

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ПОРОГОВОГО АПНОЭ И НИЗКОЧАСТОТНОЙ ФОНОСТИМУЛЯЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Аккизов А.Ю.^{1,2}, Курданов Х.А.¹, Альботова Л.А.², Афаунова О.В.², Лиева Л.Э.²,
Шомахова Л.М.²

¹ФГБУН ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, Центр медико-экологических исследований, Нальчик, e-mail: akkizov@mail.ru, kurdanov@yandex.ru;

²ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: liana.albotova@gmail.com, ok.afaunova07@yandex.ru, lianalieva1401@gmail.com, liana.shomakhova@mail.ru

В статье приведены результаты экспериментального исследования действия комплексного раздражителя (произвольная пороговая задержка дыхания, низкочастотная импульсная акустическая стимуляция, арифметический счет в уме) на динамику показателей функционального и когнитивного состояния человека. Исследование было проведено в два этапа (фон и опыт) на группе из 30 добровольцев обоего пола в возрасте 20–21 год (рост 162–168 см; вес 46–55 кг) с соблюдением современных требований биоэтики. Регистрировались показатели функционального состояния циркуляторных (систолическое давление, диастолическое давление, пульсовое давление, частота сердечных сокращений, адаптационный потенциал) и регуляторных систем (уровень постоянного потенциала головного мозга). Также оценивались когнитивные способности добровольцев по эффективности арифметического счета в уме. Зафиксирована нормализация показателей артериального и пульсового давления, частоты сердечных сокращений и величины адаптационного потенциала. Также регистрировался рост уровня постоянного потенциала головного мозга, который свидетельствует об увеличении интенсивности церебрального метаболизма под влиянием комплексного раздражителя. В итоге были получены данные об улучшении функционирования регуляторных и циркуляторных систем организма человека под действием комплексного раздражителя на фоне ухудшения его когнитивных способностей.

Ключевые слова: адаптационный потенциал, фоностимуляция, церебральный метаболизм, уровень постоянного потенциала, гипоксия, когнитивные способности, арифметический счет

PSYCHOPHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ANY THRESHOLD APNOE AND LOW-FREQUENCY PHONOSTIMULATION ON THE HUMAN BODY

Akkizov A.U.^{1,2}, Kurdanov H.A.¹, Albotova L.A.², Afaunova O.V.², Lieva L.E.²,
Shomakhova L.M.²

¹Scientific Center of Russian Federation – Institute for Bio-medical Problems of the Russian Academy of Sciences, Center of medico-ecological researches, Nalchik, e-mail: akkizov@mail.ru, kurdanov@yandex.ru

²Kabardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov, Nalchik, e-mail: liana.albotova@gmail.com, ok.afaunova07@yandex.ru, lianalieva1401@gmail.com, liana.shomakhova@mail.ru

Results of a pilot study of action of a complex irritant (any threshold delay of breath, low-frequency pulse acoustic stimulation, arithmetic mental arithmetic) on dynamics of indicators of a functional and cognitive condition of the person are given in article. The research was carried out in two steps (a background and experience) on group of 30 volunteers of both sexes at the age of 20-21 years (growth: 162-168 cm; weight is 46-55 kg), with observance of modern requirements of bioethics. Indicators of a functional state circulator (systolic pressure, diastolic pressure, pulse pressure, heart rate, adaptation potential) and regulatory systems (level of constant potential of a brain) were registered. Also cognitive abilities of volunteers by efficiency of arithmetic mental arithmetic were estimated. Normalization of indicators of arterial and pulse blood pressure, heart rate and size of adaptation potential is recorded. Also growth of level of constant potential of a brain which demonstrates increase in intensity of cerebral metabolism under the influence of a complex irritant was registered. As a result, data on improvement of functioning of regulatory and circulator systems of a human body under the influence of a complex irritant, against the background of deterioration in its cognitive abilities were obtained.

