

УДК 612.17+612.8+612.2

UDC 612.17+612.8+612.2

14.00.00 Медицинские науки

Medical sciences

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НЕЙРОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В ВАГО-СИМПАТИЧЕСКОМ СТВОЛЕ ЛЯГУШКИ**VISUALIZATION OF NEURONAL ACTIVITY IN FROG'S VAGO-SYMPATHETIC TRUNK**

Перова Юлия Юрьевна

Кубанский медицинский институт, Краснодар, Россия

Perova Yulia Yuryevna

Kuban Medical Institute, Krasnodar, Russia

Предложено применение метода визуализации распространения возбуждения в нерве в высокочастотном электрическом поле

It is proposed to use the visualization method of propagation of excitation in the nerve in a high-frequency electric field.

Ключевые слова: ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, НЕЙРОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ, ВАГО-СИМПАТИЧЕСКИЙ СТВОЛ, ЛЯГУШКА

Keywords: VISUALIZATION, NEURONAL ACTIVITY, VAGO-SYMPATHETIC TRUNK, FROG

Выявление эфферентной «сердечной» активности в волокнах идущих к сердцу в составе блуждающего нерва (ваго-симпатического ствола), при помощи анализа нейрограммы затруднительно - в составе нерва идет огромное количество различных нервных волокон, биоэлектрическая активность которых завуалирует «сердечную» эфферентную активность этих волокон.

Методы «морфологического» и «функционального» разволокнения с целью регистрации эфферентной «сердечной» активности малопримемлемы. Первые весьма трудоемкие. Вторые – недостаточно информативные [2]. Таким образом, требуются новые подходы. Одним из них является применение метода визуализации распространения возбуждения в нерве.

Ранее было установлено, что в высокочастотном поле, помимо краевого свечения – эффекта Кирлиан, внутри возбудимых тканей возникает очаг свечения, локализация и динамика которого соответствует очагу возбуждения [1].

Этот факт позволяют предположить возможность использования очага свечения в высокочастотном поле для визуализации волны возбуждения в системе: ваго-симпатический ствол – пейсмекер сердца лягушки (венозный синус).

Цель работы – оценить возможности визуализации эфферентной «сердечной» активности в ваго-симпатическом стволе лягушки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты были выполнены на 30 лягушках *Rana temporaria*, обездвиженных путём разрушения спинного мозга. Со стороны спины оперативным путем вырезали «окно» на уровне венозного синуса, боковых и каудальной вены таким образом, что вышеуказанные структуры находились на сканере камеры газоразрядной визуализации установки КЭЛСИ, создающей высокочастотное электрическое поле (1024 Гц). Рядом с боковыми венами находились ваго-симпатические стволы. Правый ваго-симпатический ствол пересекали. Сканером с высокочувствительной телекамерой снимали 60-секундный видеофильм (частота покадровой съемки 1000 кадров в секунду), во время которого регистрировались краевое свечение (эффект Кирлиан) и очаги свечения в ваго-симпатических стволах и пейсмекере венозного синуса сердца лягушки. Оценивали количество светящихся очагов в ваго-симпатическом стволе, их локализацию. При помощи компьютерной программы по интенсивности свечения проводили томографические срезы. Определяли площади каждого из срезов, расстояние между ними.

Анализ полученных результатов проводили по площади очага свечения и площади зоны наибольшей яркости свечения в квадратных миллиметрах на сканограмме (рис.1).

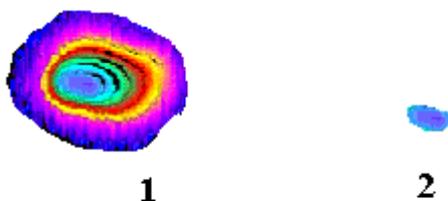


Рис. 1. Очаг свечения в вагосимпатическом стволе (1) и зона наибольшей яркости свечения (2).

Компьютерная программа 3d по яркости свечения проводила томографические срезы очага свечения (рис. 2).

