

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ У ДЕТЕЙ СО СПАСТИЧЕСКОЙ И АТАКСИЧЕСКОЙ ФОРМАМИ ДЕТСКОГО ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ПАРАЛИЧА

А.А. Тиньков\*, А.П. Кузьмичева

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,  
Ярославль, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Целью настоящего исследования явилось изучение содержания эссенциальных химических элементов в волосах детей с различными формами детского церебрального паралича (ДЦП). Определение содержания эссенциальных химических элементов в волосах детей со спастической и атаксической формами ДЦП осуществлялось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Установлено, что содержание кобальта, меди, марганца и селена в волосах пациентов ниже соответствующих контрольных значений на 33, 9, 19 и 18%. При этом наиболее выраженные отличия от контроля выявлены в группе пациентов со спастической диплегией, при которой уровень кобальта, меди, марганца, селена, а также ванадия был ниже контрольных значений на 33, 9, 20, 18 и 43% соответственно. Наблюдалась выраженная тенденция к снижению уровня железа и магния в волосах. У пациентов с атаксическим церебральным параличом уровень кобальта, меди и селена оказался ниже контрольных показателей на 33, 5 и 21% соответственно, тогда как содержание хрома неожиданно превышало соответствующие значения у здоровых детей на 63%. В регрессионной модели лишь уровень меди ( $\beta = -0,337; p < 0,001$ ) и хрома ( $\beta = 0,214; p < 0,023$ ) характеризовался достоверной ассоциацией с наличием ДЦП у детей. Выявленные различия могут быть обусловлены участием металлов в механизмах патогенеза, характерных для различных форм ДЦП.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** детский церебральный паралич, медь, селен, магний.

### ВВЕДЕНИЕ

Эссенциальные химические элементы играют важную роль в физиологии нервной системы (Quang, Kim, 2010). Однако в случае избытка или нарушения процессов транспорта с повышением пула свободных металлов последние способны оказывать нейротоксическое действие (Dusek et al., 2015). В связи с этим и дефицит, и избыток эссенциальных химических элементов связаны с развитием неврологической дисфункции и широким спектром нервно-психических заболеваний (Skalnaya, Skalny, 2018).

Ранее проведенные исследования показали, что пациенты с детским церебральным параличом (ДЦП) характеризуются нарушениями питания (Kuperminc, Stevenson, 2008), в том числе

недостаточным поступлением в организм микро-нутриентов (Hillesund et al., 2007). В частности, у пациентов с ДЦП отмечен высокий риск развития дефицита меди, цинка, селена, железа (Hillesund et al., 2007; Kalra et al., 2015; Bebars et al., 2019). Помимо этого, обеспеченность организма эссенциальными химическими элементами связана с функциональными показателями у пациентов с ДЦП и неврологической дисфункцией (Schoendorfer et al., 2010). На этом основании нутрицевтическая коррекция рассматривается в качестве важного инструмента ведения пациентов с ДЦП (Burdo-Hartman, Noritz, 2018). Несмотря на относительную многочисленность работ, посвященных изучению микронутриентного статуса пациентов с ДЦП, данные о возможной

\* Адрес для переписки:

Тиньков Алексей Алексеевич  
E-mail: tinkov.a.a@gmail.com

взаимосвязи таких нарушений с клиническими формами заболевания практически отсутствуют.

Цель исследования – изучение содержания эссенциальных химических элементов в волосах детей со спастической и атаксической формами ДЦП.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами, установленными в Хельсинской декларации (1964), и ее последующими поправками (2013). Протокол исследования одобрен этическим комитетом (Ярославский государственный университет, г. Ярославль, Россия). Настоящее исследование выполнено на базе Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова (г. Ярославль) и АНО «Центр биотической медицины» (Москва).

В исследовании принял участие 61 ребенок с детским церебральным параличом в возрасте от 2 до 9 лет (средний возраст –  $4,7 \pm 3,35$  лет), из которых у 32 была диагностирована спастическая форма ДЦП (МКБ-10: G80.1 – Спастическая диплегия), у 29 – атаксическая форма ДЦП (МКБ-10: G80.4 – Атаксический церебральный паралич). В контрольную группу вошли 48 здоровых сверстников соответствующего пола (средний возраст  $4,9 \pm 3,43$  лет). Соотношение обследуемых мужского и женского пола в контрольной группе и группе пациентов составило 35%:65% и 58%:42% соответственно.

