

© А. П. Гайдарова, Г. А. Корощенко, А. В. Аношин, Р. И. Айзман

DOI: [10.15293/2226-3365.1506.19](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1506.19)

УДК 614 + 615 + 591.14

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЭЛЕМЕНТОВ В НЕКОТОРЫХ ОРГАНАХ И ТКАНЯХ КРЫС ЛИНИИ W1STAR В НОРМЕ И ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ*

А. П. Гайдарова, Г. А. Корощенко, А. В. Аношин, Р. И. Айзман (Новосибирск, Россия)

Проведено исследование спектра макро- и микроэлементов в некоторых органах и тканях крыс в норме и при аллоксановом сахарном диабете (СД). Показано, что независимо от вида ткани, содержание ионов в них распределилось следующим образом по степени убывания: $K > Na > Mg > Ca > Fe > Zn > Cu > Mn > Mb \geq Cr$. Однако по каждому элементу имелись некоторые различия в их распределении между органами. При СД установлено достоверное повышение концентрации Cu , Fe и Zn в почках; Ca , K , Mg и Fe – в поджелудочной железе; Fe – в печени и в мышцах. Прием порошка корневища куркумы здоровыми крысами почти не приводил к изменению содержания элементов в тканях, а на фоне СД вызывал достоверное повышение Mg и Zn только в почках. Таким образом, куркума почти не оказывает влияния на распределение биоэлементов в органах и тканях крыс как в норме, так и при СД. Вероятно, биоэлементы, входящие в состав растения, не играют существенной роли в гипогликемическом эффекте фитопрепарата, описанном нами ранее.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, диабет, аллоксан, куркума, крыса, ткани.

* Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание услуг (код проекта 3111).

Гайдарова Анна Павловна – аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет

E-mail: anna-gajdarova@yandex.ru

Корощенко Галина Анатольевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет

E-mail: svyatashg@mail.ru

Аношин Антон Васильевич – главный специалист аналитического центра, Новосибирский государственный педагогический университет

E-mail: anoshin@ngs.ru

Айзман Роман Иделевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет

E-mail: aizman.roman@yandex.ru

Введение

Биологическая эволюция привела к резкому увеличению массы и разнообразия форм живого вещества планеты, в том числе к образованию новых химических соединений и молекул – биоэлементов. Возникла биосфера как открытая термодинамическая система, в которой могут исчезать одни и появляться другие вторичные биоэлементы, тогда как набор первичных биоэлементов, вероятно, остается в основном стабильным на всех уровнях организации живой материи [1].

На органном и тканевом уровнях содержание макро- и микроэлементов поддерживается в определенных границах, что является одним из важнейших и обязательных условий его нормального функционирования [2]. Баланс биоэлементов обусловлен их важной ролью в процессах жизнедеятельности [3] и определяется участием почти во всех видах обмена веществ организма; они являются кофакторами многих ферментов, витаминов, гормонов, участвуют в процессах кроветворения, роста, размножения, дифференцировки и стабилизации клеточных мембран, тканевом дыхании, иммунных реакциях и многих других биохимических и физиологических процессах [4].

В литературе имеются одиночные данные о распределении некоторых макро- и микроэлементов в тканях крыс в норме [5–6] и при СД [3; 7].

Нарушения их баланса при СД проявляются в разнонаправленных изменениях содержания отдельных биоэлементов в крови и тканях [8]. Так, имеются данные, согласно которым при аллоксановом диабете снижается концентрация натрия, калия, цинка и меди при одновременном увеличении уровня кальция и железа в крови мышей [7]; в то же время в тканях печени и легких у крыс наблюдается увеличение

содержания цинка, меди, марганца и молибдена [3]. Это позволяет предположить связь изменений содержания макро- и микроэлементов либо с тяжестью заболевания, либо с действием каких-либо дополнительных факторов [3].

В связи с повышением интереса к использованию средств растительного происхождения для коррекции различных патологических состояний [9; 10], возникает необходимость изучения механизмов их действия. Появившиеся в последние годы данные о широком биологическом действии куркумы (*Curcuma longa*) (антимикробном, противовоспалительном, антиоксидантном и т. д.) делают перспективным изучение механизма его влияния при различных патологиях и, в частности, при СД [11–12]. Выявлено специфическое действие *Curcuma longa* на различные органы и ткани: кожу, желудочно-кишечный тракт, печень, дыхательную систему [13]. Показан гипогликемический эффект куркумы при аллоксан-индуцированном сахарном диабете у крыс в результате частичной регенерации β -клеток островков Лангерганса, уменьшения структурных повреждений клеток и межклеточного вещества, улучшения кровоснабжения, стимуляции секреции инсулина и С-пептида, а также активации процесса гликогенеза в печени [14].

Однако механизм гипогликемического действия куркумы не полностью выяснен и, в частности, не изучена роль элементного состава фитопрепарата в этих реакциях. Поэтому **целью** работы стало изучение влияния порошка корневища куркумы на элементный состав тканей и органов в норме и при СД.