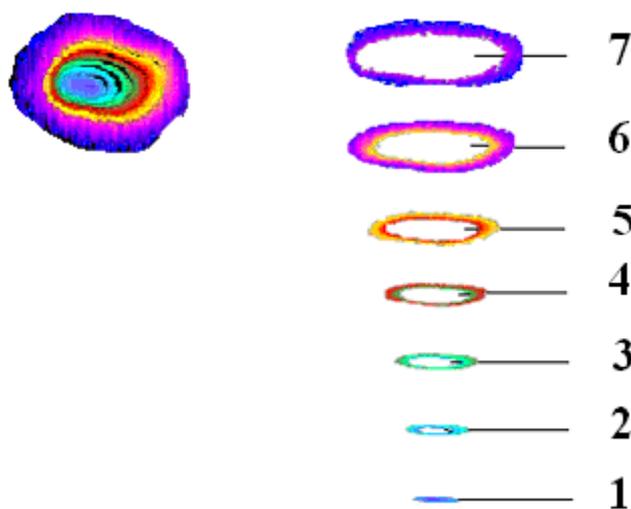


Рис. 2. Томографические срезы очага по яркости свечения (цифрами обозначены срезы).

Определяли количество томографических слоев по яркости свечения, расстояние между срезами (рис.3), площадь срезов (рис. 4).

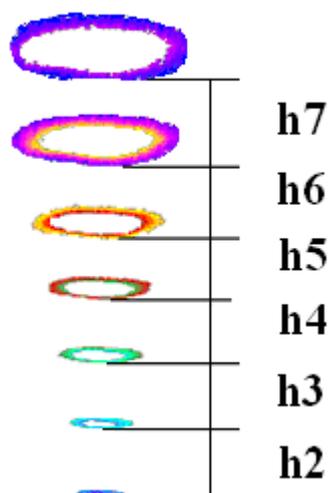


Рис. 3. Расстояние между томографическими срезами очага свечения (цифрами обозначены срезы).

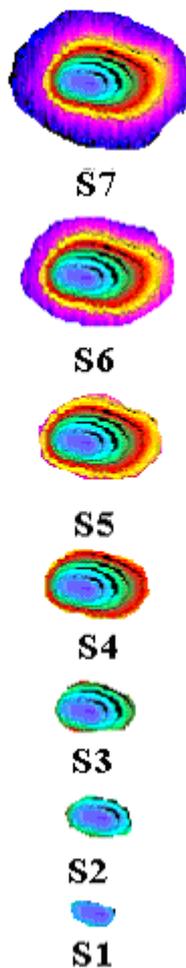


Рис. 4. Площади томографических срезов очага свечения (цифрами обозначены срезы).

При сопоставлении кадров измеряли расстояние между очагами и, зная время между кадрами, определяли линейную скорость движения светящихся очагов.

Блок-схема установки представлена на рисунке 5.

Статистический анализ результатов исследования был проведен с использованием программ: «STATISTIKA 6,0 for Windows». Вначале определяли нормальность распределения вариантов. Это позволяло использовать параметрические методы обработки. Вычисляли M –

среднюю арифметическую, m – стандартную ошибку средней арифметической, P – показатель достоверности различий. За достоверные различия в сравнении средних величин в парных сравнениях брали t -критерий Стьюдента при $p < 0,05$.

