УДК 612.17+612.8+612.2

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПЕЙСМЕКЕРА ЖЕЛУДКА МЫШИ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ В ИСХОДНОМ СОСТОЯНИИ И ПРИ СТИМУЛЯЦИИ БЛУЖДАЮЩЕГО НЕРВА

Грицаев Е.И., Абушкевич В.Г.

ГБОУ ВПО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, e-mail: AbushkevichVG@KSMA.ru

В желудке у 15 мышей в высокочастотном электрическом поле наблюдали очаг свечения. В нем выделялась зона наиболее интенсивного свечения и другие последовательные менее интенсивные по свечению зоны. Наиболее интенсивная по свечению зона соответствовала пейсмекерной, а другие зоны отражали распространение возбуждения. Одновременно проводили компьютерное картирование очага первоначального возбуждения в желудке 64-электродной матрицей для контроля соответствия очага свечения, получаемого методом газоразрядной визуализации, срезу очага первоначального возбуждения, выявляемого методом компьютерного картирования. Локализация и динамика перемещения очага свечения соответствовала данным компьютерного картирования очага первоначального возбуждения в желудке. Полученные данные подтверждают наличие пейсмекерной системы в желудка; пейсмекер большой кривизны желудка возле кардиального отдела, пейсмекер антральной зоны желудка, пейсмекер пилорического отдела. Каждая предыдущая пейсмекерная зона приводит к возбуждению последующей. Раздражение блуждающего нерва электрическими импульсами вызвало расширение очага интенсивного свечения, а следовательно, пейсмекерной зоны, что обусловливает распространение возбуждения в желудке.

Ключевые слова: светящийся очаг, пейсмекерная зона желудка, высокочастотное электрическое поле, картирование

VISUALIZATION OF THE MOUSE'S STOMACH PACEMAKER IN THE HIGH-FREQUENCY ELECTRICAL FIELD IN THE MOUSE'S INITIAL STATE AND UNDER STIMULATION OF THE VAGUS NERVE

Gritsaev E.I., Abushkevich V.G.

Kuban State Medical University, Krasnodar, e-mail: AbushkevichVG@KSMA.ru

In the 15 white mice, there has been found out a focus of light emission in the high-frequency electrical field. In this focus, there was a zone of a more intense light emission and other consecutive zones, which were less intense in their light emission. The most intense zone in its light emission corresponded to that of pacemaker and other zones reflected the spreading of excitation. Simultaneously, computer mapping of the initial excitation focus in the mouse's stomach was carried out using 64-electrode matrix in order to control the correspondence of the light emission focus, obtained by the gas-discharge visualization, to the cross-section of the initial excitation focus, identified by the method of computer mapping. Localization of the focus and the dynamics of its moving corresponded the data received by. The technique was performed by the electrode matrix. The dynamics of the light emission proves the fact that there is a pacemaker system in the stomach: the pacemaker of the major curve near the cardia of the previous pacemaker cone leads to excitation of the following zone. The stimulation of the vagus nerve by electrical impulses caused the widening of the focus of light emission and, consequently, the widening of the pacemaker zone which conditions an increase in the speed of excitation development in the stomach.

Keywords: light emission focus of the pacemaker zone in the stomach, high-frequency electrical field, mapping

В мышечной оболочке желудка имеются интерстициальные клетки Кахаля, которые являются пейсмекерными. Они генерируют медленные волны в мышечных клетках желудка. Повреждение промежуточных клеток Кахаля приводит к отсутствию медленных волн, что делает невозможным любой вид сокращения и моторно-эвакуаторную функцию желудка [1. 5, 6].

Пейсмекерная функция желудка мало изучена [2]. Одним из объектов изучения является пейсмекер желудка белой мыши [7].

Цель работы – осуществить визуализацию пейсмекера и волны возбуждения в желудке в высокочастотном электрическом поле у лабораторных животных – мышей – в исходном состоянии и при стимуляции блуждающего нерва.

Материал и методы исследования

У 15 белых мышей вскрывали брюшную полость. На область желудка животного помещали устройство газоразрядной визуализации фирмы «КЭЛСИ». Для ввода изображений в этой системе использованы сканер «КЭЛСИ» - устройства газоразрядной визуализации на эффекте Кирлиан и устройство оцифровки видеосигнала AverTV, устанавливаемое в PCIслот компьютера. При создании высокочастотного и высоковольтного поля (частота 1024 Гц) получали краевое свечение Кирлиан, а внутри желудка - светящийся очаг. Свечение регистрировалось высокочувствительной и высокоскоростной телекамерой установки (до 1000 кадров в секунду). Специальные программы строили гистограммы яркости свечения и гистограммы длины волн свечения. В качестве обрабатываемых параметров использовали в начале и в конце волны возбуждения в желудке локализацию очага свечения, расположение центра очага

свечения относительно кардии в миллиметрах, площадь очага свечения в квадратных миллиметрах, площадь очага интенсивного свечения в квадратных миллиметрах. Определяли время распространения волны возбуждения в секундах, расстояние, на которое за это время распространялась волна возбуждения в миллиметрах, скорость волны возбуждения в миллиметрах в секунду, гистограмму яркости свечения очага в биттах, гистограмму длины волн очага свечения в нанометрах.

