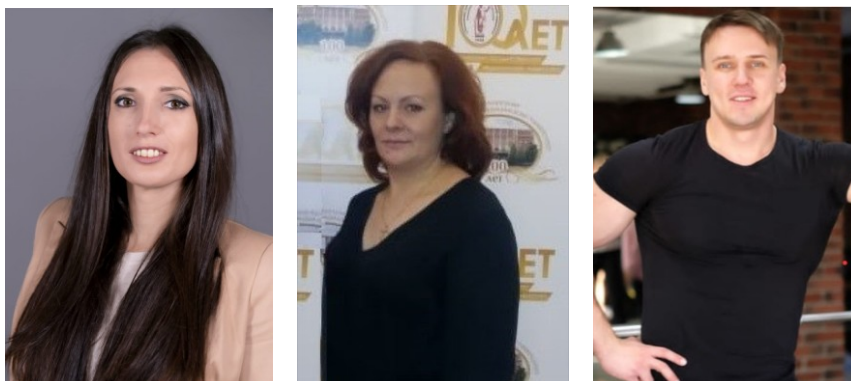


Культура физическая и здоровье. 2022. № 4 (84). С. 200-204.  
Physical Culture and Health. 2022, 84 (4), 200-204.

Научная статья  
УДК 57.033  
DOI: 10.47438/1999-3455\_2022\_4\_200

## СИНДРОМ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАССТРОЙСТВО ИММУННОЙ СИСТЕМЫ, ОБУСЛОВЛЕННОЕ ФИЗИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ



Анна Леонидовна Ясенявская<sup>1</sup>, Александра Александровна Цибизова<sup>2</sup>,  
Тимур Рашидович Габитов<sup>3</sup>, Мария Кахаевна Макалатия<sup>4</sup>

Астраханский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации<sup>1, 2, 4</sup>  
Астрахань, Россия  
Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева<sup>3</sup>  
Астрахань, Россия

<sup>1</sup> Кандидат медицинских наук, доцент, руководитель Научно-исследовательского центра, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии  
тел.: +7(8512)52-41-43, e-mail: yasen\_9@mail.ru  
ORCID 0000-0003-2998-2864

<sup>2</sup> Кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии  
тел.: +7(8512)52-41-43, e-mail: sasha3633@yandex.ru  
ORCID 0000-0002-9994-4751

<sup>3</sup> Студент факультета физической культуры и спорта  
тел.: +7(8512)52-41-43, e-mail: gabi.tim1990@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-0018-8395

<sup>4</sup> студентка факультета «Педиатрия»  
тел.: +7(8512)52-41-43, e-mail: Maria.makalatia@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-7897-4636

**Аннотация.** Жёсткая конкуренция в спорте приводит к необходимости постоянно увеличивать количество и усиливать режим тренировок, что может привести к развитию такого состояния, как перетренированность. Целью настоящего исследования явилось изучение вопросов влияния перетренированности на иммунные процессы. Перетренированность, являясь нейроэндокринным расстройством, оказывает влияние на многие физиологические системы; но одна система, в частности иммунная, очень восприимчива к деградации, что приводит к снижению общего состояния здоровья и работоспособности, а также частым заболеланиям. В процессе поиска информации и анализа данных установлено, что чрезмерные физические нагрузки приводят к снижению функции нейтрофилов, естественных клеток-киллеров, уровня иммуноглобулинов в сыворотке крови, а также увеличению концентрации провоспалительных цитокинов. Однако все эти изменения, по-видимому, являются результатом длительных периодов интенсивных тренировок, а не последствий самого синдрома перетренированности. В связи с чем встаёт актуальный вопрос о необходимости учитывать иммунопатологические изменения, возникающие при синдроме перетренированности, что поможет избежать развития супрессивного состояния иммунитета, а также будет способствовать оптимизации подходов к коррекционным мероприятиям данного состояния, быстрому процессу восстановления после интенсивной физической нагрузки и улучшению спортивных результатов.

