

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОНАТОРОВ ОКСИДА АЗОТА В НУТРИТИВНО-МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКЕ СПОРТСМЕНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Доможилова Анна Александровна**

кандидат биологических наук, доцент кафедры профилактической медицины и основ здоровья Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. Санкт-Петербург, Россия.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9748-6921>. E-mail: a.domozhilova@yandex.ru.

## POSSIBILITIES OF USING NITRIC OXIDE DONORS IN NUTRITIONAL AND METABOLIC SUPPORT OF ATHLETES (LITERATURE REVIEW)

**Domozhilova Anna Aleksandrovna**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Preventive Medicine and Fundamentals of Health

Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg. Saint Petersburg, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9748-6921>. E-mail: a.domozhilova@yandex.ru.

**Аннотация.** В статье представлен обзор современной научной литературы, посвященной оценке эффективности применения прямых и непрямых донаторов оксида азота для оптимизации нутритивно-метаболической поддержки спортсменов. Было показано, что L-аргинин рассматривается специалистами как биологически активная добавка, которая может быть рекомендована для повышения показателей как аэробной, так и анаэробной выносливости. Предлагаемыми схемами использования L-аргинина при этом являются разовый прием аминокислоты из расчета  $0,15 \text{ г} \times \text{кг}^{-1}$  за 60-90 минут до тренировки и курсовое применение на протяжении 8 недель в количестве 10-12 граммов. В свою очередь, использование L-цитруллина исследователи также связывают с повышением работоспособности при длительном применении в дозировке от 2,4 до 6 граммов в день. Кроме того, в работе подчеркивается общепринятая позиция международных научных сообществ по спортивному питанию, постулирующая значимость таких пищевых донаторов оксида азота, как свекольный сок, для оптимизации нутритивно-метаболической поддержки атлетов различных специализаций.

Таким образом, в результате выполненного анализа были выявлены основные донаторы оксида азота, обладающие по оценкам специалистов эргогенным действием, и актуализированы рекомендованные схемы их использования.

**Ключевые слова:** специализированное питание спортсменов, оксид азота, L-аргинин, L-цитруллин, пищевые нитраты.

**Annotation.** The article presents a review of the literature on the using of nitric oxide donors for optimizing nutritional and metabolic support for athletes. It was determined that L-arginine is recommended for athletes training both aerobic and anaerobic endurance according to a one-time intake of  $0.15 \text{ g} \times \text{kg}^{-1}$  60-90 minutes before training and course using for 8 weeks 10-12 g/day. L-

Citrulline also increases performance with prolonged using from 2.4 to 6 g per day. In addition, the article emphasizes the position of international scientific communities on sports nutrition demonstrating the importance of nitric oxide food donors, for example, beet juice, for optimizing nutritional and metabolic support for athletes. As the result of performed analysis the nitric oxide donors with estrogenic effect have been identified and the schemes of their using have been actualised.

**Keywords:** nutrition of athletes, nitric oxide, L-arginine, L-citrulline, dietary nitrates.

**Введение.** В условиях современной высочайшей конкуренции на мировой спортивной арене атлеты и их тренеры стремятся использовать максимально эффективно все аспекты медико-биологического обеспечения подготовки. Ввиду этого в последнее десятилетие значительное развитие получило такое научное направление как спортивная нутрициология, в рамках которого рассматривается целый комплекс практических задач, в частности, поиск пищевых компонентов, способных оказывать эргогенное влияние. Одним из классов таких диетарных веществ, которые широко обсуждаются в настоящее время, являются прямые и непрямые донаторы оксида азота.

Актуальность включения в программу нутритивно-метаболической поддержки (НМП) спортсменов биологически активных добавок, оказывающих влияние на метаболизм оксида азота (NO), обусловлена прежде всего значимостью обозначенной газообразной молекулы для обеспечения вазодилатации периферических сосудов и, как следствие, ее влиянием на эффективность доставки кислорода к работающим мышцам. Кроме того, роль оксида азота в изменении физической работоспособности может быть связана с его нейромедиаторной функцией, а также с участием в регуляции синтеза и секреции соматотропина и инсулина (Kiani et al., 2022).

