

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

© Коллектив авторов, 2017

УДК 616.853

DOI:10.23888/PAVLOVJ2017176-85

**МОТОРНО-ВЕГЕТАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ  
ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БОЛЬНЫХ ЭПИЛЕПСИЕЙ  
И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ**

*Р.А. Зорин, М.М. Лапкин, В.А. Жаднов*

Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова,  
ул. Высоковольтная, 9, 390026, г. Рязань, Российская Федерация

Обследовано 238 исследуемых: 75 практически здоровых лиц контрольной группы и 163 пациента с эпилепсией. Методом кластерного анализа по характеристикам результативности моделируемой деятельности группа пациентов с эпилепсией разделена на 2 подгруппы: «результативную» и «низко результативную». В группе пациентов с низкой результативностью моделируемой деятельности выявлено преобладание пациентов с симптоматическими (структурно-метаболическими) формами заболевания, большая частота генерализованных приступов после коррекции терапии, а также более высокий уровень когнитивных нарушений и социальной дезадаптации. Изучены характеристики деятельности моторных систем (амплитуда условно-негативного отклонения, показатели F-ответа, характеристики простых и сложных зрительно-моторных реакций), а также вегетативного обеспечения деятельности (исследование вариабельности сердечного ритма, функции внешнего дыхания) в группах. Выявлена недостаточность активации моторных зон коры, замедление скорости простой и сложной зрительно-моторной реакции, преобладание симпатических влияний в вегетативной регуляции сердечного ритма, а также большая нагрузка на дыхательные эффекторы после нагрузки у больных эпилепсией с низкой результативностью деятельности. Методом искусственных нейронных сетей с высокой эффективностью решена задача классификации испытуемых на группы с различной результативностью деятельности, наиболее значимыми в решении данной задачи являются показатели вегетативного обеспечения деятельности. Избыточная активация стресс-реализующих механизмов при низкой результативности деятельности у больных эпилепсией увеличивает её физиологическую стоимость и снижает эффективность.

*Ключевые слова:* эпилепсия, физиологическая стоимость деятельности, эффективность деятельности, моторные системы, вегетативное обеспечение деятельности, кластерный анализ, искусственные нейронные сети.

## THE MECHANISMS OF MOTOR AND VEGETATIVE MAINTANANCE OF MODELING ACTIVITY IN PATIENTS WITH EPILEPSY AND CLINICAL COURSE OF DISEASE

R.A. Zorin, M.M. Lapkin, V.A. Zhadnov

Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov,  
Vysokovoltnaya str., 9, 390026, Ryazan, Russian Federation

**75 healthy people and 163 patients with epilepsy were observed. Using cluster analysis on the basis of characteristics of modeling activity we divided group of patients with epilepsy in 2 subgroups: resultative and low resultative. In low resultative subgroup of patients, the prevalence of symptomatic (structural-metabolic) forms of epilepsy, higher level of generalized seizures after correction of therapy, cognitive disorders and social desadaptation were determined. We studied the characteristics of motor systems (contingent negative variation, F-wave, simple and complex sensory-motor reactions) and vegetative maintenance of activity (parameters of heart rate variability, respiratory function). The insufficiency of activation of motor cortex, decrease of speed of simple and complex sensory-motor reactions, higher level of sympathetic influences in vegetative regulation and activity of respiratory effectors after modeling activity were established. Using artificial neural network technology, we classified the patients in subgroups with different resultness of acitivity. The most important in decision of this task were the characteristics of vegetative maintenance of activity. The excessive activation of stress realizing mechanisms in association with low resultness of activity increase the physiological cost of activity and decrease it's efficiency.**

**Keywords:** *epilepsy, physiological cost of activity, efficiency of activity, motor systems, vegetative maintenance of activity, cluster analysis, artificial neural networks.*

Функционирование моторных систем, регуляторных и исполнительных вегетативных механизмов является необходимым компонентом реализации целенаправленной деятельности человека [1, 2]. При рассмотрении особенностей поведения пациентов с эпилепсией в интериктальный период особое значение придаётся анализу взаимодействия модулирующих функциональную активность головного мозга стволовых структур и корковых нейронных популяций, функционированию сенсорных систем, механизмов обработки информации в ассоциативных зонах коры [3]. Вместе с тем, выявлена специфика функционирования моторных систем и механизмов вегетативного обеспечения деятельности у больных эпилепсией [4]. В системной физиологии показано, что для целостного анализа поведения необходимо выделение «кванта» целенаправленной деятельности с описанием как системообразующего результата, так

и «физиологической стоимости» при его достижении, что в комплексе может быть описано понятием «эффективность деятельности» [5]. Актуальным является изучение регуляторных и исполнительных моторно-вегетативных механизмов и их вклада в эффективность моделируемой деятельности для понимания роли данных феноменов, как в патологических реакциях, так и в компенсаторно-приспособительных процессах у больных эпилепсией.

