

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА І КЛІНІЧНА *МЕДИЦИНА*



2006 № 4





ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА І КЛІНІЧНА МЕДИЦИНА

2006. № 4

Експериментальна
і клінічна медицина

Засновник —

*Харківський державний
медичний університет*

Україна, 61022, Харків,
просп. Леніна, 4

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 3339 від 06.07.98

Додаток до постанови президії ВАК
України від 9.06.1999 р. № 1-05/7
(Бюлетень ВАК. 1999. № 4)

Періодичність видання —
4 рази на рік

Рекомендовано до друку
Вченою радою ХДМУ.
Протокол № 10 від 19.10.06

Редактор *В.М. Ходоревська*
Коректор *Г.С. Дарована*
Комп'ютерна верстка *О.М. Козицька*

Підписано до друку 20.10.06.

Ум. друк. арк. 9,75.

Обл.-вид. арк. 12,25

Формат 60x84 1/8. Папір офс.

Друк. офс. Тираж 500 прим.

Замовл. № 1215-01

Адреса редакції: Україна, 61022,
Харків, просп. Леніна, 4. ХДМУ.

Тел.: (0572) 707-73-00

e-mail: *ekm.kharkiv@mail.ru*

Надруковано у ВПЦ «Контраст»
Україна, 61166, Харків,
просп. Леніна, 40, к. 231.

Свідоцтво ВПЦ «Контраст» Дк № 178
від 15.09.2000

© Експериментальна і клінічна
медицина. ХДМУ. 2006. № 4

Головний редактор *В.М. ЛІСОВИЙ*

Почесний редактор *А.Я. ЦИГАНЕНКО*

Редакційна колегія

Заступники головного редактора:

М.О. Клименко

В.В. Мясоєдов

В.О. Силливий

Відповідальний секретар

О.Ю. Степаненко

М.П. Воронцов

І.А. Григорова

В.І. Грищенко

В.М. Козько

В.І. Куцевляк

І.К. Латогуз

С.Ю. Масловський

Ю.В. Одинець

Ю.С. Паращук

В.С. Приходько

Редакційна рада

О.Я. Бабак (Харків)

О.М. Біловол (Харків)

В.В. Бобін (Харків)

В.В. Бойко (Харків)

П.А. Бездітко (Харків)

О.Ф. Возіанов (Київ)

Б.О. Волос (Харків)

П.В. Волошин (Харків)

О.Я. Гречанина (Харків)

В.І. Жуков (Харків)

М.О. Корж (Харків)

П.Г. Кравчун (Харків)

В.І. Лупальцов (Харків)

В.М. Лупир (Харків)

М.І. Пилипенко (Харків)

Г. П. Рузін (Харків)

О.М. Хвисюк (Харків)

В.М. Хворостінка (Харків)

Ю.Б. Чайковський (Київ)

В.П. Черних (Харків)

А.Ф. Яковцова (Харків)

ЗМІСТ

ТЕОРЕТИЧНА І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА

<i>А.А. Сколожабский, В.Н. Лесовой. Селективное культивирование гемопоэтических стволовых клеток</i>	4
<i>В.И. Грищенко, Э.О. Нардид, Л.В. Цымбал, О.А. Нардид. Исследование влияния замораживания-отогрева на структурно-динамическое состояние компонентов сыворотки кордовой крови человека</i>	12
<i>Н.А. Клименко, И.В. Сорокина, О.С. Варваричева. Морфологические изменения в селезенке при действии низкоинтенсивного гамма-излучения на фоне хронического воспаления</i>	18
<i>С.С. Островская. Состояние внутримышечных артерий левого желудочка сердца у необлученных и облученных крыс с экспериментальной почечной гипертензией (морфометрическое исследование)</i>	24
<i>В.С. Шпак, Л.В. Романів. Стан ниркового функціонального резерву у статевонезрілих щурів після одноразового введення дихлориду ртуті</i>	28
<i>О.Ю. Майоров, О.В. Вязовская. Влияние острого и хронического эмоционального стресса на уровень энтропии Колмогорова-Синая по ЭЭГ крыс</i>	32
<i>Т.В. Звягинцева, К.Б. Герман. Состояние окислительно-антиоксидантных процессов при хирургической травме в эксперименте</i>	38
<i>Н.М. Кононенко. Деякі механізми порушень репаративної регенерації слизової оболонки шлунка при виразковій хворобі</i>	42
<i>А.Н. Довженко. Роль биоэнергетических и метаболических нарушений в развитии парезов и параличей кишечника при странгуляционной кишечной непроходимости</i>	46
<i>М.К. Адейшвили-Сыромятникова. Влияние разных методов лазеротерапии на состояние перекисного окисления липидов при обострении хронического панкреатита</i>	50
<i>А.Я. Цыганенко, Ю.С. Паращук, Е.В. Коць. Роль микроорганизмов в развитии эрозий шейки матки при воспалительных заболеваниях органов малого таза</i>	54
<i>С.И. Доломатов, Е.Д. Бабов, И.Д. Атмажов. Особенности биохимических показателей слюны у беременных с хроническим пародонтизом</i>	57
<i>В.І. Куцевляк, Н.В. Одушкіна, Н.І. Коваленко. Шляхи підвищення ефективності антибіотикотерапії у лікуванні одонтогенних запальних захворювань щелепно-лицьової ділянки у дітей</i>	62