Полученные образцы волос подвергались предварительной пробоподготовке, включающей в себя отмывание ацетоном и дистиллированной деионизированной водой, высушивание на воздухе до стабильной массы с последующим разложением в присутствии концентрированной азотной кислоты в системе Bergh of Speedwave 4 (Bergh of Products&Instruments, Германия).

Содержание кальция ( $^{42}\text{Ca}$ ), кобальта ( $^{59}\text{Co}$ ), хрома ( $^{54}\text{Cr}$ ), меди ( $^{65}\text{Cu}$ ), железа ( $^{57}\text{Fe}$ ), магния ( $^{25}\text{Mg}$ ), марганца ( $^{55}\text{Mn}$ ), селена ( $^{78}\text{Se}$ ), кремния ( $^{30}\text{Si}$ ), ванадия ( $^{51}\text{V}$ ) и цинка ( $^{67}\text{Zn}$ ) в волосах определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре NexION 300D (Perkin Elmer, США), оснащенном автоматическим дозатором ESISC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., NE, США). Для калибровки системы использовали растворы мультиэлементных стандартов, изготовленные путем разведения на основе Data Acquisition Standards Kit (Perkin Elmer

Inc., СТ, США). Контроль качества проводили посредством анализа сертифицированных референтных образцов GBW09101 (Shanghai Institute of Nuclear Research, КНР).

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием программного пакета Statistica 10 (Statsoft, США). Вследствие гетерогенности данных и отсутствия нормального распределения, в качестве описательных статистик были использованы медиана и соответствующие границы межквартильного интервала. Достоверность погрупповых отличий оценивали с использованием непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни. Взаимосвязь между наличием ДЦП и уровнем химических элементов в волосах определяли с использованием множественного линейного регрессионного анализа. Уровень достоверности установлен при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты обследования пациентов с ДЦП продемонстрировали значительные антропометрические различия между обследуемыми. В частности, дети с ДЦП характеризовались достоверно ( $p < 0,001$ ) меньшими показателями роста ( $105,0 \pm 19,0$  см) и массы тела ( $17,2 \pm 9,5$  кг) – на 24 и 7% по сравнению с соответствующими показателями у контрольных обследуемых (рост =  $111,4 \pm 31,1$  см; масса тела =  $22,7 \pm 14,9$  кг). В то же время форма заболевания была тесно связана с антропометрическими показателями пациентов. Так, пациенты со спастическим ДЦП характеризовались достоверно меньшими показателями роста ( $103,2 \pm 18,6$  см) и массы тела ( $16,0 \pm 8,6$  кг) не только по сравнению с контролем, но и с обследуемыми с атаксическим ДЦП (рост =  $109,1 \pm 19,5$  см; масса тела =  $20,1 \pm 11,1$  кг).

Анализ волос методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой продемонстрировал достоверное снижение ряда эссенциальных микроэлементов при ДЦП (таблица). Так, содержание кобальта, меди, марганца и селена в волосах пациентов было ниже соответствующих контрольных значений на 33% ( $p < 0,001$ ), 9% ( $p < 0,001$ ), 19% ( $p = 0,022$ ) и 18% ( $p = 0,012$ ). Стоит отметить выраженную тенденцию к снижению уровня ванадия (–30%), находящуюся на границе статистической значимости ( $p = 0,054$ ).

Дальнейший анализ позволил установить, что различия в содержании химических элементов в волосах характеризуются существенной за-

висимостью от формы заболевания. При этом наиболее выраженные отличия от контроля были выявлены в группе пациентов со спастической диплегией. В частности, уровень кобальта, меди, марганца, селена, а также ванадия оказался ниже контрольных значений на 33% ( $p < 0,001$ ), 9% ( $p = 0,001$ ), 20% ( $p = 0,012$ ), 18% ( $p = 0,027$ ) и 43% ( $p = 0,008$ ) соответственно. Обращает на себя внимание приближающееся к достоверному 20%-ное ( $p = 0,081$ ) и 21%-ное ( $p = 0,088$ ) снижение уровня железа и магния в волосах пациентов с ДЦП по сравнению с контролем.

