

Якунин Руслан Сергеевич, студент,  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет

Научный руководитель:  
Деменев Сергей Викторович,  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет

## ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА КАЧЕСТВО И АРХИТЕКТУРУ СНА: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ

**Аннотация.** Статья доказывает, что правильно дозированная физическая активность (особенно силовые и mind-body тренировки) радикально углубляет сон и эффективно лечит бессонницу, при этом умеренные вечерние нагрузки достаточно безопасны.

**Ключевые слова:** Физическая активность, бессонница, нейрофизиология.

Развитие современной цивилизации, сопряженное с экспоненциальным ростом информационных нагрузок, повсеместной цифровизацией и радикальным изменением паттернов трудовой деятельности, привело к беспрецедентному росту распространенности нарушений сна. Хроническая бессонница и депривация сна приобрели статус глобальной пандемии. Учитывая тесную патогенетическую связь между расстройствами сна и развитием метаболического синдрома, сердечно-сосудистых катастроф и тяжелых психоэмоциональных расстройств, поиск эффективных превентивных стратегий является критически важной задачей [1]. На фоне ограниченной эффективности и высокого риска развития толерантности при использовании традиционных фармакологических снотворных препаратов (бензодиазепинов и Z-препаратов), фокус клинических рекомендаций смещается в сторону немедикаментозных вмешательств, среди которых физическая активность (ФА) рассматривается как один из наиболее перспективных инструментов [2].

Влияние сократительной активности скелетной мускулатуры на центральную нервную систему (ЦНС) и механизмы генерации сна реализуется через сложную, многоуровневую сеть каскадных реакций. Физические упражнения выступают в роли системного стрессора, нарушающего гомеостаз, что запускает цепь адаптивных физиологических процессов.

Во время мышечной работы от 70% до 80% энергии, высвобождаемой при гидролизе АТФ, рассеивается в виде тепла, что приводит к дозозависимому повышению температуры тела. Это состояние транзиторной гипертермии активизирует компенсаторные механизмы. После завершения нагрузки организм инициирует массивную периферическую вазодилатацию, что приводит к активному рассеиванию тепла. Согласно современным нейрофизиологическим моделям, критическим фактором для инициации сна является скорость падения температуры и формирование температурного градиента. Данное снижение распознается термочувствительными нейронами вентролатерального преоптического ядра гипоталамуса (VLPO). Активация VLPO приводит к высвобождению ингибирующих нейротрансмиттеров (ГАМК и галанина), которые подавляют возбуждающие системы ствола мозга, облегчая переход ко сну и увеличивая представленность медленноволнового сна (SWS) [3, 4].

Физические упражнения оказывают глубокое влияние на суточную секрецию гормонов, регулирующих цикл «сон-бодрствование». Воздействие аэробных нагрузок усиливает вечерний пик высвобождения мелатонина, ускоряя засыпание, а также проявляет антиоксидантные свойства, снижая маркеры оксидативного мышечного повреждения [5].



Динамика кортизола также претерпевает адаптивные изменения: долгосрочная адаптация к регулярным тренировкам приводит к снижению его базального уровня в вечерние часы, что критически важно для устранения физиологического гиперараузола [3]. Инсомния практически всегда сопровождается симпатикотонией; тренировки же модулируют вегетативный баланс, увеличивая тонус блуждающего нерва (n. vagus) и повышая вариабельность сердечного ритма (HRV) в долгосрочной перспективе [4].

Скелетная мускулатура признана крупнейшим эндокринным органом, секретирующим миокины. Резкое повышение уровня мышечного интерлейкина-6 (IL-6) во время тренировки стимулирует выброс антагониста рецептора интерлейкина-1 (IL-1ra). Циркулирующий IL-1ra проникает через гематоэнцефалический барьер и взаимодействует с рецепторами головного мозга, увеличивая мощность дельта-волн на ЭЭГ. Параллельно стимулируется экспрессия нейротрофического фактора мозга (BDNF), ассоциированного с синаптогенезом и консолидацией памяти во время медленного сна [6].

