

# Модуль 1. Упражнения и усталость

## 1. Что такое усталость?

### 1.1.1 Что такое усталость?

Утомляемость определяется как временное снижение работоспособности. Это можно исправить после нескольких часов или дней отдыха. Есть много видов усталости, и они встречаются в довольно широком спектре. «На одной стороне спектра мы можем найти острую усталость: снижение работоспособности, которое можно исправить с помощью нескольких часов отдыха». (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>). Восстановление после сильной усталости может занять больше времени (возможно, через 24 или 48 часов). Когда эта усталость становится еще более продолжительной (несколько дней или недель тренировок) и на восстановление могут уйти недели, мы называем это переутомлением.

Как правило, это функциональная форма перенапряжения, потому что спортсмены начинают такие тренировочные блоки, чтобы вызвать крайнюю усталость с конечной целью улучшить свои результаты. На другом конце спектра - синдром перетренированности, от которого очень трудно избавиться. Он имеет широкий спектр симптомов и не является функциональным, а скорее патологическим. Синдром перетренированности может означать конец сезона или даже карьеры спортсмена. Все это формы утомления, и они явно имеют широкий спектр. (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>).

Понимание усталости и связанного с этим ограничения физических упражнений чрезвычайно важно в спорте, что имеет последствия для медалей, славы и спортивной индустрии. Если мы поймем механизмы утомления, мы сможем разработать стратегии для минимизации или уменьшения утомляемости. Ранние исследования механизмов утомления были сосредоточены на доступности метаболического топлива или накоплении «отходов». Одним из них было образование молочной кислоты, и даже сегодня это широко обсуждается тренерами и тренерами. Лактат был измерен для определения тренировочных зон и тренировочных программ; и это также использовалось, чтобы определить, улучшается ли спортсмен.



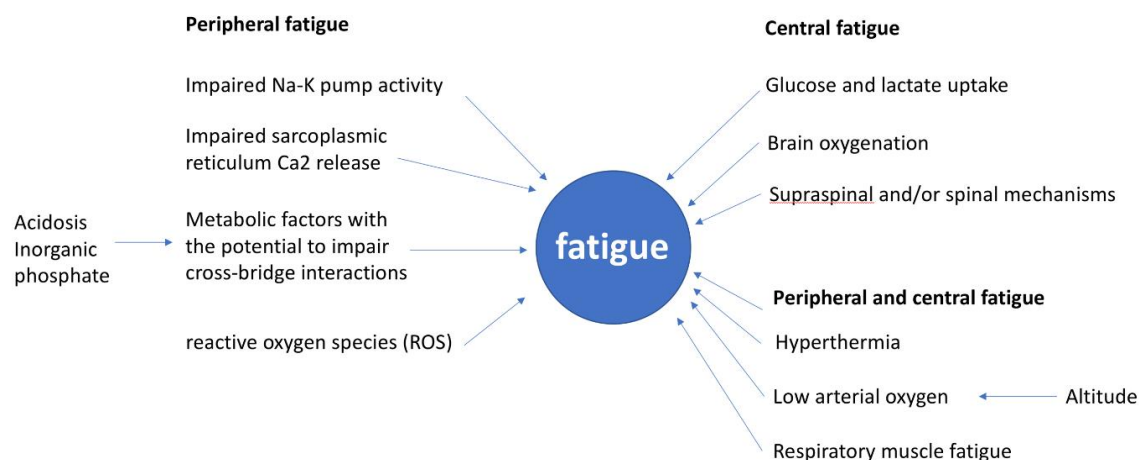
Утомляемость во время интенсивных упражнений обычно изображалась как следствие истощения фосфокреатина и лактоацидоза. Имея доказательства того, что передача потенциала действия через нервно-мышечное соединение не нарушается, утомляемость была приписана в основном в активных мышцах. Таким образом, термин «мышечная усталость» теперь прочно вошел в общий научный словарь. (Маккенна и Харгривз, 2007 г., <https://bit.ly/2ziUqBm>)

Также очевидно, что мышечная усталость - это не то же самое, что утомление, а утомляемость является наиболее важным из

ва для произвольных упражнений, так как упражнения, ограничивающие утомляемость, включают механизмы внутри сокращающихся периферических или локомоторных мышц и охватывают дыхательные мышцы, перфузию мышц, другие неактивные скелетные мышцы и органы, регулирующие топливо, метаболиты или ионный гомеостаз, и, что наиболее важно, в центральной нервной системе. сама система. (Маккенна и Харгривз, 2008, стр.286).

Усталость не следует рассматривать как нарушение регуляции: «плохой парень», а как строго регулируемую стратегию, сохраняющую целостность, функцию и выживание клеток ». (Маккенна и Харгривз, 2008, стр.286).

**Рисунок 1: Обзор возможных механизмов утомления**



Эти механизмы можно разделить на механизмы периферического и центрального происхождения.

Acidosis Inorganic phosphate	Ацидоз Неорганический фосфат
Peripheral fatigue	Периферическая усталость
Impaired Na K pump activity	Нарушение активности помпы Na K
Impaired sarcoplasmic reticulum Ca2 release	Нарушение высвобождения Ca2 саркоплазматического ретикулума



Metabolic factors with the potential to impair cross-bridge interactions	Метаболические факторы, которые могут нарушить межмостовые взаимодействия
Reactive oxygen species	Активные формы кислорода
Fatigue	Усталость
Central Fatigue	Центральная усталость
Glucose and lactate uptake	Поглощение глюкозы и лактата
Brain oxygenation	Оксигенация мозга
Supraspinal and/or spinal mechanisms	Супраспинальные и/или спинальные механизмы
Peripheral and central fatigue	Периферическое и центральное утомление
Hyperthermia	Гипертермия
Low arterial oxygen $\square$ Altitude	Низкий уровень артериального кислорода $\square$ Высота
Respiratory muscle fatigue	Усталость дыхательных мышц

Источник: Подготовлено автором на основе ряда обзорных статей, включая (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Deletrat, & Terrados, 2017; McKenna & Hargreaves, 2008; Meeusen & Roelands, 2018).

### 1.1.2 Усталость многофакторна

Существует ряд механизмов, способствующих общей утомляемости. Некоторые из них имеют периферическую природу (на уровне мышц), а другие - более центральную (центральная нервная система). Понятно, что оба они играют роль почти во всех формах утомления (см. Рисунок 1).

- Нарушение высвобождения  $Ca^{2+}$  саркоплазматическим ретикулумом является основным причинным фактором мышечной усталости. Недостаточное высвобождение  $Ca^{2+}$  связано со снижением силы.
- Ионный гомеостаз в мышцах - еще одна потенциальная причина мышечной усталости. Заметные изменения концентраций  $K^{+}$  и  $Na^{+}$  и нарушение работы насоса  $Na-K$  также могут вызывать утомляемость.
- «Многочисленные метаболические факторы могут нарушать межмостовые взаимодействия. Например, роль ацидоза была предметом споров в течение многих лет». (Маккенна и Харгривз, 2007 г., <https://bit.ly/2ziUqVm>)
- Несколько исследований предполагают ингибирующий эффект повышенного содержания водорода на сокращение (скорость) мышц и выработку энергии.
- Реактивные формы кислорода (АФК) также могут влиять на функцию скелетных мышц. Несколько исследований показывают, что увеличение производства АФК в сокращающихся мышцах приводит к усталости.
- Также было высказано предположение, что метаболизм мозга играет роль в утомлении. Поглощение глюкозы и лактата головным мозгом увеличивается при выполнении упражнений, в то время как церебральная оксигенация снижается. «В результате оксигенация мозга снижается во время упражнений и может стать жизненно



важным фактором» центральной усталости »». (Маккенна и Харгривз, 2007 г., <https://bit.ly/2ziUqVm>).

- Центральная утомляемость (утомляемость центральной нервной системы) также может возникать на уровне позвоночника. Надспинальные и / или спинномозговые механизмы могут способствовать утомлению во время произвольных сокращений.
- Гипертермия усиливает утомляемость. Понятно, что гипертермия может ухудшить выполнение упражнений высокой интенсивности. Это может происходить по нескольким причинам, но одна из причин связана с сердечно-сосудистой системой: при высокой температуре снижается сердечный выброс, мышечный кровоток и потребление кислорода. Кроме того, гипертермия во время продолжительных упражнений связана со снижением центральной активации (и, следовательно, с повышением центральной усталости). Мы обсудим проблемы упражнений в разгаре более подробно в курсе «Подготовка к матчу и индивидуальное питание».
- Высота также влияет на утомляемость. Наличие кислорода влияет на развитие утомляемости и выполнение упражнений. «Это происходит за счет прямого воздействия как на мышечную производительность, так и на моторную активацию центральной нервной системы, а также через тормозящую обратную связь от мышц, на которые влияет снижение доставки кислорода». (Маккенна и Харгривз, 2007 г., <https://bit.ly/2ziUqVm>).
- Функция дыхательных мышц также может влиять на утомляемость. Исследования показали, что при определенных условиях физических упражнений дыхательные мышцы утомляются. Это, в свою очередь, может ограничивать оксигенацию артериальной крови с последующим воздействием на функции мышечной и нервной системы.

