

Культура физическая и здоровье. 2023. № 3 (87). С. 261-264.
Physical Culture and Health. 2023, 3 (87), 261-264.

Научная статья

УДК 611.428: 611.08

DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_261

МИГРАЦИЯ ЛИМФОЦИТОВ В ЛИМФАТИЧЕСКИЙ УЗЕЛ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ИНФРАЗВУКА



Елена Анатольевна Олейник ¹, Екатерина Валентиновна Петренко ²

Национальный государственный университет физической культуры,
спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта ^{1, 2}
Санкт-Петербург, Россия

¹ Кандидат педагогических наук, доцент кафедры анатомии
тел.: +7 (812) 714-12-13, e-mail: asmcodes@mail.ru
ORCID 0000-0002-6419-9552

² Кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии
тел.: +7 (812) 714-12-13, e-mail: e_v_petrenko@mail.ru
ORCID 0009-0005-4110-1398

Аннотация. Спортсмены, проживающие в условиях мегаполиса, подвергаются воздействию городских и транспортных шумов, в том числе – воздействию инфразвука. В экспериментальном исследовании изучалось воздействие физических нагрузок и инфразвука на брыжеечные лимфатические узлы белых крыс. На серийных продольных срезах лимфоузлов оценивался индекс миграции лимфоцитов в лимфатический узел и активность лимфопоза, которую определяли по содержанию клеток с фигурами митоза в герминативных центрах лимфоузлов. После воздействия физических нагрузок наблюдается некоторое угнетение обоих показателей через 2 недели после прекращения нагрузок и полное восстановление их через 4 недели. Воздействие физических нагрузок и инфразвука сопровождается более выраженным угнетением миграции лимфоцитов и митотической активности лимфоузлов, которое сохраняется на протяжении всего срока наблюдения.

Ключевые слова: лимфатические узлы, посткапиллярные венулы, индекс миграции, митотическая активность, лимфоидные узелки.

Для цитирования: Олейник Е. А., Петренко Е. В. Миграция лимфоцитов в лимфатический узел при воздействии физических нагрузок и инфразвука // Культура физическая и здоровье. 2023. № 3. С. 261-264. DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_261.

Введение

Организм спортсмена адаптируется не только к воздействию физических нагрузок, но и неблагоприятных факторов среды, в том числе – к воздействию шумов городской среды, составляющей частью которых является инфразвук. Инфразвук воздействует на сосудистую стенку, вызывая явления лимфостаза и лимфовенозной недостаточности [9]. Особенно восприимчивы к воздействию инфразвука сосуды с тонкой стенкой. Так, в лимфатических сосудах при воздействии инфразвука доста-

точно быстро наступает необратимая деформация с чередованием резко расширенных и резко суженных, спиралевидно скрученных участков сосуда [2]. Гибель миоцитов, нарушение миоархитектоники и фиброзная деформация стенки лимфатических сосудов приводит к лимфостазу и обратному лимфотоку, что сопровождается отеками [1].

Лимфостаз в лимфатических сосудах сопровождается нарушением тока лимфы в синусах лимфатических узлов и отеком лимфоузлов [4]. При отеке нарушается

пассаж лимфоцитов в лимфатический узел, что приводит к структурно-функциональной неполноценности лимфоузлов [10]. Миграция лимфоцитов в лимфатический узел осуществляется через посткапиллярные вены с кубическим эндотелием [8] и зависит от способности клеток крови, прежде всего – Т-хелперов, продуцировать цитокины, активирующие эндотелиоциты посткапиллярных венул [11]. Синтетическая активность клеток зависит от многих факторов, в том числе, определяется гормональным фоном организма [3].

Гормональный фон организма спортсмена меняется при его адаптации к физическим нагрузкам [12], что приводит не только к изменению активности лимфо- и иммунопоэза [5], но может сопровождаться и нарушением процессов миграции. Таким образом, и воздействие инфразвука, и влияние интенсивных физических нагрузок могут привести к нарушению миграции лимфоцитов в лимфатический узел. В связи с этим изучение миграционной активности лимфоцитов при воздействии физических нагрузок и инфразвука является актуальной задачей.