**Методы исследования.** В работе был выполнен анализ литературных источников, посвященных оценке эффективности применения прямых и непрямых донаторов оксида азота для повышения физической работоспособности спортсменов. Поиск научных статей по интересующему вопросу был выполнен в электронных базах данных.

**Обсуждение результатов.** *L-аргинин.* Оксид азота образуется из L-аргинина под влиянием ферментов NO-синтаз, представленных различными изоформами, наиболее значимой из которых на уровне периферических сосудов является эндотелиальный тип (eNOS) (Кузнецова и Соловьева, 2015). Важно подчеркнуть, что в исследованиях с участием спортсменов была показана высокая концентрация L-аргинина в плазме крови, что указывает на адаптационное накопление рассматриваемой аминокислоты и потенциально важную роль для обеспечения физической работоспособности (Гишинский и др., 2018).

С позиций спортивной нутрициологии прием L-аргинина в составе пищевых добавок является перспективным подходом по повышению как аэробной, так и анаэробной производительности. Однако имеющиеся на сегодняшний момент данные по оценке эффективности рассматриваемой аминокислоты при включении ее в нутритивно-метаболическую поддержку представителей различных спортивных специализаций противоречивы. В частности, Esen с соавторами (2022) было показано, что прием добавок L-аргинина в количестве 8 граммов ежедневно в течение восьми недель не приводит к изменениям концентрации NOx (циркулирующих метаболитов оксида азота) и лактата в плазме крови пловцов и не оказывает никакого влияния на время преодоления дистанций 100 и 200 метров (Esen et al., 2022). В свою очередь, Yavuz с коллегами (2014) наблюдал увеличение времени выполнения велоэргометрического теста с заданной мощностью у борцов

при однократном приеме рассматриваемого непрямого донатора оксида азота в дозе  $1,5 \text{ г} \times 10 \text{ кг}^{-1}$  за 60 минут до начала нагрузки (Yavuz, Turnagol и Demirel, 2014).

Отмеченные разночтения в регистрируемых эффектах после применения L-аргинина могут быть объяснены различными видами тестирующих воздействий, используемых в исследованиях, а также вариативностью выбранных схем включения в НМП донатора оксида азота. Существенно затрудняет оценку практической значимости и тот факт, что зачастую рассматриваемая аминокислота используется в комплексе с другими веществами. Тем не менее, согласно имеющимся систематическим обзорам и мета-анализам, добавки L-аргинина оказывают положительное влияние на показатели аэробной работоспособности (ПАНО, МПК, концентрацию лактата в крови, время выполнения нагрузки) (Rezaei et al., 2021). Основными эффективными схемами применения L-аргинина таким образом являются: 1) Разовый прием аминокислоты из расчета  $0,15 \text{ г} \times \text{кг}^{-1}$  за 60-90 минут до начала физической нагрузки; 2) Курсовое использование добавок на протяжении 8 недель в количестве 10-12 граммов в сутки (Viribay et al., 2020). В свою очередь, целесообразность применения L-аргинина для представителей силовых видов спорта не подтверждается в большинстве исследований (Pasa et al., 2022).

Необходимо отметить, что L-аргинин широко представлен в пищевых продуктах и в обычном рационе питания человека содержится порядка 5 граммов данной аминокислоты. Ввиду этого специалистами рассматривается возможность увеличения биодоступности оксида азота за счет включения в суточное меню спортсменов таких продуктов как, к примеру, лесные орехи (Smeets, Mensink и Joris, 2021).

*L-цитруллин.* В качестве еще одного перспективного для использования в рамках задач НМП непрямого донатора оксида азота в настоящее время предлагается L-цитруллин, который является предшественником аргинина. Известно, что после перорального приема L-аргинин гидролизуется агриназами до L-орнитина и мочевины, что приводит к низкому конечному уровню аминокислоты в плазме крови. Преимуществом применения L-цитруллина в этой связи является тот факт, что он не метаболизируется ферментами и, таким образом, может быть более значимым фактором повышения биодоступности NO (Gonzalez и Trexler, 2020).