В большинстве ситуаций многие из этих причин усталости одновременно способствуют общей утомляемости. В зависимости от условий иногда один механизм может быть важнее другого. Однако ясно, что утомляемость является многофакторной, и поэтому маловероятно, что одно решение устранил общую усталость.

Чтобы проиллюстрировать этот момент, давайте посмотрим на результаты более раннего исследования, проведенного Когганом и Койлом (1987), которые неоднократно заставляли велосипедистов ездить до изнеможения. Когда велосипедисты истощались и не могли больше поддерживать интенсивность упражнений, их концентрация глюкозы в крови была низкой. Они немного отдохнули и получили напиток плацебо перед вторым циклом езды на велосипеде с той же интенсивностью, но упражнение длилось недолго, прежде чем они снова истощились. Когда велосипедисты получали углеводный напиток, они могли поддерживать уровень глюкозы в крови немного выше и тренировались дольше; когда глюкоза вливалась прямо в кровь с высокой скоростью, велосипедисты могли тренироваться еще дольше. Это предоставило доказательства того, что поддержание высокого уровня глюкозы в крови важно для работоспособности и что низкий уровень глюкозы в крови является причиной усталости. Однако даже когда велосипедисты получали глюкозу, они все равно чувствовали усталость. Позже они устали, но все равно устали. Таким образом, были и другие механизмы, которые одновременно способствовали утомлению.



Подробное обсуждение всех механизмов утомления выходит за рамки этой книги. С этой целью можно ознакомиться с рядом отличных обзорных статей (Kirkendal, 1990; Marqués-Jiménez et al., 2017; McKenna & Hargreaves, 2008; Meeusen & Roelands, 2018.)

### 1.1.3 Усталость в командных видах спорта

Понятно, что усталость — это сложное явление, имеющее множество различных причин, которые способствуют реальной утомляемости, которую испытывает игрок. В целом можно выделить два основных типа утомления во время игры. Во-первых, это острая усталость после интенсивного бега. При повторяющихся спринтах и недостаточном восстановлении спринты становятся медленнее. Если предоставляется достаточно времени для восстановления, результативность спринта восстанавливается, и усталость, таким образом, носит временный характер. Кроме того, существует более длительная усталость, которая развивается в ходе игры. Эта усталость возникает на всех уровнях игры. Даже самые лучшие футболисты проявляют некоторую усталость во время матча.

На рисунке ниже (Рисунок 2) показано исследование Краструпа и др. (2006), в котором игроков просили выполнить пять 30-метровых спринтов (около 4 секунд) с 30-секундным восстановлением. Они сделали это в первом тайме, во втором тайме и в конце игры. Во-первых, можно заметить, что 30 секунд недостаточно для полного восстановления между спринтами, и что производительность снижается в течение 5 спринтов. Также очевидно, что существует накопленное влияние повторных спринтов на производительность: производительность снижается во второй половине и даже больше в конце игры. На практике это означает, что в конце матча игрок преодолевает 30 метров примерно на 8% медленнее, чем в начале матча. Это примерно 2 метра, которые игрок «уступает» в результате усталости по сравнению с первым таймом. «Таким образом, если к концу игры защитник устал, а нападающий - нет, то у нападающего есть преимущество в 2 м, и этого более чем достаточно, чтобы позволить ему уйти от подката, попасть в ворота и, возможно, выиграть матч. момент. "

Беговые качества часто анализируются как важный аспект футбольных результатов. «Общеизвестно, что количество спринтов, общее количество бега с высокой интенсивностью и пройденное расстояние во второй половине игры ниже, чем в первой половине игры» (Bangsbo, 2014, <https://bit.ly/2QeSH9V>)

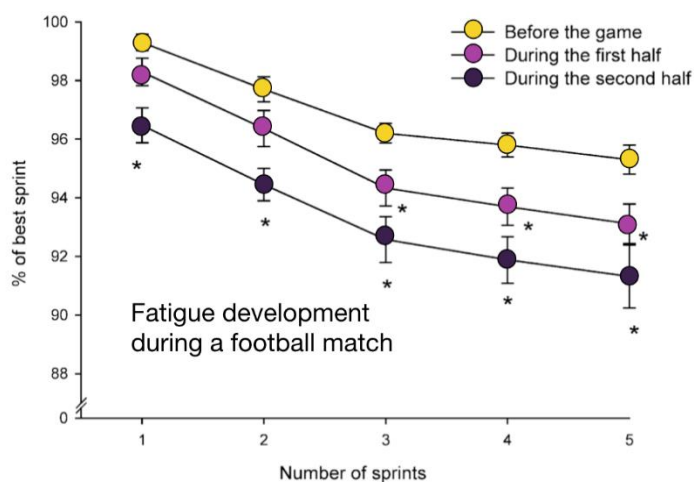
Вероятно, впервые об этом сообщили Рейли и Томас (1979), но позже подтвердили многие другие (Bangsbo, 1994; Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Carling & Dupont, 2011; Mohr, Krusturp, & Bangsbo, 2003). Полученные данные были подтверждены как у элитных, так и у субэлитных футболистов (Carling & Dupont, 2011; Krusturp et al., 2006; Mohr et al., 2003). Исследование показало, что расстояние, пройденное игроками во второй половине игры, было на 18% меньше, чем в первой половине игры, независимо от игровой позиции (Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010). Другое исследование показало, что расстояние, пройденное при выполнении упражнений высокой интенсивности, может быть на 20% меньше за последние 15 минут, чем в первые 15 минут матча, независимо от игровой позиции (Sparks, Coetzee, & Gabbett, 2017).



Кроме того, общая дистанция, пройденная с разной интенсивностью в первой половине, может существенно повлиять на дистанции, пройденные во второй половине, и может оказать значительное влияние на восстановление сразу после наиболее интенсивных 5-минутных периодов второй половины. (Брэдли и др., 2010 г. <https://bit.ly/2OXzq8d>)

Другие исследования показали, что выполнение взрывных действий, таких как прыжки, спринт и периодические упражнения, после игры значительно ниже, чем перед игрой (Krustrup et al., 2006).

**Рисунок 2: Повторное беговое выступление перед игрой, во время первого тайма и после второго тайма**



Источник: адаптировано из Krustrup et al., 2006.

% of best sprint	% от лучших спринтов
Before the game	Перед игрой
During the first half	В первой половине
During the second half	Во второй половине
Fatigue development during a football match	Развитие утомляемости во время футбольного матча
Number of sprints	Количество спринтов

Приведенные выше примеры показывают постепенное развитие утомления в течение 2 раз по 45 минут.

Игроки также могут испытывать временную усталость во время игры: усталость, которая развивается в течение нескольких секунд или минут и исчезает в моменты относительного отдыха (ходьба, бег трусцой). Элитные футболисты-мужчины в ряде случаев демонстрируют пониженную интенсивность упражнений, ниже средней по игре, в пятиминутный период после наиболее интенсивного периода матча. (Di Mascio & Bradley, 2013; Mohr et al., 2003).

«Такое снижение производительности после периода интенсивных упражнений может быть результатом естественного изменения интенсивности игры из-за тактических или психологических факторов». (Bangsbo, 2014 г., <https://bit.ly/2zUr3Vi>).



Третий тип усталости, который могут испытывать игроки, - это усталость, с которой они начинают тренировку или матч. Это более хроническая усталость, которая может накапливаться в течение нескольких дней или недель тяжелых тренировок и соответствовать игре с недостаточным восстановлением (этот тип усталости обычно является формой перенапряжения).

**Мы можем выделить 3 типа усталости во время тренировки или матча:**

- 1. Хроническая усталость, которая может присутствовать в начале тренировки или матча как «пережиток» с предыдущих дней или недель.**
- 2. Постепенное утомление, развивающееся в течение продолжительности упражнения (например, матч 2 раза по 45 минут).**
- 3. Временная усталость в результате более коротких схваток с более высокой интенсивностью, требующих секунд или минут на восстановление.**

#### **1.1.4 Психическая усталость**

Футболисты должны сохранять бдительность в течение длительного времени во время матчей, им необходимо обрабатывать тактические инструкции и придерживаться тактических стратегий тренера. Им также необходимо принимать решения за доли секунды и постоянно приспосабливаться к изменениям в соперниках и их товарищах по команде. Особенно в матчах игрокам приходится принимать множество быстрых и точных решений, и это часто происходит под огромным давлением со стороны болельщиков, тренера, других игроков и, конечно же, СМИ. Все решения, которые принимают игроки, будут оцениваться. Игроки также постоянно получают и обрабатывают информацию в очень динамичной среде. Кроме того, игрокам приходится справляться с психологическим стрессом, вызванным ожиданиями тренеров, болельщиков, спонсоров и СМИ. Все эти факторы в сочетании с домашним стрессом (семья, жена, девушка и другие факторы повседневной жизни) могут составлять значительную «умственную нагрузку», которая может привести к умственной усталости. Это, в свою очередь, может отрицательно повлиять на (физическую) работоспособность.

