

УДК:612.8:546.19:577.118:612.799.1:616-07-053.2:053.6

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА В ОРГАНИЗМЕ И ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЭЭГ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ 11-16 ЛЕТ

Барабан Ю.А.

*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,
Симферополь, Украина
E-mail: baraban_y@mail.ru*

Проведено обследование 60 детей и подростков обоего пола 11–16 лет, проживающих в техногенных областях Украины. Выявлено превышение содержания мышьяка рентген-флуоресцентным методом. В состоянии покоя с закрытыми глазами установлены наиболее многочисленные статистически достоверные корреляционные связи между относительными величинами спектральной мощности ритмов ЭЭГ и концентрацией мышьяка в волосах, преимущественно со стороны высокочастотных (бета1-, бета2-) диапазонов ЭЭГ-активности мозга ($0,25 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$). При проведении функциональных проб (открытые глаза, фоно- и фотостимуляция) также были выявлены достоверные корреляционные связи между спектральной мощностью и содержанием As практически всех ритмических диапазонов текущей ЭЭГ ($0,24 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$).

Ключевые слова: ЭЭГ, мышьяк, дети, подростки

ВВЕДЕНИЕ

Развитие процессов урбанизации оказывает негативное влияние на состояние здоровья человеческой популяции. В связи с этим одной из актуальных научно-практических проблем современности является определение наиболее неблагоприятных для здоровья факторов окружающей среды и ограничение их влияния. В последнее время в результате поиска новых методик биомониторинга техногенного воздействия признано целесообразным исследование микроэлементного состава волос человека [1]. Волосы являются своеобразным путем выведения химических элементов из организма. Химические элементы проникают в волосяной фолликул, в процессе роста включаются в метаболически неактивную структуру кератина. При воздействии загрязнителей на организм волосы быстро накапливают их и сохраняют в течение длительного времени, что позволяет посредством определения элементного состава характеризовать длительное систематическое воздействие загрязнителей.

При выборе контингента обследуемых людей предпочтение должно отдаваться детям: в детском организме более интенсивно протекают обменные процессы, что делает его уязвимым к негативному действию загрязнителей; по этой же причине их организм в большей степени накапливает микроэлементы при их повышенном

содержании в биосфере; дети не контактируют с токсическими веществами на производстве, они относительно свободны от таких вредных бытовых привычек как курение и потребление алкоголя. [1].

Среди токсичных элементов одним из приоритетных с точки зрения нормирования считают мышьяк (As) [2], фармакокинетическими индикаторами экспозиции которого являются его концентрации в моче и волосах. Норма этих показателей у детей составляет не более 1 мг/кг у детей и 3 мг/кг у взрослых [3].

В связи с этим целью настоящей работы явилось определение характера возможного влияния As на электрическую активность мозга детей 11-16 лет, проживающих в украинских городах с высокой концентрацией промышленности.

Решали следующие задачи: 1) оценить содержание As в волосах детей 11-16 лет; 2) определить функциональное состояние центральной нервной системы посредством регистрации текущей ЭЭГ при различных функциональных пробах; 3) оценить корреляционные связи между ЭЭГ-характеристиками и содержанием As в волосах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе одного из неврологических санаториев г. Евпатории проведено обследование 60 детей и подростков обоего пола 11–16 лет, стационарно проживающих в городах Восточной Украины с высоким уровнем загрязненности (Донецк, Запорожье, Днепрпетровск, Луганск).

Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа («Тредекс», Украина). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от 16-ти локусов Fp1/2, F3/4, F7/8, C3/4, T3/4, T5/6, P3/4, O1/2 согласно международной системе «10–20». Процедура исследования включала в себя регистрацию текущей ЭЭГ в состоянии функционального покоя при закрытых, открытых глазах, решении арифметической задачи (обратный счет в уме) при закрытых глазах. Спектральная композиция ЭЭГ рассчитывалась для образцов ЭЭГ, зарегистрированных в этих состояниях отдельно. Длительность непрерывной записи каждого анализируемого фрагмента составляла 60 с.

