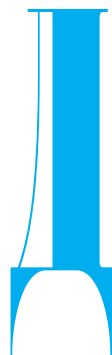


# THE COGNITIVE FUNCTION AND PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN CONNECTION WITH ELEMENTS CONTENT IN HAIR OF 12-AGE SCHOOLBOYS

Evstafyeva E., Zalata O., Evstafyeva I.

## КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИЧНОСТИ ГОРОДСКИХ ШКОЛЬНИКОВ 12 ЛЕТ В СВЯЗИ С ЭЛЕМЕНТНЫМ СОСТАВОМ ВОЛОС ПО ДАННЫМ БИОМОНИТОРИНГА



**ЕВСТАФЬЕВА Е. В.,  
ЗАЛАТА О. А.,  
ЕВСТАФЬЕВА И. А.**

Крымский государственный  
медицинский университет  
им. С.И. Георгиевского,  
Таврический национальный  
университет  
им. В.И. Вернадского,  
г. Симферополь

УДК 616.1/9-02:614.7

**КОГНИТИВНІ ФУНКЦІЇ  
ТА ПСИХОЛОГІЧНІ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ОСОБИСТОСТІ МІСЬКИХ  
ШКОЛЯРІВ 12 РОКІВ  
У ЗВ'ЯЗКУ З ЕЛЕМЕНТНИМ  
СКЛАДОМ ВОЛОССЯ ЗА  
ДАНИМИ БІОМОНІТОРИНГА**

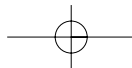
**Євстаф'єва О. В.,  
Залата О. О.,  
Євстаф'єва І. А.**

У 12-тирічних школярів виявлено дефіцит кальцію методом рентгенофлуоресцентного аналізу; рівень стронцію та свинцю інколи перевищував умовну норму. Кореляційний аналіз показав наявність достовірних зв'язків між психологічними характеристиками та вмістом кальцію, стронцію, свинцю.

ети современного города представляют группу повышенного риска по развитию так называемых антропогенных заболеваний. Состояние их здоровья является таким показателем, который может отражать неблагоприятные для жизни изменения окружающей среды [23]. В последние годы стремительно растет число детей и подростков, у которых выявляют различные нарушения когнитивных функций, поведенческих реакций и функциональные изменения нервной системы в целом [3, 8]. Высокотоксичные соли тяжелых металлов, среди которых в городской среде наиболее широко распространены соли свинца, негативно влияют на развивающийся организм детей. Это воздействие усугубляется на фоне все чаще выявляемых у этого контингента кальций-дефицитных состояний [13, 22]. Известно, что свинец обладает физиологическим антагонизмом по отношению к эссенциальному кальцию, как и стабильному стронцию [18]. Необходимо учитывать и тот факт, что для таких приоритетных загрязнителей городской среды, как свинец не имеют большого значения предельно допустимые концентрации (ПДК). Его нейротоксическое и вторично психогенное воздействие на детский организм оказывается значимым и при действии низких фоновых концентраций [6]. Результаты многочисленных исследований, обобщенные Международной программой по химической безопасности, показали, что дети младшего школьного возраста являются особой группой риска для возникновения негативных эффектов при экспозиции свинцом [26]. Это проявляется в задержке психического раз-

вития, снижении памяти и интеллекта, нарушении процессов мышления и способности концентрировать внимание. Как следствие — аномалии в поведенческих реакциях, неуспеваемость в школе [10, 13]. В то же время возможное влияние других микроэлементов, таких как стабильный стронций, на познавательные и нейроповеденческие функции детей и подростков в условиях дефицита основных микроэлементов практически не изучено. Международная группа экспертов ВОЗ рекомендует для исследования состояния нервной системы использовать нейроповеденческие тесты как биомаркеры нейротоксического действия токсических металлов и раннего выявления нарушений когнитивных функций [4]. С учетом этого целью настоящего исследования стало определение физиологической значимости токсичного свинца и стабильного стронция, а также эссенциального кальция для ряда когнитивных функций и психологических характеристик личности городских школьников 12 лет. Были поставлены следующие задачи: определить содержание свинца, стронция и кальция в биологически стабильных тканях (образцах волос) тестируемых школьников; оценить познавательные функции и личностные характеристики посредством психологического тестирования; дать анализ связи исследуемых психофизиологических характеристик с уровнем определяемых элементов.

