

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА В ОТВЕТ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Изучены некоторые аспекты адаптационных возможностей организма в ответ на воздействие физической нагрузки в эксперименте. Выявлены изменения биохимических показателей крови, а также показателей гемограммы в опытных группах по сравнению с контрольными. Кроме того, установлены закономерности изменений элементного гомеостаза в организме при чрезмерной физической нагрузке.

Введение

Выраженность реакций организма на воздействие факторов окружающей среды зависит от его адаптационных возможностей, которые определяются суммарными функциональными резервами важнейших физиологических систем. Адаптационные перестройки захватывают комплекс показателей (физиологических, иммунологических, биохимических, психофизиологических), которые при стрессе характеризуются наличием отдельных элементов повреждения. С другой стороны, стрессогенные факторы – неотъемлемые элементы тренирующего воздействия и в определенных условиях способствуют увеличению мощности функциональных резервов организма. В ответ на воздействие 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.

Материалы и методы исследования

В ходе выполнения работы были исследованы адаптационные возможности организма под воздействием физической нагрузки. Объектом исследования были самцы крыс линии Wistar с двухмесячного возраста при массе 150–270 г. Всего в исследовании было использовано 40 крыс. Были сформированы группы, находящиеся на сбалансированном и дефицитном по минеральной обеспеченности рационах.

Лабораторные животные подвергались физической нагрузке (бег на тредбане) в течение 6 недель. По мнению большинства исследователей, тредбан является наиболее удобным способом моделирования физической деятельности на мелких лабораторных животных. Свя-

зано это с тем, что бег является привычным видом мышечной деятельности для лабораторных крыс как основного экспериментального материала, с другой стороны, использование тредбана дает возможность легко дозировать объем и интенсивность моделируемых нагрузок.

Предварительно у животных вырабатывался рефлекс выполнения моделируемой мышечной нагрузки. В среднем 3-4 предварительных тренировки по 10-15 минут достаточно для выработки у животных стойкого рефлекса «избегания» электростимулирующей решетки и постоянного нахождения на ленте тредбана.

Интенсивность нагрузки постоянно увеличивалась. Контролем служили группы, не подвергающиеся физической нагрузке. По окончании эксперимента был проведен убой животных, отделена печень с целью дальнейшего определения содержания химических элементов, а также отобрана кровь для оценки биохимических показателей и проведения общего анализа крови.

Сравнение исследуемых показателей проводилось для четырех групп лабораторных животных. 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 контрольной, не подвергалась физической нагрузке и находилась на полноценном рационе (ОР). Исследуемые показатели опытных групп сравнивались с контрольной.

Для проведения общего анализа использовался анализатор гематологический MEDONIC CA-620 А/О Юнимед Москва 2002 г. Анализ сыворотки крови осуществлялся

при помощи биохимического анализатора Clima MC-15 А/О Юнимед.

В образцах печени определяли содержание 25 химических элементов: Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, 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 аргоновой плазмой (АЭС – ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (МС – ИСП) на приборах Optima 2000 DV и Elan 9000 (Perkin Elmer, США).

Результаты и их обсуждение

В результате исследования были получены следующие данные. При сравнении показателей общего анализа крови оказалось, что уровень гемоглобина и тромбоцитов в крови крыс, подвергавшихся физической нагрузке, был дос-

товерно ниже, чем в контрольных группах. Отмечалась тенденция к понижению концентрации эритроцитов в опытных группах. Достоверных отличий не было выявлено в содержании лейкоцитов в крови опытных и контрольных групп (таблица 1).

При анализе биохимических показателей крови были получены следующие данные. Уровень АсАТ в опытных группах был достоверно выше по сравнению с контролем. В отношении холестерина достоверных отличий получено не было, но отмечается тенденция к уменьшению его концентрации в крови опытных групп. При анализе общего белка, мочевины, сахара крови значимых отличий между группами не выявлено.