Содержание As в волосах определяли рентген- флуоресцентным методом в научно-техническом центре ВИРИА (г.Киев).

Статистический анализ данных проводился при помощи программы Statistica 6.0 (Stat-Soft, 2001). Проверку характера распределения содержания As в волосах выполняли по критериям Колмогорова-Смирнова и Лиллифорс. О чувствительности нервной системы к изменениям содержания As в организме судили по результатам корреляционного анализа по Спирмену. Так как распределение изучаемых элементов не подчинялось закону нормального распределения оценивали не только среднюю концентрацию, но и медиану (Me) и интерквартильный размах (10%, 90%) содержания As в биоткани.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты биомониторингового исследования показали, что среднее содержание As в волосах детей 11–16 лет было выше условной нормы и составило

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА

1,958±0,646 мкг/г (табл. 1) Однако при этом As в волосах присутствовал только у 18,3% обследованных детей. Содержание As в волосах мальчиков было несколько на 31% выше, чем у девочек, но не достигало при этом достоверных различий. Подобные результаты согласуются с данными литературы [4]

Таблица 1.

Содержание As (мкг/г) в волосах детей 11-16 лет

Химический элемент	Среднее значение	Медиана (Me)	Процентили (10%; 90%)	Условная норма, мкг/г
Вся группа(n=60)	1,96±0,65	0,00	(0,00; 6,77)	1
мальчики(n=40)	1,687±0,77	0,00	(0,00; 4,98)	
девочки(n=20)	1,096±0,81	0,00	(0,00; 2,97)	

Корреляционный анализ спектральной мощности (СМ) текущей ЭЭГ-активности и содержания As выявил следующие значимые связи (табл. 2)

Таблица 2.

Коэффициенты корреляций характеристик текущей ЭЭГ-активности с уровнем мышьяка в биологически стабильных тканях (волосах) при разных функциональных пробах

Ритм ЭЭГ	Локус регистрации	r_s (коэффициент корреляции)	p (уровень значимости)
1	2	3	4
Глаза закрыты			
Дельта	C3	0,34	0,01
	T4	0,26	0,04
	T6	0,35	0,01
Тета	F7	0,28	0,03
	F8	0,26	0,05
	T3	0,31	0,01
	T4	0,30	0,02
Альфа	T4	0,36	0,01
	T6	0,26	0,04
Бета 1	Fp2	0,27	0,04
	T3	0,326	0,05
	T4	0,26	0,05
	C4	0,28	0,04
	T5	0,31	0,02
	T6	0,37	0,00
	P3	0,35	0,00
	P4	0,26	0,04
	O1	0,26	0,04
O2	0,26	0,05	

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
Бета 2	F4	0,30	0,02
	F8	0,25	0,05
	T3	0,28	0,03
	T4	0,33	0,01
	T5	0,29	0,03
	T6	0,33	0,01
	O1	0,28	0,03
Максимальная медиана в локусах	F4	0,30	0,01
Глаза открыты			
Дельта	F4	0,32	0,01
	F7	0,26	0,03
	T3	0,34	0,01
	P3	0,33	0,01
	P4	0,32	0,01
Тета	F8	0,34	0,01
	T3	0,25	0,05
	T4	0,30	0,02
	T6	0,31	0,01
Альфа	Fp1	0,27	0,04
	T4	0,29	0,02
	T6	0,30	0,01
	O1	0,29	0,02
Бета 1	O1	0,40	0,00
Бета 2	F4	0,26	0,04
	T3	0,32	0,01
	T6	0,32	0,01
	P3	0,26	0,04
	O1	0,37	0,00
Фоностимуляция			
Тета	Fp1	0,29	0,02
Фотостимуляция			
Тета	Fp2	0,30	0,01
	F8	0,24	0,05
	C3	0,37	0,00
	C4	0,25	0,05
	T6	0,26	0,04
	P3	0,25	0,04
Альфа	P3	-0,32	0,01
Бета 1	T4	0,27	0,03
	P3	0,29	0,03
	P4	0,29	0,02
	O1	0,28	0,03