Напротив, содержание химических элементов у пациентов с атаксическим церебральным параличом характеризовалось большей стабильностью. При этом уровень кобальта, меди и се-

лена был ниже контрольных показателей на 33% ( $p = 0,002$ ), 5% ( $p = 0,016$ ) и 21% ( $p = 0,030$ ), тогда как содержание хрома неожиданно превышало соответствующие значения у здоровых детей на 63% ( $p = 0,019$ ).

Вместе с тем достоверные различия в содержании химических элементов в волосах пациентов с различными формами ДЦП отмечались лишь в случае хрома (+74%;  $p = 0,012$ ) и ванадия (+38%;  $p = 0,021$ ), уровни которых соответственно являлись достоверно более высокими в группах атаксического детского паралича. При этом уровень лития у пациентов с атаксической формой был на 42% выше такового у детей со спастической диплегией, приближаясь к уровню статистической значимости ( $p = 0,077$ ).

*Таблица. Содержание эссенциальных химических элементов (мкг/г) у детей со спастической и атаксической формами детского церебрального паралича*

Элемент	Контроль	ДЦП (все)	Спастическая диплегия	Атаксический паралич
Ca	288 (216,9–513,1)	293,5 (211,8–424,4)	292,4 (216,3–417,1)	314,2 (202,5–537,1)
Co	0,012 (0,008–0,019)	0,008 (0,005–0,013)*	0,008 (0,005–0,014)*	0,008 (0,006–0,012)*
Cr	0,164 (0,094–0,237)	0,19 (0,089–0,339)	0,154 (0,088–0,258)	0,268 (0,125–0,469)**
Cu	10,5 (9,4–15,5)	9,6 (8,6–11,1)*	9,6 (8,6–11)*	10 (8,6–11,8)*
Fe	15,5 (10,6–21,4)	12,6 (10,4–19,4)	12,4 (10–18,5)	16 (11,5–19,6)
Li	0,024 (0,015–0,035)	0,023 (0,012–0,039)	0,019 (0,011–0,033)	0,027 (0,018–0,05)
Mg	27,2 (17,1–51,8)	21,8 (16,8–38,2)	21,4 (16,8–36)	24,2 (17–41,9)
Mn	0,286 (0,21–0,603)	0,232 (0,156–0,392)*	0,228 (0,156–0,354)*	0,246 (0,166–0,576)
Se	0,433 (0,348–0,472)	0,354 (0,238–0,463)*	0,367 (0,238–0,46)*	0,343 (0,232–0,463)*
Si	17,6 (13,3–22,8)	20,1 (12,7–26,2)	18,9 (12,4–25,7)	21,8 (13,7–27,2)
V	0,037 (0,019–0,056)	0,026 (0,012–0,043)	0,021 (0,012–0,037)*	0,029 (0,017–0,089)#
Zn	118,1 (78,6–154)	122,1 (78,1–194,3)	118,9 (78,3–196,8)	124,3 (73,4–181,5)

Примечание: данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного размаха; \* и # – достоверность отличий относительно контрольной группы и группы пациентов со спастическим ДЦП соответственно.

Проведенный анализ взаимосвязи между содержанием эссенциальных химических элементов в волосах и наличием ДЦП показал, что только уровни меди ( $\beta = -0,337$ ;  $p < 0,001$ ) и хрома ( $\beta = 0,214$ ;  $p < 0,023$ ) характеризовались достоверной ассоциацией с наличием ДЦП у детей. В то же время общая модель, включающая в себя данные о содержании всех изученных эс-

сенциальных элементов, обладала достоверной предиктивной значимостью ( $p = 0,003$ ), хотя и обуславливала 12% вариативности зависимого параметра.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволили установить зависимость характера

нарушений обмена эссенциальных элементов у детей с ДЦП от формы заболевания. Снижение уровня кобальта, селена и особенно меди являлось общим нарушением для обеих форм ДЦП. При этом наиболее выраженные нарушения, проявляющиеся снижением уровней железа, магния, марганца, ванадия, наблюдались в группе детей со спастической диплегией.