**Ключевые слова:** синдром перетренированности, физическая нагрузка, иммунные процессы, иммуносупрессия, нейроэндокринное расстройство, лейкоциты, цитотоксические лимфоциты, цитокины, интерлейкины, иммуноглобулины.

**Для цитирования:** Синдром перетренированности как функциональное расстройство иммунной системы, обусловленное физическими нагрузками / А. А. Ясенявская, А. А. Цибизова, Т. Р. Габитов [и др.] // Культура физическая и здоровье. 2022. № 4 (84). С. 200-204. DOI: 10.47438/1999-3455\_2022\_4\_200.

### Введение

Жёсткая конкуренция в спорте приводит к необходимости постоянно увеличивать количество и усиливать режим тренировок, что может привести к разви-

тию такого состояния, как перетренированность. При этом положительную перетренированность можно рассматривать как естественный процесс, результатом которого является адаптация и улучшение производительности в условиях повышенной физической нагрузки [14]. Наибольшее опасение вызывает негативная перетренированность – дисбаланс между нагрузкой и

восстановлением, в результате чего развиваются дезадаптивные изменения, которые могут привести к развитию синдрома перетренированности (СП) – нейроэндокринного расстройства, характеризующегося неспособностью поддерживать тренировочные нагрузки, постоянной усталостью, частыми заболеваниями, нарушением сна и изменениями в состоянии настроения [10]. Многие авторы определяют данный синдром как психосоматическую патологию, основными проявлениями которого являются изменение со стороны психических процессов, нейроэндокринной системы и внутренних органов [7]. В настоящее время неясно, какой именно физиологический механизм ответственен за индукцию состояния перетренированности [4]. На сегодняшний день существует несколько точек зрения на развитие СП, а именно гипотеза мышечного гликогена, гипотеза центрального утомления, глутаминовая гипотеза, симпато-парасимпатическая гипотеза, гипоталамо-гипофизарная и цитокиновая гипотеза. Принимая во внимание то, что перечисленные теории так или иначе касаются нарушений со стороны иммунитета, актуальным направлением является изучение влияния физической нагрузки на иммунную систему [2].

Несмотря на то, что физические упражнения вызывают довольно выраженные реакции в иммунной системе, они как правило являются преходящими. Факторы, изменяющие реакции иммунной системы, включают интенсивность и продолжительность нагрузки, а также сопутствующие соревновательные и психоэмоциональные стрессы. В исследованиях показано, что кратковременная физическая активность мобилизует секвестрированные клетки, в то время как более длительная активность приводит к их выходу в ткани [12].

#### Результаты исследований

Результаты проведенных исследований свидетельствуют в том, что чрезмерные физические нагрузки приводят к развитию иммуносупрессии, сопровождающейся снижением активности клеточного иммунитета, в результате чего спортсмены становятся предрасположены к развитию инфекционно-воспалительной патологии, тогда как умеренные тренировки способствуют балансу между клеточным и гуморальным иммунитетом, обеспечивая тем самым клеточную иммунопротекцию [13].

Установлено влияние длительных физических нагрузок на количество иммунных клеток. Кратковременная физическая нагрузка способствует увеличению количества лейкоцитов в периферической венозной крови, которое пропорционально интенсивности и продолжительности активности [6]. Отсроченное увеличение количества лейкоцитов может наблюдаться в интервале 30 мин – 2 ч после напряженной физической нагрузки, причиной чего является стимулирование кортизолом выброса белых клеток из костного мозга. Установлено, что у спортсменов в условиях перетренированности количество лейкоцитов постепенно снижается к нижней границе клинически нормального диапазона ( $4 \times 10^9$ ).

