

УДК:615.099:616.89-088

А.И. Рабаданова, Д.М. Гамидова

ХАРАКТЕРНЫЕ ПАТТЕРНЫ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПРИ СТАРЕНИИ И НАРКОЗАВИСИМОСТИ

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,
г. Махачкала, Российская Федерация

Резюме. Старение и наркозависимость являются двумя наиболее актуальными проблемами современности. По отдельности они достаточно хорошо изучены, раскрыты механизмы их протекания и предпринимаются попытки поиска способов снижения их патологических проявлений. При этом многие процессы, возникающие при старении и наркозависимости, имеют сходную тенденцию, за исключением того, что при наркозависимости они протекают в более быстром темпе. Это позволяет рассматривать наркозависимость как ускоренную модель старения и формирует цель данного исследования: выявить степень сходства изменений электрической активности мозга при старении и наркозависимости. **Цель исследования:** определить характерные паттерны электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при старении и наркозависимости. **Материалы и методы.** Исследования проводили на базе психофизиологической лаборатории кафедры психологии развития и профессиональной деятельности ДГУ. В эксперименте принимали участие 62 человека мужского пола, которые были разделены на 3 группы: 1) контроль (здоровые молодые люди в возрасте 25–35 лет); 2) экспериментальная группа 1 (люди пожилого возраста в возрасте 61–75 лет); 3) экспериментальная группа 2 (наркозависимые в возрасте 25–35 лет). В отобранных группах регистрировали ЭЭГ в виде непрерывной записи величин разности потенциалов между двумя точками головного мозга. **Результаты.** Проведенные исследования активности головного мозга среди людей старческого возраста и наркозависимых выявили признаки сходства паттернов ЭЭГ, проявляющиеся в замедлении основных ритмов, дестабилизации корковой активности и снижении реакции на функциональные пробы. **Выводы.** Для ЭЭГ людей старческого возраста и наркозависимых характерен дезорганизованный паттерн ЭЭГ с преобладанием спектральной мощности и индекса выраженности альфа-ритма со смещением в сторону медленноволновой активности. Изменения выраженности волн ЭЭГ людей старческого возраста и наркозависимых сопровождаются нарушением стабилизации корковой активности и ослаблением реакции на функциональные пробы. Выявленные изменения ЭЭГ могут быть связаны с активацией синхронизирующих систем мозга.

Ключевые слова: наркозависимость, старение, ЭЭГ, альфа-ритм, головной мозг

Конфликт интересов отсутствует.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Рабаданова Аминат Ибрагимовна

phisiiodgu@mail.ru

Дата поступления 21.05.2022 г.

Образец цитирования:

Рабаданова А.И., Гамидова Д.М. Характерные паттерны электроэнцефалограммы при старении и наркозависимости. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2022, Том 19, №5, с. 485–491, DOI: 10.22138/2500-0918-2022-19-5-485-491

В течении жизни неизбежно наступает такой момент, когда процесс развития и усложнения функционирования внутренних органов замедляется, что приводит к ограничению адаптивных возможностей и старению организма. Механизмы данного явления достаточно сложны и многообразны. На сегодняшний день существует несколько десятков теорий старения [1]. Все они пытаются ответить на вопрос почему организмы подвергаются прогрессирующему и необратимому уменьшению физио-

логических функций в последней части своей жизни; почему ожидаемая продолжительность жизни или скорость старения различаются внутри одного вида и между видами; какие экспериментальные воздействия замедляют начало возрастных изменений и можем ли мы реально повлиять на снижение скорости старения человека?

Поскольку процесс старения в той или иной степени растягивается во времени, возникает необходимость поиска ускоренной ее модели, в качестве которой, на наш взгляд, удобно рассматривать наркозависимость. При естественном старении накопление нарушений различных функций происходит к 45–55 годам. При наркомании эти нарушения развиваются в течении первых месяцев употребления наркотиков, и их накопление наблюдается через 2–3 года. В этом случае не всегда смерть наступает от передозировки наркотика. Вполне возможно, что наркоманы умирают от изменений, произошедших в организме под действием наркотика и напоминающих нарушения функций организма при глубоком старении.