Материал и методика

Для достижения поставленной цели были поставлены эксперименты на взрослых самцах крыс линии *Wistar*. Все животные были поделены на четыре группы. Первая, интактная, (n = 10) и вторая, контрольная, (n = 9)

группы состояли из здоровых животных. Животным третьей ($n = 10$) и четвертой ($n = 10$) групп для моделирования сахарного диабета 1 типа вводили 10 % раствор аллоксана из расчета 0,1 мл/100 г массы тела, в то время как крысам второй группы вводили физиологический раствор из того же расчета. Животных первой и третьей групп содержали на стандартном корме, тогда как в корм животных второй и четвертой групп добавляли порошок корневища куркумы (*Curcuma longa*) из расчета 2 % от массы корма. Все группы животных находились в стандартных условиях вивария без ограничения потребления воды и пищи.

В конце эксперимента (на шестые сутки после приема куркумы) у животных под эфирным наркозом забирали образцы тканей поджелудочной железы, печени, почек и мышц для атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой.

Статистический анализ результатов исследования проводили на основе определения средних арифметических (M) и их ошибок ($\pm m$). Различия показателей оценивали методами вариационной статистики по непараметрическому критерию Вилкоксона–Манна–Уитни для независимых выборок и считали достоверными при $p \leq 0,05$. Расчеты производили по общепринятым формулам с использованием стандартных программ пакета *Statistica 7.0*.

Все эксперименты выполняли в соответствии с Международными рекомендациями по

проведению биомедицинских исследований с использованием животных, принятыми Международным советом научных обществ (*CIOMS*) в 1985 г., со ст. XI Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г.) и правилами лабораторной практики в РФ (Приказ МЗ РФ от 19 июня 2003 г., № 267).

Результаты

На первом этапе работы оценивали элементный статус здоровых крыс. Результаты исследования тканей печени, почки, поджелудочной железы и мышцы интактных крыс и животных, в рацион которых входил порошок корневища *Curcuma longa*, (контроль) представлены в табл. 1. Видно, что независимо от вида ткани, содержание ионов в них распределялось следующим образом по степени убывания: $K > Na > Mg > Ca > Fe > Zn > Cu > Mn > Mb > Cr$. Сравнение среднего по всем исследованным органам содержания каждого элемента подтвердило это распределение и, вероятно, отражает пул данного минерального вещества в организме (табл. 2). Однако диапазон разброса в содержании каждого элемента между тканями неодинаков. Так, в печени обнаружено наибольшее содержание *Fe*, *Mn* и *Zn*, в почке – *Na* и *Cu*, в поджелудочной железе – *Ca*, а в мышечной ткани – *K* и *Mg*, при этом меньше всего *Ca* и *Na* аккумулировано в печени, *Mn* и *Mg* – в почках, *K* – в поджелудочной железе, *Cu*, *Fe* и *Zn* – в мышцах.

Таблица 1

Элементный состав тканей и органов здоровых крыс (мкг/г) ($M \pm m$)

Биоэлемент	Орган/ткань	Контроль	Контроль + куркума
Ca	Печень	23,9 ± 1,3	27,2 ± 2,1
	Почка	31,8 ± 1,3	33,5 ± 1,2
	Поджелудочная железа	51,6 ± 2,2	53,3 ± 2,9
	Мышца	38,1 ± 4,7	39,6 ± 2,3

<i>K</i>	Печень	$2\,545,9 \pm 119,8$	$2\,545,1 \pm 171,7$
	Почка	$2\,370,9 \pm 162,8$	$2\,280,9 \pm 61,6$
	Поджелудочная железа	$2\,234,9 \pm 59,8$	$2\,194,6 \pm 132$
	Мышца	$3\,517,4 \pm 162,7$	$3\,488,4 \pm 195,9$
<i>Na</i>	Печень	$453,9 \pm 26,6$	$436,4 \pm 25,9$
	Почка	$1\,150,2 \pm 23,2$	$1\,123,9 \pm 14,0$
	Поджелудочная железа	$719,1 \pm 29,5$	$693,6 \pm 32,9$
	Мышца	$554,4 \pm 30,9$	$493,7 \pm 18,8$
<i>Mg</i>	Печень	$153 \pm 7,6$	$148,8 \pm 3,9$
	Почка	$113,4 \pm 3,1$	$116,5 \pm 5,5$
	Поджелудочная железа	$162,8 \pm 7,0$	$153,0 \pm 8,5$
	Мышца	$168,4 \pm 4,5$	$199,8 \pm 9,5$
<i>Cu</i>	Печень	$3,2 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,1$
	Почка	$4,0 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,3$
	Поджелудочная железа	$0,9 \pm 0,01$	$1,0 \pm 0,1$
	Мышца	$0,8 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,01$
<i>Fe</i>	Печень	$35,6 \pm 3,0$	$69,8 \pm 4,2^*$
	Почка	$28,6 \pm 1,7$	$33,7 \pm 1,3$
	Поджелудочная железа	$18,7 \pm 1,5$	$19,3 \pm 1,1$
	Мышца	$7,7 \pm 0,4$	$9,9 \pm 0,4$
<i>Mn</i>	Печень	$1,4 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$
	Почка	$0,5 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,01$
	Поджелудочная железа	$0,9 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$
	Мышца	$0,1 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,01$
<i>Zn</i>	Печень	$19,4 \pm 1,1$	$18,7 \pm 1,0$
	Почка	$12,9 \pm 0,2$	$13,8 \pm 0,9$
	Поджелудочная железа	$13,9 \pm 0,6$	$13,5 \pm 0,8$
	Мышца	$9,0 \pm 0,8$	$8,3 \pm 0,4$

