

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.4.8>

УДК: 613.292

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



О применении глутамин-содержащих продуктов специализированного питания в спорте

А.В. Сливин^{1*}, П.В. Ефимов², А.В. Зоренко¹, М.В. Купеев¹, Т.А. Яшин¹, М.Я. Ядгаров¹, С.А. Базанович¹,
Н.С. Филиппова¹, С.А. Парастаев^{1,2}

¹ ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», Москва, Россия

² ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Глутамин (ГЛН) и глутаминовая кислота (ГЛК) вовлечены во множество метаболических процессов — от синтеза нуклеотидов до проведения нервных импульсов; также ГЛН является энергетическим субстратом для ИКК, что делает его важным звеном в реализации иммунного ответа. В стрессовых ситуациях, к которым относится значительная физическая нагрузка, уровень ГЛН и ГЛК в плазме снижается в результате активного расхода аминокислоты во многих биохимических реакциях. Дефицит ГЛН может привести к ряду негативных проявлений у спортсменов и отрицательно сказаться на спортивной результативности. Изучение эффектов глутаминовой недостаточности и возможного восполнения дефицита потреблением экзогенных форм субстанции при применении глутамин-содержащих продуктов явилось целью данной работы; особое внимание было уделено исследованию транзиторного снижения иммунной функции как актуальному фактору, нарушающему режим спортивной подготовки.

Ключевые слова: глутамин, спортивное питание, глутаминовая недостаточность, спортивный иммунодефицит

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сливин А.В., Ефимов П.В., Зоренко А.В., Купеев М.В., Яшин Т.А., Ядгаров М.Я., Базанович С.А., Филиппова Н.С., Парастаев С.А. О применении глутамин-содержащих продуктов специализированного питания в спорте. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(4):57–68. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.4.8>

Поступила в редакцию: 20.10.2021

Принята к публикации: 18.12.2021

Online first: 26.12.2021

Опубликована: 30.12.2021

* Автор, ответственный за переписку

On the use of glutamine-containing specialty foods in sports

Anton V. Slivin^{2*}, Pavel V. Efimov², Alla V. Zorenko¹, Marat V. Kupeev¹, Timofey A. Yashin¹,
Mikhail Y. Yadgarov¹, Sergey A. Bazanovich¹, Natalia S. Philippova¹, Sergey A. Parastayev^{1,2}

¹ Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Glutamine (GLN) and glutamic acid (GLA) are involved in many metabolic processes, from nucleotide synthesis to nerve impulse conduction; GLN is also an energy substrate for immunocompetent cells, making it an important link in the immune response. In stressful situations, which include significant physical activity, plasma levels of GLN and GLA decrease as a result of the amino acid being actively consumed in many biochemical reactions. GLN deficiency can lead to a number of negative manifestations in athletes and adversely affect athletic performance. The purpose of this work was to study the effects of glutamine deficiency and the possible replenishment of the deficiency by the consumption of exogenous forms of the substance when using glutamine-containing products; special attention was paid to the study of transient decrease in immune function as a relevant factor that impairs the mode of sports training.

Keywords: glutamine, sports nutrition, glutamine deficiency, sports immunodeficiency

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Slivin A.V., Efimov P.V., Zorenko A.V., Kupeev M.V., Yashin T.A., Yadgarov M.Y., Bazanovich S.A., Philippova N.S., Parastayev S.A. On the use of glutamine-containing specialty foods in sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(4):57–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223–2524.2021.4.8>

Received: 20 October 2021

Accepted: 18 December 2021

Online first: 26 December 2021

Published: 30 December 2021

* Corresponding author

1. Введение

Глютамин (ГЛН) и глютаминовая кислота или глютамат (ГЛК) представляют собой две взаимопревращающиеся формы одной из 20 аминокислот, входящих в состав белковых молекул; обратимая трансформация ГЛК в ГЛН происходит путем прямого аминирования (под воздействием фермента глютаминсинтетазы) и дезаминирования (с участием дезаминазы). И глютаминовая кислота, и ее амин вовлечены во множество метаболических процессов, реализуемых в организме: синтез нуклеотидов, пролиферация клеток, регуляция продукции и распада белков, проведение нервных импульсов, участие в цикле Кребса через α -кетоглутарат, глюконеогенез и т. д. Также известно, что ГЛН является энергетическим субстратом для некоторых типов иммунокомпетентных клеток (ИКК), что делает его важным звеном в реализации иммунного ответа [1]. В стрессовых ситуациях, к которым относится значительная физическая нагрузка, уровень ГЛН и ГЛК в плазме снижается в результате активного расхода аминокислоты во многих биохимических реакциях [2, 3]. Дефицит ГЛН может привести к ряду негативных проявлений у спортсменов (усиление катаболических реакций, нарушение иммунного ответа и т. д.) и отрицательно сказаться на демонстрируемых атлетами результатах.

Однако взгляды исследователей на эффективность применения добавок, содержащих ГЛН, в контингенте элитных атлетов крайне неоднородны, что, возможно, связано с отсутствием единого мнения о минимально достаточной дозе препарата [4–8]; при этом высокие дозы ГЛН (20–30 г/сут) обычно переносятся спортсменами без каких-либо побочных эффектов [6]. Считается, что дозы до 0,65 г/кг не оказывают существенного влияния на уровень аммиака в моче [9].

Кроме того, полученные в предшествующих научных исследованиях лабораторные доказательства иммунокорректирующих воздействий субстанции недостаточно убедительны, и это несмотря на то, что в наиболее значимых согласительных заявлениях несомненным признано воздействие ГЛН на заболеваемость вирусными респираторными инфекциями [10].

Все это актуализирует проблематику формирования адекватной панели лабораторных тестов, позволяющих подтвердить иммунотропные влияния экзогенного ГЛН, определить его оптимальные дозы и установить наличие феномена дозозависимости. Решение подобных задач

обуславливает необходимость поиска новых подходов к организации клинических испытаний в спортивных контингентах, прежде всего в сфере оптимизации дизайна исследований.

