

Культура физическая и здоровье. 2023. № 3 (87). С. 257-260.
Physical Culture and Health. 2023, 3 (87), 257-260.

Научная статья

УДК 611.428:611.08

DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_257

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ЛИМФОИДНЫХ ОРГАНОВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ



Ирина Сергеевна Красноручкая ¹, Екатерина Валентиновна Петренко ²

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

¹ Кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии
тел.: +7(812)714-12-13, e-mail: belka783@mail.ru
ORCID 0000-0003-1026-3448

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. Организм спортсмена постоянно адаптируется к воздействию не только физических нагрузок, но и неблагоприятных факторов среды, в том числе – транспортных шумов, составляющей частью которых является инфразвук. Надежность адаптации зависит от иммунологической реактивности организма, которая определяется интенсивностью реакций органов иммунной системы. Проведено экспериментальное изучение адаптивных реакций брыжеечных лимфатических узлов белых крыс после воздействия интенсивных физических нагрузок и после комбинированного воздействия физических нагрузок и инфразвука. Для исследования отбирали животных с устойчивым к физическим нагрузкам и адаптирующимся к ним типом иммунной системы. Результаты исследования показали, что в восстановительном периоде после воздействия интенсивных физических нагрузок наблюдается угнетение лимфо- и плазмоцитопоза, более выраженное в группе животных, адаптирующихся к физическим нагрузкам. При комплексном воздействии физических нагрузок и инфразвука на первый план выступают нарушения лимфотока, что приводит к отеку узла и нарушению миграции лимфоцитов. Нарушения миграции накладываются на недостаточность лимфо- и иммунопоэтической функции, вызванную воздействием физических нагрузок, что приводит к заметной структурно-функциональной неполноценности лимфатических узлов, максимально выраженной у животных, адаптирующихся к физическим нагрузкам.

Ключевые слова: лимфатические узлы, физические нагрузки, инфразвук, лимфоидные узелки, лимфопоз, миграция лимфоцитов.

Для цитирования: Красноручкая И. С., Петренко Е. В. Особенности адаптации лимфоидных органов к воздействию физических нагрузок и неблагоприятных факторов среды // Культура физическая и здоровье. 2023. № 3. С. 257-260. DOI: 1047438-1999-3455_2023_3_257.

Введение

Резистентность организма к воздействию неблагоприятных факторов среды обеспечивает, прежде всего, его иммунная система. Строение органов иммунной системы под воздействием физических нагрузок изучалось многими авторами [3, 4]. Физические нагрузки вызывают адаптивные реакции организма, которые могут

протекать по-разному в зависимости от конституциональных особенностей организма. Структурно-функциональные изменения иммунных органов в зависимости от устойчивости иммунной системы к физическим нагрузкам достаточно полно освещены в научной литературе [4]. Наиболее многочисленную группу органов иммунной системы составляют лимфатические узлы,

расположенные по ходу лимфатических сосудов и являющиеся путями лимфотока [1, 5]. В условиях городской среды на организм влияют многочисленные техногенные факторы – транспортные и производственные шумы, составляющей частью которых является инфразвук. Воздействие инфразвука вызывает серьезные нарушения лимфотока [1, 2], отек лимфатических узлов и нарушение миграции клеток лимфоидного ряда, что отражается на лимфо- и иммунопоэтической функции узлов [3, 6]. Таким образом, организм спортсменов подвергаются неблагоприятному воздействию нескольких факторов среды, прежде всего – физических нагрузок и инфразвука. Оба фактора могут привести к структурно-функциональной неполноценности лимфоидных органов, физические нагрузки – за счет угнетения лимфо- и иммунопоэза [3, 4], инфразвук – за счет нарушений лимфотока [1]. Комплексное воздействие физических нагрузок и инфразвука на лимфатические узлы не изучено. **Целью исследования** явилось изучение строения лимфатических узлов после воздействия физических нагрузок и инфразвука на организм.

