

ОБЩНОСТЬ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ И СИНДРОМА ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДЕФИЦИТА ЭНЕРГИИ В СПОРТЕ (*REDS*). АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

© 2024 г. Е. А. Гаврилова*, О. А. Чурганов, О. Ю. Павлова, Е. В. Брынцева, А. В. Рассказова, М. В. Горкин, А. К. Саркисов, А. Б. Дидора, В. И. Шитова

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: gavrilova@mail.ru

Поступила в редакцию 30.04.2024 г.

После доработки 05.09.2024 г.

Принята к публикации 10.09.2024 г.

Цель данного обзора — анализ литературы по сравнению клинических проявлений синдрома перетренированности (СП) и синдрома относительного дефицита энергии в спорте (*REDS*). Поиск и анализ публикаций из двух литературных баз (*PubMed* и *Elibrary.ru*) по СП и *REDS*. Отбор работ для анализа осуществлялся из 514 статей двух литературных баз по проблеме общности СП и *REDS*, связи данных синдромов, а также вопросам нарушения доступности энергии и пищевых веществ при СП. Проведен сравнительный анализ клинических проявлений двух синдромов и доказательства гипотезы о том, что относительный дефицит энергии в спорте — это одна из причин (теорий) развития у спортсмена синдрома перетренированности. Анализ литературы показал, что *REDS* можно считать проявлением СП, а относительный дефицит энергии в спорте (*REDS*) — это лишь одна из причин (теорий) развития у спортсменов синдрома перетренированности, наряду с другими теориями (цитокиновая, окислительного стресса, утомления центральной нервной системы и др.).

Ключевые слова: спортсмены, синдром перетренированности, синдром относительного дефицита энергии в спорте (*REDS*).

DOI: 10.31857/S0131164624060095 **EDN:** AFNAHV

С момента первого описания состояния перетренированности пионером программ физической подготовки в Канаде *R.T. McKenzie* в ноябре 1923 г. в опубликованной им статье в журнале Калифорнийского государственного медицинского университета [1] прошло 100 лет. Следует признать, что за век изучения перетренированности не был идентифицирован ни один биомаркер или преобладающий физиологический механизм синдрома перетренированности (СП). При этом у спортсменов отмечаются крайне разнородные симптомы и продолжительность заболевания, а клинический диагноз СП ставится методом исключения. Методы лечения патологии фактически не разработаны.

Один из последних обзоров [2] по поиску биомаркеров, потенциально диагностирующих СП, основанный на анализе 5561 публикаций с 1985 по 2020 гг., показал, что качество доказательности диагностических маркеров было низким — четвертый уровень доказательности. При этом в разработанных шкалах диагностики СП “*EROS*” — эндокринные и метаболические реакции на синдром

перетренированности (*EROS-CLINICAL*, *EROS-SIMPLIFIED* и *EROS-COMPLETE*) на первом месте стоят **пищевые и психологические паттерны синдрома** [3]. А шкала *EROS-COMPLETE* также содержит исследование состава тела. Шкала *EROS-CLINICAL* основана только на клинических показателях, шкала *EROS-SIMPLIFIED* включает клинические и биохимические тесты, в то время как шкала *EROS-COMPLETE* состоит из клинических, биохимических тестов и переменных состава тела. При этом анализ логистической регрессии исследования *EROS* [4] при оценке 117 маркеров показал, что в 100% случаев при СП присутствовал и являлся его независимым триггером один из четырех факторов:

1. низкое потребление углеводов;
2. низкое потребление белка;
3. низкое общее потребление калорий;
4. плохое качество сна.

Таким образом, СП имеет схожие пусковые механизмы с синдромом относительного дефицита

энергии в спорте (*REDs* – *Relative Energy Deficiency in Sport*), – нарушения питания и психоэмоциональные проблемы. Оба синдрома приводят к снижению эффективности тренировочного процесса и спортивных результатов.

Первоначально *REDs* именовался как “триада женщин-спортсменок”. В 1992 г. данная триада оказалась в центре внимания конференции, созванной Целевой группой по женским вопросам Американского колледжа спортивной медицины [5, 6]. В настоящее время уже опубликовано три Консенсуса Международного олимпийского комитета (МОК) по *REDs* 2014, 2018 и 2023 гг. [7–9]. Современное определение *REDs*: “Синдром нарушения физиологического и/или психологического функционирования, испытываемый спортсменами женского и мужского пола, вызванный воздействием проблемной (длительной и/или тяжелой) низкой энергетической доступности (НЭД). Пагубные последствия включают, помимо прочего, снижение энергетического обмена, репродуктивной функции, здоровья опорно-двигательного аппарата, иммунитета, синтеза гликогена, а также сердечно-сосудистого и гематологического здоровья, что по отдельности и синергетически может привести к ухудшению самочувствия, повышенному риску травм и снижению спортивных результатов” [7, 9]. Число исследований по проблеме *REDs* постоянно растет, а широкая распространенность синдрома не только у женщин, но и у мужчин вызывает большую озабоченность у исследователей.

В последнем Консенсусе МОК по *REDs* 2023 г. [9] подчеркивалось совпадение симптомов между *REDs* и СП, однако проблема общности и взаимосвязи двух синдромов в документе не поднималась.

В связи с вышеизложенным цель данного исследования – это анализ литературы по сравнению клинических проявлений СП и *REDs*.

Отбор публикаций

Отбор и анализ публикаций осуществлялся по тематике СП, *REDs*, по связи данных синдромов, а также вопросам нарушения доступности энергии и пищевых веществ при СП. Поиск литературы производился по двум литературным базам (*PubMed* и *Elibrary.ru*). Отбор работ для анализа осуществлялся из 514 статей двух литературных баз по четырем темам:

1. публикации, по ключевым словам, “синдром перетренированности” (“*overtraining syndrome*”);
2. публикации, по ключевым словам, “синдром относительного дефицита энергии в спорте” (“*REDs*”);
3. публикации, по сочетанию ключевых слов “синдром перетренированности” (“*overtraining*

syndrome”) и “синдром относительного дефицита энергии в спорте” (“*REDs*”);

4. публикации, по сочетанию ключевых слов “синдром перетренированности” (“*overtraining syndrome*”) и “питание” (“*nutrition*”).

Критериями включения статей в настоящий анализ являлись: наличие в исследованиях описания клинической картины и диагностических критериев синдрома перетренированности (*overtraining syndrome*) и синдрома относительного дефицита энергии в спорте (*REDs*), включая вопросы питания и обсуждение связи синдромов. В работе проводилось сравнение двух синдромов по поиску их общности и взаимосвязи. Критериями исключения являлись повторы работ, а также работы, не соответствующие цели исследования, с низким качеством доказательности. Предпочтение отдавалось работам последних пяти лет (59% из списка литературы последних трех лет) и доказательным исследованиям – обзорам, метаанализам и консенсусам.

