

**ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОЙ И МНОГОКРАТНОЙ ГИПОКСИИ, ВЫЗВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ ДО ОТКАЗА, НА СОДЕРЖАНИЕ ЛИМФОЦИТОВ И ПОКАЗАТЕЛИ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА**

Н.А. МЕЛЬНИКОВА, Д.Г. СЕДОВА, Т.В. УЛАНОВА

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский мордовский государственный университет; МГУ им. Н. П. Огарева», ул. Большевикская, 68, Саранск, респ. Мордовия, 430005, Россия, e-mail: dep-general@adm.mrsu.ru; dep-mail@adm.mrsu.ru*

**Аннотация.** Изучали влияние однократной и многократной гипоксии вызванной физической нагрузкой до отказа на количество и площадь лимфоцитов периферической крови белых беспородных крыс, а также активность ферментов лимфоцитов, участвующих в различных этапах энергетического обмена клеток – лактатдегидрогеназы и сукцинатдегидрогеназы. Установлено, что однократная гипоксия приводит к существенному снижению количества лимфоцитов и увеличению неоднородности их размеров, с общей тенденцией к уменьшению средней площади поверхности. На фоне морфологических изменений наблюдалось существенное изменение показателей анаэробного и аэробного звеньев энергетического обмена, в сторону усиления анаэробных процессов, о чем свидетельствует повышение активности лактатдегидрогеназы и снижение активности сукцинатдегидрогеназы после однократной нагрузочной гипоксии.

Установлено, что при многократной гипоксии количество лимфоцитов, их средняя площадь, а также активность сукцинатдегидрогеназы возвращались к уровню контрольных значений у интактных животных, однако при этом оставался существенно высоким уровень активности лактатдегидрогеназы.

Обнаруженная нормализация морфологических показателей с одновременной активацией анаэробного звена энергетического обмена после многократной гипоксии рассматриваются как адаптационные реакции лимфоцитов, позволяющие им сохранять жизнеспособность и функциональную активность в условиях гипоксемии.

**Ключевые слова:** лимфоцит, энергетический обмен, физическая нагрузка, гипоксия, гликолиз.

**INFLUENCE OF THE SINGLE AND MULTIPLE HYPOXIA CAUSED BY THE EXERCISE STRESS TO THE FULL ON THE MAINTENANCE OF LYMPHOCYTES AND INDICATORS OF THEIR ENERGY EXCHANGE**

N.A. MELNIKOVA, D.G. SEDOVA, T.V. ULANOVA

*Federal state budgetary educational institution of higher education "National Research Mordovia State Ogarev University", Bolshevistskaya Str., 68, Saransk, Mordovia, 430005, Russia, e-mail: dep-general@adm.mrsu.ru; dep-mail@adm.mrsu.ru*

**Abstract.** The authors studied an influence of a single and multiple hypoxia caused by exercise stress to the full on the quantity and the area of lymphocytes of peripheral blood of white non purebred rats and also activity of enzymes of the lymphocytes participating in various stages of energy exchange of cells – lactate dehydrogenase and succinate dehydrogenase. It is established that the single hypoxia leads to essential decrease in quantity of lymphocytes and increase in inhomogeneity of their sizes, with the common tendency to decrease of average area of a surface. Against the background of morphological changes essential change of indexes of anaerobic and aerobic links of energy exchange, towards strengthening of anaerobic processes was observed what increase in activity of a lactate dehydrogenase and decrease of the activity of a succinate dehydrogenase after a single load hypoxia testifies to.

It is established that at a multiple hypoxia the quantity of lymphocytes, their average area and also activity of a succinate dehydrogenase came back to the level of control values at intact animals, however at the same time there was significantly high level of activity of a lactate dehydrogenase.

The found normalization of morphological indexes with simultaneous activation of an anaerobic link of energy exchange after a multiple hypoxia are considered as the adaptation reactions of lymphocytes allowing them to keep viability and the functional activity in the conditions of an hypoxemia.

