

УДК 613.842:616.1/9-09  
EDN: TVPMZT  
<https://doi.org/10.15275/ssmj2103340>

Оригинальная статья

## УРОВЕНЬ CD45+-, CD-3+-КЛЕТОК В ПЕЧЕНИ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ И ПОСЛЕ ВВЕДЕНИЯ МЕЛЬДОНИЯ

*А.А. Юсов, О.В. Альпидовская*

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Россия*

## CD45+-, CD-3+-CELL LEVEL IN THE LIVER DURING PHYSICAL ACTIVITY OF DIFFERENT DEGREES AND AFTER MELODINUM ADMINISTRATION

*A.A. Yusov, O.V. Alpidovskaja*

*Ulyanov Chuvashia State University, Cheboksary, Russia*

**Для цитирования:** Юсов А.А., Альпидовская О.В. Уровень CD45+-, CD3+-клеток в печени при физической активности разной степени и после введения мельдония. Саратовский научно-медицинский журнал. Саратовский научно-медицинский журнал. 2025; 21 (3): 340-345. EDN: TVPMZT. <https://doi.org/10.15275/ssmj2103340>

**Аннотация.** *Цель:* оценить долю лейкоцитов (CD45+-клеток) и Т-лимфоцитов (CD3+-клеток) в печени при физической активности разной степени при использовании мельдония и без него. *Материал и методы.* Опыты проводили на самцах крысах линии Вистар, которые выполняли физическую нагрузку разной интенсивности. В пищу опытных животных добавляли мельдоний из расчета 100–120 мг/кг веса при выполнении водной нагрузки. После окончания эксперимента брали образцы печени, готовили ее срезы, которые окрашивали гематоксилином и эозином, проводили иммуногистохимическую реакцию на маркеры CD45+- и CD3+-клетки. *Результаты.* При тяжелой физической нагрузке доля CD45+- и CD3+-клеток паренхимы печени повысилась в 3,2 и 2,9 раза и периваскулярно в 3 и 6,3 раза ( $p=0,001$ ) соответственно в сравнении с показателями интактной группы. После применения мельдония при тяжелой физической нагрузке процент CD45+-клеток уменьшился в паренхиме печени и периваскулярно в 1,8 раза ( $p=0,008$ ), доля CD3-клеток снизилась в 1,7 раза в паренхиме печени ( $p=0,001$ ) и вокруг сосудов – в 2,3 раза ( $p=0,004$ ) при сопоставлении данных с интактными животными. Гистологически в ткани печени уменьшилось воспаление и альтеративные изменения. *Заключение.* Использование мельдония при тяжелой физической нагрузке приводило к снижению процента CD45+- и CD3+-клеток вследствие уменьшения степени воспалительной инфильтрации ткани печени и выраженности деструктивного процесса.

**Ключевые слова:** физическая нагрузка, печень, CD45+, CD3+, мельдоний

**For citation:** Yusov AA, Alpidovskaja OV. CD45+-, CD-3+-cell level in the liver during physical activity of different degrees and after melodonium administration. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2025; 21 (3): 340-345. (In Russ.) EDN: TVPMZT. <https://doi.org/10.15275/ssmj2103340>

**Abstract.** *Objective:* to evaluate the proportion of leukocytes (CD45+ cells) and T-lymphocytes (CD3+ cells) in the liver during physical activity of varying degrees with and without meldonium. *Material and methods.* The experiments were conducted on male Wistar rats, which performed physical activity of varying intensity. Meldonium was added to the diet of experimental animals at a rate of 100–120 mg/kg of weight during water loading. After the end of the experiment, liver samples were taken, sections were prepared, stained with hematoxylin and eosin, and an immunohistochemical (IHC) reaction was performed for CD45+ and CD3+ cell markers. *Results.* During heavy physical exertion, the proportion of CD45+ and CD3+ liver parenchyma cells increased by 3.2 and 2.9 times and perivascularly by 3 and 6.3 times ( $p=0.001$ ) compared to the intact group. After the use of meldonium during heavy physical exertion, the percentage of CD45+ cells decreased in the liver parenchyma and perivascularly by 1.8 times ( $p=0.008$ ), the proportion of CD3 cells decreased by 1.7 times in the liver parenchyma ( $p=0.001$ ) and around the vessels by 2.3 times ( $p=0.004$ ) when comparing data with intact animals. Histologically, inflammation and alterative changes in the liver tissue decreased. *Conclusion.* The use of meldonium during heavy physical exertion led to a decrease in the percentage of CD45+ and CD3+ cells due to a decrease in the degree of inflammatory infiltration of the liver tissue and the severity of the destructive process.

