

УДК: 612.8:612.1:546.19:519.2-053.5

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ОБРАБОТКЕ
МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ: АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ ЭЭГ И СОДЕРЖАНИЯ МЫШЬЯКА У
ШКОЛЬНИКОВ 11-16 ЛЕТ**

Барабан Ю.А., Евстафьева Е.В., Овсянникова Н.М., Зинченко С.А., Мальцева О.Б.

*Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет
имени С.И. Георгиевского, Симферополь, Украина
E-mail: baraban_y@mail.ru*

Использование кластерного анализа в обработке многомерных данных эколого-физиологических исследований: анализ текущей ЭЭГ и содержания мышьяка у школьников 11-16 лет Для выделения однородных по содержанию мышьяка, спектральной мощности ЭЭГ и возрасту групп школьников 11-16 лет был проведен кластерный анализ, который показал существование трех достоверно различающихся кластеров, в которых более высокое содержание мышьяка сопровождалось увеличением мощности всех ритмических диапазонов электроэнцефалограммы и в среднем составило $1,96 \pm 0,23$; $5,56 \pm 0,86$; $10,13 \pm 1,76$ мкВ²/Гц, при содержании мышьяка 0,19; 0,56; 2,66; мкг/г, соответственно.

Ключевые слова: кластерный анализ, мышьяк, ЭЭГ, школьники.

ВВЕДЕНИЕ

Существует целый ряд химических элементов, роль которых в организме продолжает выясняться. К их числу относится мышьяк, который включен в число особо опасных загрязнителей окружающей среды, как в Украине, так и в Европейском сообществе. Ранее мышьяк расценивался как токсичный элемент [1], но в литературе имеются публикации, доказывающие его условную эссенциальность [2, 3]. В связи с двойственной ролью мышьяка представляет особый интерес определение его эффектов в современных условиях среды на системном уровне, поскольку на сегодняшний день, главным образом, изучены клеточные механизмы его влияния, и эти данные носят противоречивый характер. Хроническое воздействие мышьяка в условиях профессионального воздействия широко описано в литературе, но данных о его эффектах при фоновых концентрациях фактически не имеется, за исключением натуральных исследований в странах, где избыток мышьяка в окружающей среде является причиной эндемических заболеваний [4–6]. В Украине воздействие мышьяка на организм школьников практически не изучено, поэтому необходимость его количественного определения в организме и исследование его влияния на функционирование систем, обосновано с точки зрения научно-практического подхода к данной проблеме.

В связи с этим целью настоящей работы явилось выявление внутренних связей между исследуемыми параметрами у школьников 11-16 лет и образование на их основе однородных групп (кластеров).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для установления возможного влияния содержания мышьяка на состояние биоэлектрической активности мозга городских школьников было выполнено биомониторинговое исследование в рамках Программы «Здоровье нации» (2002-2011 гг.). Для решения поставленных задач обследовали 147 школьников обоего пола 11-16 лет. Первая группа обучалась в общеобразовательной школе г. Симферополя. Вторую группу составили школьники городов юго-восточной Украины с высоким уровнем техногенного загрязнения (Донецк, Запорожье, Днепропетровск, Луганск). Исследование состояния биоэлектрической активности мозга заключалось в регистрации текущей ЭЭГ, которую осуществляли 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».

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

Кластеризацию данных проводили методом К-средних с помощью программы STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для разделения школьников 11-16 лет на группы (классы), отличающихся по содержанию мышьяка, но схожих между собой внутри групп, был проведен кластерный анализ, который в настоящее время широко применяется в медико-биологических исследованиях [7–9]. При кластеризации учитывались следующие параметры: содержание мышьяка в волосах, спектральная мощность (СМ) всех частотных диапазонов ЭЭГ при пробе «глаза закрыты» в центральных отведениях и возраст школьников.