ТЕРАПІЯ

<i>В.Н. Погорелов, В.И. Жуков, В.Н. Иванцев. Хроническое легочное сердце и его антигипертензивная коррекция</i>	66
<i>С.М. Коваль, Д.К. Милославський, О.М. Щенявська, О.В. Мисниченко. Гемодинамічні, структурні та метаболічні фактори у пацієнтів з гіпертонічною хворобою та їх взаємозв'язок з інсулінорезистентністю</i>	70
<i>М.Н. Кочуева. Ремоделирование сердца у больных эссенциальной артериальной гипертензией с диастолической сердечной недостаточностью в динамике лечения комбинацией эналаприла малеата и кандесартана цилексетила</i>	76
<i>В.М. Хворостінка, В.О. Федоров, О.В. Сокруто. Ефективність застосування препаратів кальцію при патології опорно-рухового апарату у хворих на цукровий діабет</i>	80
<i>О.Б. Пікас. Порівняльний аналіз показників жирнокислотного складу ліпідів сироватки крові і конденсату видихнутого повітря у хворих на дисемінований туберкульоз легень</i>	84

ПЕДІАТРІЯ

- Ю.В. Одинец, Л.Е. Латышев.** Оптимізація антикоагулянтної і антиагрегантної терапії в комплексному ліченні гломерулонефритів у дітей 87
- Т.А. Денисюк.** Кислотообразующая функция желудка у детей с хроническим *Helicobacter pylori*-ассоциированным гастродуоденитом 91

ГЕНЕТИКА

- О.В. Филиппова, Л.А. Атраментова.** Генетические исследования и медицинское и социальное приложение экстраверсии и нейротизма (обзор) 95

ЕНДОКРИНОЛОГІЯ

- В.А. Сединкин, Е.Н. Клигуненко.** Влияние реамберина на психоневрологический статус больных, перенесших диабетический кетоацидоз с нарушением сознания 101

НЕВРОЛОГІЯ І ПСИХІАТРІЯ

- С.П. Колядко.** Роль катехоламинергической и серотонинергической систем в нейрохимических механизмах пароксизмальных состояний при невротических расстройствах 105
- В.Л. Гавенко, Е.И. Сухоизанова.** Оценка влияния гелиогеомагнитных факторов на декомпенсацию психического состояния больных шизофренией 111
- А.В. Самохвалов.** Психофизиологические особенности студентов с соматоформной вегетативной дисфункцией сердца и сердечно-сосудистой системы 115

АКУШЕРСТВО

- Є.В. Коханевич, Н.В. Харченко, Р.М. Міцода.** Післяпологовий період у породіль з хронічною НСV-інфекцією 120

ХІРУРГІЯ

- П.Н. Замятин.** Возможности диагностики политравмы (обзор литературы) 124

СТОМАТОЛОГІЯ

- Е.Г. Денисова.** Сравнительная характеристика различных пломбировочных материалов для корневых каналов при лечении хронического гранулирующего периодонтита зубов у детей 132

СОЦІАЛЬНА МЕДИЦИНА

- Л.В. Подригало, А.Д. Лозовой.** Изучение особенностей образа жизни студенческой молодежи 136

ПИТАННЯ ВИКЛАДАННЯ

- В.М. Лісовий, В.А. Капустник, М.О. Міхалін, Л.В. Лебідь.** Впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу в Харківському державному медичному університеті: досвід, проблеми, перспективи 141
- Т.В. Звягінцева, Л.Т. Киричок, Г.О. Сирова.** Особливості викладання фармакології на сучасному етапі 146

Кодекс честі науковця або етичні норми та добрі манери у науці 148

Календарь знаменательных дат ХГМУ на 2007 год 153

ВЛИЯНИЕ ОСТРОГО И ХРОНИЧЕСКОГО ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТРЕССА НА УРОВЕНЬ ЭНТРОПИИ КОЛМОГОВОРА–СИНАЯ ПО ЭЭГ КРЫС

*О.Ю. Майоров, О.В. Вязовская**

*НИИ охраны здоровья детей и подростков АМН Украины, г. Харьков
Харьковская медицинская академия последипломного образования
Институт медицинской информатики и телемедицины, г. Харьков*