<i>Cr</i>	Печень	0,1 ± 0,01	1,7±0,01 *
	Поджелудочная железа	0,08 ± 0,02	0,08±0,02
<i>Mo</i>	Печень	0,6 ± 0,01	0,6±0,01
	Поджелудочная железа	0,09 ± 0,005	0,11±0,01
<i>Примечание.</i> * – достоверные отличия от контрольных крыс (первая группа)			

При анализе минерального состава органов и тканей здоровых крыс, потреблявших с кормом куркуму, почти не обнаружены изменения содержания биоэлементов в органах и

тканях, за исключением достоверного повышения *Fe* и *Cr* только в печени.

Таблица 2

Среднее содержание элементов в тканях крыс по данным исследования печени, почек, мышц и поджелудочной железы (мкг/г)

<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Mn</i>	<i>Pb</i>
9 665	222	591	1 178	127	2	7,2	43	0,3
<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Ba</i>	<i>Se</i>	<i>Li</i>	
0,45	0,15	0,01	1,3	0,35	7,1	0,05	0,35	

Учитывая литературные данные о наличии в растении широкого спектра биоэлементов [14], необходимо было определить их количественное содержание, поскольку прием

куркумы с кормом мог повлиять на общий пул биоэлементов в организме животных. В табл. 3 представлена количественная характеристика биоэлементов в фитопрепарате.

Таблица 3

Биоэлементный состав куркумы (мкг/г)

<i>K</i>	<i>Na</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Fe</i>
2 667,2	719,4	149,4	36,4	22,6
<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Mo</i>	<i>Cr</i>
13,8	2,2	0,7	0,3	0,1

Поскольку контрольные и экспериментальные животные получали куркуму с пищей, мы сопоставили минеральный состав

корма и то дополнительное количество биоэлементов, которое крысы получали с порошком растения (табл. 4).

Таблица 4

Суточное поступление минеральных веществ в организм экспериментальных животных

Элемент	Корм без куркумы, мкг/сутки	Поступление биоэлементов с куркумой, мкг/сутки	Прибавка минеральных веществ за счет куркумы, %
<i>Ca</i>	229 502	255,3	0,1
<i>K</i>	165 024	4 175,3	2,5
<i>Na</i>	25 668	95,9	0,4
<i>Mg</i>	56 036	508,9	0,9
<i>Cu</i>	282,4	0,9	0,3
<i>Fe</i>	40 070	54,9	0,1
<i>Mn</i>	3 366	18,6	0,6
<i>Zn</i>	2 086	3,1	0,1
<i>Cr</i>	29,8	0,6	2,0

Как видно, добавочное количество минеральных веществ, поступавшее в организм с куркумой, составляет ничтожно малую величину по сравнению с содержанием этих элементов в корме животных. Поэтому трудно было ожидать увеличения содержания макро- и микроэлементов в органах и тканях крыс, получавших с кормом куркуму.

На следующем этапе представлялось важным проанализировать элементный состав органов и тканей крыс на фоне аллоксановой модели сахарного диабета. Из рис. 1 видно, что по сравнению с аналогичными показателями интактных животных, происходило достоверное повышение концентрации *Cu*, *Fe* и *Zn* в почках, *Fe* – в печени, *Ca*, *K*, *Mg* и *Fe* – в поджелудочной железе и *Fe* – в мышечной ткани.

Поскольку куркума обладает сахаропонижающим действием за счет наличия в составе растения витаминов, куркуминоидов, а также биологически активных веществ, обладающих мощным антиоксидантным и иммуностимулирующим действием [14], важно было понять, может ли этот фитопрепарат вызывать нормализацию элементного состава в тканях животных с СД и таким образом проявлять свой сахаропонижающий эффект. Было установлено, что так же, как у контрольных животных, куркума не вызывала достоверных изменений содержания элементов в большинстве исследуемых тканей, за исключением достоверного повышения *Mg* и *Zn* в почках и *Fe* – в печени по сравнению с животными с СД (табл. 5).