Материал и методы исследования

Изучались брыжеечные лимфатические узлы 40 самцов беспородных белых крыс в возрасте 3 месяцев, подвергавшихся в течении 4 недель ежедневным, постепенно возрастающим физическим нагрузкам. В качестве физических нагрузок было выбрано плавание. Исследование проводилось на животных, устойчивых и адаптирующихся к физическим нагрузкам; критериями отбора служило изменение массы тела и содержания лимфоцитов в периферической крови [4]. После завершения тренировок животных разделили на две группы, одна из которых проходила восстановительный период в обычных условиях содержания, вторая на протяжении двух недель подвергалась воздействию инфразвука

интенсивностью 100 Дб с частотой 16 Гц по 3 часа в день. Группу контрольных животных составили 10 крыс-самцов в возрасте 4 месяцев.

Материал для исследования в первой подопытной группе брали через 2 недели после прекращения физических нагрузок, во второй группе – сразу после прекращения воздействия инфразвука. Изучались гистологические срезы брыжеечных лимфатических узлов, окрашенных гематоксилин-эозином, азуром II-эозином, по Маллори и Ван-Гизону; исследование проводилось с помощью морфометрической сетки. Цифровой материал обрабатывали общепринятыми статистическими методами.

Результаты и обсуждение

У устойчивых к физическим нагрузкам животных первой подопытной группы выявлено незначительное угнетение лимфо- и плазмоцитопоэза в лимфатических узлах, что проявляется в изменении клеточного состава и в содержании лимфоидных узелков в лимфоузлах. Количество лимфоидных узелков меняется мало по сравнению с контрольными показателями, но более достоверно об активности лимфопоэза свидетельствует содержание узелков с центрами размножения, которое несколько снижено (табл. 1). Численность плазмоцитов в мягкотных тяжах достоверно понижена в 1,1 раза.

У адаптирующихся к физическим нагрузкам животных первой подопытной группы в лимфатических узлах достоверно понижено число лимфоидных узелков и в большей степени – герминативных центров, что свидетельствует об угнетении лимфопоэза (табл. 1). В герминативных центрах отмечается снижение содержания лимфобластов и митозов, а в мягкотных тяжах – плазмоцитов на 35-40%, что свидетельствует об угнетении структурно-функциональной активности лимфрузлов.

Таблица 1 – Содержание первичных и вторичных лимфоидных узелков в лимфатических узлах

Группа животных	Количество лимфоидных узелков		Относительное содержание светлых центров
	Первичные	Вторичные	
Контроль	16,7 ± 0,8	13,4 ± 0,7	80,2 %
I группа – устойчивые	17,8 ± 0,5	14,0 ± 0,8	78,7 %
I группа – адаптирующиеся	14,5 ± 0,7	10,2 ± 0,9	70,3 %
II группа – устойчивые	16,6 ± 0,8	12,4 ± 0,6	74,7 %
II группа – адаптирующиеся	13,9 ± 0,9	9,3 ± 0,8	66,9 %

I группа – животные, подвергавшиеся воздействию физических нагрузок.

II группа – животные, подвергавшиеся воздействию физических нагрузок и инфразвука.

У устойчивых животных второй подопытной группы лимфатические узлы заметно увеличены в размерах, что связано с явлениями отека и застоя лимфы. Явления отека и лимфостаза после воздействия инфразвука наблюдаются и в лимфатических сосудах [1, 2]. В результате отека лимфоузлов все синусы заметно расширены и заполнены лимфоцитами. Количество и содержание лимфоидных узелков, особенно – вторичных, с герминативными центрами, достоверно снижено (табл. 1). Во всех зонах узла резко повышено содержание дегенирирующих лимфоцитов – более чем в 2 раза, а в паракортикальной зоне заметно повышена численность малых лимфоцитов, что свидетельствует о явлениях отека лимфоузлов, приводящих к нарушению миграци-

онных процессов [3, 6]. В герминативных центрах достоверно понижено содержание лимфобластов и митозов, а число плазматических клеток в мягкотных тяжах снижено на 25 %. При этом промежуточные синусы заполнены малыми лимфоцитами, что свидетельствует о нарушении миграции клеток в лимфатическом узле [3, 5].