**НИИ биологии, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*

Установлены диапазоны значений энтропии Колмогорова–Синяя (эКС) корковых и лимбико-ретикулярных образований мозга крыс в условиях свободного поведения в состоянии спокойного бодрствования. Исследована реакция эКС на острый иммобилизационный стресс. Выявлено стойкое увеличение эКС в корковых и лимбико-ретикулярных образованиях мозга в условиях хронического эмоционального стресса. На фоне изменений под влиянием хронического эмоционального стресса свойств нейродинамических систем в условиях иммобилизации выявлена парадоксальная реакция в виде снижения уровня эКС, что отражает снижение устойчивости, срыв адаптационных механизмов. Сделан вывод, что эКС является объективным показателем для количественной оценки индивидуальной устойчивости нейродинамических систем в условиях стресса. *Ключевые слова: эмоциональный стресс, ЭЭГ, иммобилизация, нелинейный анализ.*

Ключевым аспектом проблемы эмоционального стресса являются его церебральные механизмы. В то же время исследования ЭЭГ коррелятов формирования эмоционально-стрессового состояния, вызывающего стойкие изменения функционального состояния системной нейродинамики, немногочисленны [1–4]. Что касается центральных механизмов устойчивости к эмоциональному стрессу, то они освещены в единичных работах [4–7].

Ранее нами на модели «стресса ожидания» методами спектрального и корреляционного анализа ЭЭГ было исследовано изменение функционального состояния структур лимбико-гипоталамо-ретикулярного комплекса в процессе формирования хронического эмоционального стресса. Проводилось также исследование изменения системной деятельности в условиях эмоционального стресса на основе применения математического аппарата многомерного линейного спектрального анализа ЭЭГ [8–10]. Это позволило выявить нейрофизиологические корреляты поведенческого и висцерального компонентов устойчивости [5, 7]. Однако в последнее десятилетие фундаментальными исследованиями в области прикладной математики убедительно доказано, что линейные процессы являются только частным случаем нелинейной динамики. Это утверждение в полной мере относится к ЭЭГ [11]. Процессы самоорганизации, лежащие в основе адаптации к эмоциональному стрессу, нахо-

дят отражение на ЭЭГ [12]. Результаты последних исследований свидетельствуют о том, что здоровый мозг имеет хаотическую динамику функционирования, которая присуща интегративной деятельности мозга [11–13]. Важно определить уровень хаоса, характерный для тех или иных церебральных процессов в норме и при патологии. В рамках системы NeuroResearcher для компьютерной ЭЭГ нами был разработан пакет прикладных программ – NeuroResearcher-Chaos, который позволяет оценить эти свойства мозга с помощью математических методов детерминистского хаоса [14].

Исследования ЭЭГ методами детерминистского хаоса немногочисленны и довольно противоречивы. По нашему мнению, это связано с отсутствием устоявшихся методик анализа, в то же время на результаты существенно влияет большое число параметров, среди которых частота дискретизации ЭЭГ-сигнала, выбор метода и качество определения задержки (delay), величина эпохи анализа ЭЭГ, анализ суммарной ЭЭГ или ее отдельных частотных диапазонов [15].

Работ, посвященных исследованию нейродинамических систем мозга крыс в условиях эмоционального стресса, нам найти не удалось.

В данной работе приведены результаты оценки одного из ключевых параметров детерминистского хаоса по ЭЭГ, характеризующего поведение динамических систем

мозга во времени [16, 17] – энтропии Колмогорова–Синяя (эКС).

Материал и методы. Исследования проведены в остром и хроническом эксперименте на 19 половозрелых крысах-самцах линии Вистар 6-месячного возраста. За 5–6 дней до регистрации ЭЭГ животным стереотаксическим методом имплантировали никромовые электроды диам. 0,1 мм в лаковой изоляции. Стереотаксические координаты определяли по атласам E. Fivkova, J. Marsal и de J. Groot [19, 20]. ЭЭГ регистрировалась монополярно с референтным «усредненным» электродом по D. Goldman [21], каждое событие записывалось в течение 120 с. Были использованы симметричные корковые и лимбико-ретикулярные отведения (Ар : L : Н): корковые – фронтальные (–2 : 2 : 1,5), сенсомоторные (2 : 3,9 : 2), парietальные (5 : 2,5 : 3) и окципитальные (6,5 : 3 : 2,5); лимбико-ретикулярные – миндалевидный комплекс (1 : 3 : 7,8), дорсальный гиппокамп, поле СА1 (2 : 1 : 3,4), ретикулярная формация среднего мозга (ретикулярное ядро покрывки) – 5 : 1,8 : 7,3. ЭЭГ регистрировалась 16-канальным электроэнцефалографом фирмы «Medicor» (Венгрия), вводилась в компьютер с помощью 16-канального аналого-цифрового преобразователя фирмы «Advantech» с частотой дискретизации 200 Гц на канал и 12-разрядным разрешением. Для нелинейного анализа ЭЭГ выбирали безартефактные стационарные участки ЭЭГ длительностью 35–40 с. Управление энцефалографом и нелинейный многомерный анализ ЭЭГ осуществляли с помощью системы компьютерной ЭЭГ NeuroResearcher'2005 [10, 14]. Энтропия Колмогорова–Синяя h вычислялась на основании спектра показателей Ляпунова и определялась как усредненная по фазовому пространству сумма положительных показателей Ляпунова S_m . Для хаотических аттракторов h положительна, это критерий хаоса [16]. Для вычисления задержки (delay), которая существенно влияет на вычисление эКС, был использован разработанный нами метод определения задержки с помощью оценки размеров осей восстановленного в фазовом пространстве аттрактора [15].