При подготовке исследования были использованы элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов (*PRISMA*) (рис. 1).

Клинические признаки СП и *REDs*

Из 514 статей критериям включения соответствовали 80 статей. Распределение ссылок на работы по клиническим признакам СП и *REDs* показаны в табл. 1.

Как следует из табл. 1, при анализе работ по изучению клинических признаков СП и *REDs* почти все клинические признаки двух заболеваний совпали. Нам только не удалось найти исследований по изучению глутамина и динамике лактата в нагрузочном тесте у спортсменов с *REDs*, что может стать предметом дальнейших исследований изучения данного синдрома. В то же время при поиске литературы был опровергнуто мнение об отсутствии исследований по снижению минеральной плотности костной ткани и стрессовым переломам при синдроме перетренированности, [22, 64, 69, 76, 79]. В частности, *T. Stellingwerff* в своем исследовании “Синдром перетренированности и относительный энергодефицит в спорте (*REDs*): общие пути развития, симптомы и сложности” [80] отмечают общность *REDs* и СП (без приведения ссылок на литературные источники), но подчеркивая сходство клинических признаков двух синдромов, кроме одного – “костные исходы”.

Обсуждение общности синдромов перетренированности и *REDs*

Изучение научных исследований по проблеме СП показало, что синдром перетренированности сегодня во многом связан с внутренировочным

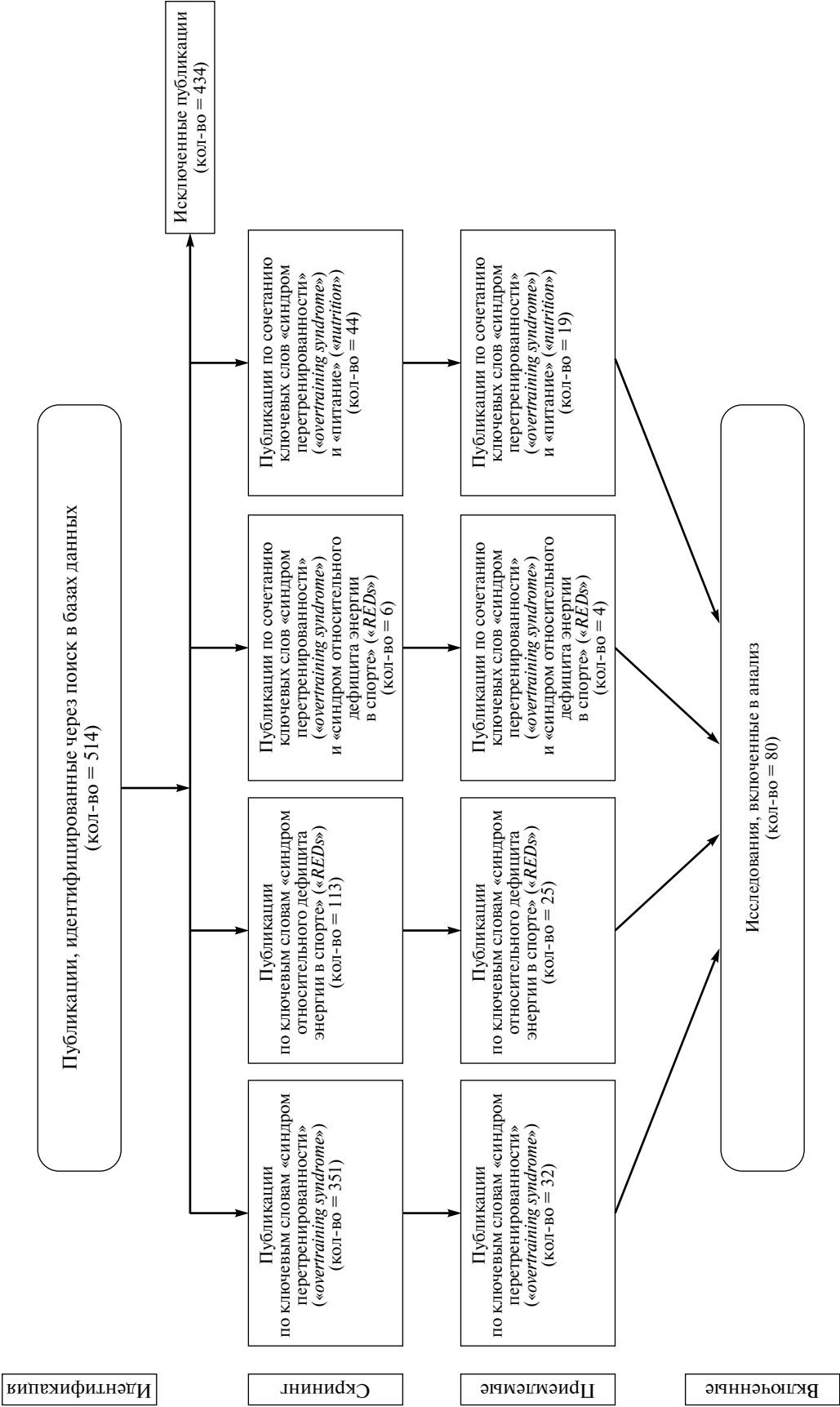


Рис. 1. Последовательность отбора исследований, соответствующих цели анализа.

Таблица 1. Исследования, в содержание которых включены клинические признаки синдрома перетренированности и *REDs*

Клинические признаки	Исследования по клиническим признакам синдромов	
	Синдром перетренированности	<i>REDs</i>
Снижение работоспособности и спортивных результатов	[2, 11, 17, 19, 20, 21, 24, 57]	[21, 31–34, 36, 40, 41, 43, 44]
Снижение доступности энергии и углеводов	[2, 4, 10, 11, 16, 20–23, 25, 28, 52, 53, 55, 60, 62]	[21, 30–32, 36, 41, 43, 45, 47, 50, 51]
Гормональные дисфункции (исключая репродуктивные функции)	[2, 4, 11–13, 20–23, 60, 67]	[21, 30–33, 36, 40–42, 44, 49, 50]
Нарушения менструального цикла и репродуктивного здоровья у женщин	[63, 65, 66, 68]	[21, 30–36, 38, 40–42, 44–46, 48, 51]
Сексуальная дисфункция, снижение тестостерона и репродуктивного здоровья у мужчин	[21, 71–75]	[21, 30, 31, 42, 48, 49]
Мышечные изменения	[2, 4, 11, 19–21, 24]	[21, 36, 37, 50]
Снижение минеральной плотности костной ткани, стрессовые переломы	[22, 56, 59, 64, 69, 76, 79]	[21, 30–46, 48–51, 70]
Изменения в составе тела по данным биоимпеданса (снижение мышечной массы и жидкости в организме)	[2, 11, 19, 29, 52, 54, 62]	[30, 31, 36, 40]
Увеличение жировой массы по данным биоимпеданса	[2, 11, 52]	[21]
Психологические нарушения (<i>POMS</i> , <i>RESTQ-Sport</i> , шкалы депрессии)	[2, 11, 12, 14, 20–22, 24]	[21, 30–32, 36, 43, 44, 50, 51]
Снижение качества и/или количества сна	[11, 20–22]	[50, 77]
Сердечно-сосудистые нарушения	[18, 20, 21, 58, 61]	[21, 30–34, 36, 43, 45, 50, 51]
Вегетативные нарушения и снижение variability сердечного ритма	[2, 11, 18, 20–23]	[21]
Иммунные нарушения, маркеры воспаления	[2, 13, 15, 16, 22–24, 60]	[33, 36, 41, 43–45, 50, 51]
Желудочно-кишечные расстройства и изменения состава микробиома	[26, 27]	[31, 32, 34, 36, 44, 51]
Снижение уровня железа сыворотки крови	[25]	[21, 31, 36, 43–45]
Снижение глутамина	[2, 23, 53, 55]	—
Низкий лактат после нагрузки	[2, 18, 23, 60]	—