Умеренная физическая нагрузка вызывает немедленное четырех- или пятикратное увеличение количества естественных клеток-киллеров, а также увеличение их общей активности [5]. Несмотря на сохранность количества циркулирующих цитотоксических лимфоцитов (NK-клетки), существуют данные, доказывающие тот факт, что длительные интенсивные тренировки изменяют функциональную активность иммунных клеток, включая прайминг нейтрофилов, цитотоксич-

ность NK-клеток и активацию лимфоцитов. В исследовании показано, что цитотоксическая активность NK-клеток в условиях перетренированности повышается примерно на 50% в сравнении с людьми, которые не занимаются спортом. Активность NK-клеток отрицательно коррелирует с уровнем кортизола в сыворотке крови, поэтому увеличение концентрации кортизола, вероятно, способствует позднему подавлению их активности [14]. Простагландины, высвобождаемые из моноцитов в момент повышенной нагрузки, также могут способствовать устойчивому позднему снижению активности NK-клеток [9]. Установлено, что через 3 часа после умеренной физической нагрузки увеличение количества лейкоцитов происходит за счет гранулоцитов и особенно нейтрофилов. Исследованиями доказано что функция нейтрофилов (активация и пролиферация) у спортсменов в состоянии перетренированности снижена по сравнению с людьми, не испытывающими интенсивные физические нагрузки. Показано, что количество моноцитов значительно увеличивается в период или сразу после физической нагрузки, а также наблюдается некоторое увеличение количества лимфоцитов на этом этапе. Установлено увеличение абсолютного числа Т- и В-клеток сразу после 15-30-минутной субмаксимальной физической нагрузки [8].

Установлено, что интенсивные спортивные тренировки приводят к значительному снижению концентраций сывороточных IgA, IgG и IgM. Однако, не смотря на низкие уровни иммуноглобулинов в сыворотке крови отмечался адекватный специфический ответ при иммунизации новым антигеном.

Наряду с этим доказано, что интенсивность упражнений является важным фактором, определяющим реакцию в слизистой оболочке ротовой полости со стороны иммунной системы. Установлено, что концентрация IgA в слюне после интенсивных упражнений резко снижается. На сегодняшний день концентрация IgA в слюне является единственным иммунным параметром, который коррелирует с появлением инфекций верхних дыхательных путей у спортсменов. При этом следует отметить интересный факт, что количество клеток, продуцирующих IgA, не изменяется [3].

Местная мышечная реакция на тяжелую физическую нагрузку повышает уровень С-реактивного белка, что приводит к увеличению концентрации лимфоцитов в крови. Установлено, что в результате чрезмерной физической нагрузки наблюдается снижение уровня комплемента в сыворотке крови за счет миграции макрофагов в поврежденную мышечную ткань [13].

Как врожденный, так и адаптивный иммунные ответы связаны с выработкой цитокинов. В организме человека синтезируется множество цитокинов, которые классифицируются как провоспалительные и противовоспалительные [11]. Исследователями установлено, что травмирование тканей при чрезмерных физических нагрузках приводит к выработке большого количества провоспалительных цитокинов, которые играют патогенетическую роль в развитии различных заболеваний, а также синдрома хронической усталости, симптомы которого схожи с синдромом перетренированности. В исследованиях было установлено, что экстремальные физические нагрузки приводят к преобладанию гуморального иммунного ответа и подавлению компонентов клеточно-опосредованного иммунитета адаптивного иммунного ответа [11, 14]. Уровень IL-1 в плазме крови повышается в период и после тренировки на выносливость, тогда как концентрация IL-2 падает сразу после напряженной физической работы из-за снижения уровня секреции мононуклеарными клетками периферической крови. Установлено, что уровень IL-2 повышается через 24 часа после физической нагрузки,

по-видимому, как ответ макрофагов на повреждение мышц. Доказано, что интенсивные физические нагрузки, приводящие к развитию синдрома перетренированности, способствуют продукции большого количества провоспалительных цитокинов, таких как ИЛ-6 и TNF- $\alpha$ , в результате чего наблюдается дисбаланс показателей клеточного и гуморального иммунитета [8]. Вызванные физическими упражнениями изменения в концентрации интерлейкинов могут также изменять поверхностные свойства НК-клеток, и, следовательно, их литическую активность.

В настоящее время в качестве причины снижения иммунной функции в условиях перетренированности рассматривается снижение глутамина. Так было показано, что пролиферирующие лимфоциты требуют большого количества глутамина для метаболизма и синтеза нуклеотидов. Однако концентрация данной аминокислоты в результате перетренированности резко снижается. В связи с чем было высказано предположение, что низкая концентрация глутамина в плазме отрицательным образом влияет на иммунную функцию у спортсменов [1].

