

## Модуль 4: Дополнения

### Раздел 1: вспомогательные эргогенные средства

Тема 1: кофеин

Тема 2: креатин

Тема 3: бета-аланин и карнозин

Тема 4: Бикарбонат

### Блок 2: Прочие добавки

Тема 1: Диетические нитраты

Тема 2: Витамин D

Тема 3: Антиоксиданты

Тема 4: Рыбий жир

В этом модуле мы обсудим ряд добавок, которые могут быть важны в день матча или в преддверии дня матча. На рынке более 55 000 добавок, поэтому невозможно обсудить все добавки. Здесь мы сосредоточимся на 8 добавках, которые имеют хорошее обоснование и доказательства, а также на некоторых добавках, которые очень распространены (но могут не подтверждаться множеством доказательств).

## 4.1 вспомогательные эргогенные средства

### 4.1.1 Кофеин

Кофеин содержится в самых разных напитках и продуктах, включая чай, кофе, колу, гуарану и шоколад. Большинство напитков с кофеином, потребляемых во всем мире, получают из кофейных зерен или чайных листьев. Однако кофеин также можно найти во многих продуктах спортивного питания, таких как гели, жевательные резинки, энергетические шоты и энергетические напитки. В таблице 1 указано содержание кофеина в ряде продуктов. Кофеин - это лекарство и пищевая субстанция. Его часто называют самым популярным наркотиком во всем мире. Это также наиболее изученный из всех эргогенных средств. Исследования неизменно показывают, что показатели выносливости улучшаются с кофеином, и также очевидно, что улучшаются различные когнитивные аспекты.

**Таблица 1: Содержание кофеина в различных продуктах питания, напитках и лекарствах**



Item	Caffeine content (mg)	Item	Caffeine content (mg)
<b>Coffee</b>		<b>Pain relievers (per tablet)</b>	
Drip method (150 ml [5 oz])	110-150	Anacin	32
Percolated (150 ml [5 oz])	64-124	Eccodrin	65
Instant (150 ml [5 oz])	40-100	Micril	32
Decaffeinated (150 ml [5 oz])	2-5	Aspirin	0
Starbucks grande (480 ml [16 oz])	550	Vinquin	33
Starbucks tall (360 ml [12 oz])	375	<b>Diuretics (per tablet)</b>	
Starbucks short (240 ml [8 oz])	250	Aqua Bran	200
Starbucks tall latte (360 ml [12 oz])	70	Pro-Mem Forte	100
<b>Tea</b>		<b>Cold Remedies (per tablet)</b>	
1 min brew (150 ml [5 oz])	9-33	Coryban-D	30
3 min brew (150 ml [5 oz])	20-46	Dristan	0
5 min brew (150 ml [5 oz])	20-50	Tritaminin	30
Instant tea (150 ml [5 oz])	12-28	<b>Weight-control aids (per tablet)</b>	
iced tea (360 ml [12 oz])	22-36	Dexamim	200
<b>Chocolate</b>		Phenamine	140
Made from milk	6	<b>Stimulants (per tablet)</b>	
Milk chocolate (30 g [1 oz])	6	Pro Plus	50
Baking chocolate	35	NoDor	100
Chocolate bar (100 g [4 oz])	12-15	<b>Prescription pain relievers (per tablet)</b>	
<b>Soft drinks</b>		Calegoric	100
Mountain Dew (355 ml [12 fl oz])	55	Davron compound	32
Mello Yello (355 ml [12 fl oz])	52	Furinal	40
Coca-Cola (355 ml [12 fl oz])	46	Migramal	1
Diet Coke (355 ml [12 fl oz])	46		
Pepsi (355 ml [12 fl oz])	38		
Diet Pepsi (355 ml [12 fl oz])	36		
Dr. Pepper (355 ml [12 fl oz])	40		
Red Bull (250 ml [8 oz])	80		

Источник: Jeukendrup and Gleeson, 2018 г., <https://bit.ly/2UENOq7>.

Item	Элемент
Caffeine content (mg)	Содержание кофеина (мг)
Coffee	Кофе
Drip method (150 ml [5oz])	Капельный метод (150 мл [5 унций])
Percolated (150 ml [5 oz])	Перколированный (150 мл [5 унций])
Instant (150 ml [5 oz])	Растворимый (150 мл [5 унций])
Decaffeinated (150 ml [5 oz])	Без кофеина (150 мл [5 унций])
Starbucks Grande (480 ml [16 oz])	Starbucks Grande (480 мл [16 унций])
Starbucks tall (360 ml [12 oz])	Старбакс высокий (360 мл [12 унций])
Starbucks short (240 ml [8 oz])	Starbucks short (240 мл [8 унций])



Starbucks tall latte (360 ml [12 oz])	Старбакс латте (360 мл [12 унций])
Tea	чай
1 min brew (150ml [5oz])	Заваривание 1 мин. (150 мл [5 унций])
3 min brew (150ml [5oz])	Заваривание 3 минуты (150 мл [5 унций])
5 min brew (150ml [5oz])	Заваривать 5 минут (150 мл [5 унций])
Instant tea (150ml [5oz])	Растворимый чай (150 мл [5 унций])
Iced tea (360ml [12oz])	Холодный чай (360 мл [12 унций])
Chocolate	Шоколад
Made from mix	Сделано из смеси
Milk chocolate (30 g [1 oz])	Молочный шоколад (30 г [1 унция])
Baking chocolate	Выпечка шоколада
Chocolate bar (100 g [4 oz])	Плитка шоколада (100 г [4 унции])
Soft drinks	Безалкогольные напитки
Mountain dew (355 ml [12 fl oz])	Горная роса (355 мл [12 жидких унций])
Mello yello (355 ml [12 fl oz])	Mello yello (355 мл [12 жидких унций])
Coca cola (355 ml [12 fl oz])	Кока-кола (355 мл [12 жидких унций])
Diet coke (355 ml [12 fl oz]) Pepsi (355 ml [12 fl oz])	Диетический кока кола- пепси (355 мл [12 жидких унций])
Diet pepsi (355 ml [12 fl oz])	Диетический пепси (355 мл [12 жидких унций])



Dr. pepper (355 ml [12 fl oz])	<b>Доктор перец (355 мл [12 жидких унций])</b>
Red bull (250 ml [8 fl oz])	<b>Ред Булл (250 мл [8 жидких унций])</b>
Pain relievers (per tablet)	<b>Обезболивающие (за таблетку)</b>
Anacin	<b>Анацин</b>
Excedrin	<b>Экседрин</b>
Midol	<b>Мидол</b>
Aspirin	<b>Аспирин</b>
Vanquish	Vanquish
Diuretics (per tablet)	<b>Диуретики (на таблетку)</b>
Aqua ban	<b>Аква-бан</b>
Pre-Mens forte	<b>Pre-Mens forte</b>
Cold remedies (per tablet)	<b>Средства от простуды (за таблетку)</b>
Coryban-D	<b>Корибан-Д</b>
Dristan	<b>Дристан</b>
Triaminicin	<b>Триаминицин</b>
Weight-control aids (per tablet)	<b>Средства для контроля веса (на таблетку)</b>
Dexatrim	<b>Dexatrim</b>
Prolamine	<b>Проламин</b>
Stimulant (per tablet)	<b>Стимулятор (на таблетку)</b>
Pro plus	<b>Про плюс</b>
NoDoz	<b>NoDoz</b>



Prescription pain relievers (per tablet)	<b>Обезболивающие, отпускаемые по рецепту (за таблетку)</b>
Cafergot	<b>Cafergot</b>
Davron compound	<b>Соединение Даврона</b>
Fiorinal	<b>Fiorinal</b>
Migramal	<b>Миграмаль</b>

Кофеин всасывается за время до достижения максимальной концентрации в плазме от 30 до 90 минут, а период полувыведения составляет около пяти часов. Кофеин метаболизируется системой оксидазы цитохрома P-450 (CYP) до различных метаболитов ксантина, при этом от одного до трех процентов выводится с мочой в виде свободного кофеина. Привычное потребление кофеина также влияет на метаболизм, подавляя многие физиологические эффекты (таксифилаксию). Например, привычное употребление кофеина в течение нескольких дней ослабляло резкое повышение частоты сердечных сокращений или артериального давления, вызванное приемом пищи (Robertson, Wade, Workman, Woosley, & Oates, 1981); липолитические эффекты у женщин ослаблялись во время упражнений (Fisher, McMurray, Berry, Mar, & Forsythe, 1986). В отличие от приведенных выше данных, эргогенные эффекты кофеина сходны как у непривычных, так и у обычных потребителей кофеина (Van Soeren, Sathasivam, Spriet, & Graham, 1993).

Ранние исследования 1970-х годов показали, что прием кофеина (~ 5 мг / кг) улучшает показатели цикла выносливости (Costill, Dalsky, & Fink, 1978; Ivy, Costill, Fink, & Lower, 1979). Впоследствии многие лабораторные исследования показали либо большую выходную мощность в течение определенного периода времени, либо большее время до истощения. Большое количество исследований также выявило улучшения в конкретных видах спорта на выносливость, включая бег, беговые лыжи и езду на велосипеде. «В подавляющем большинстве этих исследований использовались дозы кофеина в диапазоне от 3 до 6 мг / кг, принимаемые примерно за час до тренировки. Совсем недавно исследования показали, что гораздо более низкие дозы кофеина (1,0–2,0 мг / кг), особенно когда их принимают позже во время выполнения упражнения на выносливость, улучшают работоспособность» (Cox et al. 2002, <https://bit.ly/2RG3P0b>) «Недавний метаанализ, включавший сорок шесть исследований, показал, что кофеин оказывает небольшое, но очевидное влияние на выносливость при приеме в умеренных дозах (3–6 мг / кг). А также общее улучшение после приема кофеина по сравнению с плацебо в средней выходной мощности ( $3,03 \pm 3,07\%$ ; размер эффекта =  $0,23 \pm 0,15$ ) и времени завершения испытания на время ( $2,22 \pm 2,59\%$ ; размер эффекта =  $0,41 \pm 0,2$ )» (Southward, Резерфорд-Марквик и Али, 2018 г., <https://bit.ly/2sgMSv7>). Другой недавний метаанализ также показал, что кофеин может быть более эффективным, если продолжительность упражнений больше (Shen, Brooks, Cincotta, & Manjourides, 2018).

Доказательства эргогенного эффекта кофеина на выполнение высокоинтенсивных тренировок менее убедительны, когда мы анализируем данные о задачах на



выносливость. Ряд исследований не выявили улучшения результатов тридцатисекундного спринтерского велотренажера с приемом кофеина, и данные о силе отдельных усилий или силовых маневрах также неоднозначны. Тем не менее недавний метаанализ пришел к выводу, что «на основании текущих данных кажется, что кофеин увеличивает как максимальную силу, так и мышечную выносливость, а мощность, по-видимому, увеличивается с помощью добавок кофеина» (Grgic, Mikulic, Schoenfeld, Bishop, & Pedisic, 2018, <https://bit.ly/2CbNira>). Авторы также отметили, что этот эффект может в определенной степени зависеть от дозы кофеина и внешней нагрузки.

## Механизмы

Текущие данные показывают, что кофеин действует как антагонист аденозиновых рецепторов. Рецепторы аденозина широко присутствуют в тканях человека, включая мозг, скелетные мышцы и жировую ткань. Антагонизм аденозина в адипоцитах явно приводит к усилению липолиза и увеличению концентрации свободных жирных кислот (FFA) в плазме. Следовательно, «классические» исследования, оценивающие эргогенный потенциал кофеина, считали, что обнаружение более низкого коэффициента респираторного обмена во время упражнений на выносливость указывает на то, что кофеин увеличивает концентрацию свободных жирных кислот в плазме, поглощение мышцами и окисление жиров, и это приводит к экономии внутримышечного гликогена через эффект Рэндла (Costill et al., 1978). Эта гипотеза стала прочно обоснованной в течение более чем десятилетия, и с более поздней модификацией, согласно которой экономия имела место в основном в период перехода от раннего отдыха к тренировке; однако с тех пор исследования не показали никаких доказательств экономии гликогена после длительных упражнений на выносливость (Graham, Battram, Dela, El-Sohemy, & Thong, 2008). Повышение уровня свободных жирных кислот в плазме, постоянно наблюдаемое в покое, связано с адренергическим (адреналин, норадреналин) действием на липолиз адипоцитов; однако этот эффект перекрывается адренергическим эффектом упражнений. (Грэм, Баттрам, Дела, Эль-Сохеми и Тонг, 2008 г., <https://bit.ly/2Qw4FYV>)

Это первоначальное объяснение влияния кофеина на выносливость было заменено представлением о том, что влияние кофеина на производительность находится в мозге. В настоящее время принято считать, что большинство эффектов кофеина, повышающих производительность, достигаются за счет антагонизма аденозиновых рецепторов, влияющих на дофаминергическую и другие системы нейротрансмиттеров. Аденозин и дофамин взаимодействуют в головном мозге, и это может быть одним из механизмов, объясняющих, как важные компоненты мотивации (например, энергия, настойчивость и результативность работы) и процессы мозга более высокого порядка участвуют в моторном контроле (Meeusen, Roelands, & Spriet, 2013). Кофеин поддерживает более высокую концентрацию дофамина, особенно в тех областях мозга, которые связаны с «вниманием». Благодаря этому нейрохимическому взаимодействию кофеин улучшает постоянное внимание, бдительность и уменьшает симптомы усталости (Meeusen et al., 2013). Другие аспекты, которые локализуются в центральной нервной системе, - это уменьшение боли в скелетных мышцах и ощущения силы, что приводит к снижению восприятия усилия во время упражнения и, следовательно, влияет на мотивационные



факторы для поддержания усилия во время упражнения. (Meeusen et al.2013, <https://bit.ly/2HfXapJ>).

На мышечном уровне кофеин может оказывать дополнительное влияние на сокращение мышц. Кофеин может усиливать высвобождение кальция из саркоплазматического ретикулума и может привести к повышенной возбудимости мышц.

Повышенная отдача силы у людей во время низкочастотной электрической стимуляции мышц кофеином, и мы предположили, что этот эффект был вызван повышенным высвобождением кальция из саркоплазматической сети (Tarnopolsky & Cupido, 2000). Было продемонстрировано, что острое введение кофеина (5 мг / кг) увеличивало низкочастотную (20 Гц, имитирующую упражнения на выносливость) электрическую стимуляцию мышечной силы во время протокола утомления (Tarnopolsky & Cupido, 2000).

Существуют также исследования, которые показывают, что кофеин может улучшить физические, технические и связанные с навыками элементы производительности, типичные для футбольных матчей. Например, кофеин может повысить эффективность повторных спринтов и прыжков, реактивную ловкость и точность передач во время протоколов упражнений прерывистого типа (Duvnjak-Zaknich, Dawson, Wallman, & Henry, 2011; Foskett, Ali, & Gant, 2009; Gant, Stinear, И Byblow, 2010) (Morton, 2014, <https://bit.ly/2Fe2oAc>).

Как правило, эти измерения эффективности навыков будут более разнообразными, чем другие измерения эффективности. Это, в сочетании с относительно небольшими размерами выборки, скорее всего, является причиной того, что результаты различных исследований кажутся неоднозначными. Например, в некоторых исследованиях обнаруживается влияние на ловкость, но не на результативность повторных спринтов, а в других исследованиях может быть наоборот. Однако в целом кажется, что многие аспекты футбольных результатов можно улучшить с помощью кофеина. Недавний метаанализ показал, что прием умеренной дозы кофеина (от 3 до 6 мг / кг) перед тренировкой приводит к небольшим / тривиальным, но статистически значимым улучшениям: в показателях прыжков, бега, ловкости, командных видов спорта выносливость. В то же время он увеличил дистанцию бега и дистанцию спринта во время командных спортивных матчей (Salinero, Lara, & Del Coso, 2018).

## **Доставка кофеина**

В следующем разделе мы обсудим практические аспекты доставки кофеина. Эргогенные эффекты кофеина обычно достигаются при приеме внутрь 2-6 мг / кг веса тела. Лучшую или предпочтительную дозу необходимо будет определять индивидуально, поскольку эффективность может варьироваться у разных людей (это обсуждается в разделе, посвященном индивидуальному питанию и роли генома), а также потому, что побочные эффекты могут быть разными (см. Ниже).

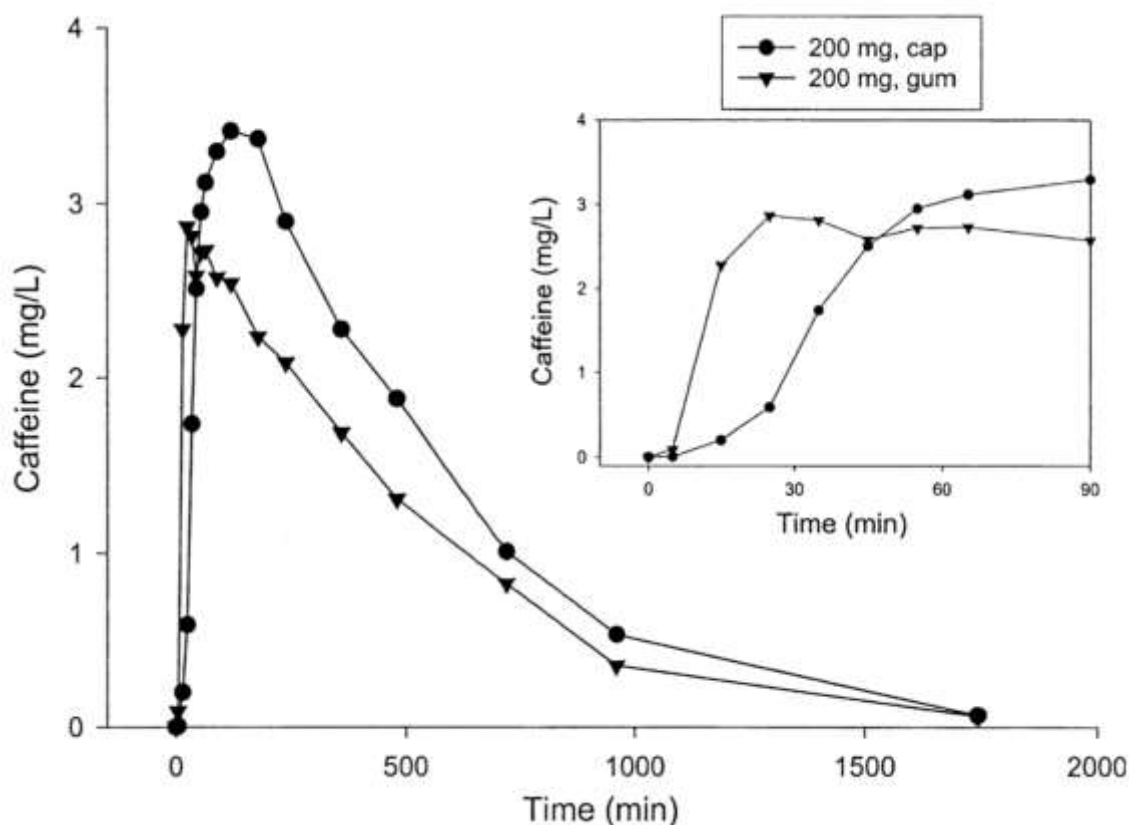
Традиционно кофеин вводят в форме таблеток или капсул или с кофе, но продукты спортивного питания становятся все более распространенными. В дни матчей эти спортивные продукты с кофеином обычно употребляются, но в дни тренировок кофеин также можно употреблять в виде чая или кофе с завтраком или едой перед тренировкой. Недавние данные показали, что употребление кофе перед тренировкой дает такие же преимущества в производительности, как и прием безводного кофеина



в форме таблетки или капсулы (Hodgson, Randell, & Jeukendrup, 2013). Учитывая, что уровень кофеина в плазме достигает пика примерно через 45-90 минут после приема внутрь, рекомендуется употреблять напитки, капсулы или гели с кофеином (в зависимости от предпочтений игроков) до периода разминки, то есть за 45-90 минут до начала игры.

