

8. Araújo Filho I., Honorato Sobrinho A. A., Rego A. C. et al. Influence of laparoscopy and laparotomy on gasometry, leukocytes and cytokines in a rat abdominal sepsis model // *Acta Cir. Bras.* – 2006. – Mar-Apr. № 21 (2). – P. 74–79.
9. Carlet J., Cohen J., Calandra T. et al. Sepsis: taim to reconsider the concept // *Crit. Care Med.* – 2008. – Mar. № 36 (3). – P. 964–966.
10. Hinev S., Tzoneva D., Hadjimitova V. Oxidative stress: unsolved problem in the complex therapy in critically patients // *Khirurgiia (Sofia)*. – 2007. – № 63 (6). – P. 27–31.

11. Lee S. H., Lee S. M. Suppression of hepatic cytochrome P450-mediated drug metabolism during the late stage of sepsis in rats // *Shock*. – 2005. – Feb. № 23 (2). – P. 144–149.
12. Terra C., Guevara M., Torre A., Gilabert R. et al. Renal failure in patients with cirrhosis and sepsis unrelated to spontaneous bacterial peritonitis: value of MELD score // *Gastroenterology*. – 2005. – Dec. № 129 (6). – P. 1944–1953.

Поступила 05.01.2010

М. И. ГУРЬЯНОВ

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕУСВОЕНИЯ РИТМА НА НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ЖЕЛУДОЧКОВ СЕРДЦА СОБАКИ

Тобольская биологическая станция Российской академии наук,
Россия, 626150, г. Тобольск, ул. академика Юрия Осипова, 15, тел. 8-919-938-1362.
E-mail: mgurianov@yandex.ru

Начальные стадии фибрилляции желудочков сердца собаки отражают стадии неусвоения ритма с доминантной частотной структурой, закономерно выявляемые при частотном анализе ЭКГ в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов ЭЭГ: стадия неусвоения ритма с доминированием частот бета-ритма, стадия неусвоения ритма с доминированием частот альфа-ритма, стадия неусвоения ритма с доминированием частот тета-ритма. Частотный анализ ЭКГ в ритмах ЭЭГ-методом быстрого преобразования Фурье позволяет объективно определять стадии неусвоения ритма с доминантной частотной структурой при фибрилляции желудочков.

Ключевые слова: фибрилляция желудочков, неусвоение ритма.

M. I. GURIANOV

CHARACTERISTICS OF RHYTHM NON-ASSIMILATION DURING EARLY STAGES OF CANINE VENTRICULAR FIBRILLATION

Tobolsk biological research station of the Russian acad. sci.,
Russia, 626150, Tobolsk, 15 Academician Yuriy Osipov st., tel. 8-919-938-1362.
E-mail: mgurianov@yandex.ru

Early stages of canine ventricular fibrillation is characterized by rhythm non-assimilation with dominant frequency structure, naturally determined during frequency analysis of ECG in the frequency range of delta-, theta-, alpha-, beta- and gamma-rhythms of EEG: stage of rhythm non-assimilation with domination of beta-rhythm frequencies, stage of rhythm non-assimilation with domination of alfa-rhythm frequencies, stage of rhythm non-assimilation with domination of teta-rhythm frequencies. Fast Fourier transform analysis of ECG in the rhythms of EEG permits to determine on the objective ground the stages of rhythm non-assimilation with dominant frequency structure during ventricular fibrillation.

Key words: ventricular fibrillation, rhythm non-assimilation.

Введение

Фибрилляция желудочков является основной причиной внезапной сердечной смерти [1]. Тактика лечения и выживаемость при фибрилляции желудочков зависят от ее стадии. Диагностика стадий фибрилляции желудочков основана на описании ЭКГ. Способ описания ЭКГ, основанный на анализе комплекса QRS, зубца R, интервала R-R, других зубцов и интервалов ЭКГ [6], неприменим для анализа ЭКГ при фибрилляции желудочков, так как при фибрилляции на ЭКГ не определяется комплекс QRS, зубец R, интервал R-R, другие зубцы и интервалы ЭКГ, изоэлектрическая линия отсутствует. Не является достаточно объективным описание стадий фибрилляции, основанное на анализе чередования ритмичных и аритмичных осцилляций на ЭКГ [2, 5].