**Key words:** lymphocyte, energy balance, maxim physical activity, hypoxia, glycolysis.

**Введение.** Лимфоциты крови вследствие своих физиологических особенностей и функциональной нагрузки испытывают высокую потребность в энергообеспечении [16]. Вместе с тем, у спортсменов в

моменты сверхвысоких физических нагрузок в крови создаются условия для максимальной отдачи кислорода тканям, а в самой крови напряжение кислорода снижается, развивается гипоксемия [3, 17]. Впоследствии это приводит к уменьшению количества лимфоцитов в периферической крови и/или снижению их активности, в том числе и по причине нарушения их энергетического обмена [20]. Предотвратить неблагоприятные изменения в организме могут предварительные тренировки, направленные на повышение устойчивости организма, в том числе его иммунного звена, к гипоксии. В соответствии с современными исследованиями перестройка метаболизма при развитии гипоксии во всех органах носит стереотипный неспецифический характер [1, 11, 12, 14]. Основу таких изменений составляет экономичная утилизация  $O_2$  клетками, снижение интенсивности окислительного фосфорилирования, торможение биосинтеза продуктов пластического обмена. Такого рода метаболические изменения способствуют более рациональному расходованию энергетических ресурсов, которые быстро истощаются при кислородном и субстратном голодании, вызванном гипоксией [6]. Известно, что на определенном этапе гипоксии, развивающийся в тканях, энергетический дефицит становится причиной дополнительного повреждения клеточных мембран. Его негативное действие проявляется в нарушении работы аденозинтрифосфат-зависимых ионных насосов [8], ослаблении пластических процессов по замене поврежденных мембранных белков [2]. Адаптация клетки к новым условиям существования и, в частности, к острой или хронической гипоксии, может осуществляться только в случае непосредственного вовлечения внутриклеточных структур, ответственных за синтез и расход энергии, в комплексе развивающихся компенсаторно-приспособительных реакций. Возможные резервы, предотвращающие неблагоприятные последствия гипоксии для иммунитета лежат в области усиления активности гликолитического звена энергоснабжения лимфоцитов крови. Как известно лимфоциты крови в основном содержат изофермент *лактатдегидрогеназы* (ЛДГ) – ЛДГ3, белковые субъединицы которой обладают большим сродством к пирувату, восстанавливая его в отсутствие кислорода до лактата. Следовательно, повышение активности ЛДГ в лимфоцитах может быть маркером активации гликолитического пути образования энергии [10]. Несмотря на то, что в целом для организма накопление лактата в тканях является фактором отрицательным, краткосрочная активация гликолиза в лимфоцитах будет играть положительную роль, способствуя их выживанию в условиях гипоксемии [15].

В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования являлось изучение в эксперименте на лабораторных животных влияния однократной и многократной гипоксии, вызванной интенсивной физической нагрузкой до отказа, на содержание лимфоцитов в периферической крови и активность их ферментов, участвующих в энергетическом обмене – ЛДГ и *сукцинатдегидрогеназы* (СДГ).