До недавнего времени было относительно мало известно о влиянии умственного переутомления на футбольные результаты. Однако недавние исследования показали, что умственная усталость может влиять на многие аспекты футбольных результатов, в том числе на бег, связанный с футболом. «Несколько исследований показали, что умственная усталость может отрицательно сказаться на когнитивных функциях и навыках в таких условиях, как вождение» (Smith, Coutts, et al., 2016).



Другие исследования показали, что умственная усталость имеет ограниченное влияние на максимальную произвольную активацию и силу, взрывную силу и анаэробную работоспособность, но показатели выносливости ухудшаются. В одном исследовании умственная усталость была вызвана тем, что игрокам давали сложные познавательные задачи перед измерением производительности:

Игроки прошли два теста производительности футбола в рандомизированном и уравновешенном порядке. Этому тесту предшествовали 30 минут умственно сложной и утомительной задачи или 30 минут чтения журналов (контрольное лечение). По сообщениям, игроки сильнее устали после выполнения сложной умственной задачи. Таким образом индуцировалось умственное переутомление. Эта умственная усталость значительно сокращала дистанцию бега в периодическом беговом тесте (тест йо-йо). Психическое утомление также снижает скорость и точность выстрела. . (Смит, Куттс и др., 2016 г., <https://bit.ly/2TBn5df>)

«Другое исследование показало, что умственная усталость снижает точность и скорость принятия футбольных решений» (Смит, Куттс и др., 2016 г., <https://bit.ly/2TBn5df>)

Кто-то может возразить, что использованные методы не имели отношения к футболу, и это, несомненно, правда. Однако исследования продемонстрировали, что при подготовке футболистов к соревнованиям следует учитывать умственное утомление. «Действительно, поскольку сообщалось, что как умственная, так и физическая усталость отрицательно влияет на физическую и техническую работоспособность и увеличивает риск травм, управление утомляемостью в настоящее время является важной частью работы ученых в футболе». (Смит, Куттс и др., 2016 г., <https://bit.ly/2TBn5df>)

Необходимо лучше понять, как лучше всего подойти к проблеме умственной усталости. Когда игроки устают физически, программа тренировок адаптируется ... А что, если игроки устали морально? Следует ли адаптировать обучение? Следует ли игрокам с высоким уровнем умственной усталости по-другому готовиться к матчам? Эти вопросы важны, особенно в периоды загруженных матчей или перед важными матчами и чемпионатами.

В футболе есть много компонентов утомляемости - исследования показали, например, что футболист часто покидает поле с почти максимальным истощением гликогена (это будет более подробно обсуждено в других разделах). Другими словами, точно так же, как бегун-марафонец подвержен «ударам о стену», или велосипедист склонен к «ударам», если футболист не может восполнить энергию, он или она может «бежать на пустом месте» из-за конца матча. (Спортсученые, 2010 г., <https://bit.ly/2K9is66>).

## 1.2 Перетренированность

### 1.2.1 Перетренированность



Перетренированность - популярная тема, и это частая тема для разговоров среди тренеров, тренеров, игроков и ученых. Это также тема, по которой люди придерживаются твердого мнения. Однако, когда мы объективно изучаем доказательства, мы должны сделать вывод, что их мало, и очень мало исследований было проведено по этой теме (Halson & Jeukendrup, 2004). Хотя каждый, вероятно, имеет некоторое представление о том, что такое перетренированность, также довольно очевидно, что люди имеют разные представления о перетренированности. Люди используют разные определения, имеют разные мнения о том, что его вызывает, как его следует контролировать и предотвращать, и даже о том, хорошо это или плохо. Мы можем найти довольно большое количество публикаций о перетренированности и даже книги, посвященные этому, но часто это обзоры статей по теме. Удивительно, но контролируемых исследований по этой теме мало.

Термин перетренированность используется по-разному (Jeukendrup & Gleeson, 2018)..

Перетренированность часто используется как глагол, указывающий на «слишком много тренировок». Когда спортсмены говорят: «Я перетренирован», и это используется в этом контексте, это просто означает: «Я тренировался слишком много».

Однако это не самое распространенное определение, используемое учеными. Здесь перетренированность часто используется для обозначения ситуации, когда спортсмены страдают от недостаточной успеваемости, и нет очевидных причин для объяснения этого. Обычно спортсмен безуспешно пытался больше восстанавливаться и / или безуспешно тренироваться усерднее. Недостаточная эффективность сопровождается множеством симптомов. Эти симптомы разнообразны и очень индивидуальны, что означает, что у разных спортсменов могут быть совершенно разные симптомы. Из-за сложного характера клинических симптомов часто используется термин «синдром перетренированности». В обзорной статье с заголовком «Существует ли перетренированность?» что мы с доктором Шоной Халсон написали, что мы обсуждали определенный перетренированность или синдром перетренированности не на основе снижения работоспособности или симптомов, а на основе продолжительности восстановления (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>).

Снижение производительности - обычное явление, но это может быть просто из-за усталости. Или это может быть из-за сильной усталости, которую часто называют переутомлением, которое обычно наблюдается после блока тяжелых тренировок или тренировочного лагеря, или в футболе в периоды, когда проводится более одного матча в неделю. Спортсмены, которые вернулись из тренировочного лагеря, обычно сначала выступают хуже, но после достаточного восстановления обычно видят значительный скачок в своих выступлениях как награду за тяжелую работу во время сбора. Таким образом, чрезмерный охват был описан как функциональный чрезмерный охват. (Термин «функциональное превышение» был описан в согласованном документе



(Meeusen, 2013). Спортсмены проходят подобную фазу, потому что это необходимо для улучшения (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>).

Ниже приведены определения перетренированности и перетренированности, которые будут здесь использоваться:

### **Перетренированность**

**Накопление связанного с тренировкой и / или не связанного с тренировкой стресса, приводящее к долгосрочному снижению работоспособности, при котором восстановление работоспособности может занять несколько недель или месяцев.**

**(Jeukendrup, 2015a).**

Таким образом, перетренированность, по-видимому, находится на дальнем конце спектра различных форм «утомления» (рис. 3). На одной стороне спектра мы находим усталость: снижение работоспособности, которое можно исправить с помощью нескольких часов отдыха. Восстановление после сильной усталости может занять от 24 до 48 часов. Когда эта усталость становится действительно сильной, обычно после нескольких дней или недель тренировок, и на восстановление могут уйти недели, мы называем это переутомлением. Обычно это функциональная форма перенапряжения, потому что спортсмены приступают к такой программе, чтобы вызвать крайнюю усталость с конечной целью улучшить свои результаты. На другом конце спектра - синдром перетренированности, от которого очень трудно вылечиться, имеет широкий спектр симптомов и является не функциональным, а скорее патологическим. Синдром перетренированности может означать конец сезона или даже карьеры спортсмена. (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>).

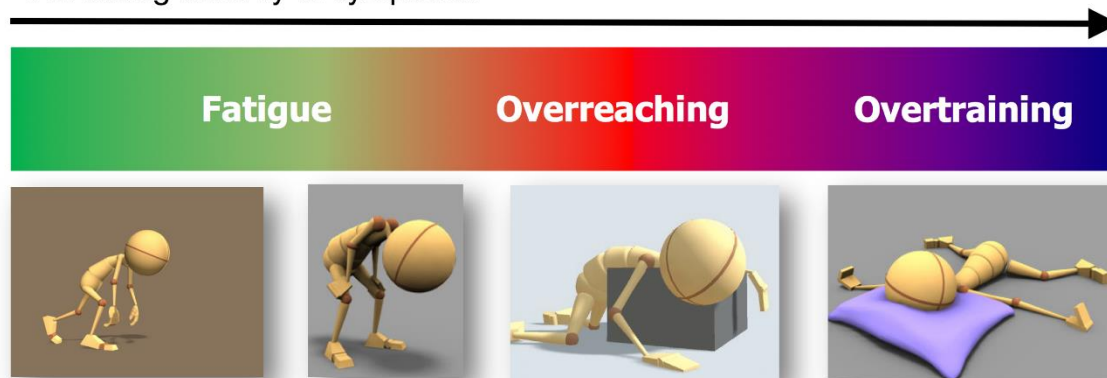


Рисунок 3: утомляемость и перетренированность находятся на разных концах спектра утомляемости.

# Overtraining Continuum

## Continual intensified training with inappropriate recovery

Increasing state of fatigue  
Increasing severity of symptoms



Overtraining continuum	Континуум перетренированности
Continual intensified training with inappropriate recovery	Постоянные интенсивные тренировки с неадекватным восстановлением
Increasing state of fatigue	Нарастающее состояние усталости
Increasing severity of symptoms	Усиление тяжести симптомов
Fatigue	Усталость
Overreaching	Чрезмерно
Overtraining	Перетренированность

Источник: Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>.