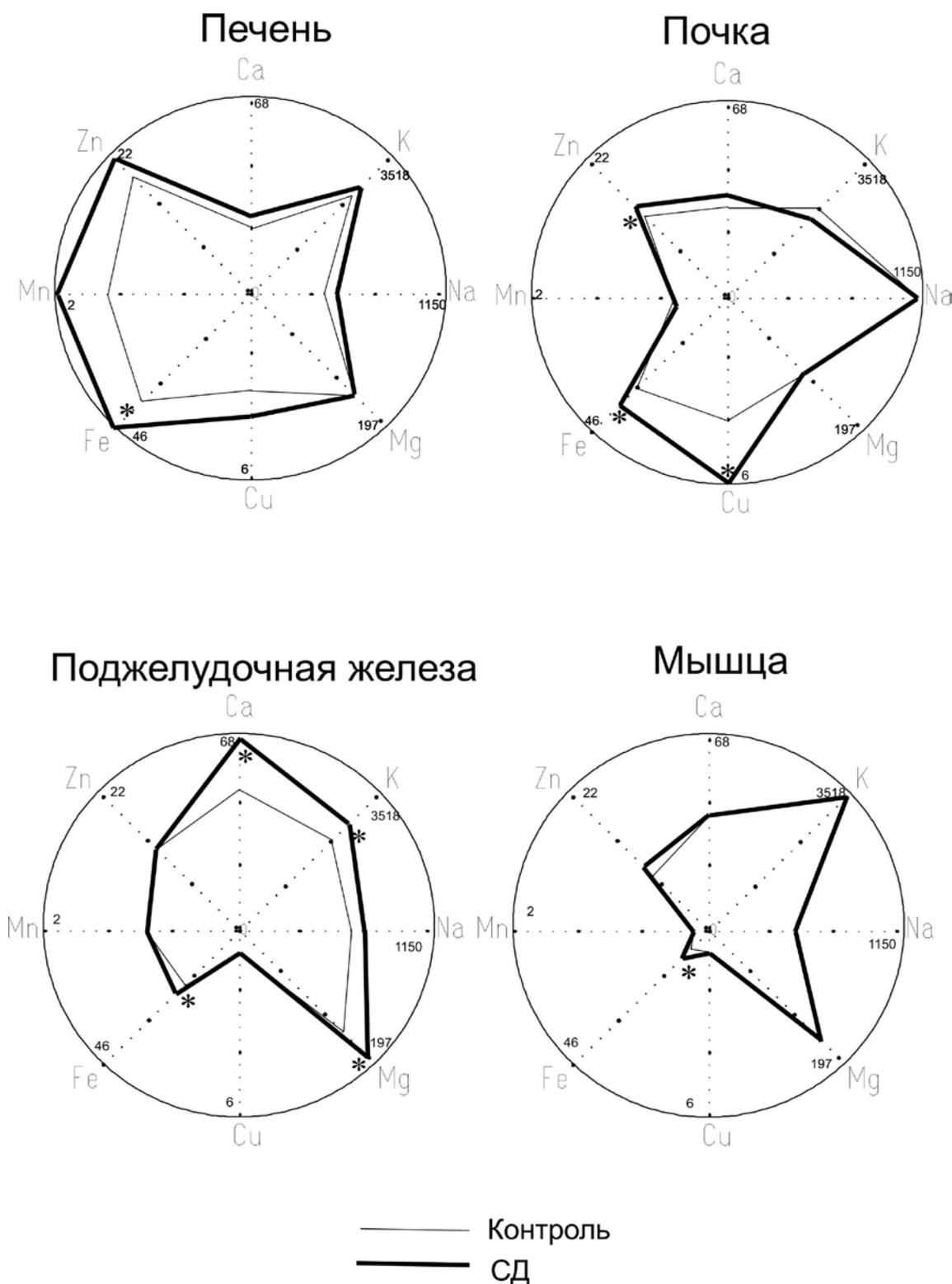


Рис. 1. Изменение элементного состав органов и тканей крыс при аллоксановой модели сахарного диабета (мкг/г)

Примечание. * – достоверные отличия от контрольных крыс (первая группа)

Таблица 5

 Элементный состав тканей и органов крыс с СД и на фоне приема куркумы (мкг/г) ($M \pm m$)

Биоэлемент	Орган/ткань	СД	СД + куркума
<i>Ca</i>	Печень	24,9 ± 1,4	28,3 ± 1,9
	Почка	33,8 ± 1,7	41,6 ± 3,1
	Поджелудочная железа	68,0 ± 5,1	67,7 ± 4,3
	Мышца	40,6 ± 3,4	39,5 ± 3,2
<i>K</i>	Печень	2 720,2 ± 88,9	2 847,8 ± 137,5
	Почка	2 236,3 ± 66,7	2 326,5 ± 65,2
	Поджелудочная железа	2 801,6 ± 45,5	2 707,0 ± 114,8
	Мышца	3 447,8 ± 77,4	3 200,5 ± 133,9
<i>Na</i>	Печень	503,8 ± 17,7	562,3 ± 32,5
	Почка	1 136,8 ± 45,3	1 228,0 ± 69,5
	Поджелудочная железа	775,8 ± 33,3	776,2 ± 32,3
	Мышца	534,1 ± 24,5	541,2 ± 22,8
<i>Mg</i>	Печень	163,8 ± 6,6	167,3 ± 10,2
	Почка	114,3 ± 1,9	124,7 ± 4,9 Δ
	Поджелудочная железа	196,7 ± 9,2	208,8 ± 13,0
	Мышца	172,3 ± 12,7	172,0 ± 11,1
<i>Cu</i>	Печень	3,9 ± 0,2	3,9 ± 0,4
	Почка	5,9 ± 0,2	5,5 ± 0,6
	Поджелудочная железа	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1
	Мышца	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1
<i>Fe</i>	Печень	46,1 ± 2,9	58,1 ± 4,1 Δ
	Почка	37,3 ± 2,2	42,1 ± 4,8
	Поджелудочная железа	22,2 ± 1,0	24,0 ± 1,4
	Мышца	9,2 ± 0,5	10,8 ± 1,0
<i>Mn</i>	Печень	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2
	Почка	0,5 ± 0,01	0,6 ± 0,1
	Поджелудочная железа	1,1 ± 0,1	1,2 ± 0,1
	Мышца	0,1 ± 0,01	0,1 ± 0,01
<i>Zn</i>	Печень	22,1 ± 1,2	23,1 ± 1,9
	Почка	14,9 ± 0,5	17,1 ± 1,1 Δ
	Поджелудочная железа	13,7 ± 0,7	15,3 ± 0,9
	Мышца	9,6 ± 0,7	9,6 ± 1,0

