

УДК 612.825; 616:613.6

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА УЧАЩИХСЯ ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ СРЕДЫ И НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ЕГО КОРРЕКЦИИ

Евстафьева Е.В., Сидякин В.Г., Павленко В.Б.

Загрязнение окружающей среды, негативное влияние физико-химических веществ техногенного происхождения и «технологических стрессов» на здоровье человека привело к формированию ряда новых научных направлений, что обусловлено задачами охраны физического и психического здоровья населения. К их числу относятся экологическая физиология и психология, разработка новых немедикаментозных средств коррекции и лечения неблагоприятных психофизиологических состояний человека. Особенно важным является развитие этих новых направлений в применении к охране здоровья учащихся – школьников и студентов.

Показано, что многие техногенные поллютанты, в частности, тяжелые металлы, обладают нейротоксическим действием даже в низких дозах, при уровнях, обнаруживаемых в окружающей среде [1]. Есть основания предполагать, что особенно неблагоприятное воздействие они оказывают на развивающийся организм ребенка. Кроме того, известно, что работа с применением персональных компьютеров (ПК) не только позволяет повысить производительность труда, но и является фактором риска для здоровья пользователя [2-4]. В то же время, ПК широко используются в процессе обучения в школе и ВУЗах, обеспечивая учащихся необходимой подготовкой к дальнейшей профессиональной деятельности.

Воздействие указанных неблагоприятных факторов на психофизиологический статус учащихся изучено недостаточно. В связи с этим, в 2000-2005 г.г. сотрудниками кафедр физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета и нормальной физиологии Крымского медицинского университета проведены совместные исследования нейро- и психофизиологических параметров организма при действии поллютантов и напряженной работе с использованием ПК. Целью настоящей работы является обобщение полученных данных и представление научно обоснованных рекомендаций по снижению неблагоприятных воздействий указанных факторов. Приведенные ниже рекомендации утверждены на заседании Ученого Совета биологического факультета ТНУ им. В.И. Вернадского от 22.09.05.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях приняли участие 131 здоровый ребенок возрастом 5-16 лет и 109 взрослых добровольцев студентов возрастом 19-35 лет (обоих полов). Психофизиологический статус испытуемых оценивался с помощью психологического тестирования, анализа ритма ЭКГ и изучения особенностей ЭЭГ-потенциалов. При этом исходили из представления, что особенности ЭЭГ и так называемых когнитивных вызванных потенциалов (ВП) являются индикаторами тонких внутримозговых изменений. В работах многих авторов показано, что изменения таких ВП могут отражать нарушения высших психических функций, а также функционирование отделов мозга, связанных с избирательным вниманием, восприятием и принятием решения, процессами формирования двигательных актов [5]. Наиболее информативными среди когнитивных ВП являются потенциалы связанные с вниманием (P1, N1, P2), подготовкой к действию (условная негативная волна – УНВ) и восприятием релевантной информации (P300).

Аналізу психофизиологического состояния детей и влияния на него поллютантов была посвящена первая серия исследований. Содержание тяжелых металлов в организме детей определяли по наличию их в физиологически стабильных тканях (волосах) с использованием рентгено-флуоресцентного (свинец и кадмий) и атомно-абсорбционного (ртуть) методов. У детей также определяли показатели внимания (тест Шульце) и измеряли выраженность таких черт личности как тревожность, агрессивность, враждебность (тесты ЕРІ Айзенка и тест Дом-Дерево-Человек).

Аналізу психофизиологического состояния студентов и влияния на него напряженной работы с ПК была посвящена вторая серия исследований. Регистрация электрофизиологических показателей в этой серии исследований проводилась до и после напряженной работы с ПК (выполнение корректурной пробы Бурдона, заполнение тестов-опросников) в течение часа. В последствии функциональной нагрузки оценивали эффективность следующих методов коррекции: 15 минутной экспозиции цветных таблиц (ЦТ) С.-А. Маджара или двух последовательных сеансов биологической обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС) аналогичной длительности. Предъявленные в экспериментах ЦТ включают в себя гармонические триады 12-ступенчатого цветового круга. Сочетания цветов размещены на площади таблиц таким образом, чтобы субъект непроизвольно перемещал свое внимание от одной триады к другой. Сеансы ЭЭГ-ОС были направлены на увеличение соотношения альфа- и тета-ритмов испытуемого. Выявленные коррекционные эффекты сравнивали с показателями контрольной группы, участники которой в течение 15 минут сидели спокойно, глядя на экран, освещенный подобно ЦТ.

