

УДК 612.172.2+612.176:796.015.574

© Е.В. Перекотий, И.А. Евстафьева, Е.В. Евстафьева, 2013.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ОРГАНИЗМЕ И ЕЁ ЗНАЧИМОСТЬ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ С РАЗНЫМ ОБЪЕМОМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Е.В. Перекотий<sup>1</sup>, И.А. Евстафьева, Е.В. Евстафьева<sup>1</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь;<sup>2</sup>Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь.

### A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COPPER CONTENT IN ORGANISM AND ITS SIGNIFICANCE FOR THE FUNCTIONAL STATE OF CARDIOVASCULAR SYSTEM OF CHILDREN WITH DIFFERENT VOLUME OF PHYSICAL ACTIVITY

O.V. Perekotii, I.A. Evstafyeva, H.N. Evstafyeva

## SUMMARY

In order to estimate the content of copper in organism and its significance for functions of cardiovascular system in Crimean region the reography examination of cardiovascular system of 15 schoolboys swimmers 12-14 aged, who live in city Simferopol, and 39 ordinary schoolboys carried out. Deficiency of copper is revealed in 33% swimmers and 76% ordinary schoolchildren with tendency to lower content of copper in last group, but statistically significant difference did not reveal. Deficiency of Cu in accordance other data is actual in Crimean region. This difference can be determined by more extensive excretion of Cu in result activation of metabolism at physical exercises.

### ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ МІДІ В ОРГАНІЗМІ ТА ЇЇ ЗНАЧУЩОСТІ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ДІТЕЙ З РІЗНИМ ОБ'ЄМОМ РУХОВОЇ АКТИВНОСТІ

О.В. Перекотий, І.А. Євстаф'єва, О.М. Євстаф'єва

## РЕЗЮМЕ

Виконане реографічне обстеження серцево-судинної системи 15 хлопчиків 12-14 років, що мешкають в м. Симферополі та займаються плаванням в спортивній секції, та 39 звичайних школярів такого ж віку, що займаються фізкультурою за учбовою програмою середньої школи. Мідь-дефіцитний стан виявлено у 33% плавунів і 76% звичайних школярів з тенденцією до меншого вмісту міді у останніх, але достовірних відмінностей не встановлено. Кореляційний аналіз показав певну залежність функціонального стану серцево-судинної системи дітей-спортсменів від концентрації даного елемента, що свідчить про зростання значущості цього елемента в умовах систематичних фізичних навантажень.

**Ключевые слова:** медь, сердечно-сосудистая система, дети, спорт.

Интерес к изучению биологической роли химических элементов в последние десятилетия активизировался в связи с изменением элементного статуса организма человека вследствие химического загрязнения окружающей среды. При этом пристальное внимание привлекают не только элементы, идентифицированные как токсичные, но и эссенциальные, участие которых в реализации физиологических процессов известно как исключительно важное, а изменение количества приводит к серьезным нарушениям функций (микроэлементозам) и заболеваниям [2].

К числу таких элементов относится медь, значение которой важно для нормального осуществления кроветворения, функционирования щитовидной железы, проведения нервного импульса, процессов энергообмена [11], а также для сердечно-сосудистой системы [2;5].

95% этого элемента поступает в организм человека с пищей, причем его количество может сильно

варьировать, и довольно часто встречаются условия, при которых может иметь место как её недостаточное, так и избыточное поступление в организм человека, что в значительной степени обусловлено региональными особенностями места проживания. Меди много в морских продуктах, бобовых, капусте, картофеле, моркови, яблоках, шпинате. Избыток меди может возникать при потреблении кислых продуктов, хранящихся в металлической таре, а также при гемодиализе и использовании противозачаточных средств, она присутствует в пестицидах, в некоторых видах протезов. Негативные последствия избытка меди могут усиливаться дефицитом цинка, который довольно часто встречается, в том числе и среди детей крымского региона [3], и иногда развивается вследствие конкурентных отношений этих элементов [11]. Дефицит меди ухудшает функционирование сердечно-сосудистой системы, увеличивает риск ишемической болезни сердца, способствует биодеградации эластических волокон артерий.

Учитывая выше изложенное представляет интерес определение региональных особенностей содержания этого элемента в развивающемся организме и его значимости для функционирования сердечно-сосудистой системы. Дополнительные возможности для этого создает обследование групп, отличающихся объемом физической активности, которая может существенным образом влиять на метаболизм химических элементов и их выведение из организма.