Выявленные закономерности в общей группе детей с ДЦП согласуются с результатами ранее проведенных исследований, свидетельствующих о наличии дефицита микронутриентов у детей с ДЦП. В частности, отмечалось недостаточное поступление с пищей железа, кальция, цинка, селена (Hillesund et al., 2007; Bebars et al., 2019). Несмотря на показанное в этих и ряде других работ (Жуковская и др., 1992) снижение уровня цинка (как и в настоящем исследовании) Kalra et al. выявили значительное снижение содержания меди, магния и железа у детей с ДЦП, тогда как уровень цинка оставался стабильным (Kalra et al., 2015). Вероятной причиной данных расхождений является использование различных маркеров обмена цинка. Ранее мы отмечали снижение уровня эссенциальных элементов (селена, ванадия, железа, магния) у детей с ДЦП в возрасте 0–4 лет (Tinkov et al., 2020). Несмотря на ранее отмеченные дефициты микронутриентов у детей с ДЦП, взаимосвязь между выявленными нарушениями и формами ДЦП практически не изучена.

Вместе с тем в отдельных исследованиях рассматривалась взаимосвязь между нарушениями обмена макро- и микроэлементов и наличием спастичности как одного из проявлений неврологических нарушений. Показано, что дефицит меди связан с нарушением функционирования моторных нейронов и спастической атаксией (Weihl, Lopate, 2006), причем дополнительное введение меди реверсировало данные нарушения (Jung, Marziniak, 2008). Аналогично генетический анализ пациентов с выраженной спастичностью, атаксией и гиперрефлексией выявил нарушения белков, участвующих в транспорте меди (Bach et al., 2010).

Ранее проведенные исследования продемонстрировали достоверное снижение уровня селена в волосах у детей с ДЦП на фоне повышения их сывороточного уровня (Тиньков и др., 2019). В то же время отмечается, что дефицит селена у детей с ДЦП характеризуется высокой резистентностью к нутрицевтической коррекции (Be-

bars et al., 2019). Экспериментальные исследования показали, что дефицит селенопротеина Р характеризуется сходной с ДЦП картиной, а также развитием спазмов и атаксии (Raman et al., 2012).

Интересно, что низкое содержание кобальта в волосах характерно для детей с обеими исследуемыми формами ДЦП. Данная взаимосвязь может быть обусловлена биологическим эффектом как органической, так и неорганической форм кобальта. У детей с неврологической дисфункцией, в том числе и ДЦП, было выявлено снижение уровня витамина В<sub>12</sub> (Azad et al., 2020). При этом и физиологические уровни неорганического кобальта могут быть связаны с меньшим риском развития ДЦП вследствие способности иона Co<sup>2+</sup> повышать ишемическую устойчивость тканей (Jones et al., 2013).

Интересно, что пациенты со спастической диплегией, но не атаксическим параличом, характеризовались снижением уровня марганца в волосах. Данные наблюдения не согласуются с выявленным превышением уровня марганца в волосах у детей с ДЦП в Корее (Kim et al., 1999), однако подтверждаются нашими предшествующими работами (Tinkov et al., 2020) и свидетельствами недостаточного поступления марганца с пищей у детей с ДЦП (Schoendorfer et al., 2011). Несмотря на то, что нейротоксичность марганца отчетливо продемонстрирована, данный элемент также является эссенциальным для развития мозга. Этот факт подтверждается свидетельствами о прогрессировании задержки нервного развития вплоть до церебральной атрофии при блокировании транспорта марганца в клетку вследствие дефекта транспортера SLC39A8 (Jaeken, Morava, 2016).

У детей со спастической диплегией также имелась выраженная тенденция к снижению уровня железа и магния в волосах. Наряду с отчетливо продемонстрированной нейропротективной ролью применения магния, отмечено достоверное снижение концентрации магния в плазме детей с ДЦП (Omosho et al., 2018). Аналогично дефицит магния во время беременности ассоциирован с неврологическими нарушениями у потомства (Almonte et al., 1999). Следует отметить, что пациенты с ДЦП характеризуются более высоким риском развития железодефицита и ассоциированной анемии, причем у пациентов со спастическим ДЦП дефицит железа также связан с наличием функциональных нарушений (El Shemy et al., 2019).