Однако, в настоящее время нет убедительных доказательств положительного влияния как длительного, так и однократного приема L-цитруллина на показатели работоспособности (Viribay et al., 2022). Тем не менее, в научной литературе предлагается следующая схема применения данной аминокислоты: курсовое использование от 2,4 до 6 граммов в день в течение 7-16 дней (Park et al., 2023). Следует подчеркнуть, что эффективность отмеченного подхода была показана лишь в некоторых работах. Так, в частности, было продемонстрировано, что применение на протяжении недели L-цитруллина в количестве 6 граммов приводило к положительной динамике результатов в гонке на дистанции 40 километров у квалифицированных велосипедистов (Stanelle, McLaughlin и Crouse, 2020).

В свою очередь, для силовых показателей значение добавок цитруллина также остается дискуссионным и по оценкам исследователей может обеспечивать лишь незначительные изменения работоспособности (Trexler et al., 2019).

*Полифенолы.* В последнее десятилетие стал активно изучаться еще один возможный механизм изменения образования оксида азота по NOS-зависимому пути, опосредованный полифенолами, поскольку данный класс химических соединений способен регулировать экспрессию и активность синтаз оксида азота (Kashi et al., 2019). Было показано, что включение в рацион питания спортсменов продуктов, богатых полифенолами, в частности какао, вишни, граната, клюквы и винограда, сопряжено с положительными изменениями характеристик периферического кровотока при проведении окклюзионной пробы как в покое,

так и после тестирующей физической нагрузки (Nho и Kim, 2022) и зачастую обеспечивает прирост показателей в упражнениях аэробной направленности (d'Unienville et al., 2021). Для спортсменов употребление продуктов, содержащих полифенолы, важно и в связи с их антиоксидантной ролью в организме человека (Wojarczuk и Dzitkowska-Zabielska, 2022). В настоящее время полифенолы расцениваются как пищевые компоненты, оказывающие положительное влияние на показатели работоспособности в пределах 2% (Somerville, Bringans и Braakhuis, 2017).

*Пищевые нитраты.* В качестве прямых донаторов оксида азота рассматриваются пищевые нитраты, содержащиеся в таких продуктах как свекла, гранат, бруксис, амарант, ревень, мангольд и др. Метаболический путь пищевых нитратов до оксида азота реализуется по энтеросаливарному пути (нитрат-нитрит-NO), который начинается в ротовой полости при участии бактериальных нитратредуктаз. В результате в желудок попадают уже нитриты ( $\text{NO}_2^-$ ), которые преобразуются в  $\text{HNO}_2$  или восстанавливаются при участии нитритредуктаз кишечных бактерий до NO в последующих отделах желудочно-кишечного тракта (Червинец и др., 2022).

По результатам мета-анализа, выполненного на основании изучения 73 исследований, было продемонстрировано, что использование рассматриваемых диетарных веществ оказывает положительное влияние на такие значимые для видов спорта с преимущественным проявлением выносливости показатели как мощность и длительность выполнения физической нагрузки (Gao et al., 2021). Кроме того, благоприятный эффект применения нитратов отмечен и для скоростно-силовых видов спорта (Tan et al., 2022). Анализ полученных в многочисленных исследованиях данные привел к тому, что в 2018 году Международный Олимпийский комитет включил нитратсодержащие продукты в список добавок, потенциально способствующих улучшению результатов в спортивных соревнованиях (Maughan et al., 2018).

В настоящее время в наибольшей степени разработаны подходы по включению в НППМ спортсменов свекольного сока. Так, специалистами предлагаются как схемы длительного приема в течение нескольких дней, так и однократного применения перед физической нагрузкой (Дмитриев и Гунина, 2020).

При этом курсовое использование, по-видимому, в большей степени обеспечивает эргогенный эффект для представителей видов спорта с преимущественно аэробной направленностью тренировочной и соревновательной деятельности. Так, в частности, было продемонстрировано, что 20-дневный прием специализированной диетической добавки на основе свекольного сока оказывает положительное влияние на характеристики кислородтранспортной функции крови у биатлонистов и сопряжен с улучшением результатов в нагрузочном тестировании (Шестопапов и др., 2022).