Для формирования устойчивого эмоционально-стрессового состояния использовали модель иммобилизационного стресса. Животных подвергали иммобилизации в течение 5 дней по 5 часов ежедневно. Регистрация ЭЭГ проводилась на 1-й и 5-й день стрессования до и через 2,5 часа после начала иммобилизации. Реакцию на иммобилизацию оценивали относительно значений эКС в свободном поведении до начала иммобилизации, то есть относительно исходного состоя-

ния и хронического стресса (на 5-й день иммобилизации). Для оценки индивидуально-типологических особенностей поведения интактных животных и их реакции на пребывание в условиях хронического эмоционального стресса оценивали нейроэтологические параметры в тесте «открытое поле» [18] до начала моделирования стресса и на 5-й день – перед записью ЭЭГ.

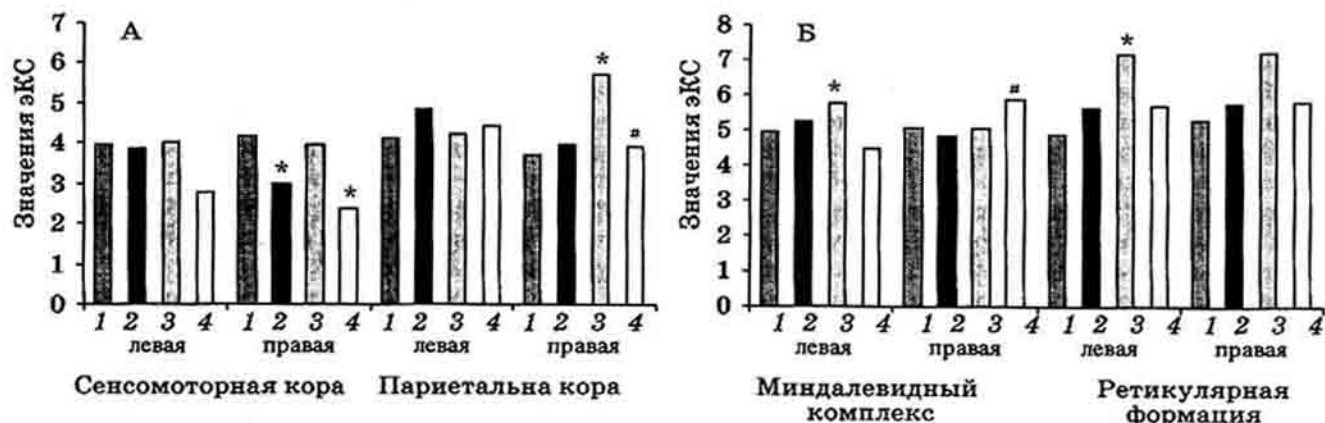
Локализацию электродов верифицировали, для разрушения ткани мозга использовали прибор ЭЛД-1. Достоверность различий исследуемых показателей оценивали с помощью непараметрического критерия U Вилкоксона–Манна–Уитни.

Результаты. В корковых областях в исходном состоянии наибольшее значение эКС характерно для правой сенсомоторной коры ($4,19 \pm 0,63$) и обеих окципитальных областей полушарий (COL $4,52 \pm 0,65$; COR $4,49 \pm 0,45$); более низкие значения характерны для фронтальных областей полушарий (CFRL $3,14 \pm 0,36$; CFRR $3,27 \pm 0,36$). В структурах лимбической системы наиболее высокий уровень эКС выявлен в правом дорсальном гиппокампе ($5,67 \pm 0,89$), правом миндалевидном комплексе ($5,06 \pm 0,36$) и правом ретикулярном ядре покрывки ($5,27 \pm 0,59$), рисунок.

