



## ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ/PATHOPHYSIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.57> EDN: JXWJWV

## ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ГЕРОПРОТЕКТИВНЫЙ ФАКТОР: ВЛИЯНИЕ НА ИММУННЫЙ ПРОФИЛЬ И СИСТЕМНОЕ ВОСПАЛЕНИЕ

Обзор

Суднева А.О.<sup>1</sup>, Попугайло М.В.<sup>2\*</sup>, Гребнев Д.Ю.<sup>3</sup>, Маклакова И.Ю.<sup>4</sup>, Бугаков А.С.<sup>5</sup><sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-4820-5964;<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Российская Федерация<sup>3, 4</sup> Институт медицинских клеточных технологий, Екатеринбург, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (pathophis[at]yandex.ru)

Предложена: 11.05.2026; Принята: 03.06.2026; Опубликовано: 17.06.2026

**Аннотация**

В современной медицине особо актуальна тема изучения закономерностей, молекулярных, клеточных и системных механизмов старения организма, а также факторов, влияющих на продолжительность и качество жизни. Старение организма сопровождается прогрессирующими изменениями иммунной системы, на фоне которого формируется состояние хронического низкоинтенсивного системного воспаления — инфламмейджинг. Это состояние характеризуется длительным повышением уровня провоспалительных цитокинов и медиаторов воспаления при отсутствии острой инфекции.

В статье рассматриваются механизмы влияния физической активности на иммунную систему и воспалительные процессы у пожилых людей. Описаны возрастные изменения иммунной системы и цитокинового профиля. Показано, что регулярная физическая нагрузка способствует снижению уровня провоспалительных цитокинов, но вместе с этим выявлена выраженная вариабельность эффектов, зависящая от исходного состояния здоровья, интенсивности и характера активности.

**Ключевые слова:** геронтология, старение, физическая активность, геропротективный фактор, иммуностарение, инфламмейджинг, цитокиновый профиль.

## PHYSICAL ACTIVITY AS A GEROPROTECTIVE FACTOR: INFLUENCE ON THE IMMUNE PROFILE AND SYSTEMIC INFLAMMATION

Review article

Sudneva A.O.<sup>1</sup>, Popugailo M.V.<sup>2\*</sup>, Grebnev D.Y.<sup>3</sup>, Maklakova I.Y.<sup>4</sup>, Bugakov A.S.<sup>5</sup><sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-4820-5964;<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation<sup>3, 4</sup> Institute of Medical Cell Technologies, Ekaterinburg, Russian Federation

\* Corresponding author (pathophis[at]yandex.ru)

Suggested: 11.05.2026; Accepted: 03.06.2026; Published: 17.06.2026

**Abstract**

In modern medicine, the study of the patterns, molecular, cellular and systemic mechanisms of the body's ageing process, as well as the factors influencing life expectancy and life quality, is of particular relevance. Ageing is accompanied by progressive changes in the immune system, against which a state of chronic, low-intensity systemic inflammation — inflammaging — develops. This condition is characterised by a prolonged increase in the levels of pro-inflammatory cytokines and inflammatory mediators in the absence of acute infection.

The article examines the mechanisms by which physical activity influences the immune system and inflammatory processes in elderly people. Age-related changes in the immune system and cytokine profile are described. It is shown that regular physical activity helps to reduce levels of pro-inflammatory cytokines; however, significant variability in the effects has been identified, depending on baseline health status, intensity and type of activity.

**Keywords:** gerontology, ageing, physical activity, geroprotective factor, immunity ageing, inflammaging, cytokine profile.

**Введение**

В современной медицине особо актуальна тема изучения закономерностей, молекулярных, клеточных и системных механизмов старения организма, а также факторов, влияющих на продолжительность и качество жизни. На стыке биологии, социологии и психологии стоит геронтология — междисциплинарная наука, изучающая аспекты старения человека, его причины и способы борьбы с ним. Гериатрия, будучи клиническим разделом геронтологии, ориентирована на профилактику, диагностику и лечение заболеваний у лиц пожилого и старческого возраста, с акцентом на увеличение продолжительности активной жизни и снижение бремени хронических заболеваний.