В свою очередь, при выполнении упражнений анаэробной направленности зачастую используются схемы однократного применения непосредственно перед тренировками (за 2-2,5 часа) (Gonzalez et al., 2023). К примеру, данный подход предлагается как эффективный для спортсменов, специализирующихся в единоборствах (Delleli et al., 2023).

В завершении рассмотрения возможности применения свекольного сока в нутритивно-метаболической поддержке спортсменов необходимо подчеркнуть, что его положительные эффекты в отношении производительности оцениваются примерно в 3%. При этом по данным крупного мета-анализа изменения показателей работоспособности не отмечаются при следующих условиях: 1) Использовании низких доз диетарного компонента ( $\leq 5 \text{ ммоль} \times \text{сут}^{-1}$ ); 2) Разовом приеме за 90 минут до тренировки; 3) Высоких показателях максимального потребления кислорода у спортсменов ( $> 64,9 \text{ мл} \times \text{кг} \times \text{мин}^{-1}$ ) (Senefeld et al., 2020).

**Заключение.** Имеющиеся на настоящий момент литературные данные подтверждают эргогенные эффекты веществ, влияющих на биодоступность оксида азота. Тем не менее, для

дальнейшего использования их в нутритивно-метаболической поддержке необходимо обоснование алгоритмов их применения с учетом пола, возраста и индивидуальных особенностей спортсменов, их квалификации и ведущей направленности тренировочного процесса.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

Гишинский М. А. и др. L-аргинин и его метилированные производные в крови спортсменов // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 6. С. 86-92.

Дмитриев А. В., Гунина Л. М. Спортивная нутрициология / Москва : Спорт, 2020. 640 с. ISBN 978-5-907225-19-0.

Кузнецова В. Л., Соловьева А. Г. Оксид азота: свойства, биологическая роль, механизмы действия // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 462. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21037> (дата обращения: 07.08.2023).

Червинец Ю. В. и др. Новые подходы к пониманию сердечно-сосудистых заболеваний // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 5. С. 133. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31980> (дата обращения: 07.08.2023).

Шестопапов А. Е. и др. Влияние специализированных продуктов питания на основе свекольного сока на повышение работоспособности спортсменов циклических видов спорта // Клиническое питание и метаболизм. 2022. Т. 3. № 1. С. 19-27.

Bojarczuk A., Dzitkowska-Zabielska M. Polyphenol supplementation and antioxidant status in athletes: A narrative review // Nutrients. 2022. Vol. 15(1). P. 158. URL: <https://doi.org/10.3390/nu15010158> (дата обращения: 29.07.2023).

Delleli S. et al. Does beetroot supplementation improve performance in combat sports athletes? A systematic review of randomized controlled trials // Nutrients. 2023. Vol. 15(2). P. 398. URL: <https://doi.org/10.3390/nu15020398> (дата обращения: 26.07.2023).

d'Unienville N. M. A. et al. Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2021. Vol. 18(1). P. 76. URL: <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00472-y> (дата обращения: 29.07.2023).

Esen O. et al. Eight days of L-citrulline or L-arginine supplementation did not improve 200-m and 100-m swimming time trials // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. Vol. 19(8). P. 4462. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19084462> (дата обращения: 29.07.2023).

Gao C. et al. The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: A systematic review and meta-analysis // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2021. Vol. 18(1). P. 55. URL: <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00450-4> (дата обращения: 28.07.2023).



Gonzalez A. M., Townsend J. R., Pinzone A. G., Hoffman J. R. Supplementation with nitric oxide precursors for strength performance: A review of the current literature // *Nutrients*. 2023. Vol. 15(3). P. 660. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/3/660> (дата обращения: 07.08.2023).

Gonzalez A. M., Trexler E. T. Effects of citrulline supplementation on exercise performance in humans: A review of the current literature // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2020. Vol. 34(5). P. 1480-1495.