стрессом. Это и нарушения питания, и психический стресс, не связанный со спортивной деятельностью, и снижение качества и/или количества сна, о чем свидетельствует множество научных публикаций [20, 23, 77, 79, 80 и др.], а также разработанные и общепризнанные шкалы диагностики СП “*EROS*” [3, 4]. При этом исследования, касающиеся СП по снижению доступности энергии и углеводов [2, 4, 10, 11, 16, 20–23, 25, 28, 52, 53, 55, 60, 62], нарушению менструального цикла и репродуктивного здоровья у женщин [63, 65, 66, 68], сексуальной дисфункции, снижению тестостерона и репродуктивного здоровья у мужчин [21, 71–75], снижению минеральной плотности костной ткани и стрессовых переломов [22, 64, 69, 76, 79], снижению мышечной массы по данным биоимпеданса [2, 11, 19, 29, 52, 54, 62], при синдроме перетренированности вообще стирают грани между двумя синдромами и ставят под сомнение правомочность названия синдрома словом “перетренированность”. Отдельно хочется остановиться на дефиците сна у спортсменов, который сам по себе может напрямую усиливать тревожность и косвенно влиять на распространенность нарушений менструального цикла [77].

Сам *REDs*, давно вышедший из рамок “триады спортсменки”, тесно связан со снижением работоспособности и спортивных результатов [21, 31–34, 36, 40, 41, 43, 44], с сердечно-сосудистыми [21, 30–34, 36, 43, 45, 50, 51] и иммунными нарушениями [33, 36, 41, 43–45, 50, 51, 58] и при его развитии фактически не отличим от СП. Единственное отличие *REDs* от СП — присутствие **обязательного признака — снижение доступности энергии и углеводов**. Однако этот признак сегодня описан и при СП. Предпринятый нами специальный поиск исследований по снижению доступности энергии при СП (рис. 1 и табл. 1) это убедительно доказал [2, 4, 10, 11, 16, 20–23, 25, 28, 52, 53, 55, 60, 62].

Однако идея об общности СП и *REDs* почти не обсуждается сегодня в международном научном сообществе. В России осведомленность отечественных врачей, тренеров и спортсменов даже о самом *REDs* чрезвычайно низкая. На момент написания настоящей работы удалось найти только четыре исследования, в которых сравниваются эти два синдрома, однако идея об их общности в этих работах не прозвучала [21, 50, 78–80]. Высказана мысль о том, что перетренированность и *REDs* могут присутствовать одновременно, а скрининг на расстройство пищевого поведения и распознавание признаков *REDs* (например, нарушение менструального цикла) может помочь выявить и устранить роль хронического снижения доступности энергии [79], что вполне применимо и для СП.

Кроме того, снижение доступности энергии и связанные с ним патологические изменения в организме вовсе не ограничиваются спортом.

Подобные нарушения нередко встречаются в балете, в модельном бизнесе, у лиц с расстройствами пищевого поведения [70]. Поэтому гормональные дисфункции, нарушения менструального цикла и репродуктивного здоровья, снижение жировой массы и минеральной плотности костной ткани, стрессовые переломы на фоне снижения доступности энергии не могут считаться специфичными для спорта.

Таким образом, синдром относительного дефицита энергии в спорте (*REDs*), особенно после получения доказательств о возможности его развития у мужчин, может рассматриваться как диагноз искусственный, вносящий путаницу в выяснение происхождения ряда клинических признаков при неблагополучии у спортсменов. Относительный дефицит энергии в спорте — это лишь одна из причин (теорий) развития у спортсмена синдрома перетренированности, наряду с другими теориями (цитокиновая, окислительного стресса, утомления центральной нервной системы и др.). Тем более что основным лечением обоих синдромов является сокращение тренировок и улучшение восстановления спортсмена за счет оптимизации питания, увеличения продолжительности сна и снижения вне-тренировочного стресса, к которому может быть отнесен и относительный дефицит энергии.

Клиническая медицина может стать примером объединения диагнозов в интересах больного и сокращения множества рекомендаций от различных специалистов, особенно в назначении аллопатических препаратов, что крайне вредит спортсмену. Это такие диагнозы, как метаболический синдром, хроническая болезнь почек и др. В спортивной медицине к проявлениям стрессорного влияния спортивной деятельности могут быть отнесены также стрессорный иммунодефицит у спортсменов, кардиомиопатия, вызванная физическими нагрузками, анемия спортсменов и другие, которые по сути своей являются проявлениями спортивного и внутренировочного стресса.

ВЫВОДЫ

1. Оба синдрома — СП и *REDs* — характеризуются прогрессирующим ухудшением количественных и качественных показателей здоровья и работоспособности спортсменов.
2. СП и *REDs* в значительной мере зависят не только от стрессорных факторов спортивной деятельности (в том числе по стремлению к снижению массы тела для достижения спортивно-важных качеств), но и образа жизни и факторов внутренировочного стресса.
3. Оба синдрома имеют гипоталамо-гипофизарное происхождение.

4. Клинические проявления двух синдромов фактически идентичны.

5. СП и REDs являются диагнозами исключения.

6. Основным лечением обоих синдромов является сокращение тренировок и улучшение восстановления спортсменов за счет оптимизации питания, увеличения продолжительности сна и снижения внутренировочного стресса.