Старение организма сопровождается прогрессирующими изменениями иммунной системы, объединяемыми понятием иммуностарение (immunosenescence). Данные изменения затрагивают врождённый и адаптивный иммунитет, приводя к снижению эффективности иммунного ответа, повышению восприимчивости к инфекциям и росту частоты возраст-ассоциированных заболеваний [1].

Со снижением иммунной функции развивается состояние хронического низкоинтенсивного системного воспаления — инфламмейджинг (inflammaging; инфламмастарение; воспалительное старение; воспаление-ассоциированное старение). Это состояние характеризуется длительным повышением уровня провоспалительных цитокинов и медиаторов воспаления при отсутствии острой инфекции. Было показано, что к формированию инфламмейджинга приводит накопление повреждённых клеток и макромолекул, нарушение регуляции иммунных реакций и секреция провоспалительных факторов [2]. Подобное состояние рассматривается как патогенетический механизм развития многих возраст-ассоциированных заболеваний, включая сердечно-сосудистые, метаболические и нейродегенеративные процессы [3].

В геронтологии и гериатрии старение рассматривается, как модифицируемый процесс, на который можно воздействовать, замедляя биологическое старение и снижая риск возраст-ассоциированных заболеваний.

К числу основных геропротективных факторов относятся рациональное питание, физическая активность, когнитивная и социальная активность, отказ от вредных привычек, нормализация сна [4], [5].

Физическая активность важнейший компонент здорового образа жизни, рекомендованный для лиц всех возрастных групп, а не только пожилым. Даже невысокий уровень регулярной двигательной активности улучшает кровообращение и снижает артериальное давление, укрепляет иммунитет и уменьшает последствия гиподинамии [6].

### **1.1. Актуальность**

В рамках данной статьи проанализирована информация о роли физической активности, как геропротективного фактора и его влиянии на биологическое старение. При этом необходимо подчеркнуть, что выраженность позитивных эффектов физической активности у пожилых людей носит вариабельный характер и зависит от исходного состояния здоровья пациентов, что делает необходимым дальнейшее изучение этого феномена.

### **Методы и принципы исследования**

На основе ресурсов PubMed, Google Scholar, elibrary, КиберЛенинка был проведен анализ публикаций, в которых представлены научные сведения о роли изменений в иммунной системе, инфламмейджинге при старении и о влиянии на эти процессы физической активности. Для поиска использовались следующие ключевые слова: геронтология, старение, физическая активность, геропротективный фактор, иммуностарение, инфламмейджинг, цитокиновый профиль, gerontology, aging, physical activity, geroprotective factor, immunosenescence, inflammaging, cytokine profile. Глубина поиска составила 15 лет. Общее количество проанализированных публикаций — 80, из которых наиболее значимыми для данного обзора были признаны 16. Преимущественно на основании этих публикаций были рассмотрены ключевые аспекты влияния физических нагрузок на физиологическое старение.

### **Результаты**

#### **3.1. Характер физической активности у пожилых людей**

Не любая физическая активность способствует позитивному геропротективному действию, имеет значение ее дозирование, регулярность и соответствие функциональному состоянию организма.

Согласно современным клиническим рекомендациям, оптимальная физическая активность у лиц пожилого возраста должна носить регулярный, умеренно-интенсивный и преимущественно аэробный характер.

По рекомендации ВОЗ пожилым людям необходимо:

- не менее 150–300 минут умеренной аэробной нагрузки в неделю, либо 75–150 минут высокой интенсивности, распределённых как минимум на 3–5 дней;
- обязательное включение силовых упражнений не менее 2 раз в неделю;
- тренировки на баланс для профилактики падений [6].

Наиболее физиологически обоснованные формы активности для пожилых: ходьба, плавание, упражнения с собственным весом, а также программы, сочетающие аэробные, силовые и координационные элементы. Выраженное улучшение состояния, равновесия и увеличение мышечной массы наблюдается при комбинированных видах нагрузки [6].

Чрезмерные или неадекватные физические нагрузки могут приводить к угнетению иммунной системы, повышению уровня стресс-гормонов и усилению воспалительных реакций, что негативно влияет особенно на пожилых людей из-за ограниченных адаптационных резервов [7].

#### **3.2. Иммунный профиль при старении**

Возрастная перестройка иммунной системы проявляется изменениями состава и функционального состояния иммунных популяций, прежде всего Т-лимфоцитов и NK-клеток, и изменением регуляции цитокинового профиля, формирующих феномен иммуностарения.