В обеих сериях исследования регистрировали текущую ЭЭГ и ЭКГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми и открытыми глазами, а также ВП в парадигме определения времени простой сенсомоторной реакции с предупреждением и сигналом обратной связи, информирующем о скорости времени реакции. Определяли амплитудно-временные показатели следующих компонентов комплекса ВП: средне- и длиннолатентных волн P1-N2, развивающихся в ответ на предупредительный сигнал; УНВ, в промежутке между предупредительным и

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА УЧАЩИХСЯ ПРИ
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ СРЕДЫ И НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ЕГО
КОРРЕКЦИИ**

исполнительным сигналами; волны P300, возникающей при восприятии испытуемым сигнала обратной связи).

Отведение и анализ ЭЭГ, ЭКГ и ВП осуществляли в центральных отделениях по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа ЭЭГ-16S («Medicor», Венгрия), лабораторного интерфейса и компьютера IBM PC. Анализируя динамику R-R интервалов ЭКГ, рассчитывали индекс напряжения (ИН) вегетативной нервной системы по Р.М. Баевскому.

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологического тестирования количественно обрабатывались с использованием стандартных методов вариационной статистики. Коэффициенты корреляций рассчитывали по Спирмену. Остальные подробности методики описаны ранее [6-12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По итогам первой серии исследований следует отметить, что среднее значение содержания ртути в волосах детей составило $0,134 \pm 0,07$ мкг/г (крайние значения 0,06–0,30) и было значительно ниже предела условной нормы [1]. Содержание кадмия и свинца составило $2,59 \pm 0,58$ (0,79–4,75) и $3,43 \pm 2,01$ (1,30–7,40), соответственно, что приближается к границе условной нормы, а в отдельных случаях превышает ее в два раза [13].

Увеличение содержания ртути в организме сопровождалось значимым снижением мощности низко- и среднечастотных ЭЭГ-ритмов правого и левого полушарий мозга, увеличением времени реакции ($r=0,61$) и латентного периода когнитивных ВП N1 ($r=0,49$) и P300 ($r=0,48$), снижением амплитуды волны N1-P2 ($r=-0,37$) [6], ухудшением функционирования сердечно-сосудистой системы, ростом нейротизма, тревожности и враждебности. Имеет место отрицательная корреляция ($r=-0,31$) между содержанием ртути и скоростью «вработывания», то есть включения в работу, требующую внимания [14-16]. Таким образом, с содержанием ртути в организме коррелировало значительное количество психофизиологических показателей. Можно заключить, что даже небольшое увеличение ее уровня в пределах условной нормы обуславливает заметные изменения широкого спектра нейро- и психофизиологических характеристик и функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Уровень кадмия был значимо и положительно связан с мощностью гамма-ритма ЭЭГ и латентным периодом волны P2 ($r=0,49$), и, в наибольшей степени, с неблагоприятными изменениями в деятельности сердечно-сосудистой системы [8, 15].

Уровень свинца был значимо и положительно связан с мощностью гамма-ритма ЭЭГ, латентным периодом волны P2 ($r=0,65$) и P300 ($r=0,47$). В то же время, уровень этого тяжелого металла в исследованном диапазоне концентраций не выявил достоверных корреляций с состоянием сердечно-сосудистой системы [8, 15].

Таким образом, именно нейро- и психофизиологические показатели показали наибольшую чувствительность к присутствию в организме металлов-поллютантов, а

наибольшее влияние оказывали ртуть, затем кадмий и свинец. Для ртути характерным было влияние на низко- и среднечастотные ритмы ЭЭГ, для свинца и кадмия – на ее высокочастотный диапазон. Определенное ослабление низкочастотных и усиление высокочастотных ритмов ЭЭГ может приводить к дисбалансу процессов возбуждения и торможения в ЦНС, увеличивая общую возбудимость.

Корреляционный анализ показал, что среди детей 5-7 лет наилучшее развитие процессов внимания присуще тем, у кого выявлены максимальные амплитуды компонентов N1-P2 ($r=0,47$). В возрастной группе 10-12 лет оптимальные характеристики процессов внимания выявлены у испытуемых с максимально выраженными компонентами N1 ($r=0,46$), P2 ($r=0,42$), N1-P2 ($r=0,40$). В возрастной группе 15-16 лет оптимальные характеристики процессов внимания присущи подросткам с максимальными амплитудами компонентов P1 ($r=0,38$), P2 ($r=0,61$), УНВ ($r=0,39$), волны P300 ($r=0,48$) и минимальной амплитудой компонента N2 ($r=-0,42$) [9]. Указанные компоненты ВП можно считать индикаторами уровня развития произвольного внимания детей.