Конфликт интересов. Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McKenzie R.T. The place of manipulation and corrective gymnastics in treatment // Cal. State J. Med. 1923. V. 21. № 11. P. 480.
2. Carrard J., Rigort A.C., Appenzeller-Herzog C. et al. Diagnosing overtraining syndrome: A scoping review // Sports Health. 2022. V. 14. № 5. P. 665.
3. Cadegiani F.A., da Silva P.H., Abrao T.C., Kater C.E. Diagnosis of overtraining syndrome: results of the endocrine and metabolic responses on overtraining syndrome study: EROS-DIAGNOSIS // J. Sports Med. 2020. V. 2020. P. 3937819.
4. Cadegiani F.A., Kater C.E. Eating, sleep, and social patterns as independent predictors of clinical, metabolic, and biochemical behaviors among elite male athletes: The EROS-PREDICTORS study // Front. Endocrinol. (Lausanne). 2020. V. 11. P. 414.
5. Yeager K.K., Agostini R., Nattiv A., Drinkwater B. The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis // Med. Sci. Sports Exerc. 1993. V. 25. № 7. P. 775.
6. Otis C.L., Drinkwater B., Johnson M. et al. American college of sports medicine position stand. The female athlete triad // Med. Sci. Sports Exerc. 1997. V. 29. № 5. P. i-ix.
7. Mountjoy M., Sundgot-Borgen J., Burke L. et al. The IOC consensus statement: Beyond the female athlete triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) // Br. J. Sports Med. 2014. V. 48. № 7. P. 491.
8. Mountjoy M., Sundgot-Borgen J.K., Burke L.M. et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S) // Br. J. Sports Med. 2018. V. 52. № 11. P. 687.
9. Mountjoy M., Ackerman K.E., Bailey D.M. et al. 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) // Br. J. Sports Med. 2023. V. 57. № 17. P. 1073.
10. Stellingwerff T., Heikura I.A., Meeusen R. et al. Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared pathways, symptoms and complexities // Sports Med. 2021. V. 51. № 11. P. 2251.
11. Weakley J., Halson S.L., Mujika I. Overtraining Syndrome symptoms and diagnosis in athletes: where is the research? A systematic review // Int. J. Sports Physiol. Perform. 2022. V. 17. № 5. P. 675.
12. Colangelo J., Smith A., Buadze A. et al. Mental health disorders in ultra endurance athletes per ICD-11 classifications: A review of an overlooked community in sports psychiatry // Sports (Basel). 2023. V. 11. № 3. P. 52.
13. Baker C., Hunt J., Piasecki J., Hough J. Lymphocyte and dendritic cell response to a period of intensified training in young healthy humans and rodents: A systematic review and meta-analysis // Front. Physiol. 2022. V. 13. P. 998925.
14. Vrijkotte S., Roelands B., Pattyn N., Meeusen R. The Overtraining Syndrome in soldiers: Insights from the sports domain // Mil. Med. 2019. V. 184. № 5–6. P. 192.
15. Luti S., Modesti A., Modesti P.A. Inflammation, peripheral signals and redox homeostasis in athletes who practice different sports // Antioxidants (Basel). 2020. V. 9. № 11. P. 1065.
16. Magherini F., Fiaschi T., Marzocchi R. et al. Oxidative stress in exercise training: The involvement of inflammation and peripheral signals // Free Radic. Res. 2019. V. 53. № 11–12. P. 1155.
17. Grandou C., Wallace L., Impellizzeri F.M. et al. Overtraining in resistance exercise: An exploratory systematic review and methodological appraisal of the literature // Sports Med. 2020. V. 50. № 4. P. 815.
18. Mazaheri R., Schmied C., Niederseer D., Guazzi M. Cardiopulmonary exercise test parameters in athletic population: A review // J. Clin. Med. 2021. V. 10. № 21. P. 5073.
19. Hopen S.R. Intrafasciomembranal fluid pressure: A novel approach to the etiology of myalgias // Cureus. 2022. V. 14. № 8. P. e28475.
20. Armstrong L.E., Bergeron M.F., Lee E.C. et al. Overtraining Syndrome as a complex systems phenomenon // Front. Netw. Physiol. 2022. V. 1. P. 794392.
21. Hackney A.C. Hypogonadism in exercising males: Dysfunction or adaptive-regulatory adjustment? // Front. Endocrinol. (Lausanne). 2020. V. 11. P. 11.
22. Madzar T., Masina T., Zaja R. et al. Overtraining Syndrome as a risk factor for bone stress injuries among paralympic athletes // Medicina (Kaunas). 2023. V. 60. № 1. P. 52.
23. la Torre M.E., Monda A., Messina A. et al. The potential role of nutrition in Overtraining Syndrome: A narrative review // Nutrients. 2023. V. 15. № 23. P. 4916.
24. Cheng A.J., Jude B., Lanner J.T. Intramuscular mechanisms of overtraining // Redox. Biol. 2020. V. 35. P. 101480.
25. Brun J.F. Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance? // Clin. Hemorheol. Microcirc. 2002. V. 26. № 3. P. 155.