<i>Cr</i>	Печень	$0,1 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,01$
	Поджелудочная железа	$0,17 \pm 0,03$	$0,1 \pm 0,03$
<i>Mo</i>	Печень	$0,8 \pm 0,01$	$0,6 \pm 0,01$
	Поджелудочная железа	$0,09 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$

Примечание. Δ – достоверные отличия между экспериментальными группами

Обсуждение

Знание о содержании макро- и микроэлементов в органах и тканях здоровых животных важно для понимания механизмов их гомеостатической регуляции в норме. Однако литературные данные не дают в полном объеме представления о распределении биоэлементов в здоровом организме [5–6], поэтому полученные нами данные могут служить нормативом для исследования минерального состава тканей как в норме, так и при патологии, поскольку элементный дисбаланс может играть существенную роль в патогенезе заболеваний и коррекции гомеостатических нарушений [3].

Анализ минерального состава органов и тканей здоровых крыс показал неравномерное распределение биоэлементов в исследуемых образцах. Известно, что содержание биоэлементов в разных органах животных в значительной степени зависит от их функций, участия микро- и макроэлементов в биохимических и физиологических процессах, происходящих внутри органа [15]. Анализ литературы по распределению биоэлементов в здоровом организме показал, что данные разных авторов по содержанию одного и того же элемента в одних и тех же тканях и органах варьируют в широком диапазоне. Так, показано, что в печени концентрация цинка колеблется от 50 до 80 мкг/г, меди – от 11,6 до 100 мкг/г; в легком концентрация цинка находится в пределах от 50 до 52 мкг/г, меди – от 4 до 5,5 мкг/г, марганца от 1,4 до 11,8 мкг/г [3; 5–6]. Обнаружен-

ные различия, вероятно, связаны с применением различных методов исследования, что делает затруднительным сопоставление результатов по абсолютным значениям. Полученные нами данные впервые представляют более широкий спектр исследованных элементов в большем количестве органов с использованием одной методики. По среднему содержанию элементов в изученных органах можно составить представление об их пуле в целостном организме: $K > Na > Mg > Ca > Fe > Zn > Cu > Mn > Mb > Cr$. Однако по каждому элементу имеется определенный диапазон колебаний содержания между органами. Особенно отчетливо это проявляется по макроэлементам, хотя и среди микроэлементов имеется аналогичная тенденция. Так, содержание калия в разных органах колеблется от 2 234,9 до 3 517,4 мкг/г, тогда как содержание следующего в ряду макроэлемента натрия имеет диапазон от 453,9 до 1150,2 мкг/г, а микроэлемента цинка – от 9 до 19,4 мкг/г (табл. 1).

Известно, что нарушения обмена макро- и микроэлементов не всегда являются первичными и ведущими, но они могут быть существенными для диагностики и лечения, поскольку выявляемые даже незначительные нарушения их метаболизма позволяют уточнить диагноз заболевания и контролировать эффективность лечения [7].

Для СД характерно изменение микро- и макроэлементного статуса в резервном пуле организма [3]. Наши данные совпадают с литературными об увеличении содержания ряда

элементов в органах крыс при СД [3; 5–6]. Однако трактовать механизм этих элементных сдвигов не всегда просто. Так, можно предположить, что достоверное увеличение содержания железа в печени у крыс с аллоксан-индуцированным СД и после приема куркумы, по сравнению с показателями интактных животных, отражает развитие окислительного стресса. Известно, что избыток данного эссенциального микроэлемента в организме может играть роль промотора перекисного окисления липидов и способствовать развитию окислительного стресса [16], что подтверждают ранее полученные данные о повышении концентрации одного из гормонов стресса – кортикостерона при СД [17].

В литературе существуют данные о накоплении *Cu* и *Zn* в печени и других тканях крыс с диабетом. Авторы объясняют накопление макро- и микроэлементов с экспрессией *Zn*-, *Cu*-содержащих супероксиддисмутаза и металлотионеинов, и расценивают его как защиту от действия окислительного стресса [18–19]. В нашем исследовании не было выявлено повышения концентрации этих микроэлементов в поджелудочной железе крыс при диабете, и только в почке содержание цинка возросло после приема куркумы (табл. 5). При этом прием куркумы крысами с СД не вызывал каких-либо изменений содержания других элементов в тканях.

