

## Фитокоррекция Как Фактор Ускорения Восстановительных Процессов После Физических Упражнений

*Жалалова Вазира Замировна*

*PhD, доцент, заведующая кафедрой клинической фармакологии Бухарского государственного медицинского института, E-mail: jalalova.vazira@bsmi.uz*

**Актуальность темы.** Процессы восстановления после физической нагрузки представляют собой сложную и многоуровневую систему, включающую регуляцию мышечного метаболизма, восстановление энергетических резервов, репарацию повреждённых тканей и адаптацию сердечно-сосудистой, нервной и эндокринной систем. У спортсменов и людей с высокой физической активностью эффективность этих процессов определяет не только краткосрочные показатели работоспособности, но и долгосрочную сохранность функционального состояния организма, предотвращение переутомления, травм и развития хронического мышечного или суставного дискомфорта.

В последние годы растёт интерес к использованию природных биокомпонентов для ускорения восстановительных процессов после физической нагрузки. Среди них особое место занимает спирулина — микроводоросль, обладающая уникальным комплексом биологически активных веществ: белков высокой биологической ценности, полиненасыщенных жирных кислот, феофитинов, витаминов и минералов, а также мощными антиоксидантными соединениями, такими как фикоцианин и каротиноиды. Научные данные свидетельствуют, что антиоксидантные свойства спирулины позволяют эффективно нейтрализовать избыточное образование свободных радикалов, возникающих при интенсивной мышечной работе, тем самым снижая уровень окислительного стресса и повреждений клеточных мембран. Кроме того, белковые и минеральные компоненты спирулины способствуют поддержанию синтеза белка, ускоряют восстановление мышечных волокон и нормализуют обменные процессы в организме после нагрузки.

С учётом возрастающего интереса к интеграции нутрицевтиков и фитотерапевтических средств в спортивную и реабилитационную практику, научное изучение роли спирулины в процессах восстановления после физической нагрузки приобретает особое значение. Оно позволяет не только уточнить молекулярные и физиологические механизмы действия данного растительного биокомпонента, но и разработать практические рекомендации по его рациональному применению для ускорения регенерации, снижения усталости и повышения адаптационной способности организма к тренировочным и физическим стрессам. Таким образом, актуальность исследования определяется как практической, так и фундаментальной научной значимостью, способствуя расширению знаний о комплексном влиянии растительных биокомпонентов на восстановительные механизмы организма.

**Цель и задачи исследования.** Целью данного исследования является комплексное изучение влияния биологически активных растительных компонентов, таких как спирулина и сафлор, на морфофункциональные изменения скелетных мышц и миокарда при избыточной физической нагрузке. Особое внимание уделяется выявлению их потенциальной роли в программах метаболической поддержки, направленных на оптимизацию процессов восстановления после нагрузок, повышение адаптационной способности организма и улучшение физической выносливости. Актуальность исследования определяется необходимостью разработки научно обоснованных подходов к поддержке спортсменов, детей и подростков, которые подвержены интенсивным физическим и тренировочным стрессам, с целью профилактики мышечного

устоления, травматизации и нарушений функционального состояния сердечно-сосудистой и скелетной системы.

Для реализации поставленной цели исследования определены следующие ключевые задачи:

1. Выполнить детальный морфологический анализ скелетных мышц и миокарда у крыс двух возрастных групп (3 и 6 месяцев) после воздействия избыточной физической нагрузки, используя гистологические и морфометрические методы, что позволит выявить структурные изменения на клеточном и тканевом уровнях.
2. Оценить влияние биологически активных компонентов, в частности спирулины, на морфофункциональные характеристики мышечной и сердечной ткани, включая размеры и организацию мышечных волокон, степень васкуляризации, состояние соединительной ткани и показатели функциональной зрелости кардиомиоцитов.
3. Исследовать потенциал коррекции возрастных и нагрузочных изменений под воздействием растительных биокомпонентов, с целью выявления механизмов ускоренного восстановления и повышения физической выносливости организма.
4. На основе полученных данных обосновать целесообразность применения спирулины и сафлора в программах метаболической поддержки и восстановительной терапии после интенсивных физических нагрузок, с особым вниманием к спортсменам, детям и подросткам.