**Материал и методы.** Для проведения биомониторинга были выбраны дети одной из школ г. Симферополя, расположенной в микрорайоне с интенсивным транспортным движением. В исследовании



том, чтобы нажать на кнопку в ответ на предъявление второго стимула из пары тонов "низкий-низкий" или "высокий-высокий". Производилась оценка правильности выполнения двустимульного теста: подсчитывалось количество пропусков значимых пар стимулов ("низкий-низкий" или "высокий-высокий") — ошибки невнимательности, количество ложных нажатий при предъявлении незначимых пар стимулов ("низкий-высокий" или "высокий-низкий") — ошибки, связанные с импульсивностью. Помимо этого для каждого испытуемого определялось среднее время реакции (ВР). Значение эталонного ВР равнялось 380 мсек. О правильности выполнения задания и быстроте реакции (больше или меньше эталон-

ная устойчивость" определялись с помощью "таблиц Шульте": чем ниже данные показатели, тем более развитым является внимание [11]. Расчет показателей внимания по методике "таблицы Шульте" описан ранее [14].

Показатели "продуктивность внимания" и "точность внимания" определялись с помощью буквенного варианта корректурной пробы Бурдона [16]. Дети получали задание быстро зачеркнуть буквы "К" и "Р", размещенные в случайном порядке среди других букв алфавита, в течение 5 минут. Данные показатели рассчитывались следующим образом: "продуктивность внимания" — количество знаков, рассмотренных за 5 минут; "точность внимания" — отношение всех правильно вычеркнутых знаков к количеству знаков, которые необходимо вычеркнуть, умноженное на 100%. Очевидно, что чем выше значения указанных показателей, тем более развитым и эффективным является внимание данного испытуемого.

Проективную методику "Дом-Дерево-Человек" и тест самооценки собственного состояния Денбо-Рубинштейн использовали для оценки качеств личности. Для количественной оценки результатов теста "Дом-Дерево-Человек" общепринятые качественные показатели были сгруппированы в следующие симптоматические комплексы: незащищенность; тревожность; недоверие к себе; чувство неполноценности; враждебность; фрустрация; трудности в общении; депрессивность. Каждый симптоматический комплекс состоит из ряда показателей, которые можно оценить в баллах [1].

приняли участие 30 испытуемых в возрасте  $12.6 \pm 0.06$  лет (школьники-правши обоих полов).

Первая часть эксперимента включала определение времени простой сенсомоторной реакции. Испытуемым предъявлялись пары (30 пар) слуховых стимулов (высокий-высокий, высокий-низкий, низ-

Таблица 1

**Концентрация металлов (приведена M-средняя арифметическая и ее m-стандартная ошибка) в волосах тестируемых школьников 12 лет (n=30)**

| Элемент  | Концентрация элемента в волосах (мкг/г) |              |              |                |
|----------|---|--------------|--------------|----------------|
|          | Минимальная                             | Максимальная | M±m          | Условная норма |
| Кальций  | 84.07                                   | 579.94       | 236.63±20.59 | 300-700        |
| Стронций | 0.36                                    | 3.80         | 1.26±0.13    | 0-3.00         |
| Свинец   | 0.12                                    | 7.48         | 1.51±0.25    | 0-5.00         |

кий-низкий, низкий-высокий) с интервалами по 2 сек. внутри пары и по 4 сек. между парами. Длительность низкого и высокого сигналов составляла 200 мсек. Низкий тон представлял собой посылку с частотой 400 Гц, а высокий — 1000 Гц. Пары тонов предъявлялись в случайном порядке с одинаковой (50%) вероятностью появления как низкого, так и высокого тона. Задача испытуемых заключалась в

того) испытуемый узнавал из зрительных сигналов обратной связи.

Вторая часть эксперимента заключалась в проведении психологического тестирования. С помощью опросника Айзенка (подросткового варианта) оценивали темперамент тестируемых [7].