В предыдущих работах было показано, что гипогликемическим свойством обладают и природные цеолиты, представляющие собой ионообменный алюмосиликат, содержащий широкий спектр макро- и микроэлементов,

способных легко извлекаться из цеолитсодержащей породы и усваиваться организмом [20]. Несмотря на нормализацию показателей углеводного обмена, после приема природных цеолитов, они также не вызвали изменений элементов в составе тканей и органов крыс [14].

Несмотря на то, что в организм животных с кормом и куркумой поступало значительное количество минералов (табл. 4), превышающее их содержание в тканях (табл. 1), отмечены лишь незначительные сдвиги элементного состава в образцах, что может быть связано с наличием в организме систем регуляции не только макроэлементов, но и микроэлементов, что требует дальнейшего исследования [4; 21–22].

Заключение

Таким образом, представленная характеристика распределения макро- и микроэлементов в разных органах крыс в норме и при СД расширяет представления о минеральном составе организма и его структур в норме и при патологии. Порошок корневища куркумы оказывает незначительное влияние на распределение макро- и микроэлементов в органах и тканях крыс как в норме, так и при СД, что позволяет думать об отсутствии существенного влияния биоэлементов, входящих в состав растения, на гипогликемический эффект фитопрепарата, описанный нами ранее [23–25]. Изучение влияния куркумы на макро- и микроэлементный состав организма здоровых крыс и с моделью СД на молекулярном и клеточном уровнях организации является задачей последующих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скальный А. В. Развитие концепции биоэлементов и перспективы биоэлементологии // Микроэлементы в медицине. – 2009. – Т. 10, № 3–4. – С. 1–6.
2. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. – М.: КМК, 2001.

3. **Селятицкая В. Г., Пальчикова Н. А., Заксас Н. П.** Содержание микроэлементов в тканях печени и легкого крыс с аллоксановым диабетом // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 4–1. – С. 201–205.
4. **Скальный А. В., Рудаков И. А.** Биоэлементы в медицине. – М.: Оникс 21 век; Мир, 2004.
5. **Сиренко Е. В.** Влияние многокомпонентных смесей на основе полиэтиленгликолей на содержание микроэлементов и аминокислот в органах и тканях экспериментальных животных // *Вестник Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина*. – 2006. – № 13 (738). – С. 52–55.
6. **Чурин Б. В., Трунова В. А., Зверева В. В., Сидорина А. В., Асташов В. В.** Макро-микроэлементный состав легочной ткани при алиментарном ожирении // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 8–1. – С. 179–183.
7. **Эльбекьян К. С., Ходжаян А. Б., Муравьева А. Б.** Особенности нарушения макро- и микроэлементного спектра сыворотки крови при экспериментальном сахарном диабете // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 10–2. – С. 411–413.
8. **Failla M. L., Kiser R. A.** Altered Tissue Content and Cytosol Distribution of Trace Metals in Experimental Diabetes // *J. Nutr.* – 1981. – Vol. 111. – P. 1900–1909.
9. **Джафарова Р. Э., Гараев Г. Ш., Джафаркулиева З. С.** Действия экстракта листьев черники обыкновенной на течение патологического процесса аллоксан-индуцированного сахарного диабета // *Фундаментальные исследования*. – 2010. – № 4. – С. 36–43.
10. **Митрофанова И. Ю., Яницкая А. В., Бутенко Д. В.** Методологические основы выбора растительных объектов в качестве источников фитопрепаратов // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 10–2. – С. 405–408.
11. **Ажунова Т. А., Лемза С. В., Линхоева Е. Г.** Фармакотерапевтическая эффективность комплексного растительного средства при экспериментальном диабете // *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. – 2011. – № 1–2. – С. 104–108.
12. **Lutomski J., Kedzia B., Debska W.** Effect of an alcohol extract and of active ingredients from *Curcuma longa* on bacteria and fungi // *Planta Med.* – 1974. – Vol. 26, № 1. – P. 9–19.
13. **Mehta K., Pantazis P., McQueeb T., Aggarwal B.** Antiproliferative effects of curcumin (diferuloylmethane) against human breast tumor cell lines // *Anti-cancer Drugs*. – 1997. – Vol. 8, № 2. – P. 470–481.
14. **Айзман Р. И., Корощенко Г. А., Герасёв А. Д., Гайдарова А. П.** Использование нелекарственных препаратов для коррекции углеводного и водно-минерального баланса при его нарушениях. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. – 90 с.
15. **Брыткова А. Д.** Возрастные изменения содержания микроэлементов в органах и тканях животных // *Вестник ОГУ*. – 2006. – № 2–2 (52). – С. 7–12.
16. **Sullivan J. L.** Iron and the sex difference in heart disease risk // *Lancet*. 1981. – Vol. 1, № 3. – P. 1293–1294.
17. **Айзман Р. И., Корощенко Г. А., Гайдарова А. П., Суботялов М. А., Луканина С. Н., Сахаров А. В.** Механизмы действия порошка корневища растения *Curcuma longa* на углеводный обмен при аллоксан-индуцированном сахарном диабете у крыс // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2014. – Т. 13, № 6. – С. 105–112.
18. **Cai L.** Metallothionein as an adaptive protein prevents diabetes and its toxicity // *Nonlinearity in Biology, Toxicology and Medicine*. – 2004. – Vol. 2. – P. 89–103.
19. **Madsen-Bouterse S. A., Zhong Q., Mohammad G., Ho Y. S., Kowluru R. A.** Oxidative damage of mitochondrial DNA in diabetes and its protection by manganese superoxide dismutase // *Free Radic. Res.* – 2010. – Vol. 44, № 3. – P. 313–321.