Цель работы: определение влияния особенностей функционирования моторных систем и вегетативных механизмов на результативность деятельности у больных эпилепсией и их связи с клиническими характеристиками заболевания.

### Материалы и методы

В исследование включено 238 человек; из них 75 практически здоровых человек (контрольная группа – 42 мужчины и 33 женщины) и 163 больных эпилепсией

(84 мужчины и 79 женщин), средний возраст практически здоровых лиц составил 33,1 лет (стандартная ошибка средней 0,56 лет), средний возраст больных эпилепсией составил 35,8 лет (стандартная ошибка средней 1,08 лет). В группу больных эпилепсией были включены пациенты с симптоматической (структурно-метаболической, 91 пациент), криптогенной (вероятно, симптоматической, 62 пациента) и идиопатической (генетической, 10 пациентов с юношеской миоклонической эпилепсией) формами заболевания [6], имеющие как минимум 1 приступ в течение 1 года, предшествующего обследованию, подписавшие договор информированного согласия; критериями исключения являлись беременность, заболевания дыхательной и сердечно-сосудистой систем в стадии декомпенсации и невозможность выполнения пациентами условий исследования. В группу практически здоровых лиц включались исследуемые, не имеющие по данным анамнеза эпилептических приступов, с отсутствием эпилептиформных изменений на электроэнцефалограмме (ЭЭГ), использовались вышеописанные критерии исключения.

У больных эпилепсией в качестве клинических характеристик заболевания оценивалось среднее ежемесячное число комплексных парциальных (КПП), первично- и вторично-генерализованных (ГП) приступов по данным анамнеза за предшествующий обследованию 1 год и по данным последующего катamnестического наблюдения в течение 4 месяцев после проводимой по необходимости коррекции фармакотерапии; учитывалось число принимаемых пациентами антиконвульсантов. Проводилась балльная оценка эмоциональных и когнитивных нарушений по следующим критериям: 0 баллов по сфере «Эмоциональные нарушения» соответствовал уровень тревоги или депрессии по Госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS) 0-3 балла; 1 баллу – тревога или депрессия по шкале HADS 4-6 баллов; 2 баллам – тревога по HADS бо-

лее 6 баллов или депрессия по шкале HADS более 7 баллов. При оценке когнитивных нарушений 0 баллов соответствовал уровень краткой шкалы оценки психического статуса (MMSE) от 30 до 27 баллов или уровень нарушений батареи лобной дисфункции (FAB) 17-18 баллов; 1 баллу – MMSE 24-26 баллов или FAB 15-16 баллов; 2 баллам – уровень MMSE менее 24 или FAB менее 15 баллов.

Целенаправленная деятельность моделировалась при помощи теста Шульте-Горбова, используемого в психофизиологии для оценки функции внимания; в рамках данного исследования оценивалось среднее время между выборами чисел, среднее время до и после ошибки, среднее число ошибок [7].

Регистрация условно негативного отклонения волны (УНВ) проводилась эпохами по 2,5 секунды, в парадигме предупреждающего (звуковой сигнал частотой 2000 Гц) и пускового (звуковой сигнал частотой 1000 Гц) стимулов с отведений Fz, Cz, Pz с расположением референтных электродов на ушах (A1 и A2), число усреднений составило 40. Оценивалась амплитуда волны [8]. При помощи комплекса «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт», Россия) у исследуемых регистрировалась простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР), реакция различия (РР) и теппинг-тест (ТТ). В рамках методики ПЗМР проводилось бинокулярное предъявление сигналов красного цвета с максимально быстрой реакцией исследуемых на их появление в виде нажатия на кнопку, представлено среднее значение времени реакции для правой руки. При оценке РР последовательно предъявлялись разноцветные световые сигналы, в ответ на предъявление сигнала красного цвета исследуемому требовалось максимально быстро нажать на кнопку ответа. Представлены характеристики среднего значения реакции для правой руки. ТТ проводился в течение 30 секунд, исследуемые инструктировались о максимальном темпе ударов специальной указкой по контак-

