

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**РОЛЬ ДЕФИЦИТА ЦИНКА И ИЗБЫТОЧНОГО НАКОПЛЕНИЯ  
МЕТАЛЛОВ-ПОЛЛЮТАНТОВ У ДЕТЕЙ С АНОМАЛИЯМИ  
РАЗВИТИЯ ПОЧЕК**

**ROLE OF ZINC DEFICIENCY AND EXCESS ACCUMULATION  
OF POLLUTANT METALS IN CHILDREN WITH KIDNEY  
DEVELOPMENT ANOMALIES**

**И.Е. Иванова<sup>1\*</sup>, А.В. Скальный<sup>2</sup>, В.А. Родионов<sup>3</sup>  
I.E. Ivanova<sup>1\*</sup>, A.V. Skalny<sup>2</sup>, V.A. Rodionov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ГОУ «Институт усовершенствования врачей», Чебоксары

<sup>2</sup> АНО «Центр биотической медицины», Москва

<sup>3</sup> ГУ Научный центр здоровья детей РАМН, Москва

<sup>1</sup> Extension Course Institute for Medical Practitioners, Cheboksary, Russia

<sup>2</sup> ANO «Centre for Biotic Medicine», Moscow, Russia

<sup>3</sup> RAMS Scientific Centre of Children's Health, Moscow, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пороки развития почек, анализ волос, микроэлементы, тяжелые металлы

**KEYWORDS:** kidney development defects, hair analysis, trace elements, heavy metals

**РЕЗЮМЕ:** Обследовано 60 детей, из которых 29 были практически здоровыми и составили группу контроля, а 31 ребенок имел порок развития почек без клинической манифестации. У всех детей был проведен анализ волос методами ИСП-АЭС и ИСП-МС на содержание 24 химических элементов. Установлено, что характерной особенностью детей с пороками развития почек является повышенное содержание в волосах элементов-экотоксикантов из группы тяжелых металлов: кадмия, никеля, свинца, олова и относительно низкое — цинка, из других элементов — повышенный уровень алюминия.

**ABSTRACT:** A comparative analysis of chemical elements in hair of children with kidney development anomalies was made. There were examined 60 children 7–12 years old, born and living in Chuvashia: 29 practically healthy (control), and 31 having kidney development pathologies obstructive uropathies, anomalies of quantity, anomalies of location and relation, anomalies of size, cystic lesions). Profile of 24 chemical elements was determined in hair of all investigated children. It was found that a characteristic peculiarity of children with kidney development defects is an increased hair content of heavy metals: Cd, Ni, Pb, Sn,

relatively low content of Zn, and an increased level of Al. It was concluded that children with various disturbances of kidney development have a deficit of essential trace elements and increased level of the elements-pollutants at the stage of pre-existing disease. This demands a change in common scheme of children prophylactic health examination by including additional investigation and appropriate correction of elemental status.

**ВВЕДЕНИЕ**

Заболееваемость почек и органов мочевой системы у детей неуклонно растет. По данным ведущих детских нефрологов нашей страны (Баранов, 1999; Длин и др., 2005; Игнатова, 2007), заболеваемость нефро- и уропатиями к концу прошлого века составила 42 на 1000 детей от 0 до 14 лет и 75 на 1000 — в подростковом возрасте, причем в регионах, загрязненных солями тяжелых металлов, эти показатели были значительно выше — от 187 до 405 на 1000 детей. В Чувашской Республике распространенность болезней почек у детей за 5 лет увеличилась в 1,5 раза и достигла у подростков 131% (Иванова, Семенова, 2009).

В структуре различных аномалий развития пороки почек и мочевых путей занимают от 10 до 35%. По данным ряда авторов, распространенность

\* Адрес для переписки: Иванова Ирина Евгеньевна; 428000, Чебоксары, Красная площадь, д. 3, Институт усовершенствования врачей; E-mail: ivanova\_57@list.ru

врожденной патологии органов мочевой системы составляет 0,5—7,5 на 1000 новорожденных (Айвазян, Войно-Ясенецкий, 1988; Баранов, 1999; Мазур и др., 2006; Папаян, Стяжкина, 2002).