Логично предположить, что изменение пространственно-временного паттерна ВП, выявленное у детей с повышенным относительно среднего уровнем содержанием тяжелых металлов, свидетельствует о негативных изменениях в мозговых системах восприятия, внимания, принятия решения, что и отражается в показателях произвольного внимания. Для минимизации поступления ионов тяжелых металлов в организм детей родителям и администрациям школ необходимо более тщательно относиться к качеству приобретаемых пищевых продуктов, разъяснять вред курения (основной источник ионов кадмия). В качестве индикаторов состояния ЦНС детей рекомендуется измерение латентных периодов следующих компонентов ЭЭГ-потенциалов: N1, P300 (ртуть), P2 (кадмий, свинец); чем выше их значения, тем выше содержание тяжелых металлов в организме. Для коррекции функционирования ЦНС детей можно также рекомендовать применение сеансов ЭЭГ-ОС, направленных на увеличение соотношения бета- и тета-ритмов ЭЭГ. Показано [16], что проведение таких сеансов способствует развитию уровня произвольного внимания.

Анализируя итоги второй серии исследований, необходимо отметить, что напряженная работа на ПК в течение часа приводила у испытуемых-студентов к статистически значимому изменению показателей ЭЭГ, зарегистрированных сразу после функциональной нагрузки [11]. Так обнаружено увеличение мощности бета-ритмов и рост их соотношения с альфа-ритмами ЭЭГ, снижение коэффициента реактивности ЭЭГ. Выявленная перестройка ритмов ЭЭГ свидетельствовала о росте напряженности в ЦНС. В большей степени указанная активированность выявляется в левом полушарии головного мозга большинства испытуемых, что приводит к росту асимметрии альфа-ритма ЭЭГ. В то же время, в последствии функциональной нагрузки отмечается удлинение R-R интервалов и, как следствие, некоторое снижение ИИ. Показатели теста САН также свидетельствуют о некотором снижении самочувствия, активности и настроения, что согласуется с динамикой электрофизиологических показателей.

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА УЧАЩИХСЯ ПРИ
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ СРЕДЫ И НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ЕГО
КОРРЕКЦИИ**

Итоговая запись психофизиологических показателей (примерно через один час после окончания работы с ПК) свидетельствовала о сохранении наметившихся сдвигов у контрольной группы испытуемых. В то же время, у испытуемых экспериментальной группы, которым после работы с ПК предъявляли ЦТ, наблюдается быстрое восстановление исходных ритмов ЭЭГ [12]. При этом между средними значениями мощности ритмов ЭЭГ и соотношением разных ритмов у указанных групп выявлены значимые различия. Так, экспозиция ЦТ приводит к росту мощности тета-ритма правого полушария при закрытых глазах и к усилению альфа-ритма в обоих полушариях при открытых глазах. Отмечалось также значимое снижение соотношения бета- и альфа ритмов и, следовательно, достижение большого расслабления испытуемыми опытной группы, по сравнению с контрольной. Большой прирост альфа-, по сравнению с тета-ритмом, вслед за экспозицией ЦТ свидетельствует о восстановлении оптимального баланса процессов возбуждения и торможения в ЦНС [17].

Регистрация ВП до и после работы с ПК у испытуемых контрольной группы выявила некоторое увеличение их амплитуды в итоговой записи. В то же время, средние величины УНВ в левом полушарии у испытуемых после экспозиции ЦТ значимо выше, чем у контрольной группы. Можно также отметить тенденцию к большей выраженности P300 в экспериментальной группе. Поскольку большие амплитуды ССП выявляются у эмоционально стабильных, не тревожных индивидов в комфортном состоянии [18], то выявленные различия между группами свидетельствуют о более быстром восстановлении оптимального состояния ЦНС после визуальной цветостимуляции. Результаты проведенного нами исследования подтверждают имеющиеся представления о благоприятном влиянии визуальной цветостимуляции на психофизиологический статус человека [10]. Итоги настоящего исследования позволяют рекомендовать ограничить время напряженной работы с ПК пределами одного часа и применять ЦТ С.-А. Маджара для более быстрого и эффективного восстановления исходного психофизиологического состояния студентов. Даже кратковременная (15 мин) экспозиция указанных ЦТ позволяет достичь благоприятного соотношения процессов возбуждения и торможения в ЦНС.

