

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ / PATHOLOGICAL PHYSIOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.33>

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНЦЕПЦИЙ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ

Обзор

Ясенявская А.Л.<sup>1\*</sup>, Габитов Т.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Российская Федерация

<sup>2</sup> Астраханский государственный университет, Астрахань, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (yasen\_9[at]mail.ru)

**Аннотация**

Одним из подтверждений актуальности изучения проблемы синдрома перетренированности является наличие гетерогенных мнений, отсутствие единой позиции относительно данного состояния. Доказано, что важную роль в патогенезе синдрома перетренированности играют изменения со стороны нервной, иммунной и эндокринной систем. Эти изменения неоднозначны, сложны, и зависят от множества факторов, в частности, от типа деятельности, специфики и условий физических нагрузок, стадии патофизиологического процесса. В связи с этим требуется детальное изучение этиологии и патогенеза синдрома перетренированности для определения единого подхода к данной проблеме с целью своевременной диагностики, лечения и профилактики.

**Ключевые слова:** тренировочный процесс, синдром перетренированности, интенсивная физическая нагрузка, адаптация, спортсмен.

ANALYSIS OF MODERN CONCEPTS OF OVERTRAINING SYNDROME

Review article

Yasenyavskaya A.L.<sup>1\*</sup>, Gabitov T.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation

<sup>2</sup> Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation

\* Corresponding author (yasen\_9[at]mail.ru)

**Abstract**

One of the confirmations of the relevance of studying the problem of overtraining syndrome is the presence of heterogeneous opinions, the absence of a unified position regarding this condition. It has been proved that an important role in the pathogenesis of overtraining syndrome is played by changes in the nervous, immune and endocrine systems. These changes are ambiguous and complex, and depend on many factors, in particular, on the type of activity, the specificity and conditions of physical loads, the stage of the pathophysiological process. Therefore, a detailed study of etiology and pathogenesis of overtraining syndrome is required in order to determine a unified approach to this problem for the purpose of timely diagnosis, treatment and prevention.

**Keywords:** training process, overtraining syndrome, intense physical activity, adaptation, athlete.

**Введение**

В современном мире рост спортивных результатов находится в неразрывной связи с увеличением объема и интенсивности физических нагрузок. При этом следует отметить в условиях тренировочного процесса прохождение спортсменом различных стадий, так в период отдыха или восстановления от недостаточной тренированности, до состояния перенапряжения или перетренированности в условиях интенсивных физических нагрузок, приводящих к нарушениям адаптации и «истощению» функциональных резервов, ассоциируемых с используемым термином «перетренированность».

**Основная часть**

В настоящее время подходы к определению понятия перетренированности гетерогенны, несмотря на общую оценку этиологии и итога, заключающихся в высоких физических нагрузках без адекватного периода восстановления и стойком снижении результативности спортсмена соответственно. Целью данного обзора является анализ современных концепций патогенеза синдрома перетренированности.

Большинство научных отечественных трудов описывают перетренированность, как результат симпатико-парасимпатического дисбаланса, опосредующего все дальнейшие регуляторные нарушения со стороны органов и систем [1], [2]. Наряду с этим, имеет место быть определение перетренированности, как состояния, при котором адаптационные возможности, достигнутые в процессе тренировок, сменяются неблагоприятными, приводящими к патологическим изменениям в органах и системах [3]. Основу синдрома перетренированности, в первую очередь, составляют нарушения со стороны функционирования нервной системы, протекающие по невротическому типу. Во вторую очередь, нарушения адаптационных возможностей, координация которых обеспечивается эндокринной системой и динамикой гормонального статуса [4].

По мнению зарубежных авторов, ведущая роль в патогенезе синдрома перетренированности отводится нарушениям процессов суперкомпенсации, которые являются неотъемлемой частью эффективного тренировочного процесса. Перестройка функционирования и метаболической активности всех органов, систем и организма в целом является следствием интенсивной мышечной деятельности. Изменения реактивности и резистентности защитных

систем организма, нейрогуморальной регуляции, гемодинамики, количественного и качественного состав крови, метаболической и функциональной клеточной активности и многие другие зависимы от физических нагрузок, а именно от длительности, характера и интенсивности [5], [6]. Следует отметить важный аспект распределения данных изменений на три основные группы (адаптационные, компенсаторные и патологические), формирующие риск развития нарушений сразу после нагрузок, а также в отдалённом периоде. Например, в качестве адаптационных основ к нагрузкам можно рассматривать увеличение до определенного уровня объема и скорости кровотока, активности ферментов энергообеспечения, активация свободнорадикальных процессов и др. [7].

