

## УРОВЕНЬ SCF ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ПОСЛЕ ВВЕДЕНИЯ МЕЛЬДОНИЯ

**Альпидовская О.В.**

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия

**Резюме.** Регенераторные механизмы в печени при повреждении сопряжены с активацией цитокинов. SCF представляет собой важную систему передачи сигналов, помимо регулирования пролиферации гемопоэтических стволовых клеток, SCF участвует в восстановлении печени и регенерации после его повреждения. В связи с этим цель исследования – изучение уровня SCF в плазме крови и печени при физической нагрузке разной интенсивности и после приеме мeldonия. Опыты проводились на самцах крыс. Опыты проводились в два этапа. На первом этапе крысам давали нагрузку разной интенсивности: 1-я группа крыс выполняла легкую физическую нагрузку, 2-я группа – средней тяжести, 3-я группа выполняла тяжелую физическую нагрузку. Всего выполнено 10 сеансов водной нагрузки. Интактными животными были самцы крыс половозрелого возраста, которым не проводили физическую нагрузку, количество животных соответствовало числу опытных. Концентрацию SCF (rat stem cell factor / mast cell growth factor) в плазме крови выявляли с помощью иммуноферментного анализа, уровень SCF в печени изучали методом иммуноферментного анализа. В исследовании выявлено, что в интактной группе уровень SCF выше в ткани печени, чем в плазме крови. В 1-й группе животных отмечалось увеличение SCF в 1,5 раза в крови и снижение в печени по сравнению с интактной группой ( $p < 0,05$ ). Во 2-й группе показатель SCF в печени увеличился, а в крови произошло его снижение в 1,1 раза в сравнении с 1-й группой, но показатель оставался выше, чем у интактных животных в 1,4 раза ( $p < 0,05$ ). В 3-й группе отмечалось снижение SCF как в крови, так и в печени в сравнении с интактными животными ( $p < 0,05$ ). После использования мeldonия при физической нагрузке легкой и умеренной степени отмечено увеличение SCF в печени в 1,1 раза, при тяжелой – в 1,4 раза в сравнении с опытными животными, не получавшими мeldonий. Таким образом, прием мeldonия во время физической нагрузки различной интенсивности привел к значимому повышению концентрации SCF в ткани печени.

*Ключевые слова:* крысы, физическая нагрузка, печень, кровь, фактор стволовых клеток, мeldonий

---

### Адрес для переписки:

Альпидовская Ольга Васильевна  
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет  
имени И.Н. Ульянова»  
428015, Россия, Чувашская Республика, г. Чебоксары,  
Московский пр., 15.  
Тел.: 8 (927) 858-05-18.  
E-mail: olavorobeva@mail.ru

### Address for correspondence:

Olga V. Alpidovskaya  
I. Ulyanov Chuvash State University  
15 Moskovsky Ave  
Cheboksary, Chuvash Republic  
428015 Russian Federation  
Phone: +7 (927) 858-05-18.  
E-mail: olavorobeva@mail.ru

---

### Образец цитирования:

О.В. Альпидовская «Уровень SCF при физической нагрузке разной интенсивности и после введения мeldonия» // Медицинская иммунология, 2026. Т. 28, № 1. С. 163-168. doi: 10.15789/1563-0625-SCF-3119

© Альпидовская О.В., 2026

Эта статья распространяется по лицензии  
Creative Commons Attribution 4.0

### For citation:

O.V. Alpidovskaya "Stem cell factor levels during physical activities of varying intensities and upon meldonium treatment", Medical Immunology (Russia)/Meditsinskaya Immunologiya, 2026, Vol. 28, no. 1, pp. 163-168. doi: 10.15789/1563-0625-SCF-3119

© Alpidovskaya O.V., 2026

The article can be used under the Creative  
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.15789/1563-0625-SCF-3119

# STEM CELL FACTOR LEVELS DURING PHYSICAL ACTIVITIES OF VARYING INTENSITIES AND UPON MELDONIUM TREATMENT

Alpidovskaya O.V.