**Материалы и методы исследования.** Материалом исследования служила кровь, полученная от белых беспородных крыс. Эксперименты на животных осуществляли в соответствии с требованиями Женевской конвенции «*International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals*» (Geneva, 1990). Животные содержались на стационарном режиме вивария и были разделены на 3 группы: первая группа ( $n=15$ ) – контрольная, вторая группа ( $n=14$ ) – подвергалась однократной, а третья группа ( $n=17$ ) – восьмикратной физической нагрузке до отказа [19]. После вывода из эксперимента у наркотизированного и декапетированного животного забирали кровь, в соответствии с правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», утвержденными приказом Минздрава СССР (Москва, 1977) и стабилизировали раствором гепарина в дозе 25 Ед/мл. Лимфоциты выделяли на градиенте полиглюкин-урографин ( $\rho=1,113$ ) [18]. Подсчет концентрации лимфоцитов в суспензии производили стандартным методом в камере Горяева. Содержание лимфоцитов в суспензии составляло не менее  $2 \times 10^6$  клеток в 1 мл. Для определения площади лимфоцитов использовали метод *лазерной интерференционной микроскопии* (ЛИМ). Для исследования готовили мазок суспензии на зеркальной подложке, просушивали его в токе воздуха и определяли площади лимфоцитов при помощи автоматизированного интерференционный микроскоп на базе микроскопа МИИ-4М. Выделение фракций митохондрий проводили методом дифференциального центрифугирования с обязательным соблюдением температурного режима, при  $0^\circ$ – $+4^\circ C$ , предварительно охлаждая материал, реактивы и инструменты [5]. Полученную фракцию использовали для определения уровня активности фермента СДГ (КФ 1.3.99.1) феррецианидным методом [9]. Концентрацию белка в полученной суспензии митохондрий определяли биуретовым методом [7]. Активность ЛДГ в суспензии лимфоцитов определяли стандартным спектрофотометрическим методом по восстановлению пирувата в лактат в присутствии НАДН( $H^+$ ). Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием  $t$ -критерия Стьюдента для несвязанных величин в программе *MS Excel 2007*. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05.

**Результаты и их обсуждение.** При изучении количества лимфоцитов было выявлено, что среднее количество клеток в крови интактных животных (контрольная группа) составило  $3,74 \pm 0,118 \times 10^9$  клеток/л, что соответствует норме. После однократной физической нагрузки количество лимфоцитов снижалось в среднем до 69,5% от исходного ( $t=7,38$ ;  $p<0,01$ ), что свидетельствует о формировании у животных состояния стресс-реакции. В крови животных 3 группы после многократной нагрузочной гипоксии

количество лимфоцитов приходило к контрольным значениям (табл.). Обнаружена тенденция к уменьшению площади лимфоцитов в первой опытной группе, что может свидетельствовать о снижении их метаболической активности в условиях гипоксемии, однако вследствие высокой вариабельности показателей достоверность различий оказалась ниже уровня значимости ( $t=1,88$ ).

В ходе работы определяли изменение активности ферментов СДГ и ЛДГ лимфоцитов периферической крови крыс подвергшихся острой и хронической гипоксии. СДГ катализирует реакцию окисления сукцината в фумарат в цикле Кребса, а ЛДГ катализирует заключительный этап гликолиза – обратную реакцию восстановления пирувата в лактат.

Таблица

**Влияние острой и хронической гипоксии на содержание лимфоцитов и активность их дегидрогеназных ферментов**

Показатели	Контрольная группа	1 опытная группа	2 опытная группа
Количество лимфоцитов, $10^9$ клеток /л	3,74±0,118	2,64±0,20**	3,6±0,142
Средняя площадь лимфоцитов, мкм <sup>2</sup>	123,21±21,6	76,53±12,34	123,73±14,57
СДГ, нмоль сукцината/мин на 1мг белка	19,23±1,23	13,19±1,15**	23,05±1,15*
ЛДГ, ЕД/л	49,17±4,11	127,84±7,19**	129,40±8,25**

Примечание: \* –  $p<0,05$ ; \*\* –  $p<0,01$

В контрольной группе животных активность СДГ составила 19,23±1,23 нмоль сукцината/мин на 1мг белка. У животных 1 опытной группы наблюдалось уменьшение активности СДГ до 68,59% от исходной ( $t=3,59$ ;  $p<0,01$ ), по сравнению с контрольной группой. У животных 2 группы после многократной нагрузочной гипоксии активность СДГ возросла на 19,86% ( $t=2,27$ ;  $p<0,05$ ), что, скорее всего, связано с адаптивно-компенсаторными реакциями.

Активность ЛДГ в контрольной группе животных составила 49,17±4,11 Ед/л. У животных 1 опытной группы активность ЛДГ увеличилась в 2,56 раз ( $t=9,50$ ;  $p<0,01$ ), а у животных 2 опытной группы возросла в 2,63 раза ( $t=8,76$ ;  $p<0,01$ ), по отношению к контрольным показателям.