Наши исследования показали, что распространенность некоторых пороков почек в Чувашии значительно выше, чем в других регионах (агенезия, удвоение, подковообразная почка, обструктивные уропатии), а распространенность некоторых малых аномалий (ротации, расщепление чашечно-лоханочной системы) нами установлена впервые.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы 60 детей в возрасте 7—12 лет (средний возраст  $9,6 \pm 0,3$  года), родившиеся и всю свою жизнь проживающие на территории Чувашии, из которых 29 детей были практически здоровыми и составили группу контроля, а 31 ребенок имел патологию развития почек, относящуюся к одной из следующих категорий: обструктивные уропатии (гидронефрозы, 4 человека), аномалии количества (агенезии, удвоение почек, 11 человек), аномалии расположения (дистопии, 9 человек), аномалии взаимоотношения (подковообразная почка, 4 человека), аномалии размера (гипоплазии, 2 человека), кистозные заболевания (поликистоз, 1 человек). Пороки развития почек у этих детей были выявлены впервые в ходе массового ультразвукового исследования. До этого дети относились к 1—2 группе здоровья, у них отсутствовали какие-либо заболевания почек и хроничес-

кая патология других органов и систем, т.е. порок не имел клинической манифестации. У всех обследованных детей был проведен анализ волос на содержание 24 химических элементов методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ИСП-АЭС, ИСП-МС). Анализ осуществлялся в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва), аккредитованной при Федеральном центре Госсанэпиднадзора при Министерстве здравоохранения РФ, на приборах Optima 2000 DV (Perkin-Elmer, США) и ELAN 9000 (Perkin-Elmer, США) по стандартной методике в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.1482-03, 4.1.1483-03 (Иванов и др., 2003).

Полученные результаты исследований по содержанию химических элементов в волосах и моче сравнивали с референтными значениями (Bertram, 1992) и со средними значениями содержания данных химических элементов в волосах (межквартильный интервал), полученными при проведении популяционных исследований в различных регионах России (Скальный, 2003).

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакетов прикладных программ Microsoft Excel XP и Statistica 6.0.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный сравнительный анализ содержания химических элементов в волосах показал, что изучаемые группы различаются по содержанию

Таблица 1. Содержание химических элементов в волосах здоровых детей и детей с пороками развития почек, мг/кг, Me (q25—q75)

Элемент	Все дети (n = 60)	Здоровые (n = 29)	С пороками (n = 31)
1	2	3	4
Al	11,1 (5,7—15,2)	9,5 (3,1—14,4)	11,5 (7,9—20)*
As	0,094 (0,059—0,124)	0,099 (0,046—0,117)	0,093 (0,06—0,127)
B	2,12 (1,36—2,87)	1,84 (1,09—2,75)	2,23 (1,45—3,19)
Ca	527 (424—743)	564 (435—749)	516 (417—690)
Cd	0,098 (0,06—0,171)	0,084 (0,049—0,113)	0,124 (0,066—0,226)*
Co	0,018 (0,007—0,029)	0,013 (0,005—0,029)	0,022 (0,012—0,032)
Cr	0,795 (0,592—1,082)	0,809 (0,606—1,115)	0,793 (0,584—1,034)
Cu	9,88 (8,58—11,22)	9,44 (8,22—10,69)	10,19 (8,58—11,51)
Fe	25,6 (17—33,1)	24,5 (16,2—32,5)	25,9 (17,5—34,6)
Hg	0,193 (0,12—0,273)	0,207 (0,136—0,27)	0,189 (0,119—0,275)
I	1,09 (0,55—2,65)	1,31 (0,48—3,12)	1,07 (0,59—2,45)