Процесс, при котором интенсивная тренировка и / или ограниченное восстановление приводят к перегрузке или перетренированности, часто рассматривается как непрерывный процесс (Fry, Morton, & Keast, 1991; Halson & Jeukendrup, 2004). Слева (или в начале) континуума находится острая усталость, возникающая в результате одного сеанса тренировок. Когда отдельные тренировки применяются повторно с соответствующим восстановлением, обычно происходит положительная адаптация и улучшение показателей. Однако, если баланс между тренировкой и восстановлением неуместен, может возникнуть состояние чрезмерной нагрузки (Halson & Jeukendrup, 2004). Если интенсивные тренировки и ограниченное восстановление продолжают в течение более длительных периодов времени, может возникнуть наиболее серьезное состояние перетренированности.

По мере того, как мы движемся слева направо по этому спектру (рис. 3), в научной литературе появляется все меньше и меньше данных, подтверждающих любую теорию. Частично это связано с тем, что неэтично проводить исследования, которые приводят к долгосрочным последствиям, включая последствия для здоровья. Как мы уже говорили в предыдущих разделах, существует большой объем информации о причинах утомляемости как на уровне мышц, так и на уровне мозга. Обсуждалось, что утомляемость является многогранным явлением, и хотя до сих пор ведется много споров о различных факторах и о том, какие факторы играют наиболее важную роль, у нас есть много данных о причинах утомления. В случае чрезмерного охвата дело обстоит иначе. Есть всего несколько контролируемых исследований. Многие исследования, в которых изучались периоды тяжелых тренировок, не измеряли производительность и, следовательно, не могли сделать никаких выводов о перегрузке, когда снижение производительности является ключевым симптомом. Хорошо контролируемые исследования, вероятно, можно рассчитывать на две руки. Когда мы доходим до перетренированности, на самом деле нет надежных данных. Есть несколько историй болезни и много анекдотической информации. Прежде всего, существует множество теорий. Но природа синдрома не позволяет изучать его систематически.

Когда спортсменов спрашивают, были ли они перетренированы в течение своей карьеры, большинство спортсменов, вероятно, ответят, что они перетренировались в какой-то момент своей карьеры, но было ли это действительно перетренированием, как мы его здесь определили? Вот почему написанная нами статья была озаглавлена «Существует ли перетренированность?» Он может существовать, но данных мало. (Hanson et al., 2002; Hanson & Jeukendrup, 2004; Hanson, Lancaster, Achten, Gleeson, & Jeukendrup, 2004; Hanson, Lancaster, Jeukendrup, & Gleeson, 2003).

В течение многих лет преобладала теория о том, что существует два разных типа перетренированности: парасимпатическая и симпатическая форма. За случаем гиперактивности последовал период нечувствительности. Считалось, что дисфункция гипоталамуса (нарушение нормального функционирования гипоталамуса) является причиной перехода от одной формы к другой (Barron, Noakes, Levy, Smith, & Millar, 1985).

Краткое изложение того, как это часто объясняется, заключается в том, что различные стрессы (включая чрезмерные тренировки) приводят организм в состояние бодрости: гормоны стресса постоянно высоки, и это может мешать ряду процессов в организме. Например, было показано, что повышенный уровень гормонов стресса (особенно кортизола) ухудшает иммунную функцию, а повышение уровня адреналина (адреналина) может мешать нормальному сну. Это вызывает симптомы «симпатической формы перетренированности». Тело находится в постоянном состоянии «бдительности». Когда эта ситуация сохраняется в течение длительного периода времени, организм может реагировать, становясь менее чувствительным к этим сигналам стресса, и именно здесь может развиваться полномасштабное перетренированность. Симптомы этих двух форм перенапряжения / перетренированности могут быть очень похожими, но как только организм теряет чувствительность к сигналам



стресса, ему потребуется гораздо больше времени для восстановления. Это было названо парасимпатической формой перетренированности. Также было высказано предположение, что как только ваше тело становится десенсибилизированным, симптомы становятся менее серьезными, даже если это гораздо более серьезная и нездоровая ситуация, и поэтому становится намного сложнее диагностировать недостаточную эффективность (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

### 1.2.2 Симптомы перетренированности

Важно отметить, что наиболее важным признаком перетренированности (или перетренированности) является недостаточная успеваемость (Halson & Jeukendrup, 2004).

Без четкой и объективной оценки недостаточной успеваемости нельзя диагностировать перетренированность. В футболе это иногда бывает сложно, но это подчеркивает важность включения набора тестов в обычную тренировку стандартным способом. Некоторая информация может быть получена из анализа матчей, но, конечно, существует множество переменных, которые влияют на бег и другие статистические данные из анализа видео, и эти измерения никогда не бывают достаточно точными, чтобы быть полезными. (Jeukendrup, 2015b <https://bit.ly/2aiLYGv>).

Многие опубликованные исследования, в которых утверждается, что изучали перетренированность, на самом деле не измеряли производительность и, следовательно, не имели возможности узнать, действительно ли спортсмены в их исследовании были перетренированы или перетренированы. Во многих практических ситуациях это тоже происходит. Спортсменам ставят диагноз перетренированности, но на самом деле их результаты могут быть нормальными. Следовательно, этот диагноз по определению неверен.

Итак, первый симптом или основной симптом - недостаточная эффективность (Jeukendrup, 2015a, 2015b).

Вторая группа симптомов связана с утомляемостью (это связано с работоспособностью, но более субъективно). Третья категория важных симптомов - это нарушения поведения и настроения. Эта категория важна, потому что эти симптомы легко уловить, особенно для людей, которые окружают спортсменов. Обычно при резком увеличении тренировочной нагрузки спортсмены становятся раздражительными и проявляют признаки депрессии. Измерение и мониторинг работоспособности, утомляемости и настроения обычно не требует больших затрат, но дает очень хорошие индикаторы переутомления или перетренированности. (Jeukendrup, 2015b <https://bit.ly/2aiLYGv>).

Кроме того, иногда могут быть полезны физиологические измерения, такие как частота сердечных сокращений (особенно во время сна). Измерения крови часто рекомендуются в качестве профилактических мер, но исследования не выявили ни



одного четкого маркера, который мог бы предсказать перегрузку или перетренированность. Наиболее распространенными маркерами являются тестостерон и кортизол, а также соотношение кортизол / тестостерон. КК часто измеряют так же, как интерлейкин 6 или глутамин. Однако ни один из этих маркеров не оказался особенно значимым. (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

В 1990-е годы было более распространено измерение различных гормонов. Это может свидетельствовать о существовании симпатической или парасимпатической формы перетренированности. Были разработаны тесты на наркотики, при которых вводили лекарство, чтобы вызвать гормональный ответ. Идея заключалась в том, что гормональный ответ был ненормальным, это могло быть признаком перетренированности. Эти тесты были не только непрактичными (и, возможно, неэтичными), но и не очень полезными. (Jeukendrup, 2015b, <https://bit.ly/2aiLYGv>).

Наблюдение за усталостью и симптомами перетренированности может быть ключом к предотвращению перетренированности. Ключевым показателем является производительность, за которой необходимо внимательно следить. Кроме того, рекомендуется измерять состояние настроения с помощью простых вопросников, таких как Ежедневный анализ потребностей в жизни или сокращенная версия Профиля состояний настроения. Более короткие производные от этих вопросников также, вероятно, будут полезными, но не прошли валидацию. Частота пульса во сне (или частота пульса в состоянии покоя) - еще одно относительно простое и полезное измерение. Многие измерения крови кажутся пустой тратой ресурсов.

Наконец, на рисунке вы можете видеть, что существует ряд симптомов, которые часто наблюдаются с разной степенью тяжести: нарушения сна и бессонница, частые простуды, которые, кажется, сохраняются, а также потеря аппетита и потеря веса. Очевидно, что перетренированность - сложное явление, которое влияет на многие системы организма и, следовательно, приводит к очень широкому спектру симптомов. (Jeukendrup, 2015b, <https://bit.ly/2aiLYGv>).



Некоторые забирают домой сообщения о перетренированности:

Перетренированность (и перегрузка) характеризуется широким спектром симптомов.

Кардинальный симптом - снижение работоспособности. Без снижения производительности нет перетренированности (или перетренированности).

Перетренированность находится на дальнем конце континуума утомляемости.

Симптомы перетренированности / переутомления ОЧЕНЬ индивидуальны. У разных спортсменов будут разные симптомы с разной степенью тяжести.