26. Mao Y.H., Wang M., Yuan Y. et al. Konjac glucomannan counteracted the side effects of excessive exercise on gut microbiome, endurance, and strength in an overtraining mice model // *Nutrients*. 2023. V. 15. № 19. P. 4206.
27. Hou P., Zhou X., Yu L. et al. Exhaustive exercise induces gastrointestinal syndrome through reduced ILC3 and IL-22 in mouse model // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020. V. 52. № 8. P. 1710.
28. Nicoll J.X., Hatfield D.L., Melanson K.J., Nasin C.S. Thyroid hormones and commonly cited symptoms of overtraining in collegiate female endurance runners // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2018. V. 118. № 1. P. 65.
29. Melchiorri G., Viero V., Sorge R. et al. Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes // *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 2018. V. 58. № 9. P. 1269.
30. Coelho A.R., Cardoso G., Brito M.E. et al. The female athlete triad/Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S) // *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.* 2021. V. 43. № 5. P. 395.
31. Vardardottir B., Gudmundsdottir S.L., Olafsdottir A.S. Health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) // *Laeknabladid.* 2020. V. 106. № 9. P. 406.
32. Gould R.J., Ridout A.J., Newton J.L. Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) in adolescents – A practical review // *Int. J. Sports Med.* 2023. V. 44. № 4. P. 236.
33. Sim A., Burns S. Review: Questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes // *J. Eat. Disord.* 2021. V. 9. № 1. P. 41.
34. Logue D., Madigan S., Melin A. et al. Low energy availability in athletes 2020: An updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance // *Nutrients*. 2020. V. 12. № 3. P. 835.
35. Maya J., Misra M. The female athlete triad: review of current literature // *Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.* V. 29. № 1. P. 44.
36. Lodge M., Ward-Ritacco C., Melanson K. Considerations of Low Carbohydrate Availability (LCA) to Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) in female endurance athletes: A narrative review // *Nutrients*. 2023. V. 15. № 20. P. 4457.
37. Costa T., Borba V., Correa P., Moreira C. Stress fractures // *Arch. Endocrinol. Metab.* 2022. V. 66. № 5. P. 765.
38. Heikura I., Stellingwerff T., Areta J. Low energy availability in female athletes: From the lab to the field // *Eur. J. Sport Sci.* V. 22. № 5. P. 709.
39. Warden S.J., Edwards W.B., Willy R.W. Preventing bone stress injuries in runners with optimal workload // *Curr. Osteoporos. Rep.* 2021. V. 19. № 3. P. 298.
40. Areta J.L., Taylor H.L., Koehler K. Low energy availability: History, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2021. V. 121. № 1. P. 1.
41. Jagim A.R., Fields J., Magee M.K. et al. Contributing factors to low energy availability in female athletes: A narrative review of energy availability, training demands, nutrition barriers, body image, and disordered eating // *Nutrients*. 2022. V. 14. № 5. P. 986.
42. Jonvik K.L., Vardardottir B., Broad E. How do we assess energy availability and RED-S risk factors in para athletes? // *Nutrients*. 2022. V. 14. № 5. P. 1068.
43. Ackerman K.E., Rogers M.A., Heikura I.A. et al. Methodology for studying Relative Energy Deficiency in Sport (REDs): A narrative review by a subgroup of the International Olympic Committee (IOC) consensus on REDs // *Br. J. Sports Med.* 2023. V. 57. № 17. P. 1136.
44. O'Leary T.J., Wardle S.L., Greeves J.P. Energy deficiency in soldiers: The risk of the athlete triad and relative energy deficiency in sport syndromes in the military // *Front. Nutr.* 2020. V. 7. P. 142.
45. Mathisen T.F., Ackland T., Burke L.M. et al. Best practice recommendations for body composition considerations in sport to reduce health and performance risks: A critical review, original survey and expert opinion by a subgroup of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) // *Br. J. Sports Med.* 2023. V. 57. № 17. P. 1148.
46. Grabia M., Perkowski J., Socha K., Markiewicz-Żukowska R. Female athlete triad and Relative Energy Deficiency in Sport (REDs): Nutritional management // *Nutrients*. 2024. V. 16. № 3. P. 359.
47. Langan-Evans C., Reale R., Sullivan J., Martin D. Nutritional considerations for female athletes in weight category sports // *Eur. J. Sport Sci.* 2022. V. 22. № 5. P. 720.
48. De Souza M.J., Koltun K.J., Williams N.I. The role of energy availability in reproductive function in the female athlete triad and extension of its effects to men: An initial working model of a similar syndrome in male athletes // *Sports Med.* 2019. V. 49. № 2. P. 125.
49. Hutson M.J., O'Donnell E., Brooke-Wavell K. et al. Effects of low energy availability on bone health in endurance athletes and high-impact exercise as a potential countermeasure: A narrative review // *Sports Med.* 2021. V. 51. № 3. P. 391.
50. Watkins R.A., Guillen R.V. Primary care considerations for the pediatric endurance athlete // *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* 2024. V. 17. № 3. P. 76.
51. Hamstra-Wright K.L., Huxel Bliven K.C., Napier C. Training load capacity, cumulative risk, and bone stress injuries: A narrative review of a holistic approach // *Front. Sports Act. Living.* 2021. V. 3. P. 665683.

52. *Cadegiani F.A., Kater C.E.* Body composition, metabolism, sleep, psychological and eating patterns of overtraining syndrome: Results of the EROS study (EROS-PROFILE) // *J. Sports Sci.* 2018. V. 36. № 16. P. 1902.
53. *Rogero M.M., Mendes R.R., Tirapegui J.* Aspectos neuroendócrinos e nutricionais em atletas com overtraining (Neuroendocrine and nutritional aspects of overtraining) // *Arq. Bras. Endocrinol. Metabol.* 2005. V. 49. № 3. P. 359.
54. *Zaryski C., Smith D.J.* Training principles and issues for ultra-endurance athlete // *Curr. Sports Med. Rep.* 2005. V. 4. № 3. P. 165.
55. *Walsh N.P., Blannin A.K., Robson P.J., Gleeson M.* Glutamine, exercise and immune function. Links and possible mechanisms // *Sports Med.* 1998. V. 26. № 3. P. 177.
56. *Talvas J., Norgieux C., Burban E. et al.* Vitamin D deficiency contributes to overtraining syndrome in excessive trained C57BL/6 mice // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2023. V. 33. № 11. P. 2149.
57. *Cupka M., Sedliak M.* Hungry runners – low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: Mini-review // *Eur. J. Transl. Myol.* 2023. V. 33. № 2. P. 11104.
58. *Varlet-Marie E., Maso F., Lac G., Brun J.F.* Hemorheological disturbances in the overtraining syndrome // *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2004. V. 30. № 3–4. P. 211.
59. *Solomon M.L., Briskin S.M., Sabatina N., Steinhoff J.E.* The pediatric endurance athlete // *Curr. Sports Med. Rep.* 2017. V. 16. № 6. P. 428.
60. *Gleeson M.* Biochemical and immunological markers of overtraining // *J. Sports Sci. Med.* 2002. V. 1. № 2. P. 31.
61. *Гаврилова Е.А., Чурганов О.А., Белодедова М.Д. и др.* Внезапная сердечная смерть в спорте. Современные представления // *Теория и практика физической культуры.* 2021. № 5. С. 76.
62. *Solomon M.L., Weiss Kelly A.K.* Approach to the underperforming athlete // *Pediatr. Ann.* 2016. V. 45. № 3. P. e91.
63. *Indirli R., Lanzi V., Mantovani G. et al.* Bone health in functional hypothalamic amenorrhea: What the endocrinologist needs to know // *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2022. V. 13. P. 946695.
64. *Maïmoun L., Paris F., Coste O., Sultan C.* Sport intensif et troubles du cycle chez la jeune femme: Retentissement sur la masse osseus (Intensive training and menstrual disorders in young female: Impact on bone mass) // *Gynecol. Obstet. Fertil.* 2016. V. 44. № 11. P. 659.
65. *Lania A., Gianotti L., Gagliardi I. et al.* Functional hypothalamic and drug-induced amenorrhea: An overview // *J. Endocrinol. Invest.* 2019. V. 42. № 9. P. 1001.
66. *Keizer H.A., Rogol A.D.* Physical exercise and menstrual cycle alterations. What are the mechanisms? // *Sports Med.* 1990. V. 10. № 4. P. 218.
67. *Grandys M., Majerczak J., Frolow M. et al.* Training-induced impairment of endothelial function in track and field female athletes // *Sci. Rep.* 2023. V. 13. № 1. P. 3502.
68. *Cannavò S., Curtò L., Trimarchi F.* Exercise-related female reproductive dysfunction // *J. Endocrinol. Invest.* 2001. V. 24. № 10. P. 823.
69. *Maïmoun L., Georgopoulos N.A., Sultan C.* Endocrine disorders in adolescent and young female athletes: Impact on growth, menstrual cycles, and bone mass acquisition // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2014. V. 99. № 11. P. 4037.
70. *Lambert B.S., Cain M.T., Heimdahl T. et al.* Physiological parameters of bone health in elite ballet dancers // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020. V. 52. № 8. P. 1668.
71. *Hackney A.C., Hooper D.R.* Low testosterone: Androgen deficiency, endurance exercise training, and competitive performance // *Physiol. Int.* 2019. V. 106. № 4. P. 379.
72. *Fry A.C., Kraemer W.J., Ramsey L.T.* Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining // *J. Appl. Physiol.* 1998. V. 85. № 6. P. 2352.
73. *Hooper D.R., Kraemer W.J., Stearns R.L. et al.* Evidence of the Exercise-Hypogonadal Male Condition at the 2011 Kona Ironman World Championships // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019. V. 14. № 2. P. 170.
74. *Hooper D.R., Kraemer W.J., Stearns R.L. et al.* Evidence of the exercise-hypogonadal male condition at the 2011 Kona Ironman World Championships // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019. V. 14. № 2. P. 170.
75. *Roberts A.C., McClure R.D., Weiner R.I., Brooks G.A.* Overtraining affects male reproductive status // *Fertil. Steril.* 1993. V. 60. № 4. P. 686.
76. *Roberts A.C., McClure R.D., Weiner R.I., Brooks G.A.* Overtraining affects male reproductive status // *Fertil. Steril.* 1993. V. 60. № 4. P. 686.
77. *Miyamoto M., Shibuya K.* Sleep duration has a limited impact on the prevalence of menstrual irregularities in athletes: A cross-sectional study // *Peer. J.* 2024. V. 12. P. e16976.
78. *Безуглов Э.Н.* Синдром относительного дефицита энергии в спорте: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. 160 с.
79. *Brenner J.S., Watson A.* Overuse Injuries, overtraining, and burnout in young athletes // *Pediatrics.* 2024. V. 153. № 2. P. e2023065129.
80. *Stellingwerff T., Heikura I.A., Meeusen R. et al.* Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared pathways, symptoms and complexities // *Sports Med.* 2021. V. 51. № 11. P. 2251.

