

Научная статья

УДК 611.42 : 611.08

DOI: 10.47438/1999-3455_2024_2_393-396

СТРОЕНИЕ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЛИМФЕДЕМЕ



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. Лимфедема является симптомом многих хронических заболеваний, острых хирургических вмешательств или травм, является одним из признаков синдрома перетренированности. Проведено исследование строения лимфатических узлов в условиях лимфедемы, вызванной воздействием инфразвука интенсивностью 100 дБ с частотой 16 Гц. Работа выполнена на молодых белых крысах, которые подвергались воздействию инфразвука на протяжении 2-х недель. Результаты исследования показали, что воздействие инфразвука вызывает выраженный отёк и нарушение миграционных процессов в лимфатических узлах, уменьшение численности лимфоидных узелков с герминативными центрами. Наблюдается снижение лимфо- и плазмоцитопоеза, что проявляется уменьшённым содержанием лимфобластов и митозов в герминативных центрах и снижением содержания плазмоцитов в мягкотканых тяжах. Во всех зонах узла резко повышается содержание дегенерирующих лимфоцитов, что вызвано повреждающим воздействием инфразвука на ультраструктуру клеток.

Ключевые слова: лимфатический узел, лимфоидные узелки, герминативные центры, лимфопоез, плазмоцитопоез, дегенерирующие лимфоциты.

Для цитирования: Олейник Е. А., Петренко Е. В. Строение лимфатических узлов при экспериментальной лимфедеме // Культура физическая и здоровье. 2024. № 2. С. 393-396. DOI: 10.47438/1999-3455_2024_2_393.

Введение

Причины нарушения лимфотока очень разнообразны: хроническая лимфедема сопровождает многие заболевания – например, заболевания сердечно-сосудистой системы, нарушения обмена веществ (ожирение); остро развившиеся нарушения лимфотока могут возникать после хирургических вмешательств, травм или повреждения кожных покровов [9, 11]. Нарушение лимфотока также может быть спровоцировано длительным воздействием чрезмерных физических нагрузок, что проявляется в синдроме перетренированности [2]. Лимфедема любой этиологии сопровождается расширением просвета лимфатических сосудов, деформацией клапанов, прогрессирующим фиброзом сосудистой стенки, что приводит к нарастающему отеку и лимфостазу [4, 7]; при резкой деформации сосудистого русла отмечаются явления обратного лимфотока [7, 11]. Сходные нарушения наблюдаются и в лимфатических узлах,

также являющихся путями лимфотока [3, 6]. Нарушения лимфотока в лимфатических узлах сопровождаются нарушением миграционной [8] и иммунопозитической функции узлов [5].

Структурно-функциональная активность лимфатических узлов в условиях длительного воздействия интенсивных статических нагрузок, приводящих к нарушению лимфотока, изучалась Т.И. Вихрук (1996), которая наблюдала угнетение лимфопоеза в лимфатических узлах, развивающееся после первоначальной его активации. Но в этих экспериментах нарушения лимфотока носили вторичный характер. На первый план выступали адаптивные реакции иммунных органов, которые проявляются повышением их структурно-функциональной активности при рациональной адаптации к физическим нагрузкам или угнетением лимфо- и плазмоцитопоеза у неустойчивых к нагрузкам животных [10]. В ли-

температуре недостаточно сведений об изменениях структурно-функциональной активности лимфатических узлов, вызванных только нарушением лимфотока.

Воздействие инфразвука не ощущается живым организмом, поэтому не вызывает стрессовой реакции, требующей включения интенсивных адаптационных механизмов. При этом инфразвук вызывает выраженные нарушения лимфотока в лимфатическом русле, в том числе, в лимфатических узлах [6, 7].

Целью работы явилось изучение лимфо- и иммунопoэтической функции лимфатических узлов после воздействия инфразвука.

Материал и методы

Работа выполнена на 30 беспородных белых крысах-самцах весом 180-220 гр. (четырёх месяцев жизни). Животных, помещенных в инфразвуковую камеру, подвергали воздействию инфразвука интенсивностью 100 дБ с частотой 16 Гц на протяжении двух недель по 3 часа в день, 6 дней в неделю. Контрольную группу составили 10 крыс-самцов такого же возраста.