Известно, что на ранней «электрической» стадии в первые 1–2 мин фибрилляции электрическая дефибрилляция способна привести к восстановлению эффективной работы сердца [1, 2, 10]. При картировании примерно 20% поверхности желудочков ранней «электрической» стадии фибрилляции соответствует «относительно периодическая» и «высоко периодическая» стадии фибрилляции [9, 10]. Но точные количественные критерии этих стадий фибрилляции не даны [9, 10]. Поэтому актуальной продолжает оставаться точная количественная характеристика ранней «электрической» стадии фибрилляции желудочков, на которой одна дефибрилляция может привести к восстановлению эффективных сердечных сокращений.

Известно, что фибрилляция желудочков развивается в порядке неусвоения ритма [2]. Целью работы было

изучение неусвоения ритма на ранней «электрической» стадии фибрилляции желудочков сердца собаки. Неусвоение ритма изучалось по биоэлектрической функции сердца: по частоте осцилляций на ЭКГ, обчислываемых методом быстрого преобразования Фурье.

Методика исследования

Было поставлено 25 опытов на беспородных собаках обоего пола весом 15–35 кг. Каждой собаке внутримышечно вводили золетил (20 мг/кг). Через 5–10 мин регистрировали в течение 2–3 мин ЭКГ в стандартных отведениях через электроды, вколотые в конечности собаки. Через электроды, вколотые в грудную клетку в области сердца, пропускали в течение 2–3 с переменный ток 50 Гц и 30 В, что приводило к развитию фибрилляции желудочков во всех опытах, как показано на рисунке 1. Известно, что данная процедура всегда приводит к развитию фибрилляции желудочков сердца собаки [2]. Через 2–5 с от начала электростимуляции регистрировали ЭКГ при фибрилляции желудочков на электроэнцефалографе «NeuroS-4U» фирмы «Нейроботикс» (РФ) при частоте оцифровки 500 Гц и записывали в файл формата «edf32».

Проводили частотный анализ односекундных отрезков ЭКГ методом быстрого преобразования Фурье, используя программу «Неокортес 2.1» фирмы «Нейроботикс». Частотный анализ ЭКГ проводили в диапазоне частот 1–40 Гц, сгруппированных в дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмы. Дельта-ритм нашего анализа включал частоты 1–3 Гц, тета-ритм – 4–7 Гц, альфа-ритм – 8–12 Гц, бета-ритм – 13–17 Гц, гамма-ритм – 18–40 Гц. Частотные диапазоны дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов нашего анализа соответствуют частотным диапазонам дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов ЭЭГ [4]. Полученный цифровой материал был статистически обработан с вычислением средней величины (M) и ошибки средней (m) [7].

Результаты исследования

На рисунке 1 видно, что на 136–137-й секундах регистрации на ЭКГ определяется синусовый ритм с частотой 210 в 1 мин. Электростимуляция сердца на 138–139-й секундах приводит к развитию фибрилляции желудочков.

На рисунке 2 приведены типичные пятисекундные отрезки ЭКГ на 1-й мин свободного развития фибрилляции желудочков сердца собаки.

Как видно на рисунке 2, на 5–9-й секундах фибрилляции регистрируются осцилляции бета-ритма частотой 13–17 Гц и амплитудой 0,2–2 мВ. Осцилляции бета-ритма сгруппированы (модулированы) в «фигуры веретен». На 26–30-й секундах фибрилляции регистрируются осцилляции альфа-ритма частотой 8–12 Гц и амплитудой 0,2–2,2 мВ. Осцилляции альфа-ритма модулированы в «фигуры веретен». На 58–62-й секундах фибрилляции регистрируются осцилляции тета-ритма частотой 4–7 Гц и амплитудой 0,2–2,0 мВ.

Таким образом, частота осцилляций снижается от 13–17 до 4–7 Гц, но амплитуда осцилляций почти не снижается на 1-й мин фибрилляции.

На рисунке 3 приведены типичные спектрограммы односекундных отрезков ЭКГ на 5, 26 и 58-й секундах фибрилляции.