При разделении исследуемой выборки (n=147) на 3 кластера были получены следующие результаты: 1-й кластер составили школьники с содержанием мышьяка, превышающим границу нормы (2,66 мкг/г), и возрастом - младше 12 лет, 2-й - с содержанием мышьяка в волосах больше 0,56 мкг/г и возрастом - старше 15 лет, 3-й - с концентрацией мышьяка 0,19 мкг/г, 13–14 лет (табл. 1). Кластеры были различными в количественном отношении 1-й кластер (n=54), 2-й (n=23), 3-й (n=70). Эти кластеры имели как характерные отличия в содержании мышьяка, так и характерные особенности ЭЭГ-спектра (табл.1). Так, школьники с наиболее низким содержанием мышьяка в возрастной группе 13-14 лет имели наименьшую СМ всех частотных диапазонов ЭЭГ. В то же время школьники младше 13 лет с максимальным содержанием мышьяка имели наиболее высокую СМ всех частотных диапазонов ЭЭГ. При этом СМ частотных диапазонов в разных кластерах отличалась весьма существенно, в особенности, в среднечастотной части спектра. Так, в этой области диапазон колебаний СМ в разных кластерах был выше от 3 до 6

раз, в то время как в низкочастотной части спектра существенно отличался только для тета-ритма, а в бета₁- и бета₂-диапазоне изменялся в соответствии с содержанием мышьяка: был максимальным при больших концентрациях мышьяка и минимальным при наименьших его концентрациях. Все параметры кластеров достоверно отличались друг от друга ($p < 0,01$). Поскольку кластерный анализ по методу К-средних основывается на оценке внутрикластерных и межкластерных дисперсий, то величина среднего значения в каждой выделенной группе (кластере) приводится с указанием среднего квадратичного отклонения [8, 10].

Таблица 1
Результаты кластерного анализа школьников 11-16 лет, г.Симферополя
и промышленных городов Украины(n=147)

	Кластер 1 (M±SD)	Кластер 2 (M±SD)	Кластер 3 (M±SD)
Возраст	12,08±1,59	15,16±1,44	13,31±1,03**
Содержание мышьяка(мкг/г)	2,66±6,43	0,56±2,03	0,19±0,41**
Дельта С3 (мкВ ² /Гц)	5,98±3,02	3,18±1,14	2,54±0,60**
Дельта С4 мкВ ² /Гц)	5,50±2,73	3,17±1,32	2,53±0,65**
Тета С3 (мкВ ² /Гц)	10,22±3,51	5,15±1,64	2,50±1,04**
Тета С4 (мкВ ² /Гц)	10,13±3,88	5,19±2,14	2,47±0,93**
Альфа С3 (мкВ ² /Гц)	20,00±3,77	10,44±2,86	2,57±1,55**
Альфа С4 (мкВ ² /Гц)	20,52±5,66	10,73±2,82	2,50±1,38**
Бета ₁ С3 (мкВ ² /Гц)	7,61±2,26	4,55±1,34	1,23±0,83**
Бета ₁ С4 (мкВ ² /Гц)	7,20±2,14	4,42±1,46	1,24±0,84**
Бета ₂ С3 (мкВ ² /Гц)	7,07±1,05	4,61±1,00	1,06±1,05**
Бета ₂ С4 (мкВ ² /Гц)	7,09±1,37	4,51±1,09	1,01±1,08**

Примечания:

1. Результаты представлены средними значения исследуемых величин и квадратичным отклонением (M±SD).
2. ** - достоверные отличия между кластерами при $p < 0,01$.

Таким образом, результаты кластерного анализа можно расценивать как свидетельство в пользу существования определенной связи между спектральными характеристиками ЭЭГ и уровнем мышьяка в организме, а также, в определенной степени, и возрастом.

Для более детального определения степени и характера влияния мышьяка на СМ текущей ЭЭГ школьников 11-16 лет необходимо использование других методов математического анализа.

ВЫВОДЫ

1. С использованием кластерного анализа были выделены три достоверно различающихся кластера по содержанию мышьяка, спектральной мощности ритмов электроэнцефалограммы и возрасту. 1-й кластер составили школьники

младше 12 лет; 2-й – старше 15 лет , 3-й –13–14 лет Спектральная мощность в среднем составила $1,96 \pm 0,23$; $5,56 \pm 0,86$; $10,13 \pm 1,76$ мкВ²/Гц, при содержании мышьяка 0,19; 0,56; 2,66; мкг/г, соответственно.