Одним из проявлений серьезных нарушений указанных состояний является изменение функционирования сложных комплексов мозговых структур, которые обеспечивают регуляцию тонуса или бодрствования, получают, перерабатывают и хранят информацию, поступающую из внешнего мира, а также осуществляют регуляцию и контроль психической деятельности [2–6].

Хорошо известно, что при старении возникают серьезные нарушения четкой регуляции психических процессов, воспоминания и ассоциации приобретают неорганизованный характер и направленное выполнение психической деятельности становится недоступным. Для осуществления организованной деятельности необходимо возникновение такого оптимального состояния мозговой коры, когда нервные процессы характеризуются концентрированностью, уравновешенностью возбуждения и торможения, высокой подвижностью нервной системы, позволяющей с легкостью переходить от одной деятельности к другой [6, 7].

Именно эти черты оптимальной нейродинамики исчезают как при старении, так и при злоупотреблении токсичными веществами, что можно обнаружить с помощью регистрации электрической активности головного мозга [8–10].

В связи с вышеизложенным **целью данной работы** является определение характерных паттернов ЭЭГ при старении и наркозависимости.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе психофизиологической лаборатории кафедры психологии развития и профессиональной деятельности Дагестанского государственного университета. В эксперименте принимали участие 62 человека мужского пола, которые были разделены на 3 группы: 1) здоровые молодые люди в возрасте 25–35 лет (контрольная группа); 2) люди пожилого возраста в возрасте 61–75 лет (экспериментальная группа 1); 3) наркозависимые в возрасте 25–35 лет (экспериментальная группа 2). Стаж наркозависимости составил 5–10 лет. Среди испытуемых проводили регистрацию электрической активности правого и левого полушарий головного мозга.

ЭЭГ регистрировали в виде непрерывной записи величин разности потенциалов между двумя точками головного мозга. Отведение паттернов проводили при помощи специальных контактных электродов, приложенных к поверхности кожи на голове.

Электроэнцефалограмма регистрировалась монополярно в следующих стандартных отведениях: Fp1, Fpz, Fp2, F7, Fz, F3, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, Oz, O2. В качестве референтного использовался объединенный ушной электрод (A1, A2). Запись проводилась с помощью многоканальной исследовательской системы «ЭНЦЕФАЛАН-131-133» с частотой опроса 100 Гц, полоса пропускания от 0,3 до 30 Гц.

Для статистического анализа записей ЭЭГ был использован спектральный анализ Фурье, реализованный в специально созданном пакете программ фирмой «МЕДИКОМ-МТД» — производителем электроэнцефалографа «Энцефалан-131-03».

Статистическую обработку результатов проводили методом малой выборки по t-критерию Стьюдента с использованием пакетов прикладных программ для персональных компьютеров Microsoft Excel STATISTICA 12 [11]. Различия полагали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$ и ниже.

Результаты и их обсуждение

Об информационно-энергетических характеристиках мозговой деятельности судили по спектру мощности амплитудно-временных показателей биоэлектрической активности, которые связаны с энергетикой в регистрируемой области коры головного мозга. С целью выявления наличия дезорганизации фоновой ритмики в контрольной и экспериментальных группах нами были определены индексы выраженности волн.

Результаты наших исследований представлены на рис. 1,2 и в таб. 1,2.

Преобладающим ритмом покоя людей контрольной группы является альфа-ритм (66,8%). У людей пожилого возраста, так же как и у наркозависимых, отмечается снижение выраженности ритма покоя до $54,0 \pm 3,1$ и $40,8 \pm 0,83\%$ соответственно ($P < 0,001$). Кроме того, в экспериментальных группах частота альфа-ритма имеет тенденцию к снижению до 8 Гц. Это может быть связано с недостаточной плотностью синапсов на теле и дендритном дереве корковых нейронов, которая обуславливает более медленную циркуляцию импульсов по нейронным сетям мозга.

Быстрая форма волн представлена на ЭЭГ бета-ритмом во всех областях диффузно, частотой 15–35 Гц (в контрольной группе) и 14–25 Гц (в экспериментальных группах), амплитудой 10–15 мкВ. При этом выраженность данного ритма в сравниваемых группах меняется незначительно: от $24,2 \pm 0,5$ (в контрольной группе) до $29,8 \pm 0,54$ (у наркозависимых) ($P > 0,01$).