Как видно на рисунке 3, спектральная амплитуда (мощность) распределена очень неравномерно в диапазоне частот 1–40 Гц. На 5-й секунде фибрилляции самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазоне частот бета-ритма 16 и 15 Гц. На 26-й секунде фибрилляции самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазоне частот альфа-ритма 9–12 Гц и бета-ритма 13 Гц. На 58-й секунде фибрилляции самая большая спектральная мощность сосредоточена в диапазоне частот тета-ритма 4, 5 и 6 Гц.

В таблице 1 приведены индексы пяти самых мощных частот на 5–9, 26–30 и 58–62-й секундах фибрилляции желудочков.

Из таблицы 1 видно, что на 5–9-й секундах фибрилляции в каждом односекундном интервале анализа в пятерку самых мощных по спектральной мощности частот входит 3–5 частот бета-ритма и 0–2 частоты альфа-ритма. Всего в пятерку самых мощных частот входит 21 частота бета-ритма и 4 частоты альфа-ритма. Таким образом, частоты бета-ритма явно доминируют по частотным индексам в пятерку самых мощных частот. На 26–30-й секундах фибрилляции в пятерку самых мощных частот входит 16 частот альфа-ритма,

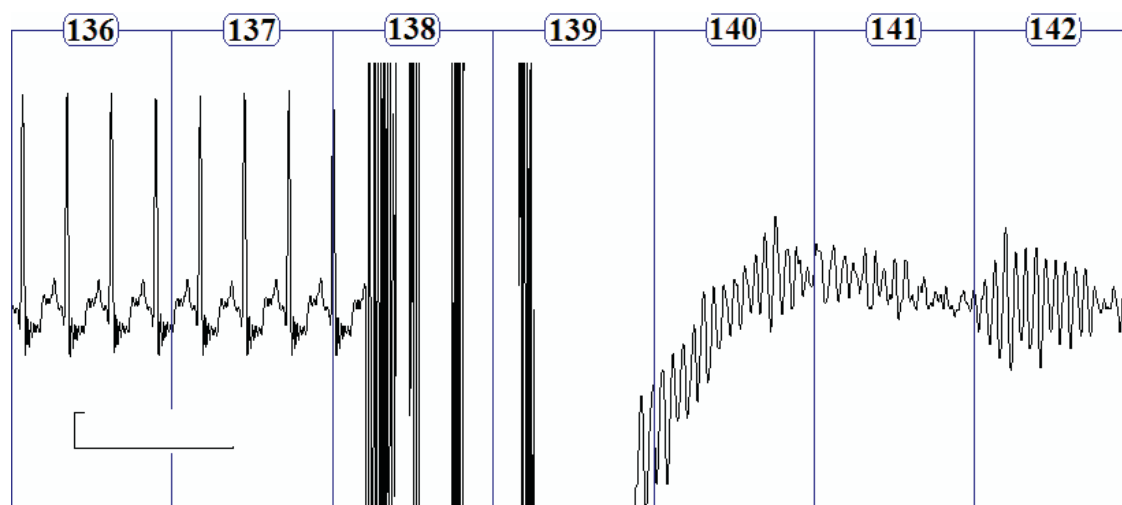


Рис. 1. ЭКГ собаки в III стандартном отведении на 136–142-й секундах регистрации. ЭКГ разделена на отрезки 1 с. Калибровка: 0,5 мВ, 1 с