**Keywords:** physical exertion, liver, CD45+, CD3+, meldonium

**Введение.** Положительное влияние спорта на здоровье никогда не подлежало сомнению и уже давно научно доказано. Однако высока вероятность развития внезапной смерти вследствие острых физических перенапряжений, возникающих при чрезмерной нагрузке во время тренировки или соревнования [1–5]. Внезапная смерть молодого и очевидно здорового человека становится настоящей трагедией для общества и семьи, особенно если это связано со спортсменами, которые всегда были символом здоровья и силы. Развитие неблагоприятного исхода связано с нарушением режима выполнения физических упражнений, особенно при наличии скрытой патологии, для которой интенсивное перенапряжение становится триггерным фактором.

Печень является иммунным органом, в ней располагаются клетки врожденного и адаптивного иммунитета [6–8]. Популяция лейкоцитов в печени осуществляет защитный барьер, способствуя притоку в нее лимфоцитов [9]. Лимфоциты взаимодействуют с гепатоцитами благодаря фенестрированному эндотелию и отсутствию базальной мембраны, что облегчает межклеточные контакты между резидентными иммунными клетками и негемопозитическими клетками печени [10]; возникает прайминг лимфоцитов с формированием иммунного ответа на различные факторы. Дисрегуляторные механизмы приводят к развитию воспалительной реакции, нарушению архитектоники органа с возникновением фиброза. В этих процессах участвуют лейкоциты, различные популяции Т-лимфоцитов [10, 11]. Изучение реакции лейко-, лимфоцитов в альтеративных процессах и восстановлении печени может служить основой для поиска способов коррекции этих изменений. Одним из препаратов с доказанным действием является мельдоний, который оказывает мембранопротекторное влияние, способствующее восстановлению цитоплазматических выростов – микроворсинок гепатоцитов, улучшает метаболизм клеток, способствует эффективному транспорту АТФ и оптимизирует потребление клетками кислорода [12].

**Цель** – оценить долю лейкоцитов (CD45+-клеток) и Т-лимфоцитов (CD3+-клеток) в печени при физической активности разной степени при использовании мельдония и без него.

**Материал и методы.** Опыты проводились на линейных самцах – крысах линии Вистар ( $n=60$ ) весом 240 г. Животным давали физическую нагрузку разной интенсивности. Так, 1-й группе крыс давали легкую физическую нагрузку, для чего их помещали в ванну с температурой воды 29–32°C, в которой животные плавали 15 мин. Крысы 2-й группы проводили в ванне 30 мин – нагрузку расценивали как средней тяжести. Для воспроизведения тяжелой физической нагрузки (3-я группа) животные плавали в ванной до тех пор, пока они не начинали терять силы и тонуть. Обычно это наступало через 55–59 мин после нахождения животных в воде [2, 3]. Всего выполнено 10 сеансов плавания. Затем животных выводили их эксперимента сразу после последнего сеанса (10 животных на группу) и через 30 сут после окончания опытов (10 животных на группу). В пищу опытных животных добавляли мельдоний из расчета 100–20 мг/кг веса

при выполнении водной нагрузки. Для сравнения результатов использовали 3 контрольные группы крыс (по 10 на группу), которые также выполняли аналогичную нагрузку разной степени тяжести, но в пищу которых мельдоний не добавляли, и интактную группу, особи которой нагрузку не выполняли.

Все манипуляции с лабораторными животными осуществляли в соответствии с ГОСТ 33216–2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами». Дизайн эксперимента одобрен на заседании этического комитета ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» (протокол №1 от 28.04.2023).

Животных умерщвляли путем декапитации на гильотине. После выведения животных из эксперимента для исследования атравматично забирали печень. Фиксировали части правой доли печени в 10% формалине в фосфатном буфере, проводили заливку в парафин и готовили гистологические срезы толщиной 5 мкм, используя гистопроцессор MTP-120 (SLEE Medical GmbH, Германия) и Tissue-Tek® TEC™ 5 (Sakura Seiki Co, Япония). Срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Проводили иммуногистохимическую (ИГХ) реакцию на маркеры CD-45 (первичное антитело: клон, производитель – Purified Mouse Anti-Rat CD45 клон OX-1, BD Pharmingentm, США, 1:30; вторичное антитело: клон, производитель, разведение – Biotin Goat Anti-Mouse Ig, Multiple Adsorption, поликлональное, BD Biosciences, США, 1:50 и CD-3 Purified Mouse Anti-Rat CD3 клон G 4.18, BD Pharmingentm, США, 1:30; Biotin Goat Anti-Mouse Ig, Multiple Adsorption, поликлональное, BD Biosciences, США, 1:50) по стандартной методике. Для идентификации антигенных детерминант использовался непрямой пероксидазный метод. Подсчитывали клетки в 40 полях зрения (1 мм 2 среза).