Keywords: adaptation potential, phonostimulation, cerebral metabolism, level of constant potential, hypoxia, cognitive abilities, arithmetic account

Адаптационным потенциалом называется мера уровня функционального состояния организма, характеризующая его способность адекватно и надежно реагировать на совокупность неблагоприятных факторов среды, экономя при этом функциональные резервы [1, с. 121–123]. Индикаторами реакций адаптации в большинстве случаев являются показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Именно по ним рассчитывается адаптационный потенциал.

Главным регулятором процессов адаптации является головной мозг как самый требовательный к энергообеспечению орган. Так, удельная метаболическая потребность головного мозга в метаболической энергии составляет примерно 11,2 Вт/кг, что в 22 раза превышает таковую скелетных мышц (0,4 Вт/кг). Составляя всего 2% от массы тела взрослого человека, головной мозг утилизирует свыше 20% всей потребляемой организмом энергии [2, с. 38; 3].

Получается, что адаптационные процессы циркуляторных систем организма, направленные на минимизацию его энергетических затрат, зависят от функционального состояния субстрата психики – чрезвычайно требовательного к энергообеспечению головного мозга. Поэтому в настоящее время в физиологии механизмов адаптаций говорят о так называемом личностном адаптационном потенциале, связанном с активизацией «личностной регуляции», определяемой совокупностью объективных признаков среды, их личностным смыслом и доминирующим способом взаимодействия с меняющейся реальностью [4, с. 18–32]. Иначе говоря, при оценке адаптационного потенциала человека необходимо учитывать его когнитивное состояние, т.е. способность к восприятию и переработке символической информации. Вопросам изучения когнитивных способностей человека при адаптации к экстремальным условиям внешней среды в настоящее время уделяется все больше внимания [5, с. 32–35; 6]. Одна из проблем заключается в сложности прогнозирования психофизиологических реакций человеческого организма в экстремальных условиях [7, с. 78–86].

Таким образом, актуальной представляется проблема оценки психофизиологической устойчивости организма человека к синхронному влиянию комплекса безусловных и условных раздражителей, моделирующих экстремальные условия среды [8, с. 78–83; 9]. В качестве такой комплексной нагрузки представляет интерес сочетание произвольного порогового апноэ (безусловно-рефлекторный раздражитель) с низкочастотной импульсной фоностимуляцией (условно-рефлекторный раздражитель первой сигнальной системы) и мыслительной задачей (условно-рефлекторный раздражитель второй сигнальной системы).

Цель исследования

Целью исследования явилась психофизиологическая оценка синхронного воздействия

комплекса раздражителей на показатели функционального и когнитивного состояния человека.

Материал и методы исследования

Исследование было проведено на 30 волонтерах обоего пола в возрасте от 20 до 21 года (рост 162–168 см; вес 46–55 кг). От всех участников исследования было получено добровольное информированное согласие на его проведение. Для достижения поставленной цели необходимо было оценить влияние комплексного раздражителя на динамику значений артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), адаптационного потенциала (АП), уровня постоянного потенциала головного мозга (УПП), а также на показатели эффективности решения мыслительной задачи. Комплексным раздражителем выступала совокупность безусловно- и условно-рефлекторных раздражителей: произвольное пороговое апноэ в виде пробы Штанге, низкочастотная импульсная фоностимуляция в виде ударов метронома с частотой следования 1 Гц, а также мыслительная задача в виде арифметического устного счета.

Регистрация исследуемых показателей осуществлялась в условиях психофизиологической лаборатории с оптимальной для человека температурой (19–23°C) и влажностью воздуха (50–60%). Были созданы условия эмоционального комфорта для испытуемого: он был хорошо знаком с обстановкой и персоналом лаборатории, а также проинформирован о характере исследования. Во время исследования была исключена возможность возникновения посторонних раздражителей, а сам испытуемый не мог видеть показания приборов. Для снижения влияния ориентировочного рефлекса регистрация исследуемых параметров начиналась через 10 минут после прихода испытуемого в лабораторию.

