

**Выводы.** Анализ полученных данных позволяет предположить, что спортсменки в игровых видах спорта, имеющие 34 и 33 варианты гена *MAOA*, обладают более стабильной реакцией нервной системы на физическую нагрузку и способны лучше мобилизовать обработку информации ЦНС в ответ на физическую нагрузку.

Однако необходимо отметить, что данный полиморфизм находится в X хромосоме и мужчины имеют только один аллель данного гена. Таким образом, необходимо провести дальнейшее исследование взаимосвязи гена *MAOA* с показателями тестирования НПУ у мужчин.

1. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта / И. И. Ахметов. – Советский спорт. – 2009. – 268 с.
2. Стояк, В. А. Полиморфизм генов серотонинового обмена у больных алкоголизмом с антисоциальным поведением / В. А. Стояк // Современные проблемы психических расстройств. – Томск, 2010. – С. 102–103.
3. Тимофеева, М. А. Полиморфизмы генов серотонинергической системы – маркеры устойчивости спортсмена к физическим и психическим нагрузкам: дис. ... канд. биол. наук / М. А. Тимофеева. – М., 2009. – 115 с.
4. Brunner, H. G. MAOA deficiency and abnormal behaviour: perspectives on an association / H. G. Brunner // Ciba found. Symp. – 1996. – Vol. 194. – P. 155–164.
5. Sabol, S. Z. A functional polymorphism in the monoamine oxidase A gene promoter / S. Z. Sabol, S. Hu, D. Hamer // Hum. Genet. – 1998. – Vol. 103. – P. 273–279.
6. Denney, R. M. Association between monoamine oxidase A activity in human male skin fibroblasts and genotype of the MAOA promoter-associated variable number tandem repeat / R. M. Denney, H. Koch, I.W. Craig // Human Genetics. – 1999. – Vol. 105. – P. 542–551.

## ОЦЕНКА ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЙ КРЫС НА ФОНЕ ПРЕКОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И В УСЛОВИЯХ ЭНДОТОКСЕМИИ

*Гладкова Ж.А.,<sup>1</sup>*

*Песоцкая Я.А.,<sup>2</sup>* канд. биол. наук, доцент,

*Тихонович О.Г.,<sup>1</sup>*

*Пашкевич С.Г.,<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт физиологии НАН Беларуси,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет физической культуры,  
Республика Беларусь

Повышение устойчивости мозга к дефициту кровоснабжения с помощью прекодиционирования (короткие эпизоды гипоксии) сопровождается активацией эндогенных защитных механизмов организма [1]. В этих условиях задействуются системы монооксида азота, супероксиддисмутаза, транскрипционных факторов (HIF-1, NFκB, JNK, CREB), необходимых для увеличения мощности транспорта и утилизации кислорода, антиоксидантной защиты, снижения выраженности дисфункции эндотелия кровеносных сосудов, повреждений митохондрий клеток [1]. Известно, что и однократная острая гипоксия включает защитный механизм: понижается температура головного мозга и локально повышается выброс нейротрансмиттера ГАМК, что снижает потребность мозга в кислороде и минимизирует последствия асфиксии [2]. При этом степень изменений в функционировании сердечно-сосудистой системы зависит от интенсивности и длительности гипоксии, выраженности нарушений кровообращения, отека, расстройства метаболизма, индивидуальной и возрастной устойчивости, температуры тела [1]. Процессы реализации защитных реакций организма, таких как ноцицептивный рефлекс и глубокая температура тела, в условиях моделирования патологических процессов исследованы для оценки выносливости организма в экстремальных ситуациях, что актуально для спорта высших достижений. Целью исследования явился анализ влияния гипоксического прекодиционирования на реализацию ноцицептивных рефлексов и уровень глубокой температуры тела в условиях эндотоксемии.

**Материалы и методы.** Эксперименты проведены в светлое время суток в соответствии с Положениями и принципами действующих правил GLP (Good Laboratory Practices), Агентства о защите Окружающей среды (EPA), 40 CFR Часть 160 и 792, Управления Контроля Продуктов и

