

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОРНЫХ ФАКТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕЛЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Изучены особенности накопления химических элементов в теле лабораторных животных под воздействием стрессорных факторов различной природы (физическая нагрузка, дефицит нутриентов). Выявлен дисбаланс химических элементов на фоне интенсивной физической нагрузки у лабораторных животных. При этом наблюдалось снижение концентрации всех макро- и подавляющего большинства эссенциальных элементов на фоне накопления некоторых токсичных элементов в теле животных опытных групп.

Введение

Наличие и высокая активность адаптационных реакций организма являются синонимом его выживания в экстремальных условиях. В ответ на воздействие экстремальных факторов среды в организме происходит мобилизация структурных, энергетических и информационных ресурсов, что позволяет формировать системный структурный след адаптации, который обеспечивает приспособление организма к комплексу факторов внешней среды [1, 2]. К числу неблагоприятных факторов можно отнести интенсивную мышечную деятельность на фоне дефицитного по минеральной обеспеченности рациона.

Длительное функционирование организма в условиях физической нагрузки, особенно в сочетании с несбалансированным рационом, может явиться причиной истощения его резервных возможностей и развития различных патологических состояний [3, 4].

Материалы и методы исследования

Целью работы явилось проведение экспериментальных исследований по моделированию формирования адаптационного ответа в условиях воздействия стрессорных факторов различной природы (физическая нагрузка, дефицит нутриентов).

Объектом исследования были самцы крыс линии Wistar с двухмесячного возраста. В ходе учетного периода животные были разделены на четыре группы. Первая группа находилась на дефицитном по минеральной обеспеченности рационе и подвергалась физической нагрузке (ФН+ДР). Вторая группа получала полноценный рацион и также была подвержена физической нагрузке (ФН+ОР). Третья группа находилась на дефицитном рационе, но нагрузке не подвергалась (ДР). Четвертая группа, являясь кон-

трольной, не подвергалась физической нагрузке и находилась на полноценном рационе (ОР).

Лабораторные животные подвергались физической нагрузке (бег на тредбане) в течение 8 недель. Предварительно в течение 3–4 дней у животных вырабатывался рефлекс выполнения моделируемой мышечной нагрузки. Интенсивность нагрузки постоянно увеличивалась. По окончании опытного периода животные были выведены из эксперимента. Для формирования средней пробы по телу каждой особи скелетная мускулатура, кости и внутренние органы были измельчены и гомогенизированы.

В образцах определяли содержание 20 химических элементов: Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Sr, V, Zn. Аналитические исследования были выполнены лабораторией АНО «Центр биотической медицины», аккредитованной в Федеральном центре Госсанэпиднадзора при МЗ РФ (аттестат аккредитации ГСЭН. RU.ЦОА.311), методами атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной аргонной плазмой (АЭС – ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (МС – ИСП) на приборах Optima 2000 DV и Elan 9000 (Perkin Elmer, США).

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Microsoft Excel XP, включая описательную статистику, оценку достоверности различий по Стьюденту [5].

Результаты и их обсуждение

В теле лабораторных животных по окончании эксперимента рассчитывалась степень накопления химических элементов из рационов питания. С этой целью производился расчет коэффициента накопления химических элементов в теле лабораторных животных.

Согласно полученным результатам, коэффициенты накопления химических элементов в тканях лабораторных животных в порядке убывания выглядят следующим образом. Первая группа: макроэлементы – P – K – Mg – Na – Ca; эссенциальные элементы – V – Zn – Se – I – As – Cu – Mn – Ni – Co – Fe – Cr; токсичные элементы – Sr – Pb – Al – Cd.

Вторая группа: макроэлементы – K – Ca – Na – P – Mg; эссенциальные элементы – Se – Cr – Zn – I – As – Fe – Ni – V – Cu – Mn – Co; токсичные – Pb – Sr – Al – Cd. Третья группа: макроэлементы – P – K – Mg – Na – Ca; эссенциальные элементы Zn – Co – I – Cr – Fe – V – Cu – Ni – As – Mn – Se; токсичные: Sr – Pb – Al – Cd. В контрольной группе макроэлементы: K – Ca – Na – P – Mg; эссенциальные элементы: Cr – Zn – Se – Fe – Ni – I – As – Cu – Co – V – Mn; токсичные элементы: Pb – Sr – Cd – Al.

Как видно из представленных результатов, сходные показатели выявлены в группах, идентичных по рациону питания (рис. 1, 2).