Регистрация АД осуществлялась автоматическим тонометром «В. Well WA-33»; ЧСС – пальцевым пульсоксиметром «MD 300 C21C»; УПП – анализатором медленной электрической активности «АМЕА» (НПО «Нейроэнергетика») в униполярном фронтальном отведении неполяризуемыми хлорсеребряными электродами. Низкочастотная импульсная фоностимуляция с частотой следования 1 Гц генерировалась электронным метрономом «Planet Waves MT-01». АП рассчитывался по методике Р.М. Баевского: $АП = 0,011 \times ЧСС + 0,014 \times САД + 0,008 \times ДАД + 0,009 \times МТ - 0,009 \times Р + 0,014 \times В - 0,27$, где: САД и ДАД – соответственно систолическое и диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); МТ – масса тела (кг); Р – рост (см); В – возраст (полных лет).

Когнитивные способности оценивались тестом «Арифметический счет», состоявшим из 35 примеров на четыре арифметических действия, которые испытуемый должен был решить за 5 минут. При этом оценивались следующие параметры:

1) $N_{\text{решено}}$ – количество решенных примеров как показатель притязаний испытуемого на выполнение всего задания;

2) $N_{\text{верно}}$ – количество верных ответов как показатель навыка устного счета, связанного с оперативной памятью испытуемого;

3) $N_{\text{верно}}/N_{\text{решено}}$ – качество выполнения теста;

4) $N_{\text{решено}} * (N_{\text{верно}}/35)$ – эффективность выполнения теста.

В соответствии с задачами исследования сначала была произведена регистрация фоновых, а затем – опытных значений исследованных показателей функционального и когнитивного состояния испытуемых. Достоверность различий между фоновыми и опытными значениями определялась с помощью непараметрического t-критерия Вилкоксона для уровня вероятности безошибочных прогнозов 0,95.

Результаты исследования и их обсуждение

Средние значения ЧСС в опыте были ниже фоновых величин и колебались в диапазоне физиологической нормы (80–90 уд/мин). Эпизоды произвольного порогового апноэ были сопряжены с транзиторным отрицательным хронотропным эффектом: три «пиковых» снижения ЧСС в первые 5 минут регистрации значений этого параметра (рис. 1, шаги 1–25).