REFERENCES

1. *McKenzie R.T.* The place of manipulation and corrective gymnastics in treatment // *Cal. State J. Med.* 1923. V. 21. № 11. P. 480.
2. *Carrard J., Rigort A.C., Appenzeller-Herzog C. et al.* Diagnosing overtraining syndrome: A scoping review // *Sports Health.* 2022. V. 14. № 5. P. 665.
3. *Cadegiani F.A., da Silva P.H., Abrao T.C., Kater C.E.* Diagnosis of overtraining syndrome: Results of the endocrine and metabolic responses on overtraining syndrome study: EROS-DIAGNOSIS // *J. Sports Med.* 2020. V. 2020. P. 3937819.
4. *Cadegiani F.A., Kater C.E.* Eating, sleep, and social patterns as independent predictors of clinical, metabolic, and biochemical behaviors among elite male athletes: The EROS-PREDICTORS study // *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2020. V. 11. P. 414.
5. *Yeager K.K., Agostini R., Nattiv A., Drinkwater B.* The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis // *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993. V. 25. № 7. P. 775.
6. *Otis C.L., Drinkwater B., Johnson M. et al.* American college of sports medicine position stand. The female athlete triad // *Med. Sci. Sports Exerc.* 1997. V. 29. № 5. P. i-ix.
7. *Mountjoy M., Sundgot-Borgen J., Burke L. et al.* The IOC consensus statement: Beyond the female athlete triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) // *Br. J. Sports Med.* 2014. V. 48. № 7. P. 491.
8. *Mountjoy M., Sundgot-Borgen J.K., Burke L.M. et al.* IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S) // *Br. J. Sports Med.* 2018. V. 52. № 11. P. 687.
9. *Mountjoy M., Ackerman K.E., Bailey D.M. et al.* 2023 International Olympic Committee's (IOC) consensus statement on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) // *Br. J. Sports Med.* 2023. V. 57. № 17. P. 1073.
10. *Stellingwerff T., Heikura I.A., Meeusen R. et al.* Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared pathways, symptoms and complexities // *Sports Med.* 2021. V. 51. № 11. P. 2251.
11. *Weakley J., Halson S.L., Mujika I.* Overtraining Syndrome symptoms and diagnosis in athletes: where is the research? A systematic review // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2022. V. 17. № 5. P. 675.
12. *Colangelo J., Smith A., Buadze A. et al.* Mental health disorders in ultra endurance athletes per ICD-11 classifications: A review of an overlooked community in sports psychiatry // *Sports (Basel).* 2023. V. 11. № 3. P. 52.
13. *Baker C., Hunt J., Piasecki J., Hough J.* Lymphocyte and dendritic cell response to a period of intensified training in young healthy humans and rodents: A systematic review and meta-analysis // *Front. Physiol.* 2022. V. 13. P. 998925.
14. *Vrijotte S., Roelands B., Pattyn N., Meeusen R.* The Overtraining Syndrome in soldiers: Insights from the sports domain // *Mil. Med.* 2019. V. 184. № 5–6. P. 192.
15. *Luti S., Modesti A., Modesti P.A.* Inflammation, peripheral signals and redox homeostasis in athletes who practice different sports // *Antioxidants (Basel).* 2020. V. 9. № 11. P. 1065.
16. *Magherini F., Fiaschi T., Marzocchi R. et al.* Oxidative stress in exercise training: the involvement of inflammation and peripheral signals // *Free Radic. Res.* 2019. V. 53. № 11–12. P. 1155.
17. *Grandou C., Wallace L., Impellizzeri F.M. et al.* Overtraining in resistance exercise: An exploratory systematic review and methodological appraisal of the literature // *Sports Med.* 2020. V. 50. № 4. P. 815.
18. *Mazaheri R., Schmied C., Niederseer D., Guazzi M.* Cardiopulmonary exercise test parameters in athletic population: A review // *J. Clin. Med.* 2021. V. 10. № 21. P. 5073.
19. *Hopen S.R.* Intrafasciomembranal fluid pressure: A novel approach to the etiology of myalgias // *Cureus.* 2022. V. 14. № 8. P. e28475.
20. *Armstrong L.E., Bergeron M.F., Lee E.C. et al.* Overtraining Syndrome as a complex systems phenomenon // *Front. Netw. Physiol.* 2022. V. 1. P. 794392.
21. *Hackney A.C.* Hypogonadism in exercising males: Dysfunction or adaptive-regulatory adjustment? // *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2020. V. 11. P. 11.
22. *Madzar T., Masina T., Zaja R. et al.* Overtraining Syndrome as a risk factor for bone stress injuries among paralympic athletes // *Medicina (Kaunas).* 2023. V. 60. № 1. P. 52.
23. *la Torre M.E., Monda A., Messina A. et al.* The potential role of nutrition in Overtraining Syndrome: A narrative review // *Nutrients.* 2023. V. 15. № 23. P. 4916.
24. *Cheng A.J., Jude B., Lanner J.T.* Intramuscular mechanisms of overtraining // *Redox. Biol.* 2020. V. 35. P. 101480.
25. *Brun J.F.* Exercise hemorheology as a three acts play with metabolic actors: is it of clinical relevance? // *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2002. V. 26. № 3. P. 155.
26. *Mao Y.H., Wang M., Yuan Y. et al.* Konjac glucomannan counteracted the side effects of excessive exercise on gut microbiome, endurance, and strength in an overtraining mice model // *Nutrients.* 2023. V. 15. № 19. P. 4206.
27. *Hou P., Zhou X., Yu L. et al.* Exhaustive exercise induces gastrointestinal syndrome through reduced ILC3 and IL-22 in mouse model // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020. V. 52. № 8. P. 1710.
28. *Nicoll J.X., Hatfield D.L., Melanson K.J., Nasin C.S.* Thyroid hormones and commonly cited symptoms of