Статистическую обработку проводили в Statistica Application версии 10.0.228.2 (StatSoft, США). Нормальность распределения данных определяли с использованием теста Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса. Для определения значимости различий между группами использован однофакторный дисперсионный анализ – ANOVA (ANalysis Of VAriance) с последующим тестом высокосignификантных различий Тьюки  $p \leq 0,05$ . При распределении, отличающемся от нормального, использовался ANOVA Краскела – Уоллиса, а затем проводились попарные сравнения с помощью критерия Манна – Уитни.

**Результаты.** При легкой физической нагрузке гистологически в печени выявлялось полнокровие, незначительные дистрофические изменения. Процент CD45-позитивных клеток не изменился как без использования мельдония, так и с его применением (табл. 1, 2). При средней физической нагрузке определялась выраженная дистрофия и некробиотические изменения (рис. 1, а, б). При ИГХ-реакции выявлялись изменения в показателе CD45+-клеток, что сопровождалось увеличением процента клеток в паренхиме печени: доля CD45+-клеток возросла в 1,8 раза (см. табл. 1) и периваскулярно в 2 раза ( $p=0,002$ ) при сопоставлении с результатами интактной группы (см. табл. 1). В 3-й группе гистологически в печени была гидрорическая дистрофия печеночных клеток с вовлечением центроробулярной зоны и баллонная дегенерация перипортальных гепатоцитов, а также некробиотические изменения и участки некроза:

Таблица 1

## Показатели CD45+-клеток (%) в условиях эксперимента и при введении мельдония

Группа	CD45+-клетки в паренхиме печени п/мм <sup>2</sup> (%)	Min/max	CD45+-клетки около сосудов печени, п/мм <sup>2</sup> (%)	Min/max	Общее количество CD3+-клеток в срезе печени, п/мм <sup>2</sup> (%)
Интактная	12,1±2,1	7,4–19,9	16,4±2,9	9,3–26,4	28,5±2,1
Опытные группы					
1-я	12,9±1,9/12,3±1,7	9,1–17,8/9,2–17,5	16,9±2,2/16,6±1,8	9,5–22,4/9,8–22,9	29,8±1,9/28,9±1,9
2-я	21,4±3,2/17,9±1,4	16,5–26,9/13,4–24,2	32,3±3,7*/21,9±1,6 <i>p</i> =0,002	26,2–41,3/17,4–32,1	53,7±3,2/39,8±1,4
3-я	38,3±4,2/ 21,2±2,9	32,6–41,5/15,8–26,5	49,9±4,8** 29,7±1,9*** <i>p</i> =0,001 <i>p</i> =0,008	38,9–55,6/21,3–36,7	88,2±4,2/50,9±2,9
Через 30 сут после эксперимента					
Физическая активность					
Легкая	12,3±2,2/12,2±1,2	8,9–17,5/9,0–17,2	16,5±2,5/16,6±2,1	10,2–21,8/10,4–21,6	28,8±2,2/28,8±1,2
Средняя	18,1±2,1/13,1±1,9	14,7–23,5/9,2–26,4	21,3±3,9/17,1±1,5**** <i>p</i> =0,004	17,3–28,9/14,1–23,2	38,4±2,1/30,2±1,9
Тяжелая	37,8±3,3/17,8±3,1	29,4–43,1/ 14,5–23,8	48,4±5,1/20,6±4,3***** <i>p</i> =0,002	39,2–52,4/17,3–26,1	86,2±3,3/38,4±3,1

Примечание. Здесь и далее в табл. 2 уровни статистической значимости различий: \*2-й группы с интактной; \*\*3-й группы (без мельдония) с интактной; \*\*\*3-й группы без введения мельдония и с его применением; через 30 сут после эксперимента: \*\*\*\*2-й группы с мельдонием с интактной группой; \*\*\*\*\*3-й группы без введения мельдония и с его применением.

