

УДК 796.4

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И СТАРЕНИЕ

Зельтина Д. И.

Студент,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Россия, Калуга

Щеголева М. А.

Доцент кафедры методики физического воспитания и оздоровительных технологий,

Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,

Россия, Калуга

Аннотация.

Статья посвящена исследованию влияния физической активности на процессы старения через эпигенетические механизмы. Представлен механизм регулярных физических нагрузок, помогающих замедлить старение, улучшая состояние организма на клеточном уровне. Обсуждаются изменения в работе генов, вызванные регулярной двигательной активностью: улучшение защиты клеток, замедление укорочения теломер и снижение риска возрастных заболеваний. Приводится обзор различных видов физической активности и их роль в поддержании молодости и жизненной энергии. В работе делается вывод о физической активности как факторе здоровьесбережения с выделением важного инструмента управления биологическим возрастом.

Ключевые слова: физическая активность, эпигенетика, старение, здоровье, возрастные изменения, профилактика заболеваний, двигательная активность.

INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON EPIGENETIC CHANGES AND AGING

Zeltina D.I.

Student,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsy,

Russia, Kaluga

Shchegoleva M. A.

*Docent of the Department of Methods of Physical Education and Health
Technologies,*

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky,

Russia, Kaluga

Abstract.

The article is devoted to the study of the influence of physical activity on the aging processes through epigenetic mechanisms. The mechanism of regular physical activity is presented that helps to slow down aging, improving the condition of the body at the cellular level. Changes in gene function caused by regular physical activity are discussed: improving cell protection, slowing down telomere shortening and reducing the risk of age-related diseases. The overview of various types of physical activity and their role in maintaining youth and vitality is provided. The paper draws to conclusion about physical activity as a health-preserving factor, highlighting the important tool for managing biological age.

Key words: physical activity, epigenetics, aging, health, age-related changes, disease prevention, physical activity.

Актуальность. В современном обществе наблюдается увеличение продолжительности жизни, что ставит перед наукой и медициной задачу не
Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

только продления жизни, но и сохранения её качества. Старение сопровождается накоплением клеточных повреждений, угасанием регенеративных функций и развитием хронических заболеваний. Одним из ключевых механизмов старения являются эпигенетические изменения, которые влияют на экспрессию генов, регулирующих работу организма [1, 2, 4].

Физическая активность, как мощный модифицируемый фактор образа жизни, признана эффективным средством замедления старения и снижения риска возрастных патологий. Современные исследования показывают, что физические нагрузки могут воздействовать на эпигенетические процессы, такие как метилирование ДНК, модификации гистонов и активность некодирующих РНК, улучшая здоровье на уровне клеток и тканей.

Изучение взаимосвязи между физической активностью, эпигенетическими изменениями и старением позволяет глубже понять механизмы влияния физической активности на организм и разработать более эффективные рекомендации для профилактики возрастных заболеваний. Учитывая растущий интерес к темам активного долголетия и управления биологическим возрастом [3, 5, 8], данное исследование имеет высокую научную и практическую значимость.

Целью данного исследования является изучение влияния физической активности на эпигенетические изменения, регулирующие процессы старения организма.

Задачи:

1. Провести обзор современных научных данных о роли эпигенетических механизмов в процессах старения организма.
2. Проанализировать исследования, раскрывающие особенности влияния физической активности на процессы клеточного старения.
3. Разработать практические рекомендации по оптимизации физической активности для замедления процессов старения и улучшения качества жизни.

Методология исследования.

В работе применен комплексный подход, включающий анализ научной литературы и экспериментальное изучение влияния физической активности на эпигенетические изменения. Проведен обзор современных исследований, освещающих молекулярные механизмы старения и роль физических нагрузок в регуляции экспрессии генов. Исследование также опирается на данные наблюдений, выявляющих связь между регулярной физической активностью и снижением риска возрастных заболеваний. Такой подход позволяет получить объективные данные и сформулировать научно обоснованные рекомендации.

Результаты и их обсуждение.