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4
Бета 2	T4	0,26	0,04
	T6	0,30	0,01
	O1	0,33	0,00
Максимальная медиана в локусах	T6	0,29	0,02
	P4	0,29	0,02
	O1	0,27	0,04
	O2	0,30	0,02

Наиболее многочисленными корреляционными связями (27) были обнаружены между характеристиками фоновой ЭЭГ и содержанием As в состоянии покоя (спокойного бодрствования) с закрытыми глазами (табл. 2).

При функциональных пробах (открытые глаза, фоно- и фотостимуляция) между СМ ритмических диапазонов ЭЭГ и содержанием As выявлено меньшее количество корреляционных связей (17, 1 и 19 соответственно) практически для всех ритмических диапазонов текущей ЭЭГ.

В целом все корреляционные зависимости носили прямой характер, но при этом наблюдались некоторые различия со стороны реагирующих на присутствие As ритмических диапазонов ЭЭГ. Так, при закрытых глазах большинство корреляций (17) приходилось на СМ бета1- и бета2-диапазонов, а из 17 выявленных корреляционных связей при открытых глазах зависимость от уровня As в организме обнаруживали 13 ритмических характеристик низко- и среднечастотного диапазона ЭЭГ. При фотостимуляции частотные диапазоны ЭЭГ реагировали на изменение концентрации As в равной степени.

Выявленные прямые корреляции с высокочастотными ритмическими характеристиками при закрытых глазах дают основание предполагать, что у детей с более высоким содержанием As возбудимость может быть также выше. Учитывая то, что бета-диапазон считают маркером тревожности [5], возможно выявленные корреляции определенным образом могут свидетельствовать о повышенной ситуативной и личностной тревожности тестируемых с более высокими уровнями As. В то же время, хотя и в меньшей степени при закрытых, но в большей степени при открытых глазах, установлены прямые корреляционные связи между содержанием As СМ низко- и среднечастотными диапазонами, что указывает на определенное снижение уровня функциональной активности мозга [6] при увеличении концентрации As. Другие авторы связывают появление в ЭЭГ интенсивного дельта-ритма с замедлением времени реакции, низкими показателями моторной лабильности и низким уровнем мотивации [7]. Выраженность этого частотного компонента ЭЭГ связана с психическими состояниями утомления и стресса, феноменом кортикального торможения и уменьшением скорости психических процессов [6].

Таким образом, некоторое преобладание корреляционных связей между As и СМ высокочастотного диапазона при закрытых глазах и, в целом равноценное реагирование всех диапазонов СМ при функциональных пробах, позволяет говорить

о увеличении возбудимости центральной нервной системы, при увеличении As, при сохраненном балансе процессов возбуждения и торможения.

Что касается механизмов такого влияния, то согласно современным представлениям, As может серьезно нарушить естественные механизмы клеточной регуляции: В частности, под действием соединений As у уменьшается число нейронов, нарушается архитектура поверхности ядра, происходит дегенерация органелл и уменьшение числа глутаматэргических синапсов, что может свидетельствовать о его негативном воздействии на процессы возбуждения и торможения [8]

Все корреляционные связи были весьма слабыми, но уровни значимости при этом достигали высоких значений, что свидетельствует о незначительном, но реально имеющем место влиянии As на базовую электрическую активность мозга.

ВЫВОДЫ

1. Среднее содержание мышьяка в волосах детей и подростков 11-16 лет, проживающих в городах с высоким уровнем загрязненности, было выше условной нормы и составило $(1,958 \pm 0,646)$ мкг/г.
2. В состоянии покоя с закрытыми глазами установлены наиболее многочисленные статистически достоверные корреляционные связи между относительными величинами спектральной мощности ритмов ЭЭГ и концентрацией мышьяка в волосах, преимущественно со стороны высокочастотных (бета1-, бета2-) диапазонов ЭЭГ-активности мозга ($0,25 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$).
3. При проведении функциональных проб (открытые глаза, фоно- и фотостимуляция) также были выявлены достоверные корреляционные связи между спектральной мощностью и содержанием As практически всех ритмических диапазонов текущей ЭЭГ ($0,24 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$).

