

гомосерина и цистатионина при ПАИ-1. В обоих случаях отмечается снижение содержания метионина при повышенной концентрации γ -глутамилцистеина.

2. Применение аминокислотной композиции Тритарг в течение 28 суток приводит к более выраженным метаболическим эффектам в плазме крови крыс на фоне ПАИ-1, что выражается в снижении содержания метионина, гомоцистеина, цистеина, глутатиона, серина и глицина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лелевич, С. В. Метаболические аспекты алкогольной интоксикации. / С. В. Лелевич, В. В. Лелевич. – Гродно : ГрГМУ, 2024. – 164 с.
2. Метаболическая коррекция алкогольной интоксикации / С. В. Лелевич, А. Г. Веницкая, В. В. Лелевич, В. М. Шейбак – Гродно : ГрГМУ, 2013. – 174 с.
3. Лелевич, В. В. Прерывистая алкогольная интоксикация - новая модель экспериментального алкоголизма / В. В. Лелевич, С. В. Лелевич // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2014. – № 3(11). – С. 90-97.
4. Alcohol and the intestine / S. Patel, R. Behara, G. R. Swanson [et al.] // Biomolecules. – 2015. – Vol. 5, №4. – P. 2573-2588.
5. Metabolomics in the study of alcohol use disorder: a systematic review/ A. Hernández-Rubio, L. Bueno, C.L. Mantellini, E. Caballeria, [et al] // Psychiatry Research. – 2025. – Vol. 353. – P. 116766. – doi: 10.1016/j.psychres.2025.116766.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Сидорова Ю.С., Бирюлина Н.А., Петров Н.А.

*Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии
и безопасности пищи, Москва, Российская Федерация*

Физическая активность оказывает сильное влияние на метаболические процессы, такие как, как регуляция уровня глюкозы, липидный обмен и митохондриальный биогенез [1, 3]. Регулярные физические упражнения помогают организму контролировать уровень глюкозы в крови за счет повышения чувствительности к инсулину, кроме того, физическая активность способствует метаболизму липидов, увеличивая окисление жирных кислот, уменьшая процент висцерального жира и улучшая липидный профиль. В результате регулярные физические упражнения не только способствуют контролю веса, но и оптимизируют использование энергии, способствуя метаболической устойчивости и снижая риск метаболических расстройств [4,5,7]. Кроме того, доказано, что физическая активность снижает хроническое воспаление: вызванные физическими упражнениями сокращения мышц высвобождают противовоспалительные цитокины, такие как ИЛ-6, которые помогают уменьшить воспаление, позволяя организму лучше адаптироваться к ежедневным нагрузкам [8]. Во время физических упражнений организм

вырабатывает активные формы кислорода (АФК) в качестве естественного побочного продукта энергетического обмена, особенно в мышечной ткани [6]. Хотя избыточное образование активных форм кислорода может вызывать окислительное повреждение и клеточный стресс, умеренные уровни окислительного стресса играют важную роль в передаче сигналов адаптивных реакций. Активные формы кислорода действуют как сигнальные молекулы, активирующие пути, необходимые для метаболической адаптации, включая усиление системы антиоксидантной защиты и митохондриального биогенеза, что отражает способность организма адаптироваться к умеренному стрессу, укрепляя его устойчивость к будущим стрессорам [2].

Для оценки эффектов разрабатываемых функциональных пищевых ингредиентов и специализированных пищевых продуктов на их основе в первую очередь требуется разработка и верификация адекватных экспериментальных моделей «физических нагрузок» *in vivo*, что и стало целью нашего исследования. Интенсивность физических упражнений, исследованных в наших экспериментах, можно классифицировать как низкую, умеренную и высокую.

При моделировании низкой физической активности: крысы бегали 1 раз на «Беговой дорожке», оснащенной 5 беговыми полосами. Умеренную нагрузку моделировали бегом 3 раза в неделю и интенсивную физическую нагрузку бегом 5 дней в неделю. Скорость полотна тредмила повышали постепенно, учитывая индивидуальные показатели выносливости животных. Время тренировки всегда оставляло 10 мин. Животных побуждали к бегу при помощи электрического тока не более 0,8мА.