Другая форма доставки кофеина - жевательная резинка. Этот механизм доставки был разработан военными, которые хотели быстрее доставлять кофеин. Кофеин может намного быстрее всасываться через слизистую оболочку щеки (рис. 1). При всасывании через кишечник обычно проходит 20-30 минут, прежде чем значительное количество кофеина всасывается. В случае жевательной резинки (или леденцов) абсорбция мгновенная.

**Рисунок 1:** Профили средней концентрации кофеина в плазме после приема 50-, 100- или 200-мг дозы кофеина, доставленной в виде капсулы или жевательной резинки здоровым добровольцам мужского пола (по 12 субъектов в каждой из семи групп лечения)



Источник: Wickham and Spriet, 2018 г., <https://goo.gl/VjFaLs>.

Caffeine (mg/L)	Кофеин (мг / л)
Time (min)	Время (мин)

Исследования жевательных резинок, содержащих кофеин, показывают неоднозначные результаты, но в целом эффекты положительные в исследованиях, в



которых вводили более высокую дозу, обеспечивали достаточное время всасывания и измеряли эффективность в течение более длительного периода (> 30 минут). Например, Lane et al. (2014) показали, что жевательная резинка с кофеином улучшает показатели в гонках на время на 3-4% при приеме внутрь 3 мг / кг кофеина. В другом исследовании 50 мг кофеина было принимается непосредственно перед гонкой на время продолжительностью примерно 30 минут (и каждые 8 минут после этого); никакого эффекта не наблюдалось (Oberlin-Brown, Siegel, Kilding, & Laursen, 2016). Исследования также показали, что простое полоскание рта раствором, содержащим кофеин, может улучшить повторяющиеся тренировки, краткосрочные и высокоинтенсивные упражнения (Wickham & Spriet, 2018).

Все большую популярность набирают аэрозоли с кофеином для полости рта и назальные спреи. Эти спреи предназначены для стимуляции нервов, напрямую связанных с мозгом, и могут повышать концентрацию кофеина в крови за счет абсорбции через слизистые и легкие. Однако на данный момент существует мало исследований и мало доказательств в поддержку этих механизмов доставки (Wickham & Spriet, 2018).

If кофеин предоставляется в форме капсулы, пилюли, кофе, продукта спортивного питания или другой пищевой формы, обычно рекомендуется принимать дозу кофеина за 45-60 минут до занятия. Если используется жевательная резинка с кофеином, кофеин попадет в кровь намного быстрее, и поэтому его можно использовать в течение 15 минут до матча или во время разминки.

### **Побочные эффекты**

Хотя в среднем кофеин явно эргоген, не у всех людей наблюдается улучшение работоспособности после острого приема кофеина. Большие дозы (> 6 мг / кг ВМ) могут вызывать у некоторых людей негативные симптомы, включая учащение пульса, раздражительность, тремор, спутанность сознания, снижение концентрации, одышку и т. Д. Потребление высоких доз кофеина до или во время ночных игр может также и может быть проблематичным, учитывая, что это может отрицательно повлиять на качество сна.

Таким образом, игрокам настоятельно рекомендуется экспериментировать с кофеином на тренировках, чтобы выработать оптимальную дозу для них. Начните тренировку с низкой дозы и следите за восприятием. Затем на следующей тренировке увеличьте дозу и продолжайте контролировать восприятие усилия. Повторяйте это, пока не найдете дозу, с которой игрок чувствует себя наиболее комфортно. Если возможно, следите за пульсом. В дни матчей немного снизьте дозу, поскольку повышенное беспокойство в день матча может изменить физиологические реакции.

### **4.1.2 Креатин**

Креатин стал популярной добавкой после Олимпийских игр 1992 года в Барселоне. Обладатели золотых медалей Линфорд Кристи в беге на 100 м среди мужчин и Салли Ганнелл в беге на 400 м с барьерами среди женщин предположительно использовали креатиновые добавки. Ко времени



проведения Олимпийских игр в Атланте в 1996 году примерно 80% всех спортсменов употребляли креатин (Williams et al. 1999). Мировое потребление креатина спортсменами в настоящее время оценивается примерно в 3 000 000 кг / год. В этом разделе обсуждается эффективность креатина в различных видах спорта и предполагаемые механизмы действия. Подробнее о роли креатина в метаболизме и производительности см. Casey and Greenhaff (Casey et al. 2000), Greenhaff (1998) и Terjung et al. (2000).

## **В организме**

Креатин (метилгуанидин-уксусная кислота) - это встречающееся в природе соединение, присутствующее в основном в мышечной ткани. Это не важное питательное вещество, потому что оно может синтезироваться в организме человека. У нормальных здоровых людей диета и пероральный прием вместе обеспечивают примерно 2 г креатина в день. В то же время и примерно с той же скоростью (2 г / день) креатин расщепляется до креатинина и выводится с мочой. Около двух третей креатина, вводимого внутримышечно, составляет фосфокреатин (PCr), а оставшаяся часть - свободный креатин. Общий пул креатина (PCr + Cr) в мышцах составляет в среднем около 120 ммоль / кг сухой мышечной массы для человека весом 70 кг, а верхний предел запаса креатина составляет около 160 ммоль / кг сухой мышечной массы.

Основными диетическими источниками креатина являются рыба и красное мясо. Строгие вегетарианцы и веганы потребляют незначительное количество креатина, потому что растения содержат только следовые количества. Следовательно, они зависят от эндогенного синтеза креатина.

У мужчины весом 70 кг общий запас креатина составляет примерно 120 г, 95% которого приходится на мышцы (скелетные, сердечные и гладкие). Остальные 5% находятся в головном мозге, печени, почках и яйцках. Креатин, синтезируемый в печени и почках и всасываемый из пищи, переносится кровью в мышцы. Мышцы поглощают креатин против градиента концентрации за счет натрийзависимого насыщаемого активного процесса транспорта. В мышечной клетке креатин фосфорилируется, после чего он остается внутри мышцы. Мышечные волокна типа I и типа II имеют разное содержание креатина; Волокна типа II содержат примерно на 30% больше креатина, чем волокна типа I. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

## **Метаболический процесс**

PCr служит для регенерации АТФ. По мере сокращения мышц аденозинтрифосфат (АТФ) расщепляется до аденозиндифосфата (АДФ) и неорганического фосфата (Pi), обеспечивая энергию:

$ATP \rightarrow ADP + P_i + \text{энергия}$



Запасы АТФ очень малы, и во время интенсивных максимальных упражнений они могут обеспечивать энергией всего 1-2 секунды. Когда концентрация АТФ в общей мышце падает и достигает уровня около 30%, происходит утомление мышц (Hultman, Greenhaff, Ren, & Soderlund, 1991; Karlsson & Saltin, 1970). Чтобы предотвратить утомление, регенерация АТФ должна происходить со скоростью, аналогичной скорости гидролиза АТФ, чтобы поддерживать концентрации АТФ, близкие к нормальным (в состоянии покоя). Важной функцией PCr в мышцах является обеспечение высокоэнергетической фосфатной группы для регенерации АТФ в течение первых секунд высокоинтенсивных упражнений. Это даст время, чтобы распад гликогена и гликолиз (другой основной процесс, генерирующий цитозольный АТФ во время высокоинтенсивных упражнений) ускорились до необходимой скорости. Передача фосфатной группы от фосфокреатина к аденозиндифосфату (АДФ) катализируется ферментом креатинкиназой, что приводит к регенерации АТФ и высвобождению свободного креатина:



ПЦр присутствует в мышцах в состоянии покоя в концентрации, в три-четыре раза превышающей концентрацию АТФ. Во время бега на 100 м за секунду расщепляется 22 г АТФ, или около 50% содержания АТФ на килограмм активной мышцы (А. Е. Jeukendrup & Gleeson, 2018). Поскольку при снижении концентрации АТФ во всей мышце примерно на 30% в мышцах человека возникает усталость, необходимость в повторном фосфорилировании АДФ, образующегося во время сокращения, очевидна.

Анаэробная деградация PCr и гликогена ответственна за чрезвычайно высокую скорость ресинтеза АТФ в первые секунды высокоинтенсивных упражнений (Hultman et al., 1991; Karlsson & Saltin, 1970). Но запасы PCr в мышцах ограничены и истощаются примерно за 5 секунд сверхмаксимальной нагрузки. Таким образом, концентрация АТФ в скелетных мышцах сохраняется до некоторой степени во время одиночных или повторяющихся циклов сверхмаксимальных упражнений. Однако анаэробный ресинтез АТФ не может поддерживаться с той же скоростью, что и в течение первых нескольких секунд сверхмаксимальных упражнений. Следовательно, в течение 30 секунд скорость оборота АТФ падает примерно на 20%. Высокие запасы ПЦр, возможно, уменьшают потребность в анаэробном гликолизе и образовании молочной кислоты во время интенсивных упражнений, что может быть еще одним потенциальным преимуществом приема креатина.

Другой важной функцией креатина является его потенциальная буферная способность для ионов водорода, поскольку эти ионы используются во время регенерации АТФ, как показано в предыдущем уравнении. Более высокая концентрация креатина в мышцах также подразумевает увеличение потока через реакцию креатинкиназы, что приводит к увеличению синтеза PCr во время восстановления после упражнений высокой интенсивности. Роли креатина, перечисленные ранее, предполагают, что увеличение запасов креатина в мышцах и PCr принесет пользу при выполнении упражнений высокой интенсивности.

## Дополнение



Харрис, Содерлунд и Халтман (1992) первыми заявили, что прием моногидрата креатина может увеличить общие запасы креатина в мышцах (креатин и фосфокреатин). В этом исследовании прием 5 г креатина четыре-шесть раз в день в течение нескольких дней увеличивал общую концентрацию креатина в среднем на 25 ммоль / кг с.в., а 30% увеличения общего содержания креатина приходилось на фосфокреатин. Первое исследование эффективности было проведено Greenhaff et al. (1993). Субъекты принимали 20 г креатина в день в течение 5 дней, и креатин действительно улучшал работоспособность примерно на 6% во время повторных сеансов максимальной нагрузки на разгибатели колена. После этого исследования последовало еще много исследований, изучающих различные режимы упражнений, но в значительной степени подтверждающих первые результаты. Результаты различных исследований обобщены в различных обзорах (Bird, 2003; Kreider, 2003). Здесь мы сосредоточимся преимущественно на многократном беге на короткие дистанции, адаптации силовых тренировок и когнитивных способностях, так как это области, очень важные для футбола. Однако креатин также изучался в отношении травм, сотрясений мозга и восстановления.

подавляющее большинство исследований, оценивающих эффективность добавок креатина в отношении уровней фосфагена в мышцах, удержания креатина в организме и / или производительности, оценивали моногидрат креатина. «Утверждения, что различные формы креатина деградируют в меньшей степени, чем моногидрат креатина *in vivo*, или приводят к большему поглощению мышцами, в настоящее время необоснованны. Клинические данные не продемонстрировали, что различные формы креатина, такие как цитрат креатина, сыворотка креатина, этиловый эфир креатина, забуференные формы креатина или нитрат креатина, способствуют большему удержанию креатина, чем моногидрат креатина». (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

## Режимы загрузки

Типичный режим загрузки креатином составляет 4 x 5 г / день, каждый в разное время дня в течение 6-дневного периода. Ранние исследования показали, что это эффективно и увеличивает концентрацию креатина в мышцах примерно на 25 ммоль / кг сухой массы. Такое увеличение соответствует примерно 20% базовой общей концентрации креатина в мышцах, составляющей примерно 125 ммоль / кг сухой массы. Hultman, Soderlund, Timmons, Cederblad и Greenhaff (1996) наблюдали, что после этой начальной фазы загрузки 20 г / день в течение 6 дней поддерживающей дозы 2 г / день было достаточно, чтобы поддерживать высокую концентрацию общего креатина в течение 35 дней. Прекращение приема креатина привело к медленному, постепенному снижению концентрации креатина в мышцах. Исследования показали, что после того, как запасы креатина в мышцах увеличиваются, обычно требуется 4–6 недель для восстановления запасов креатина до исходного уровня.

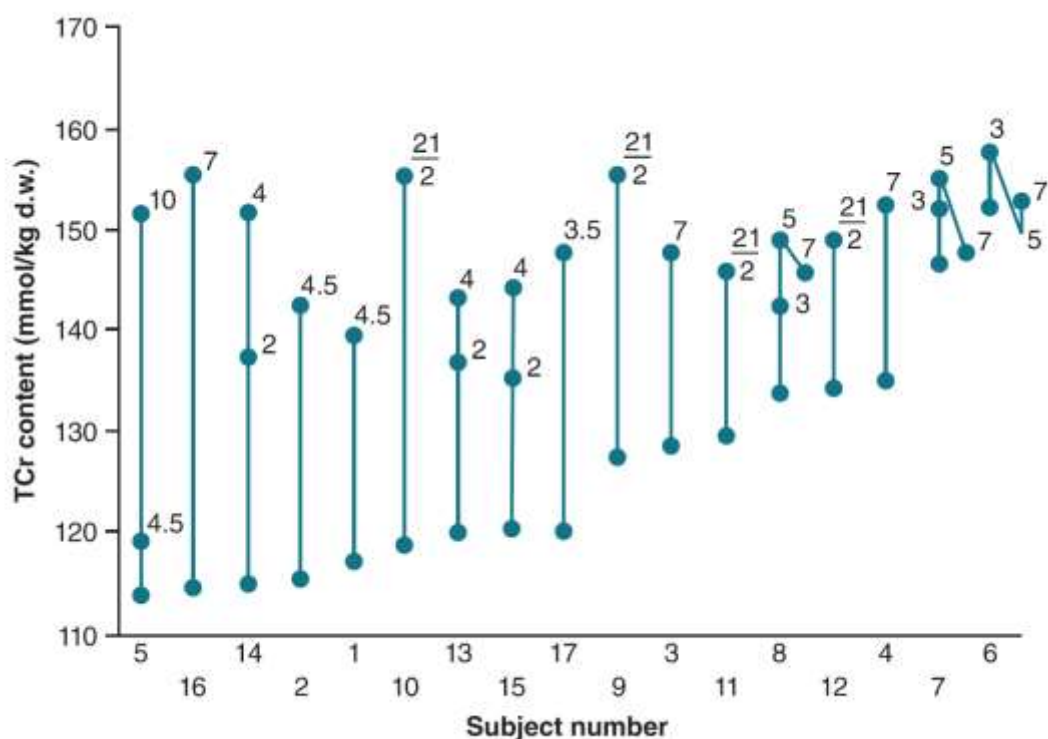
Не обязательно использовать 6-дневную фазу загрузки. Когда креатин принимался в более низкой дозе 3 г / день, скорость увеличения мышечного креатина была ниже, но через 28 дней была достигнута такая же общая концентрация креатина. Таким



образом, если спортсмены хотят быстро увеличить мышечный креатин до максимального уровня, рекомендуется использовать нагрузочную дозу 20 г / день в течение 6 дней с последующей поддерживающей дозой 2-3 г / день, тогда как непрерывная доза 3 г / день приводит к такой же максимальной уровень примерно через 1 месяц. Увеличение концентрации PCr в мышцах составило примерно 40% от увеличения общей концентрации креатина с помощью обеих процедур.

Между испытуемыми существуют значительные различия в исходной общей концентрации креатина в мышцах (рис. 2). Причины вариаций в значительной степени неизвестны, но могут быть, по крайней мере, частично связаны с привычной диетой спортсменов-вегетарианцев / веганов, как правило, на более низких уровнях. Наибольшее увеличение концентрации креатина в мышцах наблюдается у людей с самой низкой начальной концентрацией креатина, тогда как те, у кого уже есть высокие концентрации креатина, получают лишь незначительную пользу от сухой массы (Harris et al., 1992). Концентрация 160 ммоль / кг сухой массы, по-видимому, является максимальной концентрацией креатина, достижимой при добавлении креатина, но только около 20% субъектов достигли этого уровня после приема креатина.

**Рисунок 2: Индивидуальные реакции на нагрузку креатином**



Источник: Hultman, Soderlund, Timmons, Cederblad, & Greenhaff, 1996 г., <https://bit.ly/2FkTb8t>,

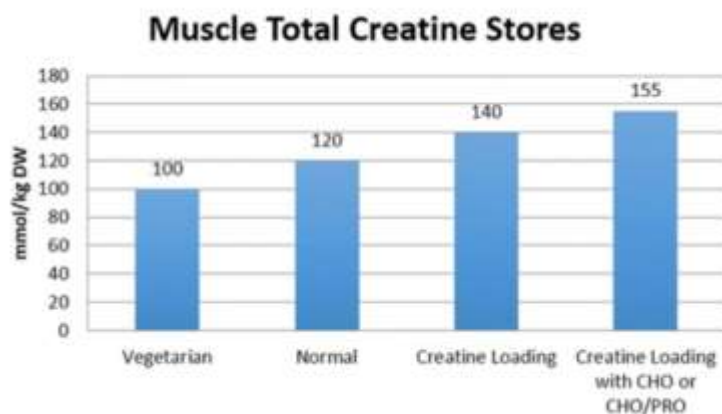
Tcr content ( mmol/kg d.w.)	Содержание Тсг (ммоль / кг сухого веса)
Subject number	Номер темы



Люди с низкими запасами креатина получают больше всего, тогда как те, у кого уже есть высокие запасы креатина, имеют минимальное увеличение креатина в мышцах. Цифры на графике - это дни приема добавок из расчета от 20 до 30 г / день. 21/2 обозначает субъектов, которые принимали креатин через день в течение 21 дня. Данные Hultman et al. (1996).

