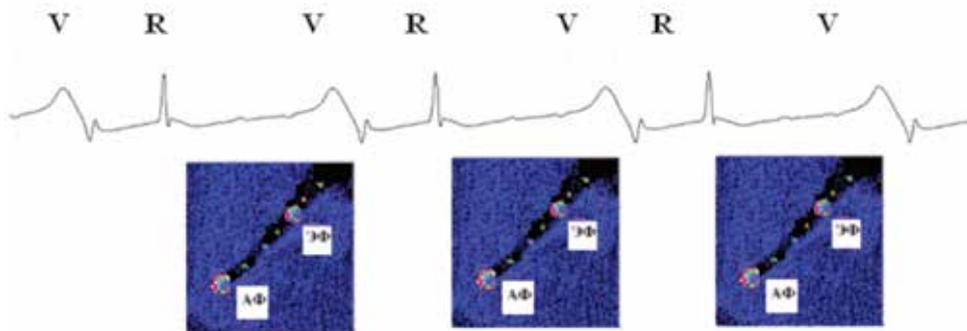
Наблюдения были выполнены на 30 обездвиженных разрушением спинного мозга лягушках.

У лягушек выделяли ваго-симпатические стволы и седалищный нерв. На правый ваго-симпатический ствол накладывали лигатуры и пересекали его. Над нервом устанавливали сканер камеры газоразрядной визуализации установки КЭЛСИ, создающей высокочастотное электромагнитное поле (1024 Гц). Сканером с высокочувствительной телекамерой записывали 60-секундный видеоролик (частота покадровой съемки 24 и 1000 кадров в секунду), во время которого регистрировались краевое свечение и очаги свечения внутри нерва. Синхронно записывали электрокардиограмму (ЭКГ) в I стандартном отведении.



**Рис. 2.** Очаги свечения в высокочастотном электрическом поле в ваго-симпатическом стволу лягушки при сопоставлении фрагментов видеофильма. Направление смещения очагов показано стрелками. Аф – афферентный очаг. Эф – эфферентный очаг. Маленькие очаги – фоновая нейрональная импульсация.

**Fig. 2.** The luminescence foci in a high-frequency electric field in the vagosympathetic trunk of a frog when the fragments of a video are compared. The direction of displacement of the foci is indicated by arrows. Аф – afferent focus. Эф – efferent focus. Small foci – background neuronal impulses.



**Рис. 3.** Очаги свечения в интактном ваго-симпатическом стволе сердца лягушки (внизу), соответствующие по времени зубцам ЭКГ (сверху).

**Fig. 3.** Foci of the luminescence in the intact vagosympathetic trunk of the frog's heart (bottom) corresponding to the time of the ECG teeth (top).

Таблица / Table

### Параметры очагов свечения в ваго-симпатическом стволе лягушки ( $M \pm m$ )

Parameters of glow foci in the vago-sympathetic trunk of a frog ( $M \pm m$ )

Параметры	Афферентный очаг	Эфферентный очаг
Площадь очага свечения в $\text{мм}^2$	$1,40 \pm 0,01$	$1,36 \pm 0,01$ $p < 0,001$
Площадь очага наиболее яркого свечения в $\text{мм}^2$	$0,86 \pm 0,03$	$0,59 \pm 0,01$ $p < 0,001$
Направление перемещения очага	от сердца к мозгу	от мозга к сердцу
Скорость распространения очага в м/с	$16,6 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,3$

Обработку полученных результатов проводили по площади очага свечения, площади наибольшей яркости свечения, направлению перемещения очагов свечения, линейной скорости перемещения очагов свечения (рис. 1). Результаты исследования обрабатывали при помощи компьютерной программы «Statistika 6,0».

### Результаты и обсуждение

Была осуществлена визуализация очагов свечения в ваго-симпатических стволах лягушек, в той части нерва, которая подходит к венозному синусу сердца.

В высокочастотном электрическом поле в исходном состоянии в ваго-симпатическом стволе лягушки наблюдали два очага свечения (рис. 2).

Очаги отличались по площади. Меньший очаг свечения наблюдался перед возбуждением венозного синуса сердца лягушки (зубец V) (рис. 2). Наличие его перед возбуждением венозного синуса сердца лягушки, перемещение его к сердцу позволило меньший очаг свечения обозначить как эфферентный. Скорость проведения эфферентного сигнала была  $5,6 \pm 0,3$  м/с.

Большой по площади очаг свечения наблюдался после возбуждения сердца лягушки (после зубца R) (рис. 3). Перемещался большой очаг по ваго-симпатическому стволу от сердца к мозгу. Он был обозначен как афферентный. Скорость распространения афферентного сигнала составила  $16,6 \pm 0,2$  м/с (таблица).

Площадь афферентного очага свечения превышала площадь эфферентного на 15,0%, а площадь наиболее яркого свечения – на 31,4%.