ной площадке, представлены значения среднего междарного интервала для правой руки [9]. Регистрацию F-ответа проводили при стимуляции правого и левого срединных нервов в области запястья при длительности стимула 0,2 мс, величине стимула – 150% от моторного порога с частотой 1 Гц, запись осуществлялась блоками по 40 кривых при помощи программно-аппаратного комплекса «Нейро-МВП» (ООО «Нейрософт», Россия). Оценивалась амплитуда максимального F-ответа, отношение максимального F-ответа к M-ответу, латентность максимального F-ответа для правой и левой руки [10]. Вышеописанные показатели УНВ, простых и сложных зрительно-моторных реакций и характеристики F-ответа включены в характеристики деятельности моторных систем.

При исследовании вариабельности сердечного ритма (BCP) регистрация ЭКГ проводилась при помощи прибора «Варикард 2.5» и программы «ИСКИМ 6.0» (фирма «Рамена», Россия). Использовались статистические и спектральные методы анализа вариабельности сердечного ритма (BCP) с определением частоты сердечных сокращений (ЧСС), среднего квадратичного отклонения (СКО) динамического ряда R-R интервалов, индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, мощности спектра колебаний R-R интервалов в диапазоне дыхательных, медленных, очень медленных волн и суммарной мощности (HF, LF, VLF, TP соответственно) [11]. Осуществлялось исследование функции внешнего дыхания (ФВД) при помощи спирометаболографа Fitmate Med (Cosmed, Италия) с оценкой усреднённого значения лёгочной вентиляции ( $V_e$ ) и частоты дыхания (ЧД), уровня кислорода в выдыхаемом воздухе ( $VO_2$ ), энерготрат и при помощи ультразвукового капнографа КП-01 (фирма «Еламед», Россия) с определением углекислоты в выдыхаемом воздухе ( $PETCO_2$ ) [12].

Статистическая обработка данных проводилась при помощи пакета программ Statistica 10.0 Ru. Разделение паци-

ентов на группы осуществлялось путём кластерного анализа, метод k-средних был использован для анализа различий между кластерами и идентификации их элементов. Сравнительный анализ показателей проводился при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни (U) для парных независимых выборок (при нескольких попарных сравнениях – с поправкой Бонферрони), дисперсионный анализ – при помощи непараметрического критерия Краскела-Уоллиса (H), различия считались достоверными при уровне  $p < 0,05$ . Для оценки различий числа исследуемых в подгруппах использовался метод таблиц сопряженности и критерий хи-квадрат при уровне  $p < 0,05$ . Для описательной характеристики групп исследуемых применялись медиана (Me), верхний (UQ) и нижний квартили (LQ) [13]. Для прогнозирования результативности деятельности в группах была использована технология искусственных нейронных сетей (ИНС); построение ИНС осуществлялось в автоматическом режиме на основе исследуемых групп показателей [14].

#### **Результаты и их обсуждение**

Методом кластерного анализа выделено 2 группы больных эпилепсией, достоверно различающихся по показателям теста Шульте-Горбова (табл. 1). В группе 2 больных эпилепсией определялось достоверно большее среднее время выбора, большее число ошибок, а также среднее время после ошибки и до ошибки.

Принципиально важной является неоднородность клинических характеристик в группах больных эпилепсией с различной результативностью деятельности, так в группе 2 преобладали пациенты с симптоматической формой эпилепсии (в группе 1 – 46% случаев, в группе 2 – 72%, критерий хи-квадрат=10,0,  $p=0,0016$ ). В таблице 2 представлена балльная оценка клинических и психо-социальных характеристик пациентов с эпилепсией.