На сегодняшний день наименее изученным является нарушение обмена хрома и ванадия у пациентов с ДЦП. Учитывая роль данных элементов в регуляции передачи сигнала инсулина (Vincent, 2018), можно заключить, что их дисбаланс, возможно, связан с повышенным риском развития сахарного диабета у пациентов с ДЦП (Peterson et al., 2015).

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования позволили выявить высокий риск развития дефицита эссенциальных химических элементов у детей с ДЦП, в первую очередь со спастическими формами, тогда как атактический паралич характеризуется большей стабильностью химического состава волос. Данное наблюдение может быть обусловлено участием металлов в механизмах патогенеза, характерных для различных форм ДЦП.

С практической точки зрения, выявленные особенности подчеркивают необходимость персонализированной и комплексной оценки обмена химических элементов у детей с ДЦП при решении вопросов о фармаконутрицевтической коррекции.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации 075-015-2019-393 (МК-1348.2019.7).*

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Жуковская Е.Д., Орлова Н.С., Скальный А.В., Каменшиков А.Е., Шварц И.А. Содержание некоторых микроэлементов в волосах и эритроцитах при детском церебральном параличе. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. 1992; 71(7-9): 76–77. (Zhukovskaya E.D., Orlova N.S., Skalny A.V., Kamenshikov A.E., Shvarc I.A. Soderzhanie nekotorykh mikroelementov v volosah i eritrocitah pri detskom cerebral'nom paraliche. *Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*. 1992; 71(7-9):76–77. [In Russian]).
- Тиньков А.А., Айсувакова О.П., Кузьмичева А.П., Скальный А.В. Характеристики обмена селена у детей с детским церебральным параличом. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019; 22(11): 43–48. (Tinkov A.A., Ajsuvakova O.P., Kuzmicheva A.P., Skalny A.V. Characteristics of selenium exchange in children with cerebral palsy. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2019; 22(11): 43–48. [In Russian]).
- Almonte R.A., Heath D.L., Whitehall J., Russell M.J., Patole S., Vink R. Gestational magnesium deficiency is deleterious to fetal outcome. *Neonatology*. 1999; 76(1): 26–32.
- Azad C., Jat K.R., Kaur J., Guglani V., Palta A., Tiwari A., Bansal D. Vitamin B12 status and neurodevelopmental delay in Indian infants: a hospital-based cross-sectional study. *Paediatrics and International Child Health*. 2020; 40(2): 78–84.
- Bach J. P., Kumar N., Depboylu C., Noelker C., Klockgether T., Bacher M., et al. Copper deficiency associated with severe neurological disorder – A genetic work-up of possible mutations in copper transport proteins. *Journal of the neurological sciences*. 2010; 291(1-2): 95–97.
- Bebars G.M., Afifi M.F., Mahrous D.M., Okaily N.E., Mounir S.M., Mohammed, E. A. Assessment of some micronutrients serum levels in children with severe acute malnutrition with and without cerebral palsy-A follow up case control study. *Clinical Nutrition Experimental*. 2019; 23, 34–43.
- Burdo-Hartman W., Noritz G. Nutritional management of the patient with cerebral palsy. In *Cerebral Palsy*. Springer, Cham. 2018: 319–325.
- Dusek P., Roos P. M., Litwin T., Schneider S.A., Flaten T.P., Aaseth, J. The neurotoxicity of iron, copper and manganese in Parkinson's and Wilson's diseases. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2015; 31: 193–203.
- El Shemy S.A., Amer F.E., Madani H.A. Impact of Iron Deficiency Anemia on Functional Abilities and Muscle Strength in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*. 2019; 22(5); 214–219.
- Hillesund E., Skranes J., Trygg K.U., Bøhmer T. Micronutrient status in children with cerebral palsy. *Acta Paediatrica*. 2007; 96(8): 1195–1198.
- Jaeken J., Morava E. Congenital disorders of glycosylation, dolichol and glycosylphosphatidylinositol metabolism. In *Inborn Metabolic Diseases*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2016: 607–622).
- Jones S.M., Novak A.E., Elliott J.P. The role of HIF in cobalt-induced ischemic tolerance. *Neuroscience*. 2013; 252: 420–430.
- Jung A., Marziniak M. Copper deficiency as a treatable cause of myelopathy. *Der Nervenarzt*. 2008; 79(4): 421–425.
- Kalra S., Aggarwal A., Chillar N., Faridi M.M.A. Comparison of micronutrient levels in children with cerebral palsy and neurologically normal controls. *The Indian Journal of Pediatrics*. 2015; 82(2): 140–144.
- Kim H.S., Kim C.Y., Ahn K.H. Manganese Contents in Hair of Children with Cerebral Palsy. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1999; 23(3): 531–537.
- Kuperminc M.N., Stevenson R.D. Growth and nutrition disorders in children with cerebral palsy. *Developmental disabilities research reviews* 2008; 14(2): 137–146.
- Omotosho I.O., Akinade A.O., Lagunju I.A. Calcium and magnesium levels are down regulated in Nigerian children with autism spectrum disorder and cerebral palsy. *Neuroscience and Medicine*. 2018; 9(3): 159–170.
- Peterson M.D., Ryan J.M., Hurvitz E.A., Mahmoudi E. Chronic conditions in adults with cerebral palsy. *Jama*. 2015; 314(21): 2303–2305.
- Quang D.T., Kim J.S. Fluoro- and chromogenic chemodosimeters for heavy metal ion detection in solution and biospecimens. *Chemical reviews*. 2010; 110(10): 6280–6301.
- Raman A.V., Pitts M.W., Seyedali A., Hashimoto A.C., Seale L. A., Bellingier F.P., Berry M.J. Absence of selenoprotein P but not selenocysteine lyase results in severe neurological dysfunction. *Genes, Brain and Behavior*. 2012; 11(5): 601–613.