Лекарств (FDA), 21 CFR Часть 58, и ОЭСР на белых крысах-самцах массой  $0.25 \pm 0.03$  кг. Животных содержали в стандартных условиях вивария (температура воздуха  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , 12-часовое искусственное освещение) при свободном доступе к воде и пище. Животных в течение двух недель адаптировали к условиям эксперимента (хендлинг и пребывание в боксах, ограничивающих подвижность). В условиях свободно поведения регистрировали глубокую температуру тела и латентный период ноцицептивного рефлекса (ЛПНР). Для проведения опытов боксы с животными располагали в термостатах при температуре  $29^\circ\text{C}$  и относительной влажности 50 % [3]. Глубокую температуру тела измеряли медь-константановыми термопарами (электротермометр фирмы “Physitemp”, США), которые располагали вдоль вентральной поверхности основания хвоста на глубине 7 см от ануса и фиксировали при помощи лейкопластыря [3]. Для моделирования эндотоксемии этим же особям вводили 10 мкг/кг/мл липополисахарида *E.coli* (ЛПС) внутривенно, однократно. Латентный период ноцицептивной реакции измеряли с помощью анальгезиметра (“Hot plate”, Stoelting, США). Показателем защитной реакции являлось облизывание животными задней конечности [4]. Крыс распределили на 2 группы: 1-я группа – контрольные ( $n=5$ ), 2-я группа – особи ( $n=7$ ), подвергавшиеся в течение 14 дней (через 2 дня) 15-минутной гипобарической гипоксии (в гипоксикаторе, 100 мм рт. ст. при регистрации вакуумметром). В качестве теста на выносливость всем исследуемым проводили процедуру 5-минутной острой гипоксии. Статистическую значимость полученных результатов оценивали при помощи критерия Манна–Уитни для непараметрических выборок или парного теста Уилкоксона и представляли в тексте в виде  $M \pm m$ . Различия считали значимыми при  $p < 0,05$ . Для построения графиков использовали программу OriginPro70.

**Результаты исследования и их обсуждение.** У контрольных крыс в процессе регистрации ЛПНР, отмечена естественная вариативность его динамики. Через 15 минут после моделирования 5-минутной гипоксии достоверных изменений не выявлено (рисунок 1).

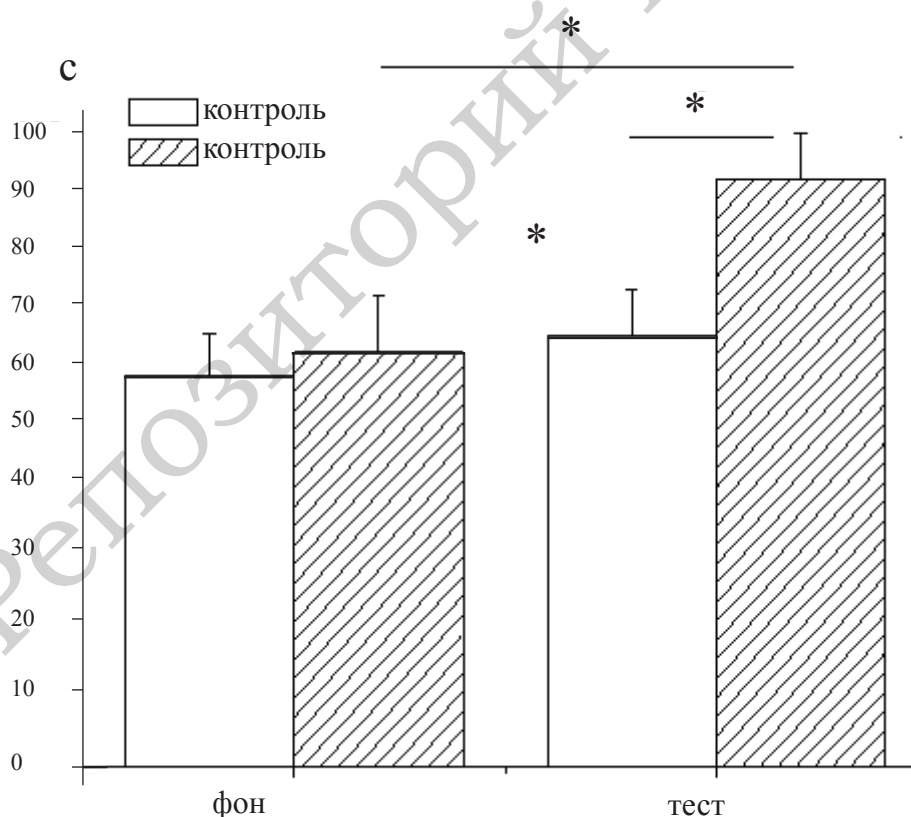


Рисунок 1 – Изменения латентного периода ноцицептивного рефлекса (ЛПНР) в секундах (с) у крыс самцов через 15 минут после 5-минутной гипобарической гипоксии (100 мм рт. ст.) (контроль  $n=5$ , опыт  $n=7$ ), (\* –  $p < 0,05$  по отношению к фону и между группами)

Предъявление теста (кратковременной 5-минутной гипоксии) способствовало выявлению физиологического уровня регуляции защитных функций у животных, ранее не подвергавшихся ( $n=5$ ,