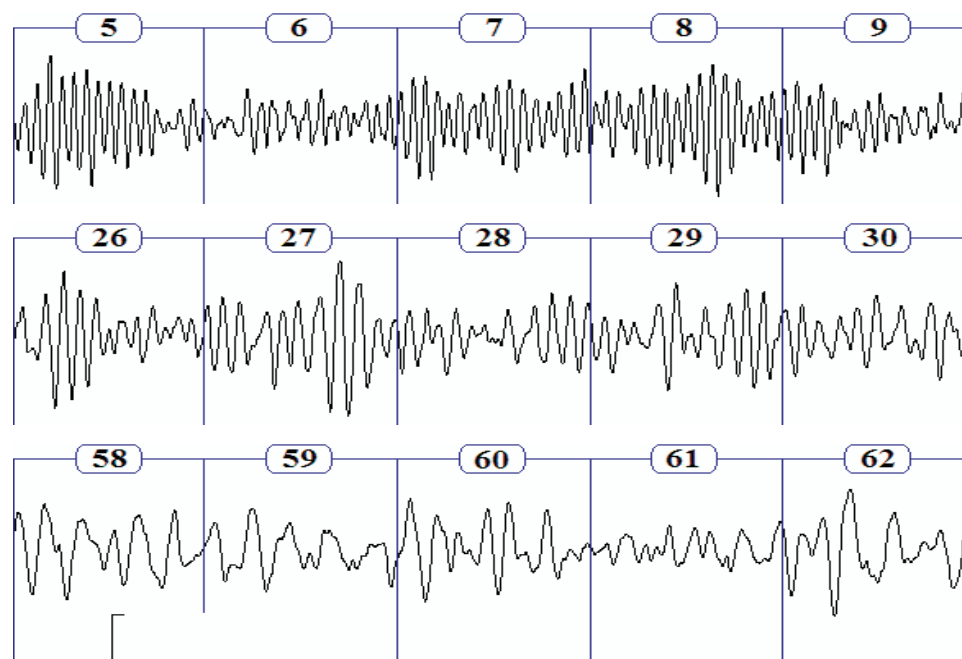


Рис. 2. ЭКГ в III стандартном отведении на 5–9, 26–30 и 58–62-й секундах фибрилляции желудочков собаки. ЭКГ разделена на отрезки 1 с. Калибровка: 0,7 мВ, 1 с

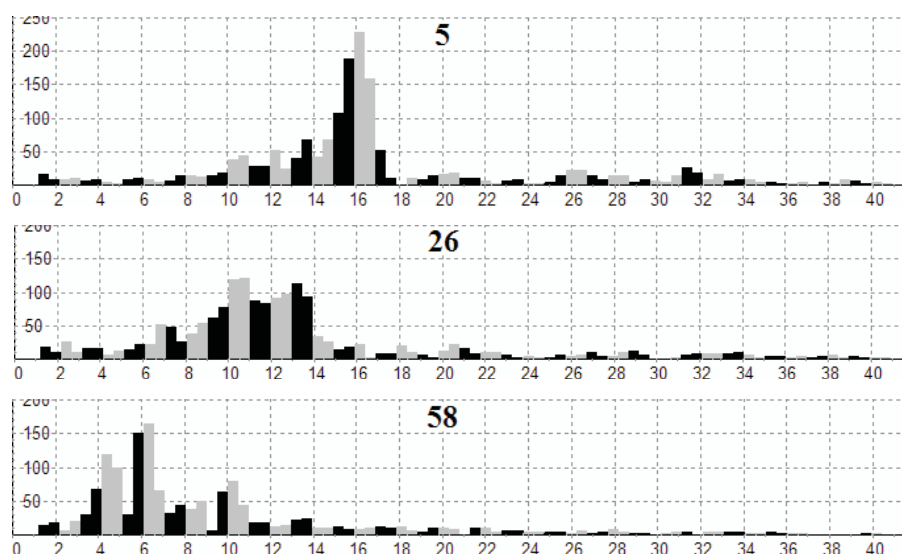


Рис. 3. Спектральная мощность частот 1–40 Гц в односекундных отрезках ЭКГ на 5, 26 и 58-й секундах фибрилляции желудочков собаки. Нечетные частоты выделены черным цветом, четные частоты – оттенком серого.

По оси абсцисс – частота, Гц; по оси ординат – мощность, мкВ

5 частот бета-ритма и 4 частоты тета-ритма – частоты альфа-ритма доминируют по частотным индексам в пятерке самых мощных частот. На 58–62-й секундах фибрилляции в пятерку самых мощных частот входит 14 частот тета-ритма, 10 частот альфа-ритма и 1 частота дельта-ритма – частоты тета-ритма доминируют по частотным индексам в пятерке самых мощных частот.

В таблице 2 приведена спектральная мощность пяти самых мощных частот на 1-й мин фибрилляции желудочков.