Достоверные различия между группами выявлены по показателям среднего числа генерализованных приступов после

Таблица 1

**Показатели результативности моделируемой деятельности в группах исследуемых**

Показатели	Здоровые лица			Группа пациентов 1			Группа пациентов 2		
	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ
Среднее время выбора, с*	1,1	1,0	1,3	1,3	1,2	1,7	2,4	1,9	2,5
Время после ошибки, с*	0,5	0,0	1,2	0,4	0,0	0,9	2,5	1,0	2,5
Время до ошибки, с*	0,3	0,0	0,6	0,1	0,0	0,3	0,5	0,2	1,1
Среднее число ошибок*	0,4	0,2	1,0	0,3	0,0	1,0	1,5	0,8	4,0

Примечание: \*  $p < 0,005$  (для критерия Краскелла-Уоллиса)

Таблица 2

**Клинические характеристики групп больных эпилепсией с различной результативностью деятельности**

Показатели	Группа 1 больных эпилепсией			Группа 2 больных эпилепсией			U	p
	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ		
Среднее число КПП до коррекции терапии за 1 месяц	0,43	0,00	0,83	0,64	0,00	1,00	2720	0,299
Среднее число ГП до коррекции терапии за 1 месяц	0,41	0,08	1,00	0,33	0,16	2,00	2869	0,751
Число принимаемых антиконвульсантов	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2507	0,145
Среднее число КПП после коррекции терапии за 1 месяц	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	1929	0,151
Среднее число ГП после коррекции терапии за 1 месяц	0,05	0,00	0,10	0,20	0,00	0,30	1736	0,041
Когнитивные нарушения, баллы	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1549	0,001
Социальная дезадаптация, баллы	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1733	0,001

коррекции терапии, а также по уровню когнитивных нарушений и социальной дезадаптации с преобладанием данных феноменов в группе 2 больных эпилепсией.

В таблице 3 представлены характеристики деятельности моторных систем у исследуемых. Достоверные различия между группами обнаружены по показателям амплитуды УНВ в лобных отведениях с меньшими значениями в группе 2 больных эпилепсией, а также по среднему времени простых и сложных сенсомоторных реакций с наибольшим значением в группе 2 больных эпилепсией. Достоверных различия по показателям F-ответа между группами не выявлено.

В таблице 4 представлены характеристики вегетативного обеспечения моде-

лируемой деятельности в группах: выявлена достоверно меньшая вариабельность сердечного ритма по показателю СКО, большие значения ИН в группе 2 больных эпилепсией, а также снижение мощности спектральных составляющих вариабельности сердечного ритма в данной группе.

Показатели среднего объёма выдоха и частоты дыхания после когнитивной нагрузки достоверно выше в группе 2 больных эпилепсией.

Исследуемые физиологические показатели были использованы для построения ИНС, обеспечивающих классификацию исследуемых в группы с различной результативностью деятельности. Оптимальными характеристиками обладала ИНС, являющаяся многослойным перцеп-



Таблица 3

**Показатели деятельности моторных систем в группах практически здоровых лиц и больных эпилепсией с различной результативностью деятельности**

Показатели	Контрольная группа			Группа пациентов 1			Группа пациентов 2		
	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ
А УНВ в Fz, мкВ*	12,2	8,1	16,9	9,7	5,1	16,3	7,2	4,0	12,4
А F-ответа справа, мкВ	488	305	670	511	271	842	445	200	711
Л F-ответа справа, мс	38,0	36,1	40,2	37,4	34,9	40,0	39,0	36,0	42,5
СВ ПЗМР справа, мс *	190	182	209	224	202	248	231	211	266
СВ РР справа, мс*	281	245	300	319	298	370	362	304	441
Интервал ТТ справа, мс*	155	145	163	167	154	179	173	159	183

*Примечание:* А – амплитуда, П – площадь, Л – латентность, СВ – среднее время, \* – уровень  $p < 0,01$  (для критерия Краскелла-Уоллиса)

Таблица 4

**Показатели вегетативного обеспечения деятельности у исследуемых**

Показатели	Контрольная группа			Группа пациентов 1			Группа пациентов 2		
	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ
ЧСС, в мин	79	70	89	85	76	93	83	78	90
СКО, мс*	51	34	66	30	22	42	25	20	35
ИН, усл. ед.*	132	73	272	323	136	636	379	246	612
ТР, мс2*	1745	862	3564	922	482	1721	681	345	1034
HF, мс2*	654	188	1345	281	98	530	180	69	358
LF, мс2*	588	333	1019	307	112	532	193	95	374
VLf, мс2	234	107	319	142	76	240	115	62	201
Ve, л/мин, после когн.	8,7	7,6	10,2	8,1	7,0	9,8	9,1	7,7	11,1
ЧД, после когн.	14,8	13,0	16,8	14,9	12,9	17,5	16,8	13,9	19,0

