

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДОБАВКИ С ПРЕКУРСОРИ НА АЗОТНИЯ ОКСИД В ПЛУВАНЕТО

Михаил Качаунов¹, Любомир Петров²

¹ Национална спортна академия „Васил Левски“, катедра „Водни спортове“

² Национална спортна академия „Васил Левски“, катедра „Физиология и биохимия“

ORCID 

Mihail Kachaunov – <https://orcid.org/0000-0002-6877-6054>

Lubomir Petrov – <https://orcid.org/0000-0003-1209-959X>

РЕЗЮМЕ

Азотният оксид влияе върху физическата работоспособност, като: намалява умората по време на тренировка, повишава доставките на хранителни вещества и кислород към работещите мускули и ускорява отделянето на метаболитните продукти при натоварвания с висока интензивност. Концентрацията на азотен оксид може да бъде повишена както чрез прием на нитрати, така и на L-аргинин и L-цитрулин, които общо се наричат „азотни бустери“. Целта на обзора беше да се представят в обобщен вид резултатите от изследванията за ефекта от приложението на азотни бустери в подготовката на плувци. Обект на изследването е приложение на хранителни добавки в спорта. Предмет на изследването е приложение на добавки с прекурсори на азотния оксид в спорта. В обобщение може да се каже, че: азотните бустери подобряват резултатите в интервални серии в плуването; не се подкрепя използването на цитрулин и аргинин при дистанции от 200 m или по-къси; приемът на 300 до 700 mg нитрати от 3 до 8 дни преди и по време на състезание може да подобри постиженията в дисциплините, по-дълги от 200 m; приемът на аргинин може да подпомогне възстановяването на плувците на дълги дистанции след тренировка или състезание.

Ключови думи: нитрати, L-аргинин, L-цитрулин, плуване

APPLICATION OF NITRIC OXIDE PRECURSORS SUPPLEMENTS IN SWIMMING

Mihail Kachaunov¹, Lubomir Petrov²

¹ National Sports Academy “Vassil Levski”, Department of Aquatic sports

² National Sports Academy “Vassil Levski”, Department of Physiology and biochemistry

ABSTRACT

Nitric oxide affects performance by reducing fatigue during exercise, increasing the supply of nutrients and oxygen to the working muscles, and accelerating the removal of metabolic products during high-intensity exercise. Nitric oxide concentration can be increased by the intake of nitrates, L-arginine, and L-citrulline, which are collectively named - "nitrogen boosters." The purpose of the review is to present the results of the research on the effect of the

application of nitrogen boosters on swimming performance. The object of the study is the application of nutritional supplements in sports. The subject of the study is the application of supplements with precursors of nitric oxide in sports. As a result: nitrogen boosters improve performance in interval sets in swimming; the use of L-citrulline and L-arginine is not supported at distances of 200 m or shorter; intake of 300 to 700 mg of nitrates, 3 to 8 days before and during the race, can improve performance in events longer than 200 m; arginine intake can help the long-distance swimmers recover after training or competition.

Keywords: *nitrates, L-arginine, L-citrulline, swimming*

ВЪВЕДЕНИЕ

Азотният оксид (NO) е сигнална молекула, участваща в множество процеси, като вазодилатация, ангиогенеза, клетъчно дишане и др., и има ключова роля в клетъчния метаболизъм, в координирането на енергийните нужди на тъканите и механизмите за енергопродукция (Spier et al., 2007). Азотният оксид влияе върху физическата работоспособност, като: намалява умората по време на тренировка, повишава доставките на хранителни вещества и кислород към работещите мускули и ускорява отделянето на метаболитните продукти при натоварвания с висока интензивност. Положителният ефект от повишената концентрация на азотен оксид може да бъде получен чрез прием на нитрати (NO_3^-), на L-аргинин и L-цитрулин, които общо понякога се наричат „азотни бустери“ (Gonzalez et al., 2020).

Азотните бустери повишават синтеза на азотен оксид, който въздейства главно върху скелетната мускулатура, кръвоносните съдове и мозъка (Campos et al., 2018). Повишената концентрация на NO може да повлияе митохондриалното дишане и митохондриалната биогенеза, да увеличи притока на кръв в активните мускули при физически упражнения и да намали консумацията на аденозинтрифосфат (АТФ) и кислород по време на аеробни натоварвания (Van De Walle and Vukovich, 2018). Съдоразширяващият ефект на азотния оксид води и до намаляване на артериалното налягане, като може да увеличи топлоотдаването през кожата по време на физическа активност (Campos et al., 2018).