Наиболее перспективные методические приемы были очерчены экспертным медицинским сообществом Международного олимпийского комитета (МОК) в официальном согласительном заявлении, посвященном применению пищевых (диетических) добавок элитными спортсменами [11]. Для соответствия требованиям доказательности медицинским комитетом МОК были сформулированы критерии, которым должны соответствовать исследования, ориентированные на оценку эффективности и безопасности применения БАД в спортивных контингентах:

1) адекватный размер выборки и сопоставимые характеристики ее представителей (прохождение атлетами сходных этапов подготовительного или соревновательного периода, близкий уровень их спортивной квалификации), что необходимо для обеспечения статистической значимости результатов и возможности их экстраполяции на спортсменов, демонстрирующих высокую спортивную результативность;

2) воспроизведение в максимально возможной степени условий (например, окружающей среды, организации питания и проведения соревнований), в которых реализуется конкурентная борьба;

3) стандартизация, насколько это возможно, переменных, потенциально влияющих на результаты (например, предсоревновательные упражнения и диета, условия окружающей среды, одобрение зрителей или отвлекающие факторы); это, в некоторой степени, противоречит содержанию п. 2 и ограничивает ситуации, в которых результаты исследования могут быть применены;

4) независимое подтверждение состава исследуемой добавки для обеспечения уверенности в чистоте продукта и для предотвращения непреднамеренных положительных результатов допинг-тестирования;

5) доказанность факта применения добавки атлетами и индуцированных ею биологических реакций (например, посредством изучения образцов мышечной ткани, крови, мочи или слюны);

6) использование оптимизированных протоколов применения добавок (например, конкретного продукта, дозы и времени приема), что, скорее всего, позволит документировать все возможные эффекты;

7) соответствие протокола оценки работоспособности поставленным задачам, его достаточная надежность для выявления небольших, но потенциально значимых изменений;

8) комплементарность интерпретации результатов ограничениям дизайна исследования, обсуждение изменений, которые могли бы быть значимыми для реального спорта [11].

Кроме того, исследования по наименее изученным и/или наиболее актуальным проблемам должны базироваться на:

- методологии измерения работоспособности в полевых или в близких к реальным условиям;
- изучении комбинированного применения добавок и их повторного использования, например в ходе многодневных состязаний или в случае повторяющихся с небольшими интервалами соревновательных сессий.

Сценарии, выходящие за рамки отраженных в периодической литературе исследований, либо проекты сугубо прикладной направленности могут быть реализованы в небольших выборках. Рекомендуемая методология для этих исследований включает предшествующую применению добавки оценку исходных параметров или чередующиеся серии потребления добавки и ее отсутствия [12].

Последний из перечисленных подходов крайне информативен, но в ходе предварительной работы над дизайном настоящего исследования был расценен как не подлежащий применению. Данная позиция имеет следующее обоснование: поскольку минимальная рекомендуемая продолжительность курсового использования ГЛН должна составлять не менее 2 недель, то в ходе испытаний практически неизбежной могла бы стать модификация насыщения и интенсивности микроциклов подготовительного периода, что сделало бы недостаточно корректными внутригрупповые сопоставления.

Наиболее значимые текущие рекомендации ведущих экспертов были учтены нами при формировании дизайна эксперимента.

2. Материалы и методы

В двухэтапном контролируемом исследовании приняло участие 20 спортсменов с равным представительством по полу — 10 мужчин и 10 женщин, выступающих в игровой дисциплине «Хоккей на траве»; спортивная квалификация — кандидаты в мастера спорта (КМС) и выше, средний возраст испытуемых — $22 \pm 2,65$ года. Все атлеты в момент начала исследования находились в подготовительном периоде спортивной подготовки (втягивающий мезоцикл).

В ходе первого этапа исследования спортсменов методом рандомизации распределили на три группы. Участникам групп I и II (по 7 человек в каждой) в первые две недели исследования в дополнение к обычному рациону были предложены глютамин-содержащие средства: представители первой выборки принимали продукт

лечебного питания (фармаконутриент) «Глутамин плюс» с абсолютным содержанием L-глутамина 9,2 г в одном саше, что составляло суточную дозу; атлетам, вошедшим во вторую выборку, была назначена биологически активная добавка (БАД), включенная в формуляр ФМБА России, — Nutrend Glutamine Compressed Caps с абсолютным содержанием L-глутамина 1,4 г в капсуле, по 6 капсул в сутки. Последующие две недели испытуемые из этих групп фармакологической поддержки не получали.

Участникам третьей группы (6 человек) в первые две недели исследования, т. е. на его первом этапе, была предложена микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) в капсулах по 500 мг, 6 капсул в сутки. Данная субстанция не всасывается в кишечнике и, соответственно, не оказывает прямого влияния на метаболические процессы, в том числе происходящие с участием ГЛН и ГЛК; это значит, что в контексте проведенного испытания МКЦ может рассматриваться как плацебо. Значения, зафиксированные на этом этапе, рассматривались как контрольные. В течение последующих двух недель испытуемые из данной выборки принимали «Глутамин плюс» в удвоенной суточной дозе — по 2 саше; данный фрагмент работы — это второй этап исследования, который был ориентирован на выявление дозозависимых эффектов.

Во время исследования всем участникам производилось взятие образцов биологического материала (крови) в трех временных точках — перед началом испытаний, через две и через четыре недели их проведения. Забор крови выполнялся утром, натощак. В крови определяли значение следующих биохимических показателей — общего содержания белка (ОБ), уровня соматотропного гормона (СТГ), активности γ -глутаминтрансферазы (ГГТ), уровней интерлейкина-8 (ИЛ-8), ГЛН, ГЛК и аргинина (АРГ), т. е. аминокислотного состава крови, оцениваемого спектрографическим способом.

Для оценки типа распределения количественных параметров использовали критерий Шапиро — Уилка с уровнем значимости 0,05; ни по одному из них не была констатирована нормальная кривая распределения, в связи с чем мы прибегли к применению непараметрических методов статистического анализа. Используемые в исследовании меры описательной статистики количественных характеристик приведены в форме медианы и квартилей, описание качественных признаков — в виде абсолютных и относительных частот, а также их доверительных интервалов. Для выяснения различий по исследуемым показателям внутри каждой из групп с учетом наличия трех точек анализа, т. е. трех зависимых групп, использовали критерий Фридмана, определяемый при применении рангового дисперсионного анализа — непараметрического варианта дисперсионного анализа (ANOVA) с повторными измерениями нескольких переменных с уровнем значимости 0,05. Для выявления значимых различий между исследуемыми группами как до, так и после воздействия использовали критерий

Краскела — Уоллиса с уровнем значимости 0,05, поскольку количество исследуемых независимых групп было больше двух. Для оценки различий между двумя конкретными группами проводили попарное сравнение с помощью непараметрического варианта критерия Ньюмена — Кейлса (при равном числе наблюдений в группах) и критерия Данна (при неодинаковом количестве наблюдений в группах).

3. Результаты

Внутригрупповой анализ

Основные результаты динамического лабораторного тестирования спортсменов, вошедших в группы I–III, сведены в таблицы 1–3. В первых двух из них отражены исключительно индуцированные различными формами экзогенного глутамина колебания; в третьей таблице представлены как последовательно оцениваемые спонтанные эффекты, развитие которых не связано с потреблением метаболически активных субстанций (т.е. глутамин-содержащих продуктов специализированного питания), так и обусловленные потреблением оптимальной, с точки зрения производителя фармаконутриента, удвоенной дозы.

По результатам проведенного внутригруппового анализа в группе I были выявлены статистически

значимые различия по содержанию ИЛ-8, ГЛН, ГЛК; в группе II констатированы статистически значимые различия по уровням общего белка, ИЛ-8, ГЛН, ГЛК и АРГ.