Подопытных животных усыпляли хлороформом сразу после окончания эксперимента. Опыт проводился на брыжеечных лимфатических узлах, поскольку брыжеечные лимфатические сосуды имеют тонкую стенку и быстрее реагируют на воздействие инфразвука [3, 4]. Срединные продольные срезы брыжеечных лимфатических узлов окрашивали гематоксилин-эозином, азур-П-эозином, по Маллори и Ван-Гизону. С помощью морфометрической сетки определяли площадь функциональных зон лимфатического узла. Проводили подсчет лимфоидных узелков и подсчет клеточных элементов в различных зонах узла. Результат сравнивали с данными контроля.

Результаты

У подопытных животных лимфатические узлы выглядят резко набухшими, все синусы в них заметно расширены и заполнены лимфоцитами, что особенно заметно в широких промежуточных мозговых синусах, содержание лимфоцитов в которых почти сравнивается с их содержанием в мякотных тяжах, что отмечалось и в других исследованиях [6]. Паракортикальная зона заметно расширена и заполнена лимфоцитами, а корково-мозговой индекс увеличен на 13,2 % по сравнению с контрольными животными. Полученные данные свидетельствуют о заметных нарушениях миграционных процессов в лимфатических узлах подопытных крыс [8].

В корковом веществе снижено количество центров размножения в лимфоидных узелках, тогда как достоверного снижения самих узелков не наблюдается. Количество герминативных центров снижено на 10,4 % по сравнению с группой контрольных животных. Достоверной разницы в размерах центров размножения по сравнению с таковыми в контрольной группе животных не выявлено. Снижения содержания лимфоидных узелков также не выявлено, но размеры первичных лимфоидных узелков несколько уменьшены. Сходные явления

описывала Т. И. Вихрук у адаптированных к физическим нагрузкам, но перетренированных животных [1].

В центрах размножения значительно повышено содержание дегенерирующих лимфоцитов – в 2,3 раза, тогда как содержание лимфобластов и клеток с фигурами митоза снижено в 1,2 раза. Во всех зонах лимфатического узла содержание дегенерирующих лимфоцитов повышено в 2 раза. Содержание плазмоцитов определялось в мякотных тяжах, где оно снижено на 19,4 %. Полученные данные свидетельствуют об угнетении лимфопоэтической и иммунопoэтической функции лимфатических узлов [3, 5]. Значительное повышение содержания дегенерирующих клеток (во всех зонах узла в 2 раза, а в герминативных центрах даже больше) свидетельствует о повышенной гибели клеток лимфоидного ряда.

Внутриклеточные дегенеративные изменения лимфоцитов, вероятно, объясняются механизмом действия инфразвука, который вызывает повреждения ультраструктуры клеток на субмикроскопическом уровне [12], что ведет к деструкции и гибели клеток. Таким образом инфразвук воздействует на сосудистую стенку, вызывая деструкцию и гибель миоцитов, что приводит к заметному нарушению лимфотока и лимфостазу [4]. Такие же дегенеративные изменения наблюдаются в миоцитах капсулы лимфоузлов после воздействия инфразвука [6]. Лимфоциты так же, как и миоциты сосудистой стенки, подвержены воздействию инфразвука, вызывающему поражение их внутриклеточных структурных элементов, что сопровождается деструкцией и гибелью клеток.

Выводы

Результаты исследования показали, что воздействие инфразвука вызывает резкий отек лимфатических узлов, что проявляется значительным расширением синусов узла. Наблюдается нарушение миграционных процессов в лимфатических узлах, о чем свидетельствует увеличение площади коркового вещества и заметное повышение содержания лимфоидных элементов в паракортикальной зоне, а также заполнение синусов узла лимфоцитами. В корковом веществе узла уменьшено количество лимфоидных узелков с герминативными центрами и наблюдается угнетение их функциональной активности, что проявляется в уменьшении содержания лимфобластов и митозов. Содержание зрелых лимфоцитов в мякотных тяжах также понижено. Во всех зонах узла отмечается заметное увеличение содержания дегенерирующих лимфоцитов – в 2 и более раза, что свидетельствует о повреждении ультраструктуры клеток под воздействием инфразвука.

Конфликт интересов

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

Библиографический список

1. Вихрук, Т. И. Изменение тимуса и лимфатических узлов при адаптации организма к различным режимам двигательной активности в условиях иммунокоррекции и без неё (экспериментально-морфологическое исследование) : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб, 1996. 40 с.
2. Гаврилова, С. А. Перетренированность с позиций учения о стрессе // Безопасный спорт – 2023. Перетренированность в спорте. Междисциплинарный подход : материалы X междунар. конгресса, Москва, 13-14 июля 2023 г./ ред. Е. А. Гаврилова, О. Р. Чурганов. СПб : Изд-во ГМУ им. И.И. Мечникова, 2023. С. 94-100.
3. Горчакова, О. В., Бородин, Ю. И. Функциональная специализация лимфатических узлов разной локализации // Морфологические науки – фундаментальная основа практической медицины: материалы I междунар. научно-практической конкурс-конф. студентов и молодых ученых, посв. памяти профессора М.Я. Субботина, Новосибирск, 08 декабря 2016 г./ ред. А. П. Надеев. Новосибирск : Изд-во НГМУ, 2016. С. 65-68.