Kashi D. S. et al. The efficacy of administering fruit-derived polyphenols to improve health biomarkers, exercise performance and related physiological responses // *Nutrients*. 2019. Vol. 11(10). P. 2389. URL: <https://doi.org/10.3390/nu11102389> (дата обращения: 25.07.2023).

Kiani A. K. et al. Dietary supplements for improving nitric-oxide synthesis // *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2022. Vol. 63 (2 Suppl. 3). P. E239-E245. URL: <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2766> (дата обращения: 08.08.2023).

Maughan R. J. et al. IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete // *British Journal of Sports Medicine*. 2018. Vol. 52 (7). P. 439-455.

Nho H., Kim K.-A. Effects of grape seed extract supplementation on endothelial function and endurance performance in basketball players // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19(21). P. 14223. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph192114223> (дата обращения: 09.08.2023).

Park H.-Y. et al. Dietary arginine and citrulline supplements for cardiovascular health and athletic performance: A narrative review // *Nutrients*. 2023. Vol. 15(5). P. 1268. URL: <https://doi.org/10.3390/nu15051268> (дата обращения: 27.07.2023).

Pasa C. et al. Effectiveness of acute L-arginine supplementation on physical performance in strength training: A systematic review and meta-analysis // *F1000Research*. 2022. Vol. 10. P. 1072. URL: <https://f1000research.com/articles/10-1072/v1> (дата обращения: 07.08.2023).

Rezaei S. et al. The effect of L-arginine supplementation on maximal oxygen uptake: A systematic review and meta-analysis // *Physiological Reports*. 2021. Vol. 9(3). P. e14739. URL: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.14814/phy2.14739> (дата обращения: 27.07.2023).

Senefeld J. W. et al. Ergogenic effect of nitrate supplementation: A systematic review and meta-analysis // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2020. Vol. 52(10). P. 2250-2261.

Smeets E. T. H. C., Mensink R. P., Joris P. J. Effects of tree nut and groundnut consumption compared with those of l-arginine supplementation on fasting and postprandial flow-mediated vasodilation: Meta-analysis of human randomized controlled trials // *Clinical Nutrition*. 2021. Vol. 40(4). P. 1699-1710.

Somerville V., Bringans C., Braakhuis A. Polyphenols and performance: A systematic review and meta-analysis // *Sports Medicine*. 2017. Vol. 47(8). P. 1589-1599.

Stanelle S. T., McLaughlin K. L., Crouse S. F. One week of L-citrulline supplementation improves performance in trained cyclists // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2020. Vol. 34(3). P. 647-652.

Tan R., Cano L., Lago-Rodríguez Á., Domínguez R. The effects of dietary nitrate supplementation on explosive exercise performance: A systematic review // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19(2). P. 762. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19020762> (дата обращения: 06.08.2023).

Trexler E. T. et al. Acute effects of citrulline supplementation on high-intensity strength and power performance: A systematic review and meta-analysis // *Sports Medicine*. 2019. Vol. 49(5). P. 707-718.

Viribay A. et al. Effects of arginine supplementation on athletic performance based on energy metabolism: A systematic review and meta-analysis // *Nutrients*. 2020. Vol. 12(5). P. 1300. URL: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/5/1300> (дата обращения: 07.08.2023).

Viribay A. et al. Effects of citrulline supplementation on different aerobic exercise performance outcomes: A systematic review and meta-analysis // *Nutrients*. 2022. Vol. 14(17). P. 3479. URL: <https://doi.org/10.3390/nu14173479> (дата обращения: 05.08.2023).

Yavuz H. U., Turnagol H., Demirel A. H. Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers // *Biology of Sport*. 2014. Vol. 31(3). P. 187-191.

## REFERENCES

Gilinsky, M. A., Krivoshechekov, S. G., Latysheva, T. B., Naumenko, S. E., Gilinskaya, O. M., Balioz, N. V., Karmakulova, I. V., Aizman, R. I., Golovin, M. S. (2018). L-arginin i ego metilirovannye proizvodnye v krovi sportsmenov [L-arginine and its methylated derivatives in the blood of athletes]. *Fiziologija cheloveka [Human Physiology]*, 44, 6, pp. 86-92. (in Russian).