Из таблицы 2 видно, что на 1-й мин фибрилляции пять самых мощных частот содержат от $47 \pm 3,3$ до $52 \pm 2,5\%$ спектральной мощности – пять самых мощных частот доминируют в частотной структуре ЭКГ. На

5–9-й секундах фибрилляции частоты бета-ритма, входящие в состав пяти самых мощных частот, содержат $43 \pm 5,0\%$ спектральной мощности, частоты альфа-ритма – $4 \pm 2,1\%$. На 26–30-й секундах частоты альфа-ритма, входящие в состав пяти самых мощных частот, содержат $34 \pm 4,7\%$ спектральной мощности, частоты бета-ритма – $10 \pm 0,8\%$, частоты тета-ритма – $7 \pm 3,0\%$. На 58–62-й секундах частоты тета-ритма, входящие в состав пяти самых мощных частот, содержат $34 \pm 3,1\%$ спектральной мощности, частоты альфа-ритма – $16 \pm 3,2\%$.

В таблице 3 приведена спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов на 1-й мин фибрилляции желудочков.

Индексы пяти самых мощных по спектральной мощности частот в односекундных интервалах электрокардиограммы на 5–9, 26–30 и 58–62-й секундах фибрилляции желудочков собаки

Интервал фибрилляции	1-я частота	2-я частота	3-я частота	4-я частота	5-я частота
5 с	16 Гц	15 Гц	14 Гц	13 Гц	10 Гц
6 с	13	16	12	9	17
7 с	15	16	13	14	17
8 с	16	15	13	14	17
9 с	16	15	13	10	14
26 с	10 Гц	13 Гц	12 Гц	11 Гц	9 Гц
27 с	9	10	8	13	11
28 с	9	10	11	13	7
29 с	10	13	11	7	8
30 с	10	7	13	8	6
58 с	6 Гц	4 Гц	5 Гц	10 Гц	3 Гц
59 с	4	5	10	7	9
60 с	5	7	8	10	9
61 с	4	8	5	6	9
62 с	4	8	7	5	9

Таблица 2

Спектральная мощность пяти самых мощных частот и частот дельта-, тета-, альфа- и бета-ритмов из состава пяти самых мощных частот в процентах к спектральной мощности частот 1–40 Гц электрокардиограммы на 5–9, 26–30 и 58–62-й секундах фибрилляции желудочков собаки

Интервал фибрилляции	Мощность частот, %				
	Дельта	Тета	Альфа	Бета	Пять частот
5 с	Нет	Нет	5	51	56
6 с	Нет	Нет	11	25	36
7 с	Нет	Нет	0	49	49
8 с	Нет	Нет	0	50	50
9 с	Нет	Нет	6	38	44
М ± m	Нет	Нет	4 ± 2,1	43 ± 5,0	47 ± 3,3
26 с	Нет	0	42	12	54
27 с	Нет	0	48	8	56
28 с	Нет	8	27	8	43
29 с	Нет	9	31	11	51
30 с	Нет	16	23	9	49
М ± m	Нет	7 ± 3,0	34 ± 4,7	10 ± 0,8	51 ± 2,2
58 с	7	41	8	Нет	56
59 с	Нет	40	13	Нет	53
60 с	Нет	27	27	Нет	53
61 с	Нет	27	15	Нет	42
62 с	Нет	36	19	Нет	54
М ± m	Нет	34 ± 3,1	16 ± 3,2	Нет	52 ± 2,5

**Спектральная мощность дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов
в процентах к сумме мощности этих ритмов электрокардиограммы
на 5–9, 26–30 и 58–62-й секундах фибрилляции желудочков собаки**

Интервал фибрилляции	Мощность ритмов, %				
	Дельта	Тета	Альфа	Бета	Гамма
5 с	3	3	16	55	23
6 с	5	5	20	33	37
7 с	4	6	15	49	26
8 с	4	6	14	50	27
9 с	3	7	17	43	29
M ± m	4 ± 0,4	5 ± 0,7	16 ± 1,0	46 ± 3,8	28 ± 2,4
26 с	5	11	47	19	17
27 с	3	11	54	14	18
28 с	4	15	42	17	22
29 с	5	15	42	19	20
30 с	6	22	37	20	16
M ± m	5 ± 0,5	15 ± 2,0	44 ± 2,9	18 ± 1,1	19 ± 1,1
58 с	10	46	23	8	13
59 с	10	46	23	8	13
60 с	10	38	33	10	10
61 с	11	32	25	16	16
62 с	13	43	24	9	11
M ± m	11 ± 0,6	41 ± 2,7	26 ± 1,9	10 ± 1,5	13 ± 1,0