Глобальные исследования подтверждают, что регулярные тренировки обладают мощным антидепрессивным и анксиолитическим потенциалом [7]. Одной из ведущих парадигм является «модель цепочечной медиации». Регулярное достижение тренировочных целей формирует чувство компетентности и повышает самооффективность. Это напрямую способствует лучшему эмоциональному контролю, позволяя эффективнее справляться с когнитивным стрессом и подавлять руминацию (навязчивое возвращение к негативным мыслям), которая детерминирует пресомнические нарушения [8].

Главный структурный сдвиг, индуцируемый физическими упражнениями, заключается в перераспределении архитектуры в пользу глубокого NREM-сна за счет некоторого сокращения или отсрочки REM-сна. Объективные методы, такие как полисомнография (ПСГ) и актиграфия, демонстрируют строгую обратную зависимость между уровнем физической активности и долей REM-сна [9].

Масштабный метаанализ Stutz et al. (2019), сфокусированный на вечерней активности, выявил следующие количественные паттерны [10]:

- Латентность REM-сна (REM-L) достоверно увеличивается на 7.7 минут, что свидетельствует о приоритете мозга в обеспечении глубокого физического восстановления (стадия SWS).
- Стадия N3 (глубокий сон) увеличивается на 1.3 процентных пункта.
- Стадия N1 (поверхностный сон) сокращается на 0.9 процентных пункта, что указывает на снижение фрагментации сна.

Новейшие сетевые метаанализы (NMA) 2024-2025 годов и данные российских исследований привели к переоценке значимости различных видов нагрузок, опровергая «монополию» аэробных тренировок [11].

Силовые (резистентные) тренировки демонстрируют выдающиеся результаты. По данным оценки поверхности под кумулятивной кривой ранжирования (SUCRA), силовые тренировки обладают наивысшей вероятностью (94.6%) быть наиболее эффективным вмешательством для снижения глобального балла Питтсбургского индекса качества сна (PSQI) [11].

Практики «Mind-Body» (Пилатес, Йога): Глобальный метаанализ Wang et al. (2025) ранжировал пилатес как вмешательство с наивысшей вероятностью клинического успеха (SUCRA 91.7%). Йога ассоциируется с колоссальным увеличением общего времени сна (TST) – в среднем на 110.88 минут, и снижением времени бодрствования после засыпания (WASO) на 55.91 минут. Эффективность базируется на мощной стимуляции механорецепторов блуждающего нерва посредством диафрагмального дыхания [12].



Аэробные и Комбинированные тренировки: Классическая аэробика предсказуемо эффективна для снижения индекса тяжести бессонницы (ISI) и купирования коморбидной депрессии. Комбинированные тренировки (аэробика и силовые) демонстрируют синергетический эффект, являясь оптимальным выбором (SUCRA 77.1%) для пациентов с избыточной массой тела и синдромом обструктивного апноэ сна [12].

Концепция «чем больше, тем лучше» неприменима к физиологической взаимосвязи упражнений и сна; зависимость описывается нелинейной U-образной кривой. Чрезмерные нагрузки приводят к персистирующему повышению уровня кортизола и системному воспалению. Глобальная оптимальная доза для взрослых составляет 920 МЕТ-минут в неделю (эквивалентно 150-200 минутам активности умеренной интенсивности). Для пожилых людей (гериатрическая популяция) этот оптимум достигается при значительно меньшем объеме – 527 МЕТ-минут в неделю, что делает даже небольшие по объёму упражнения мощнейшим геропротекторным инструментом [12, 13].

Проблема тайминга также претерпела ревизию. Классическая догма, запрещающая нагрузки за 3-4 часа до сна, признана несостоятельной. Метааналитические данные подтверждают, что низко- и среднеинтенсивные вечерние упражнения абсолютно безопасны и способствуют сокращению времени засыпания. Высокоинтенсивные нагрузки (HIE) также не оказывают деструктивного влияния, если они завершаются за 2-4 часа до сна, обеспечивая организму необходимое «буферное время» для терморегуляторного клиренса и снижения симпатического тонуса [10].