Материал и методы исследования

Исследование проводилось на 30 самцах беспородных белых крыс массой 160–180 грамм. Сначала животные подвергались дозированным, постепенно возрастающим нагрузкам – плавание в течении 4 недель, по 6 дней в неделю. В первые 3 дня животные плавали по 5 мин., затем нагрузку постепенно повышали до 25 мин. в день; общий объем выполненной нагрузки составил 7,5 часов. Для опыта отбирали устойчивых и адаптирующихся к физическим нагрузкам животных. Контрольную группу составили 10 крыс того же пола и возраста.

Восстановительный период после воздействия физических нагрузок первая группа подопытных животных в количестве 15 особей проходила в виварии, не подвергаясь более никаким воздействиям; вторая группа в количестве 15 крыс 6 раз в неделю на протяжении двух недель подвергалась воздействию инфразвука с частотой 16 Гц по 3 часа в день. Две недели влияния инфразвука является относительно небольшим сроком, когда необратимых изменений лимфатического русла еще не наступает [9]. В условиях жизни в шумном мегаполисе организм спортсмена не подвергается слишком интенсивному воздействию инфразвука, как на вредных производствах, в связи с чем для опыта был выбран этот временной период.

Экспериментальных животных первой подопытной группы усыпляли хлороформом через 2 и 4 недели после окончания эксперимента, поскольку ранее проведенные исследования показывают, что через 2 недели после окончания физических нагрузок наблюдается наиболее

выраженное угнетение структурно-функциональной активности лимфоидных органов, а через 4 недели после окончания нагрузок у устойчивых и адаптирующихся к физическим нагрузкам животных наблюдается структурно-функциональное восстановление лимфоидных органов [6]. Экспериментальных животных второй подопытной группы усыпляли сразу после окончания воздействия инфразвука (этот срок соответствует 2 неделям восстановительного периода после завершения физических нагрузок) и через две недели после окончания воздействия инфразвука (этот срок соответствует 4 неделям восстановительного периода после завершения физических нагрузок).

Исследование проводилось на брыжеечных лимфатических узлах, поскольку лимфатические сосуды, связанные с этой группой лимфатических узлов, обладают достаточно тонкой стенкой [2, 4]. Изготавливали срединные продольные срезы брыжеечных лимфатических узлов, окрашивали их гематоксилин-эозином и азур-П-эозином. Для оценки миграционной активности лимфоцитов определяли индекс миграции лимфоцитов через посткапиллярные вены. Для этого вычисляли частное от деления общего числа лимфоцитов, расположенных в посткапиллярных венах и адгезированных на их стенках, на число посткапиллярных венул на срезе. Для оценки лимфопоэтической функции лимфатических узлов определяли митотическую активность лимфоцитов. Митотическую активность оценивали по содержанию клеток с фигурами митоза в герминативных центрах лимфоузлов на единице площади (15000 мкм²). Подсчет клеточных элементов проводили с помощью морфометрической сетки Г.Г. Автандилова.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования показали, что через 2 недели после окончания физических нагрузок в лимфатических узлах отмечается достоверное угнетение миграционной активности лимфоцитов на 15 % (табл. 1). Одновременно с этим страдает и митотическая активность лимфоузлов, и содержание клеток с фигурами митоза в герминативных центрах снижается на 14 %. Как видно из табл. 1, имеет место небольшое угнетение миграции лимфоцитов и, как следствие – незначительное снижение митотической активности лимфатических узлов. Угнетение миграции лимфоцитов в лимфатический узел вызвано, вероятно, уменьшением продукции лимфоцитов в тимусе [7], которая наблюдается в этот срок. Через 4 недели восстановительного периода после интенсивных физических нагрузок миграция лимфоцитов в лимфатический узел, а вместе с ней – и митотическая активность герминативных центров лимфатического узла полностью восстанавливаются [6].

Таблица 1 – Индекс миграции лимфоцитов в лимфатических узлах и содержание митозов в центрах размножения лимфоидных узелков после воздействия физических нагрузок и инфразвука

Показатели	Контроль	После воздействия физических нагрузок		После воздействия физических нагрузок и инфразвука	
		2 недели	4 недели	2 недели	4 недели
Индекс миграции	3,25±0,17	2,78±0,21	3,32±0,24	2,34±0,18	3,07±0,16
Митозы, %	4,62±0,18 100%	85,7%	100,5%	74,8%	92,3%

После воздействия физических нагрузок и инфразвука на второй недели восстановительного периода наблюдается выраженное снижение индекса миграции лимфоцитов – в 1,3 раза (табл. 1), что связано с резким отеком и заполнением паракортикальной зоны лимфоидными клетками. В этих условиях пассаж новых лимфоцитов в лимфатический узел понижается [10]. На этом фоне на 25 % снижается митотическая активность лимфоидных узелков. Через 4 недели восстановительного периода индекс миграции возрастает, но все еще несколько снижен по сравнению с контролем – на 6 %. Митотическая активность в герминативных центрах лимфоидных узелков также возрастает, но остается сниженной на 8 % (табл. 1).