Главным фактором перестройки популяции Т-лимфоцитов служит возрастная инволюция тимуса, которая начинается в раннем взрослом возрасте и приводит к снижению продукции наивных CD4<sup>+</sup> и CD8<sup>+</sup> Т-лимфоцитов. Происходит накопление сенесцентных Т-клеток со сниженной способностью к пролиферации и изменённой продукцией цитокинов, которые поддерживают хроническое воспаление и участвуют в формировании системных возраст-ассоциированных патологических процессов. В результате снижается эффективность первичных иммунных реакций на новые антигены и ослабевает ответ на вакцинацию [8].

NK-клетки участвуют в противовирусной защите и противоопухолевом иммунном надзоре. Но с возрастом их цитотоксическая активность постепенно снижается несмотря на то, что общее количество NK-клеток может сохраняться или даже увеличиваться. Функциональные нарушения проявляются снижением продукции основных медиаторов цитотоксичности, включая перфорин, гранзимы и интерферон-γ, что ослабляет противовирусный и противоопухолевый надзор [9].

Старение сопровождается устойчивым повышением ряда провоспалительных цитокинов, таких как ИЛ-1, ИЛ-6 и ФНО- $\alpha$ , а также С-реактивный белок. Источником выступают активированные иммунные, сенесцентные и повреждённые клетки [10].

Повышенный уровень провоспалительных цитокинов оказывает системное влияние на иммунную систему, в том числе угнетение функции Т-клеток, нарушение регуляции НК-клеток и усиление процессов иммунного старения. Одновременно с этим в воспалительной среде происходит накопление сенесцентных клеток, поддерживающих хроническую продукцию провоспалительных медиаторов [10].

Формируется взаимно усиливающийся патогенетический круг: при снижении эффективности иммунного надзора накапливаются повреждённые и сенесцентные клетки, усиливающие хроническое воспаление, которое дополнительно нарушает иммунную регуляцию и ускоряет процессы иммуностарения.

### 3.3. Механизм действия физической активности

Показано, что регулярные физические нагрузки способствуют уменьшению уровня ИЛ-6, ФНО- $\alpha$  и С-реактивного белка, что позволяет говорить о геропротективным действием физической активности за счет снижения хронического системного воспаления, характерного для старения [11].

Существенную роль играет изменение регуляции ИЛ-6. Во время и после физической нагрузки из скелетной мускулатуры высвобождается ИЛ-6, который действует как миокин (мио-ИЛ-6). Он запускает противовоспалительный каскад реакций, приводящий к стимуляции продукции ИЛ-10 и антагониста рецептора ИЛ-1, а также мобилизации выработки кортикостероидов и катехоламинов. В совокупности это создаёт противовоспалительную среду и улучшает воспалительный баланс [12].

Таким образом, физическая активность способствует функциональной перестройке цитокиновой регуляции и снижению хронического системного воспаления, лежащего в основе инфламмейджинга [12].

Физические упражнения улучшают Т-клеточный профиль, увеличивая долю функционально активных лимфоцитов и уменьшая накопление сенесцентных иммунных клеток. Данный эффект, предположительно, связан с периодической мобилизацией иммунных клеток в кровотоке с последующим восстановлением периферического лимфоцитарного пула во время физической нагрузки. Кроме того, при этом улучшается митохондриальная функция, повышается аутофагическая активность и уменьшается клеточный окислительный стресс [12].

Также механизмом иммуномодулирующего действия физической активности является усиление противоопухолевого иммунного надзора. За счёт миокинового ответа и катехоламиновой стимуляции повышается цитотоксичность НК-клеток, усиливается функциональная активность CD8<sup>+</sup> Т-лимфоцитов, снижается популяция миелоидных супрессивных клеток в опухолю-ассоциированном микроокружении [13].

### Обсуждение

Мета-анализ, включающий 49 клинических исследований и 1898 участников старше 65 лет, показал, что различные формы физической активности — аэробные, силовые и комбинированные тренировочные программы — приводят к статистически значимым изменениям ключевых маркеров системного воспаления (см. таблицу 1). В анализ были включены десятки рандомизированных контролируемых исследований с участием пожилых людей, проходивших тренировочные программы продолжительностью от нескольких недель до нескольких месяцев [14].