В группе III в первые две недели исследования (этап 1) были выявлены статистически значимые различия по концентрации ГЛК и АРГ, что с определенной долей приближения отражает именно спонтанную динамику показателей, т.к. применяемая в течение первых двух недель испытаний МКЦ метаболически не активна (в силу невозможности ее всасывания слизистой кишечника). В последующие две недели приема удвоенной дозы экзогенного ГЛН (этап 2) были отмечены статистически значимые изменения ОБ, ИЛ-8, ГЛК, АРГ, что высокой вероятностью характеризует, как уже было отмечено, метаболические эффекты, опосредуемые ГЛН.

Межгрупповой анализ

Уровень значимости межгрупповых сравнений приведен в таблице 4. Полученные результаты указывают на то, что до применения исследуемых субстанций величины отслеживаемых параметров в выборках существенно не различались, что подтверждает правомерность последующих сопоставлений.

Таблица 1

Динамика лабораторных показателей группы I в первые 2 недели исследования

Table 1

Changes in laboratory parameters of group I in the first 2 weeks of the study

Показатели	Значение Me [1Q; 3Q]		p-уровень
	1-й день	15-й день	
СТГ, нг/мл	0,14 [0,03; 3]	0,12 [0,04; 0,32]	0,102
ОБ, г/л	81 [77,5; 86,8]	75,1 [72,3; 82,3]	0,059
ГГТ, Ед/л	19 [18; 22]	19 [17; 21]	0,999
ИЛ-8, пг/мл	10,5 [9,5; 11,3]	21,9 [14; 38,8]	0,014
ГЛН, мкмоль/л	711 [566; 784]	566 [446; 650]	0,014
ГЛК, мкмоль/л	223,1 [203,8; 249,3]	329,8 [319,8; 354,7]	0,008
АРГ, мкмоль/л	5,7 [4,8; 9,6]	3,2 [2,1; 4,9]	0,059

Таблица 2

Динамика лабораторных показателей группы II в первые 2 недели исследования

Table 2

Changes in laboratory parameters of group II in the first 2 weeks of the study

Показатели	Значение Me [1Q;3Q]		p-уровень
	1-й день	15-й день	
СТГ, нг/мл	0,14 [0,1; 0,4]	0,08 [0,07; 0,29]	0,705
ОБ, г/л	77,4 [74,4; 79,1]	74 [71,9; 75,4]	0,008
ГГТ, Ед/л	16 [13,5; 18,5]	15 [14; 18,5]	0,564
ИЛ-8, пг/мл	8,2 [7,9; 12,9]	27,9 [20,5; 53,7]	0,008
ГЛН, мкмоль/л	548 [481,5; 756,7]	675 [563,5; 696]	0,025
ГЛК, мкмоль/л	183,3 [177,5; 217,9]	280,1 [278,9; 295,5]	0,008
АРГ, мкмоль/л	5,2 [4,1; 6]	4,9 [2,8; 12,1]	0,008

Таблица 3

Результаты показателей группы III на протяжении исследования

Table 3

Results of group III indicators during the study

Показатели	Значение Me [1Q;3Q]			p-уровень*	
	1-й день	15-й день	28-й день	1-я точка	2-я точка
СТГ, нг/мл	0,52 [0,03; 1,99]	0,23 [0,03; 3,72]	0,66 [0,04; 1,59]	0,273	0,655
Общий белок, г/л	80,85 [75,2; 83,05]	77,7 [75,9; 80,55]	74,95 [70; 77,95]	0,173	0,014
ГГТ, Ед/л	12,5 [11; 20,5]	13 [11,5; 21]	14 [10; 18,5]	0,75	0,414
ИЛ-8, пг/мл	11,65 [6,5; 14]	42,75 [9; 84,7]	7,55 [5,25; 14,9]	0,056	0,025
ГЛН, мкмоль/л	645,5 [470,5; 705,5]	657,5 [579; 820]	679 [512,5; 786,5]	0,345	0,917
ГЛК, мкмоль/л	209,35 [178,3; 231,85]	295,35 [276,3; 314,05]	229,05 [149,8; 247,75]	0,028	0,014
АРГ, мкмоль/л	5,25 [4,55; 7,15]	4 [3,1; 4,65]	16,65 [12,7; 25,5]	0,028	0,014

Примечание: * — 1-я точка — значимость сравнения показателей, полученных на 1-й и 15-й дни; 2-я точка — значимость сравнения показателей, полученных на 15-й и 28-й дни.

Note: * — point 1 — the significance of comparing indicators obtained on days 1 and 15; point 2 — the significance of comparing indicators obtained on days 15 and 28.

Таблица 4

Статистическая значимость проведенных межгрупповых сопоставлений

Table 4

Significance of the conducted intergroup comparisons

Группы	Показатели						
	СТГ	Общий белок	ГГТ	ИЛ-8	ГЛН	ГЛК	АРГ
I (1-й день) II (1-й день) III (15-й день)	0,898	0,085	0,176	0,371	0,338	0,225	0,180
I (15-й день) II (15-й день) III (28-й день)	0,734	0,487	0,193	0,018	0,029	0,001	0,002

Применение ГЛН в обеих используемых для сравнений формах привело к возникновению определенных различий между тремя группами исследования по показателям ИЛ-8, ГЛН, ГЛК и АРГ. Для выяснения того, какие группы различаются между собой по каждому показателю, использовали критерии Ньюмена — Кейлса и Данна (табл. 5). В группе I после курса экзогенного ГЛН было зафиксировано более значимое повышение уровня ГЛК, нежели в группе II. Кроме того, в группе I более выражено возросло содержание ИЛ-8 и ГЛК, но при параллельном уменьшении величин ГЛН и АРГ, по сравнению с показателями контроля; сходные тенденции наблюдались и при сопоставлении групп II и III.

Особенности динамики показателей в группах наблюдения

Уровень общего белка во всех трех группах исследования в первые две недели снижался (рис. 1), что косвенным образом отражает катаболическое влияние нарастающих по объему и интенсивности нагрузок подготовительного периода.

При этом в группах I и II (потребление глютамин-содержащих продуктов), с одной стороны, и в группе III — с другой, наблюдались разнонаправленные изменения уровня ГЛН (рис. 2), что подразумевает возможность активного включения ГЛН в различные метаболические пути.

Иной характер изменений прослеживался в первые две недели испытаний по содержанию ГЛК — повышение значений показателя во всех наблюдаемых группах, что свидетельствует о более выраженной эффекторной роли ГЛК, по сравнению с ГЛН в организме. Отдельно следует отметить существенно менее выраженное падение уровня ГЛК в группе III на фоне приема удвоенной дозы потребляемого ГЛН.