Из таблицы 3 видно, что на 5–9-й секундах фибрилляции бета-ритм содержит 46 ± 3,8% спектральной мощности – бета-ритм, занимающий 5/40 частотного диапазона, доминирует в частотной структуре ЭКГ. На 26–30-й секундах фибрилляции альфа-ритм содержит 44 ± 2,9% спектральной мощности – альфа-ритм, занимающий 5/40 частотного диапазона, доминирует в частотной структуре ЭКГ. На 58–62-й секундах фибрилляции тета-ритм содержит 41 ± 2,7% спектральной мощности – тета-ритм, занимающий 4/40 частотного диапазона, доминирует в частотной структуре ЭКГ. Доминирование бета-ритма на 5–9-й секундах фибрилляции, альфа-ритма на 26–30-й секундах и тета-ритма на 58–62-й секундах фибрилляции статистически достоверно.

Обсуждение

Фибрилляция желудочков характеризуется неусвоением ритма по биоэлектрической функции сердца: на ЭКГ регистрируются нестабильные (неусвоенные) осцилляции частотой 2–30 Гц и амплитудой 0,2–2,2 мВ, частота и амплитуда непрерывно изменяются в односекундных отрезках ЭКГ (рис. 2). Поэтому объективный анализ ЭКГ при фибрилляции является нетривиальной проблемой. В электроэнцефалографии разработан способ объективного анализа нестабильных осцилляций частотой 2–30 Гц, регистрируемых на ЭЭГ [4]. Частотный анализ ЭКГ в частотных диапазонах дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмов ЭЭГ позволяет объективно (количественно) описать частотную структуру неусвоения ритма при фибрил-

ляции желудочков. На 5–9-й секундах фибрилляции в частотной структуре неусвоения ритма доминируют частоты бета-ритма, на 26–30-й секундах фибрилляции доминируют частоты альфа-ритма, на 58–62-й секундах фибрилляции доминируют частоты тета-ритма (рис. 2, табл. 1–3). Снижение доминирующих осцилляций от частот бета-ритма до частот тета-ритма отражает падение функциональной подвижности сердца под влиянием ишемии на 1-й мин фибрилляции. Повидимому, в основе изменений ЭКГ в проведенных опытах лежит снижение частоты потенциалов действия, генерируемых в эктопических очагах, и замедление проводимости в миокарде желудочков под влиянием ишемии [8, 11, 12].

Фибрилляция желудочков отражает распад функциональной целостности миокарда. Но доминантная частотная структура неусвоения ритма отражает сохранение элементов организованной (синхронизированной) биоэлектрической активности кардиомиоцитов при фибрилляции. Если бы кардиомиоциты генерировали потенциалы действия независимо друг от друга, то эти потенциалы, случайно суммируясь, давали бы на ЭКГ случайный суммарный процесс – так называемый белый шум с низкоамплитудными и высокочастотными беспорядочными колебаниями.

Таким образом, в работе впервые показано, что частотный анализ ЭКГ в ритмах ЭЭГ позволяет объективно (количественно) характеризовать стадии неусвоения ритма на ранней «электрической» стадии фибрилляции, на которой сохранены элементы синхронизированной биоэлектрической активности кардиоми-

оцитов желудочков. По результатам работы получен патент для диагностики стадий фибрилляции с доминантной частотной структурой [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Востриков В. А.* Сердечно-легочная реанимация и неотложная кардиологическая помощь при внезапном прекращении эффективной сердечной деятельности // *Клин. анестезиол. и реаниматол.* – 2007. – Т. 4. № 4. – С. 2–7.
2. *Гурвич Н. Л.* Основные принципы дефибрилляции сердца. – М., 1975.
3. *Гурьянов М. И.* Способ диагностики стадий фибрилляции желудочков сердца. Патент РФ. RU 2373849 C1. – Оpubл. 27.11.2009. – Бюл. № 33.
4. *Зенков Л. Р., Ронкин М. А.* Функциональная диагностика нервных болезней: Руководство для врачей. – М., 2004. – 3-е изд.
5. *Иванов Г. Г., Востриков В. А.* Фибрилляция желудочков и желудочковые тахикардии – базовые положения и диагностические критерии // *Матер. 10-й научн.-практ. конф. «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы».* – М., 2008. – С. 300–311.
6. *Мурашко В. В., Струтынский А. В.* Электрокардиография. – М., 2004.

