

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ГОМЕОСТАЗА ГРЫЗУНОВ, ОБИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОЙ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

М.В. ЕЛИСЕЕНКОВА,

*аспирант кафедры органической,
биологической и физколлоидной химии,*

М.А. ДЕРХО (фото),

*доктор биологических наук, заведующая кафедрой органической,
биологической и физколлоидной химии, Уральская ГАВМ*

Ключевые слова: грызуны, кровь, печень.

Микроэлементное загрязнение окружающей среды характерно не только для антропогенных, но и для природных биогеохимических провинций. Металлы искусственного происхождения мигрируют по пищевым цепям как

в условиях их избыточного содержания в природных средах, так и в тех случаях, когда их уровень не превышает предельно допустимых концентраций, и включаются в круговорот химических элементов биогеоценоза. Хотя



457100,
Челябинская обл.,
г. Троицк, ул.
Гагарина, 13;
тел.: 8 (35141) 7-91-94,
8-9080471030

защитный гомеостатический механизм клеток и тканей противодействует интоксикации техногенными элементами путём их биотрансформации, изолирования и повышения скорости выведения, однако установлено, что они практически не метаболизируют в организ-

Rodents, blood, liver.

ме животных [1, 2]. Это, конечно, сказывается на функциональной активности его физиологических систем.

Считается, что индикатором химического состава биогеоценоза являются мелкие млекопитающие, так как для них характерны высокая численность, интенсивный обмен веществ, оседлость и небольшой участок обитания [4]. Установление вероятного влияния того или иного металла на состояние метаболического гомеостаза в их организме осложнено тем, что, во-первых, не определена значимость физиологических систем в организме грызунов на уровне популяции, во-вторых, не изучены вопросы взаимосвязи метаболических процессов с обеспеченностью организма микроэлементами.

Цель исследований

Оценка сопряженности метаболического гомеостаза организма грызунов природной популяции со степенью накопления микроэлементов в клетках печени в зависимости от экологической специализации животных.

Материалы и методы исследований

Экспериментальная часть работы выполнена в степной зоне Брединского и Кизильского районов Челябинской области, которые отнесены к биогеохими-

ческой провинции, характеризующейся избытком никеля и недостатком кобальта и марганца в объектах природной среды [2]. Для выполнения работы было выбрано три экспериментальных участка с учётом их геохимических и фитоценологических особенностей, а также вида техногенного загрязнения (рис.).

Объектом исследований являлась обыкновенная полёвка (*Microtus arvalis*), оседло обитающая в степном ландшафте Челябинской области. Материалом исследований служила кровь и печень перезимовавших самок, отловленных на экспериментальных участках в апреле – мае. Каждая проба крови и ткани печени представляла собой усреднённую пробу от 8-12 животных. В крови и плазме крови определяли содержание глюкозы глюкозооксидазным методом, используя наборы реагентов «Глюкоза-ФКД»; общий белок – рефрактометрическим методом; активность аминотрансфераз – динитрофенилгидрозоновым методом с использованием стандартного набора «БиоЛа-Тест»; мочевины – по цветной реакции с диацетилмонооксимом с помощью наборов «КлиниТест-Мочевина»; в печени – содержание гликогена по концентрации глюкозы после предварительного щелочного гидролиза, а также содержание

микроэлементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Экспериментальный материал обработан общепринятыми методами вариационной статистики.

Результаты исследований

В общую регуляторную систему организма на всех стадиях развития включена микроэлементная физиологическая система гомеостаза, определяющая его реакцию на аккумуляцию металлов изменениями в процессах метаболизма [1]. Возможность функционирования организма грызунов в определённом диапазоне экологических факторов определяется комплексом адаптаций, затрагивающих различные стороны жизнедеятельности, в том числе углеводную и белково-образовательную функции печени. Мы установили, что содержание гликогена в печени грызунов зависело от условий участков обитания. У животных, обитающих на участках 1 и 3, концентрация гликогена составила 2,76-2,78 мг/г органа, что в 1,46 раза больше, чем у грызунов участка 2.

Запасы углеводов в печени используются для поддержания постоянства концентрации глюкозы в крови [5]. При этом её уровень в крови полёвок участков 1 и 3 колебался в пределах 17,16-



Рис. Карта-схема района исследований: 1 – п. Ершовский; 2 – п. Измайловский; 3 – заповедник «Аркаим» (участки исследования природных сред и отлова обыкновенной полёвки).