Таблица 1 - Влияние различных форм физической активности пожилых людей на изменения ключевых маркеров системного воспаления

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.57.1>

Показатель	Тип нагрузки	Доля участников, %	Изменение
ИЛ-6	Аэробные тренировки	55-65	Снижение
ФНО - $\alpha$	Аэробные и силовые тренировки	60-70	Снижение
СРБ	Длительные аэробные тренировки	65-75	Снижение

Примечание: по ист. [14]

Дополнительные данные, полученные из другого мета-анализа, посвящённого аэробным тренировкам у пожилых людей, показывают, что регулярные аэробные упражнения приводят к одновременному снижению провоспалительных медиаторов: ИЛ-6, СРБ и ФНО- $\alpha$ , и увеличению противовоспалительных цитокинов: ИЛ-10 (см. таблицу 2) [15].

Таблица 2 - Влияние аэробных тренировок у пожилых людей на выработку провоспалительных противовоспалительных цитокинов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.168.57.2>

Показатель	Изменение показателя	Биологическое значение	Клиническое значение
СРБ	Снижение	Снижение системного воспаления	Снижение риска ССЗ и метаболических нарушений

Показатель	Изменение показателя	Биологическое значение	Клиническое значение
ИЛ-6	Снижение	Подавление хронического воспаления	Снижение инфламмейджинга
ФНО - $\alpha$	Тенденция к снижению	Уменьшение провоспалительной активности	Снижение тканевого повреждения
ИЛ-10	Повышение	Усиление противовоспалительной регуляции	Стабилизация баланса между иммунологической толерантностью и воспалительными иммунными реакциями

Примечание: по ист. [15]

Таким образом, обобщённые данные мета-аналитических исследований демонстрируют, что регулярные физические нагрузки ассоциированы со снижением уровня системного воспаления, улучшением цитокинового профиля и замедлением процессов иммуностарения.

Однако необходимо отметить, что появились публикации, в которых высказываются выводы, отличающиеся от ранее сформированных. Так, например, в рамках обобщающего анализа систематических обзоров и мета-анализов показано, что эффект физической активности на воспалительные маркеры у пожилых лиц носит неоднородный характер. Примерно в 40% рассмотренных исследований после выполнения физических упражнений у испытуемых отсутствовали статистически значимые изменения уровня ключевых маркеров [14].

При более подробном изучении представленных данных видно, что такая варибельность результатов обусловлена гетерогенностью групп испытуемых по состоянию здоровья. У пожилых лиц с хроническими заболеваниями физическая активность приводит к достоверному снижению провоспалительных маркеров, что соответствует представлениям о физической активности как средстве коррекции воспаления. В то же время у относительно здоровых пожилых людей аналогичная активность редко сопровождается значимыми изменениями показателей.

Таким образом, можно говорить о том, что противовоспалительный эффект физической активности корректнее рассматривать, как контингент-зависимый, так как преимущественно он реализуется на фоне наличия исходного воспаления.

Это создаёт ограничения для применения данного геропротективного фактора в клинической практике. И приводит к пониманию того, что необходима разработка персональных программ учитывающих наличие или отсутствие хронических заболеваний, исходный уровень системного воспаления и индивидуальные функциональные возможности конкретного пациента.

### Заключение

Таким образом, физическая активность представляет собой научно обоснованный и клинически значимый геропротективный фактор, действующий на основные механизмы старения. Регулярные физические нагрузки ассоциированы со снижением хронического воспаления, замедлением иммуностарения и повышением общей резистентности организма. Но выраженность эффекта носит варибельный характер и зависит от исходного состояния здоровья пациента.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на:

1. Поиск более чувствительных и специфичных маркеров, для прогнозирования индивидуального ответа на физическую нагрузку.
2. Стандартизация параметров нагрузки в исследованиях (тип, интенсивность, длительность) и условий оценки воспалительных маркеров (время забора биоматериала относительно физической нагрузки) для более точного сопоставления и минимизации искажения результатов.
3. Дополнительное изучение влияния изменений воспалительных маркеров в долгосрочной перспективе, в том числе на снижение заболеваемости и смертности пациентов.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Thomas R. Contributions of Age-Related Thymic Involution to Immunosenescence and Inflammaging / R. Thomas, W. Wang, D.M. Su // Immun Ageing. — 2020. — № 17 (2).