Таблица 2

## Доля CD3+-клеток (%) при введении мельдония и без его применения

Группа	CD45+-клетки в паренхиме печени п/мм <sup>2</sup> (%)	Min/max	CD45+-клетки около сосудов печени, п/мм <sup>2</sup> (%)	Min/max	Общее количество CD3+-клеток в срезе печени, п/мм <sup>2</sup> (%)
Интактная	2,4±1,3	1,8–4,4	3,8±1,7	2,1–8,0	6,2±1,3
1-я	2,8±1,7/2,7±1,9	1,6–4,6/1,5–4,1	4,1±1,5/3,9±1,5	2,2–8,8/2,1–8,3	6,9±1,7/6,6±1,7
2-я	5,6±2,6/3,8±2,3	2,9–9,9/1,9–5,9	14,3±1,8*/4,9±1,4 <i>p</i> =0,004	7,9–23,3/2,3–8,9	19,9±1,3/8,7±2,1
3-я	6,9±1,1/4,1±1,7	3,8–9,8/2,2–7,6	23,8±2,1** 8,8±1,8*** <i>p</i> =0,001 <i>p</i> =0,004	17,2–31,8/ 5,2–12,4	30,7±3,1/12,9±2,3
Через 30 сут после эксперимента					
Физическая активность					
Легкая	2,7±0,9/2,6±1,9	1,2–4,4/1,1–4,2	3,9±0,8/3,8±1,3	1,8–7,1/1,7–7,0	6,6±1,3/6,4±1,1
Средняя	7,5±0,8/3,5±1,7	4,2–8,9/2,2–6,9	13,8±0,6****/4,6±1,6 <i>p</i> =0,006	6,2–19,7/2,2–8,8	21,3±1,3/8,1±1,8
Тяжелая	9,7±0,8/3,9±1,2	5,6–16,3/2,1–6,8	21,9±2,7*****/6,8±2,1 <i>p</i> =0,004	15,9–32,4/3,2–11,4	28,6±1,3/10,7±1,9

ядра были в состоянии кариопикноза и кариолизиса (см. рис. 1, в). Остатки слабо эозинофильной цитоплазмы определялись вокруг ядер или вдоль мембран клеток. Выявлялась выраженная воспалительная инфильтрация в ткани печени (см. рис. 1, а). При ИГХ-реакции отмечались следующие изменения: доля CD45+-клеток паренхимы печени повысилась в 3,2 раза и периваскулярно в 3 раза (*p*=0,001) в сравнении с интактной группой (см. табл. 1). После применения мельдония при тяжелой физической нагрузке процент CD45+-клеток уменьшился в паренхиме печени и периваскулярно в 1,8 раза (*p*=0,008) по сравнению с интактной группой (см. табл. 1).

Через 30 сут после эксперимента при легкой и средней физической активности наблюдалась нормализация гистологической картины печени, отсутствовали дистрофические и некробиотические изменения. Процент CD45+-клеток был в пределах значений интактной группы (см. табл. 1). При тяжелой физической нагрузке отмечались небольшие участки соединительной ткани в периферических отделах печеночных долек. Распределение CD45+-клеток было следующим: в паренхиме печени показатель снизился в 2,1 раза и периваскулярно в 2,3 раза в сравнении с группой животных, которым мельдоний не вводили (тяжелая физическая активность; см. табл. 1).