В группах, находящихся на дефицитном рационе (I и III группы), наибольшие значения коэффициента накопления в обеих группах характерны для Sr, Pb, K, P, Al и Zn. Отрицательные значения коэффициента накопления выявлены для Ca и Cd. Однако в первой группе коэффициент накопления Ca был значительно ниже, чем в третьей группе. Для этой группы характерны также отрицательные значения коэффициента накопления Fe, Co, Cr, Mn и Ni. Наибольшая разница между этими группами выявлена по уровню накопления Ca, P, Fe и Pb.

В группах, находящихся на полноценном рационе (II и IV группы), наибольшие значения коэффициента накопления определены

для K, Ca, Na. В этих группах отличия по уровню накопления химических элементов были менее выражены.

Отрицательный коэффициент накопления выявлен только во второй опытной группе для Cd.

Интересными оказались данные, демонстрирующие суммарное накопление макроэлементов, эссенциальных и токсичных элементов в теле лабораторных животных за время проведения эксперимента (рис. 3).

Как видно из представленных результатов, под влиянием дефицитного рациона значительно увеличилось накопление токсических элементов в теле животных I и III групп. Несмотря на незначительное отклонение накопления макроэлементов, наиболее выраженные изменения зарегистрированы в первой группе: отрицательный баланс эссенциальных элементов на фоне резкого увеличения накопления токсических элементов.

Кроме того, интерес представляет не только оценка накопления содержания химических элементов в различных тканях, но и изменение соотношения отдельных элементов (табл. 1). Наиболее значимыми считаются соотношения Na/K, Ca/P [6], Ca/Mg, Cu/Zn, Cu/Fe, Ca/Pb,

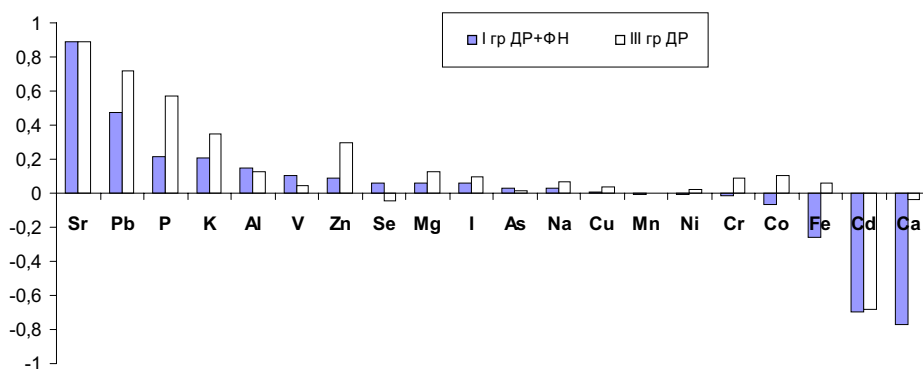


Рисунок 1. Коэффициенты накопления химических элементов в теле животных I и III групп

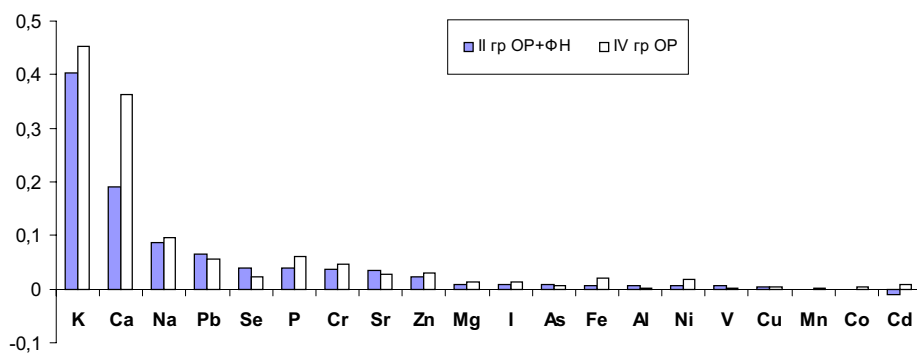


Рисунок 2. Коэффициенты накопления химических элементов в теле животных II и IV групп

Fe/Pb, Sr/Ca. Так, соотношение Na/K реагирует на изменения уровня секреции альдостерона и может являться косвенным показателем минералкортикоидной функции надпочечников. Известно, что спортсменам необходимо достаточное снабжение организма такими элементами, как Zn и Cu. Формирующийся дисбаланс этих элементов может повышать склонность к иммунодефицитным состояниям, воспалительным процессам, болезням кожи, повышать чувствительность к гипоксии. Даже относительный дефицит цинка может отрицательно влиять на скорость восстановления после травм [7].