Выводы

Результаты исследования показали, что через 2 недели после воздействия физических нагрузок наблюдается некоторое снижение миграционной активности лимфоцитов с уменьшением индекса миграции на 15 % и полное восстановление этого показателя через 4 не-

дели восстановительного периода. Параллельно с интенсивностью миграции лимфоцитов меняется и митотическая активность лимфатического узла: через 2 недели восстановительного периода митотическая активность снижена на 14,3 %, но полностью восстанавливается через 4 недели.

После воздействия физических нагрузок и инфразвука наблюдается такое же одностороннее, но более выраженное угнетение в 1,25 раза процессов миграции лимфоцитов в лимфатический узел и митотической активности в герминативных центрах лимфатических узлов через 2 недели после окончания физических нагрузок. Через 4 недели полного восстановления обоих показателей еще не наблюдается, экспериментальные результаты еще не достигают данных контроля и остаются несколько сниженными.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явного и потенциального конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Библиографический список

1. Ерофеев, Н.П. Современные представления о движении лимфы в теле человека и механизмах отека // Смоленский медицинский альманах. 2018. № 6. С. 224-226.
2. Красноручская, И.С., Петренко, Е.В. Воздействие инфразвука на строение лимфатических сосудов // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. С. 170 (1/7 - 7/7). DOI : 10.17513/spno.31360 URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31360> (дата обр.: 10.12.2022).
3. Кузнецов Р.П., Грязных А.В., Сажина Н.В. Физиология иммунной системы. Курган : Курганский государственный университет, 2015. 150 с.
4. Лобов Г.И. Лимфатическая система в норме и при патологии // Успехи физиологических наук. 2022. Т. 53. № 2. С. 15-38. DOI:10.31857/S0301179822020060
5. Петрушкина, Н.П. Иммунология спорта (обзор литературы) / Н.П. Петрушкина, Н.А. Симонова, Е.В. Быков, О.И. Коломиец // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2019. № 3 (25). С. 21-37.
6. Ткачук, М.Г., Страдина, М.С. Адаптивные реакции органов иммуногенеза на физические нагрузки // Морфология. 2016. Т. 149. № 3. С. 205-206.
7. Ткачук, М.Г., Страдина, М.С. Способы коррекции возрастной инволюции тимуса // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 279.
8. Jacson, D.G. Leucocyte trafficking via the lymphatic vasculature – mechanisms and consequences // Frontiers in Immunology. 2019. V. 10. P. 471. DOI:10.1007/s10741-021-10188-5
9. Petrenko, V.M. About mechanics of influence of infrasound on living organism // Journal of Biomedical Systems and Emerging Technologies. 2018. Vol. 5. No. 2th. P. 120.
10. Rabson, A., Roitt, I.M., Delves, R.J. Really essential medical immunology. 2th ed. Oxford : Blackwell Publishing, 2005. 320 p.
11. Rodrigues, S.F., Grander, D.N. Blood cells and endothelial barrier function // Tissue barriers. 2015. Vol. 3. № 1-2. e 978720. DOI:10.4161/21688370.2014.978720
12. Tkachuk, M.G., Oleynik, E.A. Remote education technologies in teaching sports morphology at Lesgaft University // Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта : материалы междунар. научно-практ. конгресса, посвященного 100-летию ГЦОЛИФК, Москва, 30-31 мая 2018 г. / под ред. А.А. Передельского. М. : ГЦОЛИФК, 2018. С. 391-392.

