

УДК 612.82:616-073:612.799.1:546.3-058.86

© О.А. Залата, Е.В. Евстафьева, 2010.

## КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СУММАРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА И СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (СВИНЕЦ, СТРОНЦИЙ, КАЛЬЦИЙ) В ОРГАНИЗМЕ ДЕТЕЙ 12-ТИ ЛЕТ С ДИСФУНКЦИЕЙ АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

О.А. Залата, Е.В. Евстафьева

*Кафедра кафедры нормальной физиологии (зав. кафедрой - проф. Е.В. Евстафьева),  
Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет  
им. С.И. Георгиевского», г. Симферополь*

### CORRELATION ANALYSIS OF SUMMARY ELECTRICAL ACTIVITY OF BRAIN AND CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS (LEAD, STRONTIUM, CALCIUM) IN THE ORGANISM OF CHILDREN OF 12 YEAR'S WITH DYSFUNCTION OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM

O. A. Zalata, E. V. Evstafyeva

#### SUMMARY

In 21 12-th year old children with disorders of the autonomic nervous system who live on the industrial polluted territory of eastern Ukraine by Spearman's non-parametric correlation analysis significant influence of endogenous content of calcium, strontium and lead on the values of absolute spectral power of EEG-activity is revealed. The most of correlations found out at state of quiet wakefulness, the most expressed neurotropic action at all of tests are observed for calcium, the least - for lead. Character of effects of these elements in the revealed concentrations on EEG-characteristic's correspond with classic data about participation of calcium in electro-physiological processes at cellular and at intercellular levels. The similar to calcium, but having specific differences neurotropic effect of strontium, and weak, but significant inhibitory action of lead on basic cerebral processes.

### КОРРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ СУМАРНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ МОЗКУ І ВМІСТУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ (СВИНЕЦЬ, СТРОНЦІЙ, КАЛЬЦІЙ) В ОРГАНІЗМІ ДІТЕЙ 12-ТИ РОКІВ З ДИСФУНКЦІЄЮ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

О.О. Залата, О.В. Євстаф'єва

#### РЕЗЮМЕ

У дітей 12 років з дисфункцією автономної нервової системи (n=21), що мешкають в промислово забруднених регіонах східної України за допомогою непараметричного кореляційного аналізу по Спірмену встановлений значущий вплив ендогенного вмісту кальцію, стронцію і свинцю на величини абсолютної спектральної потужності ЕЕГ-активності. Найбільша кількість кореляцій виявлена для стану спокійного неспання, а найбільш виражена нейротропна дія при всіх пробах мала місце з боку кальцію, найменша - свинцю. Характер впливу даних елементів у встановлених концентраціях на ЕЕГ-характеристики узгоджується з класичними відомостями про участь кальцію в електрофізіологічних процесах на клітинному рівні і при міжклітинній взаємодії. Встановлено близьку до кальцію, але дещо специфічну нейротропну дію стронцію, і слабкий, але значущий, гальмівний вплив свинцю на фундаментальні мозкові процеси.

**Ключевые слова:** дети, спектральная мощность, ЭЭГ, свинец, стронций, кальций.

Известно, что электрическая активность мозга имеет электрохимическую природу и заключается в формировании различного рода биопотенциалов в результате химического взаимодействия двухвалентных катионов, прежде всего, кальция [5], а также других элементов (например, стронций и свинец), которые могут вступать с ним в определенные отношения и даже быть физиологическими конкурентами [8]. В условиях химического загрязнения внешней

среды, а вместе с ней, – и внутренней среды человека, - изменение количественных соотношений этих элементов может приводить к изменению формирования тормозных и возбуждающих постсинаптических потенциалов [6] и влиять, таким образом, на развитие мозговых процессов.

В ранее выполненной работе [2] была установлена определенная зависимость между характеристиками суммарной электрической активности мозга

и уровнями свинца, стронция и кальция в организме практически здоровых городских детей 12-ти лет, жителей г.Симферополя. В связи с этим представляла интерес оценка содержания указанных элементов и установление их возможного нейротропного действия у детей с дисфункцией автономной нервной системы, постоянно проживающих в регионах с более высоким уровнем техногенного загрязнения среды обитания. Это и явилось целью настоящего исследования. Определяли содержание свинца, стронция и кальция в образцах биологически стабильной ткани (волосы) детей 12-ти лет, проживающих в промышленных регионах Украины, и регистрировали у них ЭЭГ в состоянии покоя и в условиях когнитивной пробы (арифметический счет в уме). После этого полученные данные были подвергнуты корреляционному анализу.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В условиях натурального эксперимента с помощью рентгено-флуоресцентного анализа проб волос и электрофизиологического обследования состояния функциональной активности мозга была протестирована группа детей ( $n=21$ ), с установленным диагнозом вегето-сосудистая дистония (ВСД). Все дети прибыли из ряда промышленно загрязненных регионов восточной Украины (Запорожская, Днепропетровская, Донецкая области) на санаторно-курортное лечение в неврологический санаторий «Искра», г. Евпатория.