7. *Шмойлова Р. А., Минашкин В. Г., Садовникова Н. А., Шувалова Е. Б.* Теория статистики: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 4-е изд.

8. *Dosdall D. J., Tabereaux P. B., Kim J. J. et al.* Chemical ablation of the Purkinje system causes early termination and activation rate slowing of long-duration ventricular fibrillation in dogs // *Am. J. Physiol.* – 2008. – Vol. 295. – P. 883–889.

9. *Huang J., Rogers J. M., Killingworth C. R. et al.* Evolution of activation patterns during long duration ventricular fibrillation in dogs // *Am. J. Physiol.* – 2004. – Vol. 286. – P. 1193–1200.

10. *Huizar J. F., Warren M. D., Shvedko A. G. et al.* Three distinct phases of VF during global ischemia in the isolated blood-perfused pig heart // *Am. J. Physiol.* – 2007. – Vol. 293. – P. 1617–1628.

11. *Li L., Jin Q., Huang J. et al.* Intramural foci during long duration fibrillation in the pig ventricle // *Circ. Res.* – 2008. – Vol. 102. – P. 1256–1264.

12. *Zaitsev A. V., Guha P. K., Sarmast F. et al.* Wavebreak formation during ventricular fibrillation in the isolated, regionally ischemic pig heart // *Circ. Res.* – 2003. – Vol. 92. – P. 546–553.

Поступила 19.12.2009

А. В. ДОГА, И. А. МУШКОВА, Н. В. МАЙЧУК

КОМПЛЕКСНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ГЛАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМОКЕРАТОПЛАСТИКИ

*ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С. Н. Федорова»,
Россия, 127486, г. Москва, Бескудниковский бульвар, 59а. E-mail: drmaichuk@yandex.ru*

Цель работы – неинвазивное динамическое изучение состояния глазной поверхности (ГП) у пациентов после лазерной термokerатопластики (ЛТК), включающее анализ метаболических, морфологических изменений роговицы и показателей функционального слезного комплекса для определения длительности и выявления специфических изменений ГП в процессе послеоперационного ремоделирования. Полученные результаты позволили выделить 3 стадии регенерации ГП после ЛТК: реактивная (до 7 суток после операции), компенсаторная, подразделяющаяся на раннюю (до 3 месяцев) и позднюю (до 6–8 месяцев) фазы включения компенсаторных механизмов, а также стадия исходов (до 12 месяцев после ЛТК). По завершении регенераторного процесса после ЛТК ГП является стабильной, а достижение устойчивого состояния адаптированности определяет возможность проведения повторных операций на роговице.

Ключевые слова: лазерная термokerатопластика, глазная поверхность, биохимические изменения в слезной жидкости, конфокальная микроскопия роговицы, функциональный слезный комплекс.

A. V. DOGA, I. A. MUSHKOVA, N. V. MAYCHUK

THE COMPLEX NON-INVASIVE EVALUATION OF THE OCULAR SURFACE CHANGES IN PATIENTS AFTER THE LASER THERMAL KERATOPLASTY

*Sv. Fyodorov eye Microsurgery federal state Institution,
Russia, 127486, Moscow, Beskudnikovskiy blvd, 59a. E-mail: drmaichuk@yandex.ru*

The aim of this investigation was to study the dynamics of the ocular surface (OS) condition in patients after the Laser thermal keratoplasty (LTK), including the analysis of the metabolic, morphologic corneal changes and the functional lacrimal complex parameters for the estimation of the regeneration length and the detection of the specific features in the OS during the postoperative remodeling. The achieved results allowed us to determine 3 regenerative phases in OS after the LTK: reactive stage (up to 7 days post-op.), compensatorystage divided into the early (up to 3 months) and the late (up to 6–8 months) phases of the compensatory mechanisms activation, and the stage of the outcomes (up to 12 months post-LTK). The OS is the stable after the regeneration process finishing and the OS adaptation achieving allowed to perform the repeated corneal surgery after 12 months post-LTK.

Key words: laser thermal keratoplasty, ocular surface, biochemical changes in the lacrimal fluid, confocal microscopy of the cornea, functional lacrimal complex.