

УДК 616. 1/9-02:614.7

## **СВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С СОДЕРЖАНИЕМ КАЛЬЦИЯ И СТРОНЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ УЧАЩИХСЯ РАЗНОГО ВОЗРАСТА**

*Залата О.А.*

Известно, что развивающийся организм в большей степени подвержен влиянию различных факторов внешней среды, в том числе и техногенного происхождения [1]. Большое количество исследований в Украине и России посвящено изучению негативного влияния окружающей среды на нервную систему и психику учащихся разного возраста [2, 3]. Одним из проявлений реакции дезадаптации у детей, подростков, юношей являются выявляемые в ходе мониторинговых исследований дефицитные состояния эссенциальных макро и микроэлементов на фоне повышенного содержания в их организме токсичных [4, 5]. Важна и бесспорна роль для растущего организма кальция [6], а одним из конкурентных элементов для кальция в организме человека является стронций. Антагонизм этих щелочно-земельных металлов в отношении костной ткани изучен довольно хорошо [7, 8], однако практически отсутствуют данные об их влиянии на нервную систему человека. В литературе представлены единичные работы, в которых рассматриваются вопросы обмена кальция и стабильного стронция у человека в естественных условиях, а так же в эксперименте на животных [9, 10]. В тоже время хорошо известно, что в некоторых случаях накопление стронция в организме приводит к поражению многих органов и систем, в том числе и нервной, и развитию так называемой «Уровской болезни» [11]. Кальций, как элемент играет важную роль в функционировании головного мозга [6] и приближение его содержания к верхней или нижней границе условной нормы может оказаться физиологически значимым, особенно для растущего организма.

В связи с этим целью нашего исследования явилось определение физиологической значимости кальция и стабильного стронция для ряда характеристик психофизиологических функций учащихся разного возраста. Были поставлены следующие задачи: определить и оценить содержание элементов в биологически стабильных пробах (образцы волос) школьников 12-13 лет и студентов 18-19 лет; выполнить ЭЭГ обследование учащихся с регистрацией параметров текущей ЭЭГ, вызванных и связанных с событием потенциалов; дать оценку физиологической значимости изучаемых металлов для функционального состояния ЦНС.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В качестве обследуемых контингентов были избраны школьники и студенты 12-13 и 18-19 лет (51 человек), проживающие в условиях урбанизированной среды и обучающиеся в разных районах города Симферополя. Методика регистрации ЭЭГ и связанных с событием потенциалов (ССП), применявшаяся для оценки функционального состояния центральной нервной системы студентов, описана ранее [12]. Регистрация текущей ЭЭГ у школьников 12-13 лет выполнялась с использованием стандартных приемов в точках С3 и С4 по системе «10-20». Запись ЭЭГ у детей проводили на протяжении двух эпох исследования, каждая из которых отражала динамику основных ритмов ЭЭГ в течение 30 серий. Во время первой эпохи производилась контрольная запись, во время которой ученик находился в состоянии покоя, с закрытыми глазами, в соответствии с полученной инструкцией. Во время второй эпохи ученик решал задачу, относящуюся к определенному типу функциональных нагрузок:

1. задачи с использованием словесно-логического материала (арифметическая и логическая);
2. задача с использованием пространственно-образного материала (пространственная).

При дальнейшей обработке данные анализа амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ использовались для расчета показателей асимметрии мозга ребенка как отношение разности значений приростов мощностей соответствующих ритмов обоих полушарий к их сумме.

Определение содержания металлов в прикорневой части волос затылочной области произведено методом рентгено-флуоресцентной спектрометрии в научно-техническом центре "Вириа" г.Киев.

Статистическую обработку результатов выполняли посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Мониторинговое исследование биологически стабильных тканей (волос) детей, подростков, юношей - достоверный и неинвазивный метод оценки поступления макро и микроэлементов в организм из окружающей среды [13], который позволяет получить представление об уровне элементов за длительный период времени (до полугода). Результаты настоящего биомониторингового исследования образцов волос могут свидетельствовать о некотором элементном дисбалансе у испытуемых (табл. 1).