4. Краснорудская, И. С., Петренко, Е. В. Воздействие инфразвука на строение лимфатических сосудов // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. С. 170. DOI: 10.17513/spno.31360
5. Лобов, Г. И. Иммунная функция лимфатической системы // Успехи физиологических наук. 2023. Т. 54, № 3. С. 3-24. DOI:10.31857/50301179823030043
6. Олейник, Е. А., Петренко, Е. В. Строение капсулы и синусов лимфатического узла при воздействии физических нагрузок и инфразвука // Культура физическая и здоровье. 2023. № 2 (86). С. 275-278. DOI: 10.47488-1999-3455_2023_1_8.
7. Петренко, В. М. Лимфатический узел как лимфангион. Saarbrücken, LAP LAMBERT, 2016. 84 с.
8. Повешченко, А. Ф., Кононов, В. И., Шкурат, Г. А., Летагин, А. Ю. Лимфопоэз и миграционные процессы // Успехи физиологических наук. 2019. Т. 50, № 4. С. 40-46. DOI: 10.1134/50301179819030081
9. Повешченко, А. Ф., Николаев, В. В., Любарский, М. С., Коненков, В. К. Медицинские и генетические аспекты лимфедемы // Лимфология : под ред. В. И. Коненков, Ю. И. Бородин, М. С. Любарский. Новосибирск : НИИ клинической и экспериментальной лимфологии, 2012. С. 495-509.
10. Ткачук, М. Г., Страдина, М. С. Способы коррекции иммунологических расстройств в период восстановления после длительных физических нагрузок // Физическая реабилитация в спорте, медицине и адаптивной физической культуре : материалы IV Всероссийской научно-практической конф., Санкт-Петербург, 07-09 июня 2018 г. СПб : Изд-во НГУ имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, 2018. С. 327-330.
11. Юдин, В. А., Савкин, И. Д. Лечение лимфедемы конечностей (обзор научной литературы) // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2015. Т. 23. № 4. С. 145-153.
12. Petrenko, V. M. About mechanics of influence of infrasound on living organism. Journal of Biomedical Systems and Emerging Technologies. 2018. Vol. 5. No. 2. P. 120.