Таким образом, после воздействия физических нагрузок и инфразвука на первый план выходят нарушения лимфотока. Наблюдается декомпенсация миграционной функции узла, что проявляется в отеке паракортикальной зоны и заполнении синусов узла лимфоцитами. В связи с заметным отеком лимфоузлов и лимфостазом лимфо- и плазмоцитопоэз угнетен [3, 6].

У адаптирующихся животных второй подопытной группы в лимфатических узлах наблюдаются отек и явления лимфостаза, так же, как у устойчивых крыс этой группы. Резко расширены и заполнены лимфацидами все синусы узла. Количество лимфоидных узелков и центров размножения снижено на 25–30 %, а соотношение первичных и вторичных узелков минимальное среди всех групп подопытных животных (табл. 1). При изучении клеточного состава лимфоузлов заметно угнетение лимфопоэза, более выраженное, чем у животных других подопытных групп. Количество лимфобластов и митозов снижено в 1,5 раза на фоне резко повышенного содержания дегенерирующих лимфоцитов. Содержание плазмочитов в мягкотных тяжах составляет 57 % от контрольных показателей, что является минимальным значением в опыте. В паракортикальной зоне и во всех синусах узла выражены нарушения миграционных процессов, такие же, как и у адаптирующихся крыс этой подопытной группы.

Выводы

Результаты исследования показали, что у животных, подвергавшихся воздействию физических нагрузок, в восстановительном периоде отмечается угнетение лимфо- и плазмочитопоэза, которое проявляется в уменьшении содержания лимфоидных узелков, снижении интенсивности пролиферативных реакций в них,

уменьшении содержания плазмочитов в мягкотных тяжах. Эти изменения слабо выражены у устойчивых к физическим нагрузкам животных, но хорошо заметны в группе адаптирующихся крыс.

У животных, подвергавшихся воздействию физических нагрузок и инфразвука, на первый план выступают нарушения лимфотока, что проявляется в заметном отеке лимфатических узлов и резком расширении их синусов. Наблюдается декомпенсация миграционной функции узла, что проявляется в отеке паракортикальной зоны и заполнении синусов узла лимфоцитами. В связи с заметным отеком лимфоузлов и лимфостазом лимфо- и плазмочитопоэз угнетен. На этом фоне заметно активируются дегенеративные процессы, что проявляется в значительном увеличении содержания дегенерирующих лимфоцитов. Структурно-функциональная неполноценность лимфатических узлов в большей степени выражена в группе животных, адаптирующихся к физическим нагрузкам.

Конфликт интересов

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

Библиографический список

1. Коненков В.И., Бородин Ю.И., Любарский М.С. Лимфология. Новосибирск : Манускрипт, 2012. - 1104 с.
2. Красноручская И.С., Петренко Е.В. Воздействие инфразвука на строение лимфатических сосудов // Современные проблемы науки и образования: электрон. журн. – 2021. - № 6. С. 170. -URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31360> (дата обращения: 10.12.2022).
3. Сапин М.Р., Никитюк Д.Б. Лимфатическая система и её роль в иммунных процессах. М. : Медицинская книга, 2014.- 40 с.
4. Ткачук М.Г. Органы иммунной системы в условиях интенсивных физических нагрузок и в период восстановления / М.Г. Ткачук, М.С. Страдина // Физическая реабилитация в спорте, медицине и адаптивной физической культуре : материалы V Всероссийской научно-практич. конф., Санкт-Петербург, 27-29 июня 2019. СПб. : издательско-полиграфический центр Политехнического университета, 2019. - С. 336-340.
5. Borodin Yu.I. The concept of lymphatic region in preventive lymphology / Yu.I. Borodin, O.V. Gorchakova, R.V. Suchovershin et al. / Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 74p.
6. Rabson A., Roitt R.J., Delves R.L. Really essential medical immunology. – 2th ed., 2005. Oxford : Blackwell Publishing Ltd. 320 p.