I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation

**Abstract.** The mechanisms of liver regeneration after damage are associated with activation of cytokines. SCF is an important signaling factor since, along with hematopoiesis regulation, it is involved in liver restoration and regeneration after damage. In this respect, the aim of our study was to evaluate SCF levels in blood plasma and liver during physical activity of varying intensity and after Meldonium administration. Material and methods: The experiments were conducted with male rats. The study was performed in two stages. Initially, the rats were subject to exertion of varying intensity: the 1<sup>st</sup> group of rats performed light physical activity, the 2<sup>nd</sup> group underwent moderate exercises, the 3<sup>rd</sup> group performed heavy physical activity. A total of 10 sessions of swimming loading were performed. The Intact, sexually mature male rats did not undergo physical activity. The number of these animals corresponded to the number of experimental group. The rat SCF concentration (rat stem cell factor / mast cell growth factor) in blood plasma and the levels of SCF in the liver tissue were determined by means of enzyme immunoassay. The study has shown that SCF level in the intact group was higher in liver tissue than in blood plasma. In the 1<sup>st</sup> group of animals, an increase in SCF by 1.5 times in the blood and a decrease in the liver were noted, as compared to the intact group ( $p < 0.05$ ). In the 2<sup>nd</sup> group, SCF contents in the liver was increased, along with a decrease in blood plasma by 1.1 times when compared to the 1<sup>st</sup> group. However, this parameter remained higher than in intact animals by 1.4 times ( $p < 0.05$ ). In the 3<sup>rd</sup> group, a decrease in SCF was noted both in blood plasma, and in liver samples as compared to intact animals ( $p < 0.05$ ). After administration of meldonium during mild and moderate physical exertion, an increase in SCF in the liver by 1.1 times was noted. During severe physical exertion it was 1.4 times higher when compared to experimental animals that did not receive meldonium. Hence, usage of meldonium during physical exercise of varying intensity led to a significant increase in the liver SCF concentration.

*Keywords:* rats, exercise, liver, blood, stem cell factor, meldonium

## Введение

Существуют убедительные доказательства, что регулярная физическая активность улучшает как общее состояние организма, так и является средством профилактики ряда заболеваний [1, 2, 3, 4, 5]. Вместе с тем физическая активность может провоцировать внезапную смерть вследствие чрезмерной нагрузки во время тренировки или соревнования [3, 4, 6].

Печень является уникальным органом, отвечающим за адаптивные процессы. Регенераторные механизмы в ней при ее повреждении сопряжены с активацией цитокинов, таких как фактор некроза опухоли альфа, IL-1 и IL-6, фактор роста гепатоцитов (HGF), трансформирующий рост фактор-бета (TGF-бета), макрофагальный воспалительный протеин-2 (MIP-2), фактор стволовых клеток (SCF) [6, 7]. SCF является трансмембранным белком, который ферментативно отщепляется от поверхности клетки во время повреждения или воспаления, участвует в регуляции

пролиферации гемопоэтических стволовых клеток. SCF играет важную роль в восстановлении и регенерации печени после его повреждения [8, 9]. Микроокружение поврежденной печени (ростовые факторы/цитокины и внеклеточный матрикс) создают условия для хоминга стволовых клеток в печень и преодоления барьера при их дифференцировке. Помимо гепатоцитов синтезом SCF в печени являются эндотелиоциты и макрофаги [8, 9]. Печень в норме содержит значительное количество как мембрансвязанного, так и растворимого SCF. В связи с этим **цель исследования** — изучение уровня SCF в плазме крови и печени при физической нагрузке разной интенсивности и после приема мeldonия.