Характерной особенностью ЭЭГ покоя у лиц пожилого возраста и химических аддиктов является повышение относительной мощности медленноволновой активности, которая представлена диффузно в теменно-центрально-височных отведениях в виде отдельных волн и групп волн, амплитудой до 15 мкВ, а также кратковременными всплесками амплитудой до 35 мкВ, частотой 6–7 Гц. Индекс выраженности дельта- и тета-волн в контрольной группе составляет $3,1 \pm 0,2$ и $6,2 \pm 0,5$ соответственно. У людей пожилого возраста выраженность дельта-ритма повышается в 4 ($P < 0,01$), а у наркозависимых — в 5 раз ($P < 0,001$). Повышение активности тета-ритма в экспериментальных группах выражено в меньшей степени.

Механизмы генерации биоэлектрической активности мозга в настоящее время связывают с наличием ключевого нейронального пути залповой пейсмекерной активности в таламокортикальных нейронах релейных ядер и активацией взаимодействия между нейронами коры и таламуса. Характер этих взаимодействий определяет генерацию альфа-ритма как доминирующего.

Спонтанная активация таламических пейсмекерных нейронов приводит к возбуждению нейронов проекционной зоны коры, передается на нейроны фронтальной коры, которые в свою очередь активируют нейроны ретикулярного ядра таламуса. В состав этих ядер входит ГАМК-ергические нейроны, которые при возбуждении, выделяя в синаптическую щель тормозной медиатор ГАМК, угнетают активность пейсмекеров. Таким образом, в механизмах генерации альфа-ритма ключевую роль играет возвратное торможение активности таламических пейсмекеров со стороны фронтальной коры. Альфа-ритм, являющийся функциональным ядром нормальной ЭЭГ, генерируется при нормальном уровне активности синхронизирующих (неспецифические таламические ядра) и десинхронизирующих (специфические ядра таламуса, ретикулярная формация ствола) систем головного мозга.

Наблюдаемое нами в экспериментальных группах повышение выраженности медленноволновой активности может быть связано с нарушением модулирующего влияния сомногенной и активирующей систем мозга на частотный режим работы таламических нейронов. При этом активация синхронизирующей системы сопровождается реципрокным снижением активности ретикулярной системы. В этих условиях происходит гиперполяризация мембран таламических пейсмекеров, которые переводят кортикальные нейроны на генерацию активности низкой частоты. На ЭЭГ этот процесс проявляется синхронизацией активности: частота доминирующей активности снижается, а ее амплитуда увеличивается, то есть происходит генерация медленноволновой активности.

Отмеченные изменения выраженности волн ЭЭГ сопровождаются нарушением стабилизации корковой электрической активности в обеих экспериментальных группах, о чем судили на основании вычисления интегральных индексов ЭЭГ: соотношения $\frac{\text{альфа} + \text{бета}}{\text{дельта} + \text{тета}}$ или $\frac{\text{альфа}}{\text{тета}}$. Исходя из наших данных (табл. 1), у наркозависимых данное нарушение выражено в большей степени (индекс = 2,6).

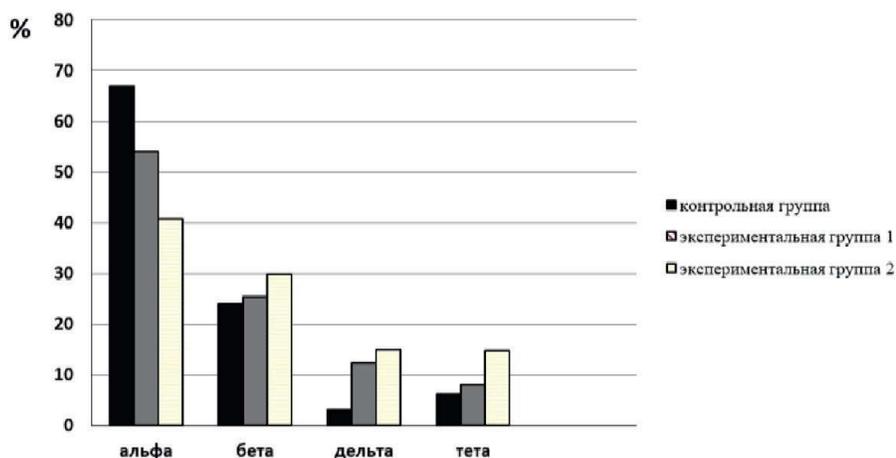


Рис. 1. Относительная мощность (%) ритмов ЭЭГ при различных функциональных состояниях мозга.
 Fig. 1. Relative power (%) of EEG rhythms in various functional states of the brain.