Предвид описаните ергогенни ефекти на азотните бустери представлява интерес възможността за ефективно използване на този тип хранителни добавки в практиката в плуването.

ЦЕЛ

Целта на този обзор е да обобщи резултатите от научните изследвания, публикувани досега, за ефекта от приложението на прекурсори на азотния оксид при висококвалифицирани плувци.

ОБЕКТ

Приложение на хранителни добавки в спорта.

ПРЕДМЕТ

Приложение на добавки с прекурсори на азотния оксид в спорта.

МЕТОДИКА

Проведено беше търсене в базата данни на PubMed. Основните ключови думи бяха „nitrates“, „L-arginine“, „L-citrulline“ и „swimming“. Бяха включени само източници, които са изследвали ефекта на нитратите, L-аргинина и L-цитрулина върху плувните постиженията. Статии с ограничен достъп онлайн бяха поискани от авторите, като по този начин беше получен пълният текст. Проучени бяха и литературните източници на включените статии и бяха намерени допълнителни изследвания по въпроса.

РЕЗУЛТАТИ

В някои изследвания за приложението на добавки, увеличаващи продукцията на азотен оксид с цел ергогенен ефект при плувци, се използват богати на нитрати сокове основно от цвекло (Pinna et al., 2014; Pospieszna et al., 2016; Lowings et al., 2017; Esen et al., 2019). В други като добавка се използва аргинин (Moosakhani et al., 2018; Esen and Karayigi, 2023; Esen et al., 2022), цитрулин-малат (Newbury et al., 2022; Esen et al., 2022) или комбинация от аргинин и цитрулин (Hsueh et al., 2018). В Таблица 1 са представени в хронологичен ред съвременните (след 2014 г.) изследвания върху приложението на прекурсори на азотния оксид в плуването.

Таблица 1. Хронология на съвременните изследвания (след 2014 г.) за ергогенния ефект от приема на азотни бустери в плуването

	Участници	Протокол за прием	Тест	Работоспособност
Pinna et al., 2014	14 мъже ветерани плувци на регионално ниво 34,7 г.	0,5 L сок от цвекло (5,5 mmol или 341 mg нитрати) за 6 дни.	„Вързан плувец“ 3 kg на загребване +1 kg на всяка min	Значително увеличено работно натоварване при анаеробния праг (6,7±1,1 kg срещу 6,3±1 kg); *АЕС значително намалена при втория тест (1,7±0,3 срещу 1,9±0,5 kcal·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)

Pospieszna et al., 2016	11 жени студенти плувци 20,9 г.	0,5 L сок от моркови (5,1 mmol или 316 mg нитрати) за 8 дни; 0,5 L сок от цвекло и арония (5,1 mmol или 316 mg нитрати) за 8 дни	Свободен стил 6x50 m max + 800 m BP; HR; t; HRmax	Значителни разлики в BP и HR в покой. Подобрение при последните 3 отсечки от 6x50, по-изразено при сока от цвекло и арония. Значително подобрение на 800 m и при двете добавки.
Lowings et al., 2017	10 (5 мъже и 5 жени) студенти плувци ~ 20 г.	140 mL сок от цвекло (~ 12,5 mmol; 775 mg) преди теста	Гръб 168 m (8x21 m)	Значително повишена концентрацията на азотен оксид при използваните богат на нитрати сок. Отчита незначителен ефект от употребата на нитрати.
Hsueh et al., 2018	8 мъже плувци 15,6 г.	BCAA (0,085 g/kg) + аргинин (0,05 g/kg) + цитрулин (0,05 g/kg)	Стил кроул 8x50 m	Комбинацията от добавки подобрява резултатите във високоинтензивната серия.
Moosakhani et al., 2018	24 мъже плувци стаери ~ 30 г.	аргинин (7 g/ден) за 7 дни	Свободен стил 1500 m	Намаление на концентрацията на инсулин; нарастване на растежния хормон; намаление на кортизола; повишение на тестостерона при плувците които приемат аргинин.
Esen et al., 2019	10 (5 мъже и 5 жени) студенти плувци ~ 22 г.	140 mL сок от цвекло (~8 mmol/ден; 496 mg) в 2 приема за 3 дни	Кроул 200 m 30' почивка 100 m	По-висока плазмена концентрация на нитрити и по-ниско систолно артериално налягане след прием на богат на нитрати сок. Няма съществени разлики в плувните резултати.
Esen et al., 2022	15 (10 мъже и 5 жени) Плувци и състезатели по триатлон на ср. ниво ~ 25 г.	8 g L-аргинин или 8 g L-цитрулин или 8 g плацебо м/у 8 и 10 часа за 7 дни 8-и ден – 8 g 1,5 h преди теста	Кроул 200 m 30' почивка 100 m	Няма значителна разлика в постиженията на 200 и 100 m след прием на L-аргинин или L-цитрулин в сравнение с плацебо. Няма значителна разлика в плазмените концентрации на азотен окис между групите.
Newbury et al., 2022	11 мъже плувци ~ 17 г.	цитрулин малат (15 g) 60' преди теста	Свободен стил 6x300 m с 60" почивка	Подобрение на постиженията в теста. Повишена концентрация на лактат, повишено систолно и диастолно артериално налягане и субективно усещане за усилие на състезателите след прием на цитрулин.
Esen & Karayigit, 2023	8 мъже плувци ~ 25 г.	аргинин (8 g/ден) за 7 дни	Свободен стил 200 m	Няма значително подобрение в резултатите и концентрацията на лактат в кръвта след прием на аргинин в сравнение с плацебо.