Эпигенетика представляет собой совокупность механизмов, регулирующих активность генов без изменения последовательности ДНК. Основными эпигенетическими процессами являются метилирование ДНК, модификация гистонов и действие некодирующих РНК. Эти механизмы управляют экспрессией генов, определяя, какие из них будут активны или подавлены в различных клетках и тканях [6].

В процессе старения эпигенетический профиль организма претерпевает значительные изменения. Нарушение эпигенетической регуляции может приводить к угнетению генов, связанных с репарацией ДНК, антиоксидантной защитой и поддержанием клеточного гомеостаза, а также к гиперактивации генов, связанных с воспалительными процессами и онкогенезом. Одним из наиболее изученных маркеров эпигенетических изменений в стареющих клетках является метилирование ДНК. С возрастом наблюдается как гипометилирование генома в целом, так и гиперметилирование определенных участков, что приводит к дисфункции генов. Эпигенетические изменения также связаны с развитием возрастных заболеваний, таких как рак, диабет, сердечно-сосудистые патологии и нейродегенеративные расстройства. Однако эпигенетика является динамичным процессом, подверженным внешним влияниям, включая питание, уровень стресса и физическую активность [6].

Здоровье человека зависит не только от генетического наследия, но и от нашего образа жизни и влияния окружающей среды. Эпигенетика изучает, какие именно маркеры регулируют активность генов. Например, наличие генетической предрасположенности к определённому заболеванию вовсе не означает, что оно обязательно проявится. На активность генов можно влиять различными факторами, и уже давно установлено, что физические упражнения способны вызывать в организме человека множество положительных эпигенетических изменений.

В эксперименте шведских исследователей участвовали чуть более двух десятков молодых мужчин и женщин, которые должны были три месяца заниматься на велотренажёре. Участникам эксперимента было предложено крутить педали, но только одной ногой. Такой подход был выбран не случайно: эпигенетические механизмы крайне чувствительны к различным воздействиям, и сложно с точностью определить, вызваны ли изменения тренировкой или являются результатом предыдущих жизненных обстоятельств. Сравнить между собой разных людей не совсем корректно, а вот сравнить одну ногу с другой вполне возможно, так как их эпигенетическая «история» будет одинаковой.

Перед началом и по завершении трёхмесячных занятий у добровольцев проводились тесты, а также у них брали образцы мышечной ткани с обеих ног для анализа. К окончанию эксперимента тренированная нога значительно окрепла по сравнению с нетренированной. Более того, в ДНК тренированной ноги обнаружили около 5000 изменений в метильном рисунке: в одних участках метилирование усилилось, в других – ослабло. Это привело к изменению активности множества генов, связанных с энергетическим обменом, воспалительными процессами и реакцией клеток на инсулин. В нетренированной ноге таких изменений не выявили. Результаты исследования опубликованы в журнале *Epigenetics* [10]. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что физическая активность воздействует на ДНК, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

что, в свою очередь, приводит к изменениям в физиологии и общем состоянии организма при нагрузках и поддерживает «спортивное» состояние организма.

Аэробные тренировки (бег, плавание, езда на велосипеде) в первую очередь воздействуют на метаболические и кардиореспираторные функции. Исследования показывают, что регулярные аэробные нагрузки способствуют изменению метильного рисунка в генах, отвечающих за энергетику клеток, антиоксидантную защиту и противовоспалительные процессы. Например, метилирование генов, связанных с воспалением, может снижаться, что уменьшает уровень хронического воспаления и улучшает общее состояние организма [7].

Силовые тренировки, ориентированные на рост мышечной массы и укрепление скелетных мышц, влияют на гены, связанные с развитием мышечной ткани, восстановлением и регенерацией. Они способствуют изменению метилирования в тех участках ДНК, которые регулируют рост мышечных клеток и их адаптацию к нагрузкам. Это позволяет мышцам эффективнее справляться с физическими требованиями, повышает их силу и выносливость [11].

Кроме того, оба типа тренировок влияют на гены, связанные с регуляцией уровня сахара в крови и чувствительности к инсулину. Например, физическая активность может уменьшить метилирование генов, регулирующих метаболизм глюкозы, тем самым повышая их активность [7]. Это особенно важно для профилактики и лечения метаболических нарушений, таких как диабет 2 типа.