Необходимо было доказать, что внутренние очаги свечения в ваго-симпатическом стволе отражают не влияние высокочастотного поля на нерв, а процесс возбуждения. Общеизвестно, что в соматических нервах много волокон, по которым пусковые сигналы распространяются к скелетным мышцам. Поэтому следующим этапом исследования явилось изучение визуализации процесса возбуждения в седалищном нерве лягушки.

В высокочастотном электрическом поле вне раздражения седалищного нерва лягушки в нерве наблюдали краевое свечение – эффект Кирлиан.

При стимуляции нерва одиночными импульсами в нерве появлялись очаги внутреннего свечения. При прекращении стимуляции они исчезали.

При раздражении центрального конца нерва на один стимул возникало 4 очага свечения, которые перемещались в сторону лапки и приводили к ее сокращению. Скорости перемещения очагов различались.

### Заключение

Тот факт, что в седалищном нерве обездвиженной разрушением спинного мозга лягушки в высокочастотном электромагнитном поле имеет место только краевое свечение, а при стимуляции нерва электрическими импульсами, вызывающими сокращение лапки лягушки, возникают очаги

внутреннего свечения в нерве, свидетельствует, что эти очаги отражают процесс возбуждения и являются эфферентными.

Если это интерполировать на очаги свечения в центральном конце перерезанного ваго-симпатического ствола лягушки, то есть поступающие из мозга, синхронные сердечному ритму, предшествующие зубцу V на ЭКГ лягушки, то можно предположить, что они отражают эфферентную нервную активность.

Установлено, что сердце усваивает ритм парасимпатического нерва, когда очаг первоначально возбуждения в пейсмекерной зоне сердца под действием нервного влияния становится широким за счет одновременного возбуждения большого количества пейсмекерных клеток [4].

Данные нашего исследования о том, что в ваго-симпатическом стволе лягушки в высокочастотном электромагнитном поле зарегистрирован один эфферентный очаг свечения, возможно объясняются тем, что у лягушки, в отличие от теплокровных животных [6], активность пейсмекерных клеток различных участков венозного синуса различается незначительно [5] и для их одновременного возбуждения достаточно одной эфферентной нервной посылки из мозга.

Таким образом, полученные в настоящем исследовании факты по визуализации процесса возбуждения в нервах могут служить для интерпретации процесса передачи нервных «посылок» от головного мозга к сердцу по ваго-симпатическим стволам как передаточному звену иерархической системы ритмогенеза сердца.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Pokrovskii V.M., Abushkevich V.G., Gurbich D.V., Klykova M.S., Nechepurenko A.A. Interaction of brain and intracardiac levels of rhythmogenesis hierarchical system at heart rhythm formation. *J Integr Neurosci*. 2008 Dec; 7(4): 457-62.
2. Agostoni E., Chinnock J.E., De Burgh Daly M. and Murray J.G. Functional and histological studies of the vagus nerve and its branches to the heart, lungs and abdominal viscera in the cat. *J. physiol*. 1957 Jan 23; 135(1): 182-205.
3. Покровский В.М., Абушкевич В.Г., Перова Ю.Ю., Перова М.Ю., Похотько А.Г., Арделян А.Н. Обнаружение в ваго-симпатическом стволе, находящемся в высокочастотном электрическом поле, очагов свечения, связанных с активностью сердца лягушки. *Доклады Академии наук*. 2016 Май; 468(1): 104-5. [Pokrovskii V.M., Abushkevich V.G., Perova Y.Y., Perova M.Y., Pokhotko A.G., Ardelyan A.N. Detection of flashing areas attributed to the frog cardiac function in the vagosympathetic trunk placed into a high frequency electric field. *Dokl Biol Sci*. 2016 May; 468(1): 104-5. DOI: 10.1134/S0012496616030042. Epub 2016 Jul 14 (in Russ)].
4. Pokrovsky V.M. Integration of the heart rhythmogenesis levels: heart rhythm generator in the brain. *J. Integrative Neuroscience*. 2005. Jun; 4(2): 161-8.
5. Hemande D., Guerrero S., Morales M. Electrophysiological characteristics of cardiac pacemaker cells of the frog *Caudiverbera caudiverbera*. *Comp Biochem Physiol*. 1987; 87(3): 649-56.
6. Yael Yaniv, Ismayil Ahmet, Jie Liu, Alexey E. Lyashkov, Toni-Rose Guiriba, Yosuke Okamoto, Bruce D. Ziman and Edward G. Lakatta. Synchronization of sinoatrial node pacemaker cell clocks and its autonomic modulation impart complexity to heart beating intervals Short title: Beating-rate variability of sinoatrial node cells. *Heart Rhythm*. 2014 Jul; 11(7): 1210-1219.

Поступила / Received 22.02.2018

Принята в печать / Accepted 06.07.2018

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest

**Контактная информация:** Арделян Александр Николаевич; тел.: (903) 450-40-53; e-mail: ardel@bk.ru;  
Россия, 350063, г. Краснодар, ул. Седина, д. 4.

**Corresponding autor:** Alexander N. Ardelyan; tel.: (903) 450-40-53; e-mail: ardel@bk.ru;  
4. Sedina str.; Krasnodar, Russia, 350063.