Schoendorfer N., Boyd R., Davies P.S. Micronutrient adequacy and morbidity: paucity of information in children with cerebral palsy. *Nutrition reviews*. 2010; 68(12): 739–748.

Schoendorfer N., Tinggi U., Sharp N., Boyd R., Vitetta L., Davies P.S. Micronutrient intakes in enterally and orally fed children with severe cerebral palsy. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*. 2011; 6(6): e259–e263.

Skalnaya M.G., Skalny A.V. Essential trace elements in human health: a physician's view. Publishing House of Tomsk State University, Tomsk. 2018: 224.

Tinkov A.A., Ajsuvakova O.P., Skalny A.V. A Case-

Control Study of Essential and Toxic Trace Elements and Minerals in Hair of 0–4-Year-Old Children with Cerebral Palsy. *Biological trace element research*. 2020; 195(2): 399–408.

Vincent J.B. Beneficial effects of chromium (III) and vanadium supplements in diabetes. In *Nutritional and therapeutic Interventions for diabetes and metabolic syndrome*. Academic Press. 2018: 365–374.

Weihl C.C., Lopate G. Motor neuron disease associated with copper deficiency. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*. 2006; 34(6): 789–793.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF HAIR ESSENTIAL ELEMENT CONTENT IN CHILDREN WITH SPASTIC AND ATAXIC CEREBRAL PALSY

*A.A. Tinkov, A.P. Kuzmicheva*

Yaroslavl State University named after P.G. Demidov, Sovetskaya St., 14, Yaroslavl, 150000, Russia

**ABSTRACT.** The objective of the present study is investigation of hair essential element content in children with different clinical forms of cerebral palsy (CP). Assessment of hair element content in children with spastic and ataxic cerebral palsy was performed using inductively-coupled plasma mass-spectrometry. The obtained data demonstrate that hair cobalt, copper, manganese, and selenium levels were 33%, 9%, 19%, and 18% lower than those in the control group. At the same time, more profound differences were observed in patients with spastic diplegia, where the level of cobalt, copper, manganese, selenium, and vanadium was 33%, 9%, 20%, 18%, and 43% lower than in controls. A strong tendency to reduced hair iron and magnesium was also observed. Patients with ataxic cerebral palsy were characterized by 33%, 5%, and 21% lower hair cobalt, copper, and selenium content, whereas chromium levels exceeded the respective control values by 63%. In regression models only hair copper ( $\beta = -0.337$ ;  $p < 0.001$ ) and chromium ( $\beta = 0.214$ ;  $p < 0.023$ ) content were significantly associated with cerebral palsy in children. The observed differences may be associated with the role of metals in pathogenetic mechanisms of different forms of cerebral palsy.

**KEYWORDS:** cerebral palsy; copper; selenium; magnesium.