При сравнении макроэлементного статуса опытных и контрольных групп были выявлены следующие закономерности. Содержание калия в печени животных I группы оказалось достоверно выше, чем в контрольной группе. Достоверных отличий в содержании Са выявлено не было, но отмечалась тенден-

Таблица 1. Показатели крови лабораторных животных (M ± m)

| Показатели | I группа ФН+ДР | II группа ФН+ОР | III группа ДР | IV группа ОР |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Эр (к/л) | 7,9 ± 0,4* | 8,5 ± 0,7 | 8,4 ± 0,2* | 9,1 ± 0,2 |
| Нб (г/л) | 132,8 ± 12,6* | 163,5 ± 6,6 | 167,6 ± 6,2 | 174,8 ± 3,8 |
| Тром (к/л) | 309,1 ± 123,8* | 649,8 ± 142,8 | 1122,5 ± 116,6* | 799,1 ± 46,4 |
| Лей (к/л) | 10,2 ± 1,1 | 9,4 ± 1,4 | 11,2 ± 3,4 | 8,2 ± 0,9 |
| общ бел (г/л) | 61,6 ± 5,9 | 62,9 ± 3 | 60 ± 2,9 | 54,3 ± 3,6 |
| АсАТ(ед/л) | 262,1 ± 10* | 207 ± 18,8 | 226,9 ± 22,4* | 168,1 ± 8,2 |
| Мочев(ммоль/л) | 12,9 ± 0,9* | 6,1 ± 0,8 | 9,6 ± 1,2* | 6,6 ± 0,3 |
| Креат(ммоль/л) | 85,6 ± 2,3 | 90,5 ± 16,2 | 88,1 ± 8,7 | 85,6 ± 8,3 |
| Хс (ммоль/л) | 1,6 ± 0,09 | 1,7 ± 0,2 | 2,1 ± 0,2* | 1,5 ± 0,1 |
| Глю (ммоль/л) | 6 ± 0,8 | 6,2 ± 0,4 | 5,4 ± 0,4* | 6,5 ± 0,3 |

Примечание: * – достоверные различия в сравнении с контрольной группой

Таблица 2. Содержание макроэлементов в печени лабораторных животных (мг/кг, M ± m)

| Элемент | I группа ФН+ДР | II группа ФН+ОР | III группа ДР | IV группа ОР |
|---------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Са | 68,4 ± 3,4 | 57,2 ± 6,6 | 59,1 ± 2,6 | 62,3 ± 3,1 |
| К | 3986,3 ± 217,9* | 3463,8 ± 196,9 | 3608 ± 84,1 | 3398,8 ± 113,9 |
| Mg | 293,8 ± 11,7 | 268,5 ± 10,5 | 265,8 ± 4,9 | 272,3 ± 4,3 |
| Na | 1381 ± 94,7 | 1107,8 ± 98,6 | 1081,3 ± 61,1* | 1308 ± 113,9 |
| P | 4702 ± 215,9 | 4067,5 ± 135,2* | 4190 ± 30,9* | 4447,8 ± 90,2 |

Примечание: * – достоверные различия в сравнении с контрольной группой

Таблица 3. Содержание эссенциальных и условно эссенциальных элементов в печени лабораторных животных (мг/кг, $M \pm m$)

| Элемент | I группа ФН+ДР | II группа ФН+ОР | III группа ДР | IV группа ОР |
|---------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Co | 0,013 ± 0,001 | 0,008 ± 0,007* | 0,01 ± 0,001 | 0,01 ± 0,0009 |
| Cr | 0,076 ± 0,002 | 0,06 ± 0,008* | 0,06 ± 0,001* | 0,07 ± 0,008 |
| Cu | 3,8 ± 0,2* | 2,9 ± 0,2 | 4,2 ± 0,8* | 2,7 ± 0,04 |
| Fe | 179,2 ± 32,9 | 192 ± 9,8 | 196,3 ± 15,3 | 204 ± 6,9 |
| As | 0,165 ± 0,05 | 0,106 ± 0,02 | 0,15 ± 0,02 | 0,29 ± 0,02 |
| I | 0,03 ± 0 | 0,03 ± 0 | 0,05 ± 0,01 | 0,03 ± 0 |
| Li | 0,004 ± 0,0009 | 0,003 ± 0,0003 | 0,003 ± 0,0005 | 0,003 ± 0,0004 |
| Mn | 1,38 ± 0,1 | 1,54 ± 0,02 | 1,34 ± 0,12 | 1,41 ± 0,11 |
| Ni | 0,02 ± 0,005 | 0,021 ± 0,006 | 0,03 ± 0,007 | 0,02 ± 0,004 |
| Se | 0,46 ± 0,07* | 0,56 ± 0,04 | 0,4 ± 0,05* | 0,69 ± 0,07 |
| Si | 2,5 ± 0,5 | 1,6 ± 0,2 | 2,3 ± 0,09* | 1,95 ± 0,14 |
| V | 0,02 ± 0,001 | 0,0091 ± 0,003 | 0,01 ± 0,006 | 0,002 ± 0,0004 |
| Sr | 0,076 ± 0,002 | 0,06 ± 0,007 | 0,06 ± 0,001 | 0,065 ± 0,008 |
| Zn | 53,3 ± 5,1* | 35,3 ± 1,7 | 39,8 ± 1,2* | 34,6 ± 0,7 |