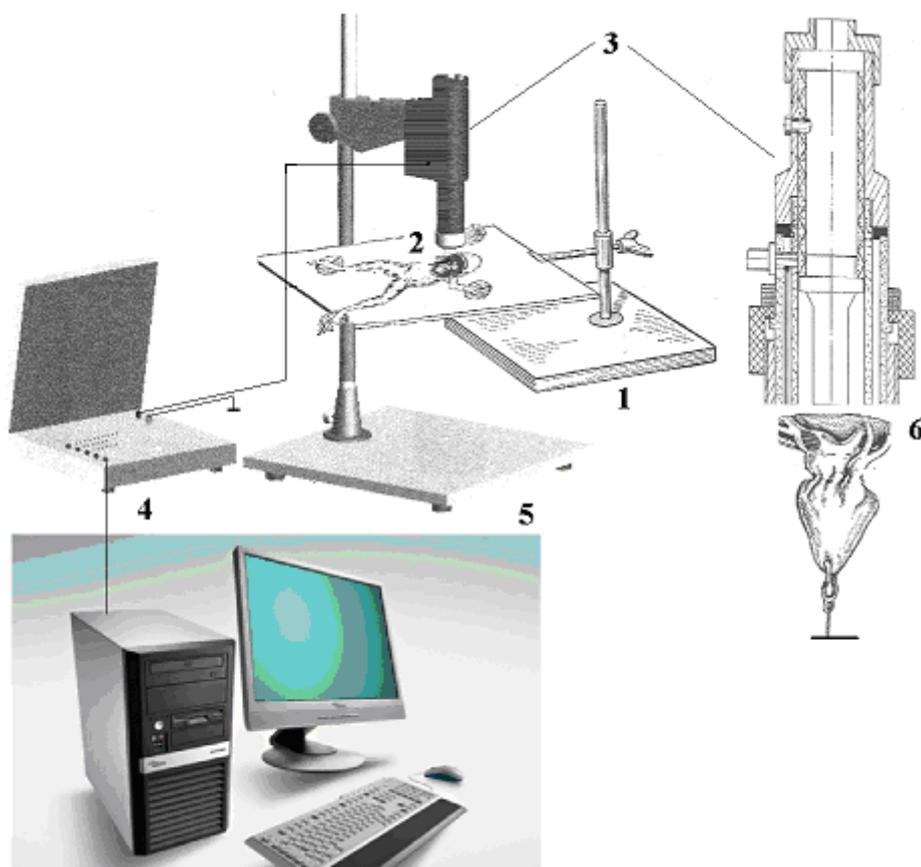


Рис.5. Блок-схема установки.

1 - штатив. 2 - ваго-симпатический ствол. 3 – газоразрядная камера, микроскоп, телекамера. 4 – система управления параметрами высокочастотного электрического поля. 5. – компьютер для отображения срезов очага свечения. 6 – сердце лягушки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ваго-симпатических стволах, подходящих к венозному синусу сердца лягушки, с сохраненным головным мозгом, в высокочастотном электрическом поле наблюдали очаги свечения в нервах (рис.6).

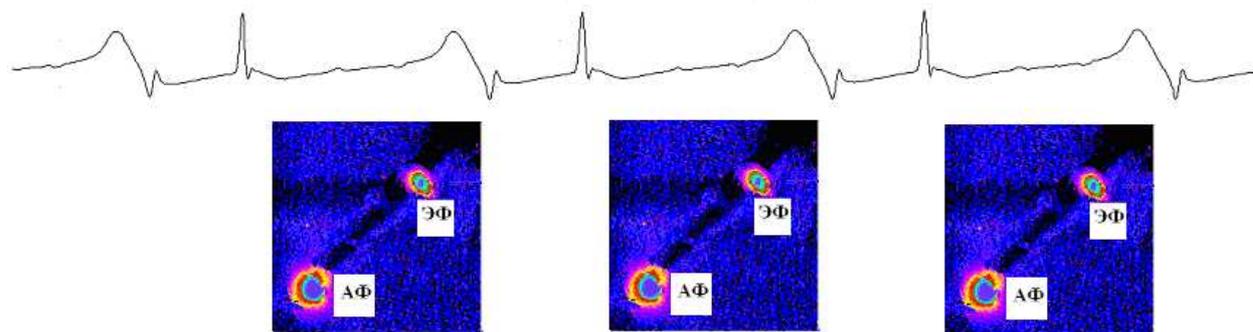


Рис. 6. Очаги свечения в вагосимпатическом стволе сердца лягушки, соответствующие электрокардиограмме (верхняя запись).

Вначале возбуждения венозного синуса в левом интактном вагосимпатическом стволе имели место два очага свечения, в то время как в правом, перерезанном вагосимпатическом стволе, - один очаг свечения

Как известно, возбуждение возникает в венозном синусе сердца лягушки, затем в предсердиях и только потом в желудочке.

Во время отсутствия возбуждения в венозном синусе сердца лягушки наблюдался только один очаг свечения в нерве.

Поскольку регистрация очагов свечения проводилась в участках вагосимпатических стволов перед их входом в венозный синус, то можно считать, что очаги свечения наблюдались в сердечных волокнах.

В связи с тем, что в интактном вагосимпатическом стволе два очага свечения имели место только в начале возбуждения пейсмекера венозного синуса, а один очаг - вне его возбуждения, можно предположить что один очаг, который был и в той и другой ситуации является афферентным, а второй, который возникал перед возбуждением пейсмекера венозного синуса - эфферентный.

На электрокардиограмме лягушки эфферентный сигнал (очаг) предшествовал зубцу возбуждения венозного синуса, а афферентный возникал после зубца R.

Афферентный и эфферентный очаги свечения компьютерной программой по интенсивности свечения разбивались на 7 срезов от наибольшей интенсивности свечения к наименьшей интенсивности свечения. Расстояния (h_1-h_6) между томографическими срезами этих двух очагов не различались (таблица 1). Это свидетельствует о том, что афферентный и эфферентные сигналы, связанные с ритмом сердца, передаются по близко расположенным нервным волокнам.