В каждом опыте в исходном состоянии и при раздражении блуждающих нервов электрическими импульсами снимали видеофильм высокочувствительной телекамерой, во время которого регистрировалось свечение пейсмекера желудка. Синхронно проводили компьютерное картирование очага возбуждения в пейсмекерной зоне 64-электродной матрицей для контроля соответствия очага свечения, получаемого методом газоразрядной визуализации, срезу очага первоначального возбуждения, выявляемого методом компьютерного картирования. Проводилось сопоставление данных, полученных обоими методами, по времени возникновения возбуждения, по месту его возникновения.

При обработке результатов рассчитывали среднее квадратичное отклонение $\pm \sigma$. Выстраивали данные наблюдений в вариационные ряды и оценивали доли вариант, попавших в диапазоны $M \pm \sigma$, $M \pm 2\sigma$, $M \pm 3\sigma$. Процентное распределение значений по диапазонам было $M \pm \sigma \geq 68,0\%$, $M \pm 2\sigma \geq 95,5\%$, $M \pm 2\sigma \geq 99,9\%$. Это свидетельствовало о нормальности распределения вариант и позволило полученные данные и расчетные величины обрабатывать параметрическими методами вариационной статистики на электронно-вычислительной машине. Вычисляли M – среднюю арифметическую, m – стандартную ошибку средней арифметической, P – показатель достоверности различий.

Результаты исследования и их обсуждение

У белых крыс пейсмейкер находится на большой кривизне желудка недалеко от кардиального отдела. Там, по данным компьютерного картирования, зарождалась волна возбуждения, приводящая к сокращению мышц желудка. При создании высокочастотного электрического поля в этом месте в желудке появлялся светящийся очаг (таблица). В нем выделялась зона наиболее интенсивного свечения и другие последовательные менее интенсивные по свечению зоны. Исходя из литературных данных по анализу светящегося очага в сердце [3], можно считать, что наиболее интенсивная по свечению зона соответствует пейсмекерной, а другие зоны отражают распространение возбуждения.

В последующем очаг свечения смещался в сторону антральной части желудка, а затем пилорической. Это свидетельствовало о распространении возбуждения в этом направлении, в том числе наиболее интенсивной зоны свечения – пейсмекерной, что можно объяснить тем, что пейсмекерные клетки – клетки Кахаля, соединяясь между собой, образуют в желудке пейсмекерную сеть: от тела желудка к его антральной части и к пилорическому отделу [1].

В конце волны возбуждения в желудке центр очага свечения смещался на расстояние, превышающее расстояние от кардии на 50,0%. Площадь очага свечения увеличивалась на 175,7%, а площадь очага интенсивного свечения увеличивалась на 214,3%.

При раздражении правого блуждающего нерва в желудке происхолило смещение центра очага свечения в сторону пилорического отдела по отношению к его локализации до раздражения нерва в начале волны на 47,6%, в конце волны возбуждения на 21,4%. В начале волны возбуждения площадь светящегося очага увеличивалась на 225,2%, площадь очага интенсивного свечения возрастала на 266,7%. В конце волны возбуждения в желудке при стимуляции блуждающего нерва площадь очага свечения увеличивалась на 52,5%. Площадь очага интенсивного свечения возрастала на 25,8%.

Увеличение при раздражении блуждающего нерва очага интенсивного свечения (функционирующего пейсмекера), по-видимому, связано с вовлечением в процесс дополнительных клеток Кахаля. На это указывает тот факт, что второй тип клеток Кахаля контактирует с нервными окончаниями, высвобождающими ацетилхолин [8].