Принимая во внимание результаты современных исследований, интенсификация тренировок, и как следствие, развитие гипоксии, способствует развитию биохимических и физиологических адаптационных сдвигов в организме спортсмена. Доказано, что гипоксия представляет собой патологическое состояние, приводящее к развитию нарушений клеточного метаболизма вследствие недостаточности процессов окислительного фосфорилирования в митохондриях и активации свободнорадикального окисления с последующим развитием окислительного стресса [8], [9]. Доказано, что окислительный стресс сопровождается повышенным содержанием активных форм кислорода (АФК), что в результате приводит к повреждению ДНК и синтеза белка. Установлено, что АФК ускоряют атрофию мышц посредством активации убиквитин-протеасомного пути. Кроме того, было показано, что протеасома может самостоятельно разрушать окислительно модифицированные белки. Эти данные предполагают, что деградация белка может быть связующим звеном между окислительным стрессом и атрофией мышц [10], [11], [12].

Многие исследователи указывают на взаимосвязь перетренированности, развития окислительного стресса, защитных способностей антиоксидантной системы и иммунного ответа. Доказательствами данной взаимосвязи являются развитие лейкоцитоза, снижение доли активных субпопуляций лимфоцитов, повышение липидной перекисидации, усиленная активность каталазы и другие изменения со стороны общего антиоксидантного статуса в условиях выполнения истощающих упражнений [8], [13]. Контролируемое образование активных форм кислорода в мышечных волокнах в ответ на стимулы, определённо, играет важную роль в адаптации мышц к физическим нагрузкам путем воздействия на уровень интенсивности продуцирования гормонов, транскрипционных факторов, факторов роста и др., модуляцию их действия, изменений скорости ионного транспорта, процессов клеточной пролиферации и апоптоза, увеличения активности антиоксидантных и цитопротективных ферментов [14], [15].

Исследования последних десятилетий подтверждают активную продукцию интерлейкина-6 (ИЛ-6) во время тренировочного процесса. Уровень данного цитокина повышается в ответ, как на краткосрочную интенсивную нагрузку, так и длительную нагрузку низкой интенсивности. При это следует отметить, что снижение уровня ИЛ-6 способствует нарушению со стороны метаболизма жирных кислот и углеводов, которые являются активными участниками процесса преобразования АТФ для мышечных сокращений [3], [16].

Наряду с вышесказанным, чрезмерные интенсивные физические нагрузки приводят к снижению иммунной резистентности, развитию иммунопатологий, способствуют повышению восприимчивости к инфекциям, и, как следствие, возникновению инфекционных заболеваний после длительных тренировок, даже на пике спортивной формы [17], [18].

Тяжесть и длительность физической нагрузки сопровождается увеличенной продукцией стресс-гормонов, которые, в свою очередь, обладают адренотоксическими эффектами, значительной активацией свободно-радикальных процессов, и, как следствие, развитием окислительного стресса, истощением энергетических ресурсов, снижением структурно-функциональных резервов и переходом в пограничное состояние – хроническое утомление [19], [20].

### **Заключение**

Анализ научной литературы не дает полной однородности понимания, а также возможности ранжирования последствий физических нагрузок. При этом с полной уверенностью можно заключить, что наряду с наличием гетерогенных мнений и отсутствием единой позиции относительно патогенеза данного состояния, патофизиологической основой синдрома перетренированности является дисбаланс между физическими нагрузками и процессом восстановления. Чрезмерная интенсивная физическая нагрузка способна привести к снижению адаптационных резервов организма, вплоть до крайней степени их выраженности в виде синдрома перетренированности, который имеет фазный, прогрессирующий характер, начиная с утомления и легко устранимых изменений, заканчивая стойкими трудно обратимыми нарушениями. В настоящее время подходы к лечению и профилактике данного патологического состояния основываются на снижении интенсивности нагрузок, так чтобы затраты энергии были меньше степени восстановления сил. Но для формирования полной причинно-следственной связи на фоне изучения и получения новых данных относительно этиологии и патогенеза, требуется детальное изучение данной проблемы для определения единого подхода к диагностике, лечению и профилактике синдрома перетренированности.

### **Конфликт интересов**

Не указан.

### **Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### **Conflict of Interest**

None declared.