Общий креатин в мышцах может быть увеличен больше (среднее увеличение от 30 до 40 ммоль / кг веса тела), если креатин (20 г / день в течение 5 дней) принимать в растворе с простыми углеводами (Green, Sewell, Simpson, Hultman, & Greenhaff, 1995; Green, Simpson, Littlewood, MacDonald, & Greenhaff, 1996) (рисунок 3). Прием углеводов может увеличить концентрацию инсулина, что, в свою очередь, увеличивает усвоение креатина мышцами. Считается, что инсулин стимулирует активность натрий-калиевой помпы, что увеличивает натрийзависимый транспорт креатина в мышцах. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

**Рисунок 3: Запасы креатина в мышцах различаются, но могут быть увеличены за счет нагрузки креатином и одновременного приема углеводов.**



Источник: Kreider et al., 2017, <https://bit.ly/2TESomD>.

Muscle total creatine stores	Запасы общего креатина в мышцах
Mmol/kg DW	Ммоль / кг DW
Vegetarian	Вегетарианский
Normal	Нормальный
Creatine loading	Загрузка креатина
Creatine loading with CHO or CHO/PRO	Загрузка креатина с CHO или CHO / PRO



Casey, Constantin-Teodosiu, Howell, Hultman, & Greenhaff (1996) показали корреляцию между увеличением креатина в мышцах и производительностью. Другими словами, люди, у которых наблюдалось наибольшее увеличение общей концентрации креатина в мышцах, также продемонстрировали наибольшее улучшение производительности. Считается, что изменение содержания креатина в мышцах примерно на 20 ммоль / кг сухой массы необходимо для того, чтобы наблюдались значительные изменения в производительности. В действительности около 30% всех людей не демонстрируют такого большого увеличения мышечного креатина (возможно, потому, что их начальные концентрации уже высоки) и, следовательно, не получают пользы. К сожалению, нет простого способа узнать, отвечаете вы или не отвечаете, и метод проб и ошибок - это самый распространенный способ выяснить это.

### **Увеличение веса**

Прием креатина (20 г / день в течение 5-6 дней) обычно сопровождается увеличением массы тела примерно на 1 кг. Однако существуют значительные различия между индивидуумами, и сообщалось о прибавке в весе от 0,5 до 3,5 кг.

Теоретически это увеличение массы тела и возможное изменение состава тела является результатом увеличения внутриклеточной воды, стимуляции синтеза белка или уменьшения распада белка. Поскольку уменьшение выработки мочи точно соответствовало динамике увеличения концентрации креатина в мышцах, креатин, вероятно, вызывает задержку воды в клетках скелетных мышц из-за увеличения внутриклеточной осмолярности мышечных волокон. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что некоторая прибавка в весе может быть связана с анаболическим эффектом креатина, хотя в краткосрочной перспективе (5-6 дней) этот эффект вряд ли будет важным фактором (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

### **Упражнения высокой интенсивности**

Гринхafft и др. (1993) были одними из первых, кто продемонстрировал положительное влияние креатина на высокоинтенсивные периодические упражнения. Эти результаты были повторены многими другими исследователями с использованием различных экспериментальных моделей. В большинстве этих исследований сообщалось об улучшении прочности, производства силы или крутящего момента.

Balsom, Ekblom, Soderlund, Sjodin и Hultman (1993) случайным образом распределили 16 обученных субъектов в группу креатина (25 г / день в течение 6 дней) и группу плацебо. «Одним из тестов, которые выполнили эти испытуемые, был повторный спринт, в котором они бежали 10 раз по 6 секунд с 30 секундами восстановления между боями. Хотя испытуемые испытывали утомление как от креатина, так и от плацебо, после 7 спринтов утомляемость была значительно выше в группе плацебо». (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)



«Муджика и др. Провели тесты с футболистами и пришли к выводу, что острый прием креатина благоприятно влияет на результаты повторных спринтов и ограничивает снижение прыгучести с утомлением у хорошо подготовленных футболистов» (Муджика, Падилья, Ибанез, Искьердо и Горостиага, 2001).

### **Тренировка сопротивляемости**

«Vandenbergh et al. (1997, <https://bit.ly/2FhOSvI>) исследовали «влияние нагрузки креатином на концентрацию PCr в мышцах, мышечную силу и состав тела после 10-недельной программы тренировок с отягощениями». По сравнению с плацебо максимальная сила тренированных групп мышц увеличилась на 20-25% больше, максимальная способность сгибателей рук при прерывистой физической нагрузке увеличилась на 10-25% больше, а безжировая масса увеличилась на 60% больше с добавлением креатина».

Это и другие исследования показывают, что сочетание приема креатина и силовых тренировок более эффективно, чем силовые тренировки в одиночку. Было высказано предположение, что добавка креатина позволяет больше повторений и, таким образом, улучшает качество тренировок и, в то же время, может иметь анаболический эффект (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

Креатин вызывает задержку жидкости, что может привести к отеку мышечных клеток. Набухание клеток действует как универсальный анаболический сигнал, вызывая увеличение синтеза белка и отложение чистого белка (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

Маловероятно, что креатин улучшает адаптивную реакцию на упражнения за счет прямого воздействия на синтез мышечного белка или распад мышечного белка (Луи, Портманс, Франко, Берре и др., 2003; Луи, Портманс, Франко, Халтман и др., 2003), хотя Parise, Mihic, MacLennan, Yarasheski и Tarnopolsky (2001) сообщили, что креатин снижает скорость появления лейцина в плазме и окисление лейцина. Однако похоже, что креатин может усиливать адаптивный ответ, модулируя повышенную экспрессию факторов роста (например, миогенина, MRF-4, инсулиноподобного фактора роста I и II [IGF-I и IGF-II]) (Burke et al., 2008; Deldicque et al., 2005). Также сообщалось, что добавление креатина в сочетании с тренировками с отягощениями увеличивает количество сателлитных клеток и концентрацию миоядер в большей степени, чем тренировка с отягощениями (Olsen et al., 2006). Увеличение содержания креатина в мышцах с помощью добавок увеличивает экспрессию ряда генов, связанных с адаптивными процессами, включая транслокацию GLUT4, осмосенсинг, ремоделирование цитоскелета, синтез гликогена, синтез белка, пролиферацию и дифференциацию сателлитных клеток, репликацию и репарацию ДНК, обработку и транскрипцию мРНК, а также выживание клеток (Safdar, Yardley, Snow, Melov, & Tarnopolsky, 2008) (Rawson et al., 2017, <https://bit.ly/2SQbYg4>).

Хотя это не обязательно означает, что синтез белка нарушен, эти наблюдения предполагают, что креатин поддерживает адаптацию к тренировкам.

Но эффекты не ограничиваются мышцами. Небольшое количество креатина также хранится в головном мозге, где он используется для производства АТФ. Креатин в мозге



можно увеличить примерно на 10% с помощью добавок креатина, и это было связано с улучшением когнитивной обработки (Gualano, Rawson, Candow, & Chilibeck, 2016). Большинство исследований демонстрируют улучшение когнитивной обработки после приема креатина, но мало исследований было проведено в спортивных условиях. Поэтому перевод на спортсменов и атлетов еще немного преждевременен. «Одна группа сравнила эффекты острого приема креатина, кофеина или плацебо на прохождение теста навыков регби у 10 недосыпающих профессиональных игроков регби (Cook, Crewther, Kilduff, Drawer, & Gaviglio, 2011). И креатин, и кофеин ослабляли снижение производительности навыков, вызванное недосыпанием». (Rawson et al., 2017, <https://bit.ly/2SQbYg4>). механизмы, но требуются дополнительные исследования.

### **Механизмы действия**

Было предложено несколько механизмов, посредством которых креатин оказывает свое действие:

- Наиболее очевидным объяснением является повышенная доступность PCr, особенно в мышечных волокнах типа II. Данные свидетельствуют о том, что увеличенные запасы PCr в мышцах улучшают сократительную функцию, поддерживая обмен АТФ.
- Другой возможный механизм - повышенная скорость ресинтеза ПЦР (Greenhaff et al., 1994), что особенно важно в короткие периоды восстановления во время повторяющихся циклов максимальной нагрузки.
- Более широкое использование ПЦР в качестве источника энергии может снизить анаэробный гликолиз и образование молочной кислоты. Эта деятельность теоретически может уменьшить образование ионов водорода в мышцах и отсрочить утомление, вызванное повышенной кислотностью мышц.
- Креатин может служить буфером для некоторых ионов водорода, образующихся во время упражнений высокой интенсивности. Этот процесс замедлит утомление при высокоинтенсивных упражнениях, которое ограничивается образованием молочной кислоты.
- Креатин также играет важную роль в транспортировке высокоэнергетических фосфатов из митохондрий (место производства АТФ) в миофибриллы (место распада АТФ). Эта роль креатина была предложена как потенциальный механизм для улучшения показателей выносливости. Но эти виды деятельности не зависят от добавок креатина, что позволяет предположить, что этот механизм не имеет значения.
- Креатин может обладать анаболическими свойствами.

### **Безопасность**

Ни в одном исследовании не сообщалось о вредном воздействии креатина на здоровье. Однако, согласно многочисленным анекдотическим сообщениям, креатиновые добавки вызывают недуги; желудочно-кишечные, сердечно-сосудистые и мышечные проблемы; тошнота, рвота и диарея; изменения функции почек и печени; мышечные судороги; и повышенное кровяное давление. Как было отмечено в ходе круглого стола Американского колледжа спортивной медицины: «Доказательства не являются окончательными и / или неполными, чтобы обвинить практику приема креатина в качестве риска для здоровья; в то же время отсутствие у нас информации



нельзя рассматривать как гарантию того, что креатиновые добавки не связаны с риском для здоровья. Невежество дает мало утешения в отношении нежелательных эффектов, которые еще предстоит обнаружить».

Вероятно, неплохо было бы «циклически» использовать креатин и иметь периоды приема креатиновых добавок, а затем периоды отсутствия добавок. Это также позволит поддерживать эндогенный синтез. Это должно быть частью периодического плана питания, о чем мы поговорим в другом месте.

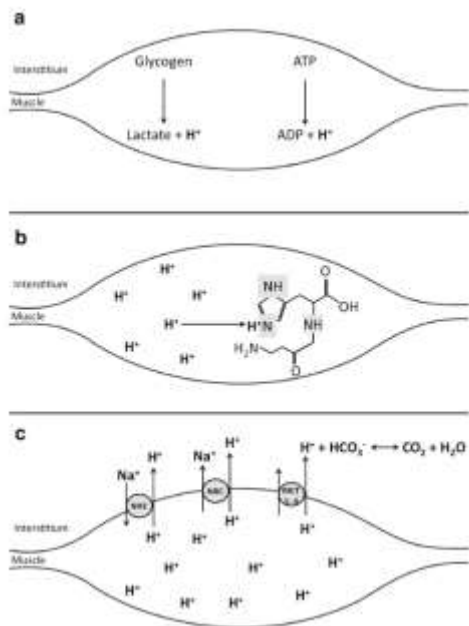
### 4.1.3 Бета-аланин и карнозин

Во время интенсивных упражнений повышенная концентрация ионов водорода ( $H^+$ ) буферизуется за счет внутри- и внемышечных буферных механизмов. Бикарбонат натрия ( $NaHCO_3$ ) (который мы обсудим ниже) является примером внеклеточной буферизации. Дипептид карнозин или бета-аланил-L-гистидин является одним из наиболее важных внутриклеточных буферов. Карнозин синтезируется из его предшественников L-гистидина и бета-аланина. Он присутствует в относительно высоких концентрациях в цитоплазме скелетных мышц (5–10 мМ) и, как полагают, отвечает примерно за 10% от общей буферной емкости латеральной широкой мышцы бедра. Важность карнозина также становится очевидной, если мы изучим разные виды. Виды, которые часто подвергаются анаэробным условиям, таким как частые спринты, взрывное поведение в полете и длительные гипоксические погружения, имеют более высокие исходные концентрации карнозина (Derave et al., 2007; Harris, Marlin, Dunnett, Snow, & Hultman, 1990). Уровень карнозина обычно выше в быстро сокращающихся мышечных волокнах по сравнению с медленными. Это согласуется с наблюдением животных-спортсменов, занимающихся анаэробными видами спорта, такими как спринтеры (Parkhouse, McKenzie, Hochachka, & Ovalle, 1985) и бодибилдеры (Tallon, Harris, Voobis, Fallowfield, & Wise, 2005) иметь более высокие внутримышечные концентрации карнозина.

Проглатывание карнозина неэффективно для увеличения внутримышечной концентрации карнозина, потому что он расщепляется в желудочно-кишечном тракте, а всасывание и биодоступность карнозина очень плохие. Кроме того, карнозин не усваивается мышцами, а синтезируется в мышцах из составляющих его аминокислот ферментом карнозин-синтазой. Бета-аланин является предшественником карнозина, и исследования показали, что добавление бета-аланина может привести к увеличению содержания карнозина в мышцах примерно до 80%, что, в свою очередь, может привести к усилению внутримышечной буферизации  $H^+$ . Было показано, что это приводит к увеличению производительности упражнений высокой интенсивности как у нетренированных, так и у тренированных людей.

**Рисунок 4: Энергетические потребности мышц при выполнении упражнений высокой интенсивности.**





Источник: Lancha Junior, Painelli Vde, Saunders, & Artioli, 2015 г., <https://bit.ly/2RI1hhW>.

**Рисунок 4:** Упражнения высокой интенсивности увеличивают потребность мышц в энергии, которая удовлетворяется за счет аэробных и анаэробных источников энергии. Основным вкладом деградации АТФ и анаэробного гликолиза в производство  $H^+$  во время упражнений. Физико-химические буферы (например, карнозин) представляют собой первую линию защиты от изменений рН в мышцах и являются единственной защитой во время упражнений, когда кровоток перекрывается. **б** Молекула карнозина с боковой цепью имидазола, в которой накапливающийся  $H^+$  находится в буфере. Помимо внутриклеточной буферизации, трансмембранный транспорт  $H^+$  является основным регулятором рН во время динамических упражнений. **с** Основные переносчики, включая натрий-водородный обменник (NHE), ко-переносчик бикарбоната натрия (NBC) и переносчик монокарбоксилата (MCT1, MCT4). Циркулирующий  $H^+$  впоследствии забуферивается бикарбонатными анионами. АДФ аденозиндифосфат, АТФ аденозинтрифосфат. (Lancha Junior, Painelli Vde, Saunders, & Artioli, 2015 г., <https://bit.ly/2RI1hhW>.)

Чтобы добиться желаемых изменений содержания карнозина, важно принимать относительно большие количества бета-аланина. Исследования показывают, что однократная суточная доза 3,2 г бета-аланина или до восьми суточных доз от 0,4 до 1,6 г бета-аланина на разовую дозу (3,2-6,4 г бета-аланина в день) в диапазоне от 4 до 10 требуется несколько недель для увеличения содержания карнозина в мышцах на 60–80% (Harris et al., 2006; Hill et al., 2007). Однако это может иметь побочные эффекты. Документально подтверждено, что большие острые дозы бета-аланина вызывают легкие псевдоаллергические



кожные реакции или парестезию (легкое покраснение и покалывание), которые исчезают примерно в течение 2 часов. По этой причине суточная доза обычно состоит из четырех-восьми небольших доз. Версия добавки с медленным высвобождением была разработана для минимизации симптомов. Бета-аланин теперь можно принимать в виде таблеток с замедленным высвобождением (CarnoSyn™). Хотя вывод о том, что добавка бета-аланина приводит к увеличению карнозина в мышцах, был очень последовательным, его влияние на работоспособность было гораздо менее очевидным. Одно исследование показало, что 4,8 г бета-аланина в день (4 недели) у тренированных бегунов на 400 м улучшали сопротивление утомлению в повторяющихся сериях изнурительных динамических сокращений. Но это не повлияло на изометрическую выносливость при 25% максимальной силы произвольного сокращения (MVC) и время бега на 400 м (Derave et al., 2007). В другом исследовании результаты спринта были улучшены в конце симулированной велогонки (Derave et al., 2007). Более поздние исследования продемонстрировали преимущества выполнения изометрических упражнений умеренной интенсивности (45% MVC) (Sale et al., 2009) и нескольких динамических тестов на способность выполнять упражнения высокой интенсивности продолжительностью 1-4 минуты (Hobson, Saunders, Ball, Harris, & Sale, 2012). В настоящее время, по-видимому, из этого обзора есть некоторые доказательства того, что добавление БА может улучшить спортивные результаты. В частности, существуют доказательства среднего и высокого качества, что прием БА может увеличить время до истощения и выработку энергии (Quesnele, Laframboise, Wong, Kim, & Wells, 2014). Существуют также доказательства среднего и высокого качества, указывающие на то, что добавление бета-аланина может уменьшить субъективное чувство усталости и воспринимаемое истощение.

Был опубликован ряд обзоров о бета-аланине и его потенциальных эффектах:

(Artioli et al., 2010; Christensen, Shirai, Ritz, & Nordsborg, 2017; Lancha Junior et al., 2015; Quesnele et al., 2014; Saunders et al., 2017).

Большинство исследований, в которых использовался протокол упражнений продолжительностью более 1 минуты, в котором ацидоз был основной причиной утомляемости, продемонстрировали значительный положительный эффект на производительность.