В результате исследований установлено, что на однократную нагрузочную гипоксию лимфоциты реагируют как на сильнейший стресс-фактор, способствующий нарушению их аэробного метаболизма, что может приводить к их существенной элиминации из периферического кровотока.

На фоне хронической гипоксии происходит преобразование углеводного обмена внутри клетки. Увеличивается соотношение активностей ЛДГ и СДГ, за счет возрастания активности первого фермента и снижения – второго. Увеличение активности лактатдегидрогеназы в прямой реакции, при неизменной активности ЛДГ в обратной реакции приводит к уменьшению количества пирувиноградной кислоты, что свидетельствует об ингибировании процессов аэробного гликолиза. Клинически наиболее значимой причиной снижения утилизации пирувата является дефицит клетки по кислороду. Повышение активности ЛДГ свидетельствует о повышении интенсивности гликолиза, биологическое значение которого заключается в образовании богатых энергией фосфорных соединений, способствующих поддержанию жизнедеятельности и функциональной активности лимфоцитов.

**Заключение.** Таким образом, активация анаэробного пути окисления может быть расценена в качестве компенсаторного механизма повышения адаптации иммунной системы при состоянии хронической гипоксии. В этом случае возможна быстрая и адекватная генерации энергии в клетке [4]. Данный механизм обеспечивает стабильность энергетического гомеостаза в условиях, когда клетке требуются дополнительные эквиваленты энергии, и свидетельствует о сохранности механизмов энергообеспечения в лимфоцитах, о чем косвенно указывает сохранность их количества после многократной гипоксии.

**Литература**

1. Абиева Э. Ш. Влияние гипоксии перенесенной в период органогенеза на динамику активности сукцинатдегидрогеназы головного мозга крыс // Известия НАН Азербайджана (серия биологические и медицинские науки). 2015. Т. 70, № 1. С. 55–60.
2. Бутова О.А. Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2011. №1. С. 123–128.
3. Волков Н.И. Градация гипоксических состояний у человека при напряженной мышечной деятельности // Физиология человека. 2008. Т. 24, № 3. С. 51–63.

4. Гридин Л.А. Современные представления о физиологических и лечебно-профилактических эффектах действия гипоксии и гиперкапнии. М: Медицина. 2016. С. 45–68.
5. Егорова М. В. Выделение митохондрий из клеток и тканей животных и человека: современные методические приемы // Сибирский медицинский журнал. 2011. Т. 26, № 1. С. 22–28.
6. Зарубина И.В. Молекулярная фармакология антигипоксантов. СПб.: Изд-во Н-Л, 2004. 368 с.
7. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 920 с.
8. Киселева Н.М. Стресс и лимфоциты // Педиатрия. 2012. Т. 91, № 1. С. 137–143.
9. Пастушенков В.Л. Цитохимический метод оценки активности дегидрогеназ в лимфоцитах // Клиническая лабораторная диагностика. 1993. № 2. С. 42–43.
10. Савченко А.А. Основы клинической иммунометаболомики. Новосибирск: Наука, 2012. 263 с.
11. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Вагин Ю.Е., Пигарева С.Н. Системные механизмы утомления при физических нагрузках циклической направленности // Вестник новых медицинских технологий. 2014. №3. С. 118–121. DOI: 10.12737/5915.
12. Фудин Н.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Зилов В.Г., Борисова О.Н., Козлова В.В. Утомление человека при статической и динамической физической нагрузке и механизмы адаптации // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №1. Публикация 2-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5064.pdf> (дата обращения: 19.01.2015).
13. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Несмеянов А.А. Возможности активации митохондриальной активности у спортсменов мексидолом // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публикация 2-8. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5171.pdf> (дата обращения: 05.05.2015).
14. Фудин Н.А., Судаков К.В., Хадарцев А.А., Классина С.Я., Чернышов С.В. Индекс Хильдебрандта как интегральный показатель физиологических затрат у спортсменов в процессе возрастающей этапно-дозированной физической нагрузки // Вестник новых медицинских технологий. 2011. № 3. С. 244–247.
15. Хадарцев А.А., Морозов В.Н., Карасева Ю.В., Хадарцева К.А., Фудин Н.А. Патофизиология стресса, как баланс стрессогенных и антистрессовых механизмов // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2012. № 7. С. 16–21.
16. Якубов Р.Ю. Влияние физических нагрузок на отдельные показатели противоинфекционного иммунитета у спортсменов циклических видов спорта // Университетский спорт: здоровье и процветание нации : матер. V междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. Казань, 23-24 апреля 2015 г. Казань : Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2015. С. 212–214.
17. Ahmetov I.I., Hakimullina A.M., Rogozkin V.A., Lyubaeva E.V., Vinogradova O.L. Effect of hifla gene polymorphism on human muscle performance // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2008. V. 146, №3. P. 351–353.
18. Boyum, A. Separation of leukocytes from blood and bone marrow // Scand. J. Clin. Lab. Investig. 1968. Vol. 21, Suppl. 97. P. 1–9.
19. Dawson C.A. Swimming in small laboratory animals // Med Sci Sports. 1970. №2 (2). P. 51–78.
20. Nieman D., Nehlsen-Cannarella S., Fagoaga O., Henson D., Shannon M., Hjertman J., Schmitt R., Bolton M., Austin M., Schilling B., Thrope R. // Immune Function in Female Elite Rowers and Nonathletes. British Journal of Sports Medicine. 2000. № 34(3). P. 181–187.