Dmitriev, A. V., Gunina, L. M. (2020). *Sportivnaja nutricaoologija [Sports nutrition]*. Moscow, 2020. 640 p. (in Russian).

Kuznetsova, V. L., Soloveva, A. G. (2015). Oksid azota: svojstva, biologicheskaja rol', mehanizmy dejstvija [Nitric oxide: properties, biological role, mechanisms of action]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern Problems of Science and Education. Surgery]*, 4, p. 462. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21037> (Accessed 7 August 2023) (in Russian).

Chervinets, Yu. V., Stepanova, E. V., Chervinets, V. M., Belyaev, V. S., Leonteva, A. V., Grigoryants, E. O. (2022). Novye podhody k ponimaniyu serdechno-sosudistykh zabolevanij [New approaches to understanding cardiovascular diseases]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija [Modern Problems of Science and Education. Surgery]*, 5, p. 133. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31980> (Accessed 7 August 2023) (in Russian).

Shestopalov, A. E., Grishina, Z. V., Lomazova, E. V., Kalinin, A. V., Feshchenko, V. S., Zholinsky, A. V. (2022). Vlijanie specializirovannyh produktov pitaniya na osnove svekol'nogo soka na povysenie rabotosposobnosti sportsmenov ciklicheskih vidov sporta [The effect of beet juice-based

foods on the performance of athletes in cyclic sports]. *Klinicheskoe pitanie i metabolism [Clinical nutrition and metabolism]*, 3, 1, pp. 19-27. (in Russian).

Bojarczuk, A., Dzitkowska-Zabielska, M. (2022). Polyphenol supplementation and antioxidant status in athletes: A narrative review. *Nutrients*, 15. p. 158. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu15010158> (Accessed 29 July 2023). (in English).

Delleli, S., Ouergui, I., Messaoudi, H., Trabelsi, K., Glenn, J. M., Ammar, A., Chtourou, H. (2023). Does beetroot supplementation improve performance in combat sports athletes? A systematic review of randomized controlled trials. *Nutrients*, 15. p. 398. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu15020398> (Accessed 26 July 2023). (in English).

d'Unienville, N. M. A., Blake, H. T., Coates, A. M., Hill, A. M., Nelson, M. J., Buckley, J. D. (2021). Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18. p. 76. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00472-y> (Accessed 29 July 2023). (in English).

Esen, O., Eser, M. C., Abdioglu, M., Benesova, D., Gabrys, T., Karayigit, R. (2022). Eight days of L-citrulline or L-arginine supplementation did not improve 200-m and 100-m swimming time trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. p. 4462. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph19084462> (Accessed 29 July 2023). (in English).

Gao, C., Gupta, S., Adli, T., Hou, W., Coolsaet, R., Hayes, A., Kim, K., Pandey, A., Gordon, J., Cahil, G., Belley-Cote, E. P., Whitlock, R. P. (2021). The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18. p. 55. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00450-4> (Accessed 28 July 2023). (in English).

Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Pinzone, A. G., Hoffman, J. R. (2023). Supplementation with nitric oxide precursors for strength performance: A review of the current literature. *Nutrients*, 15. p. 660. Available at: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/3/660> (Accessed 7 August 2023). (in English).

Gonzalez, A. M., Trexler, E. T. (2020). Effects of citrulline supplementation on exercise performance in humans: A review of the current literature. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34. pp. 1480-1495. (in English).

Kashi, D. S., Shabir, A., Da Boit, M., Bailey, S. J., Higgins, M. F. (2019). The efficacy of administering fruit-derived polyphenols to improve health biomarkers, exercise performance and related physiological responses. *Nutrients*, 11. p. 2389. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu11102389> (Accessed 25 July 2023). (in English).