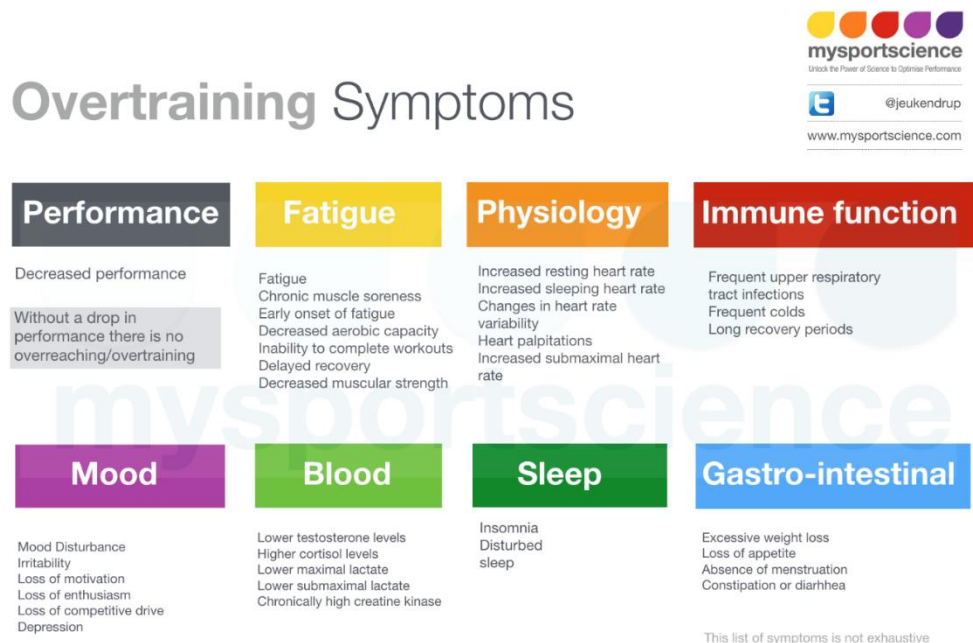
Ни один симптом не является уникальным для «перетренированности».

Могут существовать разные формы перетренированности, но подтверждающие данные в лучшем случае скудны.

Некоторые из симптомов в более легких формах могут быть ранними индикаторами перетренированности.

Нет ни одного измеримого показателя, который позволил бы выявить перетренированность на ранней стадии. Вместо этого рекомендуется измерить ряд маркеров, один из которых должен быть работоспособностью, а другие могут включать показатели настроения и частоты пульса во сне. (Jeukendrup, 2015b)

Рисунок 4: Симптомы перетренированности



Performance	производительность
Fatigue	Усталость
Physiology	Физиология
Immune function	Иммунная функция
Mood	Настроение
Blood	Кровь
Sleep	Сон
Gastrointestinal	Желудочно-кишечный

Ключевой симптом - низкая производительность. Без недостаточной производительности нет перетренированности. Остальные симптомы могут значительно различаться у разных людей. Источник: Jeukendrup, 2015b, <https://bit.ly/2aiLYGv>.

### 1.2.3 Питание для предотвращения перетренированности: углеводы

На развитие перетренированности или перетренированности может повлиять питание. Неправильное питание может ускорить развитие, а оптимальное восстановление может предотвратить или, по крайней мере, отсрочить перегрузку. Неадекватное питание включает низкое потребление калорий, низкое потребление углеводов и, как правило, низкокачественную диету. Это было связано с увеличением риска перетренированности. Поэтому вполне вероятно, что оптимизация питания может хотя бы частично предотвратить перетренированность. В следующем разделе будет обсуждаться роль питания в предотвращении перенапряжения (и перетренированности).

#### Чрезмерное использование и роль мышечного гликогена

Поскольку считается, что перетренированность вызвана высокой интенсивностью и / или большим объемом тренировок с ограниченным восстановлением, очевидно, что усталость и недостаточная производительность, связанные с перетренированием, по крайней мере частично объясняются снижением уровня мышечного гликогена. У футболистов нет никаких завышенных исследований, поэтому мы должны экстраполировать результаты исследований пловцов, велосипедистов и бегунов.

Одно раннее исследование (Costill., 1988) исследовало эту возможность, изучая совокупное влияние 10-дневного увеличения тренировочного объема на производительность и уровень мышечного гликогена у пловцов. Из 12 пловцов, которые вызвались принять участие в этом исследовании, 4 не смогли перенести увеличение тренировочного объема (с 4000 метров в день до 9000 метров в день).

Группа, которая не смогла завершить интенсивную программу тренировок, потребляла примерно на 1000 ккал в день меньше, чем предполагалось, а также потребляла меньше углеводов, чем пловцы, завершившие программу (5,3 г / кг м.т. / день по



сравнению с 8,2 г / кг м.т. / день). Мышечная сила, показатели спринта и выносливость не пострадали у завершивших и не завершивших соревнования.

Costill et al. (Costill et al., 1988) пришли к выводу, что уровень гликогена у тех, кто не завершил тренировку, был достаточен для поддержания работоспособности. Однако уровень гликогена был недостаточным для энергии, необходимой во время тренировки, что приводило к усталости. Поскольку перенапряжение и перетренированность в первую очередь определяются снижением работоспособности (чего не наблюдалось), трудно сделать вывод, что участники, не завершившие обучение в этом исследовании, были перетренированы (или перетренированы).

Снайдер и др. (Snyder, Kuipers, Cheng, Servais, & Franssen, 1995) исследовали влияние интенсивных тренировок на результативность с повышенным потреблением углеводов, пытаясь определить, может ли все еще происходить перегрузка при нормальном уровне гликогена в мышцах. Чтобы убедиться, что велосипедисты в этом исследовании потребляли достаточное количество углеводов, субъекты употребляли напитки, содержащие 160 г углеводов, в течение двух часов после тренировки. Испытуемые прошли 28 дней обучения: 7 дней обычных тренировок, 15 дней интенсивных тренировок и 6 дней восстановления. Гликоген в мышцах в состоянии покоя был одинаковым во время обычных тренировок (531 ммоль / кг дм) и интенсивных тренировок (571 ммоль / кг дм). Сообщалось, что испытуемые были переоценены и у них был ряд субъективных симптомов. Однако следует отметить, что, несмотря на все эти признаки утомления, максимальная выходная мощность во время теста с возрастающим циклом статистически не различалась после интенсивной тренировки. Только четыре из восьми испытуемых продемонстрировали снижение максимальной выходной мощности, а также увеличение количества ответов на анкеты о нарушении настроения. Таким образом, похоже, что в этом исследовании только половину участников можно было классифицировать как чрезмерно охваченные.

Ресинтез мышечного гликогена после тренировки или соревнования, несомненно, является одним из наиболее важных факторов для последующего бега. В исследовании, проведенном Костиллом и его коллегами из Государственного университета Болла, хорошо подготовленные бегуны пробежали 16 км за три дня подряд (Costill, Bowers, Branam, & Sparks, 1971). Уровни гликогена в мышцах снизились со 141 ммоль / кг живого веса после первого прогона до 73 ммоль / кг живого веса после третьего прогона, когда использовалась диета с 40-50% углеводов. Снижение мышечного гликогена было намного меньше, когда бегуны получали высокоуглеводную диету (и фактически, уровень мышечного гликогена поддерживался довольно хорошо). (Jeukendrup & Gleeson, 2018).



### **Мышечный гликоген**

В этом разделе и на протяжении всего курса мы будем определять гликоген в мышцах, как он используется в соответствующих статьях. Способы экспрессии мышечного гликогена различаются, что затрудняет сравнение результатов различных исследований. Чаще всего используются единицы измерения гликозила (глюкозы) в ммоль на килограмм сухой массы или на килограмм сырой массы. Разница в том, что для выражения результатов на кг сухой массы образец мышечной биопсии необходимо высушить вымораживанием. Вся вода удаляется из образца мышц, помещая замороженный образец биопсии в сушилку для замораживания. Мышцы содержат приблизительно 75-80% воды, чтобы преобразовать значения из влажной массы в сухую, концентрацию необходимо умножить на 4,5. (Jeukendrup & Gleeson, 2018)

Хотя недостаточное потребление углеводов (с недостаточным потреблением энергии или без него) может способствовать развитию синдрома перетренированности, перетренированность также может развиваться при адекватном потреблении углеводов. В исследовании, проведенном в Маастрихтском университете в Нидерландах, интенсивность и объем тренировок хорошо подготовленных велосипедистов были увеличены на две недели. Все велосипедисты показали признаки перетренированности и были классифицированы как «перетренированные». Снижение работоспособности сопровождалось более низкой частотой сердечных сокращений во время упражнений (гонка на время) и более низкими субмаксимальными и максимальными уровнями лактата в плазме (Jeukendrup, Hesselink, Snyder, Kuipers, & Keizer, 1992). Теоретически более низкий уровень лактата можно объяснить тремя факторами. Во-первых, возможно повышение клиренса лактата. Это маловероятно, потому что обычная тренировка не дает такого эффекта в те же временные рамки. Вторым объяснением может быть пониженная концентрация гликогена. Когда уровень гликогена низкий, скорость гликолиза снижается и, следовательно, снижается образование лактата. Однако, когда исследование было повторено той же исследовательской группой и были введены углеводные добавки, чтобы избежать снижения расщепления мышечного гликогена, велосипедисты по-прежнему проявляли признаки перегрузки (Snyder et al., 1995). Субмаксимальный и максимальный уровни лактата снова были снижены, в то время как уровень мышечного гликогена оставался постоянным. Таким образом, третьим объяснением низкого уровня лактата может быть снижение симпатической активности или снижение чувствительности адренорецепторов. Эта точка зрения была выдвинута Барроном и его коллегами (Barron et al., 1985) и может быть результатом повышенного уровня стресса и повышенных уровней циркулирующих катехоламинов. Через некоторое время происходит подавление рецепторов, что приводит к снижению чувствительности тканей-мишеней (например, печени, мышц, сердца) к катехоламинам