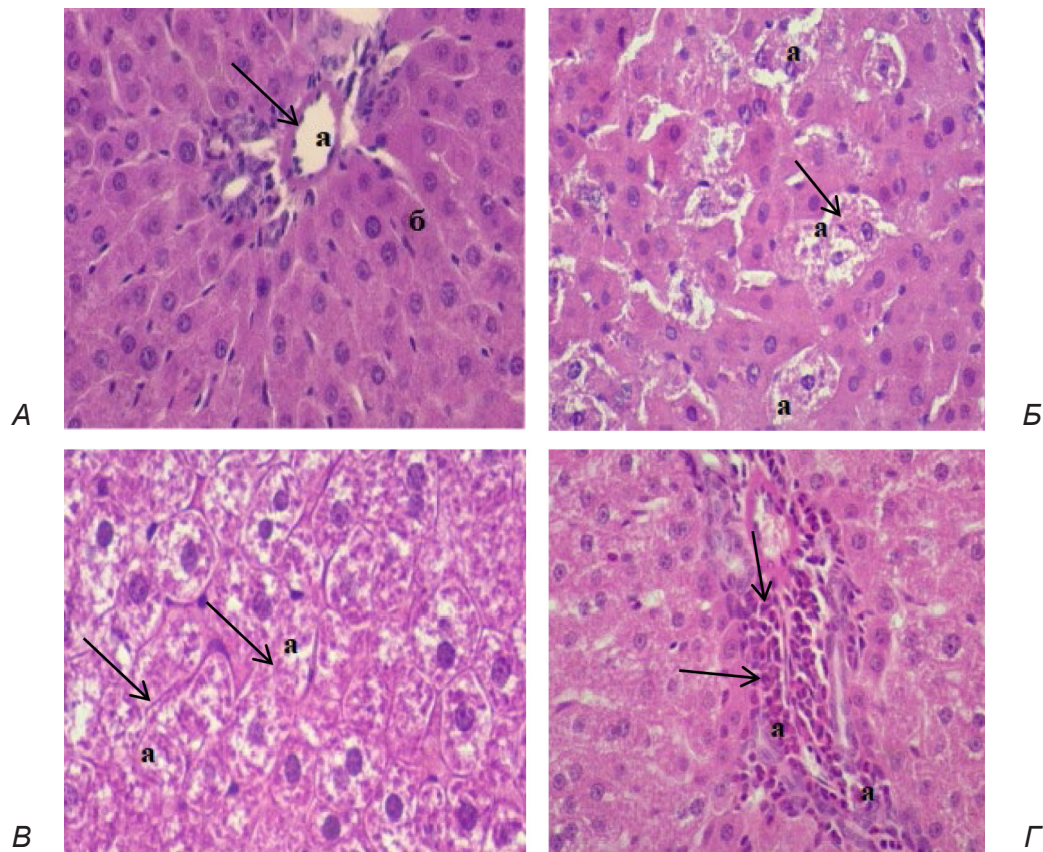


Рис. 1. Микроскопические изменения в печени: А – у интактных животных: а – центральная вена; б – печеночные балки; Б – 2-я группа: а – некробиоз отдельных клеток; В – 3-я группа: а – клетки с кариолизисом; Г – а – клеточная инфильтрация. Окраска гематоксилином и эозином, ув. 400

При ИГХ-реакции на CD3+-клетки обнаружено, что при легкой физической нагрузке значимых изменений не выявлено как без введения мельдония, так и с использованием препарата. При средней физической активности без использования мельдония процент CD3+-клеток повысился в 3,8 раза ( $p=0,04$ ) периваскулярно в сравнении с интактной группой и был выше в 2,9 раза ( $p=0,02$ ), чем во 2-й группе с использованием мельдония. При тяжелой физической нагрузке процент клеток возрос как в паренхиме органа в 2,9 раза, так и периваскулярно в 6,3 раза ( $p=0,001$ ) по сравнению с интактной группой (см. табл. 1). Визуализировались скопления CD3+-клеток и в разных полях зрения CD3+-клетки были в виде цепочек, окружающих сосуды (рис. 2). С использованием мельдония процент CD3 – клеток был ниже, чем без применения мельдония (см. табл. 1).

Через 30 сут после эксперимента при легкой физической активности (без использования мельдония и с применением препарата) процент CD3+-клеток не изменился при сопоставлении с показателями интактной группы. При средней физической активности (с использованием мельдония) отмечалось снижение доли CD3+-клеток в паренхиме в 2 раза и периваскулярно в 3 раза ( $p=0,006$ ) по сравнению с животными, у которых мельдоний не использовали. При тяжелой физической нагрузке (с применением мельдония) процент CD3+-клеток паренхимы печени уменьшился в 2,5 раза и периваскулярно в 3,2 раза ( $p=0,004$ ) в сравнении с группой животных без использования препарата.

**Обсуждение.** Проведенное исследование установило, что при легкой физической активности (без применения мельдония и с таковым) не отмечалось значимых изменений в проценте CD45+-клеток. При средней физической активности происходило повышение процента лейкоцитов (CD45+-клеток). При тяжелой физической активности возрастала доля CD45+-клеток периваскулярно и в паренхиме печени, что было отличием от группы интактных животных. При гистологическом исследовании выявлялись некротическая и экссудативная реакции, сопровождаемые некробиозом, некрозом клеток с воспалительной инфильтрацией. Использование мельдония при выполнении животными водной нагрузки умеренной и тяжелой степени изменяло ИГХ-картину срезов печени: происходило уменьшение процента CD45+-клеток как периваскулярно, так и в паренхиме печени. Однако доля CD45+-клеток при изучаемых нагрузках оставалась выше, чем в интактной группе. Через 30 сут после эксперимента процент CD45+-клеток достигал цифр интактных животных при средней физической нагрузке, а при тяжелой оставался незначительно выше, чем в интактной группе.