Примечание: * – достоверные различия в сравнении с контрольной группой

Таблица 4. Содержание токсичных и потенциально токсичных элементов в печени лабораторных животных (мг/кг, $M \pm m$)

| Элемент | I группа ФН+ДР | II группа ФН+ОР | III группа ДН | IV группа ОР |
|---------|----------------|-----------------|---------------|---------------|
| Al | 0,45 ± 0,07 | 0,2 ± 0,05* | 0,5 ± 0,09 | 0,5 ± 0,07 |
| Cd | 0,05 ± 0,003 | 0,05 ± 0,004 | 0,06 ± 0,01 | 0,06 ± 0,009 |
| Hg | 0,009 ± 0,0004 | 0,008 ± 0,0004 | 0,008 ± 0,001 | 0,008 ± 0,001 |
| Pb | 0,02 ± 0,003 | 0,005 ± 0,001 | 0,009 ± 0,002 | 0,008 ± 0,002 |
| Sn | 0,02 ± 0,005 | 0,007 ± 0,001 | 0,01 ± 0,002 | 0,01 ± 0,005 |

Примечание: * – достоверные различия в сравнении с контрольной группой

ция к увеличению его концентрации в I группе и уменьшению во II и III группах по сравнению с контролем. Для магния не было найдено существенных различий в контрольной и опытных группах. Отмечено снижение содержания Na в III группе по сравнению с контролем в 1,3 раза. Обнаружено достоверное снижение содержания P во второй и третьей группах (таблица 2).

Для эссенциальных элементов определены следующие изменения. Установлено достоверное увеличение содержания в печени животных Zn и Sr в первой и третьей группах по сравнению с контролем. При этом содержание Zn увеличилось на 54% в первой и на 15% во второй группах соответственно. А также выявлено достоверное увеличение содержания Cu в печени животных первой группы на 40%, второй – на 7% и третьей группы на 55%.

Выявлена тенденция к снижению содержания большинства токсичных элементов во второй группе по сравнению с контрольной: Al на 60%, Cd на 16%, Pb на 37% и Sn на 30%. Содержание Hg во второй группе осталось неизменным.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований были выявлены некоторые адаптационные особенности организма под воздействием чрезмерной физической нагрузки на фоне различной минеральной обеспеченности. Были выявлены изменения биохимических показателей крови и показателей гемограммы в опытных группах по сравнению с контрольными. Кроме того, было установлено изменение элементного статуса в опытных группах на фоне физической нагрузки.

Обнаружены существенные различия в элементном обмене организма животных в опытных группах. При этом наибольшее влияние на содержание элементов оказало недостаточное их потребление в сочетании с физической нагрузкой, наименьшие отклонения отме-

чены в группе с полноценным рационом, подвергающейся физической нагрузке. Следовательно, адекватная обеспеченность организма химическими элементами способствует формированию адаптации к чрезмерным физическим нагрузкам.

Список использованной литературы:

1. Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н. Питание в спорте: макро- и микроэлементы. М.: ОАО «Издательский дом «Городец», 2005. – 144 с.
2. Мартинчик А.Н., Мамаев И.В., Петухов А.Б. Питание человека (Основы нутрициологии) / Под ред. А.Н. Мартинчика – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2002. – 576 с.
3. Васильев А.В., Хрущева Ю.В. Методические подходы к оценке пищевого статуса // Клиническая диетология. – 2004. – Т. 1. – С. 4-13.
4. Мартиросов Э. Г., Руднев С.Г. Состав тела человека. Новые технологии и методы // Спорт, медицина и здоровье. – 2002. – №3 – С. 5-9.
5. Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Громова О.А. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте. – М.: КМК, 2000. – 71 с.