Следует отметить, что в работах, опубликованных ранее, условная норма содержания кальция в биологически стабильных тканях (образцы волос) варьировала в пределах 500-1500 мкг/г. Однако в последнее время происходит пересмотр условных норм содержания эссенциальных и токсичных элементов в организме человека. Это связано с прогрессирующим ухудшением экологической обстановки [14].

**Таблица 1.**

**Среднее содержание металлов в волосах учащихся разного возраста  
(мкг/г)**

Металл	Школьники 12-13 лет (N=18)	Студенты 18-19 лет (N=33)	Условная норма
кальций	661.6±130.2	334.9±35.56	300-700
стронций	5.10±0.94	3.12±0.20	0.3

Выявлено, что среднее содержание эссенциального кальция у школьников находилось в границах условной нормы, а у студентов на уровне нижней границы нормы. Увеличение среднего содержания стабильного стронция в организме испытуемых было выявлено только в группе школьников. Среднее содержание стронция в группе студентов не выходило за границы условной нормы. Колебания средних значений эссенциального кальция, с одной стороны могут быть обусловлены характером питания испытуемых, имеющим особенности в конкретной возрастной группе [15]. С другой стороны эти колебания, могут быть связаны с изменчивостью уровня природных экотоксикантов (свинец, кадмий) в атмосферном воздухе, характерных для микротерриторий проживания школьников и студентов. Для нашего исследования интерес представляло функциональное взаимодействие кальция и стабильного стронция в организме человека. Для определения этой значимости был выполнен корреляционный анализ параметров текущей ЭЭГ, вызванных и связанных с событием потенциалов с содержанием кальция и стронция в биологически стабильных тканях (волосах) у испытуемых двух возрастных групп.

В группе школьников было обнаружено наличие достоверных (11) и приближающихся к ним (3) корреляционных связей между параметрами текущей ЭЭГ-активности при различных функциональных состояниях и металлами (таблица 2). Подавляющее большинство корреляционных связей для кальция и стронция носило прямой характер. Следует отметить, что обнаруженные достоверные и приближающиеся к ним прямые корреляционные связи при текущей ЭЭГ имели место с одними и теми же параметрами ЭЭГ: спектральная мощность альфа-волн ( $r = 0.62$  для стронция и  $r = 0.59$  для кальция при  $p < 0.05$ ), спектральная мощность бета-волн ( $r = 0.42$  для стронция при  $p < 0.09$  и  $r = 0.50$  для кальция при  $p < 0.04$ ) при открытых глазах и преимущественно в правом полушарии головного мозга. Вероятно, все эти факты можно расценивать как свидетельство функционального синергизма стронция и кальция в их влиянии на состояние базовых функциональных характеристик нервной системы, в том числе и на активность познавательных процессов детей этого возраста. В пользу чего свидетельствуют корреляции ЭЭГ-характеристик спектральной мощности в дельта- и бета-диапазонах при решении арифметической задачи. В этом случае обнаруживалась обратная связь мощности дельта диапазона с уровнем обоих металлов в организме школьников ( $r = -0.48$  для стронция и  $r = -0.47$  для кальция при  $p < 0.04$ ) и положительная корреляция спектральной мощности бета-диапазона при этой же

функциональной пробе ( $r = 0.45$  для стронция при  $p < 0.05$  и  $r = 0.40$  для кальция при  $p < 0.09$ ). Плотность корреляционных связей для всех случаев колебалась в пределах  $0.40 < r < 0.71$  при вероятности 90-99,2%. Результаты, полученные в этой возрастной группе частично совпадают с данными полученными нами ранее для 15-ти летних подростков [16].

**Таблица 2.  
Коэффициенты корреляции характеристик текущей ЭЭГ- активности с уровнем металлов в волосах у школьников 12-13 лет (N=18)**

Характеристики ЭЭГ- активности и условия отведения	Коэффициент корреляции (R) для стронция с уровнем значимости (p)	Коэффициент корреляции (R) для кальция с уровнем значимости (p)
Дельта-ритм (п) (ар.з.)	-0.48 (0.04)	-0.47 (0.04)
Тета-ритм (п) (г.о.)	0.42 (0.08)	
Альфа-ритм (л) (г.о.)	0.45 (0.07)	0.41 (0.09)
Альфа-ритм (п) (г.о.)	0.62 (0.008)	0.59 (0.01)
Бета-ритм (п) (г.о.)	0.42 (0.09)	0.50 (0.04)
Бета-ритм (п) (ар.з.)	0.45 (0.05)	0.40 (0.09)
Бета-ритм (п) (пр.з.)	-0.71 (0.04)	
Асимметрия по тета -ритму (ар.з.)	0.49 (0.03)	0.52 (0.02)

Примечания: л. и п. - отведения от левого и правого полушарий, г.з. и г.о. - отведения ЭЭГ при закрытых и открытых глазах соответственно, ар.з. и пр.з. арифметическая и пространственная задачи соответственно.