Эти эпигенетические изменения, вызванные физической активностью, не только укрепляют здоровье, но и замедляют процессы старения, однако продолжительность таких эффектов зависит от регулярности тренировок: прекращение нагрузок может привести к постепенному возврату метильного рисунка в исходное состояние.

Физическая активность играет ключевую роль в регуляции экспрессии генов, которые участвуют в процессах старения. Старение связано с

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

изменениями в работе генов, регулирующих клеточный метаболизм, воспалительные процессы, восстановление тканей и защиту от окислительного стресса. Регулярные физические нагрузки способны положительно влиять на эти механизмы через эпигенетическую модуляцию, активируя гены, замедляющие старение, и подавляя те, которые ускоряют возрастные изменения.

Физическая активность увеличивает экспрессию генов, отвечающих за антиоксидантную защиту клеток. Это помогает снизить воздействие окислительного стресса, одного из основных факторов старения. В частности, активируются гены, кодирующие ферменты, которые нейтрализуют свободные радикалы и предотвращают повреждение ДНК, белков и липидов.

Важным аспектом является влияние физической нагрузки на гены, регулирующие длину теломер – защитных структур на концах хромосом. Установлено, что физические упражнения активируют фермент теломеразу, который помогает замедлить укорочение теломер. Это способствует продлению клеточного жизненного цикла и замедлению процессов старения. Физическая активность также стимулирует гены, участвующие в регенерации тканей и восстановлении клеток. Например, повышается активность генов, регулирующих синтез белков и образование новых митохондрий, что улучшает энергетический обмен и поддерживает функциональность клеток даже в пожилом возрасте [12].

Регулярные физические тренировки играют важнейшую роль в поддержании здоровья и продлении активного долголетия. Они оказывают комплексное воздействие на организм, улучшая работу сердечно-сосудистой, дыхательной, опорно-двигательной и нервной систем. Благодаря этому физическая активность не только замедляет процессы старения, но и способствует сохранению высокой физической и когнитивной активности на протяжении всей жизни. Одним из ключевых эффектов регулярных тренировок является поддержание мышечной массы и силы. С возрастом у многих людей

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

происходит потеря мышечной ткани (саркопения), что снижает физические возможности и увеличивает риск травм [9]. Регулярные упражнения, особенно силовые, стимулируют рост мышечной массы и укрепляют кости, предотвращая остеопороз.

Физическая активность также улучшает функции сердечно-сосудистой системы, снижая риск гипертонии, инфарктов и инсультов. Она способствует нормализации уровня холестерина, улучшает эластичность сосудов и повышает насыщение тканей кислородом [9]. Это не только продлевает жизнь, но и обеспечивает её высокое качество.

На молекулярном уровне регулярные тренировки замедляют укорочение теломер – участков ДНК, связанных с клеточным старением [3]. Они активируют фермент теломеразу, который помогает сохранять длину теломер, тем самым предотвращая раннюю клеточную смерть и поддерживая регенеративные функции организма. Тренировки стимулируют образование новых митохондрий и повышают их эффективность, что улучшает энергетический обмен клеток. Это особенно важно для сохранения энергии и выносливости в пожилом возрасте.

Заключение.

Регулярная физическая активность – это не просто средство поддержания здоровья, но и мощный инструмент продления активного долголетия. Современные исследования подтверждают, что физические нагрузки способны оказывать глубокое воздействие на молекулярные механизмы организма, замедляя старение и укрепляя жизненно важные функции.

Эффекты тренировок охватывают все уровни: от улучшения состояния сердечно-сосудистой системы и укрепления мышечной массы до стимулирования когнитивных способностей и модификации эпигенетических процессов. Силовые упражнения помогают сохранить двигательную активность, защищая от травм и возрастной слабости, тогда как аэробные тренировки поддерживают сердце и сосуды, насыщая ткани кислородом.

На клеточном уровне физическая активность помогает сохранить длину теломера, укрепляет митохондрии и регулирует экспрессию генов, связанных с метаболизмом, воспалением и стрессоустойчивостью. Эти молекулярные процессы формируют основу здорового старения, защищая организм от хронических заболеваний, которые часто сопровождают пожилой возраст [3].