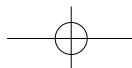
Оценка показателей внимания проводилась с помощью следующих методик. Показатели "эффективность внимания", "вработываемость", "психичес-

**Взаимосвязь психофизиологических и психологических характеристик с содержанием металлов в биологически стабильных тканях (образцах волос) у школьников 12 лет (n=30)**

Таблица 2

| Тест                  | Психофизиологические и психологические показатели | Кальций      | Стронций     | Свинец       |
|-----------------------|---|--------------|--------------|--------------|
| Сенсомоторная реакция | ложные реакции                                    | -0.38 (0.04) |              |              |
| Дом-Дерево-Человек    | враждебность                                      |              | -0.41 (0.02) | 0.31 (0.09)  |
|                       | чувство неполноценности                           |              | 0.43 (0.01)  |              |
|                       | депрессивность                                    |              |              | -0.38 (0.04) |

Примечание: приведены коэффициенты корреляции ( $r_s$ ) и их уровень значимости ( $p$ ).



Содержание основных и токсичных элементов в волосах определяли рентгено-флуоресцентным методом в научно-техническом центре ВИА (г. Киев).

Показатели психологических тестов количественно обрабатывали с использованием стандартных методов вариационной статистики. Статистический анализ данных проводился при помощи пакета STATISTICA 6.0 (Stat-Soft, 2001). Использовали расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $r_s$ ). Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимался равным 0.05. Во внимание принимались и результаты, достоверность которых была оценена при уровне  $0.05 < p < 0.08$ . Эти случаи рассматривались как приближающиеся к достоверным.

**Результаты и их обсуждение.** При выполнении натуральных исследований, в которых принимают участие когортные группы детей, необходимо учитывать рекомендации по использованию высокоинформативных и чувствительных современных методик, а также этические принципы. Таким требованиям отвечает достоверный, неинвазивный метод выявления макро- и микроэлементозов в биологически стабильных тканях (волосах), с помощью которого можно оценить состояние элементного статуса организма детей за длительный период времени [15, 19]. По данным исследований, отмечено, что повышение содержания свинца в волосах может наблюдаться раньше, чем в биологических жидкостях и предшествовать развитию биохимических изменений, характерных для воздействия этого поллютанта [12]. Вполне обоснованным является и определение в волосах таких щелочно-земельных металлов, как кальций и стабильный стронций. Содержание кальция в плазме крови находится под влиянием кальцитонина и паратиреоидного гормона и отражает значения кальция в момент взятия крови. Определение же кальция в биологически стабильных тканях (волосах) позволяет оценить ба-

#### THE COGNITIVE FUNCTION AND PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN CONNECTION WITH ELEMENTS CONTENT IN HAIR OF 12-AGE SCHOOLBOYS

**Evstafyeva E., Zalata O., Evstafyeva I.**

*The calcium, lead and strontium contents were determined by the method of X-ray fluorescent spectroscopy. The calcium deficit in 12-age schoolboys was revealed. Statistically significant correlation between any psychological characteristics and calcium, lead, strontium content was shown.*

ланс этого эссенциального элемента в организме ребенка за довольно длительный промежуток времени (до полугода) [17, 20].

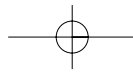
По результатам нашего исследования, у тестируемых городских школьников 12 лет отмечался некоторый элементный дисбаланс: дефицит основного кальция при средних значениях токсичного свинца и стабильного стронция в границах условной нормы. В отдельных случаях отмечалось превышение границ условной нормы для стронция и свинца, более выраженное для последнего (табл. 1).