На фоне потребления экзогенного ГЛН интенсивные нагрузки обусловили менее значимое нарастание концентрации ИЛ-8 в группах I и II в сравнении с контролем (прием метаболически интактной добавки — МКЦ, рассматриваемой в данном случае в качестве плацебо) (рис. 4).

Однако снижение уровня аргинина в контрольной группе было более выраженным, чем в группах I и II (рис. 5).

Таблица 5

Значимость детализированных межгрупповых сопоставлений

Table 5

The significance of detailed intergroup comparisons

Группы	Показатели			
	ИЛ-8	ГЛН	ГЛК	АРГ
I (15-й день) II (15-й день)	0,535	0,439	0,017	0,209
I (15-й день) III (28-й день)	0,018	0,001	0,001	0,008
II (15-й день) III (28-й день)	0,010	0,014	0,014	0,001

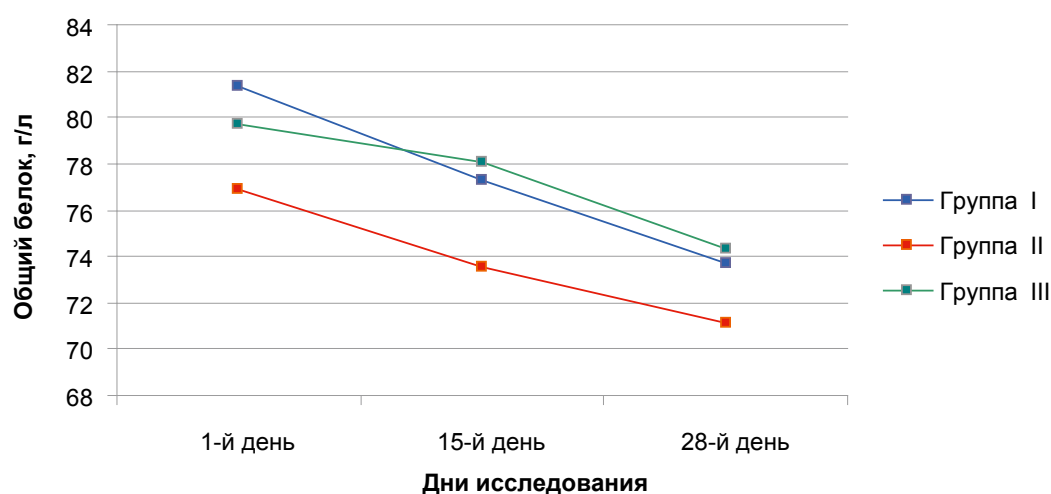


Рис. 1. Динамика изменения общего белка в группах I–III на протяжении исследования
 Fig. 1. Dynamics of changes in total protein in groups I–III throughout the study

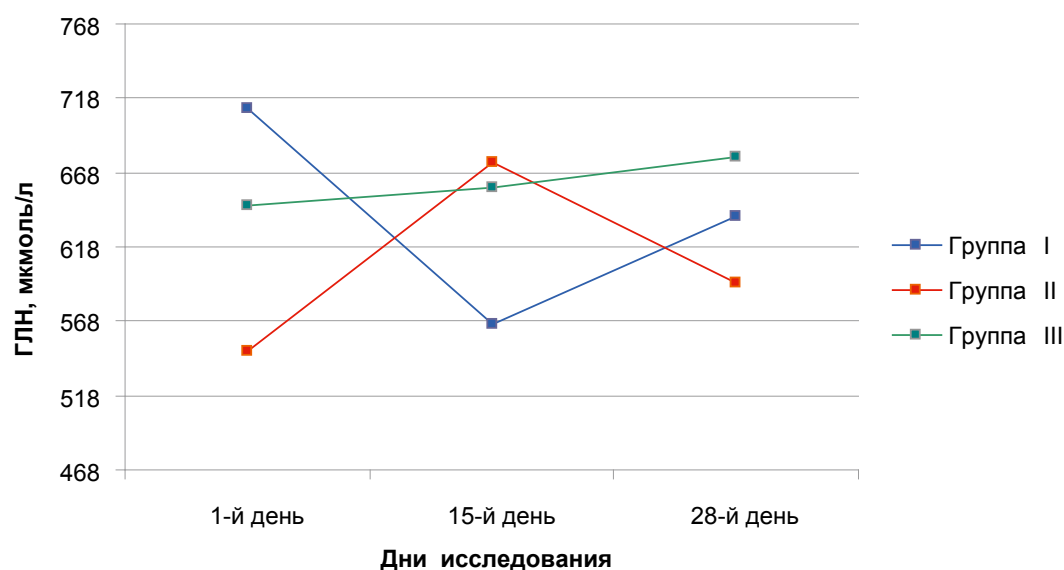


Рис. 2. Динамика изменения ГЛН в группах I–III на протяжении исследования
 Fig. 2. Dynamics of glutamine changes in groups I–III throughout the study

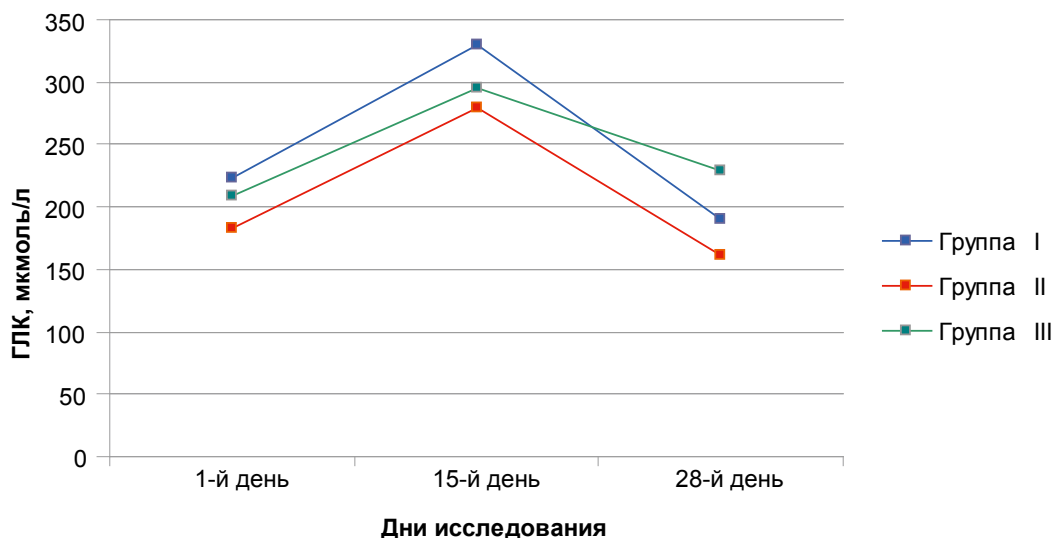


Рис. 3. Динамика изменения ГЛК в группах I–III на протяжении исследования
Fig. 3. Dynamics of glucokinase changes in groups I–III throughout the study