Реализация указанных задач позволит глубже понять молекулярно-клеточные и морфофункциональные механизмы действия растительных биокомпонентов на скелетную и сердечную мышечную ткань, создавая научную основу для разработки эффективных подходов к восстановлению и поддержанию функциональной активности организма, как в экспериментальной, так и в прикладной спортивной и медицинской практике.

**Материалы и методы.** В исследовании использовались лабораторные крысы двух возрастных групп — 3 и 6 месяцев. Животные были случайным образом распределены на экспериментальную и контрольную группы. Экспериментальная группа подвергалась максимальной физической нагрузке и одновременно получала биологически активные добавки — спирулину и сафлор, тогда как контрольная группа испытывала аналогичную физическую нагрузку без применения данных добавок.

Для оценки морфологических изменений скелетных мышц и миокарда у крыс проводился забор биопсийного материала. Образцы тканей фиксировались, подвергались стандартной гистологической обработке, включающей парафинизацию и нарезку серийных срезов толщиной 4–5 мкм. Гистологический анализ выполнялся с использованием световой микроскопии и методов окрашивания гематоксилином и эозином, а также специальных методик для оценки состояния соединительной ткани и васкуляризации.

Морфометрический анализ включал измерение размеров мышечных волокон, степени их структурной организации, плотности васкуляризации, состояния соединительной ткани и показателей функциональной зрелости кардиомиоцитов. Для количественного анализа использовались цифровые изображения с последующей обработкой в программном обеспечении ImageJ.

Влияние спирулины и сафлора на морфофункциональные параметры мышечной и сердечной ткани, а также на показатели физической выносливости животных, оценивалось с помощью статистических методов. Обработка данных проводилась в программе SPSS (версия XX) с применением t-теста для парных сравнений и однофакторного дисперсионного анализа

(ANOVA) для выявления различий между группами. Статистическая значимость различий считалась достоверной при уровне  $p < 0,05$ .

Применяемая методика позволяла комплексно оценить влияние биологически активных растительных компонентов на морфофункциональное состояние скелетных мышц и миокарда у крыс разных возрастных групп в условиях избыточной физической нагрузки, а также определить их потенциал для ускорения процессов восстановления и повышения физической выносливости.

**Результаты и анализ.** В результате проведенного исследования было установлено, что введение биологически активных добавок спирулины и сафлора оказывает выраженное положительное влияние на морфофункциональное состояние скелетных мышц и миокарда лабораторных крыс в условиях избыточной физической нагрузки. В морфологическом отношении у животных экспериментальной группы отмечено достоверное снижение признаков воспалительной реакции и дистрофических изменений в мышечной ткани и миокарде по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Отмечалось уменьшение отека межклеточного вещества, упорядочение структуры мышечных волокон, повышение плотности и четкости поперечной исчерченности кардиомиоцитов и скелетных мышечных клеток, что свидетельствует о снижении повреждающего воздействия чрезмерной физической нагрузки.

Иммуно-гистохимический анализ показал достоверное снижение уровня ключевых маркеров воспаления и окислительного стресса, включая TNF- $\alpha$ , IL-6 и малоновый диальдегид (MDA). Уровень экспрессии этих маркеров в экспериментальной группе был значительно ниже, чем в контрольной, что отражает противовоспалительный и антиоксидантный эффект спирулины и сафлора. Одновременно наблюдалось активация регенеративных процессов в мышечной и сердечной тканях, выраженная в увеличении числа пролиферирующих клеток, усилении синтеза структурных белков миофибрилл и стабилизации цитоскелетных элементов, что обеспечивает восстановление функциональной структуры мышечных волокон.

Морфометрический анализ выявил улучшение структурно-функциональных показателей мышечной и сердечной ткани: увеличился диаметр мышечных волокон, возросла плотность и организованность миофибрилл, наблюдалось более равномерное распределение ядрышек и повышение васкуляризации миокарда. Эти изменения отражают не только структурное восстановление, но и повышение метаболической и функциональной активности тканей. Особенно заметным было улучшение капиллярной сети и микроциркуляции, что обеспечивает лучшее снабжение клеток кислородом и питательными веществами, а также ускоряет процессы репарации и регенерации.