Следует отметить асимметрию этого показателя в исходном состоянии – значения эКС в дорсальном гиппокампе, миндалине и ретикулярной формации среднего мозга справа выше соответственно на 11,8; 2,2 и 7,6 %. В корковых областях полушарий значения эКС, напротив, слева несколько выше, чем справа: во фронтальной области на 4,1 %, в парietальной области на 11,0 %. В сенсомоторной области значения эКС на 6,38 % выше справа, чем слева.

В условиях острого эмоционального стресса через 2,5 часа от начала первой иммобилизации наблюдается выраженное увеличение эКС в левой фронтальной и парietальной областях (на 18,0 и на 17,4 % соответственно) и левой затылочной коре (на 7,5 %). При этом в правой сенсомоторной коре выявлено достоверное значительное снижение эКС на 39,2 %: с ($4,19 \pm 0,63$) до ($3,01 \pm 0,63$), $p < 0,05$. В структурах лимбической системы выявлено незначительное увеличение эКС в обоих дорсальных гиппокампах (на 2,6 и 0,9 %) и левом миндалевидном комплексе (на 6,3 %). Увеличение эКС происходит в обоих ретикулярных ядрах покрывки (на 15,3 и 9,3 %).

Тестирование подопытных крыс в «открытом поле» после пребывания в условиях длительной иммобилизации выявило изменения поведения, характерные для развития



Энтропия Колмогорова-Синая (эКС) крыс в условиях острого и хронического эмоционального стресса в структурах мозга, в которых наблюдались достоверные изменения: А – корковые области, Б – подкорковые структуры: 1 – интактные крысы (в состоянии спокойного бодрствования), контроль; 2 – в условиях острого эмоционального стресса под влиянием иммобилизации; 3 – под влиянием хронического эмоционального стресса; 4 – в состоянии иммобилизации на фоне хронического стресса (* $p < 0,005$; # $p < 0,01$)

хронического эмоционально-стрессового состояния, аналогичные ранее полученным [22].

Для исследования стойких изменений, сформированных под влиянием хронического эмоционального стресса, была проведена оценка уровня эКС после 4-дневной иммобилизации. Было установлено, что хронический эмоциональный стресс значительно влиял на параметры нейродинамических систем мозга крыс, что нашло объективное отражение на ЭЭГ и в уровне эКС исследуемых областей мозга. Значительное увеличение эКС происходит в левой и правой фронтальных областях коры (на 39,4 и 38,2 % соответственно) по сравнению с исходным уровнем (при остром стрессе только на 18,0 и -1,95 %), в правой затылочной коре на 15,6 %. Наиболее сильно эКС увеличивается в правой парietальной области (на 53,8 %) по сравнению с исходным уровнем (при остром стрессе только на 6,2 %). Правая сенсомоторная область практически перестает реагировать на иммобилизацию – уровень эКС почти восстанавливается по сравнению с острым стрессом, он только на 5,5 % ниже исходного.

В то же время увеличение эКС под влиянием хронического эмоционального стресса, вызванного длительной иммобилизацией, характерно для лимбических структур левого мозга. Так, эКС левого дорсального гиппокампа увеличилась на 14,4 % по сравнению с исходным уровнем (при остром стрессе только на 2,6 %), в левом миндалевидном комплексе – на 16,6 % по сравнению с исходным уровнем (при остром стрессе только на 6,3 %). Еще более выраженные изменения происходят в правом и левом ретикулярных ядрах покрышки (на 46,7 и 37,8 % соответственно) по сравнению с исходным уровнем (при остром стрессе только на 15,3 и 9,3 %).

В состоянии иммобилизации на фоне хронического стресса наблюдалось уменьшение значений эКС практически во всех корковых отделах. В обеих фронтальных областях полушарий значения эКС снизились на 64,6 и 87,1 % соответственно по сравнению с уровнем эКС в условиях хронического эмоционального стресса (по сравнению с исходным уровнем только на 18,3 и 35,3 %). В сенсомоторной коре уровень эКС продолжал снижаться слева и справа на 40,7 и 78,9 % соответственно. В парietальной и затылочной коре уровень эКС достоверно снизился только справа (на 47,0 и 58,1 % соответственно). В лимбико-ретикулярных структурах снижение эКС наблюдается в обоих дорсальных гиппокампах (на 18,1 и 18,7 %) и ретикулярных ядрах покрышки (на 26,6 и 25,0 %). В то же время в левом миндалевидном комплексе уровень эКС уменьшился (на 29,4 %), а в правом – незначительно увеличился (на 16,9 %).