* АЕС – aerobic energy cost, дял на аеробното енергообеспечаване

Приложение на нитратите в плуването

Pinna и колектив изследват 14 мъже плувци ветерани на средна възраст 34,7 години, участници в регионални състезания, които плуват 3–4 пъти седмично от 3 до 5 km. Използвана е системата „Вързан плувец“ с начално натоварване от 3 kg на загребване и увеличение с по 1 kg всяка следваща минута до отказ. Освен работното натоварване са измерени: сърдечната честота (HR), кислородната консумация (VO_2), отделеният въглероден диоксид (VCO_2), белодробната вентилация (VE) и изразходваната аеробна енергия при плуване (aerobic energy cost – AEC). Тестът е повторен след 7 дни, като през 6 от тях плувците са приемали по 0,5 L богат на нитрати сок от цвекло, съдържащ около 5,5 mmol нитрати (341 mg). Резултатите показват, че след приема на нитрати работното натоварване при анаеробния праг е значително увеличено ($6,7 \pm 1,1$ kg срещу $6,3 \pm 1$ kg). Освен това, AEC е значително намалена по време на втория тест – $1,7 \pm 0,3$ срещу $1,9 \pm 0,5$ kcal·kg⁻¹·h⁻¹ при първия тест. Според това изследване нитратите и в частност сокът от цвекло имат положителен ефект върху работоспособността на плувците, тъй като намаляват AEC и увеличават работното натоварване при анаеробния праг и следователно биха могли да подобрят състезателните резултати (Pinna et al., 2014).

В друго проучване вземат участие 11 плувкини студентки на възраст $20,9 \pm 1,3$ години (Pospieszna et al., 2016), които изпълняват една анаеробна серия от 6x50 m максимално плуване свободен стил и 10 минути по-късно плуване с аеробен характер на дистанция 800 m свободен стил. Измерени са: артериално налягане (BP), сърдечна честота (HR) в покой, време за плуване на отсечките и максималната сърдечна честота. Два пъти през период от 3 седмици е проведено кръстосано двойно-сляпо изследване за оценка на влиянието на 8-дневно приемане на сок, богат на нитрати. Първия път за добавка е използван 0,5 L сок от моркови, съдържащ 5,1 mmol NO_3^- (316 mg), а втория – 0,5 L сок от цвекло с добавка от арония, съдържащ също 5,1 mmol NO_3^- . В резултат на изследването не са открити значителни разлики в кръвното налягане и сърдечната честота в покой и при двете добавки. Авторите отчитат подобрение при последните 3 отсечки от теста 6x50, по-изразено при използването на сока от цвекло. Значително е подобрено времето на 800 метра свободен стил след консумация и на двата сока. При използването на сок от моркови обаче това подобрение е придружено от значително увеличение на максималната сърдечна честота. Според авторите 8-дневен прием на сок от червено цвекло с добавка от арония повишава работоспособността както при анаеробни, така и при аеробни натоварвания. Ергогенните ефекти на сока от моркови с високо съдържание на нитрати са по-изразени при аеробните натоварвания.