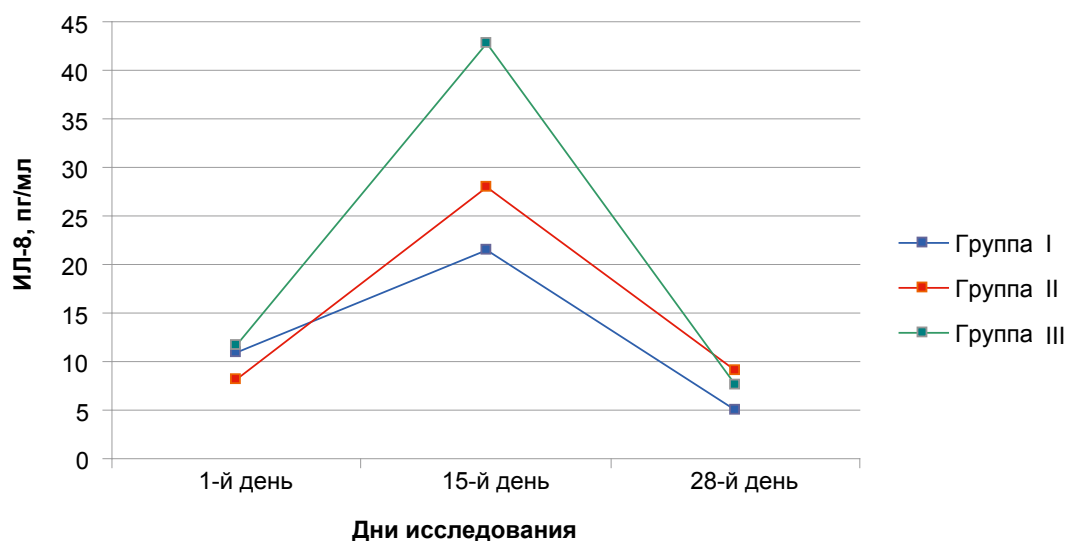


Рис. 4. Динамика изменения ИЛ-8 в группах I–III на протяжении исследования
Fig. 4. Dynamics of IL-8 changes in groups I–III throughout the study

Анализ динамики вышеуказанных показателей позволяет рассматривать ГЛН как метаболически активную субстанцию, преобразуясь в ГЛК, вовлекается при физических нагрузках во множество биохимических процессов; и именно последняя реализует большинство эффектов ГЛН.

Удвоение дозы ГЛН индуцировало и более выраженные изменения исследуемых показателей; при этом анализ показателей такого провоспалительного цитокина, как ИЛ-8, свидетельствует о том, что ГЛН является важным звеном в регуляции иммунного ответа, и прежде всего механизмов, контролирующих интенсивность воспалительной реакции.

4. Обсуждение результатов

Прослеживаемая на протяжении первых двух недель исследования тенденция к снижению показателей ГЛН и ГЛК в группе III, представители которой на первом этапе испытаний не получали глутаминсодержащих средств (рис. 2 и 3), подтверждает факт развития глутаминовой недостаточности в сроки, соответствующие временным рамкам транзиторного иммунодефицита, опосредованного влияниями интенсивных физических нагрузок [13]. Возможно, выявленное повышение уровня ИЛ-8 в контрольной группе в первые две недели подготовительного этапа отражает дисбаланс про- и противовоспалительных цитокинов,

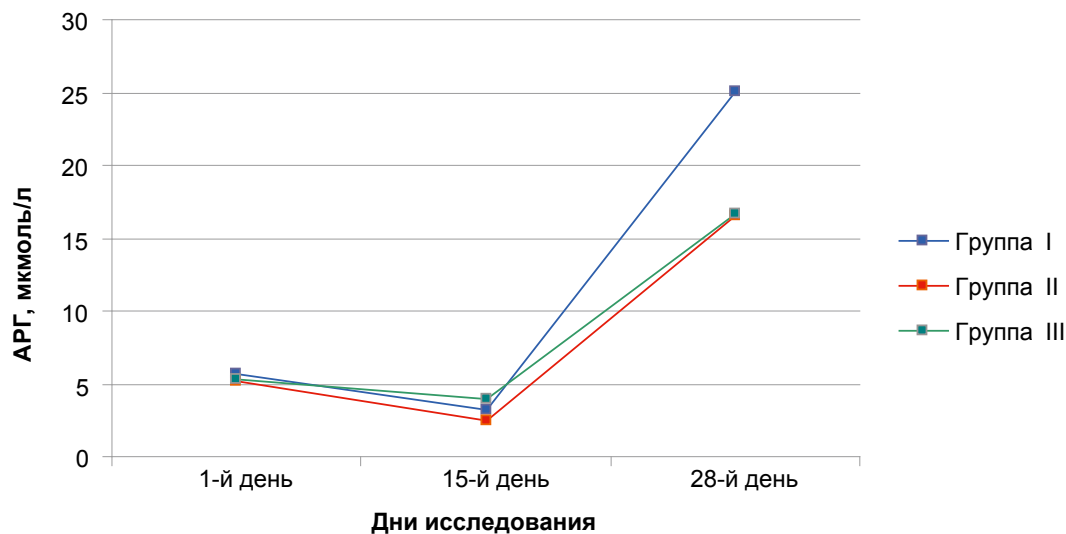


Рис. 5. Динамика изменения АРГ в группах I–III на протяжении исследования
Fig. 5. Dynamics of arginine changes in groups I–III throughout the study

который наблюдается при недостаточном экзогенном поступлении ГЛН.

В настоящем исследовании в качестве маркера состояния иммунной системы использовался провоспалительный цитокин ИЛ-8. Он синтезируется различными ИКК и является одним из главных медиаторов иммунного ответа, опосредуя хемотаксис нейтрофилов [14]. Учитывая значимые различия, отмеченные при внутригрупповом сравнении групп I и II, а также динамику ГЛН и ИЛ-8 на начальном этапе исследования, можно предположить, что в ситуации глютаминовой недостаточности экзогенное поступление энергетического субстрата в ИКК стимулирует более высокую базальную выработку ими ИЛ-8 (без выхода за пределы референтных значений), повышая тем самым функциональную активность иммунной системы и создавая предпосылки для потенциально более эффективного иммунного ответа. Это может выражаться в повышении восприимчивости спортсменов к инфекционным заболеваниям («феномен открытого окна»).

Однако в группе III, представители которой на втором этапе исследования принимали удвоенную дозу препарата, наблюдалась обратная взаимосвязь уровней ИЛ-8 и ГЛН, что говорит о снижении избыточной активности иммунной системы в целом и, следовательно, о том, что в первых двух группах доза экзогенно поступающего ГЛН была недостаточной для влияния на иммунный ответ. ГЛН в первую очередь расходовался в других метаболических путях, активируемых физической нагрузкой, и его «топливная» функция для ИКК выполнялась незначительно.