Таблица 1
 Соотношение ритмов ЭЭГ при различных функциональных состояниях мозга
 Table 1
 The ratio of EEG rhythms in different functional states of the brain

Группы (Group)	$\frac{\text{альфа} + \text{бета}}{\text{дельта} + \text{тета}}$ $\frac{\alpha + \beta}{\delta + \theta}$	$\frac{\text{альфа}}{\text{тета}}$ $\frac{\alpha}{\theta}$
Контрольная группа/ Control group	10,1±0,91	11,1±0,86
Экспериментальная группа 1/ Experimental group 1	3,9±0,6 P<0,001	6,6±0,9 P<0,01
Экспериментальная группа 2/ Experimental group 2	2,6±0,54 P<0,001	2,6±0,51 P<0,001

Взаимодействие и взаимосвязи между частотно-амплитудными характеристиками отдельных ритмов могут выражаться также в выраженности реакции на функциональные нагрузки, направленные на активацию глубоких структур мозга.

При исследовании реакции электрической активности головного мозга на открывание-закрывание глаз отмечается четкая депрессия альфа-ритма у людей контрольной группы. У людей пожилого возраста и наркозависимых ответная реакция выражена слабее.

Степень изменений биоэлектрической активности головного мозга на ритмическую фотостимуляцию оценивали в баллах (таб. 2). Исходя из принятых обозначений, реакцию на фотостимуляцию в контрольной группе можно оценить в 3 балла (отчетливое усвоение в диапазоне 4–25 Гц), у людей пожилого возраста — в 2 балла (достаточно отчетливое усвоение в диапазоне от 8 до 22 Гц) и у наркозависимых — в 1 балл (неотчетливое усвоение).

Характер реакции следования ритму световых мельканий определяется взаимодействием двух факторов — зрелостью таламокортикальных механизмов генерации альфа-ритма и уровнем возбудимости корковых нейронов. Последний фактор в свою очередь зависит от неспецифических влияний на кору ретикулярной формации. Снижение реакции активации в обеих экспериментальных группах очевидно связано с повышенной активностью глубоких синхронизирующих систем, что находит свое отражение и в регистрации у них всплеск тета-, дельта-волн стволового генеза при гипервентиляции. Слабая выраженность реакции указывает на недостаточное влияние ретикулярной формации и низкую реактивность коры больших полушарий.

Таблица 2
 Реакция ЭЭГ людей старческого возраста и наркозависимых на функциональные пробы
 Table 2
 EEG reaction of senile people and drug addicts to functional tests

Группы (Group)	Открытие-закрывание глаз/ Opening-closing the eyes	Фотостимуляция (усвоение ритма в баллах)/ Photostimulation (assimilation of rhythm in points)	Гипервентиляция/ Hyperventilation
Контрольная группа/ Control group	+	3	увеличение дельта – активности/ increased delta activity
Экспериментальная группа 1/ Experimental group 1	нечеткая депрессия/ fuzzy depression	2	увеличение дельта и тета-активности/ increased delta and theta activity
Экспериментальная группа 2/ Experimental group 2	нечеткая депрессия/ fuzzy depression	1	увеличение тета-активности/ increased theta activity

Знаком «+» отмечена десинхронизация альфа-ритма, знаком «-» — отсутствие ответной реакции. Реакция на фотостимуляцию: 1 — неотчетливое усвоение, 2 — достаточно отчетливое усвоение, 3 — выраженное усвоение ритма в расширенном диапазоне.

The «+» sign indicates desynchronization of the alpha rhythm, the «-» sign indicates the absence of a response. Reaction to photostimulation: 1 — indistinct assimilation, 2 — fairly distinct assimilation, 3 — pronounced assimilation of rhythm in an extended range.

На гипервентиляцию десинхронизация альфа-ритма и замена его низкочастотным низкоамплитудным дельта и тета-ритмами длительностью 15 с отмечалась у людей пожилого возраста, в контрольной группе альфа-ритм сменяется только дельта-ритмом, тогда как у наркозависимых — десинхронизация не отчетливая.