Изменения иммунной системы у спортсменов с перетренированностью могут быть связаны и с нейроэндокринными изменениями, в частности высвобождением гормонов стресса, таких как катехоламины и кортикостероиды. Возможно, что хронические нарушения иммунной функции также являются результатом изменения уровней гормонов, выделяемых во время тренировки, количестве рецепторов гормонов или чувствительности рецепторов. Объясняется это тем, что гормоны стресса действуют как медиаторы множества иммунных реакций, включая высвобождение цитокинов (которые, в свою очередь, влияют на активность многих иммунных клеток), функцию нейтрофилов,

цитотоксичность НК-клеток, перераспределение иммунных клеток в организме и синтез иммуноглобулинов [2, 14].

#### Выводы

В заключение следует отметить, что зачастую спортсмены, подвергают себя высокому уровню тренировочного стресса с целью повышения физической работоспособности, способствуя тем самым еще большому риску развития синдрома перетренированности. В результате развития данного синдрома у спортсмена, наряду с другими нарушениями, наблюдается повышенная заболеваемость инфекционно-воспалительной патологией, что свидетельствует об изменениях функционирования иммунной системы, а именно в дисбалансе клеточного и гуморального звеньев иммунитета, приводящего к развитию, так называемой клеточной иммуносупрессии.

В связи с чем встает актуальный вопрос о необходимости учитывать возникающие иммунопатологические изменения, наряду с общепринятыми нарушениями при синдроме перетренированности, что поможет избежать, в свою очередь, развития супрессивного состояния иммунитета и его последствий, а также будет способствовать оптимизации подходов к коррекционным мероприятиям данного состояния, быстрому процессу восстановления после интенсивной физической нагрузки и улучшению спортивных результатов.

#### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

#### Библиографический список

1. Дикунец, М.А., Дудко, Г.А., Шачнев, Е.Н. и др. Анализ гипотез развития синдрома перетренированности // Спортивная медицина: наука и практика. 2020. № 9 (2). С. 5-14. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.5>
2. Петрушкина, Н.А., Симонова, Н.А., Быков, Е.В. и др. Иммунология спорта (обзор литературы) // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2019. № 3. С. 21-37.
3. Basal hormones and biochemical markers as predictors of overtraining syndrome in male athletes: the EROS-BASAL study / F.A. Cadegiani, C.E. Kater // Journal of athletic training. 2019. Vol. 54(8). P. 906-914. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-148-18>.
4. Diagnosing overtraining syndrome: a scoping review / J. Carrard, A. C. Rigort, C. Appenzeller-Herzog et al. // Sports health. 2022. Vol. 14(5). P. 665-673. <https://doi.org/10.1177/19417381211044739>.
5. Intramuscular mechanisms of overtraining / A.J. Cheng, B. Jude, J.T. Lanner // Redox biology. 2020. Vol. 35. P. 101480. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>.
6. Physiological and Psychological Effects of Treadmill Overtraining Implementation / Y. Chung, Y. T. Hsiao, W. C. Huang // Biology. 2021. Vol. 10(6). P. 515. <https://doi.org/10.3390/biology10060515>.
7. Intramuscular mechanisms of overtraining / A. J. Cheng, B. Jude, J. T. Lanner // Redox biology. 2020. Vol. 35. P. 101480. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>.
8. The effects of moderate exercise and overtraining on learning and memory, hippocampal inflammatory cytokine levels, and brain oxidative stress markers in rats / Z. Jahangiri, Z. Gholamnezhad, M. Hosseini et al. // The Journal of Physiological Sciences. 2019. Vol. 69(6). P. 993-1004. <https://doi.org/10.1007/s12576-019-00719-z>.
9. Plasma irisin and its associations with oxidative stress in athletes suffering from overtraining syndrome / R. Joro, A. Korkmaz, T. A. Lakka et al. // Physiology international. 2021. Vol. 107(4). P. 513-526. <https://doi.org/10.1556/2060.2020.00037>.
10. Overreaching and overtraining syndrome-causes, symptoms, diagnostics and prevention / E. S. Pankanin // Journal of Education, Health and Sport. 2018. Vol. 8(7). P. 424-429. <https://doi.org/10.3810/psm.2003.06.396>.
11. The immune system of athletes of different sports / A. P. Isaev, V. V. Erlikh, V. I. Zalyapin et al. // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. 2018. Vol. 22 (6). P. 280-286. <https://doi.org/10.15561/18189172.2018.0601>
12. Diagnosis of overtraining syndrome / F. P. Savioli, T. M. Medeiros, Jr Camara et al. // Revista Brasileira de Medicina do Esporte. 2018. Vol. 24. P. 391-394. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182405185927>
13. Transferring clinically established immune inflammation markers into exercise physiology: focus on neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index / D. Walzik, N. Joisten, J. Zacher et al. // European Journal of Applied Physiology. 2021. Vol. 121 (7). P. 1803-1814. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04668-7>.
14. Influence of excessive exercise on immunity, metabolism, and gut microbial diversity in an overtraining mice model / X. Yuan, S. Xu, H. Huang et al. // Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2018. Vol. 28 (5). P. 1541-1551. <https://doi.org/10.1111/sms.13060>.