контроль, рисунок 1) и подвергавшихся (n=7, опыт, рисунок 1) воздействию гипобарической гипоксии (эффект прекондиционирования). Отмечено, что у крыс, ранее подвергавшихся ежедневному воздействию гипоксии, развивается гипоалгезия (Рис. 1). Характерно и отличие в поведении во время теста. Тренированные животные начинали активно двигаться на 2 минуты позже, чем контрольные. Такие особенности пассивно-оборонительного рефлекса свидетельствуют о переходе организма в режим экономии энергетических ресурсов, который позволяет клеточным популяциям головного мозга выжить в условиях снижения напряжения кислорода. Результаты опытов подтвердили высказанную гипотезу об адаптивном характере повторных кратковременных гипоксических воздействий.

Далее моделировали эндотоксемию. Регистрацию глубокой температуры тела проводили в течение 240 минут. Фоном служили данные измерений, полученные в течение 15 минут. Далее инъецировали ЛПС (10 мкг/кг/мл). Через 15 минут регистрации уровня глубокой температуры внутрибрюшинное введение ЛПС сопровождалось у контрольных животных незначительным ростом температуры, а у опытных – ее снижением (рисунок 2). У контрольных крыс максимальный подъем уровня глубокой температуры тела составил  $0,5 \pm 0,2$  °C на 90-й и  $0,4 \pm 0,05$  °C 210-й минутах, а у особей подвергавшихся гипобарической гипоксии –  $0,4 \pm 0,2$  °C на 75-й и 145–155-й минутах (рисунок 2). К 240-й минуте наблюдения у экспериментальных животных наблюдали значимое снижение уровня глубокой температуры тела по сравнению с контрольными (рисунок 2).

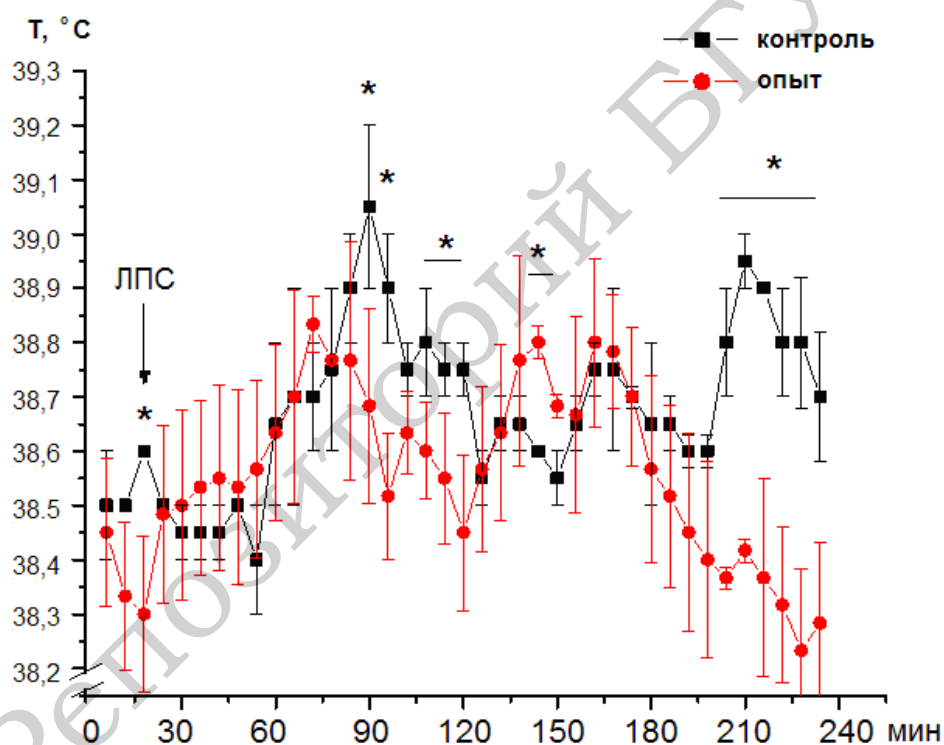


Рисунок 2 – Изменения глубокой температуры тела (Т) у крыс-самцов во время пребывания в стандартных условиях регистрации, в течение 4 часов после введения липополисахарида *E.coli* (ЛПС) в концентрации 10 мкг/кг/мл. Контроль (n=5, квадраты), после 14 суток тренировки в условиях гипоксии (n=7, кружки) (\* –  $p < 0,05$  между группами)

Выявленные особенности изменения глубокой температуры тела в условиях системного воспалительного процесса у экспериментальных животных свидетельствуют о повышении эффективности защитных функций системы терморегуляции у животных, подвергавшихся гипобарическому гипоксическому прекондиционированию в течение двухнедельного периода.