Функциональные параметры животных также претерпели положительные изменения. Экспериментальная группа продемонстрировала значительное повышение выносливости при тестах на физическую активность, более быстрое восстановление после нагрузки и нормализацию показателей сердечной деятельности, включая ритм и сократительную функцию. Статистический анализ подтвердил, что улучшения морфофункциональных и физиологических показателей у крыс, получавших спирулину и сафлор, были достоверными по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,01$ ).

Дополнительно наблюдалась корреляция между морфологическими и функциональными параметрами: уменьшение воспалительных проявлений и окислительного стресса сопровождалось улучшением микроструктуры миофибрилл, стабилизацией цитоскелета и повышением функциональной выносливости. Эти данные свидетельствуют о комплексном действии спирулины и сафлора, включающем противовоспалительное, антиоксидантное, регенеративное и метаболическое влияние на мышечные и сердечные ткани.

Таким образом, проведенное исследование демонстрирует, что спирулина и сафлор способны значительно ускорять процессы восстановления после избыточной физической нагрузки, обеспечивая структурное и функциональное восстановление скелетных мышц и миокарда. Эти результаты подчеркивают высокий потенциал данных биокомпонентов для метаболической поддержки организма, повышения физической выносливости и снижения риска повреждений мышечной и сердечной ткани. Полученные данные имеют важное значение для разработки программ спортивной и восстановительной медицины, а также для применения растительных биокомпонентов в профилактике и коррекции последствий интенсивных физических нагрузок у спортсменов, детей и подростков.

**Выводы.** Экспериментальные данные подтверждают, что введение биологически активных добавок спирулины и сафлора в условиях избыточной физической нагрузки оказывает выраженное противовоспалительное и антиоксидантное действие на скелетные мышцы и миокард. У животных экспериментальной группы выявлено достоверное снижение концентраций провоспалительных цитокинов (TNF- $\alpha$ , IL-6) и маркеров окислительного стресса (MDA) по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о снижении повреждающего воздействия физических нагрузок на клеточный аппарат мышечной и сердечной ткани.

Морфологический и морфометрический анализ показал, что спирулина и сафлор способствуют структурной стабилизации мышечных и миокардиальных волокон. В частности, у животных экспериментальной группы наблюдалось увеличение диаметра мышечных клеток и миофибрилл, более выраженная упорядоченность и плотность цитоскелета, усиление васкуляризации и нормализация состояния соединительной ткани. Эти изменения отражают восстановление морфофункциональной зрелости и повышение механической устойчивости тканей.

Иммуно-гистохимические исследования продемонстрировали, что добавки способствуют повышению экспрессии белков, отвечающих за структурную целостность и регенерацию мышечных и сердечных клеток, включая цитоскелетные и сократительные компоненты. Усиление экспрессии этих белков указывает на активацию эндогенных механизмов восстановления и повышение функциональной активности тканей на молекулярном уровне.

Функциональные показатели показали, что спирулина и сафлор оказывают положительное влияние на физическую выносливость животных, улучшая параметры мышечной работы и сердечной функции. Это подтверждает их способность ускорять восстановление после интенсивных физических нагрузок и снижать риск перегрузочных повреждений, что особенно важно для спортсменов и лиц с высокой физической активностью.

Полученные данные позволяют предположить, что биологически активные компоненты спирулины и сафлора действуют многопланово: они одновременно уменьшают воспаление и окислительный стресс, стабилизируют цитоскелет и структуру мышечных волокон, активируют процессы регенерации и повышают функциональную устойчивость тканей.

Практическое значение исследования заключается в обосновании применения спирулины и сафлора в программах метаболической поддержки, спортивной подготовки и восстановительной медицины. Добавки могут быть рекомендованы для ускорения восстановления после интенсивных физических нагрузок, повышения выносливости и снижения риска травм у спортсменов, детей и подростков, а также для оптимизации процессов регенерации мышечной и сердечной ткани при нагрузочных стрессах.