Указанные изменения могут быть следствием снижения уровня возбуждения и лабильности корковых нейронов и сниженного тонуса восходящей активирующей системы. Поскольку среди лиц пожилого возраста и наркозависимых отмечаются ослабленное активирующее влияние мезэнцефальной ретикулярной формации и усиление синхронизирующих влияний таламуса, создаются благоприятные условия для реализации генерализованной медленноволновой активности.

Выводы

1. Наркозависимость приводит к ускоренному старению мозга и фактическому смещению биологического возраста, что находит отражение в характере паттерна ЭЭГ.
2. Маркерами ускоренного старения может выступать дезорганизованный паттерн ЭЭГ с преобладанием спектральной мощности и индекса выраженности альфа-волн со смещением в сторону медленноволновой активности, а также нарушение стабилизации корковой активности и ослабление реакции на функциональные пробы.
3. Повышение выраженности медленноволновой активности, а также снижение реакции на функциональные пробы может быть связано с активацией синхронизирующих систем мозга (неспецифические ядра таламуса).

ЛИТЕРАТУРА

1. Финагентов А.В. Интегральный подход к профилактике старения. Успехи геронтологии. 2022; 35;1: 146-147.
2. Галкин С.А., Савочкина Д.Н., Кисель Н.И., Бохан Н.А. Изменения ЭЭГ в ответ на ольфакторную стимуляцию у лиц с алкогольной зависимостью. Современные проблемы науки и образования. 2019; 3.
3. Белоусова Л.В., Разумникова О.М., Вольф Н.В. Возрастные особенности связи интеллекта и характеристик ЭЭГ. Физиология высшей нервной деятельности. 2015; 65; 6: 699-705.
4. Койчубеков Б.К. Особенности нелинейной динамики ЭЭГ в различных возрастных группах. International journal of experimental education. 2013; 4: 68-72.

5.Мадаева И.М., Семенова Н.В., Колесникова Л.И., Колесников С.И. Старение и когнитивные нарушения с точки зрения сомнологии. Успехи геронтологии. 2021; 34; 2: 195-201.

6.Новикова С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы. Психологическая наука и образование psyedu.ru. 2015; 4; 1: 91-108.

7.Каратыгин Н.А., Коробейникова И.И., Венерина Я.А., Бирюкова Е.В. Связь личностной тревожности со спектрально-когерентными характеристиками α 1-ритма электроэнцефалограммы человека. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018; 9: 91-97

8.Грибанов А.В., Джос Ю.С., Дерябина И.Н., Депутат И.С., Емельянова Т.В. Старение головного мозга человека: морфофункциональные аспекты. Журнал неврологии и психиатрии. 2017; 1; 2. 3-7.

9.Павлов Ю.Г. ЭФФЕКТИВНОСТЬ Лечения зависимостей методом ЭЭГ-биоуправления. Национальный психологический журнал; 2014; 1: 95-101.

10. Anokhin, A. P. Age increases brain complexity. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 1996; 99: 63–68.

11.Калинина В.Н., Панкин В.Ф. Математическая статистика. М.: Дрофа; 2002.

Авторы

Рабаданова Аминат Ибрагимовна

Кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии биологического факультета ДГУ

phisiogdu@mail.ru

Гамидова Джамиля Магомедсаидовна

Аспирант кафедры зоологии и физиологии биологического факультета ДГУ

djamka_90@mail.ru

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»

Российская Федерация, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева 43а