Карнозин может ограничивать ацидоз, действуя как буфер для ионов водорода, но улучшенная сократительная способность также может быть, получена за счет улучшенного взаимодействия возбуждения и сокращения и защиты от активных форм кислорода, поскольку карнозин также является антиоксидантом. Высокие концентрации карнозина обнаруживаются у лиц с высокой долей быстро сокращающихся волокон, поскольку эти волокна обогащены дипептидом. Содержание карнозина в мышцах ниже у женщин, снижается с возрастом и ниже у вегетарианцев, чьи диеты не содержат бета-аланин. Спортсмены, тренирующиеся в спринте, демонстрируют заметно высокий уровень мышечного



карнозина, но влияние нескольких недель высокоинтенсивных тренировок на мышечный карнозин довольно мало. Таким образом, высокий уровень карнозина у элитных спринтеров либо генетически обусловлен, либо является результатом медленной адаптации к годам тренировок. В свете положительного воздействия на производительность неудивительно, что б-аланин быстро развивается как популярная эргогенная пищевая добавка для спортсменов, хотя потенциальные побочные эффекты и механизм действия требуют дополнительных исследований. Таким образом, большинство исследований, которые на сегодняшний день выявили значительные эргогенные эффекты, проводились на нетренированных или рекреационно активных лицах, выполняющих упражнения в лабораторных условиях. Меньшее количество исследований с участием высококвалифицированных спортсменов, выполняющих отдельные упражнения, подобные соревнованиям, указывает на то, что этот тип населения получает скромные, но потенциально значимые преимущества в производительности от добавок бета-аланина. Некоторые недавние исследования также предоставляют доказательства, подтверждающие использование бета-аланина в качестве вспомогательного средства для тренировок для увеличения количества высокоинтенсивных тренировок (Trexler et al., 2015). Также было показано, что добавление бета-аланина увеличивает эффективность тренировок с отягощениями и тренировочный объем у спортсменов, занимающихся командными видами спорта, что может способствовать большей перегрузке и лучшей адаптации по сравнению с тренировками в одиночку (Trexler et al., 2015). Эргогенный потенциал добавок бета-аланина для элитных спортсменов, выполняющих повторяющиеся высокоинтенсивные упражнения во время тренировок или во время соревнований по видам спорта, требующих многократных максимальных усилий, требует дальнейшего изучения. (Дерав и др., 2010 г., <https://bit.ly/2FmptQp>).

#### 4.1.4 Бикарбонат натрия и цитрат натрия

Бикарбонат натрия - одна из самых дешевых и доступных добавок, которые мы обсудим. Его можно купить в супермаркете как пищевую соду, поэтому он является обычным ингредиентом для выпечки. Когда максимальные упражнения выполняются более 30 секунд, большая часть энергии получается за счет анаэробного гликолиза. Молочная кислота образуется с высокой скоростью, и повышенная кислотность мышц, по-видимому, является важным ограничивающим фактором для выполнения упражнений продолжительностью от 1 до 10 минут. Если карнозин действует как внутриклеточный буфер, бикарбонат действует как внеклеточный буфер (рис. 4). Есть несколько веществ, которые попадают в ту же категорию. Здесь мы обсудим бикарбонат натрия и цитрат натрия.

#### Анаэробный гликолиз



pH крови обычно составляет 7,4 и может снизиться до 7,1 или немного ниже после упражнений высокой интенсивности. pH мышц обычно составляет около 7,0 и может снизиться до 6,5. В организме есть несколько систем для регулировки и регулирования кислотно-щелочного баланса. Химические буферы обеспечивают эффективный и быстрый способ нормализации концентрации  $H^+$ . Другие системы включают выведение  $CO_2$  посредством вентиляции легких и выведение  $H^+$  почками.

Первичные буферы в мышцах - это фосфаты и тканевые белки. Самые важные буферы в крови - это белки, гемоглобин и бикарбонат. Во время интенсивных упражнений внутриклеточных буферов недостаточно для буферизации всех образующихся ионов водорода. Вытекание  $H^+$  в кровотоки увеличивается, и бикарбонат играет роль в буферизации этих ионов  $H^+$ .



Механизм действия бикарбоната заключается в буферизации  $H^+$  в крови (а не в мышцах, как часто утверждают). Буферизация  $H^+$  в крови, однако, увеличивает градиент  $H^+$  и увеличивает отток  $H^+$  из мышцы. Многочисленные исследования влияния приема бикарбоната и выполнения упражнений дали неоднозначные результаты. Чукендруп и Глисон, 2018 г., <https://bit.ly/2UENOq7>.

Различные исследования показывают, что для улучшения работоспособности необходима минимальная доза бикарбоната. Мета-анализы из доступной литературы предполагают зависимость доза-реакция между количеством проглоченного бикарбоната и наблюдаемым эффектом производительности (Horswill, 1995). Доза 200 мг / кг, принимаемая за 1-2 часа до тренировки, по-видимому, улучшает работоспособность в большинстве исследований, тогда как 300 мг / кг представляется оптимальной дозой (с допустимыми побочными эффектами для большинства спортсменов). Дозы менее 100 мг / кг не влияют на работоспособность. Эти выводы были более или менее подтверждены метаанализом много лет спустя (Carr, Hopkins, & Gore, 2011). Из 38 исследований, которые соответствовали всем критериям включения, бикарбонат натрия дал, возможно, умеренное повышение работоспособности на 1,7% (90% CL 2,0%) при типичной дозе 300 мг / кг за один минутный спринт. Авторы также пришли к выводу, что эффект, вероятно, был больше при повторных спринтах.

Доза 300 мг / кг - довольно большая сумма, но она имеет смысл, потому что большое количество бикарбоната необходимо для значительного увеличения буферной способности крови. Прием более 300 мг / кг обычно приводит к желудочно-кишечным проблемам (вздутие живота, дискомфорт в животе и диарея). Никакие исследования не показали влияния на выполнение упражнений при упражнениях высокой интенсивности продолжительностью менее 1 минуты. Это не влияет на такие упражнения, как приседания, жим лежа и прыжки. Кроме того, это обычно не влияет на длительные упражнения. Таким образом, интервал эффективности бикарбоната составляет примерно от 1 до 7 минут. Но исследование McNaughton, Dalton и Palmer (1999) показало улучшение показателей в 1-часовой гонке на время, что



сопровождалось более высоким рН крови на протяжении всего упражнения. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

**Побочные эффекты** «Побочные эффекты от приема бикарбоната натрия в таких больших дозах могут быть серьезными. При дозах 300 мг / кг многие спортсмены испытывают диарею, желудочно-кишечный дискомфорт, вздутие живота и судороги через 1 час после нагрузки. Эффекты зависят от дозы. Основными причинами этих проблем являются большое количество натрия, которое попадает в организм с бикарбонатом, и реакция бикарбоната с HCl в желудке, в результате чего образуется большой объем CO<sub>2</sub>, который раздувает стенку желудка »(Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Употребление большего количества воды во время погрузки может облегчить некоторые из проблем. Прием в капсулах может уменьшить побочные эффекты.

«По крайней мере, теоретически внеклеточный и внутриклеточный буферы должны работать параллельно, и поэтому эффекты бикарбоната и бета-аланина должны быть аддитивными. Действительно, исследование гребцов показало, что как хронический прием бета-аланина, так и острый прием бикарбоната натрия по отдельности положительно влияют на результативность гребли на 2000 м »(Hobson et al., 2012, <https://bit.ly/2FpBMvg>). Комбинированный прием бикарбоната натрия и хронического приема бета-аланина еще больше улучшил результаты гребли. При исследовании комбинированного приема внутрь при прерывистых упражнениях в условиях гипоксии никакого эффекта не наблюдалось, но в этом исследовании ни бикарбонат, ни бета-аланин не проявили никакого эффекта.

Недавнее исследование показало значительный эффект на спортивные результаты у элитных футболистов с добавлением бикарбоната натрия и калия, а также фосфата кальция, цитрата калия и цитрата магния (Chyski et al., 2018). Игроки принимали соль два раза в день в течение девятидневного тренировочного периода. Улучшение анаэробных показателей, скорее всего, было вызвано повышением рН в крови в покое и уровнями бикарбонатов.

## **Цитрат натрия**

Цитрат натрия действует аналогично бикарбонату. Он увеличивает буферную способность внеклеточного пространства для увеличения оттока ионов водорода из внутриклеточного пространства. Цитрат натрия эффективен в ограничении снижения рН крови и улучшении выполнения упражнений высокой интенсивности продолжительностью от 2 до 4 минут (McNaughton & Cedaro, 1992; McNaughton, 1990). Типичные дозы цитрата натрия составляют от 300 до 500 мг / кг. Как и бикарбонат натрия, цитрат натрия может вызывать желудочно-кишечные проблемы, такие как диарея, спазмы и вздутие живота. Цитрат натрия может действовать как буферный агент, улучшая выполнение упражнений до 10 минут. Похоже, что бикарбонат натрия более эффективен, чем цитрат натрия. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)



## 4.2 Прочие добавки

### 4.2.1 Диетические нитраты

В последние несколько лет наблюдается большой интерес к диетическим нитратам. Возможно, все это началось с работы профессора Энди Джонса, который использовал сок корня свеклы для доставки диетического нитрата ( $\text{NO}_3^-$ ) для изучения метаболизма. Было замечено, что свекольный сок, хороший источник диетических нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ), снижает расход кислорода во время упражнений и в некоторых случаях может улучшить показатели выносливости. Также наблюдались эффекты на кровяное давление и мышечную функцию. Исследования изучали эффекты приема нитрата в форме нитрата натрия ( $\text{NaNO}_3$ ) или растительных источников нитрата (обычно свекольного сока), содержащих примерно 6 ммоль нитрата, за несколько часов до выполнения длительных изнурительных упражнений.

### Механизмы

Прежде чем пищевой нитрат всасывается в кишечнике, он концентрируется в слюнных железах и секретуруется в ротовую полость, где некоторые из них превращаются в нитриты комменсальными бактериями (Jeukendrup & Gleeson, 2018). При проглатывании он попадает в системный кровоток, где становится биоактивным в виде нитрита или восстанавливается до NO. Существует несколько теоретических механизмов действия: NO, как известно, является фактором регуляции местного кровотока, вызывая расширение сосудов, когда мышца получает меньше или использует больше кислорода. Это, однако, не объясняет снижение расхода кислорода во время тренировки. Скорее, нитрит и NO могут действовать более напрямую, поскольку NO способен ингибировать активность цитохромоксидазы, замедляя превращение кислорода в воду.

Кроме того, NO может увеличивать эффективность митохондриального окислительного фосфорилирования за счет увеличения соотношения P / O (т.е. на количество потребляемого кислорода образуется больше АТФ). Митохондрии скелетных мышц, взятые из биопсии мышц после добавления нитратов, демонстрируют повышенное соотношение P / O, а улучшенное соотношение P / O в митохондриях коррелирует со снижением затрат кислорода во время упражнений (Larsen et al., 2011). Механически нитрат снижает экспрессию транслоказы АТФ / АДФ, белка, участвующего в протонной проводимости. Таким образом, оказывается, что диетические нитраты оказывают сильное влияние на базальную функцию митохондрий. Также существует вероятность того, что NO может снизить затраты на АТФ за счет снижения высвобождения ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) саркоплазматического ретикула за счет защиты каналов от высвобождения  $\text{Ca}^{2+}$ , вызванного реактивными формами кислорода, поскольку  $\text{Ca}^{2+}$  является энергетически дорогостоящим для повторного секвестрирования через  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазе. (Bailey et al., 2010; AE Jeukendrup & Gleeson, 2018). NO также способствует биогенезу митохондрий, возможно, улучшая адаптацию к последующим упражнениям. После этих открытий было проведено большое количество



исследований, изучающих влияние пищевых добавок с нитратами, как острых, так и хронических, на выполнение упражнений в различных видах деятельности у субъектов, от малоподвижных до высококлассных спортсменов. Результаты этих исследований показывают, что нитраты могут быть менее эффективными в качестве эргогенного средства у очень хорошо обученных или элитных субъектов по сравнению с теми, кто ведет малоподвижный образ жизни или занимается рекреационной деятельностью (Boorsma, Whitfield, & Spriet, 2014). (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Пищевые добавки с нитратами эффективны в увеличении концентрации нитритов в плазме (NO трудно измерить), и было показано, что они снижают стоимость кислорода при субмаксимальных упражнениях (Bailey et al., 2009; Lansley, Winyard, Fulford, et al., 2011; Larsen, Weitzberg, Lundberg, & Ekblom, 2007), улучшают переносимость упражнений высокой интенсивности, улучшают экономичность езды на велосипеде (т. е. Более высокую выходную мощность при той же скорости поглощения кислорода) и улучшают результаты езды на велосипеде на 4 и 16 км на время (Lansley, Winyard, Бейли и др., 2011). Кроме того, ежедневное потребление 0,5 литра свекольного сока в течение 6 дней может снизить артериальное давление в состоянии покоя, снизить затраты кислорода при беге на беговой дорожке высокой интенсивности примерно на 7% и увеличить время до изнеможения на 15%. Есть также некоторые свидетельства того, что периодические упражнения высокой интенсивности можно улучшить за счет приема нитратов (Bond, Morton, & Braakhuis, 2012; Wylie et al., 2016).

В большинстве исследований свекольный сок или концентрат свекольного сока использовались для доставки диетического нитрата. Это потому, что свёкла - один из богатейших источников нитратов. Однако также возможно доставить нитрат через овощи с высоким содержанием нитратов, кроме свеклы, включая сельдерей, кресс-салат, шпинат, салат, рукколу, ревень, капусту и брокколи. Но потреблять достаточно нитратов, чтобы увидеть значимые эффекты (необходимо 300-400 мг нитратов). Это означает минимум 200 г свеклы, 150 г шпината или 100 г рукколы. Поэтому концентрированный свекольный сок - более практичная форма потребления. Оптимальной дозой, вероятно, будет 600 мг нитрата, что эквивалентно 2 x 70 мл концентрированных «шотов» из свеклы, хотя в исследованиях с использованием 300-400 мг, что эквивалентно 500 мл свекольного сока или одной порции 70 мл, также было доказано повышение эффективности. Эффект имеют как острые, так и хронические нагрузки, но рекомендуется употребление одной-двух инъекций по 70 мл в день в течение трех-пяти дней до соревнований, а также за два-три часа до начала матча. В дополнение к этому было бы неплохо увеличить общее потребление нитратов с пищей, включив больше зеленых листовых овощей. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Свекольный сок в настоящее время является наиболее популярным и удобным средством приема достаточного количества пищевых нитратов, чтобы повлиять на потребление кислорода и работоспособность. Однако вкусовые качества по-прежнему остаются одной из самых больших проблем. Даже со свекольным соком и даже со



свекольным соком возникают важные практические проблемы, особенно когда более высокие дозы вводятся в течение нескольких дней. Приемлемость и переносимость необходимо тщательно контролировать.

Недавнее исследование зависимости реакции от дозы (Wylie et al. 2013a) показало, что толерантность к физической нагрузке улучшалась при приеме 8 ммоль, но не 4 ммоль нитрата, но дальнейшего улучшения производительности при приеме 16 ммоль нитрата не наблюдалось. Таким образом, эффективная доза составляет 6-8 ммоль нитрата, который содержится примерно в 500 мл натурального свекольного сока или в 70 мл более концентрированного напитка (Beet-It™). Его следует принимать за 2-3 часа до тренировки, и хронический прием 6-8 ммоль нитрата в день в течение нескольких дней может быть немного более эффективным, чем однократная острая доза перед тренировкой.

Есть одно исследование футболистов. В этом исследовании 32 футболиста-мужчины, играющие в основной команде 2-го или 3-го клуба любительской лиги Нидерландов, приняли участие в рандомизированном двойном слепом перекрестном исследовании. Все испытуемые участвовали в двух тестовых днях, в которых оценивалась результативность высокоинтенсивного прерывистого бега с использованием теста Yo-Yo IR1. Игроки принимали богатый нитратами (140 мл; ~ 800 мг нитратов в день; BR) или обедненный нитратами свекольный сок (PLA) в течение шести последующих дней, с как минимум восьмидневным вымыванием между испытаниями. Исследователи обнаружили, что 6 дней приема свекольного сока увеличивают концентрацию нитратов и нитритов в плазме и слюне по сравнению с PLA и улучшают результаты теста Yo-Yo IR1 на  $3,4 \pm 1,3\%$  игроки в футбол. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

### **Нитрат натрия**

Нитрат натрия - это химический источник нитрата (NO<sub>3</sub>-), который использовался в некоторых экспериментальных исследованиях для подтверждения того, что прием нитратов перед тренировкой может снизить затраты кислорода во время упражнений и улучшить показатели выносливости. Тем не менее натуральные источники диетических нитратов, такие как свекольный сок (см. Предыдущий раздел в этой главе), предпочтительны в качестве эргогенной добавки для спортсменов на выносливость и игроков в игры, поскольку существует гораздо меньший риск передозировки, которая может привести к токсическим эффектам. вредны для здоровья.