Процент Т-лимфоцитов в группе легкой физической активности (с применением мельдония и без его использования) не изменялся в сравнении с интактными животными. При средней и тяжелой интенсивности нагрузки процент CD3+-клеток возрос в сравнении с показателями интактной группы. Увеличение процента CD3+-клеток было связано с

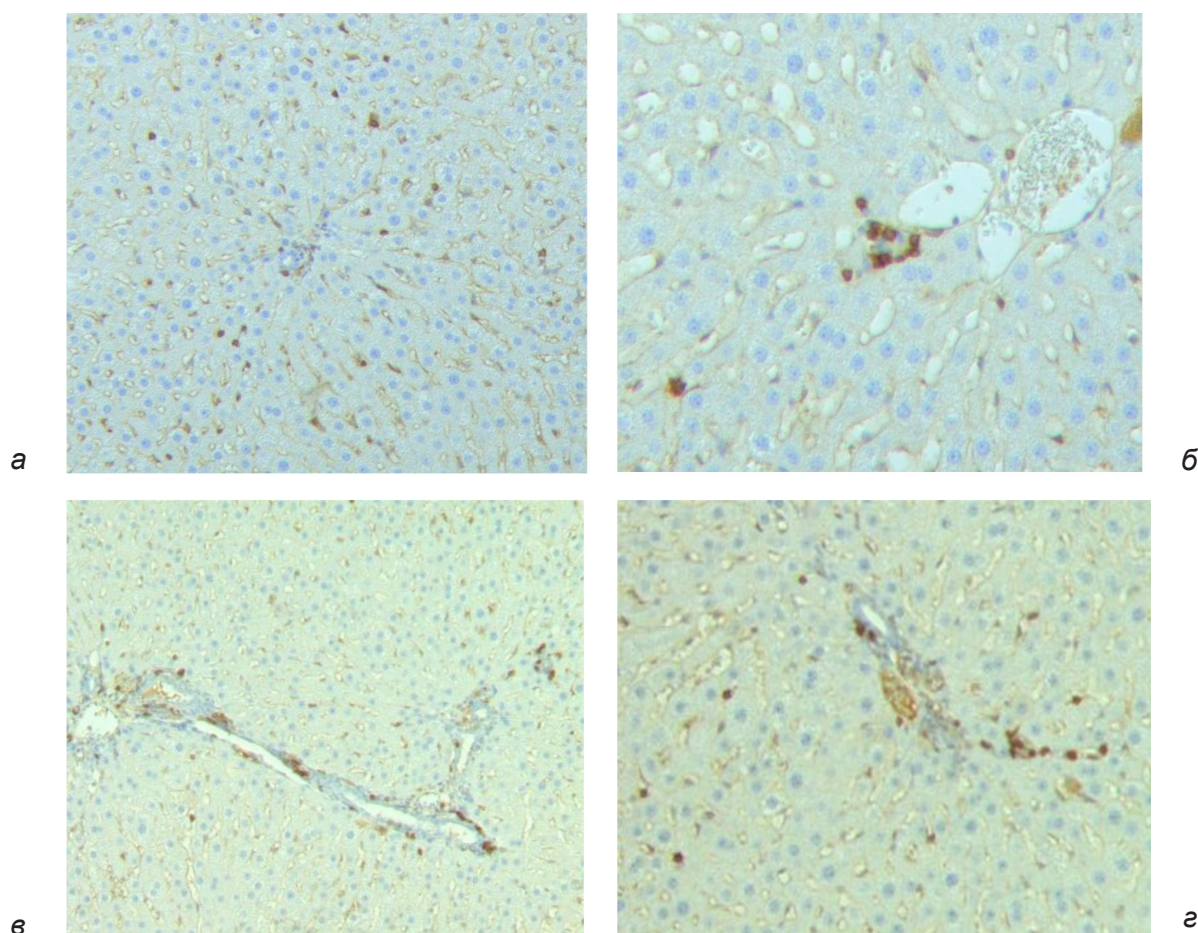


Рис. 2. Иммуногистохимическая реакция на CD3+-клетки в печени: а – у интактных животных; б – на фоне вакуольной дистрофии группы, состоящие из CD3+-клеток; в, з – скопления CD3+-клеток периваскулярно и в паренхиме печени (коричневые клетка-стрелки); а, в – ув. 100; б, з – ув. 400

воспалительной реакцией в печени, ассоциированной Т-лимфоцитами. При использовании мельдония при средней и тяжелой нагрузках изучаемый показатель снизился, но еще оставался выше, чем в интактной группе. Через 30 сут после окончания эксперимента при средней интенсивности нагрузки процент CD3+-клеток приблизился к цифрам интактной группы. Это связано с высокими регенераторными способностями печени, восстановлением гистоархитектоники данного органа и отсутствием деструктивных изменений в нем. При тяжелой физической активности с использованием мельдония также происходило статистически значимое снижение изучаемого показателя как в паренхиме печени, так и периваскулярно.

