

УДК 615.9:546.62:612.11

***ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОГО ПЕРОРАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ ГИДРОКСИДА
АЛЮМИНИЯ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ ГОМЕОСТАЗ КРОВИ КРЫС***

Усманова Э. Н.

младший научный сотрудник

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

Уфа, Россия

Мусабиров Д. Э.

младший научный сотрудник

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

Уфа, Россия

Зеленковская Е.Е.

младший научный сотрудник

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

Уфа, Россия

Курилов М.В.

младший научный сотрудник

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

Уфа, Россия

Аннотация: В экспериментальном исследовании изучено влияние однократного введения гидроксида алюминия (100 мг/кг) на содержание алюминия и эссенциальных элементов (Ca, Mg, Fe) в крови крыс. Установлено, что введение Дневник науки | www.dnevnikaui.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

гидроксида алюминия сопровождается фазным накоплением алюминия в крови с выраженными пиками на 6 и 96 часах. Выявлены существенные изменения содержания эссенциальных элементов: повышение уровня кальция на ранних и промежуточных сроках с последующим снижением, транзиторное снижение магния с нормализацией к поздним срокам, а также волнообразные изменения концентрации железа с повторными эпизодами повышения. Полученные данные свидетельствуют о нарушении ионного гомеостаза крови и подтверждают системное токсическое действие гидроксида алюминия.

Ключевые слова: гидроксид алюминия, кровь, крыса, кальций, магний, железо

***EFFECT OF SINGLE ORAL ADMINISTRATION OF ALUMINUM
HYDROXIDE ON ELEMENTARY HOMEOSTASIS OF BLOOD IN RATS***

Usmanova E. N.

junior researcher

Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",

Ufa, Russia

Musabirov D. E.

junior researcher

Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",

Ufa, Russia

Zelenkovskaya E. E.

junior researcher

Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",

Ufa, Russia

Kurilov M. V.

junior researcher

Federal Budgetary Institution "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology",

Ufa, Russia

Abstract: An experimental study examined the effect of a single administration of aluminum hydroxide (100 mg/kg) on the levels of aluminum and essential elements (Ca, Mg, Fe) in the blood of rats. It was found that administration of aluminum hydroxide was accompanied by a phasic accumulation of aluminum in the blood, with pronounced peaks at 6 and 96 hours. Significant changes in essential element levels were observed: an increase in calcium levels in the early and intermediate stages, followed by a decrease, a transient decrease in magnesium levels with normalization by the later stages, and undulating changes in iron concentration with repeated episodes of increase. The obtained data indicate a disruption of blood ion homeostasis and confirm the systemic toxic effect of aluminum hydroxide.

Keywords: aluminum hydroxide, blood, rat, calcium, magnesium, iron

Актуальность. Проблема токсического влияния алюминия на живые организмы остаётся актуальной в связи с его широким распространением в окружающей среде, пищевых продуктах и медицинских препаратах, а также способностью к бионакоплению. Особое внимание уделяется системным эффектам соединений алюминия, включая их воздействие на внутреннюю среду организма и регуляцию обменных процессов [1].

Гидроксид алюминия являясь одной из наиболее устойчивых форм алюминия, может длительно циркулировать в биологических системах, оказывая потенциальное токсическое действие [2]. Одним из ключевых аспектов его

Дневник науки | www.dnevnika.ru | СМН ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

влияния рассматривается нарушение баланса эссенциальных элементов крови, прежде всего кальция, магния и железа, которые играют важную роль в обеспечении метаболических процессов, кислородтранспортной функции и ионного гомеостаза [3-5].

Изменения кальциевого обмена имеют значение в регуляции клеточной сигнализации и сосудистого тонуса, магний участвует в ферментативных реакциях и энергетическом обмене, а железо является критическим компонентом систем переноса кислорода и окислительно-восстановительных процессов [6]. В связи с этим изучение динамики данных элементов в крови при воздействии алюминия представляет значительный научный и практический интерес.

Цель исследования заключалась в анализе влияния гидроксида алюминия на элементный состав крови крыс в динамике острого токсического воздействия.

Материалы и методы. Экспериментальное исследование выполнено на лабораторных крысах-самцах линии Wistar. Животные содержались в стандартных условиях вивария при свободном доступе к воде и стандартному корму и были разделены на контрольную группу и опытные подгруппы.

Экспериментальным животным однократно внутрижелудочно вводили суспензию гидроксида алюминия в дозе 100 мг/кг массы тела. Контрольная группа получала эквивалентный объём дистиллированной воды. Отбор образцов крови осуществляли через 1, 2, 4, 6, 24, 48 и 96 часов после введения вещества, с формированием отдельных временных подгрупп.

Статистическая обработка полученных данных выполнялась с использованием параметрических методов вариационного анализа (ANOVA) с последующим сравнением с контрольной группой. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Однократное введение гидроксида алюминия сопровождалось выраженными временными изменениями содержания алюминия и эссенциальных элементов в крови крыс (табл. 1).

Концентрация алюминия характеризовалась волнообразной динамикой. Статистически значимое повышение отмечалось на 6-м часу наблюдения (+205 % относительно контроля), а также к 96-му часу (+169 %), что указывает на наличие двух фаз накопления токсиканта в системном кровотоке. В промежуточные сроки (1–4 и 24–48 часов) достоверных отличий от контрольных значений не выявлено.