В плане природы очага свечения можно привести следующие. Как известно, в высокочастотном электрическом поле наблюдается краевое свечение живых и неживых объектов – эффект Кирлиан. Живые светятся ярко, а неживые – тускло. Наряду с краевым свечением желудка в высокочастотном электрическом поле мы наблюдали очаг свечения внутри органа. В невозбудимых тканях очага свечения в высокочастотном электрическом поле нет. Поэтому эффект Кирлиан и очаг свечения в возбудимых тканях, в том числе в пейсмекере желудка – это, по-всей видимости, разные явления. Поскольку краевое свечение Кирлиан есть свечение газа - воздуха, окружающего объект, то можно было бы предположить, что свечение внутри органа происходит за счет газов, растворенных в тканях. Однако тогда светилась бы вся ткань, а не отдельный очаг - светился бы весь желудок. Можно было бы связать очаг свечения с метаболическими процессами. В то же время наблюдаемый нами очаг свечения в области пейсмекера, желудка не укладавается в такую точку зрения. Дело в том, что пейсмекерные клетки имеют разряженную цитоплазматическую сеть, в которой имеются многочисленные пиноцитозные пузырьки. Для этих клеток характерны единичные упрощенные по строению митохондрии, миофибриллы. Они бедны гликогеном. В пейсмекерных клетках отсутствует или очень слабо развит сакроплазматический ретикулум. Таким образом, в пейсмекерной области свечения быть не должно, поскольку там практически нет органелл, отвечающих за метаболизм. А мы его наблюдали. Это наводит на мысль, что очаг свечения в пейсмекере жедука имеет другой механизм.

Динамика очага	первоначального	возбуждения и	1 очага	свечения	в желудке	мышей
	в высокочастотно	ом электричесн	ком пол	$le(M \pm m)$		

Паналатич	Очаг первоначаль- ного возбуждения	Очаг свечения						
Параметры	Исходное состояние	Исходное состояние	Стимуляция БН					
В начале волны возбуждения в желудке								
Локализация	большая 1	большая 2	большая 3					
	кривизна	кривизна	кривизна					
Центр очага от кардии, мм	4,1 ± 0,2	$4,2 \pm 0,2 \\ P_1 > 0,05$	$6,2 \pm 0,3$ P ₂ < 0,001					
Площадь очага свечения, мм ²	_	21,4 ± 0,8	$\begin{array}{c} 69,6 \pm 0,6 \\ P_2 < 0,001 \end{array}$					
Площадь очага интенсивного свечения, мм ²	_	12,6 ± 0,5	$46,2 \pm 4,4$ P ₂ < 0,001					
В конце волны возбуждения в желудке								
Локализация	Антральная часть	Антральная часть	Антральная часть					
Центр очага от кардии, мм	8,3 ± 0,2	$8,4 \pm 0,5$ $P_1 > 0,05$	$10,2 \pm 0,3$ P ₂ < 0,01					
Площадь очага свечения, мм ²	_	59,0 ± 3,0	$\begin{array}{c} 90,0 \pm 0,7 \\ P_2 < 0,001 \end{array}$					
Площадь очага интенсивного свечения, мм ²	—	39,6 ± 2,4	49.8 ± 3.4 P ₂ < 0.001					
Время расспространения волны воз- буждения, с	21,0 ± 0,1	$\begin{array}{c} 21,0 \pm 0,1 \\ P_1 > 0,05 \end{array}$	$\begin{array}{c} 21,0\pm 0,1\\ P_2\!>\!0,\!05 \end{array}$					
Расстояние, мм	$4,2 \pm 0,2$	$\begin{array}{c} 4,2\pm 0,1 \\ P_{1} > 0,05 \end{array}$	$4,0 \pm 0,2$ $P_2 > 0,05$					
Скорость волны, мм/с	0,20 ± 0,02	$\begin{array}{c} 0,20 \pm 0,01 \\ P_1 > 0,05 \end{array}$	$0,19 \pm 0,01$ $P_2 > 0,05$					
Гистограмма яркости в биттах	_	254,0 ± 0,2	$259,2 \pm 1,1$ P ₂ > 0,05					
Гистограмма длин волн, нм	_	$\begin{array}{c} 460,0\pm 0,7 \\ 524,0\pm 1,8 \end{array}$	$\begin{array}{c} 458,0\pm 0,9 \\ 538,0\pm 1,7 \end{array}$					
Медиана длины волн, нм	_	495,0 ± 1,4	$\begin{array}{c} 492,0 \pm 1,7 \\ P_2 > 0,05 \end{array}$					

Исходя из представлений о биоплазме, очаг свечения в желудке в высокочастотном электрическом поле можно объяснить за счет наличия в живом организме биоплазмы – вещества плазменного состояния. Под биоплазмой подразумевают систему свободных заряженных частиц в организме – электронов и ионов.

В наших наблюдениях проведено сопоставление локализации и динамики очага свечения с локализацией и динамикой очага первоначального возбуждения в желудках мышей. Результаты показали полное соответствие наиболее интенсивно светящейся зоны очага свечения с очагом первоначального возбуждения. Поэтому можно предположить, что электроны устремляются в место, где в данный момент времени электрическое сопротивление ткани наиболее низкое, а это место – очаг первоначального возбуждения. Таким образом, светящийся очаг в желудке является маркером очага первоначального возбуждения и отражает пейсмекерную активность желудка.