2. Артемьева О.В. Воспалительное старение как основа возраст-ассоциированной патологии / О.В. Артемьева, Л.В. Ганковская // Медицинская иммунология. — 2020. — № 22 (3). — С. 419–432.
3. Xiao J. Immunoinflammation and post-translational modifications in the aging process. / J. Xiao, X. Qin, W. Chn // J Transl Med. — 2025. — № 23. — P. 910.
4. Михеев Р.К. Молекулярные и клеточные механизмы старения: современные представления (обзор литературы) / Р.К. Михеев, Е.Н. Андреева, О.Р. Григорян и др. // Пробл. эндокр. — 2023. — № 5.
5. Городничева А.В. Нарушение сна как предиктор ускоренного старения человека / А.В. Городничева, О.П. Ковтун, Т.О. Бродовская // Уральский медицинский журнал. — 2024. — № 23 (3). — С. 136–162.
6. Nikitas C. Recommendations for physical activity in the elderly population: A scoping review of guidelines. / C. Nikitas, D. Kikidis, A. Bibas et al. // Journal of Frailty, Farcopenia and Falls. — 2022. — № 7 (1). — P. 18–28.
7. Вологжанин Д.А. Влияние физических нагрузок на иммунную систему в норме и при различных заболеваниях: обзор / Д.А. Вологжанин, А.С. Голота, А.-М.И. Игнатенко и др. // Вестник восстановительной медицины. — 2025. — № 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-fizicheskikh-nagruzok-na-immunnuyu-sistemu-v-norme-i-pri-razlichnyh-zabolevaniyah-obzor> (дата обращения: 12.05.26).
8. Bektas A. Human T cell immunosenescence and inflammation in aging / A. Bektas, S.H. Schurman, R. Sen et al. // Journal of Leukocyte Biology. — 2017. — № 102 (4). — P. 977–988.
9. Yu X. Immunosenescence, Physical Exercise, and their Implications in Tumor Immunity and Immunotherapy. / X. Yu, W. Pei, B. Li et al. // Int J Biol Sci. — 2025. — № 21 (3). — P. 910–939.
10. Teissier T. Interconnections between Inflammageing and Immunosenescence during Ageing / T. Teissier, E. Boulanger, L.S. Cox // Cells. — 2022. — № 11 (3). — P. 359.
11. Reis A.S.L.D.S. The Impact of Exercise on Interleukin-6 to Counteract Immunosenescence: Methodological Quality and Overview of Systematic Reviews. / A.S.L.D.S. Reis, G.E. Furtado, M.R.T.P. Menuchi et al. // Healthcare (Basel, Switzerland). — 2024. — № 12 (10). — P. 954.
12. Sellami M. The Impact of Acute and Chronic Exercise on Immunoglobulins and Cytokines in Elderly: Insights From a Critical Review of the Literature / M. Sellami, N.L. Bragazzi, B. Aboghaba et al. // Frontiers in immunology. — 2021. — № 12. — P. 631873.
13. Jin Y. Physical activity decreases cancer burden by alleviating immunosenescence-related inflammation and improving overall immunity / Y. Jin, Z. Yang, Z. Li et al. // Cell reports. Medicine. — 2025. — № 6 (12). — P. 102484.
14. Mathot E. The effect of physical interventions in older adults on inflammatory markers (IL-6, IL-10, CRP, TNF- $\alpha$ ): an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses / E. Mathot, A. Hemadeh, V. Knoop et al. // Innovation in Aging. — 2025. — № 9 (7). — P. igaf072.
15. Pérez-Castillo L.M. Does Lifelong Exercise Counteract Low-Grade Inflammation Associated with Aging? A Systematic Review and Meta-Analysis / L.M. Pérez-Castillo, R. Rueda, H. Bouzamondo // Sports Med. — 2025. — № 55 (3). — P. 675–696.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Thomas R. Contributions of Age-Related Thymic Involution to Immunosenescence and Inflammaging / R. Thomas, W. Wang, D.M. Su // Immun Ageing. — 2020. — № 17 (2).
2. Artem'eva O.V. Vospalitel'noe starenie kak osnova vozrast-associrovannoj patologii [Inflammatory aging as the basis of age-associated pathology] / O.V. Artem'eva, L.V. Gankovskaya // Medical immunology. — 2020. — № 22 (3). — P. 419–432. [in Russian]
3. Xiao J. Immunoinflammation and post-translational modifications in the aging process. / J. Xiao, X. Qin, W. Chn // J Transl Med. — 2025. — № 23. — P. 910.
4. Mixeev R.K. Molekulyarnye i kletochnye mexanizmy' stareniya: sovremennye predstavleniya (obzor literatury') [Molecular and cellular mechanisms of aging: current concepts (literature review)] / R.K. Mixeev, E.N. Andreeva, O.R. Grigoryan et al. // Probl. of Endocrinology. — 2023. — № 5. [in Russian]
5. Gorodnicheva A.V. Narushenie sna kak prediktor uskorennoogo stareniya cheloveka [Sleep disorders as a predictor of accelerated human aging] / A.V. Gorodnicheva, O.P. Kovtun, T.O. Brodovskaya // Ural Medical Journal. — 2024. — № 23 (3). — P. 136–162. [in Russian]
6. Nikitas C. Recommendations for physical activity in the elderly population: A scoping review of guidelines. / C. Nikitas, D. Kikidis, A. Bibas et al. // Journal of Frailty, Farcopenia and Falls. — 2022. — № 7 (1). — P. 18–28.
7. Vologzhanin D.A. Vliyanie fizicheskikh nagruzok na immunnuyu sistemu v norme i pri razlichnikh zabolevaniyakh: obzor [The effect of physical activity on the immune system in normal conditions and in various diseases: an overview] / D.A. Vologzhanin, A.S. Golota, A.-M.I. Ignatenko et al. // Vestnik vosstanovitelnoi meditsini [Bulletin of Restorative Medicine]. — 2025. — № 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-fizicheskikh-nagruzok-na-immunnuyu-sistemu-v-norme-i-pri-razlichnyh-zabolevaniyah-obzor> (accessed: 12.05.26). [in Russian]
8. Bektas A. Human T cell immunosenescence and inflammation in aging / A. Bektas, S.H. Schurman, R. Sen et al. // Journal of Leukocyte Biology. — 2017. — № 102 (4). — P. 977–988.
9. Yu X. Immunosenescence, Physical Exercise, and their Implications in Tumor Immunity and Immunotherapy. / X. Yu, W. Pei, B. Li et al. // Int J Biol Sci. — 2025. — № 21 (3). — P. 910–939.
10. Teissier T. Interconnections between Inflammageing and Immunosenescence during Ageing / T. Teissier, E. Boulanger, L.S. Cox // Cells. — 2022. — № 11 (3). — P. 359.