### **4.2.2 Витамин D**

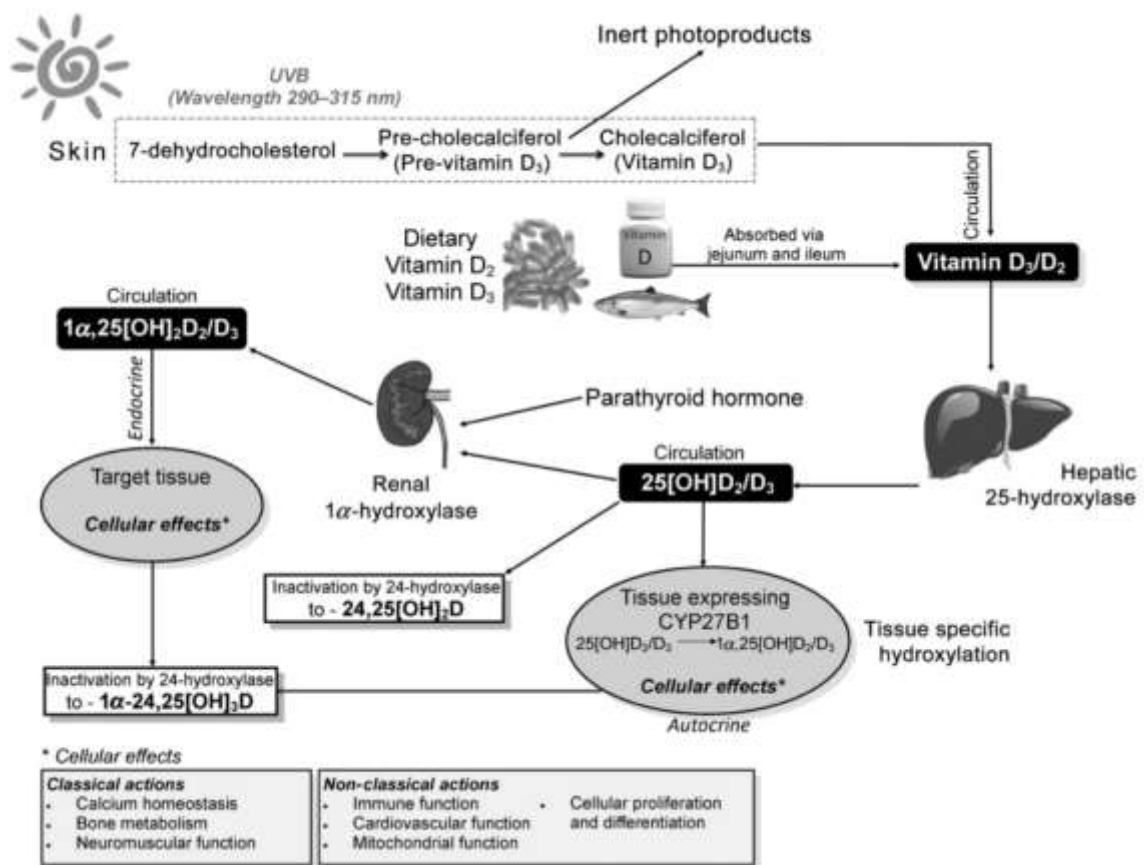
В последнее десятилетие наблюдается экспоненциальный рост интереса к витамину D. Это видно не только по продажам витамина D, но и по количеству публикаций о витамине D. Однако существует также много путаницы и неправильного толкования имеющихся данных. . Это привело к неуправляемому добавлению иногда очень большого количества витамина D, особенно в спорте. Часто считается, что большинство спортсменов испытывают дефицит витамина D или, по крайней мере, его



недостаточно. Также часто считается, что добавки витамина D улучшают работоспособность. Ответ на эти вопросы - «в зависимости от обстоятельств». Это зависит от того, как мы определяем дефицит или недостаточность; это зависит от человека и времени года. Однако ясно, что витамин D следует рассматривать как нечто биологически важное, а не как эргогенное средство. Следующий раздел основан на (A. Jeukendrup, 2018c) и (A. Jeukendrup, 2018b)

Витамин D в основном получается при воздействии на кожу УФ-В через солнечный свет (80-90%), и небольшое количество (10-20%) обычно поступает с пищей. Исследования показывают, что в зимние месяцы спортсмены, живущие на широтах выше 30 ° с.ш., не получают достаточного количества солнечного света для синтеза витамина D<sub>3</sub> в своей коже и, следовательно, могут развить недостаточный или дефицитный статус витамина D. Тем не менее, даже среди ученых до сих пор ведутся дискуссии о том, что такое неадекватность или недостаток, и как это можно измерить. (Jeukendrup, 2018, <https://bit.ly/2C9YZOY>)

**Фигура 5:** Схематическое изображение путей синтеза и метаболизма витамина D



Источник: Оуэнс, Фрейзер и Клоуз, 2015 г., <https://bit.ly/2QzFHYu>.

Inert photoproducts	Инертные фотопродукты
UVB (wavelength 290-315 nm)	UVB (длина волны 290-315 нм)
Skin	Кожа



7-dehydrocholesterol	7-дегидрохолестерин
Pre-cholecalciferol (pre-vitamin D3)	Прехолекальциферол (пре-витамин D3)
Colecalciferol (vitamin D3)	Колекальциферол (витамин D3)
Circulation	Циркуляция
Vitamin D3/D2	Витамин D3 / D2
Dietary	Диетический
Vitamin D2	Витамин D2
Vitamin D3	Витамин D3
Absorbed via jejunum and ileum	Всасывается через тощую кишку и подвздошную кишку
1a,25[OH]2 D2/D3	1a, 25 [OH] 2 D2 / D3
Endocrine	Эндокринный
Target tissue	Целевая ткань
Cellular effects	Клеточные эффекты
Renal	Почечный
1a-hydroxylase	1a-гидроксилаза
Parathyroid hormone	Гормон паращитовидной железы
25[OH]D2/D3	25[OH]D2/D3
Inactivation by 24-hydroxylase to 24,25[OH]2D	Инактивация 24-гидроксилазой до -24,25 [OH] 2D
Inactivation by 24-hydroxylase to 1a-24,25[OH]3D	Инактивация 24-гидроксилазой до-1a-24,25 [OH] 3D
Tissue expressing CYP27B1 25[OH]D2/D3 1a,25[OH]D2/D3	Ткань, экспрессирующая CYP27B1 25 [OH] D2 / D3 1a, 25 [OH] D2 / D3
Cellular effects	Клеточные эффекты



Autocrine	<b>Автокрин</b>
Tissue specific hydroxylation	<b>Тканевое гидроксилирование</b>
Hepatic	<b>Печеночный</b>
25-hydroxylase	<b>25-гидроксилаза</b>
Classical actions	<b>Классические действия</b>
Calcium homeostasis	<b>Гомеостаз кальция</b>
Bone metabolism	<b>Костный метаболизм</b>
Neuromuscular function	<b>Нервно-мышечная функция</b>
Non-classical actions	<b>Неклассические действия</b>
Immune function	<b>Иммунная функция</b>
Cardiovascular function	<b>Сердечно-сосудистая функция</b>
Mitochondrial function	<b>Функция митохондрий</b>
Cellular proliferation and differentiation	<b>Клеточная пролиферация и дифференциация</b>

Витамин D получается путем дермального синтеза - саморегулируемого процесса, при котором образуется витамин D<sub>3</sub> или инертные фотопродукты, когда достигается достаточное производство. Витамин D также поступает с пищей в форме D<sub>2</sub> и D<sub>3</sub>. И эндогенная продукция, и ex <https://bit.ly/2QzFHYu> югенное потребление повышают концентрацию витамина D в сыворотке, который проходит две стадии гидроксилирования (через 25-гидроксилазу печени и 1 $\alpha$ -гидроксилазу почек или ткани-мишени, экспрессирующие CYP27B1) до активации. Активный 1 $\alpha$ -25 [OH] 2D проявляет свои эффекты через VDR и стимулирует быстрые негеномные и геномные эффекты. Инактивация активного 1 $\alpha$ -25 [OH] 2D происходит через гидроксилирование по C-24, катализируемое ферментом 24-гидроксилазой. (Оуэнс, Фрейзер и Клоуз, 2015 г., <https://bit.ly/2QzFHYu>).

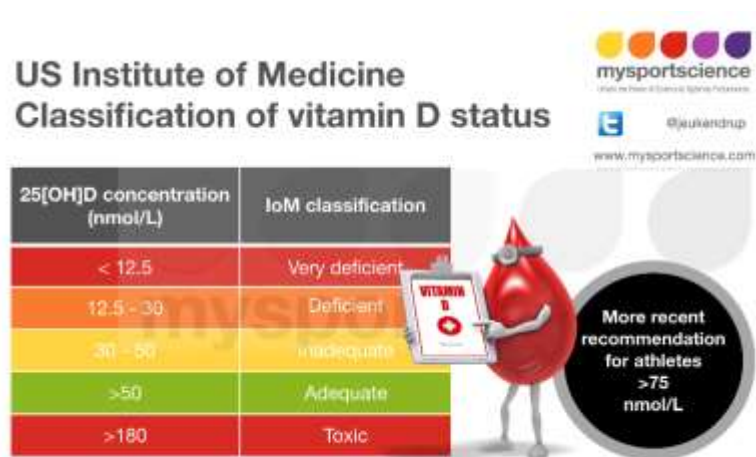
Что именно представляет собой дефицит или недостаточность витамина D, является предметом постоянных дискуссий. Статус витамина D обычно оценивается путем измерения 25 [OH] D, одного уровня его метаболитов. Однако существует множество метаболитов, которые можно измерить, и отсутствие понимания основных метаболитов пути витамина D может привести к ошибочным рекомендациям.



Наиболее часто используемые рекомендации (от Института медицины или IoM) относятся к концентрациям 25 [ОН] D, которые представляют собой сумму 25 [ОН] D2 и 25 [ОН] D3. Сами по себе эти метаболиты биологически неактивны, но используются в качестве индикаторов концентраций активных форм.

Существует несколько аналитических методов, и эти разные методы могут давать разные концентрации. Золотой стандарт - это ЖХ-МС / МС (тандемная масс-спектрометрия жидкостной хроматографии), но он не очень часто используется. Важно знать, что измерения могут значительно отличаться, и некоторые лаборатории всегда могут возвращать низкие (или высокие) значения. Более дешевые методы не всегда могут хорошо коррелировать с золотым стандартом. Рекомендации IoM относительно старые и почти полностью основаны на роли витамина D в метаболизме костей.

**Рисунок 6:** Классификация статуса витамина D в соответствии с Институтом медицины США



Источник: Jeukendrup, 2018b, <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-and-performance>

Us institute of medicine classification of vitamin D status	Американский институт медицины классификация статуса витамина D
25[OH]D concentration (nmol/L)	Концентрация 25 [ОН] D (нмоль / л)
IoM classification	Классификация IoM
Very deficient	Очень дефицитный
Deficient	Недостаточный
Inadequate	Неадекватный



Adequate	Адекватный
Toxic	Токсичный
More recent recommendation for athletes >75 nmol/L	Более поздняя рекомендация для спортсменов > 75 нмоль / л
Vitamin D	Витамин Д

Особенно в спорте проблема не в установлении минимального количества, которое необходимо принять, чтобы избежать дефицита. Речь идет о том, что необходимо принять, чтобы оно было «оптимальным». Это вопрос, который часто обсуждается экспертами, но сейчас принято считать, что концентрация 25 [ОН] D должна быть > 75 нмоль / л.

Для более полного обзора литературы читатель может отсылать к некоторым прекрасным недавним обзорам (Owens, Allison, & Close, 2018; Owens et al., 2015). Здесь мы остановимся на основных вопросах:

1. Каковы эффекты витамина D?
2. Следует ли принимать добавки витамина D?
3. Если да, то когда?
4. А сколько?

### Эффекты витамина D

Первоначально роль витамина D в основном изучалась в отношении здоровья костей. Витамин D необходим для нормального усвоения кальция с пищей, а дефицит этого витамина связан с хрупкостью костей. Кроме того, витамин D играет важную роль в иммунной функции, и многие исследования показывают, что дефицит витамина D может быть связан со снижением иммунной функции. Но витамин D также связан с функцией мышц. Есть предположения, что добавка витамина D может повлиять на мышечную силу, выносливость и спортивные результаты.

Последний получил значительное внимание за последнее десятилетие, и в настоящее время общее мнение заключается в том, что дефицит витамина D может отрицательно сказаться на спортивных результатах из-за влияния витамина D на функцию мышц. Однако недостаточно данных из ограниченного числа поперечных исследований статуса витамина D и продольных рандомизированных плацебо-контролируемых исследований добавок витамина D<sub>3</sub> у спортсменов, чтобы сделать вывод о том, что витамин D является прямым усилителем производительности (Girgis, Clifton-Bligh, Turner, Lau, & Gunton, 2014). Jeukendrup, 2018b, <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-and-performance>



Поперечные исследования влияния статуса витамина D на работоспособность дали противоречивые результаты. В этих исследованиях используется поперечный разрез населения (то есть количество спортсменов), и измеряются как работоспособность, так и статус витамина D, чтобы увидеть, есть ли корреляция. Учитывая количество факторов, влияющих на производительность (которые не контролировались), и относительно небольшое количество субъектов в этих исследованиях, возможно, неудивительно, что эти исследования не дали четкого ответа.

Поэтому профессор Нил Уолш и его команда из Университета Бангора решили провести 2 исследования: в первом изучалась взаимосвязь между статусом витамина D и довольно большим (почти 1000) числом мужчин и женщин. Во втором исследовании использовались безопасные имитационные солнечные лучи или добавки витамина D3, чтобы увидеть, можно ли добиться улучшения производительности.

В первом исследовании все 967 участников завершили бег на 1,5 мили и оценили максимальный динамический подъем, а также взрывную силу (Carswell et al., 2018). Все участники также сдали кровь на анализ 25 [ОН] D, и было обнаружено, что зимой только 9% мужчин и 36% женщин получали достаточное количество витамина D. Когда исследователи сопоставили статус витамина D с показателями работоспособности, они обнаружили, что существует корреляция между статусом витамина D и выносливостью. Этот эффект присутствовал как у мужчин, так и у женщин. Статус витамина D объясняет около 5% различий в производительности. Увеличение 25 [ОН] D на 1 нмоль / л приводило к ускорению бега на 1,5 мили на 0,42 секунды. Таких корреляций с максимальной динамической подъемной силой или взрывной мощностью не было.

В исследовании 2 (Carswell et al., 2018) 137 мужчин получали плацебо, имитацию солнечного света или добавки витамина D3. Оба метода лечения (солнечный свет и добавки) эффективны в достижении достаточности витамина D (у 97% всех участников). Однако добавка не повлияла на производительность. Авторы обсуждают, что, возможно, продолжительности приема добавок (12 недель) было недостаточно, чтобы увидеть значительный эффект.

Эта новая публикация дополняет литературу и предоставляет некоторые интересные новые данные. Авторы также признают наличие некоторых ограничений. Например, в исследовании 1, где наблюдались корреляции, невозможно определить, что является причиной, а что следствием. Возможно, более высокий уровень витамина D может улучшить работоспособность. Также возможно, что люди с более высокой производительностью проводят больше времени на солнце и имеют лучший статус витамина D.

В качестве практического сообщения авторы предлагают начать прием добавок до начала зимнего сезона, чтобы предотвратить ухудшение, а не пытаться восполнить дефицит. Jeukendrup, 2018b, <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-and-performance>

Из доступной литературы кажется очевидным, что существует большая разница между индивидуумами в базовой концентрации витамина D даже в одно и то же время года. Со всего мира поступают многочисленные сообщения о том, что дефицит и



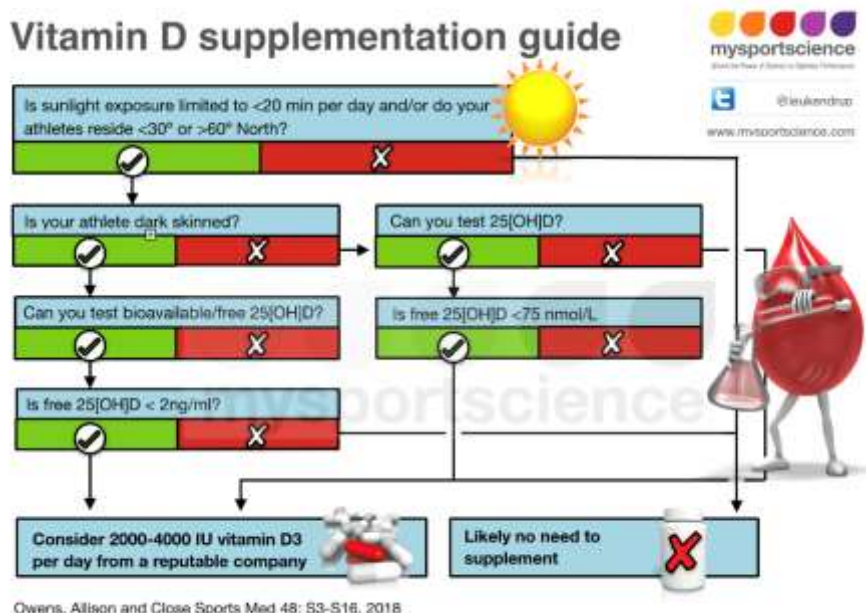
недостаточность витамина D широко распространены среди спортсменов (Allison et al., 2014; Bescos Garcia & Rodriguez Guisado, 2011; Magee et al., 2013; Wolman et al., 2013). Возможно, это означает, что нормальная физиологическая функция и, следовательно, работоспособность нарушены. Также очевидно, что добавки могут предотвратить снижение статуса витамина D, которое часто наблюдается в зимние месяцы.

Однако, безусловно, вызывает сомнения, оказывает ли добавка витамина D какой-либо эффект у спортсменов, у которых нет дефицита витамина D.

С другой стороны, известно, что в спортивной практике на данный момент иногда назначают или используют очень высокие дозы витамина D. Оуэнс и др. сообщили о потреблении от 1000 МЕ в день и до 100000 МЕ в неделю! Добавки в высоких дозах витамина D могут быть токсичными, и, хотя известно несколько случаев токсичности витамина D, следует проявлять осторожность и следует избегать частого приема высоких доз (если нет четких медицинских показаний).

Owens et al. (Owens et al., 2018) разработали дерево решений для использования добавок витамина D. Это поможет в принятии решений. Решение лучше всего основано на измерениях статуса витамина D. Таким образом, если возможно, следует измерить статус витамина D. Вот тут-то и получается немного сложнее. Статус витамина D часто измеряется путем определения метаболита 25 [OH] D в крови. Однако было показано, что эта «стандартная» мера не может быть хорошим показанием для спортсменов с более темной кожей. В этом случае необходимо измерить биодоступный или свободный 25 [OH] D. Если значения указывают на дефицит или недостаточность, следует рассмотреть вопрос о добавлении. Jeukendrup, 2018b, <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-and-performance>

Рисунок 7: Схема принятия решений о добавках витамина D



Источник: Оуэнс, Эллисон и Клоуз, 2018 г., данные mysportscience Jeukendrup, 2018c, <https://goo.gl/kZoja9>



Vitamin D supplementation guide	Руководство по добавлению витамина D
In sunlight exposure limited to <29 min per day and/or do your athletes reside <30° or >60° North?	Ограничение воздействия солнечного света <29 минут в день и / или ваши спортсмены проживают <30 ° или> 60 ° северной широты?
Is your athlete dark skinned?	Ваш спортсмен смуглый?
Can you test 25[OH]D?	Можете ли вы проверить 25 [OH] D?
Can you test bioavailable/free 25[OH]D?	Можете ли вы протестировать биодоступный / свободный 25 [OH] D?
Is free 25[OH]D <75 nmol/L	Свободен 25 [OH] D <75 нмоль / л
Is free 25[OH]D < 2 ng/ml?	Свободный 25 [OH] D <2 нг / мл?
Consider 2000-40000 IU vitamin D3 per day form a reputable company	Рассмотрим 2000-40000 МЕ витамина D3 в день от уважаемой компании
Likely no need to supplement	Вероятно, нет необходимости в добавках

“Если принято решение о добавлении, рекомендуется доза от 2000 МЕ до 4000 МЕ.