#### References

1. Abieva ESh. Vliyanie gipoksii perenesennoy v period organogeneza na dinamiku aktivnosti suktsinatdegidrogenazy golovного mozga kryс. Izvestiya NAN Azerbaydzhana (seriya biologicheskie i meditsinskie nauki) [Effect of hypoxia migrated during the period of organogenesis on the dynamics of the AK activity of succinate dehydrogenase of rat brain]. 2015;70(1):55-60. Russian.
2. Butova OA. Adaptatsiya k fizicheskim nagruzkam: anaerobnyy metabolizm myshechnoy tkani [Adaptation to exercise: anaerobic metabolism of muscle tissue]. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. 2011;1:123-8. Russian.
3. Volkov NI. Gradatsiya gipoksicheskikh sostoyaniy u cheloveka pri napryazhennoy myshechnoy deyatelnosti [Graduation hypoxic conditions in humans with intense muscle activity]. Fiziologiya cheloveka. 2008;24(3):51-63. Russian.
4. Gridin LA. Sovremennye predstavleniya o fiziologicheskikh i lechebno-profilakticheskikh effektakh deystviya gipoksii i giperkapnii [Modern ideas about physiological and therapeutic and prophylactic effects of hypoxia and hypercapnia]. Moscow: Meditsina; 2016. Russian.