В то же время доказано участие ГЛН в регуляции роста мышечной ткани и обратном развитии утомления [15, 16]. Мышечно-опосредуемый синтез цитокинов (в т. ч. провоспалительных [17, 18]) играет определяющую

роль в регуляции метаболизма и внутриклеточного сигналинга при выполнении физической работы и косвенно отражает степень утомления мышечной ткани при ее активном функционировании [18, 19]. Принимая во внимание тот факт, что все спортсмены в начале исследования имели низкий уровень функциональной готовности (исследование было инициировано на старте подготовительного периода годового цикла подготовки, т. е. на этапе втягивающих нагрузок), повышение уровня ИЛ-8 можно объяснить активным ответом скелетной мускулатуры на интенсификацию нагрузок. Вероятно, повышенное экзогенное поступление ГЛН в группе III было достаточным для воспрепятствования развитию выраженного утомления мышечной ткани, что подтверждается снижением уровня ИЛ-8 у спортсменов, включенных в указанную группу.

Снижение показателей ГЛК на фоне приема удвоенной дозы ГЛН можно объяснить повышенным расходом данной субстанции в цикле Кребса ИКК. Активация последних ГЛН, как известно, происходит различными метаболическими путями (в т. ч. через каскад транскрипционных факторов белков теплового шока), что требует соответствующего энергетического обеспечения, реализуемого отчасти ГЛК [20].

Многими исследованиями отмечено участие АРГ в функционировании иммунной системы [21, 22], высказывается, в частности, предположение, что он является ключевой аминокислотой, необходимой для созревания и дифференцировки иммуноцитов, возможно, гормон-опосредованным механизмом [23–26]. Принимая во внимание важную роль ГЛН в обеспечении клеточных компонентов иммунитета энергией [20, 27], снижение в группах I и II уровня АРГ на фоне двухнедельного приема глютамин-содержащих продуктов может свидетельствовать о повышенном расходе АРГ клетками

иммунной системы, активированными экзогенным поступлением ГЛН. Повышение АРГ в группе III, наблюдаемое на фоне двухнедельного приема удвоенной дозы ГЛН, позволяет сделать весьма обоснованное предположение о восполнении энергетического дефицита ИКК путем ГЛН как таковым; при этом потребность в АРГ отпадает. Вполне вероятно, что доза ГЛН в группах I и II была недостаточной, и потому прием удвоенной дозы вызвал более сильный ответ клеток иммунной системы, доказываемый изменением уровня ИЛ-8, что косвенно подтверждается изменением уровня АРГ в крови спортсменов.

5. Заключение

Включение ГЛН в программы медико-биологического обеспечения подготовительного периода годового цикла подготовки обосновано следующими позициями:

- 1) предотвращением за счет потребления экзогенного ГЛН (вне зависимости от формы выпуска) значимого снижения содержания сывороточного белка на фоне интенсификации тренировочных программ;
- 2) влиянием на аминокислотный профиль периферической крови, более выраженным при применении удвоенных доз фармаконутриента «Глутамин Плюс», что проявляется повышением как сывороточных

Вклад авторов:

Сливин Антон Вячеславович — формирование гипотезы исследования, интерпретация данных лабораторного тестирования, анализ литературы, участие в написании текста статьи.

Ефимов Павел Владимирович — формирование гипотезы исследования, интерпретация данных лабораторного тестирования, анализ литературы, участие в написании текста статьи.

Зоренко Алла Владимировна — формирование протокола исследования, набор клинического материала.

Купеев Марат Валериевич — набор клинического материала.

Яшин Тимофей Александрович — составление аналитической справки.

Ядгаров Михаил Яковлевич — статистический анализ данных.

Базанович Сергей Александрович — статистический анализ данных.

Филиппова Наталья Сергеевна — контроль соблюдения протокола исследования.

Парастаев Сергей Андреевич — разработка концепции исследования, общее руководство проектом, редактирование текста статьи.

уровней данной аминокислоты, так и АРГ. При этом у спортсменов, не потребляющих экзогенный ГЛН, отмечено снижение содержания АРГ, что может быть следствием его активного использования ИКК в качестве энергетического субстрата в условиях дефицита ГЛН/ГЛК, опосредованного интенсивными нагрузками;

3) развитием сбалансированного иммунного ответа (без избыточной активации продукции провоспалительного цитокина ИЛ-8) у спортсменов, потребляющих повышенные количества фармаконутриента «Глутамин Плюс», о чем может свидетельствовать переход метаболического обеспечения энергией клеток, задействованных в реализации иммунного ответа, на преимущественное использование в качестве источника энергии ГЛН, что с физиологической точки зрения более функционально.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований по формированию оптимальных алгоритмов применения ГЛН, которые бы позволили в полной мере реализовать потенциальные эффекты этой важнейшей аминокислоты. В подтверждении нуждается также выдвигаемая исследовательской группой гипотеза о возможном использовании уровня сывороточного АРГ как критерия достаточности дозы экзогенного ГЛН.

Authors' contributions:

Anton V. Slivin — formation of a research hypothesis, interpretation of laboratory testing data, analysis of literature, participation in writing the text of an article.

Pavel V. Efimov — formation of a research hypothesis, interpretation of laboratory testing data, analysis of literature, participation in writing the text of an article.

Alla V. Zorenko — formation of a research protocol, set of clinical material.

Marat V. Kupeev — set of clinical material.

Timofey A. Yashin — preparation of analytical information.

Mikhail Y. Yadgarov — statistical analysis of data.

Sergey A. Bazanovich — statistical analysis of data.

Natalia S. Philippova — study protocol control.

Sergey A. Parastayev — development of the research concept, general management of the project, editing the text of the article.