**Выводы.** Известно, что развитие системных или локальных воспалительных процессов сопровождается снижением в крови  $pO_2$  и развитием окислительного стресса [5]. Полученные данные свидетельствуют о необходимости проведения системных гипоксических тренировок для повышения

защитных сил организма перед спортивными соревнованиями, хирургическими вмешательствами и для профилактики острого течения воспалительных заболеваний.

1. Особенности экспрессии про- и антиапоптотических белков Вах и Bcl-2 в нейронах мозга крыс в ответ на тяжелую гипобарическую гипоксию: корректирующий эффект гипоксического прекодиционирования / М. О. Самойлов [и др.] // Доклады Академии наук. – 2005. – Т. 402. – № 4. – С. 563–565.

2. Лебедев, Д. С. Экспрессия митохондриального разобщающего белка UCP2 в мозге крыс после повреждения гиппокампа каиновой кислотой / Д. С. Лебедев, В. И. Архипов // Бюллетень эксперим. биологии и медицины. – М.: Наука, 2010. – Т. 150 (8). – С. 148–150.

3. Хабриев, Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Р. У. Хабриев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2005. – 832 с.

4. In vivo модели для изучения анальгетической активности / Д. А. Бондаренко [и др.] // Биомедицина, 2011. – Т. 1. – № 2. – С. 84–94.

5. Гипоксическое прекодиционирование модифицирует активность про- и антиоксидантных систем гиппокампа крыс / М. С. Кислин [и др.] // Биомедицинская химия, 2013. – Т. 59. – Вып. 6. – С. 673–681.

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО РАЦИОНА ДЛЯ ПОСТЕПЕННОГО СНИЖЕНИЯ МАССЫ ТЕЛА В СПОРТИВНОЙ ПРАКТИКЕ

*Еншина А.Н.*, канд. мед. наук, доцент,  
Белорусский государственный университет физической культуры,  
Республика Беларусь

Методика уменьшения массы тела, используемая спортсменами, может включать употребление слабительных средств, посещение сауны, парилки, использование резиновых костюмов, а также снижение потребления пищи и жидкостей [1; 2]. Быстрое уменьшение массы тела может оказать отрицательное воздействие на баланс жидкости и электролитов, состав тела, терморегуляцию, функцию сердца и почек, уровень тестостерона и силу [1; 2]. Несмотря на отрицательное воздействие сильного обезвоживания, Hogswill [1] сообщает, что быстрое уменьшение массы тела не оказывает отрицательного воздействия на высокоинтенсивное усилие, длящееся менее 30 с. В одном из исследований [1] показано, что действующие дзюдоисты, которые уменьшали массу тела постепенно, улучшили высоту вертикального прыжка при лишней массе на 6–8 % по сравнению с теми, кто уменьшал массу быстро. Однако обезвоживание, действительно, снижает способность выдерживать нагрузку более 1–2 мин, а значит обезвоженный спортсмен не обладает выносливостью для соревнований. Запасы гликогена также истощаются при обезвоживании, вызванном нагрузкой, ограничении пищи жидкости [1; 2]. Обезвоживание снижает уровень натрия, калия, хлора и магния [3] Рекомендуется безопасное уменьшение массы (не более 1,5 кг в неделю) для минимизации потери воды в результате добровольного обезвоживания и максимизации потери жира; при помощи сбалансированного питания соответствующие тренировочные занятия следует начать задолго до сезона соревнований [1]. Минимальный жир тела не должен быть ниже 7 % для мужчин и 12 % для женщин [1].

У спортсменов, занимающихся самыми различными видами спорта, существует потребность в корректировке или сохранении оптимальной массы тела. В частности, показано, что у биатлонистов дефицит массы тела до 17 % может способствовать улучшению спортивных результатов. Достаточно часто возникает потребность снижения массы тела у спортсменов, занимающихся единоборствами.

К сожалению, отсутствует единая идеальная диета как в питании вообще, так и в спортивном питании в частности. Учеными разработаны лишь основные рекомендации по оптимальной энергетической ценности рационов и содержанию основных нутриентов для различных видов спортивной деятельности.

Существует множество рекомендаций по снижению массы тела: диеты по Брэггу, Шаталовой, раздельное питание, разгрузочные диеты и т. д.

В действующей в настоящее время в Республике Беларусь системе диетического питания используются разгрузочные и специальные диеты. Они рекомендуются при необходимости полного щажения пораженных органов и систем, призваны улучшать их функции, способствовать нормализации обменных процессов, а самое главное – уменьшать массу тела. Некоторые из этих диет можно использовать для коррекции массы тела [4].