Таблица 1. Содержание алюминия и эссенциальных элементов в крови крыс в разные сроки после введения гидроксида алюминия ($M \pm \sigma$ мг/кг)

Группа	Al	Ca	Mg	Fe
Контроль	3,17±0,94	44,69±11,20	36,02±1,54	407,22±68,85
1 час	2,09±0,43 (p > 0,05)	63,33±7,86 (p = 0,002)	34,51±1,99 (p > 0,05)	463,71±56,72 (p > 0,05)
2 часа	3,13±1,53 (p > 0,05)	60,41±6,06 (p = 0,006)	37,33±3,76 (p > 0,05)	518,44±23,99 (p = 0,002)
4 часа	3,50±1,03 (p > 0,05)	55,43±2,02 (p = 0,018)	34,46±0,86 (p = 0,041)	493,34±15,74 (p = 0,010)
6 часов	9,66±4,67 (p = 0,001)	68,31±8,47 (p = 0,001)	25,17±2,39 (p = 0,001)	439,77±54,57 (p > 0,05)
24 часа	2,02±0,95 (p = 0,028)	69,44±6,80 (p = 0,001)	22,78±0,67 (p = 0,001)	445,10±21,29 (p > 0,05)
48 часов	2,40±0,67 (p > 0,05)	68,99±5,45 (p = 0,001)	26,19±2,59 (p = 0,001)	453,57±21,87 (p > 0,05)
96 часов	8,52±3,98 (p = 0,001)	31,53±5,45 (p = 0,001)	36,11±1,22 (p > 0,05)	497,04±70,66 (p = 0,029)

Содержание кальция во всех временных точках после введения токсиканта в целом было повышено относительно контроля. Наиболее выраженные изменения наблюдались на 1–24 часах, где уровень кальция увеличивался на +34–56 %. К 96-му часу отмечалось резкое снижение показателя на –29 % относительно контроля, что отражает срыв компенсаторных механизмов кальциевого гомеостаза.

Концентрация магния демонстрировала фазный характер изменений: на ранних сроках (1–2 часа) значимых отклонений не выявлено. На 4–24 часах отмечалось снижение уровня магния на –5 % до –37 % относительно контроля. К 96-му часу показатели нормализовались и статистически значимо не отличались от контрольных значений.

Содержание железа изменялось волнообразно. На 2–4 часах наблюдалось повышение концентрации железа на +21–27 %, тогда как в остальные временные точки (1, 6, 24 и 48 часов) значимых отличий от контроля не выявлено. К 96-му часу вновь фиксировалось увеличение уровня железа на +22 %, что свидетельствует о повторной активации железо-зависимых обменных процессов.

Полученные данные свидетельствуют о выраженном нарушении ионного гомеостаза крови при воздействии гидроксида алюминия, характеризующемся фазным накоплением алюминия и дисрегуляцией эссенциальных элементов.

Заключение. Проведённое экспериментальное исследование показало, что однократное введение гидроксида алюминия вызывает выраженные изменения элементного гомеостаза крови крыс. Установлено фазное накопление алюминия с максимальными значениями на 6-м и 96-м часах наблюдения, что свидетельствует о его длительной циркуляции и возможном перераспределении в организме.

Выявлены существенные нарушения обмена эссенциальных элементов. Содержание кальция характеризовалось устойчивым повышением на ранних и промежуточных сроках с последующим снижением к 96-му часу, что указывает на срыв компенсаторных механизмов регуляции кальциевого обмена. Концентрация магния снижалась в середине периода наблюдения с последующей нормализацией, отражая транзиторный характер изменений. Динамика железа носила волнообразный характер с повторными эпизодами повышения, что может свидетельствовать об активации адаптационно-метаболических процессов.

Полученные результаты подтверждают, что гидроксид алюминия оказывает выраженное влияние на ионный гомеостаз крови, вызывая дисбаланс эссенциальных элементов и формируя условия для системных метаболических нарушений.

Библиографический список

1. Rahimzadeh M.R. Aluminum poisoning with emphasis on its mechanism and treatment of intoxication. *Emerg Med Int.* 2022;2022:1480553. doi:10.1155/2022/1480553
2. Turgut S. The effects of low dose aluminum on hemorheological and hematological parameters in rats. *Arch Toxicol.* 2007;81(1):11–17. doi:10.1007/s00204-006-0119-8
3. Ward R.J. Aluminium toxicity and iron homeostasis. *J Inorg Biochem.* 2001;87(1–2):9–14. doi:10.1016/S0162-0134(01)00308-7
4. Ligaba-Osena A. Loss-of-function mutation of the calcium sensor CBL1 increases aluminum sensitivity in Arabidopsis. *New Phytol.* 2017;214(2):830–841. doi:10.1111/nph.14420
5. Kusanagi E. Levels of toxic and essential elements and associated factors in the hair of Japanese young children. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(2):1186. doi:10.3390/ijerph20021186
6. de Souza A.B.F. Chronic oral administration of aluminum hydroxide stimulates systemic inflammation and redox imbalance in BALB/c mice. *Biomed Res Int.* 2023;2023:4499407. doi:10.1155/2023/4499407