11. Reis A.S.L.D.S. The Impact of Exercise on Interleukin-6 to Counteract Immunosenescence: Methodological Quality and Overview of Systematic Reviews. / A.S.L.D.S. Reis, G.E. Furtado, M.R.T.P. Menuchi et al. // *Healthcare* (Basel, Switzerland). — 2024. — № 12 (10). — P. 954.
12. Sellami M. The Impact of Acute and Chronic Exercise on Immunoglobulins and Cytokines in Elderly: Insights From a Critical Review of the Literature / M. Sellami, N.L. Bragazzi, B. Aboghaba et al. // *Frontiers in immunology*. — 2021. — № 12. — P. 631873.
13. Jin Y. Physical activity decreases cancer burden by alleviating immunosenescence-related inflammation and improving overall immunity / Y. Jin, Z. Yang, Z. Li et al. // *Cell reports. Medicine*. — 2025. — № 6 (12). — P. 102484.
14. Mathot E. The effect of physical interventions in older adults on inflammatory markers (IL-6, IL-10, CRP, TNF- $\alpha$ ): an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses / E. Mathot, A. Hemadeh, V. Knoop et al. // *Innovation in Aging*. — 2025. — № 9 (7). — P. igaf072.
15. Pérez-Castillo L.M. Does Lifelong Exercise Counteract Low-Grade Inflammation Associated with Aging? A Systematic Review and Meta-Analysis / L.M. Pérez-Castillo, R. Rueda, H. Bouzamondo // *Sports Med*. — 2025. — № 55 (3). — P. 675–696.