1	2	3	4
K	345 (106–827)	157 (67–697)	425 (129–1140)
Li	0,063 (0,043–0,097)	0,051 (0,04–0,09)	0,065 (0,046–0,098)
Mg	65,6 (43,9–113,2)	75 (45,6–125)	55,4 (39,2–100)
Mn	1,56 (0,92–2,65)	1,57 (0,79–2,66)	1,56 (0,97–2,63)
Na	682 (339–1401)	484 (193–1378)	779 (368–1423)
Ni	0,458 (0,278–0,694)	0,407 (0,254–0,62)	0,524 (0,319–1,64)*
P	149 (127–165)	149 (130–165)	151 (121–165)
Pb	2,24 (1,56–4,12)	1,92 (1,33–2,64)	2,27 (1,69–5,21)*
Se	0,271 (0,13–0,399)	0,176 (0,113–0,353)	0,291 (0,195–0,404)
Si	27,2 (20,2–36,5)	26,2 (21–31,8)	32,2 (17,8–42,3)
Sn	0,119 (0,088–0,178)	0,099 (0,067–0,136)	0,148 (0,105–0,199)**
V	0,165 (0,13–0,234)	0,153 (0,127–0,24)	0,17 (0,13–0,228)
Zn	175 (141–193)	184 (157–206)	149 (132–183)*

Примечание: Me — медиана, q25 — нижний квартиль, q75 — верхний квартиль.  
Достоверность отличия от группы здоровых детей: \* p < 0,05; \*\* p < 0,01.

целого ряда элементов (таблица 1). Так, у детей с пороками почек по сравнению с контролем отмечено достоверно более высокое содержание алюминия (выше в 1,2 раза по значению медианы), кадмия (в 1,5 раза), никеля (в 1,3 раза), свинца (в 1,2 раза), олова (в 1,5 раза) и относительно низкое — бериллия (ниже в 2 раза) и цинка (в 1,2 раза).

Оценка содержания химических элементов в волосах детей в зависимости от анатомической особенности аномалии почек (таблица 2) показала широкий разброс значений, что в большинстве случаев не позволяет сделать достоверных выводов об особенностях элементного статуса пациентов с тем или иным типом патологии. Однако нами выявлено, что для детей с гидронефрозами

**Таблица 2. Содержание химических элементов в волосах детей в зависимости от разновидности почечной патологии, мг/кг, Me (q25–q75)**

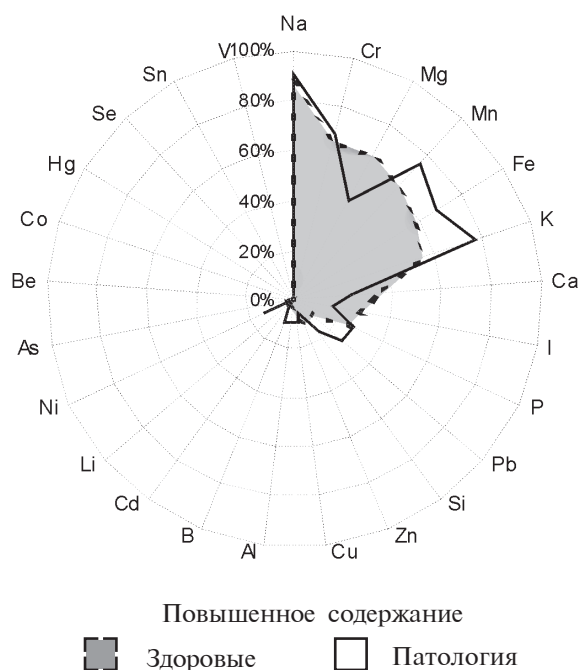
Элемент	Обструктивные уropатии (n = 4)	Аномалии количества (n = 11)	Аномалии расположения (n = 9)	Аномалии взаимоотношения (n = 4)	Аномалии величины (n = 2)
1	2	3	4	5	6
Al	16,6 (11,3–25)	10,1 (6,5–20)	15,2 (10,8–26,1)	10,6 (8,4–13,4)	11,1 (5,7–16,6)
As	0,139 (0,087–0,186)	0,093 (0,06–0,119)	0,084 (0,07–0,131)	0,072 (0,055–0,106)	0,084 (0,051–0,117)
B	2,7 (2,12–3,38)	2,49* (2,1–4,78)	1,48 (1,39–2,62)	1,88 (1,2–2,82)	1,74 (0,97–2,51)
Ca	474 (356–512)	450 (325–585)	628 (556–927)	977 (385–1912)	598 (507–690)
Cd	0,12 (0,091–0,395)	0,141* (0,075–0,243)	0,071 (0,059–0,146)	0,183 (0,113–0,21)	0,063 (0,02–0,106)
Co	0,03 (0,026–0,075)	0,013 (0,004–0,029)	0,022 (0,018–0,028)	0,023 (0,015–0,068)	0,024 (0,014–0,033)