В то же время по мере удаления от очага наибольшей яркости свечения расстояние между срезами увеличивалась как в эфферентном, так и в афферентном очагах свечения.

В эфферентном очаге свечения расстояния h_1, h_2, h_3 достоверно не изменялись, h_4 был больше h_1 на 20,7%, соответственно: h_5 на 27,3%, h_6 на 33,8% (таблица 2., рис. 7).

В афферентном очаге свечения расстояния h_1, h_2, h_3 достоверно не изменялись, h_4 был больше h_1 на 10,8%, соответственно: h_5 на 16,9%, h_6 на 20,5% (таблица 3, рис. 8).

По мере удаления от очага наибольшей яркости свечения площадь слоев срезов увеличивалась как в эфферентном, так и в афферентном очагах свечения.

В эфферентном очаге свечения площадь третьего среза превышала площадь первого на 29,5%, соответственно: площадь четвертого среза на

Таблица 1.

Расстояние между срезами очагов свечения в вагосимпатическом стволе лягушки

Параметры	Венозный синус в состоянии возбуждения		Венозный синус в состоянии покоя
	1	2	3
Количество очагов	2		1
Характер очага	Эфферентный	Афферентный	Афферентный
h ₁ в мм на сканограмме	7,7±0,3	8,3±0,4 P ₁ >0,05	7,7±0,3 P ₂ >0,05
h ₂ в мм на сканограмме	8,0±0,4	8,5±0,4 P ₁ >0,05	8,2±0,3 P ₂ >0,05
h ₃ в мм на сканограмме	8,5±0,4	8,5±0,5 P ₁ >0,05	8,5±0,3 P ₂ >0,05
h ₄ в мм на сканограмме	9,3±0,5	9,2±0,3 P ₁ >0,05	9,0±0,3 P ₂ >0,05
h ₅ в мм на сканограмме	9,8±0,5	9,7±0,5 P ₁ >0,05	9,7±0,3 P ₂ >0,05
h ₆ в мм на сканограмме	10,3±0,5	10,0±0,5 P ₁ >0,05	9,8±0,4 P ₂ >0,05

Примечания. P₁ - достоверность между столбцами 1 и 2. Соответственно: P₂ - между столбцами 2 и 3. h₁-h₆ – расстояние между срезами очагов свечения.

Таблица 2

Сопоставление расстояния между срезами эфферентного очага свечения в вагосимпатическом стволе лягушки

Расстояние между срезами очага свечения в мм на сканограмме					
h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
$7,7 \pm 0,3$	$8,0 \pm 0,4$	$8,5 \pm 0,4$	$9,3 \pm 0,5$	$9,8 \pm 0,5$	$10,3 \pm 0,5$
	$P_1 > 0,05$	$P_1 > 0,05$	$P_1 < 0,001$	$P_1 < 0,001$	$P_1 < 0,001$
		$P_2 > 0,05$	$P_2 < 0,001$	$P_2 < 0,001$	$P_2 < 0,001$
			$P_3 > 0,05$	$P_3 < 0,001$	$P_3 < 0,001$
				$P_4 > 0,05$	$P_4 < 0,001$
					$P_5 > 0,05$

Примечания. P_1 - достоверность между h_1 и h_2, h_3, h_4, h_5, h_6 . Соответственно: P_2 между h_2 и h_3, h_4, h_5, h_6 . P_3 между h_3 и h_4, h_5, h_6 . P_4 между h_4 и h_5, h_6 . P_5 между h_5 и h_6 .