През 2017 г. Lowings и колектив изследват ефекта от приложението на нитрати върху работоспособността на тренирани плувци. В експеримента участват 10 университетски състезатели по плуване (5 жени и 5 мъже) на средна възраст 20 ± 1 години, които тренират минимум 3 пъти в седмицата. Участниците са разделени на 2 групи: експериментална – 3 часа преди тестирането приемат 140 mL богат на нитрати сок от цвекло ($\sim 12,5 \text{ mmol} - 775 \text{ mg}$); контролна – приемат беден на нитрати сок от цвекло ($\sim 0,01 \text{ mmol}$). Натоварването се състои от максимално плуване на 168 m (8x21 m) стил гръб. Определени са следните показатели: концентрацията на лактат в кръвта преди и след натоварването, концентрацията на азотен оксид преди натоварването, броят на загребванията за всяка дължина (21 m), времето, прекарано под вода за всяка дължина (21 m), време за всеки 2 дължини (42 m) и общо време (за 168 m). Авторите установяват, че концентрацията на азотен оксид в издишания въздух преди натоварването е значително повишена при състезателите, използвали богат на нитрати сок, в сравнение с тези от плацебо групата – 17 срещу 7 ppb, $p = 0,008$. В първата половина на плувния тест се отчита незначителен ефект от употребата на нитрати, докато при втората половина ефектът е определен като благоприятен. От друга страна, продължителността и скоростта на подводното плуване не се различават между експерименталната и контролната група. Приемът на нитрати увеличава бионаличността на азотен оксид, но не благоприятства плувните резултати на къси разстояния и подводното плуване (Lowings et al, 2017).

Целта на изследването на Esen и колектив през 2019 г. е оценка на ефекта от приема на нитрати върху постиженията на 100 и 200 m свободен стил. В изследването участват 5 жени и 5 мъже, университетски състезатели на средно ниво, на средна възраст 22 ± 6 години. Състезателите са тренирали минимум по 3–4 пъти седмично или общо 6–8 часа. Участниците са били разделени в 2 групи и в продължение на 3 дни едната група е приемала всеки ден по 140 mL богат на нитрати сок от цвекло ($\sim 8 \text{ mmol} - 496 \text{ mg}$), а другата – 140 mL беден на нитрати сок. През първите 2 дни приемът е разделен на две части – 70 mL сутрин и 70 mL следобед, а в последния ден 140 mL сок се приемат наведнъж 3 часа преди плувния тест. За оценка на ефекта от нитратите състезателите изпълняват 2 максимални плувания на 200 и 100 m кроул през 30 min пасивна почивка. В резултат на изследването се установява, че след прием на богат на нитрати сок от цвекло плазмената концентрация на нитрити е по-висока в сравнение с тази след прием на беден на нитрати сок. Систолното артериално налягане е по-ниско при плувците, приемащи богат на нитрати сок, в сравнение с контролната група. Не се наблюдават съществени разлики между двете групи в плувните резултати на 200 m (152,6 срещу 152,5 s) и на 100 m (69,5 срещу

69,4 s). Според авторите приемът на богат на нитрати сок от цвекло за период от 3 дни повишава концентрацията на нитрити в плазмата и понижава артериалното налягане, но не подобрява резултатите на 100 и 200 m кроул. Тези резултати не подкрепят наличието на ергогенен ефект на нитратите при плувци от средно ниво (Esen et al., 2019).