Оценивая функциональную значимость металлов для нервной системы в старшей возрастной группе по количеству и плотности корреляционных связей (табл. 3), необходимо отметить, что из 10 обнаруженных достоверных и приближающихся к ним корреляций, большее число (8) было выявлено для кальция. Однако плотность корреляционных связей была слабой: коэффициенты корреляции для кальция колебались в пределах  $0.30 < r < 0.39$  при вероятности 90-99,2%.

Из параметров текущей ЭЭГ-активности достоверная корреляционная связь выявлена только для коэффициента десинхронизации альфа-ритма с кальцием в левом полушарии ( $r = 0.36$ ,  $p < 0.05$ ) и на уровне тенденции в левом полушарии. Подавляющее число корреляционных связей с содержанием стабильного стронция и кальция в организме студентов было обнаружено для параметров связанных с событием потенциалов и носило обратный характер. Необходимо отметить, что латентный период волны  $P_{300}$  коррелировал с двумя металлами ( $r = -0.39$  для кальция и  $r = -0.36$  для стронция при  $p < 0.05$ ) в левом и правом полушариях, а амплитуда УНВ ( $r = -0.38$ ,  $p < 0.05$ ) и ее терминальный компонент ( $r = -0.35$ ,  $p < 0.05$ ) только с кальцием, так же в обоих полушариях головного мозга. Известно, что параметры  $P_{300}$  являются своего рода индикатором когнитивной зрелости мозга [17],

а условно негативная волна тесно связана с процессами внимания, отражает процессы психической концентрации и подготовки поведенческого акта.

**Таблица 3.**

**Коэффициенты корреляции параметров вызванных ЭЭГ-потенциалов и характеристик текущей ЭЭГ- активности с уровнем металлов в волосах у студентов 18-19 лет (N=33)**

Характеристики ВП, ЭЭГ-активности и условия отведения	Коэффициент корреляции (R) для стронция с уровнем значимости (p)	Коэффициент корреляции R для кальция с уровнем значимости (p)
ЛП P <sub>300</sub> (л)	-0.36 (0.05)	-0.39 (0.03)
ЛП P <sub>300</sub> (п)	-0.36 (0.05)	-0.39 (0.03)
Амплитуда УНВ (л)		-0.33 (0.07)
Амплитуда УНВ (п)		-0.38 (0.03)
Амплитуда УНВ <sub>т</sub> (л)		-0.35 (0.05)
Амплитуда УНВ <sub>т</sub> (п)		-0.35 (0.05)
Коэффициент десинхронизации альфа-ритма (л)		0.36 (0.05)
Коэффициент десинхронизации альфа-ритма (п)		0.30 (0.09)

Примечания. ЛП - латентный период, УНВ - условно негативная волна, УНВ<sub>т</sub> терминальный компонент условно негативной волны. Остальные обозначения те же, что и в таблице 2.

Можно предположить, что выявленные качественные и количественные различия в характере корреляционных связей в группе школьников и студентов для кальция и стабильного стронция могут быть объяснены как возрастными особенностями, так и различием в интенсивности протекания познавательных процессов при обучении в школе и университете.

### ВЫВОДЫ

1. У 12-13-ти летних школьников выявлено: содержание кальция - в границах условной нормы, содержание стабильного стронция превышало условную норму ( $5.10 \pm 0.94$ ). В тоже время в старшей возрастной группе наблюдалась обратная ситуация: дефицит кальция у 18-19-ти летних студентов, содержание стронция в границах условной нормы

2. В младшей возрастной группе установлена преимущественно прямая корреляционная зависимость между параметрами текущей ЭЭГ (спектральная мощность дельта-, альфа-, бета-диапазона) в равной степени с кальцием и стронцием. Плотность корреляционных связей для всех случаев колебалась в пределах  $0.40 < r < 0.71$  при вероятности 90-99,2%.