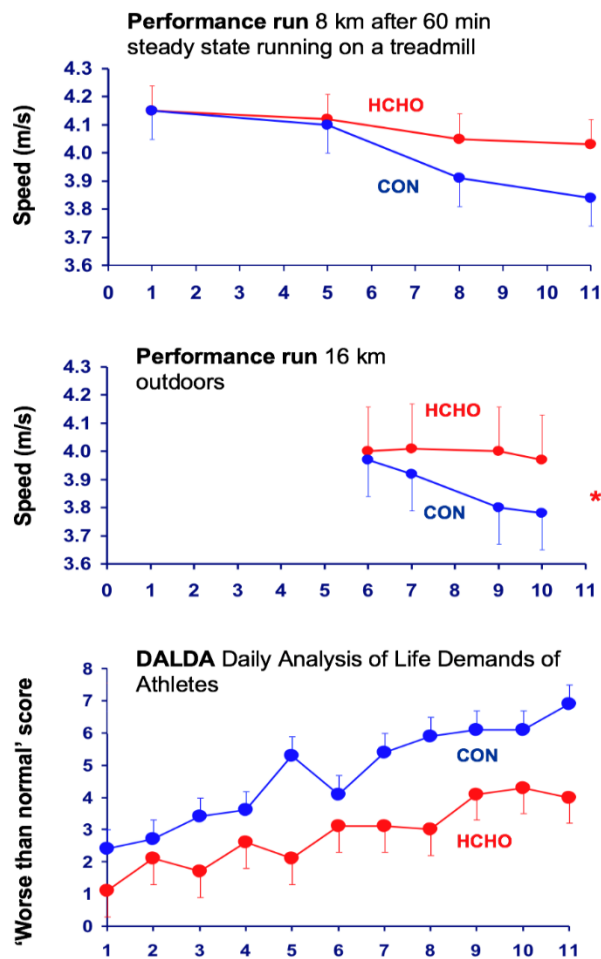


и снижению скорости гликолиза, следовательно, к более низким концентрациям лактата в плазме. Это еще один фактор, который следует учитывать при интерпретации концентрации лактата, измеренной во время тренировки.

Поскольку повторяющиеся дни интенсивных тренировок и истощение углеводов, кажется, связаны с развитием чрезмерных усилий, возникает соблазн думать, что добавление углеводов может обратить симптомы вспять. В группе бегунов, которые бегали 16-21 км ежедневно в течение 7 дней, и все эти пробежки считались забегами, результативность значительно снизилась при сохранении умеренного потребления углеводов в размере 5,5 г / кг мт / день (Achten, 2003). У бегунов также проявился ряд симптомов, указывающих на то, что они переусердствовали. Однако, когда суточное потребление углеводов было увеличено до 8,5 г / кг веса тела в день, снижение работоспособности было намного меньше, и симптомы уменьшились. Кроме того, восстановление после этой недели очень тяжелых тренировок было более полным при приеме высокоуглеводной терапии (рис. 5). (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

**Рисунок 5: Влияние 10 дней интенсивных тренировок на беговые характеристики и настроение (DALDA) при нормальной диете (5,5 г / кг углеводов в день) или диете с дополнительными углеводами (8,5 г / кг углеводов в день).**





Источник: Achten et al., 2003, <https://bit.ly/2DFjVzY>.

Speed	Скорость
Performance run 8 km after 60 steady state running on treadmill	Эффективный бег на 8 км после 60-ти секунд бега на беговой дорожке
Performance run 16 km outdoors	Производительный бег 16 км на открытом воздухе
Worse than normal score	Оценка хуже, чем обычно
DALDA daily analysis of life demands of athletes	DALDA ежедневный анализ жизненных потребностей спортсменов

В этом исследовании потребление пищи строго контролировалось, и испытуемых кормили для поддержания энергетического баланса. В последующем исследовании субъекты получали углеводную добавку, но их потребление с пищей в оставшуюся часть дня регистрировалось, но не контролировалось (Halson et al., 2004). Группа хорошо подготовленных велосипедистов должна была выполнить 8 дней интенсивных тренировок на выносливость (обычный тренировочный объем был удвоен). Это было выполнено в двух случаях, разделенных периодом вымывания / восстановления



продолжительностью не менее 2 недель. В одном случае субъекты потребляли 2% раствор углеводов до, во время и после тренировки (умеренные углеводы), а в другом случае субъекты принимали 6,4% раствор углеводов перед тренировкой и во время тренировки и 20% раствор углеводов после тренировки (с высоким содержанием углеводов). Второе условие больше соответствует современным рекомендациям по спортивному питанию. Общее потребление углеводов составляло 6,4 г / кг веса тела в день с умеренным содержанием углеводов и 9,4 г / кг веса тела в день с высоким содержанием углеводов. Протокол интенсивных тренировок вызывал перегруз, о чем свидетельствует снижение работоспособности (время до утомления при ~ 74% VO<sub>2</sub>max), хотя снижение работоспособности было значительно меньше при высоком потреблении СНО, что свидетельствует о том, что диеты с высоким содержанием СНО могут снизить тяжесть перегрузок. . Принуждение испытуемых к потреблению пищевых добавок, содержащих большее количество углеводов, также увеличивало общее потребление энергии (4500 ккал против 3300 ккал, соответственно). Спортсмены на тяжелых тренировках, кажется, сокращают свое спонтанное потребление пищи, и, если они не дополнены углеводами, они могут иметь отрицательный энергетический баланс в периоды интенсивных тренировок. Интересно, что также выяснилось, что количество потребляемых во время тренировки углеводов влияет на продолжительность времени, необходимого для восстановления. После двух недель восстановления (уменьшенный объем и интенсивность) после интенсивных тренировок с умеренным потреблением углеводов производительность оставалась ниже базовой, тогда как производительность улучшилась по сравнению с исходным уровнем после двух недель восстановления после интенсивных тренировок с высоким потреблением углеводов. Помимо истощения углеводов, обезвоживание и отрицательный энергетический баланс могут усилить стрессовую реакцию (повышенный уровень катехоламинов, кортизола и глюкагона при снижении уровня инсулина), что увеличивает риск развития перетренированности. (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

Хотя эти исследования не проводились в командных видах спорта, вполне вероятно, что результаты можно экстраполировать на футбол. Концентрация гликогена снижается после дней интенсивных тренировок или после матчей, и для восстановления концентрации гликогена требуются дни. Также было показано, что футболисты, как правило, едят гораздо меньше углеводов и даже не соблюдают минимальные рекомендации в 5 г / кг массы тела в день. Еще один фактор, который следует учитывать, заключается в том, что в футболе эксцентрический компонент упражнений больше, что приводит к большему повреждению мышц и воспалению. Это, по-видимому, отрицательно влияет на восстановление гликогена после тренировки.

### **Повреждение мышц и ресинтез гликогена**

Повторяющиеся дни интенсивных тренировок (особенно бега) могут привести к повреждению мышц, что может привести к утечке переносчика глюкозы GLUT4 из мышечной клетки (Asp, Daugaard, & Richter, 1995). GLUT4 участвует в транспортировке глюкозы через клеточную мембрану. Физические упражнения и инсулин обычно приводят к перемещению GLUT4 из его внутриклеточных запасов на поверхность



клетки, где он облегчает транспорт глюкозы. Считается, что количество переносчиков глюкозы (GLUT4), присутствующих в сарколемме, является лимитирующим этапом для транспорта глюкозы через клеточную мембрану. Транспорт глюкозы, в свою очередь, считается важным этапом ресинтеза гликогена (Burke, Van Loon, & Hawley, 2017; Murray & Rosenbloom, 2018).

Следовательно, возможно, что вызванное упражнениями повреждение мышц, наблюдаемое при перетренировании, может привести к нарушению способности восстанавливать гликоген в мышцах. Хотя это привлекательная теория, те же авторы не подтвердили ее в исследовании с участием марафонцев (Asp, Rohde, & Richter, 1997). Если в действительности именно повреждение мышц вызывает снижение ресинтеза гликогена после эксцентрических упражнений, мы мало что можем сделать. Однако, если это связано с воспалением и вторичными процессами повреждения мышц, вполне вероятно, что диетические вмешательства могут сыграть роль в ускорении этого процесса.

Здесь мы установили, что в периоды интенсивных тренировок особенно важно обращать внимание на потребление углеводов. Недостаточное потребление может привести к усталости, переутомлению и даже к перетренированности. Что будет адекватным, будет зависеть от интенсивности и объема тренировки, и это будет обсуждаться более подробно в разделе о практических аспектах восстановления мышечного гликогена как части протокола восстановления. В этом разделе также будут обсуждаться лучшие стратегии синтеза гликогена.