Добавки следует рассматривать только в те месяцы, когда воздействие УФ-В на кожу солнечного света ограничено ». Jeukendrup, 2018b, <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-and-performance>

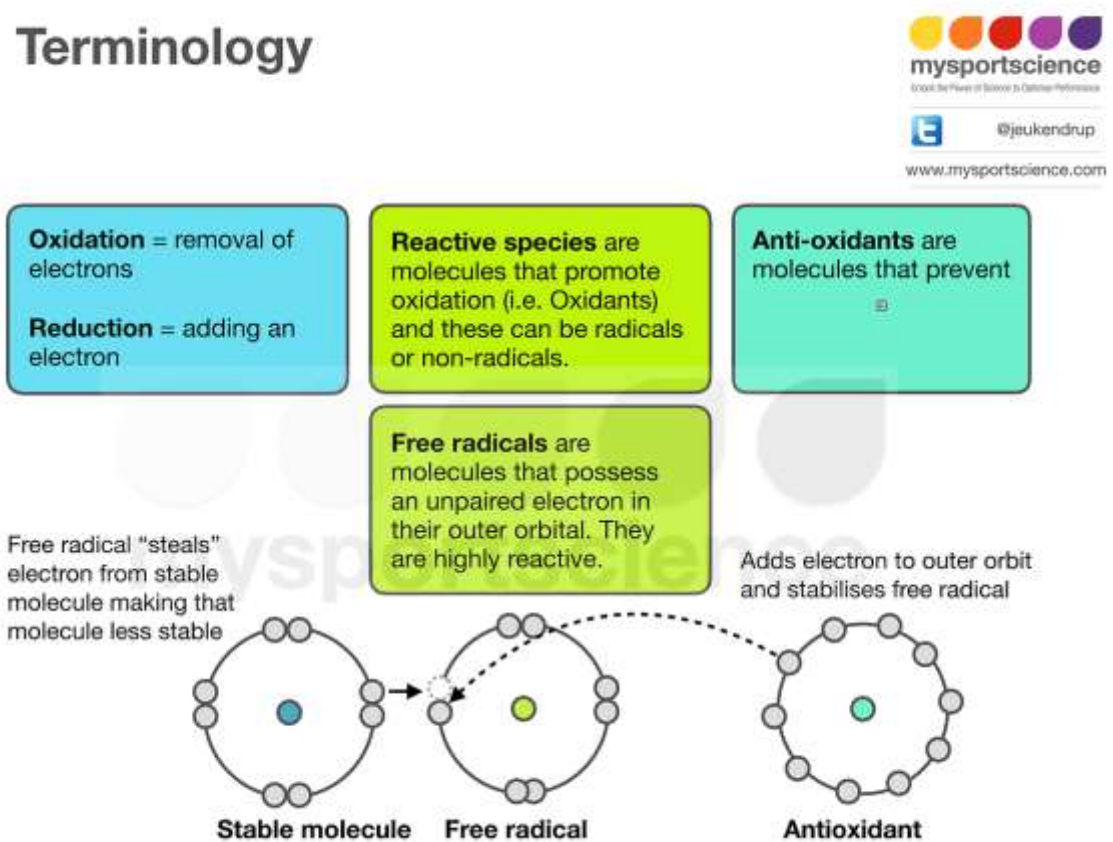
### 4.2.3 Антиоксиданты

Антиоксиданты - очень популярный класс добавок, хотя, кажется, существует большая путаница в их использовании. «Антиоксиданты есть везде: в продуктах питания, добавках, в продуктах по уходу за кожей, шампунях и т. Д. Они часто связаны со здоровьем. С другой стороны, есть сообщения, что антиоксиданты могут ухудшать адаптацию к тренировкам ». (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>) В этом разделе обсуждается роль антиоксидантов и он основан на статье в mysportscience (Jeukendrup, 2018a).



Во-первых, нам нужно понять, что такое антиоксиданты. Окисление - это удаление электронов (противоположность восстановлению, при котором электроны прибавляются). Антиоксиданты часто представляют собой молекулы, улавливающие свободные радикалы. Свободные радикалы - это молекулы, на внешней орбитали которых находится неспаренный электрон. Они очень реактивны. Есть также реактивные виды. Это молекулы, которые способствуют окислению (например, окислители), и это могут быть радикалы или нерадикалы. Антиоксиданты - это молекулы, предотвращающие окисление. Радикалы представляют собой высокореактивные химические соединения, способные повредить компоненты мышечных волокон, такие как белки и липиды. (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

Рисунок 8: Терминология нескольких общих терминов в антиоксидантной литературе



Источник: (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

Terminology	Терминология
Oxidation= removal of electrons	Окисление = удаление электронов
Reduction= adding an electron	Редукция = добавление электрона



Reactive species are molecules that promote oxidation (i.e Oxidants) and these can be radicals or non-radicals.	Реактивные частицы - это молекулы, которые способствуют окислению (например, окислители), и это могут быть радикалы или нерадикалы.
Free radicals are molecules that possess an unpaired electron in their outer orbital. They are highly reactive.	Свободные радикалы - это молекулы, на внешней орбитали которых находится неспаренный электрон. Они очень реактивны.
Anti-oxidants are molecules that prevent	Антиоксиданты - это молекулы, которые предотвращают
Free radical steals electron forms table molecule making that molecule less stable	Свободный радикал крадет электрон, образуя молекулу стола, что делает ее менее стабильной
Stable molecule	Стабильная молекула
Free radical	Свободный радикал
Adds electron to outer orbit and stabilizes free radical	Добавляет электрон на внешнюю орбиту и стабилизирует свободные радикалы
Antioxidant	Антиоксидант

Из-за высокой реакционной способности свободных радикалов их очень трудно измерить. Они реагируют очень быстро, и электроны переходят от одной молекулы к другой, что делает практически невозможным их измерение. Поэтому мы часто измеряем некоторые из биомаркеров окислительного стресса, чтобы получить указание. Мы измеряем окисленные липиды, белок или ДНК. Предполагается, что измеряемый нами биомаркер является отражением окислительного стресса, а это не всегда так. (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

Многие исследования измеряют результаты, которые мало связаны с окислительным стрессом, поэтому важно не основывать наши практические советы на основе этих измерений.

Физические упражнения увеличивают выработку клетками активных форм кислорода (АФК) в мышцах, печени и других органах. Вопреки распространенному мнению, нет НИКАКИХ доказательств того, что источником является повышенное производство митохондрий. Скотт поспешил указать, что упрощенное объяснение упражнений



требует большего количества кислорода, большего окисления в месте, где происходит окисление (митохондрии), не может быть подтверждено доказательствами. Первоначально ROS считались вредными и, следовательно, вероятной причиной повреждения клеток, связанного с истощением. (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

В 1980-х и 1990-х годах широко считалось, что продукция АФК, индуцированная мышечной активностью, цитотоксична для волокон скелетных мышц. Тем не менее все больше данных указывает на то, что повышенная продукция ROS играет важную роль в регуляции сигнальных путей, которые необходимы для содействия адаптации скелетных мышц в ответ как на упражнения, так и на бездействие мышц (Powers, Duarte, Kavazis, & Talbert, 2010).

Однако старая точка зрения по-прежнему широко используется в популярной прессе. За последнее десятилетие появились данные, показывающие, что АФК действуют как сигналы, важные (среди других функций) для адаптации к тренировкам. Таким образом, ROS может рассматриваться как положительный, а не отрицательный!

Конечно, необходимо предотвратить чрезмерное окисление, и в организме есть несколько механизмов для этого. В организме есть множество ферментов, обладающих антиоксидантной способностью. Эти ферменты являются важнейшей защитной системой.

Диетические антиоксиданты, когда они попадают в место окисления, могут использоваться в качестве антиоксиданта только один раз. Они израсходованы, и поэтому нам нужно большое количество экзогенных антиоксидантов, чтобы они были эффективными, и эти антиоксиданты должны находиться в определенном месте, где происходит окисление. Вероятно, что любая добавка будет поставлять только небольшие количества экзогенных антиоксидантов, и, таким образом, их влияние на эндогенную антиоксидантную систему невелико. Антиоксидантные ферменты в нашем организме можно использовать снова и снова, и эти ферменты активируются (увеличиваются) во время тренировок. Многие исследования показали, что тренировки увеличивают экспрессию классических антиоксидантных ферментов, таких как супероксиддисмутаза и глутатионпероксидаза. Итак, чем больше мы тренируемся, тем больше ферментов мы производим и тем более защищены мы, независимо от приема антиоксидантов (S. Powers, Nelson, & Larson-Meyer, 2011). Более подробное обсуждение роли антиоксидантов можно найти в ряде обзоров (Konig, Wagner, Elmadfa, & Berg, 2001; Powers & Jackson, 2008; Powers, Ji, Kavazis, & Jackson, 2011).

Несколько исследований продемонстрировали, что антиоксиданты в высоких дозах фактически устраняют сигнал для адаптации к тренировкам, а адаптация к дождю нарушается (Gomez-Cabrera et al., 2008). Этот негативный эффект приема антиоксидантов будет более подробно обсужден в разделе, посвященном периодическому питанию.

Таким образом, идея о том, что всегда следует рекомендовать прием антиоксидантов во время упражнений, неверна.



Хотя теоретическая основа может быть обоснованной, нет никаких научных доказательств, чтобы рекомендовать повышенное количество антиоксидантов физически активным людям, превышающее количество, обеспечиваемое здоровым сбалансированным питанием.

1. Нет никаких доказательств того, что физическая тренировка требует добавок антиоксидантов сверх обычных антиоксидантов из хорошо сбалансированной диеты.
2. Пищевые добавки с антиоксидантами могут иметь значение, когда потребление пищи ограничено или когда диетический дефицит антиоксидантов установлен клинически (редко!)
3. Нет доказательств того, что антиоксиданты положительно влияют на выздоровление.
4. Доказательств того, что антиоксиданты улучшают производительность, практически нет.
5. Появляются доказательства того, что прием антиоксидантов в высоких дозах может снизить адаптацию к тренировкам. (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

Рисунок 9: Антиоксидант для спортсменов

**Antioxidants for athletes**  
Key messages

mysportscience  
@jeukendrup  
www.mysportscience.com

1. There is **no evidence** that physical training requires antioxidant supplementation above the normal antioxidants from a well-balanced diet.
2. Dietary antioxidants **can be used** as an antioxidant **only once** whereas the endogenous antioxidant system can be used over and over again.
3. **Exercise is the best antioxidant** Antioxidant enzymes in our bodies can be used over and over again and these enzymes are up-regulated (increase) with training.
4. There is **no evidence** that antioxidants have a positive effect on **recovery**
5. There is increasing evidence that antioxidant supplementation in **high doses can reduce training adaptation.**
6. **Eat a varied diet** with fruits and vegetables. You will not have to supplement. If you do supplement, be aware that high doses may make training less effective.

Источник: (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

Key messages	Ключевые сообщения
Antioxidants for athletes	Антиоксиданты для спортсменов
There is no evidence that physical training requires antioxidant supplementation above the normal	Нет никаких доказательств того, что физическая тренировка требует добавления



antioxidants from a well-balanced diet.	антиоксидантов сверх обычных антиоксидантов из хорошо сбалансированной диеты.
Dietary antioxidants can be used as an antioxidant only once whereas the endogenous antioxidant system can be uses over again.	Диетические антиоксиданты могут использоваться в качестве антиоксидантов только один раз, тогда как эндогенная антиоксидантная система может использоваться снова.
Exercise is the best antioxidant Antioxidant enzymes in our bodies can be used over and over again and these enzymes are up-regulated (increase) with training.	Упражнения - лучший антиоксидант Антиоксидантные ферменты в нашем организме можно использовать снова и снова, и эти ферменты активируются (увеличиваются) с тренировкой.
There is no evidence that antioxidants have a positive effect on recovery.	Нет никаких доказательств того, что антиоксиданты положительно влияют на выздоровление.
There is increasing evidence that antioxidant supplementation in high doses can reduce training adaptation.	Появляется все больше доказательств того, что прием антиоксидантов в высоких дозах может снизить адаптацию к тренировкам.
Eat a varied diet with fruit and vegetables. You will not have to supplement. If you do supplement, be aware that high doses may make training less effective.	Соблюдайте разнообразную диету с фруктами и овощами. Добавлять не придется. Если вы принимаете добавки, имейте в виду, что высокие дозы могут снизить эффективность тренировок.

#### «Практические последствия довольно просты.

Нет необходимости в добавках антиоксидантов, если вы придерживаетесь диеты с разнообразными фруктами и овощами, это разумный способ получить баланс экзогенных антиоксидантов. Исследования не показали никаких преимуществ приема антиоксидантных добавок, а высокие дозы антиоксидантов могут быть вредными, и их следует избегать ». (Jeukendrup, A, 2018, <https://bit.ly/2K9n7VE>)

#### 4.2.4 Омега-3 жирные кислоты

Рыбий жир является естественным источником длинноцепочечных омега-3 Fas, включая докозагексаеновую кислоту и эйкозапентаеновую кислоту. Омега-3 жирная кислота представляет собой полиненасыщенную жирную кислоту (ПНЖК), что означает, что она содержит две или более двойных связей с одной из двойных связей на третьем углероде от метильного конца. ПНЖК считаются незаменимыми



питательными веществами, потому что человеческий организм не может производить их в заметных количествах. Омега-3 жирные кислоты содержатся в основном в жирной рыбе (см. Таблицу 2).

**Таблица 2:** Содержание полиненасыщенных жирных кислот омега-3 (n-3) в различных обычно потребляемых пищевых источниках

Тип еды	г EPA + DHA на порцию 100 г	Типичный размер порции	Количество порций равно 1 филе скумбрии
Скумбрия	3.2	81 г (1 филе)	-
Сардины	1.9	130 г (1 филе)	1.1
Выращенный лосось	1.4	94 г (1 филе)	2
Дикий лосось	0.7	94 г (1 филе)	3.9
Консервированный тунец	0.2	112 г (1 банка слита)	11.6
Филейная часть трески	0.2	140 г (1 корейка)	9.3
Стейк из тунца	0.1	120 г (1 стейк)	21.6
Корм для макрородослей	0.05	125 г	41.5
Курица	0.02	145 г (1 грудка)	89.4
ягненок	0.01	125 г	207.4
Свинина	0.01	100 г (1 корейка)	259.2
Говядина	0.01	125 г	207.4

DHA = докозагексаеновая кислота; EPA = Эйкозапентаеновая кислота.

Источник: адаптировано из Sprague et al. {Sprague, 2016 № 12795}

Жирные кислоты Омега-3 включают эйкозапентаеновую кислоту (EPA), докозагексаеновую кислоту (DHA) и  $\alpha$  /  $\gamma$ -линоленовую кислоту (ALA), небольшие количества которых могут превращаться в EPA и DHA в организме. Диетические источники жирных кислот Омега-3 включают источники растительной основы, такие как семена льна, льняное масло, орехи, ореховое масло, водоросли, семена, соевое масло и рапсовое масло для ALA, тогда как EPA и DHA находятся в животных источниках, таких как рыба (например, треска, скумбрия, лосось, тунец), рыбий жир и масло криля (таблица 2). «Жиры Омега-3 были в центре внимания большого количества физических упражнений и исследований когнитивной деятельности, поскольку известно, что они включаются в мембраны клеток, улучшают синтез мышечного белка, уменьшают воспаление и улучшают когнитивные функции, которые все имеют работоспособность и здоровье последствия для спортсменов ». (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

### Синтез мышечного белка



Некоторые исследования предполагают роль омега-3 жирных кислот в синтезе мышечного белка. Хотя большинство исследований проводилось на пожилых людях (старше 60 лет) или на животных, сейчас есть некоторые данные и у спортсменов.

В одном исследовании потребление омега-3 жирных кислот, по-видимому, приводит к большей активации белкового комплекса, известного как молекулярная мишень / мишень для млекопитающих комплекса рапамицина 1 (mTORC1), в периоды высоких инфузий инсулина и аминокислот у пожилых людей (Smith et al. , 2011a). Активность mTORC1 необходима как для упражнений с отягощениями, так и для увеличения доступности аминокислот и лейцина для увеличения синтеза мышечного белка, а mTORC1 также необходим для восстановления мышц после травмы (Heaton et al., 2017). В последующем исследовании те же авторы обнаружили, что анаболический ответ на инфузию инсулина и аминокислот был сильнее после ежедневного приема 4 г длинноцепочечных омега-3 (включая 1,86 г EPA, 1,50 г DHA) в течение 8 недель (Smith et al., 2011b). Также более недавнее исследование, проведенное в той же лаборатории (Smith et al., 2015), предполагает, что при высоких уровнях инсулина и аминокислот, например, после приема пищи с большим содержанием углеводов и белков, адекватное количество омега-3 жирных кислот может улучшить мышечную ткань синтез белка за счет активации mTORC1. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить, распространяются ли эти результаты на элитных спортсменов.

Некоторые формы упражнений, включая тренировки с отягощениями и футбольные матчи, приводят к значительному повреждению мышц, и это повреждение может накапливаться по ходу сезона. Одна из естественных реакций на повреждение - воспалительная реакция внутри мышцы, которая способствует адаптации, которая укрепляет мышцу и делает ее более устойчивой к травмам. Хотя некоторое воспаление может быть важным для нормальной адаптации к тренировкам, слишком сильное воспаление может ухудшить / замедлить способность мышцы восстанавливаться после тренировки. Известно, что жирные кислоты омега-3 обладают противовоспалительными свойствами. И DHA, и EPA снижают экспрессию воспалительных цитокинов лейкоцитами, а также дают начало семейству противовоспалительных медиаторов, называемых резолвинами (Calder, 2006). DHA также изменяет активность фагоцитарных клеток, таких как нейтрофилы и макрофаги, которые являются инициаторами воспаления после повреждения мышц, вызванного физической нагрузкой (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Несколько исследований показали, что прием EPA и DHA может уменьшить мышечную болезненность с отсроченным началом (DOMS) после эксцентрических упражнений. В одном из таких исследований (Tartibian, Maleki, & Abbasi, 2009) нетренированные субъекты потребляли 1,8 г / день добавки омега-3 (включая 0,32 г EPA и 0,22 г DHA) в течение 30 дней перед завершением протокола эксцентрических упражнений на разгибатели колена. «Субъекты, которые принимали добавку омега-3, сообщили об уменьшении ощущаемой мышечной болезненности и улучшили диапазон движений в коленях через 48 часов после тренировки, даже при такой низкой дозе. Аналогичное исследование с использованием более высокой суточной дозы масел омега-3 (включая 2,0 г EPA и 1,0 г DHA) также показало снижение DOMS через 48 часов после сеанса эксцентрических упражнений (Jouris, McDaniel, & Weiss, 2011) ». (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.) Необходимы дальнейшие исследования, чтобы



подтвердить аналогичные эффекты у более тренированных людей, но, похоже, добавки с омега-3 могут улучшить восстановление мышц после повреждающих упражнений.