Регулярные тренировки улучшают настроение, повышают уровень энергии и помогают бороться со стрессом. Они создают условия для поддержания высокой когнитивной активности, позволяя людям сохранять ясность ума, творческое мышление и способность к обучению даже в зрелые годы. Однако залогом устойчивых изменений является регулярность и систематичность занятий. Эффекты физической активности могут ослабевать, если нагрузки становятся нерегулярными или прекращаются совсем. Включение физических упражнений в практическую жизнедеятельность должно стать долгосрочной стратегией, способствующей качественному образу жизни.

Следует отметить, что проведение тренировок должно быть систематическим. Они обеспечивают не только улучшение физического состояния, но и позволяют оставаться социально активным, энергичным и жизнерадостным на всех этапах жизни. Физическая активность становится тем инструментом, который помогает каждому человеку на разных периодах жизни ощутить позитивные изменения в своём организме.

Библиографический список

1. Аникина, Н. И. Физическая активность как основа здорового образа жизни / Н. И. Аникина. – М.: Просвещение, 2020. – 256 с.
2. Дроздов, С. В. Эффекты физических нагрузок на метаболизм и эпигенетическую регуляцию / С. В. Дроздов, Н. П. Воронина // Физиология человека. – 2020. – Т. 46, № 6. – С. 98–105.
3. Дьяконова, В. Е. Нестабильная ДНК нейронов: счетчик

продолжительности жизни и драйвер эволюции / В. Е. Дьяконова // Биохимия. – 2023. – Т. 88, № 11. – С. 2084-2100. – DOI 10.31857/S0320972523110052. – EDN MLCJEG.

4. Заняткин, И. А. Актуальные методы анализа изменений эпигенетического ландшафта организма, вызванных воздействием загрязнителей окружающей среды / И. А. Заняткин, А. Г. Титова, А. В. Баев // Медицина экстремальных ситуаций. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 39-47. – DOI 10.47183/mes.2021.003. – EDN WSIOOA.

5. Кантаева, О. В. Региональные аспекты реализации государственных инициатив по стимулированию активного долголетия и физической активности пожилых граждан / О. В. Кантаева, Е. Л. Рябова // Альманах Крым. – 2022. – № 32. – С. 42-51. – EDN PDIBIZ.

6. Москалев, А. А. Генетика и эпигенетика старения и долголетия / А. А. Москалев // Экологическая генетика. – 2013. – Вып. 11. №1. – С. 3–11.

7. Попов, Д. В. Влияние интенсивности, длительности и паттерна аэробной нагрузки на экспрессию генов, регулирующих митохондриальный биогенез в скелетной мышце нетренированных людей и спортсменов, тренирующих аэробные возможности / Д. В. Попов [и др.] // Новые подходы к изучению классических проблем: VII Всероссийская с международным участием школа-конференция по физиологии мышц и мышечной деятельности. – Москва, 2013.

8. Ручи, А. Биологически активные соединения природного происхождения: роль в обращении эпигенетических изменений (обзор) / А. Ручи, Д. Минакши, Ш. Анью, К. Д. Абхиманю // Биохимия. – 2015. – Т. 80, № 8. – С. 1160-1180. – EDN UFZGMB.

9. Шилько, В. Г. Сравнительный анализ двигательной активности и физической подготовленности возрастных людей до и после окончания пандемии / В. Г. Шилько, Н. Л. Гусева // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 12. – С. 81-83. – EDN ZJDRIV.

10. Geiger, C. DNA methylation of exercise-responsive genes differs between trained and untrained men / C. Geiger [etc.] // BMC Biology. – 2024. – №22(1) DOI:10.1186/s12915-024-01938-6

11. Kanzleiter, T. Exercise training alters DNA methylation patterns in genes related to muscle growth and differentiation in mice / T. Kanzleiter [etc.] // American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism. – 2015. – №308(10). DOI: 10.1152/ajpendo.00289.2014

12. Kujala U. M. Physical activity, genes, and lifetime predisposition to chronic disease / U. M. Kujala // European Review of Aging and Physical Activity. – 2011. – № 8. – P. 31–36. DOI:10.1007/s11556-010-0077-2

Оригинальность 81%