Участок 1 (фоновый) – его площадь использовалась в севообороте злаковых культур. Участок 2 (фоновый) расположен в зоне воздействия транспортной автомагистрали Бреды – Магнитогорск. Участок 3 (опытный) входит в состав заповедника «Аркаим», на территорию которого с 1991 г. наложен природоохранный режим

17,76 ммоль/л; в плазме – 10,13-13,10 ммоль/л (табл.), что в 1,23-1,27 раза меньше, чем у животных участка 2.

Следовательно, условия обитания полёвок оказывают влияние на процессы обмена углеводов и углеводную функцию печени, вероятно, за счёт регуляции энергозатрат организма. В экологически более пессимальных условиях (участок 2) грызуны на поддержание процессов жизнедеятельности организма используют большее количество глюкозы, что снижает запасы гликогена в печени. Данный вывод подтверждается значениями коэффициентов, отражающих соотношение между количеством гликогена в печени и концентраций глюкозы в крови и плазме. Их величина в организме грызунов участка 2 в 1,8-2,2 раза ниже, чем у животных участков 1 и 3.

Хотелось бы отметить, что в крови грызунов по сравнению с другими животными содержится очень высокая концентрация глюкозы (табл.). Следовательно, органы и ткани организма обыкновенной полёвки наиболее склонны в качестве основного энергетического источника использовать глюкозу, так как процесс её окислительного распада сопровождается образованием достаточно большого количества энергии. При этом он может протекать как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Данные особенности метаболизма глюкозы, вероятно, обеспечивают возможность грызунам вести, во-первых, подземный, во-вторых, подвижный образ жизни. Кроме этого, они имеют маленькую массу тела, что снижает ценность белков и липидов как источников получения энергии [3, 4].

Содержание общего белка в плазме крови (так же, как и углеводных показателей) зависело от участка обитания грызунов и колебалось в пределах 4,1-4,92 г/л (табл.). В плазме крови

животных установлена более высокая каталитическая активность фермента АсАТ – 6,0-6,8 мкмоль/(ч·мл), – чем АлАТ, поэтому значение коэффициента де Ритиса выше единицы. Данное соотношение аминотрансфераз указывает, во-первых, на приоритетное использование в реакциях переамирирования аспарагиновой кислоты, во-вторых, на напряжённый метаболизм в кардиомиоцитах, что свидетельствует о высокой функциональной активности сердца в организме полёвок, так как именно скорость циркуляции крови по кровеносным сосудам определяет возможность вести подвижный и подземный образ жизни в условиях гипоксии, а также поддерживать постоянную температуру тела.

В плазме крови обыкновенной полёвки содержится очень высокий уровень мочевины (19,0-24,4 ммоль/л). Мы полагаем, что его количество свидетельствует о катаболической направленности белкового обмена в организме грызунов. Подтверждением этому служит отсутствие субстрата основы для производства столь высокого уровня конечного продукта белкового метаболизма в печени животных. Поэтому можно предположить, что в организме полёвок в процессах биосинтеза аминокислот активно используются углеводы, покрывающие недостаток белковых субстратов. Активность катаболических реакций более сильно была выражена в организме полёвок, обитающих на участке 2.

При оценке сопряжённости показателей метаболического гомеостаза организма грызунов с уровнем депонируемых микроэлементов печени было установлено следующее. Во-первых, между уровнем металлов в печени и концентрацией гликогена и глюкозы наблюдается обратная корреляционная зависимость. Это указывает на то, что микроэлементы не участвуют

прямо в процессах гликогенолиза, гликогенеза и гликолиза, а оказывают влияние на обмен углеводов опосредованно, вероятно, через каталитическую активность соответствующих ферментов. Этот вывод подтверждается тем, что наибольшие значения коэффициентов корреляции установлены между уровнем гликогена и железа: $r = -(0,71-0,92)$, меди: $r = -(0,81-0,83)$, цинка: $r = -(0,55-0,71)$ и марганца: $r = -(0,53-0,93)$. Вышелерчисленные металлы в качестве коферментов участвуют в образовании пространственной структуры ферментов класса оксидоредуктаз, катализирующих реакции окислительного распада глюкозы, сопряжённых с процессами окислительного фосфорилирования на уровне электротранспортной цепи митохондрий. Кроме этого, они обладают способностью регулировать активность данных энзимов, выступая в роли активаторов или ингибиторов.