#### **Заключение**

Физические упражнения представляют собой высокоэффективную, биологически обоснованную интервенцию для модуляции архитектуры сна. Персонализированное назначение физических нагрузок, учитывающее модальность (с приоритетом силовых и mind-body практик), строго дозированный объем (согласно метрикам МЕТ) и хронобиологический тайминг, способно кардинально улучшить траекторию психофизиологического здоровья, минимизируя потребность в фармакологической коррекции.

#### *Список литературы:*

1. Kaczmarek, Franciszek et al. Sleep and Athletic Performance: A Multidimensional Review of Physiological and Molecular Mechanisms. // Journal of Clinical Medicine. - 2025. - №14. - С. 7606.
2. Lastella M., Trabelsi K., Romdhani M. Editorial: The physiological relationship between sleep and exercise. // Frontiers in physiology. - 2024. - №15. - С. 1419268.
3. Korkutata A., Korkutata M., Lazarus M. The impact of exercise on sleep and sleep disorders. // NPJ Biological Timing and Sleep. - 2025. - №2. - С. 5.
4. Louwagie A. The Physiological Mechanisms by which Exercise Improves Sleep Quality // Celebrating Scholarship and Creativity Day. - 2019. - №1. - С. 85.
5. Pobocik K. M., Rentzell S. A. V., Leonard A. J., Daye A. N., Evans E. S. Influence of Aerobic Exercise on Sleep and Salivary Melatonin in Men // International Journal of Sports and Exercise Medicine. - 2019. - №6. - С. 161.
6. Tan, X., van Egmond, L. T., Cedernaes, J., Benedict, C. The role of exercise-induced peripheral factors in sleep regulation. // Molecular Metabolism. - 2020. - №42. - С. 101096.
7. de Almeida, J. R. V., Barros, G. V. D. S., da Silva Valente, V. J. M. B., Santana, W. L., Dos Santos, E. C. F., Aguiar, J. L. P., Farah, B. Q., & Filho, O. L. L. Effect of Physical Exercise on Sleep Quality and Depressive Symptoms in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. // Sleep science (Sao Paulo, Brazil). - 2025. - №18. - С. 347-357.



8. Ye, J., Jia, X., Zhang, J., & Guo, K. Effect of physical exercise on sleep quality of college students: Chain intermediary effect of mindfulness and ruminative thinking. // *Frontiers in Psychology*. - 2022. - №13. - С. 987537.
9. Zapalac, K., Miller, M., Champagne, F., Schnyer, D., Baird, B. The effects of physical activity on sleep architecture and mood in naturalistic environments. // *Scientific Reports*. - 2024. - №14. - С. 1038.
10. Stutz, J., Eiholzer, R., & Spengler, C. M. Effects of Evening Exercise on Sleep in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis. // *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. - 2019. - №49. - С. 269-287.
11. Bu Z, Liu F, Shahjalal M, et al. Effects of various exercise interventions in insomnia patients: a systematic review and network meta-analysis // *BMJ Evidence-Based Medicine*. - 2025. - С. 113512.
12. Li, L., Wang, C., Wang, D., Li, H., Zhang, S., He, Y., & Wang, P. Optimal exercise dose and type for improving sleep quality: a systematic review and network meta-analysis of RCTs. // *Frontiers in Psychology*. - 2024. - №15. - С. 1466277.
13. Li, Y., Quan, W., Gao, Z., Wang, X., Wang, Y., Meng, H., & Kang, J. Effects of exercise interventions on subjective sleep quality in older adults: a systematic review and meta-analysis of studies using the Pittsburgh sleep quality index. // *Frontiers in Medicine*. - 2025. - №12. - С. 1664567.