Определение содержания свинца, стронция и кальция выполняли методом рентген-флуоресцентной спектродетекции в лаборатории промышленной токсикологии и гигиены труда Института медицины труда (г. Киев).

Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике 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». Подробно методика описана ранее [3]. В настоящей работе при корреляционном анализе вызванной электрической активности с содержанием химических элементов использовали абсолютные значения спектральной мощности ЭЭГ-активности, выраженные в мкВ/Гц. Регистрацию текущей ЭЭГ проводили в условиях спокойного бодрствования («глаза закрыты»), при пробе «открытие глаз» и при когнитивной деятельности «решение арифметической задачи».

Статистический анализ данных проводили при помощи программы Statistica 6.0 (Stat-Soft, 2001). В настоящей работе данные биомониторингового и электрофизиологического обследования тестируемых детей обрабатывали посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену. Обоснованность выбора данного вида анализа описана ранее [4].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты биомониторингового исследования содержания химических элементов в волосах тестируемых детей 12-ти лет с дисфункцией автономной нервной системы (АНС), постоянно проживающих на промышленно загрязненных территориях подробно описаны ранее [3,4] и в целом характеризуются превышением верхней границы нормы содержания в волосах кальция и свинца, в то время как концентрация стронция находится в пределах референтных значений.

С целью оценки возможного нейротропного влияния эндогенных концентраций свинца, стронция и кальция на характеристики базовой биоэлектрической активности мозга детей 12-ти лет с дисфункцией АНС проводили корреляционный анализ абсолютной спектральной мощности (АСМ) ЭЭГ-ритмов с содержанием данных элементов, который позволил выявить ряд статистически значимых зависимостей.

Так, результаты корреляционного анализа показали наличие достоверных ( $p<0,05$ ) или приближающихся к таковым ( $p<0,1$ ) корреляционных связей между АСМ ритмов ЭЭГ с содержанием свинца, стронция и кальция в пробах волос. При этом наибольшее количество корреляционных связей по результатам проведения всех проб обнаружил кальций, несущественно меньшее количество корреляций имел стронций, а менее всего со спектральной мощностью ЭЭГ коррелировал свинец (рис.1-А). Плотность выявленных корреляций варьировала от слабой до умеренно сильной ( $0,40<r<0,61$ ), причем наиболее тесные связи наблюдались с концентрацией кальция (рис.2, табл. 1).

В то же время наибольшее количество корреляционных связей АСМ ЭЭГ разных диапазонов со всеми металлами обнаруживалось при регистрации ЭЭГ при спокойном бодрствовании (рис.1-Б). При этом, плотность корреляционных связей АСМ ритмических диапазонов текущей ЭЭГ в состоянии функционального покоя также была выше.

Иными словами, выявленные зависимости свидетельствуют об определенном, достаточно выраженном, влиянии данных элементов на мозговую активность, степень и характер которого обусловлены как функциональным состоянием (покой либо когнитивная деятельность), так и видом элемента.

Направленность выявленных корреляционных связей позволяет в определенной степени судить о характере наблюдаемых зависимостей. Так, статистически значимые корреляционные связи кальция с ритмическими диапазонами ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования (рис.2), когда регистрируется базовая ЭЭГ, характеризующая фундаментальные закономерности протекания мозговой активности у индивидуума, находятся в полном соответствии с известной его ролью, установленной на клеточном уровне. Она может проявляться как в увеличении суммарной биоэлектрической активности мозга (что

мы и наблюдали за счет усиления АСМ практически всех, за исключением низкочастотного дельта-ритма, ритмических диапазонов), так и в формировании

собственно процесса возбуждения (прямые корреляции с высокочастотным бета-диапазоном).