Обсуждение результатов. Энтропия Колмогорова-Синая, ее еще называют динамическая энтропия, определяется как информационное содержание временных рядов; служит метрической оценкой степени хаотичности системы; средней оценкой, по которой информация производится системой; оценкой, по которой текущая информация относительно системы потеряна. Положительная, конечная эКС – доказательство того, что временной ряд и лежащий в его основе динамический феномен хаотичны. эКС позволяет оценить количество информации, которое необходимо для прогноза поведения динамической системы в будущем. Другими словами, можно определить временной интервал, на основании которого делается прогноз. Использование метода [15] позволило

значительно повысить надежность и повторяемость результатов и, как следствие, дало возможность получить диапазон значений эКС по ЭЭГ исследуемых структур мозга крыс, который характерен для интактных животных в состоянии спокойного бодрствования. Эксперименты с иммобилизацией показали надежность эКС для оценки динамических систем мозга, осуществляющих организацию определенных функций высшей нервной деятельности. Так, «обездвиживание» животных привело к резкому уменьшению уровня эКС в сенсомоторной области. Это согласуется с результатами оценки нелинейных параметров ЭЭГ во время исследования произвольных движений человека [23, 24]. Исходя из этого, можно сделать заключение, что оценка эКС в состоянии спокойного бодрствования и ее изменение в условиях моделирования эмоционального стресса (в более широком смысле – различных состояний) позволяет определять локализацию нервного субстрата высших функций, таких как мотивационное возбуждение, эмоциональное состояние, эмоциональное выражение, память. Подтверждением этого является выявленное в наших опытах увеличение уровня эКС в париетальной области, лимбических структурах (например, в миндалине), в ретикулярной формации среднего мозга в условиях эмоционального стресса, что совпадает с данными, полученными при исследовании эмоций у людей и животных [25–27]. Что касается участия миндалины в формировании эмоционально-стрессовых реакций и длительно удерживаемых состояний, то на этот счет в литературе имеется множество доказательств [2, 28, 29]. Ранее также было изучено и описано вовлечение лимбико-ретикулярных структур мозга в церебральные механизмы устойчивости к эмоциональному стрессу [1, 9].

Умеренное повышение уровня эКС, выявленное в некоторых областях полушарий и структурах лимбико-ретикулярного комплекса системы в условиях острого эмоционального стресса, можно интерпретировать как активацию защитных механизмов, отражение процессов формирования адаптивной активности, то есть приспособления к новым условиям, а именно к состоянию иммобилизации. В условиях эмоционального напряжения у интактных животных повышаются возможности самоорганизации, увеличивается способность к формированию упорядоченных адаптивных диссипативных структур и, следовательно, способность к адаптации.

Хронический эмоциональный стресс вызывает еще более значительное повышение уровня эКС, что отражает стадию мобилиза-

ции защитных механизмов, по-видимому, уже на пределе возможностей животного. Это предположение косвенно подтверждается характером реакции на иммобилизацию на фоне измененного под влиянием хронического эмоционального стресса состояния мозга. Происходит резкое снижение эКС, в некоторых образованиях даже ниже уровня, характерного для интактных животных. Это может свидетельствовать также об активации механизмов самоограничения, характерных для нелинейных динамических систем мозга, когда параметры этих систем достигают предельных значений. Кроме того, снижение оптимального уровня хаоса, который обеспечивает готовность мозга генерировать новую адаптивную активность, обуславливает снижение способности к формированию упорядоченных адаптивных диссипативных структур и, следовательно, способности к адаптации, вызывает сбой механизмов регуляции, отражает «срыв» механизмов адаптации и возникновение процессов торможения.

Уровень эКС, по-видимому, может являться показателем индивидуальной устойчивости нейродинамических систем в условиях эмоционального стресса.

Таким образом, нелинейный параметр – эКС сигнала ЭЭГ является объективным показателем оценки изменения динамических характеристик ключевых корковых и лимбико-ретикулярных структур мозга, которые принимают участие в формировании адаптивных процессов в условиях острого и хронического эмоционального стресса.

Выводы

1. Установлены диапазоны значений энтропии Колмогорова–Синяя (эКС) по ЭЭГ в симметричных областях полушарий головного мозга и структурах лимбико-ретикулярного комплекса для крыс в состоянии спокойного бодрствования в условиях свободного поведения.

2. Энтропия Колмогорова–Синяя по ЭЭГ у крыс в состоянии спокойного бодрствования в условиях свободного поведения имеет региональные и межполушарные различия: наиболее высокие значения характерны для правой сенсомоторной коры и обеих окципитальных областей полушарий. В структурах лимбической системы наиболее высокий уровень эКС выявлен в правом дорсальном гиппокампе, правом миндалевидном комплексе и правом ретикулярном ядре покрышки. В корковых областях значения эКС выше слева, в лимбико-ретикулярных – справа.