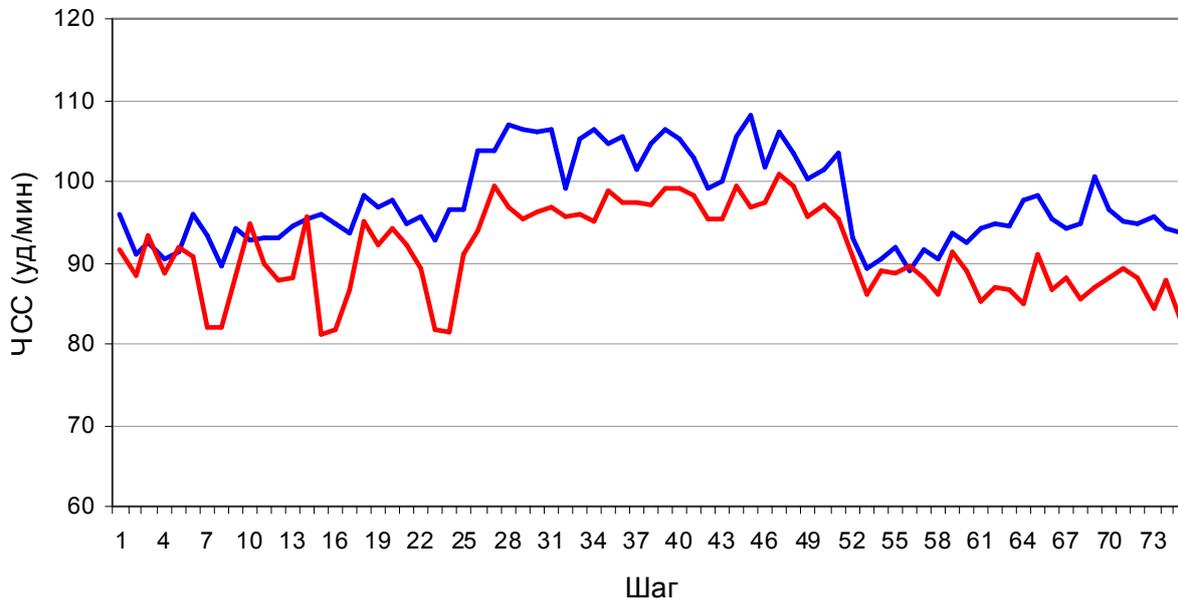


Рис. 1. Динамика средних значений ЧСС (уд/мин) под воздействием комплексного раздражителя (красная кривая) и без него (синяя кривая)

Примечание. Регистрация ЧСС осуществлялась каждые 12 секунд (шаг измерения) в течение 15 минут (т.е. всего 75 шагов). С 5-й по 10-ю минуту регистрации ЧСС (шаги 25–50) испытуемые выполняли тест «Арифметический счет».

Эти функциональные сдвиги можно интерпретировать следующим образом: в период

произвольного порогового апноэ происходит накопление в плазме крови такого мощного вазодилататора, как диоксид углерода (CO₂), который в свою очередь расширяет периферическое сосудистое русло, снижая общее периферическое сопротивление сердечно-сосудистой системы. Это в конечном счете приводит к отрицательному хронотропному эффекту.

Кратковременное и по интенсивности слабое воздействие комплексного раздражителя оказалось недостаточным для адаптационных сдвигов, которые отразились бы на уровне средних значений ЧСС (табл. 1). Другими словами, 10-минутное воздействие комплексного раздражителя было настолько слабым, что не вызвало устойчивого изменения средних значений ЧСС. Средние значения ЧСС в фоне остались выше верхней границы физиологической нормы (90 уд/мин), тогда как в опыте оказались на 4% ниже фоновых величин (рис. 1; табл. 1).

Таблица 1

Средние значения показателей функционального состояния испытуемых под воздействием комплексного раздражителя (опыт) и без него (фон)

Показатель	Фон	Опыт
САД (мм рт. ст.)	103,9±4,57	92,8±1,05*
ДАД (мм рт. ст.)	67,8±3,10	60,5±3,49*
ПД (мм рт. ст.)	36,1±1,74	32,3±1,74*
ЧСС (уд/мин)	94,2±2,86	90,3±4,51*
АП Баевского	2,04±0,106	1,78±0,119*

* p<0,05

Средние значения АД и ПД испытуемых на протяжении всего исследования были в пределах физиологической нормы (115/75 – 120/80 и 30–40 мм рт. ст. соответственно). Однако в период опыта эти параметры были на 11% ниже фоновых величин, что, по-видимому, обусловило уменьшение среднего значения АП на 13% (табл. 1). Тенденцию к уменьшению величины АП можно расценивать как положительный функциональный сдвиг в виде снижения напряжения функциональных резервов всего организма. Очевидно, этот генерализованный функциональный сдвиг развился на основе функциональных изменений в сердечно-сосудистой системе, что в свою очередь отразилось в динамике таких показателей функционального состояния циркуляторных систем, как ЧСС и ПД.

Известно, что только под влиянием больших физических и психоэмоциональных нагрузок происходит возникновение новых или обострение имеющихся скрытых заболеваний, так называемый срыв адаптации [1, с. 121–123]. В нашем исследовании комплексная нагрузка в виде синхронной произвольной задержки дыхания и низкочастотной

импульсной фоностимуляции не была физически значительной, а носила преимущественно психоэмоциональный характер. Это отразилось на динамике результатов решения такой мыслительной задачи, как устный арифметический счет (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения показателей когнитивного состояния испытуемых под воздействием комплексного раздражителя (опыт) и без него (фон)

Показатель	Фон	Опыт
$N_{\text{решено}}$	15,2±1,77	13,4±1,21*
$N_{\text{верно}}$	9,6±2,54	6,4±2,56*
$N_{\text{верно}}/N_{\text{решено}} (\%)$	60,6±11,06	43,0±14,47*
$N_{\text{решено}}*(N_{\text{верно}}/35)$	4,6±1,57	2,8±1,29*