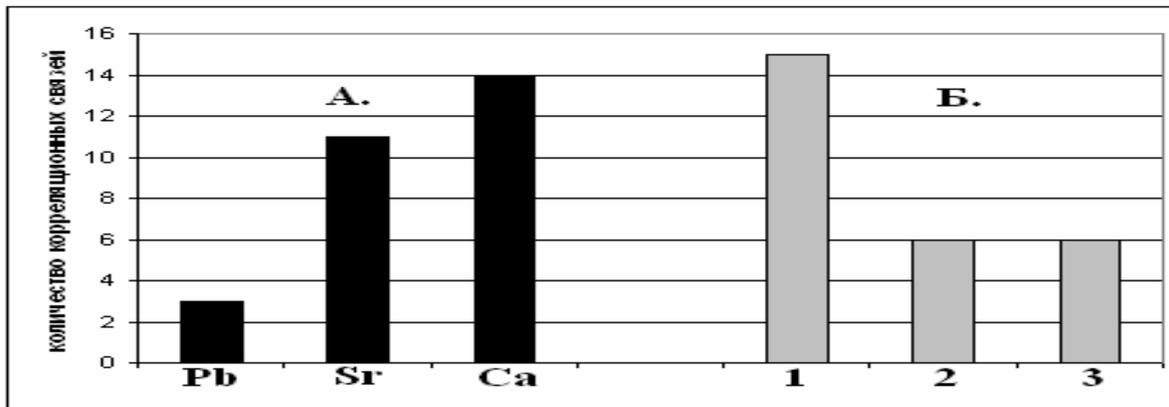


Рис.1. Количество корреляционных связей между параметрами ритмических характеристик ЭЭГ и содержанием химических элементов в волосах детей. А. –отдельных элементов во всех пробах; Б. – всех металлов в разных функциональных пробах (1- глаза закрыты; 2 – глаза открыты; 3 – решение задачи).

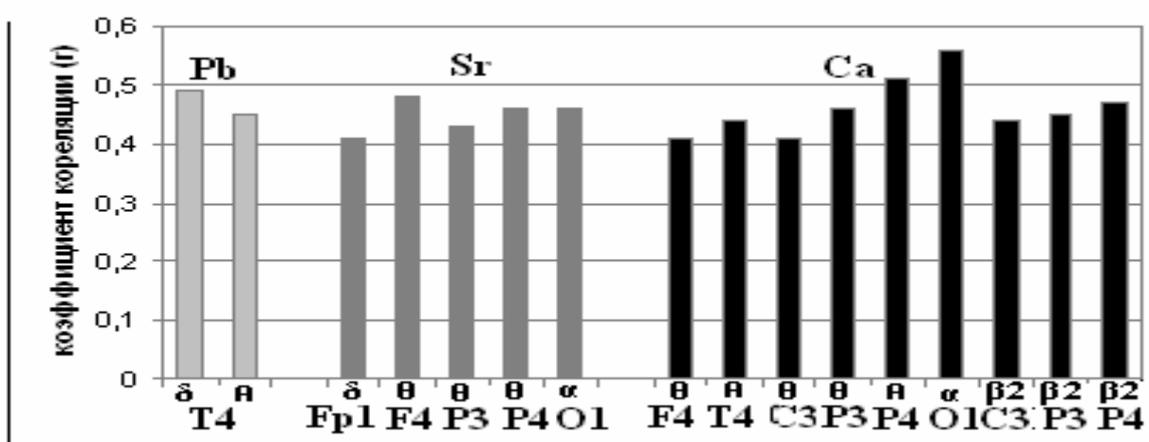


Рис.2. Коэффициенты корреляции ритмов текущей ЭЭГ с содержанием свинца, стронция и кальция в волосах детей, функциональная проба «глаза закрыты».

Таблица 1  
Коэффициенты корреляции (r) абсолютных величин спектральной мощности ЭЭГ с содержанием свинца, стронция и кальция в организме детей 12-ти лет

Спектральная мощность мкВ/Гц		Свинец	Стронций	Кальций
Ритм ЭЭГ	Локус			
Глаза открыты				
бета1	F3			<b>-0,479 (0,03)</b>
	C4			<b>-0,406 (0,06)</b>
бета2	O1		<b>-0,424 (0,05)</b>	
	Fp1		<b>0,520 (0,02)</b>	
	O1		<b>-0,487 (0,03)</b>	<b>-0,605 (0,003)</b>
Решение задачи				
альфа	T5	<b>0,413 (0,06)</b>		
	P4		<b>0,436 (0,05)</b>	<b>0,436 (0,05)</b>
	O1		<b>0,436 (0,05)</b>	
	O2			<b>0,440 (0,05)</b>
бета2	O1		<b>-0,568 (0,007)</b>	

Сходная картина наблюдалась и со стороны близкого в химическом отношении в кальцию стронция, однако все-таки она имела некоторые существенные отличия в физиологической роли этих элементов. Они заключались в том, что стронций коррелировал с АСМ только средне- и низкочастотных ритмических диапазонов. Это свидетельствует о том, что в отличие от кальция, он никак не способствовал развитию возбудительных процессов при увеличении его внутреннего содержания в организме.