3. В условиях острого эмоционального стресса, вызванного относительно кратко-

временной иммобилизацией, более выраженное увеличение эКС происходит в корковых областях левого полушария (во фронтальной и париетальной областях), чем в структурах лимбико-ретикулярного комплекса. Отсутствие двигательной активности приводит к значительному снижению эКС в правой сенсомоторной коре.

4. Длительная иммобилизация сопровождается значительным повышением уровня эКС в условиях свободного поведения, что отражает стойкие изменения параметров нейродинамических систем мозга крысы, по-видимому, характерных для хронического эмоционального стресса.

5. Иммобилизация на фоне стойких изменений параметров нейродинамических

систем мозга крысы, характерных для хронического эмоционального стресса, вызывает срыв адаптации, включение механизмов нелинейного ограничения, что проявляется в парадоксальном снижении величины эКС в исследуемых корковых и лимбико-ретикулярных образованиях головного мозга.

6. Уровень эКС по ЭЭГ может служить индикатором вовлечения тех или иных областей мозга в процесс формирования острого и хронического эмоционального стресса.

7. Оценка эКС по ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования и ее изменение в условиях моделирования эмоциональных стрессов позволяет выявлять структуры, которые вовлекаются при формировании стойкого эмоционально-стрессового состояния.

Литература

1. Мамедов А.М. Корреляционные показатели электроэнцефалограммы головного мозга при эмоциональном стрессе. Баку, 1978. 129 с.
2. Mayorov O.Yu., Vedjiaev F.P. Neurophysiologic mechanisms of the emotional stress forming in the modeled «anticipation stress». Second World Congress of Neuroscience. 1987, August 16–21. Budapest: 31.
3. Sudakov K.V. Effects of acute emotional stress on the brain and autonomic variables. *Baillieres Clin. Neurol.* 1997; Jul., 6 (2): 261–274.
4. Юматов Е.А., Салиева Р.М. Физиологические свойства эндогенных олигопептидов, повышающих устойчивость к эмоциональному стрессу. *Журн. высш. нервн. деятельности им. И.П. Павлова* 1993; 43, 2: 318–325.
5. Mayorov O.Yu. Neurophysiological correlates of individual resistance under emotional stress (according to the data of EEG multivariate spectral analysis). 19th Annual Meeting European Brain and Behavior Society, 1987; August 23–25. Yugoslavia, Novi Sad, 1987: 112–114.
6. Sudakov K.V., Coghlan J.P., Kotov A.V. et al. Delta-sleep-inducing peptide sequels in the mechanisms of resistance to emotional stress. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1995; 771: 240–251.
7. Майоров О.Ю. Нейродинамическая структура системных механизмов устойчивости к эмоциональному стрессу: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. М., 1988. 45 с.
8. Майоров О.Ю., Глухов А.Б. Системный подход к моделированию работы лимбической системы в условиях экспериментального эмоционального стресса: способы оценки адекватности модели. *Матер. Междунар. сов.-амер. Павловск. конф. «Эмоции и поведение: системный подход»*. М., 1984: 185–187.
9. Майоров О.Ю. Новый многомерный вторичный показатель ЭЭГ (ЭСКОГ) для количественной оценки некоторых фундаментальных свойств интегративной деятельности мозга в условиях эмоционального стресса: Эмоциональный стресс: физиологические и медико-социальные аспекты. Харьков: Прапор, 1990: 35–42.
10. Mayorov O. Yu. Multidimensional approach for evaluation of system activity of the brain by EEG. *Technology and Informatics. IOS Press* 2002; 90: 61–65.
11. Elbert T., Ray W.J., Kowalik Z.J. et al. Chaos and physiology: deterministic chaos in excitable cell assemblies. *Phys. Rev.* 1994; 74, 1: 1–47.
12. Jensen B.H. Nonlinear dynamics and quantitative EEG analysis. *EEG Clin. Neurophysiol.* 1996; Suppl. 45: 39–56.
13. Palus M. Nonlinear dynamics in the EEG analysis: Disappointments and perspectives. In: Rapp P.E., Pradhan N., Sreenivasan R. (eds.) *Nonlinear Dynamics and Brain Functioning*. Nova Science Publishers, 1999. 437 p.
14. Mayorov O. Yu., Fritzsche M. et al. New neurodiagnostics technology for brain research on the basis of multivariate and nonlinear (deterministic chaos) analysis of EEG. *Proceedings of 2nd Europ. Congress «Achievements in space medicine into health care practice and industry»*. Berlin, 2003: 157–166.
15. Майоров О.Ю., Глухов А.Б., Фенченко В.Н. Реализация метода задержки с помощью оценки размеров осей восстановленного в фазовом пространстве аттрактора. *Журн. клин. информ. и телемед.* 2006; 3: 35–47.
16. Grassberger P., Procaccia I. Estimation of Kolmogorov Entropy from a Chaotic Signal. *Phys. Rev.* 1983; 28: 2591–93.
17. Kantz H., Schreiber T. *Nonlinear Time Series Analysis*. N.Y.: Cambridge University Press, 2000. 304 p.
18. Walsh R., Cammins R. The open-field test: A critical review. *Psych. Bull.* 1976; 83: 482–504.
19. Буреш Я., Петрань М., Захар И. Электрофизиологические методы исследования. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. 387 с.
20. de Groot J. The rat forebrain in stereotaxic coordinate. *Transcr. R. Noth. Acad.* 1969; 52: 1–48.