Список литературы

References

1. **Coqueiro A.Y., Rogero M.M., Tirapegui J.** Glutamine as an Anti-Fatigue Amino Acid in Sports Nutrition. *Nutrients*. 2019;11(4):863. <https://doi.org/10.3390/nu11040863>
2. **Castell L.M., Newsholme E.A.** The relation between glutamine and the immunodepression observed in exercise. *Amino Acids*. 2001;20(1):49–61. <https://doi.org/10.1007/s007260170065>
3. **Walsh N.P., Blannin A.K., Robson P.J., Gleeson M.** Glutamine, exercise and immune function // Links and possible mechanisms. *Sports Med*. 1998;26(3):177–191. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826030-00004>
4. **Krzywkowski K., Petersen E.W., Ostrowski K., Link-Amster H., Boza J., Halkjaer-Kristensen J., Pedersen B.K.** Effect of glutamine and protein supplementation on exercise-induced decreases in salivary IgA. *J. Appl. Physiol* (1985). 2001;91(2):832–838. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.832>
5. **Rohde T., MacLean D.A., Pedersen B.K.** Effect of glutamine supplementation on changes in the immune system induced by repeated exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1998;30(6):856–862. <https://doi.org/10.1097/00005768-199806000-00013>
6. **Walsh N.P., Blannin A.K., Bishop N.C., Robson P.J., Gleeson M.** Effect of oral glutamine supplementation on human neutrophil lipopolysaccharide-stimulated degranulation following prolonged exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*. 2000;10(1):39–50. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.10.1.39>
7. **Castell L.M., Poortmans J.R., Leclercq R., Brasseur M., Duchateau J., Newsholme E.A.** Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*. 1997;75(1):47–53. <https://doi.org/10.1007/s004210050125>
8. **Castell L.M., Poortmans J.R., Newsholme E.A.** Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*. 1996;73(5):488–490. <https://doi.org/10.1007/BF00334429>
9. **Ward E., Picton S., Reid U., Thomas D., Gardener C., Smith M., et al.** Oral glutamine in paediatric oncology patients: a dose finding study. *Eur. J. Clin. Nutr*. 2003;57(1):31–36. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601517>
10. **Bermon S., Castell L.M., Calder P.C., Bishop N.C., Blomstrand E., Mooren F.C., et al.** Consensus Statement Immunonutrition and Exercise. *Exerc Immunol Rev*. 2017;23:8–50.
11. **Maughan R.J., Burke L.M., Dvorak J., Larson-Meyer D.E., Peeling P., Phillips S.M., et al.** IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med*. 2018;52(7):439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
12. **Maughan R.J., Shirreffs S., Vernec A.** Making Decisions About Supplement Use. *Int. J. Sport. Exerc. Metab*. 2018 ;28(2):212–219. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0009>
13. **Castell L.M.** Can glutamine modify the apparent immunodepression observed after prolonged, exhaustive exercise? *Nutrition*. 2002;18(5):371–375. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(02\)00754-2](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(02)00754-2)
14. **Koo G.H., Woo J., Kang S., Shin K.O.** Effects of Supplementation with BCAA and L-glutamine on Blood Fatigue Factors and Cytokines in Juvenile Athletes Submitted to Maximal Intensity Rowing Performance. *J. Phys. Ther. Sci*. 2014;26(8):1241–1246. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1241>
15. **Legault Z., Bagnall N., Kimmerly D.S.** The Influence of Oral L-Glutamine Supplementation on Muscle Strength Recovery and Soreness Following Unilateral Knee Extension Eccentric Exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*. 2015;25(5):417–426. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0209>

1. **Coqueiro A.Y., Rogero M.M., Tirapegui J.** Glutamine as an Anti-Fatigue Amino Acid in Sports Nutrition. *Nutrients*. 2019;11(4):863. <https://doi.org/10.3390/nu11040863>
2. **Castell L.M., Newsholme E.A.** The relation between glutamine and the immunodepression observed in exercise. *Amino Acids*. 2001;20(1):49–61. <https://doi.org/10.1007/s007260170065>
3. **Walsh N.P., Blannin A.K., Robson P.J., Gleeson M.** Glutamine, exercise and immune function // Links and possible mechanisms. *Sports Med*. 1998;26(3):177–191. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826030-00004>
4. **Krzywkowski K., Petersen E.W., Ostrowski K., Link-Amster H., Boza J., Halkjaer-Kristensen J., Pedersen B.K.** Effect of glutamine and protein supplementation on exercise-induced decreases in salivary IgA. *J. Appl. Physiol* (1985). 2001;91(2):832–838. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.2.832>
5. **Rohde T., MacLean D.A., Pedersen B.K.** Effect of glutamine supplementation on changes in the immune system induced by repeated exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1998;30(6):856–862. <https://doi.org/10.1097/00005768-199806000-00013>
6. **Walsh N.P., Blannin A.K., Bishop N.C., Robson P.J., Gleeson M.** Effect of oral glutamine supplementation on human neutrophil lipopolysaccharide-stimulated degranulation following prolonged exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*. 2000;10(1):39–50. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.10.1.39>
7. **Castell L.M., Poortmans J.R., Leclercq R., Brasseur M., Duchateau J., Newsholme E.A.** Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*. 1997;75(1):47–53. <https://doi.org/10.1007/s004210050125>
8. **Castell L.M., Poortmans J.R., Newsholme E.A.** Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*. 1996;73(5):488–490. <https://doi.org/10.1007/BF00334429>
9. **Ward E., Picton S., Reid U., Thomas D., Gardener C., Smith M., et al.** Oral glutamine in paediatric oncology patients: a dose finding study. *Eur. J. Clin. Nutr*. 2003;57(1):31–36. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601517>
10. **Bermon S., Castell L.M., Calder P.C., Bishop N.C., Blomstrand E., Mooren F.C., et al.** Consensus Statement Immunonutrition and Exercise. *Exerc Immunol Rev*. 2017;23:8–50.
11. **Maughan R.J., Burke L.M., Dvorak J., Larson-Meyer D.E., Peeling P., Phillips S.M., et al.** IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br. J. Sports Med*. 2018;52(7):439–455. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027>
12. **Maughan R.J., Shirreffs S., Vernec A.** Making Decisions About Supplement Use. *Int. J. Sport. Exerc. Metab*. 2018 ;28(2):212–219. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0009>
13. **Castell L.M.** Can glutamine modify the apparent immunodepression observed after prolonged, exhaustive exercise? *Nutrition*. 2002;18(5):371–375. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(02\)00754-2](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(02)00754-2)
14. **Koo G.H., Woo J., Kang S., Shin K.O.** Effects of Supplementation with BCAA and L-glutamine on Blood Fatigue Factors and Cytokines in Juvenile Athletes Submitted to Maximal Intensity Rowing Performance. *J. Phys. Ther. Sci*. 2014;26(8):1241–1246. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.1241>
15. **Legault Z., Bagnall N., Kimmerly D.S.** The Influence of Oral L-Glutamine Supplementation on Muscle Strength Recovery and Soreness Following Unilateral Knee Extension Eccentric Exercise. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*. 2015;25(5):417–426. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0209>