Приложение на аргинина в плуването

Две изследвания проучват ергогенния ефект на аргинина при плувци (Moosakhani et al., 2018; Esen and Karayigit, 2023). В рандомизиран двойно-сляп експеримент Moosakhani и колектив изследват 24 мъже на средна възраст 30 ± 5 години, състезатели по плуване на дълги дистанции, разделени на случаен принцип в 2 групи по 12 плувци, с цел оценка на ефекта от приема на аргинин върху възстановяването. В продължение на 7 дни експерименталната група приема добавка с аргинин (7 g/ден), а контролната приема плацебо. В началото и в края на експеримента е проведен максимален плувен тест на 1500 m свободен стил. Измерени са: серумният инсулин, растежният хормон, тестостеронът, кортизолът, пролактинът, лактатът и глюкозата, преди, веднага след, на 5-а, на 30-а и на 60-а минута след плувния тест. В групата на плувците, приемащи аргинин, се наблюдава значително намаление на концентрацията на инсулин преди теста и повишаване веднага след теста. Растежният хормон нараства на 60-ата минута. Кортизолът намалява на 30-ата и на 60-ата минута. Освен това, общият тестостерон се повишава, а инсулинът намалява. Няма значителни промени в серумния лактат, глюкозата и пролактина както след приема на аргинин, така и след плацебо. Според това проучване приемът на L-аргинин може да ускори възстановяването след натоварване за издръжливост чрез увеличаване на инсулиновия отговор, намаляване на нивата на серумния кортизол и модифициране на анаболния ефект на андрогените. Резултатите дават основание да се предполага, че приемът на аргинин може да подпомогне възстановяването на плувците на дълги дистанции след тренировка или състезание (Moosakhani et al., 2018).

През 2022 г. Esen и Karayigit оценяват ефекта от едноседмичен прием на L-аргинин върху постижението на 200 m свободен стил. В изследването са участвали 8 мъже, плувци на възраст 25 ± 5 години, трениращи средно 3 пъти седмично. В рандомизиран, кръстосан двойно-сляп опит плувците изпълняват едно първоначално тестиране на 200 m свободен стил, последвано от 7-дневен период на прием на аргинин в доза 8 g/ден и още един 7-дневен период на прием на плацебо. Освен постижението, е измерена и концентрацията на лактат в кръвта веднага след теста. Авторите не намират достоверна разлика в постижението на 200 m свободен стил между първоначалния опит ($149,40 \pm$

9,88 s), плуването след суплементиране с аргинин ($146,02 \pm 10,34$ s) и след приема на плацебо ($147,58 \pm 10,86$ s). Няма статистически значима разлика и в концентрацията на лактата в кръвта след проведените тестове (първоначален тест: $11,2 \pm 2,7$ mmol/L; тест след прием на аргинин: $13,1 \pm 1,8$ mmol/L; тест след прием плацебо: $12,2 \pm 2,7$ mmol/L). Според авторите едноседмичен прием на 8 g/ден L-аргинин няма ефект върху резултатите на 200 m свободен стил (Esen and Karayigit, 2023).

Приложение на цитрулина в плуването

Тъй като през последните години цитрулин-малат се смята като обещаваща хранителна добавка за повишаване на работоспособността при натоварвания с висока интензивност, през 2022 г. Newbury и колектив изследват нейния ефект при плувци. Участие вземат единадесет плувци на възраст 17 ± 3 години. В кръстосан двойно-сляп рандомизиран опит участниците приемат по 15 g цитрулин малат или плацебо 60 минути преди плувен тест с максимална интензивност – 6x300 m свободен стил с 60 s пасивна почивка между повторенията. Непосредствено преди и непосредствено след натоварването са отчетени следните показатели: концентрация на лактата в кръвта, систолното и диастолното артериално налягане и субективната оценка за усилието по Borg. Установено е, че общото време за теста на 6x300 m е по-кратко след прием на цитрулин-малат в сравнение с плацебо ($1276,6$ срещу $1272,0$ s). Въпреки това резултатите трябва да се интерпретират предпазливо, тъй като при част от състезателите подобрението е в полза на приемащите плацебо. Други, отбелязани от авторите ефекти от приема на цитрулин-малат са повишаване на: концентрацията на лактат в кръвта след натоварването; систолното и диастолното артериално налягане; субективните оценки на възприеманото усилие (Newbury et al., 2022).