Через 30 дней тренировок крысы подвергались истощающей физической нагрузке. Скорость ленты повышали каждые 5 мин, максимальная скорость не превышала 45 см/с. Угол наклона дорожки - 10 градусов. При появлении признаков утомления животных переводили в жилую клетку. Через 24 ч после истощающей тренировки крыс выводили из эксперимента. Определяли содержание катехоламинов и кортикостерона.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программного пакета SPSS Statistics 20 (IBM). Выборка подвергалась проверке на нормальность с использованием критерия Колмогорова–Смирнова при $p=0.05$.

Животные, бегавшие 1 день в неделю, потребляли достоверно больше корма, прирост массы тела этих животных был достоверно выше по сравнению с животными контрольной группы, отмечено достоверное увеличение уровней дофамина, норадреналина и адреналина, а также рост кортикостерона.

Животные, подвергавшиеся тренировкам 3 раза в неделю, потребляли достоверно меньше корма, от показателя животных контрольной группы, при этом прирост массы тела достоверно не отличался. У животных, подвергавшихся беговой нагрузке 3 раза в неделю, отмечено достоверное увеличение уровня кортикостерона и достоверное увеличение суточной экскреции норадреналина с мочой по сравнению с контрольной группой.

Не выявлено достоверных различий в потреблении корма для животных бегавших 5 дней в неделю, при этом выявлено отставание в приросте массы тела.

При тренировках 5 раз в неделю животные хорошо адаптируются, травмоопасность минимальна, на стадии истощения животные демонстрируют большую выносливость по сравнению с животными, тренирующимися 1 раз в неделю. Однако не происходит роста основного маркера стресса кортикостерона.

Для проведения дальнейших исследований нами была выбрана оптимальная схема нагрузок 3 раза в неделю, которая позволяет избежать травмирования животных, при достоверном изменении показателей стресс-системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амарант и Псевдозлаки - новые источники биологически активных веществ : Монография / Ю. С. Сидорова, Н. А. Петров, Ю. М. Маркова [и др.]. – Москва : Издательство "Перо", 2024. – 234 с.
2. Berry, R. A dose of experimental hormesis: When mild stress protects and improves animal performance / R. Berry, G. López-Martínez // *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular & Integrative Physiology*. – 2020. – Vol. 242. – P. 110658.
3. Tkaczenko, H. Antioxidant-Rich Functional Foods and Exercise: Unlocking Metabolic Health Through Nrf2 and Related Pathways / H. Tkaczenko, N. Kurhaluk // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Vol. 26, № 3. – P. 1098.
4. Fasipe, B. Exercise and vascular function in sedentary lifestyles in humans / B. Fasipe, Sh. Li, I. Laher // *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*. – 2023. – Vol. 475, № 7. – P. 845-856.
5. Exercise Training and Skeletal Muscle Antioxidant Enzymes: An Update / S. K. Powers, E. Goldstein, M. Schrager, L. L. Ji // *Antioxidants*. – 2022. – Vol. 12, № 1. – P. 39.
6. High intensity muscle stimulation activates a systemic Nrf2-mediated redox stress response / E. L. Ostrom, A. P. Valencia, D. J. Marcinek, T. Traustadóttir // *Free Radical Biology & Medicine*. – 2021. – Vol. 172. – P. 82-89.
7. Done, A. J. Nrf2 mediates redox adaptations to exercise / A. J. Done, T. Traustadóttir // *Redox Biol.* – 2016. – Vol. 10. – P. 191–199.
8. The Impact of Exercise on Immunity, Metabolism, and Atherosclerosis / U. Meyer-Lindemann, A. Moggio, A. Dutsch, T. Kessler, H.B. Sager // *Int. J. Mol. Sci.* – 2023. – Vol. 24, № 4. – P. 3394.