1	2	3	4	5	6
Cr	1,266* (1,026–1,675)	0,62 (0,569–0,981)	0,709 (0,527–0,797)	0,729 (0,612–0,986)	0,87 (0,639–1,102)
Cu	10,21 (9,26–16,79)	8,81 (8,41–10,95)	10,35 (9,04–11,51)	15,45 (9,73–23,91)	9,66 (7,85–11,48)
Fe	49,1 (34,9–61)	24,7 (17,1–31)	32,7 (17,5–34,6)	24,3 (18,2–26)	22,4 (16,5–28,3)
Hg	0,213 (0,16–0,252)	0,16 (0,119–0,261)	0,202 (0,118–0,252)	0,342 (0,221–0,351)	0,134 (0,112–0,156)
I	2,04 (1,04–2,68)	1,1 (0,8–2,45)	0,59 (0,55–1,46)	1,45 (0,85–3,07)	0,28 (0,15–0,41)
K	722 (224–1352)	526 (106–1313)	403 (105–820)	281 (156–562)	900 (129–1670)
Li	0,076 (0,044–0,103)	0,059 (0,046–0,109)	0,065 (0,043–0,095)	0,078 (0,071–0,09)	0,084 (0,037–0,131)
Mg	41,8* (26,8–49,4)	45,1 (31,7–81)	98,1 (67,8–156,4)	86,3 (59,6–133,4)	58,8 (40,3–77,4)
Mn	1,54 (1,17–3,37)	1,33 (0,9–2,41)	1,85 (1,56–2,88)	1,74 (0,92–3,77)	1,25 (0,42–2,09)
Na	1344 (398–3476)	850 (507–1352)	528 (338–795)	850 (421–1442)	2017 (277–3757)
Ni	1,061 (0,382–1,751)	0,462 (0,295–1,64)	0,52 (0,319–0,666)	0,721 (0,444–3,758)	0,449 (0,335–0,563)
P	160 (147–171)	142 (120–160)	154 (117–165)	154 (131–166)	145 (126–165)
Pb	5,42 (2,13–21,86)	2,55 (2,22–4,71)	1,86 (1,6–2,27)	3,15 (1,8–4,36)	3,04 (0,79–5,29)
Se	0,293 (0,145–0,776)	0,264 (0,138–0,404)	0,259 (0,195–0,404)	0,288 (0,281–0,292)	0,452 (0,33–0,574)
Si	35,7 (27,4–43,5)	22,8 (17,1–42,6)	32,2 (11,3–49,5)	30,3 (14,3–35,4)	35,2 (34,1–36,3)
Sn	0,131 (0,105–0,18)	0,17 (0,088–0,24)	0,14 (0,111–0,148)	0,2 (0,144–0,202)	0,176 (0,165–0,186)
V	0,23 (0,155–0,323)	0,17 (0,129–0,204)	0,168 (0,114–0,205)	0,17 (0,131–0,227)	0,201 (0,13–0,271)
Zn	153 (134–177)	135 (109–149)	181 (167–183)	206 (165–228)	157 (146–169)

Примечание: Me — медиана, q25 — нижний квартиль, q75 — верхний квартиль.  
Достоверность отличия от группы здоровых детей: \* p < 0,05; \*\* p < 0,01.

характерно достоверно повышенное содержание бора, хрома и пониженное — магния; аномалии количества ассоциированы с высоким содержанием бора и кадмия.

Сравнение результатов анализа волос с величинами условных биологически допустимых уровней (УБДУ) химических элементов показало, что дети с аномалиями развития почек отличаются от практически здоровых детей более высокой частотой встречаемости повышенного уровня марганца, железа, калия, свинца (рис. 1). При этом сле-