5. Egorova MV. Vydelenie mitokhondriy iz kletok i tkaney zhivotnykh i cheloveka: sovremen-nye metodicheskie priemy [isolation of mitochondria from cells and tissues of animals and humans: contemporary methods]. Sibirskiy meditsinskiy zhurnal. 2011;26(1):22-8. Russian.
6. Zarubina IV. Molekulyarnaya farmakologiya antigipoksantov [Molecular pharmacology of antihypoxants]. Sankt-Peterburg: Izd-vo N-L; 2004. Russian.
7. Kamyshnikov VS. Spravochnik po kliniko-biokhimicheskim issledovaniyam i laboratornoy diagnostike [Handbook of clinical and biochemical studies and laboratory diagnostics]. Moscow: MEDpress-inform; 2004. Russian.
8. Kiseleva NM. Stress i limfotsity [Stress and lymphocytes]. Pediatriya. 2012;91(1):137-43. Russian.
9. Pastushenkov VL. Tsitokhimicheskiy metod otsenki aktivnosti degidrogenaz v limfotsitakh [Cytological method for assessing the activity of dehydrogenases in lymphocytes]. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. 1993;2:42-3. Russian.
10. Savchenko AA. Osnovy klinicheskoy immunometabolomiki [fundamentals of clinical immunometabolic]. Novosibirsk: Nauka; 2012. Russian.
11. Fudin NA, Khadartsev AA, Vagin YuE, Pigareva SN. Sistemnye mekhanizmy utomleniya pri fizicheskikh nagruzkakh tsiklicheskoy napravlenosti [System mechanisms of fatigue during exercise cyclic orientation]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;3:118-21. DOI: 10.12737/5915. Russian.
12. Fudin NA, Es'kov VM, Filatova OE, Zilov VG, Borisova ON, Kozlova VV. Utomlenie cheloveka pri staticheskoy i dinamicheskoy fizicheskoy nagruzke i mekhanizmy adaptatsii [Fatigue of the person under the static and dynamic physical activity and the mechanisms of adaptation]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 Jun 19];1 [about 6 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5064.pdf>.
13. Fudin NA, Khadartsev AA, Nesmeyanov AA. Vozmozhnosti aktivatsii mitokhondrial'noy aktivnosti u sportsmenov meksidolom [Possible activation of mitochondrial AK activity in athletes with Mexidol]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 May 05];2 [about 5 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5171.pdf>.
14. Fudin NA, Sudakov KV, Khadartsev AA, Klassina SY, Chernyshov SV. Indeks Khil'deb-randta kak integral'nyy pokazatel' fiziologicheskikh zatrat u sportsmenov v protsesse vozras-tayushchey etapno-dozirovannoy fizicheskoy nagruzki [Index Hildebrandt as an integral indicator of the physiological costs of athletes in the process known melting stage of the dosed physical load]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;3:244-7. Russian.
15. Khadartsev AA, Morozov VN, Karaseva YV, Khadartseva KA, Fudin NA. Patofiziologiya stressa, kak balans stressogennykh i antistressovykh mekhanizmov [The pathophysiology of stress as the balance of stress and anti-stress mechanisms]. Vestnik nevrologii, psixiatrii i neyrokhirurgii. 2012;7:16-21. Russian.
16. Yakubov RYu. Vliyanie fizicheskikh nagruzk na otdel'nye pokazateli protivoinfeksionnogo immuniteta u sportsmenov tsiklicheskikh vidov sporta [Influence of physical activity on selected indicators of anti-infectious immunity in athletes of cyclic types of sport/ University sport: health and prosperity of the nation : mater]. Universitetskiy sport: zdorov'e i protsvetanie natsii : mater. V mezhdunar. nauch. konf. studentov i molodykh uchenykh. Kazan', 23-24 aprelya 2015 g. Kazan' : Povolzhskaya gosudarstvennaya akademiya fizicheskoy kul'tury, sporta i turizma, 2015. Russian.
17. Ahmetov II, Hakimullina AM, Rogozkin VA, Lyubaeva EV, Vinogradova OL. Effect of hifla gene polymorphism on human muscle performance. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2008;146(3):351-3.
18. Boyum A. Separation of leukocytes from blood and bone marrow. Scand. J. Clin. Lab. Investig. 1968;21(97):1-9.
19. Dawson CA. Swimming in small laboratory animals. Med Sci Sports. 1970;2 (2):51-78.
20. Nieman D, Nehlsen-Cannarella S, Fagoaga O, Henson D, Shannon M, Hjertman J, Schmitt R, Bolton M, Austin M, Schilling B, Thrope R. Immune Function in Female Elite Rowers and Nonathletes. British Journal of Sports Medicine. 2000;34(3):181-7.

---

**Библиографическая ссылка:**

Мельникова Н.А., Седова Д.Г., Уланова Т.В. Влияние однократной и многократной гипоксии, вызванной физической нагрузкой до отказа, на содержание лимфоцитов и показатели их энергетического обмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. №2. Публикация 1-10. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-2/1-10.pdf> (дата обращения: 10.04.2018). DOI: 10.24411/2075-4094-2018-16019.