2. Сравнительный анализ кластеров показал, что более высокое содержание мышьяка сопровождается увеличением мощности всех ритмических диапазонов электроэнцефалограммы.
3. Результаты кластерного анализа дают основание для констатации эффекта влияния мышьяка в выявленных концентрациях на текущую ЭЭГ-активность, для установления характера которой необходимо использование других методов математического анализа.

Список литературы

1. Александровский Ю.А. Клиническая фармакология транквилизаторов / Александровский Ю.А. – МД. – 1973. – 334с.
2. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А Громова. —М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.: ил.
3. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А Рудаков. – М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. – 272 с.
4. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А Громова. —М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.: ил.
5. Смоляр В.І. Арсен у харчових продуктах і раціонах та його токсичність / В.І. Смоляр, Г.І. Петрашенко // Проблеми харчування. – 2009. – № 3-4(21). – С. 46–52.
6. Arsenic and manganese exposure and children's intellectual function / G.A. Wasserman, X. Liu, F. Parvez [et al.] // Neurotoxicology. – 2011. – Vol. 32, №4. – P.450–457.
7. Arsenic exposure from drinking water and mortality from cardiovascular disease in Bangladesh: prospective cohort study / Y. Chen, J.H. Graziano, F. Parvez [et al.] // British Medical Journal. – 2011. – Vol. 5. – P.342.
8. Минакова Е.С. Интеллектуальная поддержка выбора рационального объема экстрафасциальных операций при раке и узловых образованиях щитовидной железы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 05.13.01 / Минакова Елена Сергеевна. – Воронеж ,2008. – 25с.
9. Евсеева Г.П. Микроэлементный статус и взаимосвязь его дисбаланса с развитием его дисбаланса у детей: автореф. дис. ... док. мед. наук: 14.00.09 / Евсеева Галина Петровна. – Хабаровск, 2009. – 44 с.
10. Кластерный анализ системного кровообращения у практически здоровых мужчин молодого-среднего возраста / И.А. Баранник, Н.Н. Лавинская, Д.И. Святлов [и др.] // Вестник СПб Государственной медицинской академии И.И. Мечникова – 2007. – № 1. – С 184–186.
11. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП “STATISTICA”/ Буреева Н.Н. // Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

Барабан Ю.О. Використання кластерного аналізу при обробці багатовимірних даних еколого-фізіологічних досліджень: аналіз поточною ЕЕГ і вміст миш'яку у школярів 11-16 років / Ю.О. Барабан, О.В. Євстаф'єва, Н.М. Овсянникова, С.А. Зинченко, О.Б. Мальцева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 11-15.

Для виділення однорідних за змістом миш'яку, спектральній потужності ЕЕГ і віку груп школярів 11-16 років був проведений кластерний аналіз, який показав існування трьох кластерів, що достовірно розрізняються, в яких вищий вміст миш'яку супроводжувався збільшенням потужності всіх ритмічних діапазонів електроенцефалограми і в середньому склало $1,96 \pm 0,23$; $5,56 \pm 0,86$; $10,13 \pm 1,76$ мкВ²/Гц, при вмісті миш'яку 0,19; 0,56; 2,66; мкг/г, відповідно.

Ключові слова: кластерний аналіз, миш'як, ЕЕГ, школярі.

Baranan Yu.A. Cluster analysis in ecologo-physiological research for processing of multivariate data: analyses of EEG and arsenic content in 11-16 year old pupils / Yu.A. Baranan, E.V. Evstafyeva, N.M. Ovsyannikova, S.A. Zinchenko, O.B. Malceva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 11-15.

Cluster analyses were used to classify 11-16 year old children into homogeneous groups based on arsenic content, spectral power of EEG and age. Results shows that three groups with statistically significant difference can be formed where higher arsenic content (0,19; 0,56; 2,66; $\mu\text{g/g}$) is accompanied by increased spectral power of all the EEG rhythms ($1,96\pm 0,23$; $5,56\pm 0,86$; $10,13\pm 1,76$ $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$).

Keywords: cluster analysis, arsenic, EEG, children.

Поступила в редакцию 13.04.2012 г.