## Материалы и методы

Опыты проводились на самцах крыс, весом 240 г, эксперимент осуществлялся в два этапа. На первом этапе крысам давали нагрузку разной

интенсивности. 1-я группа крыс выполняла легкую физическую нагрузку, для чего их помещали в ванну с температурой воды 29-32 °С, животные плавали 15 минут. Крысы 2-й группы проводили в ванне 30 минут (нагрузка средней тяжести). Крысы 3-й группы (тяжелая физическая нагрузка) плавали в ванной до тех пор, пока они не начинали терять силы и тонуть. Обычно это наступало через 55-59 минут после нахождения животных в воде. После извлечения из ванны животные этой группы, в отличие от животных первых двух групп, были вялыми, некоторое время лежали, не принимали пищу. Животными всех групп было выполнено 10 сеансов водной нагрузки, после чего их выводили из эксперимента сразу после последнего сеанса (8 животных на серию) с применением золотилового наркоза из расчета 5 мг на 100 г в соответствии с Международными правилами проведения работ с экспериментальными животными. Интактными животными были самцы крыс половозрелого возраста, которым не проводили физическую нагрузку, количество животных соответствовало числу опытных.

Эксперименты основывали на принципах гуманности, изложенных в Директиве Совета Европейского Союза (86/609/ЕЭС), а также в ГОСТ Р 53434-2009 от 1 марта 2010 г. «Принципы надлежащей лабораторной практики» (идентичен GLP OECD). Проведение эксперимента одобрено этическим комитетом Марийского государственного университета (протокол № 1 от 28.04.2023).

Концентрацию SCF (Rat Stem cell factor/mast cell growth factor (SCF/MGF) ELISA KIT (CUSABIO BIOTECH CO., LTD, China) в плазме крови выявляли с помощью иммуноферментного анализа (ИФА) прибором Lazurite Automated Elisa System (Dynex Technologies Inc., США). Оценка уровня SCF в печени проводилась методом иммуноферментного анализа. После извлечения печень промывалась и помещалась в фосфатно-солевой буфер (PBS) с pH 7,6 (ООО «Эко-Сервис», Россия) из расчета 1 мл раствора на 1 мг органа. Все процедуры проводили на льду для предотвращения протеолиза. Ткань дезагрегировали с использованием автоматизированной системы для дезагрегации тканей BD Medimachine (Becton Dickinson, США). Суспензию пропускали через фильтр falcon, BD Bioscience (США), размером пор 50 мкм, затем центрифугировали 30 минут при 4 °С и 15 000 оборотах в минуту, собирали супернатант и разводили в 2 раза PBS. Полученный супернатант распределяли по 200 мкл в микроцентрифужные пробирки типа «Эппендорф», замораживали и хранили до использования при -80 °С.

### Этическая экспертиза

Эксперименты основывали на принципах гуманности, изложенных в Директиве Совета Европейского Союза (86/609/ЕЭС), а также в ГОСТ Р 53434-2009 от 1 марта 2010 г. «Принципы надлежащей лабораторной практики» (идентичен GLP OECD). Проведение эксперимента одобрено этическим комитетом Марийского государственного университета (протокол № 1 от 28.04.2023).

Статистическая обработка проводилась с помощью программы SigmaScan Pro5 (США) и микроскопа Carl Zeiss Axio Scope A1 (Германия), 400. Статистический анализ проведен в программе Statistica 10. Для анализа различий между выборками использовали t-критерий Стьюдента.