Попадающие в организм жирные кислоты омега-3 будут включены в различные мембраны, и обычно считается, что это улучшит функцию этих мембран. Например, считается, что при включении в мембраны эритроцитов это сделает эритроциты более «жидкими» и, теоретически, это означает, что поток через капилляры будет легче и доставка кислорода улучшится.

Физические тренировки улучшают деформируемость эритроцитов и изменяют состав ЖК мембран в сторону более высокого процента ненасыщенных ЖК, поэтому повышенная текучесть в условиях покоя может быть замаскирована физическими тренировками (Kamada, Tokuda, Aozaki, & Otsuji, 1993). Повышенная текучесть мембран может быть особенно важна, когда потребление кислорода становится ограниченным, например, во время физических упражнений в условиях гипоксии.

Эта теория была изучена в конце 1980-х годов Гезеннеком, Надо, Сатабином, Леже и Лафаргом (1989), которые предположили, что увеличение доли полиненасыщенных ЖК (ПНЖК) в фосфолипидах мембран эритроцитов улучшает текучесть мембран и увеличивает деформируемость красных кровяных телец. (гибкость), что приводит к улучшению периферической подачи кислорода. Они провели исследование, в котором 14 мужчин были разделены на две группы; одна группа получала обычную диету, а другая - диету, богатую рыбьим жиром, в течение 6 недель. Доля омега-3 жирных кислот увеличивалась в мембранах эритроцитов, но изменений в деформируемости эритроцитов в условиях покоя не наблюдалось. Во время гипобарических упражнений деформируемость красных кровяных телец уменьшалась меньше при употреблении рыбьего жира. Брилла и Ландерхольм (1990) изучали влияние потребления рыбьего жира и физических упражнений у 32 сидячих мужчин и обнаружили, что физические упражнения привели к увеличению  $VO_{2max}$ , тогда как добавление рыбьего жира не имело эффекта. Остенбруг и др. (1997) также не обнаружили влияния на характеристики мембраны,  $VO_{2max}$  или производительность.

Несколько исследований, в том числе исследование Fontani et al. (2005) также предполагают, что улучшение когнитивных функций, времени реакции и концентрации внимания является результатом приема добавок омега-3 жирных кислот, которые имеют потенциальное значение для многих командных игр и видов спорта с ракеткой. (Jeukendrup and Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2UENOq7>.)

Институт медицины США рекомендует мужчинам потреблять 1,6 г АЛК в день, но, хотя в настоящее время нет установленных рекомендаций по потреблению ЭПК и ДГК, прием около 1 г в день обеих этих жирных кислот кажется подходящим для получения описанных преимуществ. над. Одним из потенциальных недостатков может быть то, что противовоспалительное действие этих жирных кислот может усиливать противовоспалительное и иммунодепрессивное действие интенсивных тренировок на выносливость и, таким образом, увеличивать риск инфицирования спортсменов, но пока прямых доказательств этого нет.



В заключение следует отметить, что данные о добавлении омега-3 жирных кислот спортсменам неоднозначны, и рекомендуется включать в рацион хорошие источники EPA и DHA, следя за тем, чтобы поступление этих жирных кислот увеличивалось с помощью диеты, а не добавок

В этом модуле мы обсудили 8 добавок. Некоторые из этих добавок можно было бы рассмотреть в течение игрового дня. Другие добавки необходимо принимать в течение длительного времени, а другие добавки могут стать важной частью подготовки в течение всего сезона. Из всех добавок, представленных на рынке, мы обсудили здесь семь из них: кофеин, креатин, бикарбонат, бета-аланин, витамин D, нитраты и рыбий жир. Мы также обсудили антиоксиданты, которые часто используются, но могут быть просто получены с пищей, поэтому прием высоких доз не рекомендуется.



## Ссылки

1. Артиоли, Дж. Дж., Гуалано, Б., Смит, А., Стаут, Дж., И Ланча, А. Х., младший (июнь 2010 г.). Роль добавок бета-аланина в мышечном карнозине и выполнении упражнений. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 42 (6), 1162-1173. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e3181c74e38
2. Бейли, С. Дж., Фулфорд, Дж., Ванхатало, А., Уиньярд, П. Г., Блэквелл, Дж. Р., Ди Менна, Ф. Дж., Уилкерсон, Д. П., Бенджамин, Н., Джонс, А. М. (июль, 2010 г.). Пищевые добавки с нитратами повышают сократительную способность мышц во время упражнений на разгибатели колена у людей. Журнал прикладной физиологии (1985), 109 (1), 135-148. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00046.2010
3. Бейли, С. Дж., Виньярд, П., Ванхатало, А., Блэквелл, Дж. Р., Дименна, Ф. Дж., Уилкерсон, Д. П., Тарр, Дж., Бенджамин, Н., Джонс, А. М. (октябрь 2009 г.). Добавка нитратов снижает затраты на O<sub>2</sub> при упражнениях низкой интенсивности и повышает переносимость упражнений высокой интенсивности у людей. Журнал прикладной физиологии (1985), 107 (4), 1144-1155. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00722.2009
4. Балсом, П. Д., Экблом, Б., Содерлунд, К., Съедин, Б., и Халтман, Е. (сентябрь 1993 г.). Добавки креатина и динамические высокоинтенсивные периодические упражнения. Скандинавский журнал медицины и науки в спорте, 3 (3), 143-149.
5. Берд, С. П. (декабрь 2003 г.). Добавки креатина и выполнение упражнений: краткий обзор. Журнал спортивной науки и медицины, 2 (4), 123-132.
6. Бонд, Х., Мортон, Л., и Браакхуис, А. Дж. (Август 2012 г.). Добавка нитратов улучшает результаты гребли у хорошо подготовленных гребцов. Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений, 22 (4), 251-256.
7. Бурсма, Р. К., Уитфилд, Дж., И Спрайт, Л. Л. (декабрь 2014 г.). Добавка свекольного сока не улучшает работоспособность элитных бегунов на 1500 м. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 46 (12), 2326-2334. DOI: 10.1249 / MSS.0000000000000364
8. Брилла, Л. Р., Ландерхольм, Т. Э. (июнь 1990 г.). Влияние добавок рыбьего жира на липиды сыворотки и аэробное состояние. Журнал спортивной медицины и физической подготовки, 30 (2), 173-180.
9. Берк, Д. Г., Кандоу, Д. Г., Чилибек, П. Д., Макнейл, Л. Г., Рой, Б. Д., Тарнопольский, М. А., и Зигенфус, Т. (август 2008 г.). Влияние добавок креатина и тренировок с отягощениями на инсулиноподобный фактор роста мышц у молодых людей. Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений, 18 (4), 389-398.
10. Колдер П. С. (июнь 2006 г.). n-3 полиненасыщенные жирные кислоты, воспаления и воспалительные заболевания. Американский журнал клинического питания, 83 (6 дополнений), 1505S-1519S. DOI: 10.1093 / ajcn / 83.6.1505S



11. Карр, А. Дж., Хопкинс, У. Г., и Гор, К. Дж. (Октябрь 2011 г.). Влияние острого алкалоза и ацидоза на работоспособность: метаанализ. Спортивная медицина, 41 (10), 801-814. DOI: 10.2165 / 11591440-000000000-00000
12. Карсвелл, А.Т., Оливер, С.Дж., Венц, Л.М., Каши, Д.С., Робертс, Р., Танг, Дж.С.Й., Изард, Р.М., Джексон, С., Аллан, Д., Родс, Л. Е., Фрейзер, В. Д., Гривс, JP, Уолш, Н. П. (декабрь 2018 г.). Влияние приема витамина D солнечным светом или перорального приема D3 на выполнение упражнений. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 50 (12), 2555-2564. DOI: 10.1249 / MSS.0000000000001721
13. Кейси, А., Константин-Теодозиу, Д., Хауэлл, С., Халтман, Э., и Гринхафф, П. Л. (июль 1996 г.). Прием креатина благоприятно влияет на работоспособность и метаболизм мышц при максимальных нагрузках у людей. Американский журнал физиологии, 271 (1 Pt 1), E31-37.
14. Кристенсен П. М., Ширази Ю., Ритц С. и Нордсборг Н. Б. (май 2017 г.). Кофеин и бикарбонат для скорости. Мета-анализ юридических добавок, потенциально способствующих повышению эффективности интенсивных упражнений на выносливость. Границы физиологии, 8, 240. doi: 10.3389 / fphys.2017.00240
15. Чики, Дж., Голас, А., Хальц, М., Машчик, А., Тоборек, М., и Заяц, А. (ноябрь 2018 г.). Хроническое употребление бикарбоната натрия и калия с цитратом калия, магния и кальция улучшает анаэробные показатели у элитных футболистов. Питательные вещества, 10 (11). DOI: 10.3390 / nu10111610
16. Кук, К. Дж., Крютер, Б. Т., Килдафф, Л. П., Дравер, С., и Гавильо, К. М. (февраль 2011 г.). Выполнение навыков и депривация сна: эффекты острого приема кофеина или креатина - рандомизированное плацебо-контролируемое исследование. Журнал Международного общества спортивного питания, 8, 2. doi: 10.1186 / 1550-2783-8-2
17. Костилл, Д. Л., Дальский, Г. П., и Финк, В. Дж. (1978). Влияние приема кофеина на метаболизм и физическую работоспособность. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 10 (3), 155-158.
18. Кокс, Г. Р., Десброу, Б., Монтгомери, П. Г., Андерсон, М. Е., Брюс, К. Р., Макридес, Т. А., Мартин, Д. Т., Мокин, А., Робертс, А., Хоули, Д. А., Берк, Л. М. (сентябрь, 2002). Влияние различных протоколов приема кофеина на метаболизм и выносливость. Журнал прикладной физиологии, 93 (3), 990-999.
19. Делдик, Л., Луи, М., Тайзен, Д., Ниленс, Х., Деу, М., Тиссен, Дж. П., Ренни, М. Дж., Франко, М. (май 2005 г.). Повышение мРНК IGF в скелетных мышцах человека после приема креатина. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 37 (5), 731-736.
20. Дерав В., Оздемир М. С., Харрис Р. К., Поттье А., Рейнгудт Х., Коппо К., Уайз Дж. А., Ахтен Э. (ноябрь 2007 г.). Добавка бета-аланина увеличивает содержание карнозина в мышцах и снижает утомляемость во время повторных изокинетических сокращений у тренированных спринтеров. Журнал прикладной физиологии (1985), 103 (5), 1736-1743. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00397.2007



21. Дувняк-Закнич, Д. М., Доусон, Б. Т., Уоллман, К. Э. и Генри, Г. (август 2011 г.). Влияние кофеина на время реакции в свежем и утомленном состоянии. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 43 (8), 1523-1530. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e31821048ab
22. Фишер, С. М., Мак-Мюррей, Р. Г., Берри, М., Мар, М. Х., и Форсайт, В. А. (октябрь 1986 г.). Влияние кофеина на выполнение упражнений у постоянных потребителей кофеина. Международный журнал спортивной медицины, 7 (5), 276-280. DOI: 10.1055 / s-2008-1025774
23. Фонтани, Г., Коррадески, Ф., Феличи, А., Альфатти, Ф., Мильорини, С., и Лоди, Л. (ноябрь 2005 г.). Когнитивные и физиологические эффекты добавок полиненасыщенных жирных кислот Омега-3 у здоровых людей. Европейский журнал клинических исследований, 35 (11), 691-699. DOI: 10.1111 / j.1365-2362.2005.01570.x
24. Фоскетт А., Али А. и Гант Н. (август 2009 г.). Кофеин улучшает когнитивные функции и навыки во время симуляции футбола. Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений, 19 (4), 410-423.
25. Гант Н., Стинир К. М. и Библоу У. Д. (сентябрь 2010 г.). Углеводы во рту сразу же ускоряют двигательную активность. Brain Research, 1350, 151-158. DOI: S0006-8993 (10) 00812-7 [pii] 10.1016 / j.brainres.2010.04.004
26. Гирджис С. М., Клифтон-Блай Р. Дж., Тернер Н., Лау С. Л. и Гантон Дж. Э. (февраль 2014 г.). Влияние витамина D на скелетные мышцы: падения, сила, спортивные результаты и чувствительность к инсулину. Клиническая эндокринология (Оксфорд), 80 (2), 169-181. DOI: 10.1111 / cen.12368
27. Гомес-Кабрера, М. К., Доменек, Э., Романьоли, М., Ардуини, А., Боррас, К., Паллардо, Ф. В., Састре, Дж., Вина, Дж. (Январь 2008 г.). Пероральный прием витамина С снижает биогенез митохондрий в мышцах и препятствует адаптации выносливости, вызванной тренировками. Американский журнал клинического питания, 87 (1), 142-149. DOI: 10.1093 / ajcn / 87.1.142
28. Грэм, Т. Е., Баттрам, Д. С., Дела, Ф., Эль-Сохеми, А., и Тонг, Ф. С. (декабрь 2008 г.). Влияет ли кофеин на метаболизм углеводов и жиров в мышцах во время упражнений? Прикладная физиология, питание и обмен веществ, 33 (6), 1311-1318. doi: h08-129 [pii] 10.1139 / h08-129
29. Грин А. Л., Сьюэлл Д. А., Симпсон Л., Халтман Э. и Гринхафф П. Л. (1995). Прием углеводов стимулирует усвоение креатина скелетными мышцами человека. Журнал физиологии, 489, 27.
30. Грин А. Л., Симпсон Э. Дж., Литтлвуд Дж. Дж., Макдональд И. А. и Гринхафф П. Л. (октябрь 1996 г.). Прием углеводов увеличивает удержание креатина во время приема креатина у людей. Acta Physiologica Scandinavica, 158 (2), 195-202.
31. Гринхафф П., Кейси А., Шорт А., Харрис Р., Содерлунд К. и Халтман Э. (май, 1993 г.). Влияние пероральных добавок креатина на крутящий момент мышц во время



повторных циклов максимальных произвольных упражнений у мужчин. Клиническая наука, 84 (5), 565-571.

32. Гринхафф П. Л., Бодин К., Харрис Р. К., Джонс Д. А., Макинтайр Д. Б., Содерлунд К. и Тернер Д. Л. (1993). Влияние пероральных добавок креатина на ресинтез фосфокреатина в мышцах после интенсивного сокращения у человека. Журнал физиологии, 467, 75 с.

33. Гргич, Дж., Микулич, П., Шенфельд, Б. Дж., Бишоп, Д. Дж., И Педисик, З. (октябрь 2018 г.). Влияние добавок кофеина на упражнения с отягощениями: обзор. Спортивная медицина [Epub перед печатью]. DOI: 10.1007 / s40279-018-0997-y

34. Гуалано Б., Роусон Э. С., Кандоу Д. Г. и Чилибек П. Д. (август 2016 г.). Добавки креатина для стареющего населения: влияние на скелетные мышцы, кости и мозг. Аминокислоты, 48 (8), 1793-1805. DOI: 10.1007 / s00726-016-2239-7

35. Guezennec, C.Y., Nadaud, J.F., Satabin, P., Léger, F., & Lafargue, P. (август, 1989 г.). Влияние диеты на основе полиненасыщенных жирных кислот на геморреологический ответ на физические нагрузки при гипоксии. Международный журнал спортивной медицины, 10 (4), 286-291.

36. Харрис, Р. К., Марлин, Д. Дж., Даннет, М., Сноу, Д. Х., & Халтман, Э. (1990). Буферная способность мышц и содержание дипептидов у породистой лошади, борзой собаки и человека. Сравнительная биохимия и физиология, 97 (2), 249-251.

37. Харрис Р. К., Содерлунд К. и Халтман Э. (сентябрь 1992 г.). Повышение уровня креатина в мышцах здоровых людей в состоянии покоя и тренировок за счет приема креатина. Клиническая наука, 83 (3), 367-374.

38. Harris, RC, Tallon, MJ, Dunnett, M., Boobis, L., Coakley, J., Kim, HJ, Fallowfield, JL, Hill, CA, Sale, C., & Wise, JA (май 2006 г. ). Всасывание бета-аланина, вводимого перорально, и его влияние на синтез карнозина в мышцах латеральной широкой мышцы бедра человека. Аминокислоты, 30 (3), 279-289. DOI: 10.1007 / s00726-006-0299-9

39. Хитон, Л. Е., Дэвис, Дж. К., Роусон, Э. С., Нуччио, Р. П., Витард, О. К., Стейн, К. В., Баар, К., Картер, Дж. М., Бейкер, Л. Б. (ноябрь 2017 г.). Избранные сезонные стратегии питания для ускорения восстановления спортсменов командных видов спорта: практический обзор. Спортивная медицина, 47 (11), 2201-2218. DOI: 10.1007 / s40279-017-0759-2

40. Хилл, К. А., Харрис, Р. К., Ким, Х. Дж., Харрис, Б. Д., Сейл, К., Бубис, Л. Х., Ким, К. К., Уайз, Д. А. (февраль 2007 г.). Влияние добавок бета-аланина на концентрацию карнозина в скелетных мышцах и способность к высокой интенсивности езды на велосипеде. Аминокислоты, 32 (2), 225-233. DOI: 10.1007 / s00726-006-0364-4

41. Хобсон, Р. М., Сондерс, Б., Болл, Г., Харрис, Р. К., и Сэйл, К. (июль 2012 г.). Влияние добавок бета-аланина на выполнение упражнений: метаанализ. Аминокислоты, 43 (1), 25-37. DOI: 10.1007 / s00726-011-1200-z



42. Ходжсон, А.Б., Рэнделл, Р.К., & Джекендруп, А.Э. (2013). Эффекты метаболизма и производительности кофеина по сравнению с кофе во время упражнений на выносливость. *PLoS One*, 8 (4), e59561. DOI: 10.1371 / journal.pone.0059561
43. Хорсвилл К. А. (июнь 1995 г.). Влияние загрузки бикарбоната, цитрата и фосфата на производительность. *Журнал Международного общества спортивного питания*, 5, S111-S119.
44. Халтман, Э., Гринхафф, П. Л., Рен, Дж. М., и Содерлунд, К. (апрель 1991 г.). Энергетический обмен и усталость при интенсивном сокращении мышц. *Biochemical Society Transactions*, 19 (2), 347-353.
45. Халтман, Э., Содерлунд, К., Тиммонс, Дж. А., Седерблад, Г., и Гринхафф, П. Л. (июль 1996 г.). Нагрузка креатином в мышцах у мужчин. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 81 (1), 232-237.
46. Айви, Дж. Л., Костилл, Д. Л., Финк, В. Дж., И Лоуэр, Р. У. (1979). Влияние кофеиновой и углеводной пищи на выносливость. *Медицина и наука в спорте и физических упражнениях*, 11 (1), 6-11.
47. Jeukendrup, A. (10 июня 2018 г.). Упражнения - лучший антиоксидант. из <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/06/10/Exercise-is-the-best-antioxidant>
48. Jeukendrup, A. (18 июля 2018b). Витамин D и производительность. Получено по дате с <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-and-performance>
49. Jeukendrup, A. (14 июля 2018c). Руководство по добавкам витамина D. Получено по дате с <http://www.mysportscience.com/single-post/2018/07/14/Vitamin-D-supplementation-guide>
50. Jeukendrup, A. E., & Gleeson, M. (2018). *Спортивное питание*. Шампейн, США: кинетика человека.
51. Журрис, К. Б., МакДэниел, Дж. Л., и Вайс, Э. П. (сентябрь 2011 г.). Влияние добавок жирных кислот омега-3 на воспалительную реакцию на эксцентрические силовые упражнения. *Журнал спортивной науки и медицины*, 10 (3), 432-438.
52. Камада Т., Токуда С., Аозаки С. и Оцудзи С. (январь 1993 г.). Более высокий уровень текучести мембран эритроцитов у спринтеров и бегунов на длинные дистанции. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 74 (1), 354-358. DOI: 10.1152 / jappl.1993.74.1.354
53. Карлссон, Дж. И Салтин, Б. (ноябрь 1970 г.). Лактат, АТФ и ЦП в работающих мышцах во время изнурительной нагрузки у человека. *Журнал прикладной физиологии*, 29 (5), 596-602.
54. Кониг, Д., Вагнер, К. Х., Эльмадфа, И., и Берг, А. (2001). Физические упражнения и окислительный стресс: значение антиоксидантов в отношении воспалительного, мышечного и системного стресса. *Обзор иммунологии упражнений*, 7, 108-133.