Таким образом, возможна визуализация пейсмекерной активности и распространения

волны возбуждения в желудке в высокочастотном электрическом поле. В настоящее время создана установка – сканер КЭЛСИ, позволяющая создавать высокочастотное электрическое поле в фиброгастроскопе. Эта установка после прохождения испытаний и получения разрешения может быть рекомендована к применению у человека. Визуализация пейсмекерной активности желудка в высокочастотном электрическом поле у человека будет способствовать повышению информативности диагностики дискоординации желудка.

Выводы

1. В высокочастотном электрическом поле в пейсмекерной зоне желудка возникает светящийся очаг. Наиболее интенсивная зона его свечения соответствует пейсмекеру желудка. Динамика светящегося очага подтверждает наличие пейсмекерной системы желудка. Ее зонами являются: большая кривизна желудка возле кардиального отдела, антральная зона желудка, пилорическая зона.

2. Раздражение блуждающего нерва приводило к расширению очага интенсивного свечения, а следовательно, пейсмекерной зоны, что способствует распространению возбуждения в желудке.

Список литературы

1. Коротько Г.Ф. Желудочное пищеварение. – Краснодар: Изд-во ООО БК «Группа Б», 2007. – 256 с.

2. Коротько Г.Ф. Физиология системы пищеварения. – Краснодар: Изд-во ООО БК «Группа Б», 2009. – 608 с.

3. Перова М.Ю. Локализация пейсмекера венозного синуса сердца и регистрация динамики возбуждения в нём методом газоразрядной визуализации // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 4. – С. 145–146.

4. Периферическая электрогастроэнтерография в диагностике нарушений моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта / В.А. Ступин, Г.О. Смирнова, М.В. Баглаенко, С.В. Силуянов, Д.Б. Закиров // Лечащий врач. – 2005. – № 2. – С. 60–62.

5. Штык С.В. Концепция метода диагностики моторно-эвакуаторной функции желудочно-кишечного тракта // Збірник наукових праць Харківскького університету Повітряних Сил. – 2010. – Вып. 2 (24). – С. 135–139. 6. Dickens E.J., Edwards F.R and Hirst GDS. Selective knockout of intramuscular interstitial cells reveals their role in the generation of slow wavesin mouse stomach // J.Physiol. -2001. - 531. - P. 827-833.

7. Suzuki H., Ward Y.R., Bayguinov F.R., Edwards and Hirst G.D.S. Involument of intramuscular interstitial cells in nitrergic ingibition in the mouse gastric antrum // J.Physiol. - 2003. – 546.3 – P. 751–763.

References

1. Korot'ko G.F. Zheludochnoe pishhevarenie. Krasnodar: Izdatel'stvo OOO BK «Gruppa B», 2007. 256 p.

2. Korot'ko G.F. Fiziologija sistemy pishhevarenija. Krasnodar: Izdatel'stvo OOO BK «Gruppa B», 2009. 608 p.

3. Perova M.Ju. Lokalizacija pejsmekera venoznogo sinusa serdca i registracija dinamiki vozbuzhdenija v njom metodom gazorazrjadnoj vizualizacii // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2007. no. 4. pp. 145–146.

4. Stupin V.A. Smirnova G.O., Baglaenko M.V., Silujanov S.V., Zakirov D.B. Perifericheskaja jelektrogastrojenterografija v diagnostike narushenij motorno-jevakuatornoj funkcii zheludochno-kishechnogo trakta // Lechashhij vrach. 2005. no. 2. pp. 60–62.

5. Shtyk S.V. Koncepcija metoda diagnostiki motorno-jevakuatornoj funkcii zheludochno-kishechnogo trakta. //Zbirnik naukovih prac' Harkivsk'kogo universitetu Povitrjanih Sil. 2010. Vypusk 2 (24). pp. 135–139.

6. Dickens E.J., Edwards F.R and Hirst GDS. Selective knockout of intramuscular interstitial cells reveals their role in the generation of slow wavesin mouse stomach. // J.Physiol. 2001. 531. pp. 827–833.

7. Suzuki H., Ward Y.R., Bayguinov F.R., Edwards and Hirst G.D.S. Involument of intramuscular interstitial cells in nitrergic ingibition in the mouse gastric antrum // J.Physiol. 2003. 546.3 pp. 751–763.

Рецензенты:

Перов Ю.М., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, НОЧУ ВПО «Кубанский медицинский институт» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Краснодар;

Бердичевская Е.М., д.м.н., заведующая кафедрой физиологии, ФГОУ ВПО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма» Министерства спорта, туризма и молодежной политики РФ, г. Краснодар.

Работа поступила в редакцию 06.06.2013.