При анализе динамики соотношения Ca/P в группах, находящихся на дефицитном рационе (I и III группы), выявлено повышение его в первой опытной группе на 16%. Соотношения Ca/Mg, Cu/Zn, Cu/Fe в первой и третьей опытных группах существенно не отличались между собой. Соотношение Na/K в теле лабораторных животных первой группы было на 31% ниже, чем в третьей опытной группе. Отмечено снижение соотношения Ca/Pb на 38%, Fe/Pb – на 27%, Ca/Sr – на 15% в I группе по сравнению с III группой.

В группах, находящихся на полноценном рационе, выявлено снижение соотношения Ca/P на 9%, Ca/Mg – на 17%, Na/K на 15%, Cu/Fe – на 12%, Fe/Pb – на 36%, Ca/Sr – на 41% при воздействии физической нагрузки. Значение соотношения Ca/Pb практически не изменилось. Отмечалось повышение соотношения Cu/Zn на 20% во второй опытной группе по сравнению с четвертой.

Заключение

Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что, несмотря на снижение абсолютного содержания Ca в теле лаборатор-

Таблица 1. Соотношения отдельных элементов в теле лабораторных животных

тело				
	I гр ДР+ФН	II гр ОР+ФН	III гр ДР	IV гр ОР
Ca/P	0,57	1,08	0,48	1,19
Ca/Mg	9,2	16,2	9	19,5
Ca/Pb	10,2	19,3	16,4	19,6
Ca/Sr	194,4	425,0	229,6	724,7
Na/K	0,29	0,29	0,42	0,34
Cu/Fe	0,028	0,015	0,026	0,017
Cu/Zn	0,043	0,035	0,040	0,028
Fe/Pb	656,9	865,1	901,6	1357,3

ных животных, отмечено незначительное увеличение соотношения Ca/P при физической нагрузке на фоне дефицитного рациона. Это связано с неравнозначными потерями Ca и P, что привело к относительному увеличению доли P. Полученные данные свидетельствуют о развитии дисмакроэлементоза лабораторных животных первой опытной группы. В то же время мы отмечаем уменьшение доли макро- и эссенциальных элементов по сравнению с токсичными элементами в группах, подверженных физической нагрузке, на фоне как дефицитного, так и полноценного рационов. Такие изменения согласуются с литературными данными: Sr и Pb могут замещать Ca при усиленном его выведении.

Таким образом, уровень физической нагрузки и питание, отличающееся минеральной составляющей, оказывают существенное влияние на накопление химических элементов из рационов питания, при этом определяющую роль

играет рацион питания. При этом дефицитный рацион приводит к значительному увеличению накопления большинства токсичных элементов (Sr, Pb, Al). Также высоким оказались коэффициенты накопления макроэлементов K и P. Физическая нагрузка на фоне дефицитного рациона привела к значительному снижению накопления в теле лабораторных животных Ca, Fe, Co, Zn, P, K, Cr, Cu, Mn. Парадоксальными оказались ре-

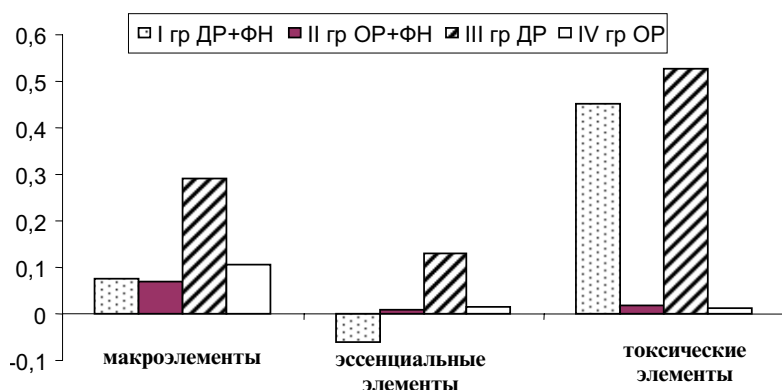


Рисунок 3. Суммарные коэффициенты накопления химических элементов в теле животных

зультаты, свидетельствующие о более высоком накоплении Se и As при физической нагрузке. При содержании на полноценном рационе динамика накопления химических элементов значительно отличалась. В частности, полноценный рацион препятствовал накоплению токсичных элементов в теле. Однако так же, как и на дефицитном рационе, наблюдалось снижение накопления при физической нагрузке Ca, P, Cr,

Co, Fe, Mn, Zn. В этой группе также наблюдалось увеличение накопления Se и As. Следует отметить, что на фоне полноценного рациона изменения накопления химических элементов под действием физической нагрузки были менее выражены. Полученные данные свидетельствуют о важности контроля поступления Ca, P, Cr, Co, Fe, Mn, Zn при воздействии физической нагрузки.