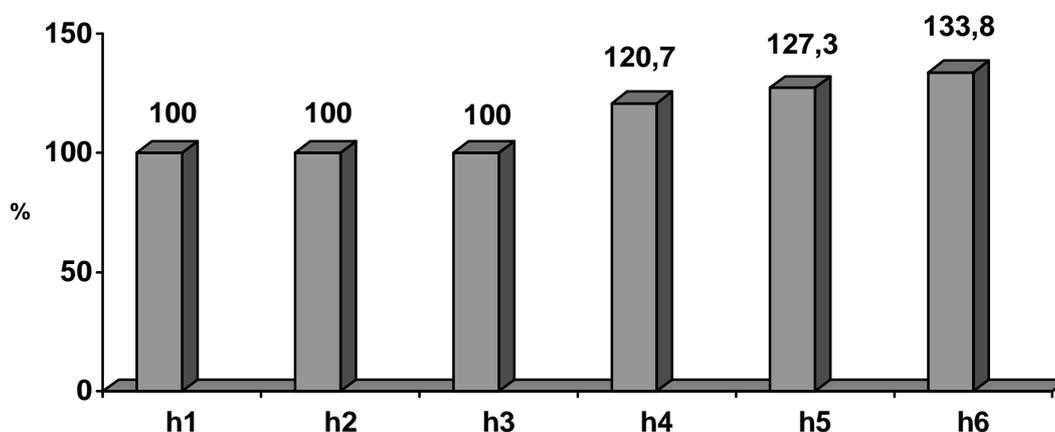


Рис. 7. Расстояние между томографическими срезами по яркости свечения эфферентного очага возбуждения в ваго-симпатическом стволе лягушки. Буквой h с цифрой обозначена расстояние между срезами. За 100% принято расстояние между срезами h_1 .

Таблица 3.

Сопоставление расстояния между срезами афферентного очага свечения в вагосимпатическом стволе лягушки

Расстояние между срезами очага свечения в мм на сканограмме					
h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_6
$8,3\pm 0,4$	$8,5\pm 0,4$	$8,5\pm 0,5$	$9,2\pm 0,3$	$9,7\pm 0,5$	$10,0\pm 0,5$
	$P_1 > 0,05$	$P_1 > 0,05$	$P_1 < 0,001$	$P_1 < 0,001$	$P_1 < 0,001$
		$P_2 > 0,05$	$P_2 > 0,05$	$P_2 < 0,001$	$P_2 < 0,001$
			$P_3 > 0,05$	$P_3 < 0,001$	$P_3 < 0,001$
				$P_4 > 0,05$	$P_4 < 0,001$
					$P_5 > 0,05$

Примечания. P_1 - достоверность между h_1 и h_2, h_3, h_4, h_5, h_6 . Соответственно: P_2 между h_2 и h_3, h_4, h_5, h_6 . P_3 между h_3 и h_4, h_5, h_6 . P_4 между h_4 и h_5, h_6 . P_5 между h_5 и h_6 .

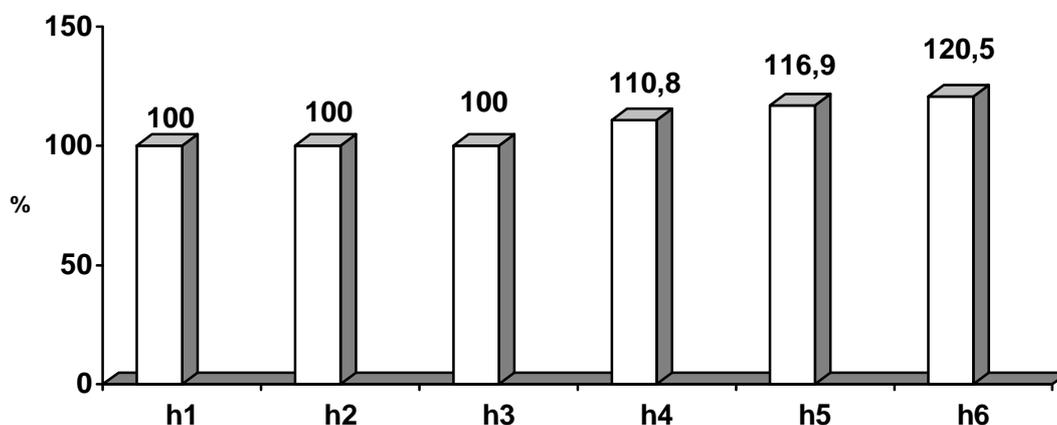


Рис. 8. Расстояние между томографическими срезами по яркости свечения афферентного очага возбуждения в ваго-симпатическом стволе лягушки. Буквой h с цифрой обозначена расстояние между срезами. За 100% принято расстояние между срезами h_1 .

35,8%, площадь пятого среза на 62,0%, площадь шестого среза на 120,7%, площадь седьмого среза на 130,6% (таблица 4, рис. 9).