* $p < 0,05$

В опыте испытуемые выполнили на 12% меньше заданий, причем правильных решений было на 33% меньше, чем в фоне (табл. 2). Следовательно, синхронное воздействие произвольного порогового апноэ и низкочастотной импульсной фоностимуляции привело к тому, что испытуемые продемонстрировали снижение уровня притязаний на решение мыслительной задачи, а также объективное ухудшение способности к устному счету. Соотношение верно решенных заданий к количеству выполненных уменьшилось на 18%, что отразилось в снижении эффективности выполнения всего задания «Арифметический счет» на 39% (табл. 2). Это результат ухудшения всех исследованных показателей когнитивного состояния.

Итак, налицо парадокс: комплексное воздействие безусловно- и условно-рефлекторных раздражителей, моделирующих экстремальные условия среды, негативно повлияло на когнитивные способности испытуемых на фоне позитивных адаптационных сдвигов их функционального состояния. Это подтверждается динамикой значений УПП как показателя церебрального метаболизма испытуемых (рис. 2).

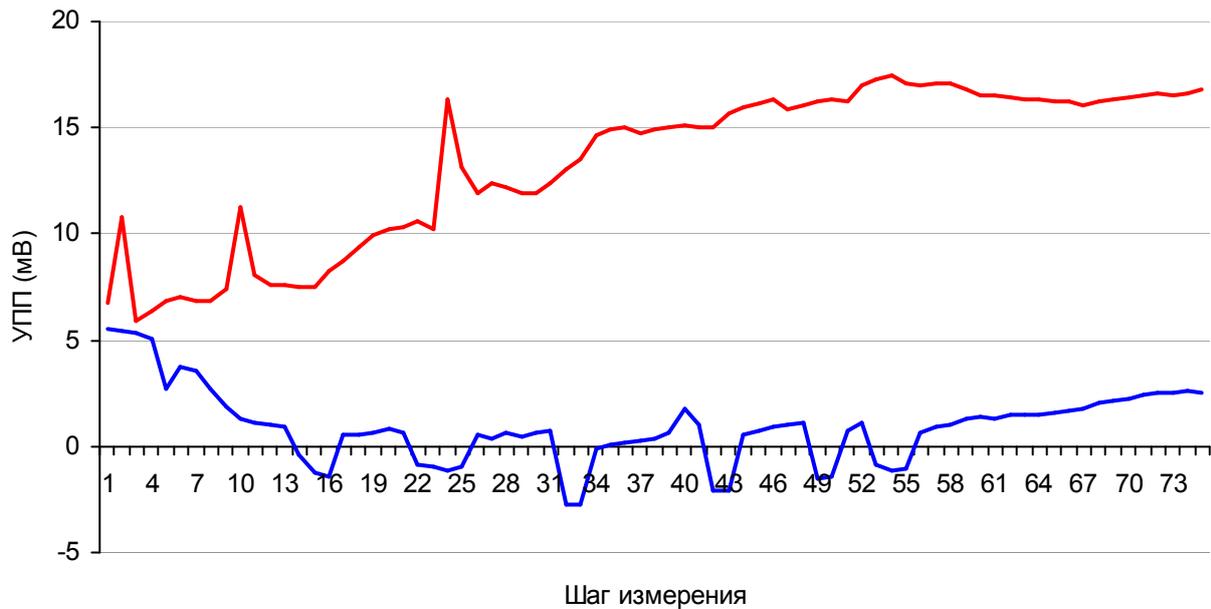


Рис. 2. Динамика средних значений УПП (мВ) под воздействием комплексного раздражителя (красная кривая) и без него (синяя кривая)

Примечание. Регистрация УПП осуществлялась каждые 12 секунд (шаг измерения) в течение 15 минут (т.е. всего 75 шагов). С 5-й по 10-ю минуты регистрации УПП (шаги 25–50) испытуемые выполняли тест «Арифметический счет».