20. **Айзман Р. И., Герасёв А. Д., Корощенко Г. А., Луканина С. Н.** Использование природных цеолитов в медико-биологических исследованиях // Биологическая наука и образование в педагогических вузах: материалы IV Всерос. конф. «Проблемы биологической науки и образования в пед. вузах», 28–29 апр. 2005 г. / под общ. ред. Л. Г. Вартапетова, Р. И. Айзмана, О. Б. Макаровой. – Новосибирск: НГПУ, 2005. – Вып. 4. – С. 222–223.
21. **Айзман Р. И., Тернер А. Я.** Возрастные особенности ионорегулирующей функции почек // Физиология человека. – 1989. – Т. 15, № 4. – С. 78–86.
22. **Наточин Ю. В.** Ионорегулирующая функция почки. – Л.: Наука, 1976.
23. **Корощенко Г. А., Суботялов М. А., Герасёв А. Д., Айзман Р. И.** Влияние корневища растения *Cirsium Longa* на углеводный обмен крыс в эксперименте // Сибирский научный медицинский журнал. – 2011. – Т. 31, № 3. – С. 92–96.
24. **Корощенко Г. А., Гайдарова А. П., Айзман Р. И., Суботялов М. А.** Возможность применения фитопрепаратов для поддержания гомеостаза организма при патологии // Український біофармацевтичний журнал. – 2014. – № 4 (33). – С. 45–49.
25. **Гайдарова А. П., Корощенко Г. А., Айзман Р. И.** Влияние куркумы и куркумина на углеводный обмен при аллоксан-индуцированном сахарном диабете у крыс [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 597. – URL: <http://www.science-education.ru/119-14779> (дата обращения 27.10.2015)

DOI: [10.15293/2226-3365.1506.19](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1506.19)

Gajdarova Anna Pavlovna, Post-Graduate Student of the Department of Anatomy, Physiology and Safety of Life, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: anna-gajdarova@yandex.ru

Koroshchenko Galina Anatolevna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Safety of Life, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: svyatashg@mail.ru

Anoshin Anton Vasilevich, the Main Expert of the Analytical Centre, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: anoshin@ngs.ru

Aizman Roman Idelevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Anatomy, Physiology and Safety of Life, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: aizman.roman@yandex.ru

DISTRIBUTION OF BIOELEMENTS IN CERTAIN ORGANS AND TISSUES OF NORMAL AND DIABETIC WISTAR RATS

Abstract

A study of wide spectrum of micro- and macroelements in certain organs and tissues of normal and alloxan-induced diabetic (DM) rats has been performed. It is shown that regardless of the type of tissue, ion content was distributed as follows in descending order: $K > Na > Mg > Ca > Fe > Zn > Cu > Mn > Mb \geq Cr$. However, for each element some differences in its distribution among organs were observed. In DM rats significant increase of ion concentration has been found: Cu, Fe and Zn – in the kidney; Fe – in the liver; Ca, K, Mg, and Fe – in the pancreas; Fe – in liver and muscle tissue. Intake of a Curcuma rhizome powder by healthy rats practically did not lead to change of the maintenance of elements in tissues, but in DM rats it caused significant increase of Mg and Zn content only in a kidney. Thus, Curcuma longa practically does not render influence on distribution of bioelements in organs and tissues of rats both in norm, and at DM. Possibly, the bioelements which are included in a plant, do not play an essential role in hypoglycemic effect of a phytopreparation described by us earlier.

Keywords

micro- and macroelements, diabetes, alloxan, Curcuma, rat, tissues

REFERENCES

1. Skal'ny A. V. Development of the concept of bioelements and perspectives of bioelementology. *Microelements in medicine*. 2009, Vol. 10, no. 3–4, pp. 1–6.