Физиологическая роль такого макроэлемента, как кальций для функционирования головного мозга достаточно хорошо изучена. Он необходим для регуляции внутриклеточных процессов, проницаемости клеточных мембран, участия в синаптической передаче, генерации потенциала действия и проведения нервных импульсов [9]. С одной стороны, при снижении концентрации кальция проницаемость мембран клеток увеличивается, приводя к повышению возбудимости в центральной и периферической нервных системах [2]. С другой стороны, состояние дефицита кальция может приводить к длительным перестройкам интегративных свойств нервных клеток, что является неблагоприятным фактором для развития и совершенствования познавательных функций детей. Безусловно, в период начала стремительного роста (12-13 лет) появляется повышенная потребность в кальции. Многочисленными исследованиями отмечены периоды повышенной чувствительности организма к действию тяжелых металлов и

элиминации необходимых элементов, когда организм формируется, или в период полового созревания [13]. А в условиях неблагоприятной экологической обстановки увеличивается риск вытеснения основного кальция его антагонистами, к которым относятся свинец и стабильный стронций [18]. Как уже отмечалось, у испытуемых школьников средние уровни стабильного стронция и свинца находились в границах условной нормы, однако в единичных случаях выявлено превышение содержания этих элементов в волосах. В работах с изолированным нейроном виноградной улитки показан механизм действия солей тяжелых металлов на нервную систему в условиях дефицита ионов кальция. Нейроны, имеющие дефицит ионов кальция, практически теряют способность к простейшей форме научения — привыканию [5]. В то же время в литературе встречаются только единичные работы по исследованию обмена стабильного стронция и кальция у человека в натуральных условиях и в эксперименте на животных, касающиеся их влияния на нейроповеденческие реакции [21, 27].

Несмотря на все большую распространенность дефицита эссенциальных элементов у детей очень мало анализируется взаимосвязь недостатка этих элементов с когнитивными функциями и психологическими характеристиками личности в условиях возможного попадания в организм с пищей, водой, воздухом токсичных металлов. В связи с этим для оценки физиологической значимости кальция, свинца и стабильного стронция был выполнен корреляционный анализ психофизиоло-





гических показателей и психологических характеристик с содержанием указанных металлов в волосах школьников, результаты которого приведены в таблице 2.

По тестам, оценивающим простую сенсомоторную реакцию и личностные характеристики, обнаружены разнонаправленные достоверные корреляционные связи с содержанием в организме испытуемых кальция и стронция и на уровне тенденции ( $p=0.09$ ) для свинца. Считают, что дефицит кальция может приводить к эмоциональной нестабильности, раздражимости [25]. Обнаруженная обратная корреляция между "ложными реакциями" и содержанием кальция может свидетельствовать о том, что дети с достаточным уровнем кальция имеют более оптимальный самоконтроль, и при определении у них времени реакции выявляется меньше ошибок, в отличие от детей с выраженным дефицитом кальция.

Результаты теста "Дом-Дерево-Человек" показали, что с содержанием стронция достоверно коррелировали такие психофизиологические показатели, как враждебность и чувство неполноценности (табл. 2). Можно предположить, что более высокие значения стронция в организме детей этой группы на фоне кальций-дефицита, даже в условиях фоновой экспозиции, могут быть сопряжены с менее выраженной враждебностью и с повышенным критичным отношением к своим недостаткам, о чем свидетельствует прямая корреляционная связь между содержанием этого элемента и чувством неполноценности.

С содержанием токсичного свинца обратно коррелировал показатель депрессивности, и на уровне тенденции обнаружена прямая корреляционная связь враждебности с этим поллютантом. При оценке совместного влияния стронция и свинца на психологические и психофизиологические характеристики школьников был учтен тот факт, что единственным показателем, обнаружившим корреляционную связь с обоими металлами, была "враждебность". При увеличении уровня стронция и свинца в организме проявления враждебности у школьников были выше (рис. 1).

Показатели произвольного внимания тестируемых детей не выявили достоверных кор-

реляционных связей с содержанием в их организме исследуемых элементов. Однако при анализе трехмерного графика обнаружено, что продуктивность внимания школьников была тем ниже, чем выше в организме среднее содержание стабильного стронция при дефиците кальция (рис. 2).