В афферентном очаге свечения площадь второго среза превышала площадь первого на 7,4%, соответственно: площадь третьего среза на 29,4% площадь четвертого среза на 37,9%, площадь пятого среза на 68,2%, площадь шестого среза на 176,7%, площадь седьмого среза на 86,5% (таблица 5.,рис. 10).

Афферентный и эфферентный очаги свечения различались по площади. Площадь эфферентного очага свечения была на 38,7% меньше площади афферентного. Площадь наиболее интенсивной зоны эфферентного очага свечения была на 50,5% меньше аналогичной зоны афферентного очага свечения. Площади срезов представлены в таблице 6 и на рисунке 11.

Таблица 4

Сопоставление площади срезов эфферентного очага свечения в вагосимпатическом стволе лягушки

Площади срезов очага свечения в мм ² на сканограмме						
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
58,9±1,4	62,6±1,8	76,3±1,1	80,0±0,9	95,4±1,0	130,0±2,3	135,8±1,1
	P ₁ >0,05	P ₁ <0,001				
		P ₂ <0,001				
			P ₃ <0,001	P ₃ <0,001	P ₃ <0,001	P ₃ <0,001
				P ₄ <0,001	P ₄ <0,001	P ₄ <0,001
					P ₅ <0,001	P ₅ <0,001
						P ₆ <0,001

Примечания. P_1 - достоверность между S_1 и $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$. Соответственно: P_2 между S_2 и S_3, S_4, S_5, S_6, S_7 . P_3 между S_3 и S_4, S_5, S_6, S_7 . P_4 между S_4 и S_5, S_6, S_7 . P_5 между S_5 и S_6, S_7 . P_6 между S_6 и S_7 .

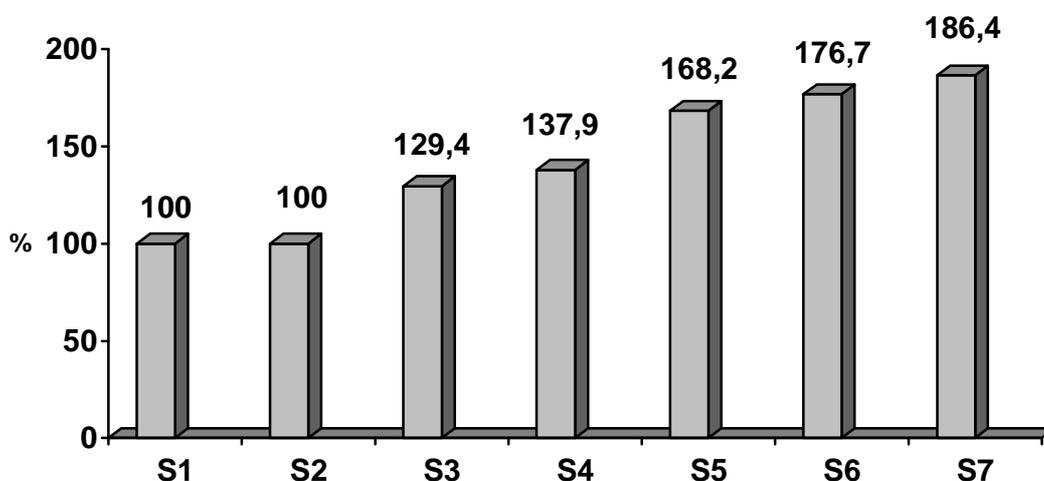


Рис. 9. Площади томографических срезов по яркости свечения эфферентного очага возбуждения в ваго-симпатическом стволе лягушки. Буквой S с цифрой обозначена площадь среза. За 100% принята площадь зоны наибольшей яркости свечения.

Таблица 5

Сопоставление площади срезов афферентного очага свечения в вагосимпатическом стволе лягушки

Площади срезов очага свечения в мм ² на сканограмме						
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
118,9±1,8	127,7±1,7	153,9±1,9	164,0±1,2	200,0±1,4	210,1±1,1	221,7±1,6
	$P_1 < 0,001$					
		$P_2 < 0,001$				
			$P_3 < 0,001$	$P_3 < 0,001$	$P_3 < 0,001$	$P_3 < 0,001$
				$P_4 < 0,001$	$P_4 < 0,001$	$P_4 < 0,001$
					$P_5 < 0,001$	$P_5 < 0,001$
						$P_6 < 0,001$

Примечания. P_1 - достоверность между S_1 и $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$. Соответственно: P_2 между S_2 и S_3, S_4, S_5, S_6, S_7 . P_3 между S_3 и S_4, S_5, S_6, S_7 . P_4 между S_4 и S_5, S_6, S_7 . P_5 между S_5 и S_6, S_7 . P_6 между S_6 и S_7 .