2. Agadzhanjan N. A., Skal'ny A. V. *Chemical element in an inhabitancy and an ecological portrait of the person*. Moscow, KMK Publ., 2001.
3. Seljatitsky V. G., Palchikova N. A., Zaksas N. P. Content of microelements in tissue of a liver and a lung of rats with alloxan-induced diabetes. *Basic researches*. 2012, no. 4–1, pp. 201–205.
4. Skal'ny A. V., Rudakov I. A. *Bioelements in medicine*. Moscow, Onyx of 21 centuries Publ., World Publ., 2004.
5. Sirenko E. V. Influence of multicomponent mixes on a basis of polyethylenglycol on the content of microelements and amino acids in organs and tissues of experimental animals. *Bulletin of the Khar'kov national university by V. N. Karamzin*. 2006, no. 13 (738), pp. 52–55.
6. Churin B. V., Trunov V. A., Zvereva V. V., Sidorina A. V., Astashov V. V. Macro-microelement content of a pulmonary tissue at alimentary adiposity. *Basic researches*. 2012, no. 8–1, pp. 179–183.
7. Elbekjan K. S., Hodzhajan A. B., Murav'eva A. B. Peculiarities of infringement of macro-and a microelement spectrum of blood plasma at an experimental diabetes mellitus. *Basic researches*. 2011, no. 10, pp. 411–413.
8. Failla M. L., Kiser R. A. Altered Tissue Content and Cytosol Distribution of Trace Metals in Experimental Diabetes. *J. Nutr.* 1981, vol. 111, pp. 1900–1909.
9. Dzhafarova R. E., Garaev G. Sh., Dzhafarkulieva Z. S. Effects of an extract of a bilberry ordinary leaves on a dynamic of pathological process at the alloxan-induced diabetes. *Basic researches*. 2010, no. 4, pp. 36–43.
10. Mitrofanova I. J., Janitskaja A. V., Butenko D. V. Methodological basis of a choice of vegetative objects as sources of phytopreparations. *Basic researches*. 2012, no. 10–2, pp. 405–408.
11. Azhunova T. A., Lemza S. V., Linhoeva E. G. Pharmacotherapeutic efficiency of complex vegetative substance at an experimental diabetes. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Russian Academy of Medical Science*. 2011, no. 1 (77), pp. 79–83.
12. Lutomski J., Kedzia B., Debska W. Effect of an alcohol extract and of active ingredients from *Curcuma longa* on bacteria and fungi. *Planta Med.* 1974, Vol. 26, no. 1, pp. 9–19.
13. Mehta K., Pantazis P., McQueeb T., Aggarwal B. Antiproliferative effects of curcumin (diferuloilmethane) against human breast tumor cell lines. *Anti-cancer Drugs*. 1997, Vol. 8, no. 2, pp. 470–481.
14. Aizman R. I., Koroshchenko G. A., Gerasev A. D., Gajdarova A. P. *Using of nonmedicinal preparations for correction of carbohydrate and water-mineral balance at its infringements*. Novosibirsk, Novosibirsk State Pedagogical University Publ., 2014, 90 p.
15. Britkova A. D. Developmental changes of microelements content in organs and tissues of animals. *Bulletin OGU*. 2006, no. 2–2 (52), pp. 7–12.
16. Sullivan J. L. Iron and the sex difference in heart diseaserisk. *Lancet*. 1981, Vol. 1, no. 3, pp. 1293–1294.
17. Aizman R. I., Koroshchenko G. A., Gajdarova A. P., Subotjalov M. A., Lukanina S. N., Sakharov A. V. Mechanisms of action of a rhizome of plant *Curcuma longa* powder on carbohydrate balance at the alloxan-induced diabetic rats. *Bulletin of the Siberian medicine*. 2014, no. 13 (6), pp. 105–112.
18. Cai L. Metallothionein as an adaptive protein prevents diabetes and its toxicity. *Nonlinearity in Biology, Toxicology and Medicine*. 2004, no. 2, pp. 89–103.
19. Madsen-Bouterse S. A., Zhong Q., Mohammad G., Ho Y. S., Kowluru R. A. Oxidative damage of mitochondrial DNA in diabetes and its protection by manganese superoxide dismutase. *Free Radic. Res.* 2010, no. 44 (3), pp. 313–321.

20. Aizman R. I., Gerasev A. D., Koroshchenko G. A., Lukanina S. N. Using of natural zeolites in medical and biologic researches. *Biological science and education in pedagogical high schools: materials of the IV All-Russia. Conf. "The problems of biological science and education ped. institutions of higher education"*, 28–29 April, 2005. Ed. L. G. Vartapetova, R. I. Aizman, O. B. Makarova. Novosibirsk, Novosibirsk State Pedagogical University Publ., 2005, Issue 4, pp. 222–223.
21. Aizman R. I., Turner A. Ja. Developmental features of ionregulating functions of kidneys. *Human Physiology*. 1989, no. 4, pp. 78–86.
22. Natchin Ju. V. *Ionregulating kidney function*. Leningrad, Science Publ., 1976.
23. Koroshchenko G. A., Subotjalov M. A., Gerasev A. D., Aizman R. I. Influence of a rhizome of plant *Curcuma longa* on a carbohydrate balance of rats in experiment. *The Siberian Scientific Medical Journal*. 2011, no. 31 (3), pp. 92–96.
24. Koroshchenko G. A., Gajdarova A. P., Aizman R. I., Subotjalov M. A. Possibility of using of phytopreparations for maintenance of a homeostasis of an organism at a pathology. *Ukrainian Biopharmaceutic Journal*. 2014, no. 4 (33), pp. 45–49.
25. Gajdarova A. P., Koroshchenko G. A., Aizman R. I. Influence of Curcuma and Curcumin on a carbohydrate balance at the alloxan-induced diabetes at rats. *Modern problems of science and education*. 2014, no. 5, p. 597. Available at: <http://www.science-education.ru/119-14779> (accessed 27.10.15)