### **Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Бадтиева В.А. Синдром перетренированности как функциональное расстройство сердечно-сосудистой системы, обусловленное физическими нагрузками / В.А. Бадтиева, В.И. Павлов, А.С. Шарыкин и др. // Российский кардиологический журнал. – 2018. – Т. 23. – № 6. – С.180–190. – DOI:10.15829/1560-4071-2018-6-180-190
2. Carrard J. 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. – DOI: 10.1177/19417381211044739.
3. Паценко А.В. Синдром перетренированности: особенности влияния интенсивных физических и психоэмоциональных нагрузок на функциональное состояние организма спортсменов / А.В. Паценко, В.Г. Галонский, С.В. Кунгуров и др. // Вестник Авиценны. – 2016. – Т. 66. – № 1. – С. 144-148.
4. Cardoos N. Overtraining syndrome / N. Cardoos // Curr Sports Med Rep. – 2015. – № 14(3). – P. 157-158. – DOI: 10.1249/JSR.000000000000145
5. Stellingwerff T. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities / T. Stellingwerff, I.A. Heikura, R. Meeusen et al. // Sports Med. – 2021. – Vol. 51(11). – P. 2251-2280. – DOI: 10.1007/s40279-021-01491-0
6. Shepherd S.O. Lipid droplet remodelling and reduced muscle ceramides following sprint interval and moderate-intensity continuous exercise training in obese males / S.O. Shepherd, M. Cocks, P.J. Meikle et al. // Int. J. Obes. (Lond). – 2017. – Vol. 41(12). – P. 1745-1754. – DOI: 10.1038/ijo.2017.170
7. Theofilidis G. Monitoring exercise-induced muscle fatigue and adaptations: making sense of popular or emerging indices and biomarkers / G. Theofilidis, G.C. Bogdanis, Y. Koutedakis et al. // Sports. (Basel). – 2018. – Vol. 6(4). – P. 153. – DOI: 10.3390/sports6040153
8. Белкин Б.Л. Первичная и вторичная тканевая гипоксия: этиология и патогенез, формирование приспособительных реакций / Б.Л. Белкин, Н.А. Малахова, А.В. Масалова и др. // Вестник аграрной науки. – 2021. – Т. 93. – № 6. – С. 21-24.
9. Вострикова С.М. Активные формы кислорода и антиоксиданты в канцерогенезе и терапии опухолей / С.М. Вострикова, А.Б. Гринев, В.Г. Гогвадзе // Биохимия. – 2020. – Т. 85. – № 10. – С. 1474-1488.
10. Шлапакова Т.И. Активные формы кислорода: участие в клеточных процессах и развитии патологии / Т.И. Шлапакова, Р.К. Костин, Е.Е. Тягунова // Биоорганическая химия. – 2020. – Т. 46. – № 5. – С. 466-485.
11. Сечин Д.И. Гипоксия как фактор интенсификации сложно-координационной деятельности в спорте / Д.И. Сечин, Р.В. Тамбовцева // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – Т. 4. – № 1(10). – С. 3-11.
12. Гунина Л.М. Окислительный стресс и адаптация: метаболические аспекты влияния физических нагрузок / Л.М. Гунина // Наука в олимпийском спорте. – 2013. – № 4 – С. 19-25.
13. Luti S. Inflammation, Peripheral Signals and Redox Homeostasis in Athletes Who Practice Different Sports. / S. Luti, A. Modesti, P.A. Modesti // Antioxidants (Basel). – 2020. – Vol. 11(9). – P. 1065. – DOI: 10.3390/antiox9111065
14. Жуков Ю.Ю. Влияние спортивного стресса на иммунологический статус и состояние здоровья спортсменов / Ю.Ю. Жуков // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 8. – С. 50-54.
15. Morgado J.M. Cytokine production by monocytes, neutrophils, and dendritic cells is hampered by long-term intensive training in elite swimmers / J.M. Morgado, L. Rama, I. Silva et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2012. – Vol. 112(2). – P. 471-482. – DOI: 10.1007/s00421-011-1966-4
16. Cadegiani F. A. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review / F.A. Cadegiani, C.E. Kater // BMC Sports Sci Med Rehabil. – 2017. – Vol. 9. – P. 14. – DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Badietia V.A. Sindrom peretrenirovannosti kak funkcional'noe rasstrojstvo serdechno-sosudistoj sistemy, obuslovlennoe fizicheskim nagruzkami [Overtraining syndrome as a functional disorder of the cardiovascular system caused by physical activity] / V.A. Badietia, V.I. Pavlov, A.S. SHarykin et al. // Rossijskij kardiologičeskij zhurnal [Russian Journal of Cardiology]. – 2018. – Vol. 23. – № 6. – P.180–190. – DOI:10.15829/1560-4071-2018-6-180-190 [in Russian]
2. Carrard J. 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. – DOI: 10.1177/19417381211044739.
3. Pacenko A.V. Sindrom peretrenirovannosti: osobennosti vliyanija intensivnyh fizicheskikh i psihoemotional'nyh nagruzok na funkcional'noe sostoyanie organizma sportsmenov [Overtraining syndrome: features of the influence of intense physical and psycho-emotional loads on the functional state of the body of athletes] / A.V. Pacenko, V.G. Galonskij, S.V. Kungurov et al. // Vestnik Avicenny [Avicenna's Bulletin]. – 2016. – Vol. 66. – № 1. – P. 144-148. [in Russian]
4. Cardoos N. Overtraining syndrome / N. Cardoos // Curr Sports Med Rep. – 2015. – № 14(3). – P. 157-158. – DOI: 10.1249/JSR.000000000000145
5. Stellingwerff T. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared Pathways, Symptoms and Complexities / T. Stellingwerff, I.A. Heikura, R. Meeusen et al. // Sports Med. – 2021. – Vol. 51(11). – P. 2251-2280. – DOI: 10.1007/s40279-021-01491-0
6. Shepherd S.O. Lipid droplet remodelling and reduced muscle ceramides following sprint interval and moderate-intensity continuous exercise training in obese males / S.O. Shepherd, M. Cocks, P.J. Meikle et al. // Int. J. Obes. (Lond). – 2017. – Vol. 41(12). – P. 1745-1754. – DOI: 10.1038/ijo.2017.170
7. Theofilidis G. Monitoring exercise-induced muscle fatigue and adaptations: making sense of popular or emerging indices and biomarkers / G. Theofilidis, G.C. Bogdanis, Y. Koutedakis et al. // Sports. (Basel). – 2018. – Vol. 6(4). – P. 153. – DOI: 10.3390/sports6040153
8. Belkin B.L. Pervichnaya i vtorichnaya tkanevaya gipoksiya: etiologiya i patogenez, formirovanie prisposobitel'nyh reakcij [Primary and secondary tissue hypoxia: etiology and pathogenesis, the formation of adaptive reactions] / B. L. Belkin,