Благодарности. Автор выражает благодарность О.А. Залате, А.В. Слюсаренко, А.Г. Трибрату, за помощь, оказанную при организации и выполнении данной работы.

Список литературы

1. Попова Е.В. Оценка морфофункциональных показателей организма подростков проживающих в различных районах Республики Алтай: автореферат дис. на получение науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.13 / Е.В. Попова. – Тюмень, 2006. – 22 с.
2. Heavy Metal Emissions, Deposition, Critical Loads and Exceedances in Europe [J. Hettelengh, J.Sligger., M. Bolcher et al.] 2007. – P. 81–85.
3. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. – 272 с.
4. Лыков И.Н. Оценка воздействия загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на физическое развитие и состояние функциональных систем организма подростков / И.Н. Лыков, Г.А. Шестакова, Е.А. Клименко // Экология человека. – 2006. – №4. – С. 10–15

5. Павленко В.Б. ЭЭГ-корреляты тревоги, тревожности и эмоциональной стабильности у взрослых здоровых испытуемых / В.Б. Павленко, С.В. Черный, Д.Г. Губкина // *Нейрофизиология*. – 2009. – Т.41, №5. – С.400–408
6. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Зенков Л.Р. – М.: МЕДпресс-информ, 2001. – 368 с.
7. Guhlmann V. Psychologische und psychophysiologische Erhebungen an Merkmalsträgern einer sogenannten langsamen posterioren Aktivität im EEG / V. Guhlmann, N. Roth, G. Sask // *Z. Psychol.* – 1978. – Vol.186, № 4. – P. 529–538.
8. Effects of monomethylarsonic and monomethylarsonous acid on evoked synaptic potentials in hippocampal slices of adult and young rats.[Krüger K, Straub H, Hirner AV et al] *Toxicol Appl Pharmacol.* 2009 Apr 1;236(1):115-23. Epub 2009 Jan 20.

Барабан Ю.О. Кореляційні зв'язки між вмістом миш'яку і характеристиками ЕЕГ-потенціалів у дітей і підлітків 11-16 років / Ю.О. Барабан // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 29-35.

Проведено обстеження 60 дітей обох статей 11–16 років, що проживають в техногенних областях України. Виявлено перевищення вмісту миш'яку рентген-флуоресцентним методом. В стані спокою із закритими очима встановлені статистично достовірні кореляційні зв'язки між відносними величинами спектральної потужності ритмів ЕЕГ і концентрацією миш'яку у волоссі, переважно з боку високочастотних (бета1-, бета2-) діапазонів ЕЕГ-активності мозку ($0,25 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$). При проведенні функціональних проб (розплющені очі, фоно- і фотостимуляція) також були виявлені достовірні кореляційні зв'язки між спектральною потужністю і вмістом As практично для всіх ритмічних діапазонів поточної ЕЕГ ($0,24 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$).

Ключові слова: ЕЕГ, миш'як, діти, підлітки.

Baraban Yu. Correlation between arsenic concentration and EEG-waves in 11-16 year old children / Yu.Baraban // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University*. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 2. – P. 29-35.

Arsenic concentration determined by the X-ray-spectroscopy was above the normal level in sixty 11-16 year old children (industrial areas of Ukraine). Correlations were revealed between arsenic content and relative values of the spectral power of EEG rhythms, mainly high frequency once (beta1 and beta2) at rest ($0,25 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$). During functional tests (open eyes, phono- and foto stimulation) correlations were revealed as well almost for all EEG waves ($0,24 < R < 0,40$; $0,05 < p < 0,000$).

Keywords: EEG, arsenic, children.

Поступила в редакцію 13.05.2010 з.