С этой целью было выполнено обследование 15 мальчиков 12-14-ти лет, проживающих в г.Симферополе и занимающихся плаванием в спортивной секции, и 39 обычных школьников, занимающихся физической культурой по учебной программе средней школы.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения содержания меди использовали рентген-флуоресцентную спектрофотометрию. Определение проводили в лаборатории промышленной токсикологии и гигиены труда при использовании химических веществ Института медицины труда НАМН Украины (г.Киев). Содержание меди определяли в волосах, элементный состав которых отражает поступление в организм химических элементов в течение длительного времени. Пробы для анализа получали состриганием волос ножницами у корней с затылочной части головы в 3-5 местах в количестве 1 г, что соответствует поступлению определяемых элементов в течение полугодового периода.

Для регистрации показателей центральной кардиогемодинамики использовали реографический комплекс «Cardio». Систолическое (САД, мм.рт.ст.) и диастолическое артериальное давление (ДАД, мм.рт.ст.), измеряли методом Короткова до регистрации реограммы, с последующим расчетом сред-

него артериального давления (СДД, мм рт.ст.) Регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м), ударный индекс УИ (мл/м<sup>2</sup>); работу сердца (РБС, кг\*м); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин с/см<sup>-5</sup>) в состоянии покоя, после физической нагрузки на велоэргометре из расчета 1 Вт на кг веса для детей-спортсменов и пробы Руфье (30 приседаний за 45 секунд) для обычных школьников, и пятиминутного восстановительного периода.

Статистическую обработку результатов производили в зависимости от установленного по Холмгорову-Смирнову и Лиллифорс характера распределения: при нормальном распределении содержание элементов оценивали посредством среднего арифметического и стандартной ошибки ( $\bar{X}+Sx$ ); в противном случае использовали медиану (Me), 25-й и 75-й перцентили. Значимость меди для функционирования ССС определяли по результатам корреляционного анализа по Спирмену, а также по методу, рекомендованному для обобщенной оценки физиологической роли химического элемента по данным корреляционного анализа [1].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характер распределения содержания меди в сравниваемых группах школьников различался: в соответствии с обоими используемыми критериями был нормальным у детей-пловцов и отличался от нормального у обычных школьников (Рис.1). Следует отметить, что характер распределения элемента, в особенности, если элемент является эссенциальным, биоэлементом, как медь, может давать определенную информацию об однородности группы в отношении поступления его в организм.

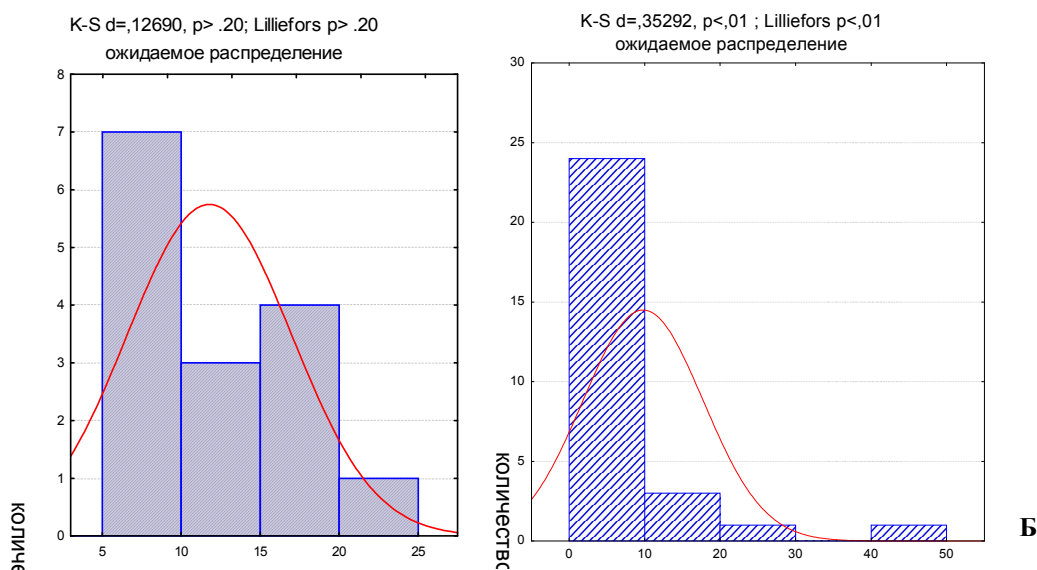
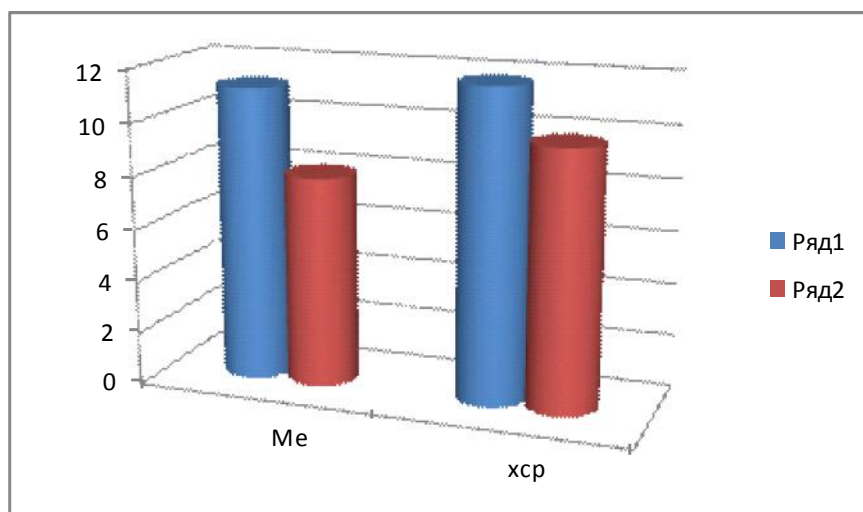