21. Goldman D. The clinical use of the «average» reference electrode in monopolar recording. EEG and clin. Neurophysiol. 1950; 2: 209–212.
22. Vyazovska O.V. The effects of chronic immobilization on neuroetological parameters in the «open-field test» in rats. 9th Multidisciplinary Intern. Conf. Biolog. Psychiatry «Stress and Behavior». Psychopharmacology and Biological Narcology 2005; 2–3: 907.
23. Dushanova J. Does the Kolmogorov entropy give more information about the organization of the voluntary movement? Acta Physiol. Pharmacol. Bulg. 2001; 26 (1–2): 93–96.
24. Popivanov D., Dushanova J. Non-linear EEG dynamic changes and their probable relation to voluntary movement organization. NeuroReport 1999; 10: 1397–1401.
25. Aftanas L.I., Lotova N.V., Koshkarov V.I. et. al. Nonlinear analysis of emotion EEG: calculation of Kolmogorov entropy and the principal Lyapunov exponent. Neuroscience Letters 1997; 226(1): 13–16.
26. Natarajan K., Acharya U.R., Alias F. et.al. Nonlinear analysis of EEG signals at different mental states. Biomed Eng Online 2004; Mar 16; 3.1: 7.
27. Майоров О.Ю., Вязовская О.В. Применение методов нелинейного анализа ЭЭГ (детерминистского хаоса) для оценки состояния церебральной нейродинамики в условиях хронического иммобилизационного стресса у крыс: Матер. научн.-практ. конф. «Компьютерная медицина'2005». Клин. информ. и телемед. Харьков, 2005; 2, 1: 149.
28. Davidson R.J., Irwin W. The functional neuroanatomy of emotion and affective style. Trends in Cognitive Sciences 1999; 3, 1: 112–124.
29. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса. М.: Медицина, 1984. 232 с.

ВПЛИВ ГОСТРОГО ТА ХРОНІЧНОГО ЕМОЦІЙНОГО СТРЕСУ НА РІВЕНЬ ЕНТРОПІЇ КОЛМОГОРОВА–СІНАЯ ПО ЕЕГ ЩУРІВ

О.Ю. Майоров, О.В. В'язовська

Встановлені діапазони значень ентропії Колмогорова–Сіная (еКС) коркових і лімбіко-ретикулярних формувань мозку щурів в умовах вільної поведінки у стані спокійного неспання. Досліджена реакція еКС на гострий іммобілізаційний стрес. Виявлено стійке підвищення еКС у коркових і лімбіко-ретикулярних формуваннях мозку в умовах хронічного емоційного стресу. На тлі змінених під впливом хронічного емоційного стресу властивостей нейродинамічних систем в умовах іммобілізації встановлена парадоксальна реакція – зниження рівня еКС, що відображає зниження стійкості, зрив адаптаційних механізмів. Зроблено висновок, що еКС є об'єктивним показником кількісної оцінки індивідуальної стійкості нейродинамічних систем в умовах стресу.

Ключові слова: емоційний стрес, ЕЕГ, іммобілізація, нелінійний аналіз.

INFLUENCE OF ACUTE AND CHRONIC EMOTIONAL STRESS ON KOLMOGOROV–SINAY ENTROPY OF THE RATS' EEG

O.Yu. Mayorov, O.V. Vyazovskaya

The range of Kolmogorov-Sinay entropy (KSe) in the cortex and key limbic-reticular brain formations was stated for rats under free behaviour conditions in the state of sound wakefulness. The KSe response to acute immobilization stress was investigated. The KSe stable increase was stated in the cortical and subcortical brain formations that could be an indicator of a new state of the brain that is typical for the chronic emotional stress. Under immobilization conditions against the chronic emotional stress background there was a paradoxical response in the form of the KSe degree decreasing that might reflect resistance lowered and a breakdown of adaptive mechanisms. It is concluded that KSe degree is a valid parameter of quantitative estimation for individual resistance of neurodynamic systems under stress conditions.

Key words: emotional stress, EEG, immobilization, nonlinear analysis.

Поступила 31.05.06