## Результаты и обсуждение

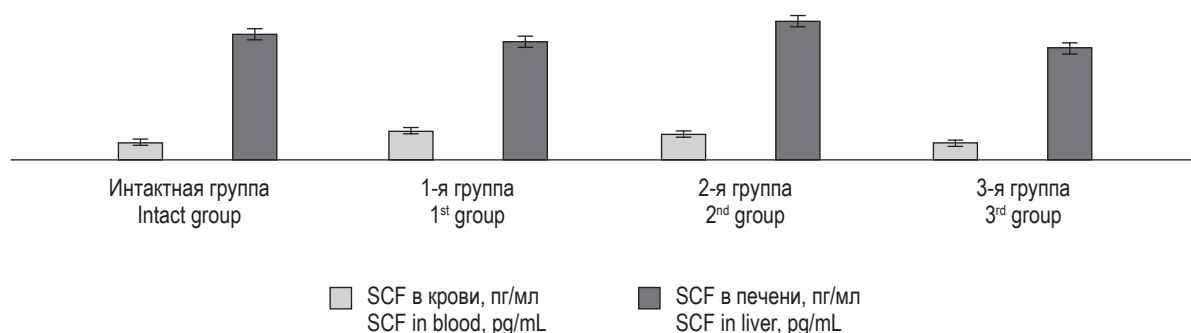
### Показатели концентрации SCF в крови и печени у животных после физической нагрузки разной интенсивности

Оценивая уровень SCF у интактных животных, выявлено, что его концентрация в печени выше в 6,3 раза, чем в крови (рис. 1). В 1-й группе животных (легкая физическая нагрузка) отмечено увеличение показателя SCF в 1,5 раза в крови и снижение в печени по сравнению с интактной группой ( $p < 0,05$ ) (рис. 1). Во 2-й группе (средняя физическая нагрузка) показатель SCF в печени увеличился, а в крови произошло его снижение в 1,1 раза в сравнении с 1-й группой, но показатель оставался выше, чем у интактных животных в 1,4 раза ( $p < 0,05$ ). В 3-й группе (тяжелая физическая нагрузка) привело к снижению цифр SCF как в крови, так и в печени в сравнении с интактными животными ( $p < 0,05$ ) (рис. 1).

### Показатели концентрации SCF в крови и печени опытных животных с введением мелдония

Сравнивая показатели SCF в крови у опытных животных, которые во время физической нагрузки разной интенсивности принимали мелдоний, выявлены изменения по сравнению с животными, не получавшими препарат (рис. 2).

После использовании мелдония при физической нагрузке легкой и умеренной степени отмечено увеличение SCF в печени в 1,1 раза, при тяжелой – в 1,4 раза, при сравнении с опытными животными, не получавшими мелдоний (рис. 2). Результаты исследования указывают на благоприятное воздействие препарата на уровень SCF. В ранее полученных данных было показано увеличение пролиферации гепатоцитов при физической нагрузке средней и тяжелой физической нагрузке после приема мелдония, что

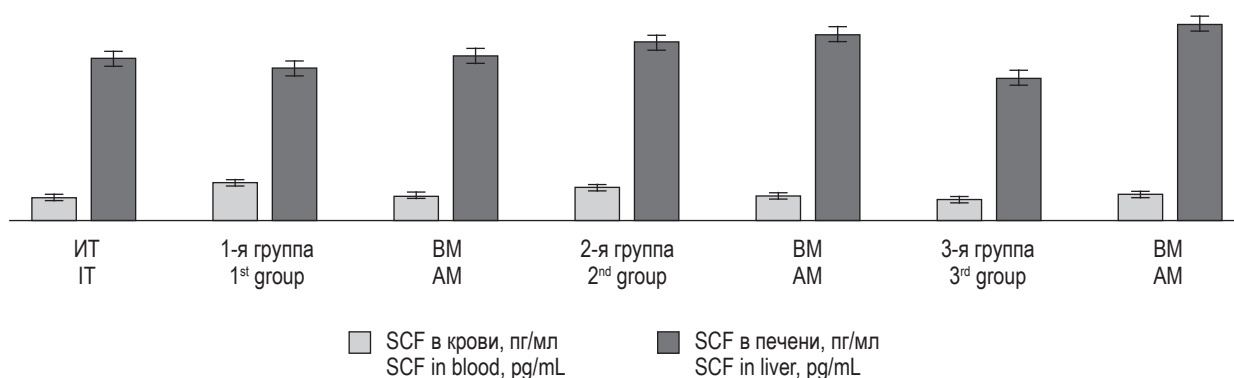


**Рисунок 1. Уровень SCF в крови и печени (пг/мл) у интактных, в 1-й, 2-й и 3-й группах**

Примечание. Статистически значимые различия ( $p < 0,05$ )

Figure 1. SCF level in blood and liver (pg/mL) in intact, 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, and 3<sup>rd</sup> groups

Note. Statistically significant differences ( $p < 0.05$ ).