References

1. Dikunets, M.A., Dudko, G. A., Shachnev, E. N. et al. (2020) Analiz gipotez razvitiya sindroma peretrenirovanosti [Analysis of hypotheses of overtraining syndrome development] // *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika*. 9 (2), 5-14. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.5> (In Russian)
2. Petrushkina, N. A., Simonova, N. A., Bykov, E. V. et al. (2019) Immunologiya sporta (obzor literatury) [Immunology of Sports (Literature Review)] // *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri*. 3, 21-37. (In Russian).
3. Cadegiani, F. A., Kater, C. E. (2019) Basal hormones and biochemical markers as predictors of overtraining syndrome in male athletes: the EROS-BASAL study // *Journal of athletic training*. 54 (8), 906-914. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-148-18>.
4. Carrard, J., Rigort, A. C., Appenzeller-Herzog, C. et al. (2022) Diagnosing overtraining syndrome: a scoping review // *Sports health*. 14 (5), 665-673. <https://doi.org/10.1177/19417381211044739>.
5. Cheng, A. J., Jude, B., Lanner, J. T. (2020) Intramuscular mechanisms of overtraining. *Redox biology*. 35, 101480. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>.
6. Chung, Y., Hsiao, Y. T., Huang, W. C. (2021) Physiological and Psychological Effects of Treadmill Overtraining Implementation // *Biology*. 10 (6), 515. <https://doi.org/10.3390/biology10060515>.
7. Cheng, A. J., Jude, B., Lanner, J. T. (2020) Intramuscular mechanisms of overtraining. *Redox biology*. 35, 101480. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101480>.
8. Jahangiri, Z., Gholamnezhad, Z., Hosseini, M. et al. (2019) The effects of moderate exercise and overtraining on learning and memory, hippocampal inflammatory cytokine levels, and brain oxidative stress markers in rats // *The Journal of Physiological Sciences*. 69 (6), 993-1004. <https://doi.org/10.1007/s12576-019-00719-z>.
9. Joro, R., Korkmaz, A., Lakka, T.A. et al. (2021) Plasma irisin and its associations with oxidative stress in athletes suffering from overtraining syndrome // *Physiology international*. 107 (4), 513-526. <https://doi.org/10.1556/2060.2020.00037>.
10. Pankanin, E. S. (2021) Overreaching and overtraining syndrome-causes, symptoms, diagnostics and prevention // *Journal of Education, Health and Sport*. 8 (7), 424-429. <https://doi.org/10.3810/psm.2003.06.396>.
11. Isaev, A. P., Erlikh, V. V., Zalyapin, V. I. et al. (2018) The immune system of athletes of different sports // *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*. 22 (6), 280-286. <https://doi.org/10.15561/18189172.2018.0601>
12. Savioli, F. P., Medeiros, T. M., Camara, Jr et al. Diagnosis of overtraining syndrome // *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 24, 391-394. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182405185927>
13. Walzik, D., Joisten, N., Zacher, J. et al. (2021) Transferring clinically established immune inflammation markers into exercise physiology: focus on neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio and systemic immune-inflammation index // *European Journal of Applied Physiology*. 121 (7), 1803-1814. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04668-7>.
14. Yuan, X., Xu, S., Huang, H. et al. (2018) Influence of excessive exercise on immunity, metabolism, and gut microbial diversity in an overtraining mice model // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 28 (5), 1541-1551. <https://doi.org/10.1111/sms.13060>.