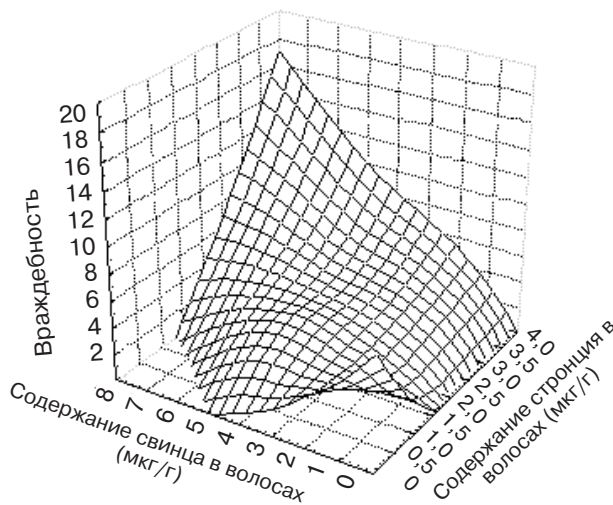
Свинец, как приоритетный загрязнитель окружающей среды, привлекает внимание многих исследователей во всем мире [24, 28]. Необходимо учитывать, что сочетанное воздействие на центральную нервную систему малых доз не только солей свинца, но и других микроэлементов, на фоне дефицита эссенциальных, еще мало изучено и требует уточнения механизма их возможного нейротоксического влияния. Полученные нами данные свидетельствуют о перспективности исследования влияния на организм человека природных загрязнителей в условиях фоновой экспозиции.

#### Выводы

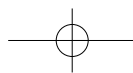
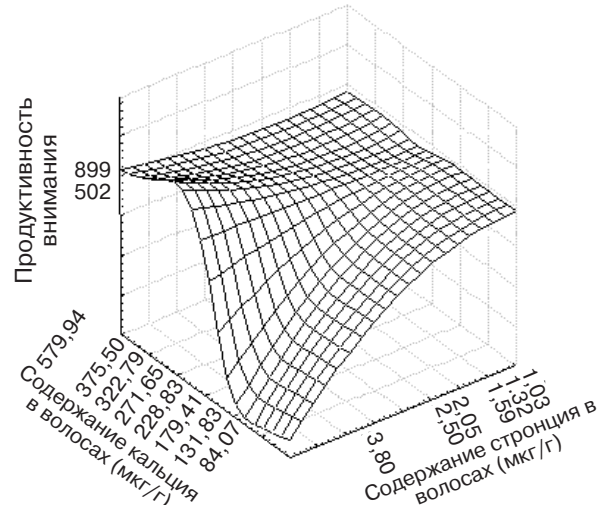
1. Обнаружен дефицит кальция в волосах 12-тилетних школьников. Содержание стронция и свинца в целом соответствовало условной норме, в отдельных случаях превышая ее.

2. Результаты психологического тестирования, позволяющие оценить темперамент, особенности внимания и качества личности, обнаружили достоверные или приближаю-

**Рисунок 1**  
**Взаимосвязь уровня враждебности и содержания стронция и свинца в волосах школьников**



**Рисунок 2**  
**Взаимосвязь произвольного внимания с содержанием стронция и кальция в волосах школьников**



щиеся к достоверным корреляционные связи преимущественно со стороны психологических характеристик личности со стронцием и свинцом. Среди психологических характеристик реагировали на содержание стронция и свинца такие свойства, как "враждебность", "депрессивность" (свинец), "чувство неполноценности" (стронций).

3. По результатам теста, определяющего время простой сенсомоторной реакции, выявлена обратная достоверная связь для "ложных реакций" с содержанием кальция ( $r = -0.38$ ,  $p < 0.05$ ).

4. Плотность корреляционных связей колебалась от слабой до средней ( $0.31 < r < 0.43$ ), но была статистически достоверной, что может свидетельствовать о физиологической значимости изучаемых металлов для когнитивных функций и поведенческих реакций детей этого возраста.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альманах психологических тестов. — М.: КСП, 1996. — 400 с.

2. Бабиченко И.И. Морфофункциональные характеристики состояния мозга млекопитающих в условиях повышения кальциевого обмена // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. — 1987. — № 8. — С. 231-233.

3. Великанова Л.П. Клинико-эпидемиологический мониторинг состояния нервно-психического здоровья детей и подростков // Педиатрия. — 2004. — № 1. — С. 67-70.