**Рисунок 2. Уровень SCF в крови и в печени (пг/мл) у опытных животных без и с введением мельдония**

Примечание. Статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ). ИТ – интактные животные; ВМ – введение мельдония.

Figure 2. SCF level in blood and liver (pg/mL) in experimental animals with and without meldonium administration

Note. Statistically significant differences ( $p < 0.05$ ). IT, intact animals; MA, meldonium administration.

сопровождалось значительным повышением показателей клеточной пролиферации гепатоцитов с ростом количества двуядерных гепатоцитов [9].

Мельдоний является препаратом с многофакторным действием, снижает уровень провоспалительных цитокинов, интенсивность перекисного окисления липидов, уменьшает последствия окислительного стресса, цитопротекторное действие направлено на увеличение метаболизма и уменьшение свободных радикалов, блокируя окисление жирных кислот, увеличивает энергетический потенциал клетки на фоне высокой терапевтической безопасности.

По литературным данным известно, что при отравлении ацетаминофеном у мышей SCF снижался в поврежденной печени. После введения ацетаминофена уровни SCF резко уменьшались,

что коррелирует с повреждением печени. В условиях регенерации печени уровни SCF коррелировали с регенерацией печени. Когда мышам вводили экзогенный SCF, летальность была значительно снижена по сравнению с животными, получавшими ацетаминофен, а повреждение ткани печени было ослаблено. Эти данные показывают, что SCF действует как важный фактор, защищающий печень от острого повреждения [10].

По данным З.А. Шафигуллиной и соавт. [7], стимуляция функциональной активности макрофагов аминоксидом (АФГ) приводила к наиболее быстрой нормализации концентрации SCF в крови, чем у животных без введения препарата. Применение АФГ на фоне интоксикации  $CCl_4$  способствовало увеличению локального уровня SCF.

## Заключение

В представленном исследовании выявлено, что в интактной группе уровень SCF выше в ткани печени, чем в плазме крови. Полученные данные схожи с результатами исследователей, изучающих влияние АФГ после интоксикации  $CCl_4$  [7]. Прием мельдония во время физической

нагрузки различной интенсивности привел к выбросу SCF в кровяное русло и к значимому повышению концентрации SCF в ткани печени, что может служить одним из стимулов для привлечения стволовых клеток к регенерирующему органу. Ведение мельдония при физических нагрузках способствует нормализации системного уровня SCF и повышению его локальной концентрации.