References

1. Erofeev, N. P. (2018) Modern ideas about the movement of lymph in the human body and the mechanisms of edema. *Smolensk Medical Almanac*. (6), 224-226. (In Russian)
2. Krasnorutskaya, I. S. & Petrenko, E. V. (2021) The effect of infrasound on the structure of lymphatic vessels. *Modern problems of science and education*. (6), 170. doi: 10.17513/spno.31360 (In Russian).
3. Kuznetsov R. P., Gryaznykh A. V. & Sazhina N. V. (2015) *Physiology of the immune system*. Kurgan, Kurgan State University publ. 150 p. (In Russian).
4. Lobov, G. I. (2022) The lymphatic system is normal and in pathology. *Successes of physiological sciences*. 53 (2), 15-38. doi: 10.31857/S0301179822020060 (In Russian).
5. Petrushkina, N. A., Simonova, N. A. & Bykov, E. V. (2019) Immunology of sports (literature review). *Scientific and Sports Bulletin of the Urals and Siberia*. (3), 21-37. (In Russian).
6. Tkachuk, M. G. & Stradina, M. S. (2016) Adaptive reactions of the organs of immunogenesis to physical activity. *Morphology*. 149 (3), 205-206. (In Russian).

7. Tkachuk, M. G. & Stradina, M. S. (2019) Methods of correction of age-related thymus involution. *Morphology*. 155 (2), 279. (In Russian).
8. Jacson, D.G. (2019) Leucocyte trafficking via the lymphatic vasculature – mechanisms and consequences. *Frontiers in Immunology*. 10, 471. doi: 10.1007/s10741-021-10188-5
9. Petrenko, V. M. (2018) About mechanics of influence of infrasound on living organism. *Journal of Biomedical Systems and Emerging Technologies*. 5 (2), 120.
10. Rabson, A., Roitt, I. M. & Delves, R.J. (2005) *Really essential medical immunology*. 2th ed. Oxford, Blackwell Publishing, 320 p.
11. Rodrigues, S. F. & Grander, D. N. (2015) Blood cells and endothelial barrier function. *Tissue Barriers*. 3 (1-2), e 978720. doi: 10.4161/21688370. 2014.978720
12. Tkachuk, M. G. & Oleynik, E. A. (2018) Remote education technologies in teaching sports morphology at Lesgaft University. In: Peredelsky, A.A. (ed.) *Nauchno-pedagogicheskie shkoly v sfere fizicheskoi kultury i sporta : materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo kongressa, posvyaschennogo 100-letiyu GTSOLIFK* [Scientific and pedagogical schools in the field of physical culture and sports : Proceedings of the International Scientific and practical Congress, dedicated to the 100th anniversary of the Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism], 30-31 May 2018, Moscow, Russia. Moscow, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism publ., 391-392.

Поступила в редакцию 19.07.2023

Подписана в печать 28.09.2023

Original article

UDC 611.428:611.08

DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_261

MIGRATION OF LYMPHOCYTES TO THE LYMPH NODE WHEN EXPOSED TO PHYSICAL LOADS AND INFRASOUND

Elena Anatolyevna Oleinik¹, Ekaterina Valentinovna Petrenko²

*Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg^{1, 2}
Saint Petersburg, Russia*

¹ PhD of Pedagogy, Associate Professor of the Department of Anatomy
ph.: +7(812)714-12-13, e-mail: asmcode@mail.ru
ORCID 0000-0002-6419-9552

² PhD of Medicine, Associate Professor of the Department of Anatomy
ph.: +7 (812) 714-12-13 e-mail: e_v_petrenko@mail.ru
ORCID 0009-0005-4110-1398

Abstract. Athletes living in a megalopolis are exposed to urban and traffic noise, including the effects of infrasound. In an experimental study, the effects of physical exertion and infrasound on mesenteric lymph nodes of white rats were studied. On serial longitudinal sections of lymph nodes, the index of lymphocyte migration to the lymph node and the activity of lymphopoiesis were evaluated, which was determined by the content of cells with mitosis figures in the germinal centers of lymph nodes. After exposure to physical exertion, there is some depression of both indicators 2 weeks after the cessation of exertion and their full recovery after 4 weeks. The effect of physical exertion and infrasound is accompanied by a more pronounced inhibition of lymphocyte migration and mitotic activity of lymph nodes, which persists throughout the entire observation period.

Keywords: lymph nodes, postcapillary venules, migration index, mitotic activity, lymphoid nodules.

Cite as: Oleinik, E. A., Petrenko, E. V. (2023) Migration of lymphocytes to the lymph node when exposed to physical loads and infrasound. *Physical Culture and Health*. (3), 261-264. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455_2023_3_261.

Received 19.07.2023

Accepted 28.09.2023