Изначально как в фоне, так и в опыте значения УПП соответствовали состоянию спокойного бодрствования. В дальнейшем динамика средних значений УПП в обоих случаях сильно различалась: среднее значение фонового УПП на протяжении всего исследования колебалось от -3 до $+7$ мВ, а в опыте, постепенно повышаясь, достигало 13 – 25 мВ (рис. 2). Эти значения умеренно повышенного постоянного потенциала головного мозга характерны для состояния активной церебральной регуляции [3].

Обращает на себя внимание тот факт, что динамика среднего значения УПП в опыте характеризуется тремя пиковыми возрастаниями в первые 5 минут регистрации, синхронными с эпизодами произвольного порогового апноэ (рис. 2, шаги 1–25). По-видимому, задержка дыхания вела к накоплению CO_2 в крови и снижению уровня рН. Это было сопряжено с повышением значения УПП. Таким образом, произвольное пороговое апноэ в виде пробы Штанге сопровождается транзиторным повышением интенсивности церебрального метаболизма. Этот факт согласуется с тем, что сенсорная стимуляция повышает интенсивность энергетического обмена в нервных центрах, отвечающих за передачу и обработку сенсорной информации.

Выводы

Синхронное воздействие на организм испытуемых исследованной совокупности безусловно- и условно-рефлекторных раздражителей было сопряжено со следующими

психофизиологическими эффектами.

1. Нормализация значения адаптационного потенциала Баевского, связанная со снижением артериального и пульсового давления, а также частоты сердечных сокращений, в ответ на воздействие комплексного раздражителя. Пусковым стимулом здесь явилась связанная с пробой Штанге транзиторная гиперкапния, оказывавшая вазодилататорный эффект.

2. Возрастание значений уровня постоянного потенциала головного мозга, свидетельствующее об интенсификации церебрального метаболизма под влиянием комплексного раздражителя. Причиной этого было то, что низкочастотная импульсная фоностимуляция повысила интенсивность энергетического обмена в нервных центрах первой сигнальной системы слухового анализатора.

3. Снижение показателей эффективности решения мыслительной задачи. Причина ухудшения эффективности устного арифметического счета заключалась в негативном психофизиологическом влиянии синхронного воздействия комплекса исследованных раздражителей.

Можно констатировать своеобразный психофизиологический парадокс: синхронное воздействие исследованной совокупности безусловно- и условно-рефлекторных раздражителей было сопряжено с ухудшением когнитивных способностей человека на фоне улучшения его функционального состояния.

Список литературы

1. Лопатина А.Б. Адаптация, дезадаптация, срыв адаптации // Успехи современной науки. 2016. № 12. С. 121-123.
2. Клименко Л.Л., Деев А.И., Фокин В.Ф. Энергетический метаболизм мозга в геронтологическом аспекте // Клиническая геронтология. 2010. Т. 16. № 9. С. 38.
3. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М.: Атидор, 2002. 243 с.
4. Николаев Е.Л., Лазарева Е.Ю. Адаптация и адаптационный потенциал личности: соотношение современных исследовательских подходов // Вестник психиатрии и психологии Чувашии. 2013. № 9. С. 18-32.
5. Криштафор А.А. Когнитивные нарушения, обусловленные критическими состояниями, как проявление церебральной недостаточности // Медицина неотложных состояний. 2015. № 2. С. 32-35.
6. Аккизов А.Ю., Курданова М.Х. Эффективность мышления в условиях высокогорья //

Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24471> (дата обращения: 12.05.2019).

7. Сороко С.И., Алдашева А.А. Индивидуальные стратегии адаптации человека в экстремальных условиях // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 6. С. 78-86.

8. Погоньшева И.А., Погоньшева Д.А. Факторы риска снижения устойчивости к кислородной недостаточности у студентов в условиях Среднего Приобья // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2015. № 3. С. 78-83.

9. Сараева Н.М. Психологическая адаптация человека в осложненных условиях жизненной среды. Чита: Издательство ЗабГУ, 2014. 339 с.