*Примечание:* \* – различия достоверны при  $p < 0,05$  (для критерия Краскелла-Уоллиса), после когн. – после когнитивной нагрузки

троном с 20 входными нейронами, 9 нейронами в промежуточном слое, 2 выходными нейронами; производительность обучающей выборки составила 100%, тестовой – 55%, контрольной – 72%; усреднённая производительность составила 82%.

На рисунке 1 представлена кривая операционных характеристик для построенной ИНС.

Площадь под кривой, описывающая чувствительность данной ИНС при решении задачи классификации испытуемых с эпилепсией в группу 1 или 2, составила 0,837. Ранжированный список показателей, используемых ИНС для решения задачи классификации, представлен в таблице 5.

Было проведено усреднение рангов показателей внутри определённых

групп: выделена группа статистических характеристик ВСР (средний ранг 4,3), показатели функции внешнего дыхания (средний ранг 8,0), показатели спектрального анализа ВСР (средний ранг 11,0), группа интегративных характеристик моторной деятельности (показатели простых и сложных сенсо-моторных реакций, средний ранг 11,7), характеристик деятельности сегментарного спинального мотонейронного аппарата (показатели F-ответа, средний ранг 12,0) и характеристики деятельности центрального уровня моторных систем (показатели УНВ, средний ранг 16,3). При этом меньший ранг соответствовал большей значимости показателей в решении задачи классификации.

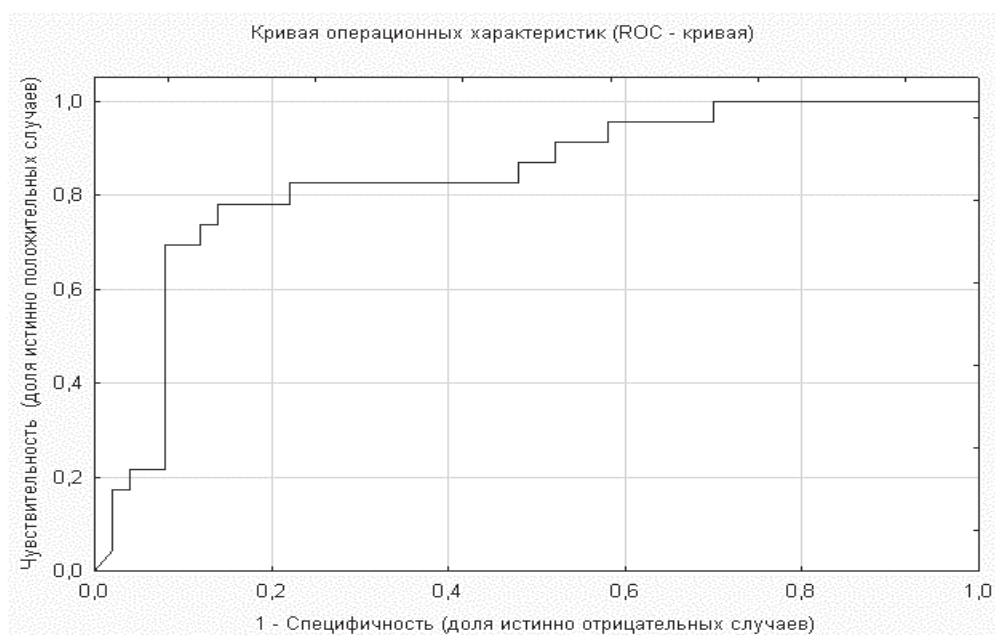


Рис. 1. Кривая операционных характеристик для построенной ИНС

Таблица 5

**Ранжированный список показателей, используемых ИНС**

Показатель	Ранг	Чувствительность показателя	Показатель	Ранг	Чувствительность показателя
VO <sub>2</sub>	1	1,171	LF BCP	11	0,944
ИН BCP	2	1,139	Интервал TT	12	0,939
HF BCP	3	1,062	ЧД	13	0,912
Отношение А F/M справа	4	1,056	АУНВ Fz	14	0,901
ЧСС	5	1,045	А F-ответа справа	15	0,895
СКО BCP	6	1,040	PP справа	16	0,808
ПЗМР справа	7	1,029	А УНВ Cz	17	0,736
РЕТ CO <sub>2</sub>	8	0,997	А УНВ Pz	18	0,725
П F-ответа справа	9	0,980	VLF BCP	19	0,659
Ve	10	0,965	Л F-ответа, справа	20	0,582