## Список литературы / References

1. Альпидовская О.В. Уровень цитокинов IL-6, IL-10, IL-18, TNF $\alpha$  в условиях табачной интоксикации и после введения аминофталгидразида // Медицинская иммунология, 2024. Т. 26, № 3. С. 613-616. [Alpidovskaya O.V. Plasma levels of IL-6, IL-10, IL-18, TNF $\alpha$  under the conditions of tobacco intoxication and after treatment with aminophthalhydrazide. *Meditsinskaya immunologiya = Medical Immunology (Russia)*, 2024, Vol. 26, no. 3, pp. 613-616. (In Russ.)] doi: 10.15789/1563-0625-PLO-2907.
2. Лызигов А.Н., Скуратов А.Г., Воропаев Е.В., Призенцов А.А. Роль стволовых клеток в регенерации печени и перспективы их использования в лечении печеночной недостаточности (обзор литературы) // Проблемы здоровья и экологии, 2012. № 2. С. 7-13. [Lyzykov A.N., Skuratov A.G., Voropayev E.V., Prizentsov A.A. The role of stem cells in liver regeneration and prospects of their use in the treatment of liver impairment (literature review). *Problemy zdorovya i ekologii = Health and Ecology Issues*, 2012, no. 2, pp. 7-13. (In Russ.)]
3. Малышев И.И., Альпидовская О.В., Романова Л.П. Морфологические изменения нейроцитов у крыс при физической нагрузке различной интенсивности // Медицинский вестник Северного Кавказа, 2024. Т. 19, № 1. С. 49-52. [Malyshev I.I., Alpidovskaya O.V., Romanova L.P. Morphological changes of neurocytes in rats during physical exertion of the different intensity. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza = Medical News of North Caucasus*, 2024, Vol. 19, no. 1, pp. 49-52. (In Russ.)]
4. 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. Т. 39, № 1. С. 178-183. [Malyshev I.I., Alpidovskaya O.V., Romanova L.P. The effect of physical activity of varying intensity on cardiomyocyte hypertrophy and myocardial polyploidy in rats. *Sibirskiy zhurnal klinicheskoy i eksperimentalnoy meditsiny = Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2024, Vol. 39, no. 1, pp. 178-183. (In Russ.)]
5. Фроленков В.Н. Физическая активность – важнейшая составляющая здоровья человека // Наука-2020, 2022. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-aktivnost-vazhneyshaya-sostavlyayuschaya-zdorovya-cheloveka> (дата обращения: 20.08.2025). [Frolenkov V.N. Physical activity is the most important component of human health. *Nauka-2020 = Science-2020*, 2022, no. 5. [Electronic resource]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-aktivnost-vazhneyshaya-sostavlyayuschaya-zdorovya-cheloveka> (date of access: August 20, 2025). (In Russ.)]
6. Шарыкин А.С., Бадтиева В.А. Внезапная смерть в спорте: современные представления // Кардиология, 2024. Т. 64, № 1. С. 80-87. [Sharykin A.S., Badtieva V.A. Sudden Death In Sports: Modern Concepts. *Kardiologiya = Kardiologiya*, 2024, Vol. 64, no. 1, pp. 80-87. (In Russ.)]
7. Шафигуллина З.А., Данилова И.Г., Гетте И.Ф., Сенцов В.Г., Абидов М.Т. Иммуномодулирующее влияние аминофталгидразида на клетки печени при диффузном токсическом повреждении // Токсикологический вестник, 2019. № 5. С. 39-44. [Shafigullina Z.A., Danilova I.G., Gette I.F., Sencov V.G., Abidov M.T. Immunomodulating effect of aminophthalhydrazide on liver cells with diffuse toxic damage. *Toksikologicheskiy vestnik = Toxicological Review*, 2019, no. 5, pp. 39-44. (In Russ.)]

8. Galun E., Axelrod J.H. The role of cytokines in liver failure and regeneration, potential new molecular therapies. *Biochim. Biophys. Acta*, 2002, Vol. 1592, no. 3, pp. 345-358.

9. Simpson K., Hogaboam C.M., Kunkel S.L., Harrison D.J., Bone-Larson C., Lukacs N.W. Stem cell factor attenuates liver damage in a murine model of acetaminophen-induced hepatic injury. *Lab. Invest.*, 2003, Vol. 83, no. 2, pp. 199-206.

---

**Автор:**

*Альпидовская О.В.* — к.м.н., доцент, доцент кафедры общей и клинической морфологии и судебной медицины ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия

**Author:**

*Alpidovskaya O.V.*, PhD (Medicine), Associate Professor, Department of General and Clinical Morphology and Forensic Medicine, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation

Поступила 29.09.2024

Отправлена на доработку 30.09.2024

Принята к печати 09.07.2025

Received 29.09.2024

Revision received 30.09.2024

Accepted 09.07.2025