References

1. Konenkov, V. I., Borodin, Yu. I., Lyubarsky, M.S. (2012) *Lymphology*. Novosibirsk, Manuscript publ. 1104 p. (In Russian)
2. Krasnorutskaya, I. S. & Petrenko, E. V. (2022) The effect of infrasound on the structure of lymphatic vessels. *Modern problems of science and education*. (6), 170. Available from: <https://science-education.ru/article/view?id=31360> [Accessed 10th December 2022]. (In Russian)
3. Sapin, M. R. & Nikityuk, D. B. (2014) *The lymphatic system and its role in immune processes*. Moscow, Medical book publ. 40 p. (In Russian)
4. Tkachuk, M. G. & Stradina, M. S. (2019) Organy immunnnoi sistemy v usloviyakh intensivnykh fizicheskikh nagruzok i v period vosstanovleniya [Organs of the immune system under conditions of intense physical exertion and during recovery]. In: *Phizicheskaya rehabilitatsiya v sporte, meditsine i adaptivnoi fizicheskoi culture : materialy V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Physical rehabilitation in sports, medicine and adaptive physical culture : Proceedings of the Vth All-Russian Scientific and Practical Conference], 27-29 June 2019, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg, Publishing and Printing Center of the Polytechnic University, 336-340. (In Russian)
5. Borodin, Yu. I., Gorchakova, O. V., Suchovershin, R.V. et al. (2018) *The concept of lymphatic region in preventive lymphology*. Saarbrücken, LAMBERT Academic Publishing. 74p.
6. Rabson, A., Roitt, R. J., Delves, R. L. (2005) *Really essential medical immunology*. – 2th ed. Oxford, Blackwell Publishing. 320 p.

Поступила в редакцию 28.06.2023

Подписана в печать 28.09.2023

FEATURES OF ADAPTATION OF LYMPHOID ORGANS TO THE EFFECTS OF PHYSICAL EXERTION AND ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS

Irina S. Krasnorutckaia ¹, Ekaterina V. Petrenko ²

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

¹ *PhD of Biology, Associate Professor of the Department of Anatomy
ph.: +7(812)714-12-13, e-mail: belka783@mail.ru
ORCID 0000-0003-1026-3448*

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. The athlete's body constantly adapts to the effects of not only physical exertion, but also other environmental factors, including traffic noise, of which infrasound is an integral part. The reliability of adaptation depends on the immunological reactivity of the body, which is determined by the intensity of reactions of the immune system. An experimental study of adaptive reactions of mesenteric lymph nodes of white rats after exposure to intense physical exertion and after combined exposure to physical exertion and infrasound was carried out. Animals with a type of immune system that is resistant to physical exertion and adapts to them were selected for the study. The results of the study showed that in the recovery period after exposure to intense physical exertion, suppression of lymphocytopoiesis and plasmocytopoiesis is observed, more pronounced in the group of animals adapting to physical exertion. With the combined effect of physical exertion and infrasound, lymph flow disorders come to the fore, which leads to node edema and impaired lymphocyte migration. Migration disorders are superimposed on the insufficiency of lympho- and immunopoietic function caused by the effects of physical exertion, which leads to a noticeable structural and functional inferiority of the lymph nodes, most pronounced in animals adapting to physical exertion.

Keywords: lymph nodes, physical activity, infrasound, lymphoid nodules, lymphopoiesis, migration of lymphocytes.

Cite as: Krasnorutckaia, I. S., Petrenko, E. V. (2023) Features of adaptation of lymphoid organs to the effects of physical exertion and adverse environmental factors. *Physical Culture and Health*. (3), 257-260. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455_2023_3_257.

Received 28.06.2023

Accepted 28.09.2023