Примечание: П – площадь, А – амплитуда, Л – латентность

Результаты кластерного анализа демонстрируют неоднородность группы больных эпилепсией по исследуемым показателям результативности деятельности, при этом группа 1 больных эпилепсией может быть обозначена как результативная, а группа 2 как низко результативная. Различия результативности в группах больных эпилепсией ассоциированы с клиническими характеристиками заболевания: низкая ре-

зультативность деятельности связана с преобладанием симптоматических форм заболевания, что отражает роль структурного дефекта головного мозга в недостаточной результативности деятельности, а также с более высоким уровнем ГП после коррекции терапии, высоким уровнем когнитивных нарушений и социальной дезадаптации, что указывает на неблагоприятное течение заболевания [15].

Полученные характеристики функционирования моторных систем в группах отражают роль низкой активации моторных зон коры и замедления времени простых и сложных сенсо-моторных реакций в низкой результативности деятельности у больных эпилепсией, что соответствует данным литературы [16]. Показатели вегетативного обеспечения деятельности (как характеристики ВСР, так и ФВД) указывают на преобладание симпатических влияний в вегетативной регуляции, что связывают с активацией стресс-реализующих механизмов [17, 18], при этом избыточная активация данных механизмов в группе больных эпилепсией сопровождается низкой результативностью деятельности.

Успешное решение задачи классификации исследуемых на группы при помощи технологии ИНС на основе комплекса показателей моторно-вегетативного обеспечения деятельности демонстрирует значимость данных характеристик в определении результативности деятельности [19], при этом при усреднении рангов наибольшее прогностическое значение имеют характеристики вегетативного обеспечения деятельности. Особенности моторного и вегетативного обеспечения результативной деятельности у больных эпилепсией демонстрируют, с одной стороны, роль недостаточной активации центральных контуров моторной регуляции в низкой результативности деятельности, а с другой – избыточную активацию стресс-реализующих структур в низко результативной группе пациентов, что отражает рост физиологических трат и

снижает эффективность моделируемой деятельности в данной группе.

### **Выводы**

1. Группа пациентов с эпилепсией является неоднородной по характеристикам моделируемой целенаправленной деятельности, при этом можно выделить «результативную» и «низко результативную» подгруппы.

2. Низкая результативность деятельности у больных эпилепсией ассоциирована с симптоматическими формами заболевания, большей резистентностью к проводимой антиконвульсантной терапии, высоким уровнем когнитивных нарушений и социальной дезадаптации, что отражает неблагоприятное течение заболевания.

3. Низкая результативность деятельности у больных эпилепсией связана с недостаточностью активации моторных зон коры при подготовке к двигательной реакции, замедлением сенсо-моторных реакций и избыточной активацией стресс-реализующих механизмов.

4. Избыточная активация стресс-реализующих механизмов при низкой результативности деятельности у больных эпилепсией характеризует увеличение физиологической стоимости и снижение эффективности моделируемой деятельности.

5. Наибольшее прогностическое значение среди исследуемых показателей во влиянии на эффективность моделируемой деятельности у больных эпилепсией оказывают характеристики вегетативного обеспечения деятельности.

*Конфликт интересов отсутствует.*

### **Литература**

1. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем: избранные труды. М.: Медицина, 1998. 397 с.
2. Судаков К.В. Рефлекс и функциональная система. Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 1997. 399 с.
3. Карлов В.А. Эпилепсия у детей и взрослых, женщин и мужчин: руководство

для врачей. М.: ОАО Издательство «Медицина», 2010. 720 с.

4. Rektor I., Brazdil M., Nestrasil I., Bares M., Daniel P. Modifications of cognitive and motor tasks affect the occurrence of event-related potentials in the human cortex // The European Journal of Neuroscience. 2007. Vol. 26, №5. P. 1371-1380. doi: 10.1111/j.1460-9568.2007.05713.x.