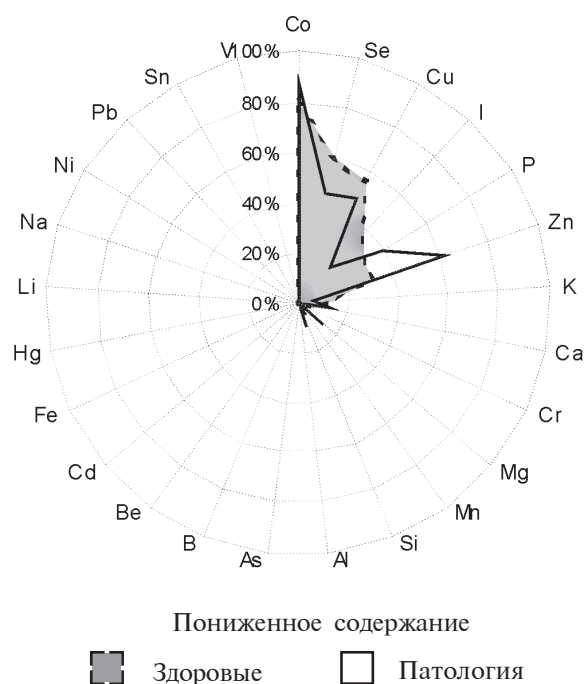


**Рис. 1.** Встречаемость повышенного содержания химических элементов в волосах (%) у здоровых детей и детей с почечной патологией

дует отметить, что избыток в волосах большинства вышеупомянутых химических элементов характерен для всех обследованных детей, включая контрольную группу. Качественное различие имеет место только в отношении свинца, избыток которого отмечен у здоровых детей в 10,3% случаев, а у детей с аномалиями развития почек в 25,8% случаев.

Для детей с аномалиями развития почек также характерна высокая частота встречаемости пониженного уровня цинка (61,3% против 31,0% в контрольной группе,  $p < 0,05$ ). Следует отметить, что всем обследованным детям свойственна высокая частота дефицитов кобальта, селена и меди, а частота дефицита йода у практически здоровых детей выше, чем у детей с патологией почек (рис. 2).

Из полученных данных видно, что одной из характерных особенностей обследованных детей с пороками почек является относительно повы-



**Рис. 2.** Встречаемость пониженного содержания химических элементов в волосах (%) у здоровых детей и детей с почечной патологией

шенное содержание элементов-экоотоксикантов из группы тяжелых металлов, к которой принадлежат свинец, кадмий, олово и никель на фоне высокой частоты встречаемости пониженного уровня цинка независимо от варианта почечных мальформаций. Следовательно, элементный дисбаланс, сопровождающий тот или иной порок развития почек, даже в отсутствии какого-либо клинически проявляющегося патологического процесса, является важным маркером минимальных почечных дисфункций.

## ВЫВОДЫ

Дети с различными вариантами развития почек имеют дефицит эссенциальных микроэлементов и повышенный уровень элементов-поллютантов еще на стадии предболезни. Это требует введения в общепринятую схему диспансеризации детей с пороками почек дополнительных исследований, направленных на изучение их элементного состава и целенаправленной коррекции при его изменении.

## Литература

Айвазян А.В., Войно-Ясенецкий А.М. Пороки развития почек и мочеточников. М., Медицина, 1988. 448 с.

*Баранов А.А.* Здоровье детей России (состояние и проблемы). М., 1999. 273 с.

*Длин В.В., Османов И.М., Юрьева Э.А., Новиков П.В.* Дизметаболическая нефропатия, мочекаменная болезнь и нефрокальциноз у детей. М.: Оверлей, 2005. 232 с.

*Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б. и др.* Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03) // М.: Федеральный Центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2003. 56 с.

*Иванова И.Е., Семенова Л.В.* Нефрологическая заболеваемость у детей Чувашской Республики // Сб. материал. XVI съезда педиатров России, М., 2009. С. 153.

*Игнатова М.С.* Актуальные проблемы нефрологии детского возраста в начале XXI века // Педиатрия. 2007. № 6. С. 6—14.

*Мазур Л.И., Каганова Т.И., Абрамова О.А.* Факторы риска формирования врожденных пороков у плода // Вопросы совр. педиатр. 2006. № 1. С. 348—349.

*Папаян А.В., Стяжкина И.С.* Неонатальная нефрология // Руководство. СПб.: Питер. 2002. 448 с.

*Скальный А.В.* Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4. Вып. 1. С. 55—56.

*Bertram H.P.* Spurenelemente. Analytik, Oekotoxikologische und medizinisch-klinische Bedeutung. — Muenchen, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg, 1992. 207 s.