Рис 1. Распределение содержания меди (в мкг/г) в волосах детей-спортсменов (А) и обычных школьников (Б).

Данные о распределении, таким образом, позволяют предполагать, что группа детей-пловцов в отношении путей поступления меди и ее количества была более однородной, чем группа обычных школьников. Учитывая также то обстоятельство, что у пловцов может встречаться хроническая интоксикация медью и ее солями в связи с окрашиванием воды медным купоросом [5], становится понятной такая разница в распределении меди в данных группах.

В то же время абсолютные значения содержания меди: как средние, так и медианы, - в волосах детей, занимающихся и не занимающихся спортом, достоверно не различались, однако имела место тенденция к более высокому содержанию этого элемента в волосах мальчиков-пловцов (рис.2), при которой вероятность составляла для различий медиан - 82%, а для различий средних - 90%, что также согласуется с приведенными выше данными.



**Рис.2. Содержание меди (мкг/г), выраженное медианой (Me) и средним арифметическим (Xcp.), у мальчиков 12-14 лет: пловцов (1) и обычных школьников (2).**

Однако при этом в обеих группах наблюдалась тенденция к недостаточному содержанию этого элемента, более выраженная у обычных школьников, где число детей с дефицитом меди составило 76% против 33% среди пловцов. При этом степень дефицита у пловцов и обычных школьников существенно не различалась и колебалась от 1 и 8,6% соответственно до 42% в обеих группах. Следует отметить, что дефицит меди - довольно часто встречаемое явление, в том числе и вследствие загрязнения организма токсичными металлами, такими как свинец и кадмий [4;6,7]

Корреляционный анализ содержания меди в волосах тестированных детей и географических показателей состояния ССС позволил выявить некоторую зависимость последних от концентрации данного элемента, более выраженную, если судить по числу корреляционных связей, у детей спортсменов (табл.1). При этом у обычных школьников выявлена только 1 связь на уровне тенденции с показателем РБТ в состоянии физического покоя ( $r=0,30$ ;  $p=0,10$ ).

В экспериментальных условиях показано, что РТD-Cu/Zn SOD фермент уменьшает или предупреждает повреждение кардиомиоцитов в культуре ткани [10]. Также показано, что концентрация кардиального тропонина коррелирует с содержанием меди в сыворотке [8], что может расцениваться как

свидетельство участия этого элемента в обеспечении сократительной способности миокарда. Кроме этого последние данные свидетельствуют о его значимости в процессах восстановления структуры сосуда после его повреждения [9].

Характер установленных связей интерпретировать однозначно сложно, однако он свидетельствовал о том, что чем выше содержание меди в выявленных диапазонах, тем больше величины показателей работы сердца и меньше величины давления и ОПСС, что принципиально согласуется с описанными выше литературными данными и более ранними сведениями об изменениях структуры артерий, биодеградации эластических волокон, кардиомиопатиях при дефиците меди и в целом ее ролью в этиопатогенезе атеросклероза [2].

Балльная оценка значимости элемента с учетом не только числа связей, но и их силы и достоверной вероятности [1] показала, что суммарный медь-индуцированный эффект в отношении ССС у детей-пловцов составляет 20 условных единиц (усл.ед), в то время как у обычных школьников - 2 усл.ед. Характерно, что все эти зависимости выявлялись либо при физической нагрузке, либо после нее - в восстановительном периоде, но не в состоянии физического покоя, что, по-видимому, свидетельствует о компенсированном характере изменений, которые

могут развиваться в результате влияния этого элемента на функционирование ССС.