5. Меделяновский А.Н. Системные механизмы гомеостаза // Успехи физиологических наук. 1982. Т. 13, № 3. С. 96-126.

6. Berg A.T., Berkovic S.F., Brodie M.J., Buchhalter J., Cross J.H., van Emde Boas W. et al. Revised terminology and concepts for organization of seizures and epilepsies: report of the ILAE Commission on Classification and Terminology, 2005-2009 // *Epilepsia*. 2010. Vol. 51, №4. P. 676-685. doi: 10.1111/j.1528-1167.2010.02522.x.

7. Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Самара: Издательский Дом «Бахрах-М», 2001. 672 с.

8. Гнездицкий В.В., Корепина О.С. Атлас по вызванным потенциалам мозга (практическое руководство, основанное на анализе конкретных клинических наблюдений). Иваново: ПресСто, 2011. 532 с.

9. Мантрова Н.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике. Иваново: ООО «Нейрософт», 2007. 216 с.

10. Николаев С.Г. Атлас по электромиографии. Иваново: ПресСто, 2010. 462 с.

11. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново: ИГМА, 2002. 290 с.

12. Бяловский Ю.Ю., Абросимов В.Н. Капнография в общей врачебной практике. Saarbrücken: LAP LAMBERT academic publishing, 2014. 136 с.

13. Боев В.М., Борщук Е.Л., Екимов А.К., Бегун Д.Н. Руководство по обеспечению решения медико-биологических задач с применением программы Statistica 10.0. Оренбург: Южный Урал, 2004. 208 с.

14. Moein S. Medical diagnosis using artificial neural networks. Hershey: Medical Information Science Reference, 2014. 310 p.

15. Калинин В.А., Якунина А.В., Повереннова И.Е. Закономерности течения эпилепсии в разные возрастные периоды // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2015. S1. С. 26-30.

16. Pulliainen V., Kuikka P., Jokelainen M. Motor and cognitive functions in newly diagnosed adult seizure patients before

antiepileptic medication // *Acta neurologica Scandinavica*. 2000. Vol. 101, № 2. P. 73-78.

17. Похачевский А.Л., Лапкин М.М. Состояние автономной (вегетативной) нервной системы и нарушения сердечного ритма при физической нагрузке // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2013. Т. 21, №4. С. 49-56.

18. Пшенникова М.Г. Стресс: регуляторные системы и устойчивость к стрессорным повреждениям. В кн.: Крыжановский Г.Н. (ред.) Дезрегуляционная патология. М.: Медицина, 2002. С. 307-324.

19. Мокрова А.В. Применение метода искусственных нейронных сетей в оценке механизмов вертеброгенного болевого поясничного хронического болевого синдрома // Наука молодых (*Eruditio Juvenium*). 2015. № 3. С. 78-81.

#### References

1. Anokhin P.K. *Kibernetika funkcion-al'nyh sistem: izbrannye raboty [The cybernetics of functional systems: selected works]*. Moscow: Medicine; 1998. 397 p. (in Russian)

2. Sudakov K.V. *Refleks i funkcion-al'naja sistema [Reflex and functional system]*. Novgorod: NovGU im. Jaroslava Mudrogo; 1997. 399 p. (in Russian)

3. Karlov V.A. *Jepilepsija u detej i vzroslyh, zhenshin i muzhchin [Epilepsy in children and adults, men and women: a guide for physicians]*. Moscow: Medicine; 2010. 720 p. (in Russian).

4. Rektor I, Brazdil M, Nestrasil I, Bares M, Daniel P. Modifications of cognitive and motor tasks affect the occurrence of event-related potentials in the human cortex. *The European Journal of Neuroscience*. 2007; 26 (5): 1371-1380. doi: 10.1111/j.1460-9568.2007.05713.x.

5. Medelyanovskii A.N. Sistemnye mekhanizmy gomeostaza. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk [Success of Physiological Sciences]*. 1982; 13 (3): 96-126. (in Russian).

6. Berg AT, Berkovic SF, Brodie MJ, Buchhalter J, Cross JH, van Emde Boas W et al. Revised terminology and concepts for organization of seizures and epilepsies: report

of the ILAE Commission on Classification and Terminology, 2005-2009. *Epilepsia*. 2010; 51 (4): 676-685. doi: 10.1111/j.1528-1167.2010.02522.x.