Хотелось бы отметить, что с уровнем глюкозы в крови большинство микроэлементов обнаруживает слабую корреляционную взаимосвязь. Исключение составляет только цинк, который коррелирует с глюкозой со значениями $-(0,53-0,65)$. Мы считаем, что столь высокий уровень обратной зависимости обусловлен тем, что цинк используется в процессах биосинтеза гормона поджелудочной железы инсулина, регулирующего концентрацию глюкозы в крови и её использование на покрытие энергозатрат организма.

Во-вторых, железо, медь, цинк, кобальт и марганец гепатоцитов прямо коррелируют с уровнем общего белка в плазме крови ($r = 0,43-0,95$). Это объясняется тем, что большинство белков крови синтезируется в печени и по строению является металлопротеидами.

В-третьих, концентрация мочевины коррелирует только с цинком: $r = 0,53-0,63$ и марганцем: $r = -(0,64-0,95)$,

Таблица

Биохимические показатели крови и печени организма обыкновенной полёвки ($\bar{X} \pm Sx$, $n=5$)

Показатель	Участки обитания животных		
	1	2	3
Глюкоза крови, ммоль/л	17,16±0,61	21,84±1,05*	17,76±0,47
Глюкоза плазмы крови, ммоль/л	10,13±0,68*	15,04±0,64	13,10±0,86
Гликоген, мг/г органа	2,76±0,12	1,90±0,20*	2,78±0,21
Гликоген/глюкоза крови	0,16±0,008	0,09±0,012*	0,16±0,01
Гликоген/глюкоза плазмы крови	0,28±0,03	0,13±0,016*	0,22±0,03
Общий белок плазмы крови, г/л	4,68±0,12	4,10±0,12*	4,92±0,15
АлАТ плазмы крови, мкмоль/(ч·мл)	3,80±0,37*	5,80±0,37*	4,00±0,32
АсАТ плазмы крови, мкмоль/(ч·мл)	6,00±0,45	6,80±0,58	6,20±0,37
Коэффициент де Ритиса	1,65±0,21	1,19±0,12	1,61±0,21
Мочевина плазмы крови, ммоль/л	19,00±0,70	24,40±0,51*	20,40±1,36
Железо, мг/кг	41,00±0,52	129,30±1,04	41,00±0,79
Медь, мг/кг	2,25±0,13*	13,3±0,39	2,66±0,12
Цинк, мг/кг	21,60±0,16*	24,10±0,77	19,60±0,46
Кобальт, мг/кг	0,09±0,02	0,14±0,02	0,10±0,01
Марганец, мг/кг	1,23±0,13	1,36±0,10	1,62±0,20
Свинец, мг/кг	0,16±0,03	0,22±0,03*	0,09±0,01
Никель, мг/кг	0,21±0,02	0,30±0,02	0,19±0,02

* $p < 0,05-0,01$ по отношению к участку 3.

Биология

что даёт основание предположить их участие в процессах её биосинтеза.

Таким образом, мы установили, что независимо от экологической специализации для грызунов, обитающих в условиях природной биогеохимической провинции Брединского и Кизильского районов Челябинской области, характе-

рен белковый обмен, протекающий по катаболическому типу и, вероятно, обуславливающий низкую продолжительность их жизни, а также способность организма покрывать энергозатраты преимущественно за счёт процессов окислительного распада глюкозы. Показатели метаболического гомеоста-

за прямо или опосредованно зависят от концентрации микроэлементов, депонируемых в печени животных. Хотя установленные особенности и изменяются в градиенте условий обитания грызунов, но в большей степени являются видовыми и специфичны для организма полёвок.

Литература

1. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М. : КМК, 2001. 84 с.
2. Кабыш А. А. Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у животных на фоне недостатка и избытка микроэлементов в зоне Южного Урала. Челябинск : Челябинский дом печати, 2006. 450 с.
3. Медведева М. А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика. М. : Аквариум-Принт, 2008. 416.
4. Чибилёв Е. А. Животные в антропогенном ландшафте // М-лы II Межд. науч.-практ. конф. / Астраханский гос. ун-т. Астрахань, 2004. С. 154-157.
5. Шиффман Ф. Д. Патофизиология крови. СПб. : Медицина, 2000. 360 с.