16. **Coqueiro A.Y., Rogero M.M., Tirapegui J.** Glutamine as an Anti-Fatigue Amino Acid in Sports Nutrition. *Nutrients*. 2019;11(4):863. <https://doi.org/10.3390/nu11040863>
17. **Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., Queen R.M., Pryor J.L., Casa D.J.** Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2017;31(10):2920–2937. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>
18. **Peake J.M., Della Gatta P., Suzuki K., Nieman D.C.** Cytokine expression and secretion by skeletal muscle cells: regulatory mechanisms and exercise effects. *Exerc. Immunol. Rev.* 2015;21:8–25.
19. **Nielsen A.R., Pedersen B.K.** The biological roles of exercise-induced cytokines: IL-6, IL-8, and IL-15. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2007;32(5):833–839. <https://doi.org/10.1139/H07-054>
20. **Cruzat V., Macedo Rogero M., Noel Keane K., Curi R., Newsholme P.** Glutamine: Metabolism and Immune Function, Supplementation and Clinical Translation. *Nutrients*. 2018;10(11):1564. <https://doi.org/10.3390/nu10111564>
21. **Field C.J., Johnson I., Pratt V.C.** Glutamine and arginine: immunonutrients for improved health. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32(7 Suppl):S377–S388. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007001-00002>
22. **Bansal V., Ochoa J.B.** Arginine availability, arginase, and the immune response. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2003;6(2):223–228. <https://doi.org/10.1097/00075197-200303000-00012>
23. **Dorshkind K., Horseman N.D.** The roles of prolactin, growth hormone, insulin-like growth factor-I, and thyroid hormones in lymphocyte development and function: insights from genetic models of hormone and hormone receptor deficiency. *Endocr. Rev.* 2000;21(3):292–312. <https://doi.org/10.1210/edrv.21.3.0397>
24. **Deryagina V.P., Ryzhova N.I., Golubkina N.A.** Production of nitrogen oxide derivatives under the influence of NO-synthase inhibitors and natural compounds in mice with transplanted tumors. *Exp. Oncol.* 2012;34(1):29–33.
25. **Calder P.C.** Immunonutrition in surgical and critically ill patients. *Br. J. Nutr.* 2007;98(Suppl 1):S133–S139. <https://doi.org/10.1017/S0007114507832909>
26. **Chatterjee S., Premachandran S., Bagewadikar R.S., Bhattacharya S., Chattopadhyay S., Poduval T.B.** Arginine metabolic pathways determine its therapeutic benefit in experimental heatstroke: role of Th1/Th2 cytokine balance. *Nitric. Oxide.* 2006;15(4):408–416. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2006.04.003>
27. **Calder P.C., Yaqoob P.** Glutamine and the immune system. *Amino Acids.* 1999;17(3):227–241. <https://doi.org/10.1007/BF01366922>
16. **Coqueiro A.Y., Rogero M.M., Tirapegui J.** Glutamine as an Anti-Fatigue Amino Acid in Sports Nutrition. *Nutrients*. 2019;11(4):863. <https://doi.org/10.3390/nu11040863>
17. **Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., Queen R.M., Pryor J.L., Casa D.J.** Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *J. Strength Cond. Res.* 2017;31(10):2920–2937. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>
18. **Peake J.M., Della Gatta P., Suzuki K., Nieman D.C.** Cytokine expression and secretion by skeletal muscle cells: regulatory mechanisms and exercise effects. *Exerc. Immunol. Rev.* 2015;21:8–25.
19. **Nielsen A.R., Pedersen B.K.** The biological roles of exercise-induced cytokines: IL-6, IL-8, and IL-15. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2007;32(5):833–839. <https://doi.org/10.1139/H07-054>
20. **Cruzat V., Macedo Rogero M., Noel Keane K., Curi R., Newsholme P.** Glutamine: Metabolism and Immune Function, Supplementation and Clinical Translation. *Nutrients*. 2018;10(11):1564. <https://doi.org/10.3390/nu10111564>
21. **Field C.J., Johnson I., Pratt V.C.** Glutamine and arginine: immunonutrients for improved health. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2000;32(7 Suppl):S377–S388. <https://doi.org/10.1097/00005768-200007001-00002>
22. **Bansal V., Ochoa J.B.** Arginine availability, arginase, and the immune response. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2003;6(2):223–228. <https://doi.org/10.1097/00075197-200303000-00012>
23. **Dorshkind K., Horseman N.D.** The roles of prolactin, growth hormone, insulin-like growth factor-I, and thyroid hormones in lymphocyte development and function: insights from genetic models of hormone and hormone receptor deficiency. *Endocr. Rev.* 2000;21(3):292–312. <https://doi.org/10.1210/edrv.21.3.0397>
24. **Deryagina V.P., Ryzhova N.I., Golubkina N.A.** Production of nitrogen oxide derivatives under the influence of NO-synthase inhibitors and natural compounds in mice with transplanted tumors. *Exp. Oncol.* 2012;34(1):29–33.
25. **Calder P.C.** Immunonutrition in surgical and critically ill patients. *Br. J. Nutr.* 2007;98(Suppl 1):S133–S139. <https://doi.org/10.1017/S0007114507832909>
26. **Chatterjee S., Premachandran S., Bagewadikar R.S., Bhattacharya S., Chattopadhyay S., Poduval T.B.** Arginine metabolic pathways determine its therapeutic benefit in experimental heatstroke: role of Th1/Th2 cytokine balance. *Nitric. Oxide.* 2006;15(4):408–416. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2006.04.003>
27. **Calder P.C., Yaqoob P.** Glutamine and the immune system. *Amino Acids.* 1999;17(3):227–241. <https://doi.org/10.1007/BF01366922>

Информация об авторах:

Сливин Антон Вячеславович*, врач-ординатор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, Россия, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-6525>

Ефимов Павел Владимирович, врач-ординатор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, Россия, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3807-3286>

Зоренко Алла Владимировна, врач по спортивной медицине ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-0592>

Купеев Марат Валериевич, врач по спортивной медицине ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5358-2313>

Яшин Тимофей Александрович, заведующий кабинетом коррекции функционального состояния спортсменов ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6015-4947>

Ядгаров Михаил Яковлевич, младший научный сотрудник ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-1682>

Базанович Сергей Александрович, врач-кибернетик ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-8122>

Филиппова Наталья Сергеевна, медицинская сестра по массажу ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0474-7000>

Парастаев Сергей Андреевич, профессор, д.м.н., ведущий научный сотрудник ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства», 121059, Россия, Москва, ул. Б. Дорогомилловская, 5; профессор кафедры реабилитации, спортивной медицины и физической культуры педиатрического факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 117513, Россия, Москва, ул. Островитянова, 1, стр. 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

Information about the authors:

Anton V. Slivin*, resident physician of Rehabilitation and Sports Medicine Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-6525>

Pavel V. Efimov, resident physician of Rehabilitation and Sports Medicine Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3807-3286>

Alla V. Zorenko, sports medicine physician of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2062-0592>

Marat V. Kupeev, sports medicine physician of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5358-2313>

Timofey A. Yashin, head of the office for the correction of the functional state of athletes of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6015-4947>

Mikhail Y. Yadgarov, junior researcher of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3792-1682>

Sergey A. Bazanovich, cybernetic physician of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5504-8122>

Natalia S. Philippova, massage nurse of Federal Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0474-7000>

Sergey A. Parastaev, M.D., D.Sc. (Medicine), Leading Researcher of Research and Clinical Center of Sports Medicine and Rehabilitation of Federal Medical Biological Agency, 5, B. Dorogomilovskaya str., Moscow, 121059, Russia; Professor of the Rehabilitation and Sports Medicine Department of the Pirogov Russian National Research Medical University, 1, bldg. 6, Ostrovityanova str., Moscow, 117513, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2281-9936>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author