#### **1.2.4 Питание и перетренированность: другие питательные вещества Глютамин, перетренированность и иммунная система**

Ньюхолм и его коллеги предположили, что тяжелые тренировки и перетренированность приводят к снижению концентрации глутамина в крови (Newsholme, Acworth, & Blomstrand, 1987; Newsholme, Parry-Billings, McAndrew, & Budget, 1991). Когда концентрация глутамина снижается ниже критического уровня, это может привести к иммунодепрессии (глутамин является важным топливом для иммунной системы). На основании этих мыслей часто утверждается, что добавки глутамина могут помочь снизить иммунодепрессию после напряженных упражнений или периодов тяжелых тренировок. Однако существует мало доказательств, подтверждающих это мнение. В нескольких исследованиях не удалось обнаружить снижение уровня глутамина после напряженных тренировок, а исследования добавок не улучшили маркеры иммунной функции. Кроме того, неясно, предоставляют ли уровни глутамина в плазме достоверную информацию о запасах глутамина в организме, поскольку 90% всего глутамина присутствует в мышцах и очень небольшое количество - в плазме. Таким образом, в настоящее время нет оснований рекомендовать спортсменам принимать добавки с глутамином для улучшения иммунной функции или предотвращения перетренированности.

#### **Аминокислоты с разветвленной цепью**



В 1987 году профессором Эриком Ньюсхолмом была выдвинута еще одна гипотеза, согласно которой аминокислота триптофан была связана с центральным утомлением (Newsholme, 1991, стр. 212). Триптофан является предшественником 5-гидрокситриптамина (5-НТ или серотонина) в головном мозге. Только около 10% триптофана плазмы находится в свободной форме, и есть данные, позволяющие предположить, что только эта фракция доступна для поглощения мозгом. Остальная часть триптофана связана с альбумином плазмы. Однако сайты связывания альбумина являются общими с жирными кислотами. Во время упражнений жирные кислоты мобилизуются из жировой ткани и через плазму транспортируются в мышцы, чтобы служить топливом. Концентрация жирных кислот в плазме будет постепенно увеличиваться и конкурировать за те же сайты связывания с альбумином, что и триптофан. Чем выше концентрация жирных кислот, тем больше триптофана будет предотвращено от связывания с альбумином или будет удалено из участков связывания жирными кислотами. Следовательно, концентрация свободного триптофана в крови повысится. Одновременно окисление аминокислот с разветвленной цепью (ВСАА), лейцина, изолейцина и валина в мышцах будет увеличиваться во время длительных упражнений (Wagenmakers, Brookes, Coakley, Reilly, & Edwards, 1989), что приведет к снижению концентрации ВСАА в мышцах. кровь. Соотношение свободный триптофан / ВСАА существенно увеличится. Поскольку ВСАА и триптофан конкурируют за опосредованное носителем проникновение в центральную нервную систему с помощью переносчика большой нейтральной аминокислоты (Wagenmakers, AJM, 1999, <https://bit.ly/2Fun7AL>) (LNAA), увеличение этого соотношения приведет к для увеличения транспорта триптофана через гематоэнцефалический барьер (Chaouloff, Kennett, Serrurier, Merino, & Curzon, 1986).

После приема произойдет преобразование триптофана в 5-НТ, что приведет к локальному увеличению этого нейромедиатора. Это увеличение действительно было обнаружено в определенных областях мозга у крыс, но не установлено, происходит ли оно также и у людей. (Wagenmakers, 1999, <https://bit.ly/2Fun7AL>)

Согласно «гипотезе центральной усталости», увеличение серотонинергической активности впоследствии приведет к центральной усталости, вынуждая спортсменов прекращать упражнения или снижать скорость бега или езды на велосипеде. Несколько исследований показали, что серотонин играет роль в возникновении сна и является определяющим фактором настроения и агрессии. Однако неясно, может ли он играть определенную роль в восприятии усталости во время длительных упражнений. Профессор Ньюсхолм и его коллеги также предположили, что перетренированность может приводить к хроническому повышению уровня жирных кислот и хроническому повышению соотношения свободного триптофана / ВСАА. Согласно гипотезе, это может привести к увеличению концентрации 5-НТ в мозге, и это использовалось для объяснения некоторых (центральных) симптомов утомляемости при перетренированности. (Комитет по военным исследованиям питания, 1999 г.).



Одно из следствий «гипотезы центральной усталости» состоит в том, что прием ВСАА, которые конкурируют с триптофаном за транспортировку в мозг, может снизить вызванное физическими упражнениями увеличение поглощения триптофана мозгом и, таким образом, замедлить утомление. Другое значение заключается в том, что прием триптофана перед тренировкой сокращает время до истощения. (Wagenmakers, 1999, <https://bit.ly/2Fun7AL>).

Влияние приема ВСАА на физическую работоспособность было впервые исследовано в ходе полевых испытаний Бломстрандом и соавторами (Blomstrand, Hassmen, Ekblom, & Newsholme, 1991). Во время марафона в Стокгольме было изучено почти 200 субъектов мужского пола. Бегунов разделили на экспериментальную группу, получавшую 16 г ВСАА в простой воде во время забега, и группу плацебо, получавшую ароматизированную воду. (Wagenmakers, 1999, <https://bit.ly/2Fun7AL>)

Субъекты дополнительно имели неограниченный доступ к напиткам, содержащим углеводы (СНО). Разницы во времени марафона в двух группах не наблюдалось. Однако, когда исходная группа испытуемых была разделена на группы, состоящие из быстрых и медленных бегунов, небольшое значительное сокращение времени бега во второй половине марафона наблюдалось только у более медленных бегунов. (Комитет по военным исследованиям питания, 1999 г.)

Это исследование имело несколько экспериментальных недостатков, и ретроспективно это первое исследование было единственным исследованием, в котором утверждался положительный эффект от приема ВСАА во время упражнений. Varnier et al. (Varnier et al., 1994) исследовали 6 умеренно тренированных субъектов после упражнений, истощающих гликоген, с последующим голоданием в течение ночи. Субъект был обследован на следующее утро во время постепенных дополнительных упражнений до изнеможения и получил внутривенную инфузию ВСАА (260 мг / кг / ч в течение 70 минут) или только физиологического раствора. Существенных различий между тестами в общем объеме выполненной работы не наблюдалось. Blomstrand et al. (Blomstrand, Andersson, Hassmen, Ekblom, & Newsholme, 1995) также исследовали производительность в лаборатории у пяти мужчин, тренированных на выносливость, во время изнурительных упражнений на велоэргометре с рабочей скоростью, соответствующей 75%  $VO_{2max}$  после снижения мышечного гликогена. Во время упражнений испытуемым давали в случайном порядке 6% раствор СНО, содержащий 7 г / л ВСАА, 6% раствор СНО и ароматизированную воду. Положительный эффект полевого теста не был подтвержден в этом контролируемом лабораторном исследовании, поскольку не было замечено различий в производительности, когда испытуемым давали углевод + ВСАА или только углеводы. (Wagenmakers, 1999, <https://bit.ly/2Fun7AL>)

Blomstrand et al. (1997) сравнили ароматизированную воду с раствором ВСАА у семи тренированных велосипедистов на выносливость и не обнаружили влияния на общую работу, выполненную в течение 20-минутного велотренажера после 1 часа тренировки при 70%  $VO_{2max}$ .



Мэдсен и его коллеги (1996) исследовали результативность 9 тренированных велосипедистов в гонке на время на 100 км в лаборатории. Испытуемые использовали свои собственные велосипеды с произвольно выбранной выходной мощностью, моделируя полевые условия, и были изучены, принимая только ароматизированную воду (плацебо), 5% раствор углеводов (66 грамм в час) и углеводы (66 грамм в час) плюс ВСАА (6,8 грамм в час). Не было разницы во времени, необходимом для прохождения 100 км. (Комитет по военным исследованиям питания, 1999 г.).

В хорошо контролируемом исследовании доктор Ван Холл и его коллеги (10) изучали влияние добавок ВСАА на выносливость при 70-75%  $VO_{2max}$ . Не было обнаружено различий в выносливости (время до истощения) при приеме 6% раствора сахарозы по сравнению с 6% раствором сахарозы в сочетании с 6 г / л ВСАА и 18 г / л ВСАА. Кроме того, добавление триптофана (6% сахарозы и 3 г / л триптофана) не повлияло на работоспособность. Другие исследования пришли к такому же выводу. Таким образом, общий вывод заключается в том, что добавление ВСАА не влияет на работоспособность, и хотя влияние перетренированности напрямую не изучалось, эффективность кормления ВСАА следует подвергнуть сомнению. В недавнем кратком, но критическом обзоре также ставится под вопрос использование очень популярной добавки ВСАА (Tipton, 2018).