В целом, результаты работы формируют научную основу для дальнейших исследований молекулярно-клеточных и морфофункциональных механизмов действия растительных

биокомпонентов на мышечную и сердечную ткань, что имеет важное значение как для экспериментальной физиологии, так и для прикладной спортивной и медицинской практики.

## References.

1. Злобин, В. М., & Фролов, А. В. (2018). *Роль биологически активных добавок в спортивной медицине*. Спортивная медицина, 3(41), 23–30.
2. Кароматов И. Д., Рахматова М. Р., Жалолова В. З. Лекарственные растения и медикаменты. – 2020.
3. Кароматов, И. Д., Рахматова, М., & Жалолова, В. (2020). Лекарственные растения и медикаменты: Сочетанное применение синтетических лекарственных средств с лекарствами натурального происхождения. *EDN XDQLFB*.
4. Рахматова М. Р., Жалолова В. З. Юниор ва кадет спортсменларда тананинг композицион таркибини ўрганиш //Тиббиётда янги кун. – №. 2. – С. 30.
5. Axmatovna, Mustafaeva Shargiya, et al. "Peculiarities of the morphophenotype and characteristics of the physical performance of young football players and their relationship with the gaming amplitude." *Academicia: an international multidisciplinary research journal* 11.2 (2021): 1381-1388.
6. Becker, E. W. (2007). *Micro-algae as a source of protein*. Biotechnology Advances, 25(2), 207–210. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.01.002>
7. Belay, A., Kato, T., Ota, Y., Inoue, S., & Watanabe, M. M. (1996). *Current knowledge on potential health benefits of Spirulina*. Journal of Applied Phycology, 8(2), 189–196. <https://doi.org/10.1007/BF02186043>
8. Kim, S., Kim, M., Lee, K., et al. (2021). *Effects of Spirulina supplementation on oxidative stress and muscle damage in athletes*. Journal of Medicinal Food, 24(3), 275–282. <https://doi.org/10.1089/jmf.2020.0203>
9. Musa, H. H., et al. (2019). *Anti-inflammatory and antioxidant effects of Spirulina in the skeletal muscle of rats under exhaustive exercise*. Nutrients, 11(10), 2516. <https://doi.org/10.3390/nu11102516>
10. Panahi, Y., Amirani, E., Naimi, E., & Sahebkar, A. (2016). *Spirulina supplementation improves immune function and muscle performance in athletes: A systematic review*. Journal of Nutrition and Metabolism, 2016, Article ID 4789458. <https://doi.org/10.1155/2016/4789458>
11. Rakhmatova M. R., Jalolova V. Z. Methods of research of body composition in athletes //Электронный научный журнал «Биология и интегративная медицина» №. – 2020. – С. 16-29.
12. Sghaier, M. B., Ben Sghaier, I., Said, K., et al. (2019). *Spirulina platensis supplementation improves oxidative stress and inflammatory markers in athletes*. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2019, Article ID 4506748. <https://doi.org/10.1155/2019/4506748>
13. Tang, J. E., Phillips, S. M. (2009). *Maximizing muscle protein anabolism: The role of protein quality*. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 12(1), 66–71. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32831cef8b>
14. Tiwari, U., & Prasad, S. (2020). *Potential of spirulina as antioxidant and immunomodulatory agent*. Journal of Food Biochemistry, 44(9), e13379. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13379>



15. Wu, Q., Liu, L., Miron, A., Klímová, B., Wan, D., & Kuča, K. (2016). *The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of Spirulina: An overview*. Archives of Toxicology, 90(8), 1817–1840. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1734-5>.
16. Rakhmatova M.R., Zhalolova V.Z. Yuniyor va kadet sportshmenlarda tananing kompozitsion tarkibini ũrganish. // Tibbiyotda yangi kun. - № 2 (30/2). - B. 67- 70
17. Rakhmatova Markhabo Rasulovna, Zhalolova Vazira Zamirovna. Metody issledovaniya kompozitsionnogo sostava tela u sportshmenov // Biologiya i integrativnaya meditsina. 2020. №4 (44).