У испытуемых второй экспериментальной группы, которые после работы с ПК участвовали в сеансах ЭЭГ-ОС, также наблюдается быстрое восстановление исходных ритмов ЭЭГ [11]. При этом в последствии сеансов ЭЭГ-ОС в текущей ЭЭГ-покою выявляется статистически значимый рост мощности альфа-ритма левого полушария при закрытых глазах и значительное снижение мощности бета2-ритма в обоих полушариях. Кроме того, обнаруживается тенденция к некоторому приросту тета-активности при закрытых глазах. Указанные изменения ведут к снижению соотношения бета2- и альфа- ритмов и следовательно к достижению большого расслабления испытуемыми опытной группы, по сравнению с контрольной. Выявлено также увеличение соотношения альфа- и тета- ритмов в последствии сеансов ЭЭГ-ОС, особенно выраженное в отведении от правого полушария и при открытых глазах. Как известно [19], увеличенная мощность тета-ритма по сравнению с альфа-ритмом, указывает на пониженную скорость обработки информации в ЦНС, дефицит психомоторной активности, внимания, трудности с извлечением информации из

семантической памяти, нарушения логического мышления и недостаточный уровень метаболизма в неокортексе. Большой прирост альфа-, по сравнению с тета-ритмом, свидетельствует об эффективности тренинга и в, конечном счете, о лучшем, по сравнению с контрольной группой, восстановлении оптимального баланса процессов возбуждения и торможения в ЦНС [20-21].

Регистрация ВП показала, что средние величины УНВ, а также потенциала P300 в обоих полушариях у испытуемых после сеансов ЭЭГ-ОС значимо выше, чем у контрольной группы. Поскольку большие амплитуды ССП выявляются у эмоционально стабильных, не тревожных индивидов в комфортном состоянии [17-18], то выявленные различия между группами свидетельствуют о более быстром восстановлении оптимального состояния ЦНС после ЭЭГ-ОС. Таким образом, итоги настоящего исследования позволяют рекомендовать применение сеансов ЭЭГ-ОС для быстрой и эффективной коррекции психофизиологического статуса учащихся после напряженной работы на ПК.

ВЫВОДЫ

1. Выявление значимых связей между функциональными показателями ЦНС и содержанием токсичных металлов в организме детей дает основание рекомендовать использование физиологических и психофизиологических подходов с применением регистрации текущей ЭЭГ, вызванных ЭЭГ-потенциалов, а также проведение психологического тестирования для определения степени воздействия наиболее опасных тяжелых металлов на организм человека даже в тех случаях, когда их концентрация находится в пределах условных норм.

2. В качестве индикаторов состояния ЦНС детей рекомендуется измерение латентных периодов следующих компонентов ЭЭГ-потенциалов: N1, P300 (ртуть), P2 (кадмий, свинец); чем выше их значения, тем выше содержание тяжелых металлов в организме, выше тревожность и враждебность, ниже показатели развития произвольного внимания.

3. Для минимизации поступления ионов тяжелых металлов в организм детей необходимо более тщательно относиться к рациону продуктов питания, разъяснить вред курения (основной источник ионов кадмия). Рекомендуется определение микроэлементного баланса в организме и составление, на основании этого, пищевого рациона, включение в него продуктов, способствующих выведению токсичных металлов и содержащих основные элементы, являющиеся антагонистами к токсичным. Для коррекции неблагоприятных нейро- и психофизиологических изменений рекомендуется проводить тренинги, направленные на снижение тревожности, агрессивности, развитие произвольного внимания, в том числе с применением методик биологической и психологической обратной связи.

4. При проведении занятий со студентами рекомендуется ограничить продолжительность напряженной работы с применением персональных компьютеров пределами одного часа. Тренинги с применением биологической обратной связи по ЭЭГ и визуальная цветостимуляция с использованием цветowych таблиц С.-А. Мадьяра позволяют достичь более быстрого восстановления оптимального состояния ЦНС после напряженной работы с компьютером.