- overtraining in collegiate female endurance runners // Eur. J. Appl. Physiol. 2018. V. 118. № 1. P. 65.
29. Melchiorri G., Viero V., Sorge R. et al. Body composition analysis to study long-term training effects in elite male water polo athletes // J. Sports Med. Phys. Fitness. 2018. V. 58. № 9. P. 1269.
 30. Coelho A.R., Cardoso G., Brito M.E. et al. The female athlete triad/Relative Energy Deficiency in Sports (RED-S) // Rev. Bras. Ginecol. Obstet. 2021. V. 43. № 5. P. 395.
 31. Vardardottir B., Gudmundsdottir S.L., Olafsdottir A.S. Health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) // Laeknabladid. 2020. V. 106. № 9. P. 406.
 32. Gould R.J., Ridout A.J., Newton J.L. Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) in adolescents – A practical review // Int. J. Sports Med. 2023. V. 44. № 4. P. 236.
 33. Sim A., Burns S. Review: Questionnaires as measures for low energy availability (LEA) and relative energy deficiency in sport (RED-S) in athletes // J. Eat. Disord. 2021. V. 9. № 1. P. 41.
 34. Logue D., Madigan S., Melin A. et al. Low energy availability in athletes 2020: An updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance // Nutrients. 2020. V. 12. № 3. P. 835.
 35. Maya J., Misra M. The female athlete triad: review of current literature // Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes. V. 29. № 1. P. 44.
 36. Lodge M., Ward-Ritacco C., Melanson K. Considerations of Low Carbohydrate Availability (LCA) to Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) in female endurance athletes: A narrative review // Nutrients. 2023. V. 15. № 20. P. 4457.
 37. Costa T., Borba V., Correa P., Moreira C. Stress fractures // Arch. Endocrinol. Metab. 2022. V. 66. № 5. P. 765.
 38. Heikura I., Stellingwerff T., Areta J. Low energy availability in female athletes: From the lab to the field // Eur. J. Sport Sci. V. 22. № 5. P. 709.
 39. Warden S.J., Edwards W.B., Willy R.W. Preventing bone stress injuries in runners with optimal workload // Curr. Osteoporos. Rep. 2021. V. 19. № 3. P. 298.
 40. Areta J.L., Taylor H.L., Koehler K. Low energy availability: history, definition and evidence of its endocrine, metabolic and physiological effects in prospective studies in females and males // Eur. J. Appl. Physiol. 2021. V. 121. № 1. P. 1.
 41. Jagim A.R., Fields J., Magee M.K. et al. Contributing factors to low energy availability in female athletes: A narrative review of energy availability, training demands, nutrition barriers, body image, and disordered eating // Nutrients. 2022. V. 14. № 5. P. 986.
 42. Jonvik K.L., Vardardottir B., Broad E. How do we assess energy availability and RED-S risk factors in para athletes? // Nutrients. 2022. V. 14. № 5. P. 1068.
 43. Ackerman K.E., Rogers M.A., Heikura I.A. et al. Methodology for studying Relative Energy Deficiency in Sport (REDs): A narrative review by a subgroup of the International Olympic Committee (IOC) consensus on REDs // Br. J. Sports Med. 2023. V. 57. № 17. P. 1136.
 44. O'Leary T.J., Wardle S.L., Greeves J.P. Energy deficiency in soldiers: The risk of the athlete triad and relative energy deficiency in sport syndromes in the military // Front. Nutr. 2020. V. 7. P. 142.
 45. Mathisen T.F., Ackland T., Burke L.M. et al. Best practice recommendations for body composition considerations in sport to reduce health and performance risks: a critical review, original survey and expert opinion by a subgroup of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs) // Br. J. Sports Med. 2023. V. 57. № 17. P. 1148.
 46. Grabia M., Perkowski J., Socha K., Markiewicz-Żukowska R. Female athlete triad and Relative Energy Deficiency in Sport (REDs): Nutritional management // Nutrients. 2024. V. 16. № 3. P. 359.
 47. Langan-Evans C., Reale R., Sullivan J., Martin D. Nutritional considerations for female athletes in weight category sports // Eur. J. Sport Sci. 2022. V. 22. № 5. P. 720.
 48. De Souza M.J., Koltun K.J., Williams N.I. The role of energy availability in reproductive function in the female athlete triad and extension of its effects to men: An initial working model of a similar syndrome in male athletes // Sports Med. 2019. V. 49. № 2. P. 125.
 49. Hutson M.J., O'Donnell E., Brooke-Wavell K. et al. Effects of low energy availability on bone health in endurance athletes and high-impact exercise as a potential countermeasure: A narrative review // Sports Med. 2021. V. 51. № 3. P. 391.
 50. Watkins R.A., Guillen R.V. Primary care considerations for the pediatric endurance athlete // Curr. Rev. Musculoskelet. Med. 2024. V. 17. № 3. P. 76.
 51. Hamstra-Wright K.L., Huxel Bliven K.C., Napier C. Training load capacity, cumulative risk, and bone stress injuries: A narrative review of a holistic approach // Front. Sports Act. Living. 2021. V. 3. P. 665683.
 52. Cadegiani F.A., Kater C.E. Body composition, metabolism, sleep, psychological and eating patterns of overtraining syndrome: Results of the EROS study (EROS-PROFILE) // J. Sports Sci. 2018. V. 36. № 16. P. 1902.
 53. Rogero M.M., Mendes R.R., Tirapegui J. Aspectos neuroendócrinos e nutricionais em atletas com overtraining (Neuroendocrine and nutritional aspects of overtraining) // Arq. Bras. Endocrinol. Metabol. 2005. V. 49. № 3. P. 359.