Поступила в редакцию 03.11.2022

Подписана в печать 29.12.2022

Original article  
UDC 57.033  
DOI: 10.47438/1999-3455\_2022\_4\_200

**OVERTRAINING SYNDROME AS A FUNCTIONAL DISORDER  
OF THE IMMUNE SYSTEM, CAUSED BY PHYSICAL EXERTION**

Anna L. Yaseniyavskaya<sup>1</sup>, Alexandra A. Tsibizova<sup>2</sup>,  
Timur R. Gabitov<sup>3</sup>, Maria K. Makalatiya<sup>4</sup>

*Astrakhan State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation*<sup>1,2,4</sup>  
*Astrakhan, Russia*  
*V. N. Tatishchev Astrakhan State University*<sup>3</sup>  
*Astrakhan, Russia*

<sup>1</sup> *PhD of Medicine, Associate Professor, Head of Research Center, Associate Professor of Pharmacognosy, Pharmaceutical Technology and Biotechnology Department*  
*ph.: +7(8512)52-41-43, e-mail: yasen\_9@mail.ru*  
*ORCID 0000-0003-2998-2864*

<sup>2</sup> *PhD of Pharmacy, Associate Professor of Pharmacognosy, Pharmaceutical Technology and Biotechnology Department*  
*ph.: +7(8512)52-41-43, e-mail: sasha3633@yandex.ru*  
*ORCID 0000-0002-9994-4751*

<sup>3</sup> *Student at the Department of Physical Culture and Sports*  
*ph.: +7(8512)52-41-43, e-mail: gabi.tim1990@gmail.com*  
*ORCID: 0000-0002-0018-8395*

<sup>4</sup> *Student of Pediatrics faculty*  
*ph.: +7(8512)52-41-43, e-mail: Maria.makalatiya@yandex.ru*  
*ORCID: 0000-0002-7897-4636*

**Abstract.** The fierce competition in sports leads to the need to constantly increase the number and intensify the training regimen, which can lead to the development of a condition such as overtraining. The aim of this investigation was to study the influence of overtraining on immune processes. Overtraining, being a neuroendocrine disorder, affects many physiological systems; but one system in particular immune system is very susceptible to degradation, which leads to reduction of general health and performance and frequent diseases. In a search for information, it has been found that excessive exercise leads to a decrease in neutrophil function, natural killer cells, serum immunoglobulin levels, and an increase in pro-inflammatory cytokine concentrations. However, all these changes appear to be the result of long periods of intense training, rather than the consequences of overtraining syndrome itself. This raises an urgent question about the necessity to take into account immunopathological changes arising in overtraining syndrome, which will help to avoid the development of suppressive immunity state, as well as contribute to optimization of approaches to corrective measures of this condition, fast recovery process after intensive physical activity and improvement of sport performance.

**Keywords:** overtraining syndrome, exercise, immune processes, immunosuppression, neuroendocrine disorder, leukocytes, cytotoxic lymphocytes, cytokines, interleukins, immunoglobulins.

**Cite as:** Yaseniyavskaya, A. L., Tsibizova, A. A., Gabitov, T. R., Makalatiya, M. K. (2022) Overtraining syndrome as a functional disorder of the immune system, caused by physical exertion. *Physical Culture and Health*. (4), 200-204. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.47438/1999-3455\_2022\_4\_200.

Received 03.11.2022

Accepted 29.12.2022