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА УЧАЩИХСЯ ПРИ
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ СРЕДЫ И НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ЕГО
КОРРЕКЦИИ**

Список литературы

11. Трахтенберг И.М. Современные аспекты экспериментального изучения воздействия химических веществ в малых концентрациях // *Мат. Междунар. Конф. «Прогнозирование токсичности и опасности химических соединений»*. – М. – 1987. – С. 58-67.
12. Bartosinska M, Ejsmont J, Tukalska-Parszuto M. Morbidity among employees working with computers // *Med. Pr.* – 2001. – V. 52, № 3. – P. 185-195.
13. Arnetz B.B. Technological stress: psychophysiological aspects of working with modern information technology // *Scand. J. Work/ Environ. Health.* – 1997. – V. 23, № 3. – P. 97-103.
14. Тюнин В.Л., Павленко В.Б. Анализ неблагоприятных воздействий напряженной работы на компьютере на функциональный статус человека // *Ученые записки ТНУ*. – 2004. – Т. 17 (56), № 1. – С.82-88.
15. Шагас Ч. Вызванные потенциалы в норме и патологии. М.: “Мир”. – 1975. – 314 с.
16. Павленко В.Б., Евстафьева И.А., Евстафьева Е.В. Артов А.М. Биоэлектрическая активность мозга и психофизиологический статус у подростков в связи с содержанием ртути в организме // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2000. – Т.4, №3-4. –С. 121-125.
17. Павленко В.Б., Конарева И.Н., Шутова Е.С., Черный С.В. Использование электроэнцефалографической биообратной связи для коррекции психофизиологического статуса человека // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2001. – Т. 4, № 4. – С. 56-60.
18. Евстафьева Е.В., Павленко В.Б., Евстафьева И.А., Слюсаренко А.Е., Гружевская В.Ф., Демченко В.Ф. Особенности функционального состояния центральной нервной, сердечно-сосудистой и иммунной систем в связи с содержанием свинца и кадмия в организме // *Таврический медико-биологический бюллетень*. – 2002. – Т. 5, №4. – С. 52-56.
19. Павленко В.Б., Лудюк Н.В., Борисова М.В. Связь индивидуальных характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов у детей с индивидуальными характеристиками внимания // *Нейрофизиология / Neurophysiology*. – 2004. – Т. 36, № 4. – С. 326-333.
20. Мадьяр С.-А., Бержанский В.Н., Шинкаревский П.В., Куличенко А.М., Павленко В.Б., Ковалевская Е.Э., Радионова Т.А., Дьяченко Е.В. Психофизиологические эффекты воздействия цветочных таблиц С.-А. Мадьяра. – *Ученые записки Таврического национального университета, им. В.И. Вернадского*. – 2004. – Т. 17 (56), № 1. – 48-54.
21. Тюнин В.Л., Павленко В.Б. Коррекция неблагоприятных эффектов напряженной работы на компьютере с помощью электроэнцефалографической обратной связи // *Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского*. – 2004. – Т. 140, часть 3. – С. 174-178.
22. Тюнин В.Л., Мадьяр С.-А., Ковалевская Е.Е., Павленко В.Б. Коррекция неблагоприятных влияний напряженной работы на компьютере с помощью цветочных таблиц С.-А. Мадьяра // *Ученые записки ТНУ*. – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 138-145.
23. Valkonic V. Human hair. – Boca Raton: CRC Press, 1988. –164 p.
24. Евстафьева И.А. Содержание ртути в организме и психологические качества личности подростков // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2001. – Т. 4, № 4. – С. 49-52.
25. Евстафьева И.А. Особенности состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем в связи с состоянием тяжелых металлов в организме подростков // *Автореф. дис. канд. биол. наук*. – Симферополь, 2003. – 20 с.
26. Сидякин В., Павленко В., Лудюк Н. Применение биологической и психологической обратной связи для развития внимания у детей // *In: Health strengthening. Radom* – 2003. – С.203-205.
27. Черный С.В., Павленко В.Б. Тревожность, ее ЭЭГ-корреляты и возможные механизмы // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. – 2004. – Т. 17 (56), № 1. – С. 89-98.
28. Конарева И.Н., Павленко В.Б. Взаимосвязь ритмической активности коры мозга, вызванных потенциалов и характеристик личности // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. – 2001. – Т. 14 (53), № 1. – С. 11-15.
29. DeLuca, J., Johnson, S. K., Beldowicz, D., Natelson, B. H. Neuropsychological impairments in chronic fatigue syndrome, multiple sclerosis, and depression // *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatr.* – 1995. – V 58, N 1. – P. 38-43.

Евстафьева Е.В., Сидякин В.Г., Павленко В.Б.

30. Sterman B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implication for self-regulation // Biofeedback and self-regulation. – 1996. – 21, № 1. – P.3-33.
31. Трибрат А.Г., Макарова Л.Б., Павленко В.Б. Стратегии направленной аутокоррекции психофизиологического состояния с использованием биологической обратной связи по ЭЭГ // Ученые записки ТНУ. – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 146-153.

Поступила в редакцию 03.10.2005 г.