54. *Zaryski C., Smith D.J.* Training principles and issues for ultra-endurance athlete // *Curr. Sports Med. Rep.* 2005. V. 4. № 3. P. 165.
55. *Walsh N.P., Blannin A.K., Robson P.J., Gleeson M.* Glutamine, exercise and immune function. Links and possible mechanisms // *Sports Med.* 1998. V. 26. № 3. P. 177.
56. *Talvas J., Norgieux C., Burbán E. et al.* Vitamin D deficiency contributes to overtraining syndrome in excessive trained C57BL/6 mice // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2023. V. 33. № 11. P. 2149.
57. *Cupka M., Sedliak M.* Hungry runners – low energy availability in male endurance athletes and its impact on performance and testosterone: Mini-review // *Eur. J. Transl. Myol.* 2023. V. 33. № 2. P. 11104.
58. *Varlet-Marie E., Maso F., Lac G., Brun J.F.* Hemorheological disturbances in the overtraining syndrome // *Clin. Hemorheol. Microcirc.* 2004. V. 30. № 3–4. P. 211.
59. *Solomon M.L., Briskin S.M., Sabatina N., Steinhoff J.E.* The pediatric endurance athlete // *Curr. Sports Med. Rep.* 2017. V. 16. № 6. P. 428.
60. *Gleeson M.* Biochemical and immunological markers of overtraining // *J. Sports Sci. Med.* 2002. V. 1. № 2. P. 31.
61. *Gavrilova E.A., Churganov O.A., Belodedova M.D. et al.* Sudden cardiac death in sport: Global statistics analysis // *Theory and Practice of Physical Culture.* 2021. № 5. P. 31.
62. *Solomon M.L., Weiss Kelly A.K.* Approach to the underperforming athlete // *Pediatr. Ann.* 2016. V. 45. № 3. P. e91.
63. *Indirli R., Lanzi V., Mantovani G. et al.* Bone health in functional hypothalamic amenorrhea: What the endocrinologist needs to know // *Front. Endocrinol. (Lausanne).* 2022. V. 13. P. 946695.
64. *Maïmoun L., Paris F., Coste O., Sultan C.* Sport intensif et troubles du cycle chez la jeune femme: Retentissement sur la masse osseus (Intensive training and menstrual disorders in young female: Impact on bone mass) // *Gynecol. Obstet. Fertil.* 2016. V. 44. № 11. P. 659.
65. *Lania A., Gianotti L., Gagliardi I. et al.* Functional hypothalamic and drug-induced amenorrhea: An overview // *J. Endocrinol. Invest.* 2019. V. 42. № 9. P. 1001.
66. *Keizer H.A., Rogol A.D.* Physical exercise and menstrual cycle alterations. What are the mechanisms? // *Sports Med.* 1990. V. 10. № 4. P. 218.
67. *Grandys M., Majerczak J., Frolow M. et al.* Training-induced impairment of endothelial function in track and field female athletes // *Sci. Rep.* 2023. V. 13. № 1. P. 3502.
68. *Cannavò S., Curtò L., Trimarchi F.* Exercise-related female reproductive dysfunction // *J. Endocrinol. Invest.* 2001. V. 24. № 10. P. 823.
69. *Maïmoun L., Georgopoulos N.A., Sultan C.* Endocrine disorders in adolescent and young female athletes: Impact on growth, menstrual cycles, and bone mass acquisition // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2014. V. 99. № 11. P. 4037.
70. *Lambert B.S., Cain M.T., Heimdahl T. et al.* Physiological parameters of bone health in elite ballet dancers // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2020. V. 52. № 8. P. 1668.
71. *Hackney A.C., Hooper D.R.* Low testosterone: Androgen deficiency, endurance exercise training, and competitive performance // *Physiol. Int.* 2019. V. 106. № 4. P. 379.
72. *Fry A.C., Kraemer W.J., Ramsey L.T.* Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining // *J. Appl. Physiol.* 1998. V. 85. № 6. P. 2352.
73. *Hooper D.R., Kraemer W.J., Stearns R.L. et al.* Evidence of the Exercise-Hypogonadal Male Condition at the 2011 Kona Ironman World Championships // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019. V. 14. № 2. P. 170.
74. *Hooper D.R., Kraemer W.J., Stearns R.L. et al.* Evidence of the exercise-hypogonadal male condition at the 2011 Kona Ironman World Championships // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2019. V. 14. № 2. P. 170.
75. *Roberts A.C., McClure R.D., Weiner R.I., Brooks G.A.* Overtraining affects male reproductive status // *Fertil. Steril.* 1993. V. 60. № 4. P. 686.
76. *Roberts A.C., McClure R.D., Weiner R.I., Brooks G.A.* Overtraining affects male reproductive status // *Fertil. Steril.* 1993. V. 60. № 4. P. 686.
77. *Miyamoto M., Shibuya K.* Sleep duration has a limited impact on the prevalence of menstrual irregularities in athletes: A cross-sectional study // *Peer. J.* 2024. V. 12. P. e16976.
78. *Bezuglov E.N.* Relative energy deficiency syndrome in sports: A guide for doctors. Moscow: GEOTAR-Media, 2023. 160 p.
79. *Brenner J.S., Watson A.* Overuse Injuries, overtraining, and burnout in young athletes // *Pediatrics.* 2024. V. 153. № 2. P. e2023065129.
80. *Stellingwerff T., Heikura I.A., Meeusen R. et al.* Overtraining Syndrome (OTS) and Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): Shared pathways, symptoms and complexities // *Sports Med.* 2021. V. 51. № 11. P. 2251.

The Commonality of Overtraining Syndrome and Relative Energy Deficit Syndrome in Sports (REDs). Literature Review

**E. A. Gavrilova*, O. A. Churganov, O. Y. Pavlova, E. V. Bryntseva,
A. V. Rasskazova, M. V. Gorkin, A. K. Sarkisov, A. B. Didora, V. I. Shitova**

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

**E-mail: gavrilovaea@mail.ru*

The purpose of article is analysis of the literature comparing the clinical manifestations of overtraining syndrome (OTS) and relative energy deficiency syndrome in sports (REDs). The analysis of publications connected to OTS and REDs was carried out from two literature databases (PubMed and Elibrary.ru). The selection of works for analysis was carried out from 514 articles of two literature databases on the problem of the commonality of OTS and REDs, the connection between these syndromes, as well as issues of impaired availability of energy and nutrients in OTS. A comparative analysis of the clinical manifestations of the two syndromes and evidence of the hypothesis that the relative lack of energy in sports is one of the reasons (theories) for the development of overtraining syndrome in an athlete was carried out. A review and analysis of the literature showed that REDs can be considered a manifestation of OTS, and relative energy deficit in sports (REDs) is only one of the reasons (theories) for the development of overtraining syndrome in athletes, along with other theories (theory of cytokines, oxidative stress, fatigue of the central nervous system and etc.).

Keywords: athletes, overtraining syndrome, relative energy deficiency syndrome in sports (REDs).