По данным некоторых авторов [13], в период интенсивных тренировок в крови уменьшался общий уровень Т-клеток (CD3+), лимфоцитов-хелперов при сохранении доли супрессоров. Активность Т-лимфоцитов (синтез ДНК и реакция на Т-митоген) оставалась повышенной. Авторы установили, что уменьшение в крови популяции CD3+-, CD4+-клеток свидетельствовало о нарушении уровня клеточной иммунной защиты.

В другом исследовании авторы установили, что при физической нагрузке в ходе субхронического эксперимента возрастал уровень нейтро- и эозинофилов, это согласовалось с данными о том, что

физические упражнения могут быть сопряжены с воспалением и способствовать выработке интерлейкинов, а также увеличению циркулирующих нейтро- и эозинофилов [14]. Согласно исследованию Е.Н. Ермолаевой и соавт. [15], у крыс, которые выполняли тренировки умеренной и субмаксимальной мощности, возрастал уровень лейкоцитов.

По данным исследователей, изучающих действие токсиканта CCl<sub>4</sub> на печень, было выявлено возрастание CD45+- и CD3+-клеток с развитием лимфолейкоцитарной инфильтрации в печени. Использование препарата аминофталгидразида приводило к снижению лейкоцитарной инфильтрации и резкому уменьшению уровня CD45+- и CD3+-клеток до значений интактных животных [16].

**Заключение.** При тяжелой физической активности без использования мельдония в печени развивалась лимфолейкоцитарная инфильтрация, указывающая на реакцию клеточного звена иммуногенеза. После приема мельдония отмечалось снижение процента CD45+- и CD3+-клеток из-за уменьшения воспалительной инфильтрации в ткани печени и деструктивных изменений.