3. Большинство корреляционных связей с содержанием кальция и стронция в организме студентов было обнаружено для параметров связанных с событием потенциалов, при этом наибольшей реактивностью обладали латентный период  $P_{300}$ , условно негативная волна и ее терминальный компонент. Корреляционная зависимость носила обратный характер. Плотность корреляционных связи для всех случаев колебалась в пределах  $0.30 < r < 0.39$  при вероятности 90-99,2%.

4. Характер выявленных корреляционных связей в старшей возрастной группе свидетельствует о функциональном синергизме кальция и стронция по отношению к нервной системе при большей выраженности нейротропного действия кальция (8 и 2 достоверных и приближающихся к ним корреляций соответственно).

#### Список литературы

1. Лучанинова В.Н., Транковская Л.В. Комплексная оценка состояния здоровья детей на фоне техногенной нагрузки // Российский педиатрический журнал. - 2004. - №1. - С. 29-33.
2. Великанова Л.П. Клинико-эпидемиологический мониторинг состояния нервно-психического здоровья детей и подростков // Педиатрия. - 2004. - №1. - С. 67-70.
3. Гребняк Н.П., Ветрещак С.В. Состояние здоровья детского населения мегаполиса // Гигиена и санитария. - 2004. - №2. - С. 50-53.
4. Маймулов В.Г., Якубова И.Ш., Черныкина Т.С. и др. Особенности микроэлементного статуса у детей Санкт-Петербурга // Гигиена и санитария. - 2005. - №6. - С. 64-65.
5. Табаку А., Чулай А. Содержание микроэлементов в волосах дошкольников // Микроэлементы в медицине. - 2001. - №2. - С. 58-60.
6. Toescu E.C., Verkhatsky A. Calcium and mitochondria substrates for deficits in synaptic plasticity in normal brain ageing // J. Cell Mol Med. - 2004. - Vol. 8(2). - P. 181-190.
7. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. - Москва: ОНИКС 21 век, 2004.- 272 с.
8. Aapostolidis N., Parodellis T., Karydas A. et al. Calcium and strontium metabolic studies in patients on CAPD- Perit. Dial. Int., 1998. - P. 18-20.
9. Дубровина З.В., Сарапульцев И.А., Фадеев А.П. К вопросу об обмене стронция и кальция у человека // Гигиена и санитария. - 1967. - № 4. - С. 43-46.
10. Усачев Ю.М., Миронов С.Л. Действие ионов стронция и бария на системы связывания и транспорта кальция в нервных клетках // Нейрофизиология. - 1989. - Т. 21, № 6. - С. 820-825.
11. Смоляр В.И. Гипо- и гипермикроэлементозы. - Киев: Здоров'я, 1989. - С. 91-92.
12. Евстафьева Е.В., Залата О.А., Репинская Е.В. и др. Корреляционные связи между содержанием токсичных и эссенциальных металлов в организме и характеристиками ЭЭГ потенциалов у юношей в условиях городской среды // Нейрофизиология. - 2006. - Т. 38, № 2. - С. 167-174.
13. Volconic V. Human hair. Fundamentals and methods for measurement of elemental composition. - Boca Raton: CRC Press. Inc., 1988. - Vol. 1. - P. 164.
14. Environment and Health: An International Concordance on Selected Concepts - WHO: Regional Office for Europe, 2000. - P. 17.
15. Белаковский М.С., Спиричев В.Б. Кальций и потребность в нем человека // Вопросы питания. - 1988. - №6. - С. 4-8.
16. Залата О.А. Особенности психофизиологического статуса подростков в связи с содержанием кальция и стронция в организме // Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения труды КГМУ им. С.И. Георгиевского. - 2004. - Т 140, часть3. - С. 66-69.
17. Johnston S.J., Barry R.J., Anderson J.V. et al. Age-related changes in child and adolescent event related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in auditory oddball task // Int. J. Psychophysiology. - 1996. - V. 24, № 3. - P. 223-238.

*Поступила в редакцию 01.10.2006 г.*