19.10.2010

Список литературы:

1. Агаджанян, Н.А. Физиология человека в полете [Текст] / Н.А. Агаджанян, А.Н. Кислицын, М.В. Сизова. – Сочи: Феникс, 2004. – 184 с.
2. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам [Текст] / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
3. Скальный, А.В. Физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в спорте / А.В. Скальный. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2005. – 210 с.
4. Atrian, S. Perfect adaptation to cope with metal stress and trace element homeostasis: Metal specificity is a fundamental structural feature of snail metallothioneins / S. Atrian [et al.] // Comparative Biochemistry and Physiology – Part A: Molecular & Integrative Physiology. – 2008. – Vol. 151, Issue 1, Suppl. 1. – P. S20.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990.
6. Гресь, Н.А. Оценка метаболических связей кальция, фосфора, калия с использованием коэффициентов Ca/P, Ca/K / Н.А. Гресь, И.В. Тарасюк // II съезд Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ), 24-27 ноября 2008 г., Тверь. – Тверь: [Б. и.], 2008. – С. 10-11.
7. Скальный, А.В. Питание в спорте: макро- и микроэлементы / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, А.Н. Катулин. – М.: Городец, 2005. – 144 с.

**Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы
«Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы
(ГК № П1259 от 27.08.09 г.)**

Сведения об авторах:

Алиджанова И.Э., зав. лабораторией Института микро и нанотехнологий Оренбургского государственного университета, тел. 89068415446, e-mail: inhip@mail.ru

Нотова С.В., профессор кафедры профилактической медицины Оренбургского государственного университета, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: snotova@mail.ru

Кияева Е.В., ведущий инженер лаборатории психопрофилактики, психодиагностики и психотерапии Оренбургского государственного университета, кандидат медицинских наук, тел. 89033626182

Alidzhanova I.E., Notova S.V., Kiyayeva E.V.

The influence of the stress- factors of different nature on the accumulation of chemical elements in bodies of laboratory animals

The authors studied the special features of the accumulation of chemical elements in bodies of laboratory animals under the action of the stress- factors of different nature (physical load, the scarcity of nutrients). They revealed the unbalance of the chemical elements against the background of intensive physical load in laboratory animals. In this case reduction in the concentration of all of the macro- and overwhelming majority of the essential elements against the background of the accumulation of some toxic elements in bodies of animal experimental groups was observed.

References:

1. Aghajanian, NA Human Physiology in flight [Text] / NA Aghajanian, AN Kislitsyn, MV Sizova. - Sochi: Phoenix, 2004. - 184.
2. Meyerson, F. Z. Adaptation to stressful situations and physical strain [Text] / FZ Meerson, MG Pshennikova. - Moscow: Nauka, 1988. - 256.
3. Skalny, AV Physiological aspects of macro-and micronutrients in sport / AV Rocky. - Orenburg: COE at OSU, 2005. - 210.
4. Atrian, S. Perfect adaptation to cope with metal stress and trace element homeostasis: Metal specificity is a fundamental structural feature of snail metallothioneins / S. Atrian [et al.] // Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology. - 2008. - Vol. 151, Issue 1, Suppl. 1. - P. S20.
5. Lakin, GF Biometrics. - M.: Vyssh. shk., 1990.
6. Gres NA Evaluation of the metabolic relationships of calcium, phosphorus, potassium, using the coefficients Ca / P, Ca / K / NA Gres, IV Tarasyuk // II Congress of Russian Society of Medical elementologii (ROSMEM), 24 -27 November 2008, Tver. - Tver: [B. and.], 2008. - S. 10-11.
7. Skalny, AV Nutrition in Sport: macro-and micronutrients / AV Rocky, ZG Ordzhonikidze, AN Katulin. - MM: Gorodets, 2005. - 144.