55. Крейдер Р. Б. (февраль 2003 г.). Влияние добавок креатина на производительность и адаптацию к тренировкам. Молекулярная и клеточная биохимия, 244 (1-2), 89-94.
56. Крейдер, Р. Б., Кальман, Д. С., Антонио, Дж., Зигенфус, Т. Н., Вильдман, Р., Коллинз, Р., Кандоу, Д. Г., Кляйнер, С. М., Алмада, А. Л., Лопес, Х. Л. (июнь, 2017 г.). Позиция Международного общества спортивного питания: безопасность и эффективность добавок креатина в упражнениях, спорте и медицине. Журнал Международного общества спортивного питания, 14, 18. doi: 10.1186 / s12970-017-0173-z
57. Ланча Джуниор, А. Х., Пейнелли Вде, С., Сондерс, Б., и Артиоли, Г. Г. (ноябрь 2015 г.). Стратегии питания для модуляции внутриклеточной и внеклеточной буферной способности во время высокоинтенсивных упражнений. Спортивная медицина, 45 (Приложение 1), С71-81. DOI: 10.1007 / s40279-015-0397-5
58. Лейн, С. К., Хоули, Дж. А., Десброу, Б., Джонс, А. М., Блэквелл, Дж. Р., Росс, М. Л., Земски, А. Дж., Берк, Л. М. (сентябрь 2014 г.). Отдельное и комбинированное влияние свекольного сока и добавок кофеина на результаты велотренировок. Прикладная физиология, питание и метаболизм, 39 (9), 1050-1057. DOI: 10.1139 / arpm-2013-0336
59. Лэнсли К. Э., Виньярд П. Г., Бейли С. Дж., Ванхатало А., Уилкерсон Д. П., Блэквелл Дж. Р., Гилкрист М., Бенджамин Н. и Джонс А. М. (июнь 2011 г.). Добавки с острым диетическим содержанием нитратов улучшают результаты велотренировок. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 43 (6), 1125-1131. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e31821597b4
60. Лэнсли, К. Э., Виньярд, П. Г., Фулфорд, Дж., Ванхатало, А., Бейли, С. Дж., Блэквелл, Дж. Р., Ди Менна, Ф. Дж., Гилкрист, М., Бенджамин, Н., и Джонс, А. М. (март 2011 г.). Добавка нитратов снижает затраты O<sub>2</sub> при ходьбе и беге: плацебо-контролируемое исследование. Журнал прикладной физиологии (1985), 110 (3), 591-600. DOI: 10.1152 / japplphysiol.01070.2010
61. Ларсен, Ф. Дж., Шиффер, Т. А., Борникель, С., Сахлин, К., Экблом, Б., Лундберг, Дж. О., и Вайцберг, Э. (февраль 2011 г.). Диетические неорганические нитраты повышают эффективность митохондрий у людей. Клеточный метаболизм, 13 (2), 149-159. DOI: 10.1016 / j.cmet.2011.01.004
62. Ларсен Ф. Дж., Вайцберг Э., Лундберг Дж. О. и Экблом Б. (сентябрь 2007 г.). Влияние диетических нитратов на расход кислорода во время упражнений. Acta Physiologica (Оксфорд, Англия), 191 (1), 59-66. DOI: 10.1111 / j.1748-1716.2007.01713.x
63. Луи, М., Поортманс, Дж. Р., Франко, М., Бер, Дж., Буассо, Н., Брассин, Э., Катбертсон, Д. Д., Смит, К., Бабрадж, Дж. А., Уодделл, Т., & Ренни, М. (ноябрь 2003 г.). Отсутствие эффекта креатина на синтез миофибриллярных и саркоплазматических белков человека после упражнений с отягощениями. Американский журнал физиологии-эндокринологии и метаболизма, 285 (5), E1089-1094. DOI: 10.1152 / ajpendo.00195.2003
64. Луи, М., Поортманс, Д. Р., Франко, М., Халтман, Э., Бер, Дж., Буассо, Н., Янг, В. Р., Смит, К., Мейер-Огенштейн, В., Бабрадж, Дж. А., Уодделл Т. и Ренни М. (апрель 2003 г.). Добавки креатина не влияют на обмен белка в мышцах человека в состоянии покоя,



после абсорбции или после приема пищи. Американский журнал физиологии-эндокринологии и метаболизма, 284 (4), E764-770. DOI: 10.1152 / ajpendo.00338.2002

65. McNaughton, L., & Cedaro, R. (1992). Прием цитрата натрия и его влияние на максимальные анаэробные упражнения различной продолжительности. Европейский журнал прикладной физиологии, 64 (1), 36-41.

66. Макнотон, Л., Далтон, Б., и Палмер, Г. (июнь 1999 г.). Бикарбонат натрия можно использовать в качестве эргогенного средства при высокоинтенсивной соревновательной эргометрии продолжительностью 1 час. Европейский журнал прикладной физиологии, 80 (1), 64-69.

67. McNaughton, L.R. (1990). Цитрат натрия и анаэробные показатели: влияние дозировки. Европейский журнал прикладной физиологии, 61 (5-6), 392-397.

68. Меузен, Р., Руландс, Б., и Сприет, Л. Л. (2013). Кофеин, упражнения и мозг.

*Серия семинаров Института питания Нестле, 76, 1-12. DOI: 10.1159 / 000350223*

70. Муджика И., Падилья С., Ибанез Дж., Искьердо М. и Горостиага Э. (февраль 2001 г.). Добавки креатина и показатели спринта у футболистов. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 32 (2), 518-525.

71. Оберлин-Браун, К. Т., Сигел, Р., Килдинг, А. Э., и Лаурсен, П. Б. (март, 2016 г.). Пероральное присутствие углеводов и кофеина в жевательной резинке: независимые и комбинированные эффекты на выносливость при езде на велосипеде. Международный журнал спортивной физиологии и производительности, 11 (2), 164-171. DOI: 10.1123 / ijspp.2015-0133

72. Олсен, С., Аагаард, П., Кади, Ф., Туфекович, Г., Верней, Дж., Олесен, Дж. Л., Суэтта, К., и Кьяер, М. (июнь, 2006 г.). Добавка креатина увеличивает количество сателлитных клеток и мио ядер в скелетных мышцах человека, вызванное силовыми тренировками. Журнал физиологии, 573 (Pt 2), 525-534. DOI: 10.1113 / jphysiol.2006.107359

73. Остенбруг, Г. С., Менсинк, Р. П., Хардеман, М. Р., Де Фрис, Т., Браунс, Ф., и Хорнстра, Г. (сентябрь 1997 г.). Выполнение упражнений, деформируемость красных кровяных телец и перекисное окисление липидов: эффекты рыбьего жира и витамина Е. Журнал прикладной физиологии (1985), 83 (3), 746-752. DOI: 10.1152 / jappl.1997.83.3.746

74. Оуэнс, Д. Дж., Эллисон, Р., и Клоуз, Г. Л. (март 2018 г.). Витамин D и спортсмен: современные перспективы и новые проблемы. Спортивная медицина, 48 (Приложение 1), 3-16. DOI: 10.1007 / s40279-017-0841-9

75. Оуэнс, Д. Дж., Фрейзер, В. Д., и Клоуз, Г. Л. (2015). Витамин D и спортсмен: новые идеи. Европейский журнал спортивной науки, 15 (1), 73-84. DOI: 10.1080 / 17461391.2014.944223



76. Париз Г., Михич С., МакЛеннан Д., Ярашески К. Э. и Тарнопольский М. А. (сентябрь 2001 г.). Влияние однократного приема моногидрата креатина на кинетику лейцина и синтез белка в смешанных мышцах. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 91 (3), 1041-1047. DOI: 10.1152 / jarpl.2001.91.3.1041
77. Parkhouse, W. S., McKenzie, D. C., Hochachka, P. W., & Ovalle, W. K. (январь, 1985). Буферная способность депротеинизированной мышцы бедра латеральной мышцы человека. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 58 (1), 14-17. DOI: 10.1152 / jarpl.1985.58.1.14
78. Пауэрс, С., Нельсон, У. Б., & Ларсон-Мейер, Э. (2011). Добавки антиоксидантов и витамина D для спортсменов: смысл или нонсенс? *Журнал спортивных наук*, 29 (Дополнение 1), S47-55. DOI: 10.1080 / 02640414.2011.602098
79. Пауэрс, С. К., Дуарте, Дж., Кавазис, А. Н., и Тальберт, Э. Э. (январь, 2010 г.). Активные формы кислорода являются сигнальными молекулами для адаптации скелетных мышц. *Экспериментальная физиология*, 95 (1), 1-9. DOI: 10.1113 / expphysiol.2009.050526
80. Пауэрс, С. К., и Джексон, М. Дж. (Октябрь 2008 г.). Окислительный стресс, вызванный физической нагрузкой: клеточные механизмы и влияние на производство мышечной силы. *Physiological Reviews*, 88 (4), 1243-1276. DOI: 10.1152 / Physrev.00031.2007
81. Пауэрс, С. К., Джи, Л. Л., Кавазис, А. Н., и Джексон, М. Дж. (Апрель 2011 г.). Активные формы кислорода: воздействие на скелетные мышцы. *Комплексная физиология*, 1 (2), 941-969. DOI: 10.1002 / cphy.c100054
82. Кенеле, Дж. Дж., Лафрамбуаз, М. А., Вонг, Дж. Дж., Ким, П., и Уэллс, Г. Д. (февраль 2014 г.). Влияние добавок бета-аланина на производительность: систематический обзор литературы. *Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений*, 24 (1), 14-27. DOI: 10.1123 / ijsnem.2013-0007
83. Робертсон Д., Уэйд Д., Уоркман Р., Вусли Р. Л. и Оутс Дж. А. (апрель, 1981). Толерантность к гуморальным и гемодинамическим эффектам кофеина у человека. *Журнал клинических исследований*, 67 (4), 1111-1117.
84. Сафдар А., Ярдли Н. Дж., Сноу Р., Мелов С. и Тарнопольский М. А. (январь 2008 г.). Глобальная и целевая экспрессия генов и содержание белка в скелетных мышцах молодых мужчин после кратковременного приема добавок моногидрата креатина. *Физиологическая геномика*, 32 (2), 219-228. DOI: 10.1152 / Physiolgenomics.00157.2007
85. Сейл К., Харрис Р. К., Флоранс Дж., Кампс А., Санвур Р. и Портманс Дж. Р. (май, 2009 г.). Выведение креатина и метиламина с мочой после 4 x 5 г x день (-1) или 20 x 1 г x день (-1) моногидрата креатина в течение 5 дней. *Журнал спортивных наук*, 27 (7), 759-766. DOI: 10.1080 / 02640410902838237



86. Салинеро, Дж. Дж., Лара, Б., и Дель Косо, Дж. (Декабрь 2018 г.). Влияние острого употребления кофеина на результаты командных видов спорта: систематический обзор и метаанализ. Исследования в области спортивной медицины [Epub до печати], 1-19. DOI: 10.1080 / 15438627.2018.1552146

87. Сондерс Б., Эллиотт-Сейл К., Артиоли Г. Г., Суинтон П. А., Долан Е., Рошель Х., Сейл К. и Гуалано Б. (2017). Добавка бета-аланина для улучшения переносимости упражнений и производительности: систематический обзор и метаанализ. Британский журнал спортивной медицины, 51 (8), 658-669. DOI: 10.1136 / bjsports-2016-096396

88. Шен, Дж. Г., Брукс, М. Б., Чинкотта, Дж., И Манджуридес, Дж. Д. (февраль 2018 г.). Установление взаимосвязи между эффектом кофеина и продолжительностью гонок на выносливость в спортивных гонках на время: систематический обзор и метаанализ. Журнал науки и медицины в спорте. DOI: 10.1016 / j.jsams.2018.07.022

89. Смит, Г. И., Атертон, П., Ридс, Д. Н., Мохаммед, Б. С., Рэнкин, Д., Ренни, М. Дж., И Миттендорфер, Б. (февраль, 2011а). Прием добавок омега-3 жирных кислот в рацион увеличивает скорость синтеза мышечного белка у пожилых людей: рандомизированное контролируемое исследование. Американский журнал клинического питания, 93 (2), 402-412. DOI: 10.3945 / ajcn.110.005611

90. Смит, Г. И., Атертон, П., Ридс, Д. Н., Мохаммед, Б. С., Рэнкин, Д., Ренни, М. Дж., И Миттендорфер, Б. (сентябрь, 2011b). Полиненасыщенные жирные кислоты омега-3 усиливают анаболический ответ мышечного белка на гиперинсулинемию-гипераминоацидемию у здоровых мужчин и женщин молодого и среднего возраста. Клиническая наука (Лондон), 121 (6), 267-278. DOI: 10.1042 / CS20100597

91. Смит, Г. И., Джуллианд, С., Ридс, Д. Н., Синакор, Д. Р., Кляйн, С., и Миттендорфер, Б. (июль, 2015 г.). Терапия n-3 PUFA на основе рыбьего жира увеличивает мышечную массу и функцию у здоровых пожилых людей. Американский журнал клинического питания, 102 (1), 115-122. DOI: 10.3945 / ajcn.114.105833

Southward, K., Rutherford-Markwick, K. J., & Ali, A. (August, 2018). Т Влияние острого употребления кофеина на выносливость: систематический обзор и метаанализ. Спортивная медицина, 48 (8), 1913-1928. DOI: 10.1007 / s40279-018-0939-8

93. Таллон, М. Дж., Харрис, Р. К., Бубис, Л. Х., Фаллоуфилд, Дж. Л., и Уайз, Дж. А. (ноябрь 2005 г.). У бодибилдеров, тренирующихся с отягощениями, содержание карнозина в латеральной широкой мышце бедра повышено. Журнал исследований силы и кондиционирования, 19 (4), 725-729. DOI: 10.1519 / 041018.1

94. Тарнопольский, М., Купидон, К. (ноябрь 2000 г.). Кофеин усиливает низкочастотную силу скелетных мышц у обычных и обычных потребителей кофеина. Журнал прикладной физиологии (1985), 89 (5), 1719-1724. DOI: 10.1152 / jappl.2000.89.5.1719

95. Тартибиан Б., Малек Б. Х. и Аббаси А. (март, 2009 г.). Влияние приема внутрь омега-3 жирных кислот на воспринимаемую боль и внешние симптомы отсроченной мышечной болезненности у нетренированных мужчин. Клинический журнал спортивной медицины, 19 (2), 115-119. DOI: 10.1097 / JSM.0b013e31819b51b3



96. Trexler, ET, Smith-Ryan, AE, Stout, JR, Hoffman, JR, Wilborn, CD, Sale, C., Kreider, RB, Jäger, R., Earnest, CP, Bannock, L., Campbell, B., Кальман, Д., Зигенфус, Т.Н., и Антонио, Дж. (Июль 2015 г.). Позиционный стенд Международного общества спортивного питания: Бета-Аланин. Журнал Международного общества спортивного питания, 12, 30. doi: 10.1186 / s12970-015-0090-y
97. Ван Соерен, М. Х., Сатхасивам, П., Спрайт, Л. Л., и Грэм, Т. Е. (август, 1993). Метаболизм кофеина и реакции адреналина во время упражнений у пользователей и людей, не принимающих их. Журнал прикладной физиологии, 75 (2), 805-812.
98. Ванденберге, К., Горис, М., Ван Хекке, П., Ван Лемпутт, М., Вангервен, Л., и Хеспель, П. (декабрь 1997 г.). Длительное потребление креатина полезно для работы мышц во время силовых тренировок. Журнал прикладной физиологии, 83 (6), 2055-2063.
99. Уикхэм, К. А., и Спрайт, Л. Л. (март, 2018 г.). Прием кофеина в альтернативных формах. Спортивная медицина, 48 (Приложение 1), 79-91. DOI: 10.1007 / s40279-017-0848-2
100. Уайли, Л. Дж., Бейли, С. Дж., Келли, Дж., Блэквелл, Дж. Р., Ванхатало, А., и Джонс, А. М. (февраль 2016 г.). Влияние добавок свекольного сока на периодические упражнения. Европейский журнал прикладной физиологии, 116 (2), 415-425. DOI: 10.1007 / s00421-015-3296-4