N. A. Malahova, A. V. Masalova et al. // Vestnik agrarnoj nauki [Bulletin of Agricultural Science]. – 2021. – Vol. 93. – № 6. – P. 21-24. [in Russian]

9. Vostrikova S. M. Aktivnye formy kisloroda i antioksidanty v kancerogeneze i terapii opuholej [Reactive oxygen species and antioxidants in carcinogenesis and tumor therapy] / S. M. Vostrikova, A. B. Grinev, V. G. Gogvadze // Biohimiya [Biochemistry]. – 2020. – Vol. 85. – № 10. – P. 1474-1488. [in Russian]

10. Shlapakova T.I. Aktivnye formy kisloroda: uchastie v kletochnyh processah i razvitiu patologii [Reactive oxygen species: participation in cellular processes and the development of pathology] / T.I. Shlapakova, R.K. Kostin, E.E. Tyagunova // Bioorganicheskaya himiya [Bioorganic chemistry]. – 2020. – Vol. 46. – № 5. – P. 466-485. [in Russian]

11. Sechin D.I. Gipoksiya kak faktor intensivatsii slozhno-koordinatsionnoj deyatel'nosti v sporte [Hypoxia as a factor of intensification of complex-coordination activity in sports] / D.I. Sechin, R.V. Tambovceva // Sovremennye voprosy biomeditsiny [Modern issues of biomedicine]. – 2020. – Vol. 4. – № 1(10). – P. 3-11. [in Russian]

12. Gunina L.M. Okislitel'nyj stress i adaptatsiya: metabolicheskie aspekty vliyaniya fizicheskikh nagruzok [Oxidative stress and adaptation: metabolic aspects of the influence of physical activity] / L.M. Gunina // Nauka v olimpijskom sporte [Science in Olympic sports]. – 2013. – № 4 – P.19-25. [in Russian]

13. Luti S. Inflammation, Peripheral Signals and Redox Homeostasis in Athletes Who Practice Different Sports. / S. Luti, A. Modesti, P.A. Modesti // Antioxidants (Basel). – 2020. – Vol. 11(9). – P. 1065. – DOI: 10.3390/antiox9111065

14. ZHukov Y.Y. Vliyanie sportivnogo stressa na immunologicheskij status i sostoyanie zdorov'ya sportsmenov [Influence of sports stress on the immunological status and health status of athletes] / Y.Y. ZHukov // Uchyonye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta [Scientific Notes of the University. P.F. Lesgaft]. – 2009. – № 8. – P. 50-54. [in Russian]

15. Morgado J.M. Cytokine production by monocytes, neutrophils, and dendritic cells is hampered by long-term intensive training in elite swimmers / J.M. Morgado, L. Rama, I. Silva et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2012. – Vol. 112(2). – P. 471-482. – DOI: 10.1007/s00421-011-1966-4

16. Cadegiani F. A. Hormonal aspects of overtraining syndrome: a systematic review / F.A. Cadegiani, C.E. Kater // BMC Sports Sci Med Rehabil. – 2017. – Vol. 9. – P. 14. – DOI: 10.1186/s13102-017-0079-8