References

1. Vikhruk, T. I. (1996) *Izmenenie timusa i limfaticeskikh uzlov pri adaptatsii organizma k razlichnym rezhimam dvigatelnoi aktivnosti v usloviyakh immunokorreksii i bez neyo (eksperimentalno-morfologicheskoe issledovanie): avtoref. dis. ... d-ra med. nauk* [Changes in the thymus and lymph nodes during the adaptation of the body to various modes of motor activity under conditions of immunocorrection and without it (experimental morphological study). Grand PhD med. sci. abs. dis.]. St. Petersburg. 40 p. (In Russian)
2. Gavrilova, S. A. (2023) Peretrenirovannost s pozitsii ucheniya o stresse [Overtraining from the standpoint of the doctrine of stress]. In: Gavrilova, E. A. & Churganov, O. R. (ed). *Bezopasnyi sport – 2023. Peretrenirovannost v sporte. Mezhdistsiplinarnyi podhod : materialy X Mezhdunarodnogo Kongressa* [Safe sport – 2023. Overtraining in Sports. Interdisciplinary approach : Proceedings of the X International Congress], 13-14 July 2023, Moscow, Russia. St. Petersburg, Publishing House of I.I. Mechnikov Russian State Medical University, 94-100. (In Russian)
3. Gorchakova, O. V. & Borodin, Yu. I. (2016) Funktsionalnaya spetsializatsiya limfaticeskikh uzlov raznoi lokalizatsii [Functional specialization of lymph nodes of different localization] In: Nadeev, A. P. (ed.) *Morfologicheskie nauki – fundamentalnaya osnova prakticheskoi meditsiny : materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konkurs-konferentsii studentov i molodykh uchenykh, posvyaschennoi pamyati professora M. Ya. Subbotina* [Morphological Sciences – the Fundamental Basis of Practical Medicine : Proceedings of the I International Scientific and Practical Competition-Conference of Students and young Scientists, dedicated to the Memory of Professor M. Ya. Subbotin], 08 December 2016, Novosibirsk, Russia. Novosibirsk, Publishing House of Novosibirsk State Medical University, 65-68. (In Russian)
4. Krasnorudskaya, I. S. & Petrenko, E. V. (2021) The effect of infrasound on the structure of lymphatic vessels. *Modern problems of science and education*. (6), 170. (In Russian)
5. Lobov, G. I. (2023) Immune function of the lymphatic system. *Successes of physiological sciences*. 54 (3), 3-24. (In Russian)
6. Oleinik, E. A. & Petrenko, E. V. (2023) The structure of the capsule and sinuses of the lymph node under the influence of physical exertion and infrasound. *Physical culture and health*. (2), 275-278. (In Russian)
7. Petrenko, V. M. (2016) The lymph node as a lymphangion. Saarbrücken, LAP LAMBERT. 84 p. (In Russian)
8. Poveshchenko, A. F., Kononov, V. I., Shkurat, G. A., Letyagin, A. Yu. (2019) Lymphopoiesis and migration processes. *Successes of physiological Sciences*. 50 (4), 40-46. (In Russian) Available from: <https://doi.org/10.1134/50301179819030081>.
9. Poveshchenko, A. F., Nikolaev, V. V., Lyubarsky, M. S., Konenkov, V. K. (2012) Medical and genetic aspects of lymphedema. In: Konenkov, V. I., Borodin, Yu. I., & Lyubarsky, M. S. (eds.) *Lymphology*. Novosibirsk, Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology publ., 495-509. (In Russian)
10. Tkachuk, M. G. & Stradina, M. S. (2018) Sposoby korrektsii immunologicheskikh rasstroistv v period vostanovleniya posle dlitelnykh fizicheskikh nagruzok [Methods of correction of immunological disorders during recovery after prolonged physical exertion] *Fizicheskaya reabilitatsiya v sporte, meditsine i adaptivnoi fizicheskoi culture : materialy IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Physical Rehabilitation in Sports, Medicine and Adaptive Physical Culture : Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference], 07 – 08 June 2018, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg, Publishing House of the P.F. Lesgaft National State University, St. Petersburg, 327-330. (In Russian)
11. Yudin, V. A. & Savkin, I. D. (2015) Treatment of limb lymphedema (review of scientific literature). *Russian Biomedical Bulletin named after academician I.P. Pavlov*. 23 (4), 145-153. (In Russian)
12. Petrenko, V. M. (2018) About mechanics of influence of infrasound on living organism. *Journal of Biomedical Systems and Emerging Technologies*. 5 (2), 120.

Поступила в редакцию 19.02.2024

Подписана в печать 27.06.2024

Original article
UDC 611.42 : 611.08
DOI: 10.47438/1999-3455_2024_2_393

THE STRUCTURE OF THE LYMPH NODES IN EXPERIMENTAL LYMPHEDEMA

Elena A. Oleinik ¹, Ekaterina V. Petrenko ²

*National State University of Physical Culture, Sports and health named after P.F. Lesgaft ^{1, 2}
Saint Petersburg, Russia*

¹ PhD in 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 in 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. Lymphedema is a symptom of many chronic diseases, acute surgical interventions or injuries, and is one of the signs of overtraining syndrome. The study of the structure of lymph nodes in conditions of lymphedema caused by exposure to infrasound intensity of 100 dB with a frequency of 16 Hz was carried out. The work was performed on young white rats that were exposed to infrasound for two weeks. The results of the study showed that the effect of infrasound causes pronounced edema and disruption of migration processes in the lymph nodes, a decrease in the number of lymphoid nodules with germinal centers. There is a decrease in lymphocytopoiesis and plasmocytopoiesis, which is manifested by a reduced content of lymphoblasts and mitoses in the breeding centers and a decrease in the content of plasmocytes in the pulp strands. In all areas of the node, the content of degenerating lymphocytes sharply increases, which is caused by the damaging effect of infrasound on the ultrastructure of cells.

Keywords: lymph node, lymphoid nodules, germinative centers, lymphopoiesis, plasmocytopoiesis, degenerating lymphocytes.

Cite as: Oleinik, E. A., Petrenko, E. V. (2024) The structure of the lymph nodes in experimental lymphedema. *Physical Culture and Health*. (2), 393-396. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455_2024_2_393.

Received 19.02.2024
Accepted 27.06.2024