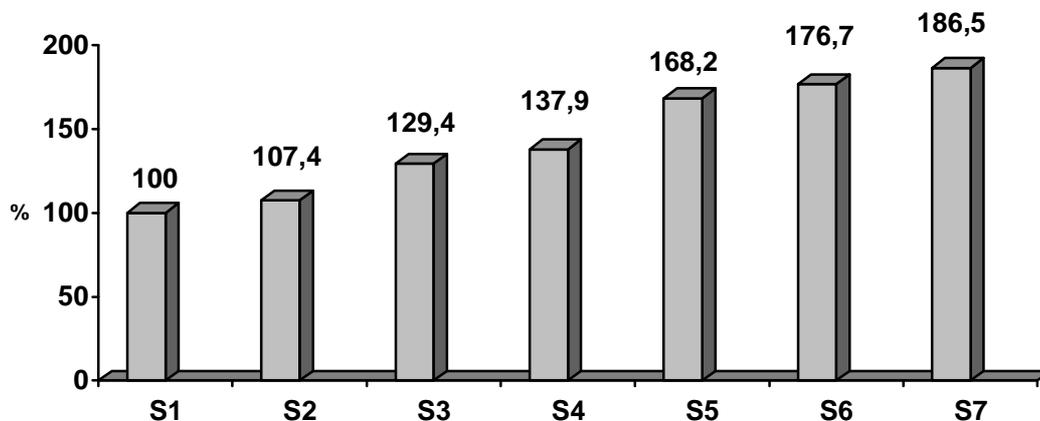


Рис.10. Площади томографических срезов по яркости свечения афферентного очага возбуждения в ваго-симпатическом стволе лягушки. Буквой S с цифрой обозначена площадь среза. За 100% принята площадь зоны наибольшей яркости свечения.

Таблица 6.

Параметры очагов свечения в вагосимпатическом стволе лягушки

Параметры	Венозный синус в состоянии возбуждения		Венозный синус в состоянии покоя
	1	2	3
Характер очага	Эфферентный	Афферентный	Афферентный
S ₁ в мм ² на сканограмме	58,9±1,4	118,9±1,8 P ₁ <0,001	122,2±1,2 P ₂ >0,05
S ₂ в мм ² на сканограмме	62,6±1,8	127,7±1,7 P ₁ <0,001	130,7±1,3 P ₂ >0,05
S ₃ в мм ² на сканограмме	76,3±1,1	153,9±1,9 P ₁ <0,001	157,7±1,6 P ₂ >0,05
S ₄ в мм ² на сканограмме	80,0±0,9	164,0±1,2 P ₁ <0,001	167,0±1,7 P ₂ >0,05
S ₅ в мм ² на сканограмме	95,4±1,0	200,0±1,4 P ₁ <0,001	203,0±2,2 P ₂ >0,05
S ₆ в мм ² на сканограмме	130,0±2,3	210,1±1,1 P ₁ <0,001	212,2±2,3 P ₂ >0,05
S ₇ в мм ² на сканограмме	135,8±1,1	221,7±1,6 P ₁ <0,001	225,3±2,4 P ₂ >0,05

Примечания. P₁ - достоверность между столбцами 1 и 2. Соответственно: P₂ - между столбцами 2 и 3. S₁-S₇ – площадь сечения срезов очага свечения.