**Вклад авторов.** Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**References (Список источников)**

1. Alpidovskaja OV, Malyshev II, Romanova LP. Changes in the expression of the TGFB1 gene and the level of TGF- $\beta$ 1 in the liver during exercise load of varying degrees. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2025;179(2):203-7. (In Russ.) Альпидовская О.В., Малышев И.И., Романова Л.П. Изменение экспрессии гена TGFB1 и уровня TGF- $\beta$ 1 в печени при физической нагрузке разной степени. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2025;179(2):203-7. DOI:10.47056/0365-9615-2025-179-2-203-207
2. Malyshev II, Alpidovskaja OV, Romanova LP. Morphological changes of neurocytes in rats during physical exertion of the different intensity. *Medical News of North Caucasus*. 2024;19(1):49-52. (In Russ.) Малышев И.И., Альпидовская О.В., Романова Л.П. Морфологические изменения нейроцитов у крыс при физической нагрузке различной интенсивности. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2024;19(1):49-52. DOI:10.14300/mnnc.2024.19011
3. Malyshev II, Alpidovskaja OV, Romanova LP. The effect of physical activity of varying intensity on cardiomyocyte hypertrophy and myocardial polyploidy in rats. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2024;39(1):178-83. (In Russ.) Малышев И.И., Альпидовская О.В., Романова Л.П. Влияние физической нагрузки различной степени интенсивности на гипертрофию кардиомиоцитов и на полиплоидию миокарда крыс. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2024;39(1):178-83. DOI:10.29001/2073-8552-2024-39-1-178-183
4. Smirnova AD, Novitsky AV, Shmoilova AS, Schwartz YuG. Risk of sudden cardiac death in those involved in strength training. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(4S):4394. (In Russ.) Смирнова А.Д., Новицкий А.В., Шмойлова А.С., Шварц Ю.Г. Риск внезапной сердечной смерти у занимающихся силовыми нагрузками. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(4S):4394. DOI:10.15829/1560-4071-2021-4394
5. Asif IM, Harmon KG. Incidence and etiology of sudden cardiac death: New updates for athletic departments. *Sports Health*. 2017;9(3):268-79. DOI:10.1177/1941738117694153
6. Dusseaux M, Martin E, Serriari N, Péguillet I. Human MAIT cells are xenobiotic-resistant, tissue-targeted, CD161hi IL-17-secreting T cells. *Blood*. 2011;117(4):1250-9. DOI:10.1182/blood-2010-08-303339
7. Kurioka A, Walker LJ, Klenerman P, Willberg CB. MAIT cells: New guardians of the liver. *Clin Transl Immunology*. 2016;5(8):e98. DOI:10.1038/cti.2016.51
8. Hunter S, Willcox CR, Davey MS, Kasatskaya SA. Human liver infiltrating  $\gamma\delta$ -T-cells are composed of clonally expanded circulating and tissue-resident populations. *J Hepatol*. 2018;69(3):654-65. DOI:10.1016/j.jhep.2018.05.007
9. Wang J, Holme TH, de Guevara LL. Phenotypic and functional status of intrahepatic T cells in chronic hepatitis C. *J Infect Dis*. 2006;194(8):1068-77. DOI:10.1086/507681
10. Mendes-Braz M, Martins JO. Diabetes mellitus and liver surgery: The effect of diabetes on oxidative stress and inflammation. *Mediators Inflamm*. 2018;2018:2456579. DOI:10.1155/2018/2456579
11. Chereshev VA, Yushkov BG, Abidov MT. Morphogenetic function of immunocompetent cells in restorative processes in the liver. *Immunology*. 2004;4:204-6. (In Russ.) Черешнев В.А., Юшков Б.Г., Абидов М.Т. Морфогенетическая функция иммунокомпетентных клеток при восстановительных процессах в печени. *Иммунология*. 2004;4:204-6.
12. Đurašević S, Stojković M, Sopta J. The effects of meldonium on the acute ischemia/reperfusion liver injury in rats. *Sci Rep*. 2021;11(1):1305. DOI:10.1038/s41598-020-80011-y
13. Afanasyeva IA. Indicators of the T-system of immunity in athletes during intensive training. *Scientific notes of Lesgaft University*. 2007;1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-t-sistemy-immuniteta-u-sportsmenov-pri-intensivnyh-trenirovkah> (28 Feb 2025). (In Russ.) Афанасьева И.А. Показатели Т-системы иммунитета у спортсменов при интенсивных тренировках. *Ученые записки университета Лесгафта*. 2007;1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-t-sistemy-immuniteta-u-sportsmenov-pri-intensivnyh-trenirovkah> (дата обращения: 28.02.2025).
14. Blinova TV, Strakhova LA, Kolesov SA. The effect of intense physical activity on biochemical parameters of antioxidant defense systems and nitric oxide in swimming athletes. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2019;59(10):860-5. (In Russ.) Блинова Т.В., Страхова Л.А., Колесов С.А. Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и оксида азота у спортсменов-пловцов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019;59(10):860-5. DOI:10.31089/1026-9428-2019-59-10-860-865
15. Ermolaeva EN, Sashenkov SL, Surina-Marysheva EF, Petukhova VI. Indices of the immune profile of rats affected by chronic physical load in the experiment. *Modern Problems of Science and Education*. 2023;4. (In Russ.) Ермолаева Е.Н., Сашенков С.Л., Сурина-Марышева Е.Ф., Петухова В.И. Показатели иммунного профиля крыс, подвергшихся хронической физической нагрузке в эксперименте. *Современные проблемы науки и образования*. 2023;4. DOI:doi.org/10.17513/spno.32845
15. Shafigullina ZA, Gette IF, Danilova IG. Regenerative response of hepatocytes in diffuse toxic injury. *Bulletin of the Ural Medical Academic Science*. 2020;17(4):313-22. (In Russ.) Шафигуллина З.А., Гетте И.Ф., Данилова И.Г. Регенераторный ответ гепатоцитов при диффузном токсическом повреждении. *Вестник уральской медицинской академической науки*. 2020;17(4):313-22. DOI:10.22138/2500-0918-2020-17-4-313-322

Статья поступила в редакцию 27.12.2024; одобрена после рецензирования 07.04.2025; принята к публикации 08.09.2025.  
The article was submitted 27.12.2024; approved after reviewing 07.04.2025; accepted for publication 08.09.2025.

**Информация об авторах:**

**Александр Ариариевич Юсов** – доцент кафедры нормальной и патологической физиологии, кандидат медицинских наук, [Yusov1961@yandex.ru](mailto:Yusov1961@yandex.ru), ORCID 0000-0001-6079-1535; **Ольга Васильевна Альпидовская** – доцент кафедры общей и клинической морфологии и судебной медицины, кандидат медицинских наук, [olavorobeva@mail.ru](mailto:olavorobeva@mail.ru), ORCID 0009-0004-0232-3193.

**Information about the authors:**

**Alexander A. Yusov** – Assistant Professor of the Department of Normal and Pathological Physiology, PhD, [Yusov1961@yandex.ru](mailto:Yusov1961@yandex.ru), ORCID 0000-0001-6079-1535; **Olga V. Alpidovskaja** – Assistant Professor of the Department of General and Clinical Morphology and Forensic Medicine, PhD, [olavorobeva@mail.ru](mailto:olavorobeva@mail.ru), ORCID 0009-0004-0232-3193.