В то же время при проведении функциональных проб эти элементы ведут себя сходным образом, уменьшая степень реакции активации за счет отрицательной зависимости АСМ бета-диапазона от уровня этих элементов в организме при открывании глаз (табл.1). Анализ изменений при решении арифметической задачи также подтверждает определенное сходство «физиологической роли» этих элементов, однако с одной существенной особенностью: стронций способствует уменьшению АСМ бета-диапазона, что вряд ли можно расценивать как положительное явление при когнитивной деятельности. Уместно вспомнить, что этот элемент в отличие от эссенциального, то есть жизненно необходимого, кальция, считается условно токсичным [8].

Еще более отлична роль свинца, при увеличении концентрации которого увеличивается спектральная мощность низко- и очень низкочастотных диапазонов при регистрации фоновой ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования, что свидетельствует о большей выраженности тормозных процессов у детей с более высоким его содержанием, и соответствует, в целом, представленным в литературе сведениям о его негативном влиянии на познавательную деятельность [1,7,9]. На первый взгляд этому противоречит практически отсутствие каких-либо, за исключением одной, зависимостей АСМ от содержания этого элемента при функциональных пробах, в том числе и при решении арифметической задачи. Однако в совокупности с изложенными выше результатами это может в определенной степени свидетельствовать о его влиянии на фундаментальные процессы мозговой деятельности, но не на лабильность нервных процессов, которая проявляется себя при функциональных пробах.

#### ВЫВОДЫ

1. Кальций и свинец, при превышающих норму концентрациях в волосах, и стронций, при его в среднем нормальном содержании, оказывают значимое влияние на электрическую активность мозга детей 12 лет, что проявляется наличием значимых корреляционных связей с абсолютной спектральной мощностью ЭЭГ.

2. Наибольшее количество корреляционных связей прямого характера всех трех элементов со значениями абсолютной спектральной мощности ритмических характеристик текущей ЭЭГ установлено в

состоянии функционального покоя, а наиболее выраженное нейротропное действие при всех пробах имело место со стороны кальция, затем стронция и свинца.

3. Характер влияния данных элементов в установленных концентрациях на функционирование центральной нервной системы согласуется с классическими сведениями об участии кальция в электрофизиологических процессах на клеточном уровне и при межклеточном взаимодействии. Установлено близкое к кальцию, но имеющее специфические отличия, нейротропное действие стронция, и слабое, но значимое, тормозное влияние свинца на фундаментальные мозговые процессы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский Л.А. Малые концентрации свинца и умственное развитие детей: источники свинца, уровни в крови, эпидемиология, механизмы действия (обзор иностранной литературы) / Л.А. Добровольский, И.Г. Белашова, Е.Л. Радванская // Довкілля та здоров'я. – 2007. – №4. – С. 31 – 37.
2. Залата О.О. Психофізіологічні особливості учнів різного віку у зв'язку із вмістом свинцю, стронцію та кальцію в організмі: автореф. дис. на здобуття вч. ступеню канд. мед. наук: спец. 14.03.03. «нормальна фізіологія». / О.О. Залата – Львів, 2009. – 20 с.
3. Залата О.А. Корреляционные взаимоотношения характеристик ЭЭГ и содержания ряда микро- и макроэлементов (свинец, стронций, кальций) в организме детей 12–13 лет, проживающих в экокризисных регионах Украины / О.А. Залата, Е.В. Евстафьева, А.Г. Трибрат, А.В. Слюсаренко // Нейрофизиология. – 2010. – №5., 42 – С. 405-412.
4. Залата О.А. Особенности когнитивных функций (кратковременная память, произвольное внимание) в связи с содержанием в волосах свинца, стронция и кальция у детей 12-13 лет с ВСД жителей экокризисных регионов восточной Украины / О.А. Залата, Е.В. Евстафьева, М.Г. Щеголева // Таврический медико биологический вестник. – 2010. – Т.13. – №3 (51). – С. 81-85.
5. Костюк П.Г. Іони кальцію у функції мозку – від фізіології до патології / П.Г. Костюк, О.П. Костюк, О. О. Лук'янець. — К.: Наукова думка, 2005. — 198с.
6. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А. Громова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.
7. Очерки возрастной токсикологии / под ред. И.М. Трахтенберга. – К.: Авиценна, 2006. – 316 с.
8. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. — 272 с.
9. WHO. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution „Effects of low exposure levels“. – Copenhagen: WHO, 2007. – P. 68–70.