7. Raigorodskii DYa. *Prakticheskaya psikhodiagnostika. Metodiki i testy. Uchebnoe posobie [Practical psychodiagnosics. Procedures and tests. Tutorial]*. Samara: Bakhrakh-M; 2001. 672 p. (in Russian)

8. Gnezditskii VV, Korepina OS. *Atlas po vyzvannym potentsialam mozga (prakticheskoe rukovodstvo, osnovannoe na analize konkretnykh klinicheskikh nablyudenii) [Atlas of evoked potentials of the brain (a practical guide, based on an analysis of specific clinical observations)]*. Ivanovo: PresSto; 2011. 532 p. (in Russian)

9. Mantrova NN. *Metodicheskoe rukovodstvo po psikhofiziologicheskoi i psi-khologicheskoi diagnostike [Methodical guide to psychophysiological and psychological diagnostics]*. Ivanovo: ООО «Neurosoft»; 2007. 216 p. (in Russian)

10. Nikolaev SG. *Atlas po jelektromiografii [Atlas of electromyography]*. Ivanovo: PresSto; 2010. 462 p. (in Russian)

11. Mihajlov VM. *Variabel'nost' ritma serdca: opyt prakticheskogo primeneniya metoda [Heart rate variability: experience of the practical application of the method]*. Ivanovo: IGMA; 2002. 290 p.

12. Byalovskii YuYu, Abrosimov VN. *Kapnografija v obshhevračebnoj praktike [Capnography in general medical practice]*. Saarbrücken: LAP LAMBERT academic publishing; 2014. 136 p. (in Russian)

13. Boev VM, Borshchuk EL, Ekimov AK, Begun DN. *Rukovodstvo po obespečeniju resheniya mediko-biologicheskikh zadach s primeneniem programmy Statistica*

*10.0 [Guidelines for ensuring decisions of medico-biological problems with applying Statistica 10.0 program]*. Orenburg: Yuzhnyi Ural; 2004. 208 p. (in Russian)

14. Moein S. *Medical diagnosis using artificial neural networks*. Hershey: Medical Information Science Reference; 2014. 310 p.

15. Kalinin VA, Jakunina AV, Poverennova IE. *Zakonomernosti techenija jepilepsii v raznye vozrastnye periody [Patterns for epilepsy in different age periods]. Nevrologija, nejropsihiatrija, psihosomatika [Neurology, neuropsychiatry and psychosomatics]*. 2015; S1: 26-30. (in Russian)

16. Pulliainen V, Kuikka P, Jokelainen M. *Motor and cognitive functions in newly diagnosed adult seizure patients before anti-epileptic medication. Acta neurologica Scandinavica*. 2000; 101 (2): 73-78.

17. Pohachevskij AL, Lapkin MM. *Sostojanie avtonomnoj (vegetativnoj) nervnoj sistemy i narusheniya serdechnogo ritma pri fizičeskoj nagruzke. Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova [I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald]*. 2013; 21 (4): 49-56. (in Russian)

18. Pshennikova MG. *Stress: reguljatornye sistemy i ustojčivost' k stressornym povrezhdenijam [Stress: regulatory systems and resistance to the stress damage]*. V kn.: Kryzhanovskij GN. (red.) *Dizreguljatsionnaya patologija [Disregulation pathology]*. Moscow: Medicine; 2002. P. 307-324. (in Russian)

19. Mokra AV. *Primenenie metoda iskusstvennyh nejronnyh setej v ocenke mehanizmov vertebrogenogo bolevo go pojasnichnogo hronicheskogo bolevo go sindroma. Nauka moldykh (Eruditio Juvenium) [Science of young (Eruditio Juvenium)]*. 2015; 3: 78-81.

---

Зорин Р.А. – к.м.н., ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань.  
E-mail: zorin.ra30091980@mail.ru

Лапкин М.М. – д.м.н., проф., зав. кафедрой нормальной физиологии с курсом психофизиологии ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань.  
E-mail: lapkin\_rm@mail.ru

Жаднов В.А. – д.м.н., проф., зав. кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России, г. Рязань.  
E-mail: Vladimir.zhadnov@mail.ru