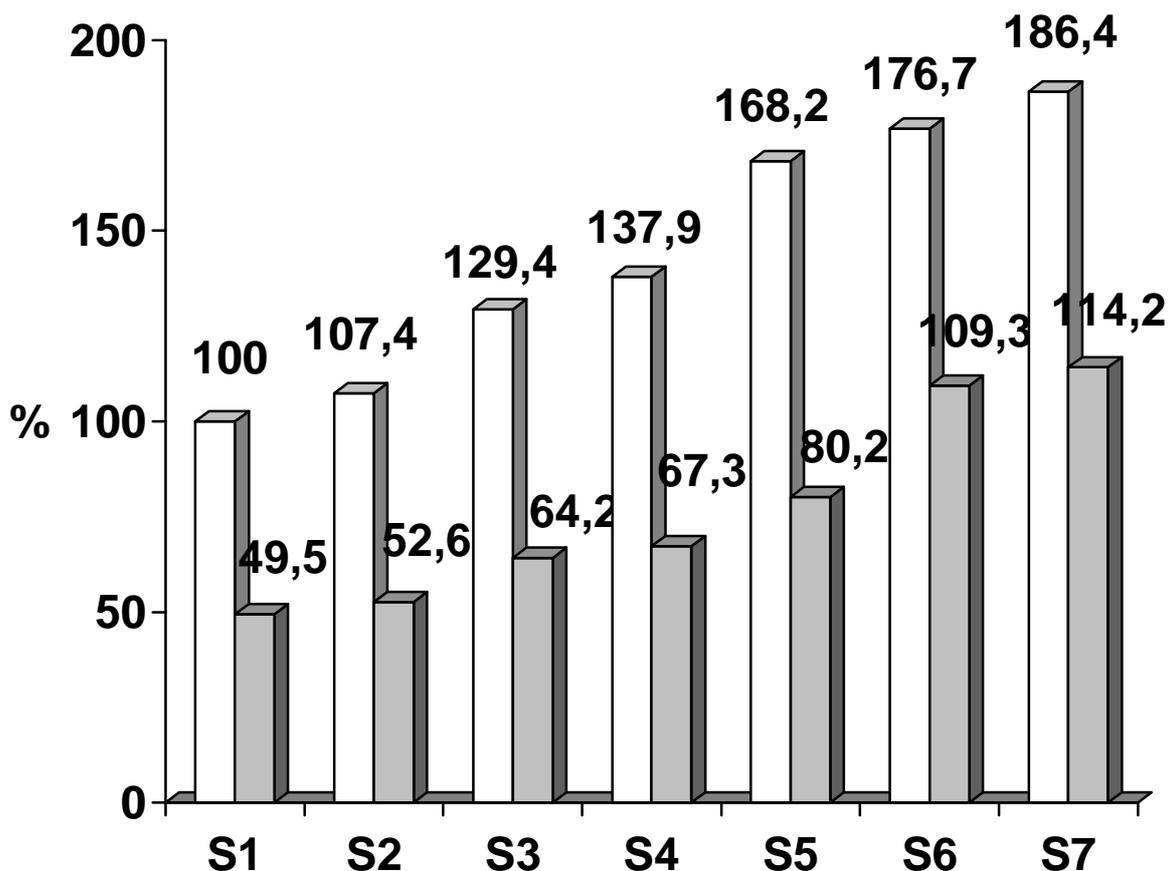


Рис. 11. Площади томографических срезов по яркости свечения в афферентном (синие столбики) и эфферентном (красные столбики) очагах свечения. Буквой S с цифрой обозначена площадь среза. За 100% принята площадь свечения в афферентном очаге первого слоя (наибольшая яркость свечения).

ВЫВОД: при естественном сердечном ритме в ваго-симпатических стволах лягушки в высокочастотном электрическом наблюдали два очага свечения. Эти очаги отличались размерами. Эти очаги свечения были связаны с ритмом сердца и передавались по близко расположенным нервным волокнам. Меньший очаг свечения перемещался к сердцу и был обозначен как эфферентный, а больший очаг свечения перемещался от сердца к мозгу и был обозначен как афферентный.

Список использованной литературы

- 1.Перова М.Ю., Абушкевич В.Г., Федунова Л.В., Перов В.Ю. Газоразрядная визуализация процесса возбуждения пейсмекера венозного синуса сердца лягушки при вагусно-сердечной синхронизации // Кубанский научный медицинский вестник.- 2010.- №3-4 (117-118).- С. 151-156.
- 2.Ordelman S.C., Kornet L., Cornelussen R., Buschman H.P. An indirect component in the evoked compound action potential of the vagal nerve //J Neural Eng. – 2010. - № 7. – P. 1 -9.

References

- 1.Perova M.Ju., Abushkevich V.G., Fedunova L.V., Perov V.Ju. Gazorazrjadnaja vizualizacija processa vozbuzhdenija pejsmekera venoznogo sinusa serdca l'jagushki pri vagusno-serdechnoj sinhronizacii // Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik.- 2010.- №3-4 (117-118).- S. 151-156.
- 2.Ordelman S.C., Kornet L., Cornelussen R., Buschman H.P. An indirect component in the evoked compound action potential of the vagal nerve //J Neural Eng. – 2010. - № 7. – P. 1 -9.