Esen и сътрудници сравняват ефекта от 8-дневен прием на L-аргинин или L-цитрулин върху постиженията на 200 и 100 m свободен стил (Esen et al., 2022). Изследвани са 15 плувци и състезатели по триатлон на средно ниво (10 мъже и 5 жени), на средна възраст 25 ± 7 години, разделени на 3 групи по 5 (3-ма плувци и 2-ма състезатели по триатлон). Те тренират минимум 3 пъти седмично с обща продължителност между 4 и 8 часа. Всяка група приема аргинин, цитрулин и плацебо в рандомизиран двойно-сляп опит. В продължение на 7 дни състезателите приемат по 8 g от съответната добавка между 8 и 10 часа сутринта, като на 8-ия ден добавката се изпива 1,5 часа преди теста. Тестът се състои в максимално плуване на 200 m свободен стил, 30 минути пасивна почивка и максимално плуване на 100 m свободен стил. Освен постиженията, са определени плазмените концентрации на азотен оксид и лактат непосредствено преди и след плуването на 200 и 100

m. Не се наблюдава значима разлика в плазмените концентрации на азотен окис между групите. Също така, между групите няма значителна разлика в постиженията на 200 и 100 m. Авторите заключават че, приемът на добавки с цитрулин или аргинин в продължение на 8 дни не подобрява постиженията в средните (200 m) и късите (100 m) дистанции. Тези констатации не подкрепят използването на добавки с цитрулин или аргинин като ергогенно средство при плуване на 100 и 200 m (Esen et al., 2022).

Приложение на комбинацията от аргинин и цитрулин в плуването

В едно изследване от 2018 г. Hsueh и съавтори проучват ефекта от едновременното прилагане на верижно-разклонени аминокиселини (BCAA), аргинин и цитрулин върху постиженията на 8x50 m високоинтензивно интервално плуване при тренирани млади плувци. Изследването е с кръстосан дизайн, като участниците са осем мъже на възраст $15,6 \pm 1,3$ години и осем жени на възраст $15,6 \pm 0,9$ години, които са приемали както комбинацията от добавки, така и плацебо. Преди теста плувците са приемали 0,085 g/kg BCAA, 0,05 g/kg аргинин и 0,05 g/kg цитрулин. Резултатите от изследването показват по-добро средно време след приема на добавките в сравнение с това след приема на плацебо. Значителни разлики се наблюдават в първата, втората и седмата 50-метрова отсечка от теста. След прием на BCAA, аргинин и цитрулин са отчетени значително по-високи плазмени концентрации на BCAA и по-ниско съотношение триптофан/BCAA. Другите биохимични параметри и оценката на възприеманото от плувците усилие са сходни между двете изследвания. Резултатите показват, че комбинацията от BCAA, аргинин и цитрулин позволява на юношите плувци да подобрят резултатите си в интервална серия с висока интензивност (Hsueh et al., 2018).

ДИСКУСИЯ

Ефектите на нитратите в плуването са изследвани в 4 от описаните проучвания (Pinna et al., 2014; Pospieszna et al., 2016; Lowings et al., 2017; Esen et al., 2019). Основните изводи на авторите сочат, че при плувци нитратите увеличават бионаличността на азотен оксид, подобряват резултатите във втората половина на интервални натоварвания с висока интензивност, имат положителен ефект върху ефективността на аеробното енергообезпечаване и увеличават работното натоварване при анаеробния праг и следователно биха могли да подобрят състезателните резултати в дългите дисциплини. Трябва да се отбележи липсата на изследвания за ефекта на нитратите върху състезателните резултати.

Ефектите на аргинина в плуването са изследвани в 3 от описаните проучвания (Moosakhani et al., 2018; Esen and Karayigi, 2023; Esen et al., 2022). Според резултатите приемът на L-аргинин при плувци може да ускори възстановяването след натоварвания за издръжливост чрез увеличаване на инсулиновия отговор, намаляване на нивата на серумния кортизол и модифициране на анаболния ефект на андрогените. Въпреки оскъдните изследвания изглежда и аргининът, както нитратите, е по-вероятно да повлиява положително постиженията в по-дългите дисциплини (над 200 m).

Ефектите на аргинина в плуването са изследвани в 2 от описаните проучвания (Newbury et al., 2022; Esen et al., 2022). При плувци приемът на цитрулин-малат повишава концентрацията на лактат в кръвта след натоварване, систолното и диастолното артериално налягане и субективните оценки на възприеманото усилие. Вероятно както за нитратите и аргининът, така и за цитрулинът няма основания да се очаква положителен ефект при по-късите от 400 m дисциплини в плуването. Засега липсват експериментални данни за възможен положителен ефект на цитрулина при по-дългите дисциплини.