4. Гигиенические критерии состояния окружающей среды, биомаркеры и оценка риска: концепции и принципы // Совместное издание Программы ООН по окружающей среде, Международной организации труда и Всемирной организации здравоохранения. — Женева, 1996. — 96 с.

5. Греченко Т.Н., Хлудова Л.К. Влияние функционального состояния нейронов на обучение // Психологический журнал. — 1991. — Т. 12, № 5. — С. 134-137.

6. Добровольский Л.А., Белашова И.Г., Радванская Е.Л. Современные представления о влиянии низких уровней тяжелых металлов на иммунную и другие системы // Довкілля

та здоров'я. — 2005. — № 2. — С. 73-78.

7. Ильин Е.П. Дифференциальная психофизиология. — СПб.: Питер, 2001. — 464 с.

8. Касьяненко О.А., Касьяненко Г.Я. Забруднення довкілля важкими металами і стан здоров'я дитячого населення // Довкілля та здоров'я. — 2005. — № 1. — С. 23-27.

9. Костюк П.Г. Кальций и клеточная возбудимость. — М.: Наука, 1986. — 255 с.

10. Куанова Л.Б. Функциональное поражение ЦНС у детей при действии свинца и хлорорганических пестицидов // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова. — 2002. — № 3. — С. 141-143.

11. Кулешова Л. Н. Внимание. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии. — СПб.: Питер, 2000. — С. 126-138.

12. Луковенко В.П., Подрушняк А.Е. Содержание свинца и кадмия в волосах как показатель воздействия их на организм // Гигиена и санитария. — 1991. — № 11. — С. 56-58.

13. Очерки возрастной токсикологии / Под ред. И.М. Трахтенберга. — К.: Авиценна, 2006. — 316 с.

14. Павленко В.Б., Луцук Н.В., Борисова М.В. Связь характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов с индивидуальными особенностями внимания у детей // Нейрофизиология. — 2004. — Т. 36, № 4. — С. 313-321.

15. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнений производственной и окружающей среды // Гигиена и санитария. — 1990. — № 3. — С. 55-59.

16. Рогов Е.И. Настольная книга практического психолога в образовании. — М., 1995. — 528 с.

17. Скальная М.Г., Демидов В.А., Скальный А.В. О пределах физиологического (нормального) содержания Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах // Микроэлементы в медицине. — 2004. — (4) 2.

18. Скальный А.В., Рудков И.А. Биоэлементы в медицине. — М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. — 272 с.

19. Табаку А., Чулай А. Содержание микроэлементов в

волосах дошкольников // Микроэлементы в медицине. — 2001. — № 2. — С. 58-60.

20. Титов В.Н. Методические и диагностические аспекты определения содержания кальция // Клиническая лабораторная диагностика. — 1996. — № 2. — С. 23-26.

21. Усачев Ю.М., Мионов С.Л. Действие ионов стронция и бария на системы связывания и транспорта кальция в нервных клетках // Нейрофизиология. — 1989. — Т. 21, № 6. — С. 820-825.

22. Шилин Д.Е. Молоко как источник кальция в питании современных детей и подростков // Педиатрия. — 2006. — № 2. — С. 68-74.

23. Экология и здоровье детей / Под ред. М.Я. Студеникина, А.А. Ефимовой. — М.: Медицина, 1998. — 384 с.

24. Dyer Frank J. Clinical presentation of the lead—noisoned child on mental ability tests // J. Clin. Psychol. — 1993. — Vol. 49, № 1. — P. 94-101.

25. Eck P., Wilson L. Tissue minerals and associated emotional states, 1987.

26. International Programme on Chemical Safety (IPCS) "Environmental Health Criteria 165 inorganic Lead". — Geneva: WHO, 1995.

27. Rasgado-Flores H., Sanchez-Armass S., Blaustein M. at all. Strontium, barium and manganese metabolism in isolated nerve terminals // Amer. J. Physiol. — 1987. — V. 21, № 5. — P. 604-611.

28. Sursel D., Coldea V., Mocan A. at all. Effects of the lead and arsenic on the nervous system in occupation exposure // Neurobehavioral methods and effects in occupation and environmental health. — Extended abstracts from 8-th international symposium. — Brescia, Italy, 2002.