A.I. Rabadanova, D.M. Gamidova

CHARACTERISTIC EEG PATTERNS IN AGING AND DRUG ADDICTION

Dagestan State University, Makhachkala, Russian Federation

Abstract. Aging and drug addiction are two of the most pressing problems of our time. Individually, they are well studied, the mechanisms of their course are disclosed and attempts are being made to find ways to reduce their pathological manifestations. At the same time, many processes that occur with aging and drug addiction have a similar tendency, except that with drug addiction they proceed at a faster pace. This allows us to consider drug addiction as an accelerated model of aging and forms the purpose of this study: to identify the degree of similarity of changes in the electrical activity of the brain during aging and drug addiction. The research was carried out on the basis of the psychophysiological laboratory of the Department of Developmental Psychology and Professional Activity of DSU. 62 men took part in the experiment, which were divided into 3 groups: 1) control (healthy young people aged 25–35 years); 2) experimental group 1 (elderly people aged 61–75 years); 3) experimental group 2 (drug addicts aged 25–35 years). In the selected groups, EEG was recorded in the form of a continuous recording of the values of the potential difference between two points of the brain. The conducted studies of brain activity among senile people and drug addicts revealed signs of similarity of EEG patterns, manifested in slowing down the main rhythms, destabilization of cortical activity and a decrease in response to functional tests. The EEG of senile people and drug addicts is characterized by a disorganized EEG pattern with a predominance of spectral power and the alpha rhythm intensity index with a shift towards slow-wave activity. Changes in the severity of EEG waves of senile people and drug addicts are accompanied by a violation of the stabilization of cortical activity and a weakening of the response to functional tests. The revealed changes in the EEG may be associated with the activation of synchronizing brain systems.

Keywords: drug addiction, aging, EEG, alpha rhythm, brain

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:

Aminat I. Rabadanova

phisiodgu@mail.ru

Received 21.05.2022

For citation:

Rabadanova A.I., Gamidova D.M. Characteristic eeg patterns in aging and drug addiction. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2022, Vol. 19, no. 5, pp. 485–491. DOI: 10.22138/2500-0918-2022-19-5-485-491 (In Russ)

REFERENCES

1. Finagentov A.V. Integral'nyj podhod k profilaktike starenija. *Uspehi gerontologii*. 2022; 35;1: 146-147 (in Russia).
2. Galkin S.A., Savochkina D.N., Kisel' N.I., Bohan N.A. Izmenenija JeJeG v otvet na ol'faktornuju stimuljaciju u lic s alkohol'noj zavisimost'ju. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2019; 3 (in Russia).
3. Belousova L.V., Razumnikova O.M., Vol'f N.V. Vozrastnye osobennosti svjazi intellekta i harakteristik JeJeG. *Fiziologija vysshej nervnoj dejatel'nosti*. 2015; 65; 6: 699-705 (in Russia).
4. Kojchubekov B.K. Osobennosti nelinejnoj dinamiki JeJeG v razlichnyh vozrastnyh gruppah. *International journal of experimental education*. 2013; 4: 68-72 (in Russia).
5. Madaeva I.M., Semenova N.V., Kolesnikova L.I., Kolesnikov S.I. Starenie i kognitivnye narushenija s tochki zrenija somnologii. *Uspehi gerontologii*. 2021; 34; 2: 195-201 (in Russia).
6. Novikova S.I. Ritmy JeJeG i kognitivnye processy. *Psihologiches6 kaja nauka i obrazovanie psyedu.ru*. 2015; 4; 1: 91-108 (in Russia).
7. Karatygin N.A., Korobejnikova I.I., Venerina Ja.A., Birjukova E.V. Svjaz' lichnostnoj trevozhnosti so spektral'no-kogerentnymi harakteristikami α 1-ritma jelektrojencefalogrammy cheloveka. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2018; 9: 91-97 (in Russia).
8. Gribanov A.V., Dzhos Ju.S., Derjabina I.N., Deputat I.S., Emel'janova T.V. Starenie golovnogogo mozga cheloveka: morfofunkcional'nye aspekty. *Zhurnal nevrologii i psihiatrii*. 2017; 1; 2: 3-7 (in Russia).
9. Pavlov Ju.G. JeFFEKTIVNOST'' Lechenija zavisimostej metodom JeJeG-bioupavljenija. *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal*; 2014; 1: 95-101 (in Russia).
10. Anokhin, A. P. Age increases brain complexity. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1996; 99: 63–68.
11. Kalinina V.N., Pankin V.F. *Matematicheskaja statistika*. M.: Drofa; 2002 (in Russia).

Authors

Aminat I. Rabadanova

Candidate of biological sciences, associate professor of the Department of Zoology and Physiology, Faculty of Biology, DSU

phisiodgu@mail.ru

Djamilay M. Gamidova

Graduate student of the Department of Zoology and Physiology, Faculty of Biology, DSU

djamka_90@mail.ru

Dagestan State University

43a, M. Gajiyeva str. Makhachkala, Russian Federation, 367000