Kiani, A. K., Bonetti, G., Medori, M. C., Caruso, P., Manganotti, P., Fioretti, F., Nodari, S., Connelly, S. T., Bertelli, M. (2022). Dietary supplements for improving nitric-oxide synthesis. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 63. p. E239-E245. Available at: <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2766> (Accessed 8 August 2023). (in English).



Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M. et al. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52. pp. 439-455. (in English).

Nho, H., Kim, K.-A. (2022). Effects of grape seed extract supplementation on endothelial function and endurance performance in basketball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. p. 14223. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph192114223> (Accessed 9 August 2023). (in English).

Park, H.-Y., Kim, S.-W., Seo, J., Jung, Y. P., Kim, H., Kim, A.-J., Kim, S., Lim, K. (2023). Dietary arginine and citrulline supplements for cardiovascular health and athletic performance: A narrative review. *Nutrients*, 15. p. 1268. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu15051268> (Accessed 27 July 2023). (in English).

Pasa, C., Godinho de Oliveira, R., da Rosa Lima, T., Kommers, M. J., Figueiredo, K. R. F. V., Fett, W. C. R., Fett, C. A. (2022). Effectiveness of acute L-arginine supplementation on physical performance in strength training: A systematic review and meta-analysis. *F1000Research*, 10. p. 1072. Available at: <https://f1000research.com/articles/10-1072/v1> (Accessed 7 August 2023). (in English).

Rezaei, S., Gholamalizadeh, M., Tabrizi, R., Nowrouzi-Sohrabi, P., Rastgoo, S., Doaei, S. (2021). The effect of L-arginine supplementation on maximal oxygen uptake: A systematic review and meta-analysis. *Physiological Reports*, 9. p. e14739. Available at: <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.14814/phy2.14739> (Accessed 27 July 2023). (in English).

Senefeld, J. W., Wiggins, C. C., Regimbal, R. J., Dominelli, P. B., Baker, S. E., Joyner, M. J. (2020). Ergogenic effect of nitrate supplementation: A systematic review and meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52. pp. 2250-2261. (in English).

Smeets, E. T. H. C., Mensink, R. P., Joris, P. J. (2021). Effects of tree nut and groundnut consumption compared with those of L-arginine supplementation on fasting and postprandial flow-mediated vasodilation: Meta-analysis of human randomized controlled trials. *Clinical Nutrition*, 40. pp. 1699-1710. (in English).

Somerville, V., Bringans, C., Braakhuis, A. (2017). Polyphenols and performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47. pp. 1589-1599. (in English).

Stanella, S. T., McLaughlin, K. L., Crouse, S. F. (2020). One week of L-citrulline supplementation improves performance in trained cyclists. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34. pp. 647-652. (in English).

Tan, R., Cano, L., Lago-Rodríguez, Á., Domínguez, R. (2022). The effects of dietary nitrate supplementation on explosive exercise performance: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. p. 762. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph19020762> (Accessed 6 August 2023). (in English).

---

Trexler, E. T., Persky, A. M., Ryan, E. D., Schwartz, T. A., Stoner, L., Smith-Ryan, A. E. (2019). Acute effects of citrulline supplementation on high-intensity strength and power performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49. pp. 707-718. (in English).

Viribay, A., Burgos, J., Fernández-Landa, J., Seco-Calvo, J., Mielgo-Ayuso, J. (2020). Effects of arginine supplementation on athletic performance based on energy metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 12. p. 1300. Available at: <https://www.mdpi.com/2072-6643/12/5/1300> (Accessed 7 August 2023). (in English).

Viribay, A., Fernández-Landa, J., Castañeda-Babarro, A., Collado, P. S., Fernández-Lázaro, D., Mielgo-Ayuso, J. (2022). Effects of citrulline supplementation on different aerobic exercise performance outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 14. p. 3479. Available at: <https://doi.org/10.3390/nu14173479> (Accessed 5 August 2023). (in English).

Yavuz, H. U., Turnagol, H., Demirel, A. H. Pre-exercise arginine supplementation increases time to exhaustion in elite male wrestlers. *Biology of Sport*, 31. pp. 187-191. (in English).