Таблица 1

**Корреляционный анализ гемодинамических показателей с содержанием меди в волосах детей 12-14 лет, занимающихся спортом**

Показатели	Cu		
	покой	нагрузка	восстановление
УО	–	–	0,61*
УИ	–	0,55*	–
ОПСС	–	–	-0,59*
САД	–	-0,62*	–
ДАД	–	-0,64*	–

Примечание: \* -  $p < 0,05$ .

На первый взгляд представляется неожиданной более высокая значимость этого элемента для ССС детей, где ее содержание в волосах в большей степени соответствовало норме. Однако, следует помнить о том, что хотя волосы являются хорошим индикатором долговременного поступления меди в организм, у индивидуумов [5] систематически занимающихся спортом, возрастает выведение химических элементов из организма, в том числе посредством поступления в такую биологически стабильную ткань как волос, а следовательно, может возрастать и значимость этого элемента.

В заключение следует отметить, что полученные в настоящем исследовании результаты свидетельствуют о том, что у городских детей 12-14 лет, проживающих в городской среде достаточно распространенным является медь-дефицитное состояние, что в условиях систематических физических нагрузок увеличивает значимость этого элемента для функционирования сердечно-сосудистой системы.

#### ВЫВОДЫ

1. Содержание меди в волосах, являющихся индикатором содержания этого элемента в организме, показало наличие дефицита у 76% обычных школьников 12-14 лет и 33% среди мальчиков такого же возраста, занимающихся спортом. Степень дефицита была выражена в равной степени, достоверность различий колебалась на уровне вероятности 80-90%.

2. Корреляционный анализ содержания меди в волосах и реографических показателей тестированных детей и суммарная балльная оценка по его результатам значимости меди для функционального состояния сердечно-сосудистой системы показал определенную зависимость последних от концентрации данного элемента, существенно более выраженную у детей спортсменов.

3. У городских детей 12-14 лет, проживающих в городской среде, достаточно распространенным является медь-дефицитное состояние, что в услови-

ях систематических физических нагрузок существенно увеличивает значимость этого элемента для функционирования сердечно-сосудистой системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель № 64809. Україна. МПК А61В5/103, А61В5/00 Спосіб оцінки впливу елементного дисбалансу на функціональні розлади нервової системи / Євстаф'єва О. В., Залата О.О., Євстаф'єва І.А., Щоголева М. Г. – Заявл.15.03.2011; опубл. 25.11.2011 р., Бюл. 22.

2. Авцын А.П. Микроэлементозы человека / Авцын А.П., А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова // – М.: Медицина, 1991. – 496 с.

3. Овсянникова Н.М. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой и иммунной систем у подростков в связи с содержанием меди и цинка в организме / Овсянникова Н.М., Репинская Е.В., Евстафьева И.А., Гружевский В.А., Московчук О.Б., Слюсаренко А.Е. // Ученые записки ТНУ. – 2003. – Т. 18(57). – №3. – С.93-99.

4. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / Скальный А.В., Рудаков И.А. – М.: Мир, 2004. – 254с.

5. Скальный А.В. Питание в спорте: макро- и микроэлементы / Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н. – М.: Городец, 2005 – 144 с.

6. Скальный А.В.. Зависимость элементного состава волос человека от пола и возраста / Скальный А.В., Скальная М.Г., Демидов В.А. // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И.Мечникова. – 2001. – №4(2) . – С.72-76.

7. Стародумов В.Л. Дефицит нутриентов как возможное условие развития интоксикации, вызванной воздействием малых доз свинца / Стародумов В.Л. // Гигиена и санитария. – 2003. – № 3. – С. 60-62.

8. Ataollahi F. Evaluation of copper concentration in subclinical cases of white muscle disease and its relationship with cardiac troponin I. / Ataollahi F, Mohri M, Seifi HA, Pingguan-Murphy B, Wan Abas WA, Osman NA. // PLoS One, 2013; - 8(2): e56163.

9. Kohno T. Novel role of copper transport protein antioxidant-1 in neointimal formation after vascular injury / Kohno T, Urao N, Ashino T, Sudhahar V, McKinney RD, Hamakubo T, Iwanari H, Ushio-Fukai M, Fukai T. // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* - 2013; - 33(4) - 805-13.
10. Liu J. Recombinant PTD-Cu/Zn SOD attenuates hypoxia-reoxygenation injury in cardiomyocytes / Liu J, Hou J, Xia ZY, Zeng W, Wang X, Li R, Ke C, Xu J, Lei S, Xia Z. // *Free Radic Res.* - 2013. - 47(5): - 386-93.
11. Speich M. Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity / Speich M, Pineau A, Ballereau F. // *Clin Chim Acta.* - 2001 - Oct;312(1-2):1-11.