Комбинираното приложение на добавки, повишаващи продукцията на азотен оксид, с други хранителни добавки е предмет на 1 проучване (Hsueh et al., 2018). Комбинираният прием на ВСАА, аргинин и цитрулин вероятно може да повиши плазмените концентрации на ВСАА, да понижи съотношение триптофан/ВСАА и може да подобри резултатите в интервални серии с висока интензивност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обобщение, от относително малкия брой изследвания може с известна сигурност да се твърди, че:

1. Приемът на нитрати при плувци в дози между 300 и 700 mg, от 3 до 8 дни преди състезание, включително и 3 часа преди старт, може да подобри аеробната работоспособност и съответно постиженията в дисциплините, по-дълги от 200 m.
2. Приемът на аргинин може да подпомогне възстановяването на плувците на дълги дистанции след тренировка или състезание.
3. Азотните бустери могат да подобрят резултатите в интервални серии в плуването.
4. Литературните източници не подкрепят използването на азотни бустери като ергогенно средство при състезателно плуване на дистанции от 200 m или по-къси.

5. Както всички добавки в спорта, така и азотните бустери трябва да бъдат експериментирани в тренировъчни условия и неотговорни състезания поради възможни индивидуални странични реакции.

ЛИТЕРАТУРА

Campos, H. O., Drummond, L. R., Rodrigues, Q. T., Machado, F. S. M., Pires, W., Wanner, S. P., & Coimbra, C. C. (2018). Nitrate supplementation improves physical performance specifically in non-athletes during prolonged open-ended tests: a systematic review and meta-analysis. *The British journal of nutrition*, 119(6), 636–657.

Esen, O., & Karayigit, R. (2023). One-Week L-Arginine Supplementation Had No Effect on 200m Freestyle Swimming Time Trial in Moderately-Trained Male Swimmers. *Journal of dietary supplements*, 20(5), 777–787.

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(8), 4462.

Esen, O., Nicholas, C., Morris, M., & Bailey, S. J. (2019). No Effect of Beetroot Juice Supplementation on 100-m and 200-m Swimming Performance in Moderately Trained Swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 14(6), 706–710.

Gonzalez, A. M., & Trexler, E. T. (2020). Effects of Citrulline Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Review of the Current Literature. *Journal of strength and conditioning research*, 34(5), 1480–1495.

Hsueh, C. F., Wu, H. J., Tsai, T. S., Wu, C. L., & Chang, C. K. (2018). The Effect of Branched-Chain Amino Acids, Citrulline, and Arginine on High-Intensity Interval Performance in Young Swimmers. *Nutrients*, 10(12), 1979.

Lowings, S., Shannon, O. M., Deighton, K., Matu, J., & Barlow, M. J. (2017). Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Swimming Performance in Trained Swimmers. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 27(4), 377–384.

Moosakhani, A., Choobineh, S. & Soori, R. (2018). Effect of L-arginine alpha ketoglutarate supplementation on hormonal response during recovery in male endurance swimmers. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 177, 65-71.

Newbury, J., Kelly, A., Cole, M. & Gough, L. (2022). Citrulline malate did not improve aerobic swimming performance in highly trained swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 40(1), 3–39

Pinna M, Roberto S, Milia R, Marongiu E, Olla S, Loi A, Migliaccio GM, Padulo J, Orlandi C, Tocco F, Concu A, Crisafulli A. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients*. 2014 Jan 29;6(2):605-15. doi: 10.3390/nu6020605. PMID: 24481133; PMCID: PMC3942720.

Pospieszna, B., Wochna, K., Jerszyński, D., Gościnną, K., & Czapski, J. (2016). Ergogenic effects of dietary nitrates in female swimmers. *Sport Sciences: 1(23): 13-20*.

Spier, S. A., Delp, M. D., Stallone, J. N., Dominguez, J. M., 2nd, & Muller-Delp, J. M. (2007). Exercise training enhances flow-induced vasodilation in skeletal muscle resistance arteries of aged rats: role of PGI₂ and nitric oxide. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 292(6), H3119–H3127.

Van De Walle, G. P., & Vukovich, M. D. (2018). The Effect of Nitrate Supplementation on Exercise Tolerance and Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 32(6), 1796–1808.

Автор за кореспонденция:

Михаил Качаунов

Национална спортна академия „Васил Левски“,

катедра „Водни спортове“

E-mail: mihail.kachaunov@gmail.com