### **Белок и перетренированность**

Несколько исследований изучали потенциальное влияние протеина на симптомы переедания. Как правило, потребление белка связано с восстановлением и признается спортсменами важным фактором. Однако последствия приема белка являются долгосрочными, и поэтому их труднее определить количественно. Witard, Jackman, Kies, Jeukendrup и Tipton (2011) исследовали толерантность к интенсивным тренировкам с нормальным и высоким потреблением белка. Тренированные велосипедисты завершили неделю интенсивных тренировок, которой предшествовала неделя обычных тренировок, а затем - неделя восстановления. Их кормили диетой, содержащей нормальное количество белка 1,5 г / кг / день или с высоким содержанием белка 3 г / кг / день. Содержание углеводов в пище составляло 6 г / кг / день во время обеих процедур, а энергетический баланс поддерживался в течение каждой тренировочной недели. Выносливость оценивалась с помощью теста  $VO_{2max}$  и гонок на время. Производительность в гонках на время снизилась при использовании обеих диет, но снижение было ослаблено при использовании диеты с высоким содержанием белка. Во время фазы восстановления работоспособность восстанавливалась быстрее при высоком потреблении белка. Сообщенных симптомов чрезмерного охвата также оказалось меньше. «Таким образом, авторы пришли к выводу, что дополнительное потребление белка может уменьшить симптомы психологического стресса и может привести к значительному улучшению снижения работоспособности, наблюдаемого во время блока высокоинтенсивных тренировок». (Witard et al., 2011)



Те же авторы также сообщили, что высокий уровень диетического белка во время тренировок с высокой интенсивностью восстанавливает трафик лейкоцитов и аспекты иммунного надзора до уровней, наблюдаемых во время тренировок с нормальной интенсивностью. Это восстановление иммунного надзора за счет диеты с высоким содержанием белка происходило параллельно со снижением частоты инфекций верхних дыхательных путей у спортсменов.

В целом правильное питание помогает снизить усталость и переутомление. Таким образом, рекомендации по питанию, обсуждаемые в этом курсе, помогут предотвратить переизбыток. Важно отметить, что перетренированность происходит, когда сумма всех стрессов превышает способность восстанавливаться. Это означает, что необходимо приложить усилия для уменьшения ВСЕХ стрессов. Игрокам может потребоваться поддержка, чтобы справиться со стрессом дома или справиться с давлением со стороны фанатов и СМИ. Возможно, обучение нужно адаптировать. Важно понимать, что тренировки - не единственный стресс для игроков. С другой стороны, когда время восстановления невелико, стратегии восстановления должны использоваться с большей последовательностью. Когда проводится более одной игры в неделю, необходим гораздо более агрессивный подход к восстановлению. Питание в эти периоды играет чрезвычайно важную роль.



## Ссылки

Ахтен, Дж., Халсон, С. Л., Мозли, Л., Рэйсон, М. П., Кейси, А., и Джекендроп, А. Е. (2003). Более высокое содержание углеводов в пище во время интенсивных беговых тренировок приводит к лучшему поддержанию работоспособности и настроения. *Журнал прикладной физиологии*, апрель; 96 (4): 1331-40. Epub 2003 5 декабря.

Асп, С., Даугард, Дж. Р., и Рихтер, Э. А. (1995). Эксцентрические упражнения снижают белок-переносчик глюкозы GLUT4 в скелетных мышцах человека. *J. Physiol.*, 482 (3), 705-712.

Асп, С., Роде, Т., и Рихтер, Э. А. (1997). Нарушение ресинтеза гликогена в мышцах после марафона не вызвано снижением содержания GLUT-4. *J. Appl Physiol.*, 83 (5), 1482-1485.  
Бангсбо, Дж. (1994). Энергетические потребности в соревновательном футболе. *J Sports Sci.*, 12 Spec No. 5-12.

Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorso, F. (1991). Профиль деятельности соревнований по футболу. *Can J Sport Sci*, 16 (2), 110-116.

Бангсбо, Дж. (2014). Физиологические требования футбола. Получено с <https://www.gssiweb.org/sports-science-exchange/article/sse-125-physiological-demands-of-football>.

Бэррон, Дж. Л., Ноукс, Т. Д., Леви, В., Смит, К., и Миллар, Р. П. (1985). Нарушение функции гипоталамуса у перетренированных спортсменов. *J. Clin Endocrinol Metab.*, 60 (4), 803-806.

Бломстранд, Э., Андерссон, С., Хассмен, П., Экблом, Б., и Ньюсхолм, Э. А. (1995). Влияние добавок аминокислот и углеводов с разветвленной цепью на вызванное физической нагрузкой изменение концентрации аминокислот в плазме и мышцах у людей. *Acta Physiol Scand.*, 153 (2), 87-96.

Бломстранд, Э., Хассмен, П., Эк, С., Экблом, Б., и Ньюсхолм, Э. А. (1997). Влияние приема раствора аминокислот с разветвленной цепью на ощущаемую нагрузку во время упражнений. *Acta Physiol Scand.*, 159 (1), 41-49.

Бломстранд, Э., Хассмен, П., Экблом, Б., и Ньюсхолм, Э. А. (1991). Введение аминокислот с разветвленной цепью во время длительных тренировок - влияние на работоспособность и концентрацию некоторых аминокислот в плазме. *Eur J Appl Physiol.*, 63 (2), 83-88.

Брэдди, П. С., Ди Мацио, М., Пирт, Д., Олсен, П., и Шелдон, Б. (2010). Профили высокоинтенсивной активности элитных футболистов разного уровня подготовки. *J. Strength Cond Res*, 24 (9), 2343-2351. DOI: 10.1519 / JSC.0b013e3181aeb1b3



Берк, Л. М., Ван Лун, Л. Дж. К. и Хоули, Дж. А. (2017). Ресинтез мышечного гликогена у людей после тренировки. *J. Appl. Physiol.*, (1985), 122 (5), 1055-1067. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00860.2016

Карлинг, К., и Дюпон, Г. (2011). Связано ли снижение физической работоспособности со снижением показателей, связанных с навыками, во время профессионального футбольного матча? *J. Sports Sci.*, 29 (1), 63-71. DOI: 10.1080 / 02640414.2010.521945

Chaouloff, F., Kennett, G.A., Serrurier, B., Merino, D., & Curzon, G. (1986). Аминокислотный анализ показывает, что повышенное содержание триптофана в плазме крови вызывает повышение уровня триптофана в мозге крыс во время физических упражнений. *J. Neurochem*, 46 (5), 1647-1650.

Когган, А. Р., Койл, Э. Ф. (1987). Снятие усталости во время длительных тренировок путем вливания или приема внутрь углеводов. *J. Appl Physiol.*, 63 (6), 2388-2395.

Костилл, Д. Л., Бауэрс, Р., Бранам, Г., и Спаркс, К. (1971). Использование мышечного гликогена во время продолжительных тренировок в последовательные дни. *J. Appl Physiol*, 31, 834-838.

Костилл, Д. Л., Флинн, М. Г., Кирван, Дж. П., Хумард, Дж. А., Митчелл, Дж. Б., Томас, Р., и Парк, С. Х. (1988). Влияние повторяющихся дней интенсивных тренировок на гликоген в мышцах и плавательную способность. *Med Sci Sports Exerc.*, 20 (3), 249-254.

Ди Мацио, М. и Брэдли, П. С. (2013). Оценка наиболее интенсивного периода бега в футбольных матчах премьер-лиги Англии. *J. Strength Cond Res.*, 27 (4), 909-915. DOI: 10.1519 / JSC.0b013e31825ff099

Фрай Р. В., Мортон А. Р. и Кист Д. (1991). Перетренированность спортсменов: актуальная информация. *Спортивная медицина*, 12 (1), 32-65.

Халсон, С. Л., Бридж, М. В., Мееузен, Р., Бушарт, Б., Глисон, М., Джонс, Д. А., и Джекендроп, А. Е. (2002). Динамика изменения работоспособности и маркеры утомляемости во время интенсивных тренировок у тренированных велосипедистов. *J. Appl Physiol.*, 93 (3), 947-956.

Халсон, С. Л. и Джекендроп, А. Э. (2004). Существует ли перетренированность? Анализ исследований перенапряжения и перетренированности. *Спортивная медицина*, 34 (14), 967-981.

Халсон, С. Л., Ланкастер, Г. И., Ахтен, Дж., Глисон, М., и Джекендроп, А. Е. (2004). Влияние углеводных добавок на работоспособность и окисление углеводов после интенсивных тренировок на велосипеде. *J. Appl. Physiol.*, 97 (4), 1245-1253.

Халсон, С. Л., Ланкастер, Г. И., Джекендроп, А. Э., и Глисон, М. (2003). Иммунологические реакции на перегрузку у велосипедистов. *Med Sci Sports Exerc.*, 35 (5), 854-861.



Jeukendrup, A. E. (2015a). Перетренированность: это реально? Получено с <http://www.mysportscience.com/single-post/2015/03/02/Overtraining-is-it-real>

Jeukendrup, A. E. (2015b). Симптомы перетренированности. Получено с <http://www.mysportscience.com/single-post/2015/03/03/Symptoms-of-overtraining>.

Jeukendrup, A. E. и Gleeson, M. (2018). Спортивное питание: введение в производство энергии и производительность (3-е изд.). Шампейн, Иллинойс: Кинетика человека.

Jeukendrup, A., Hesselink, M.K.C., Snyder, A.C., Kuipers, H., & Keizer, H.A. (1992). Физиологические изменения у спортсменов-велосипедистов-мужчин после двух недель интенсивных тренировок. *Int J Sports Med.*, 13, 534-541.

Киркендал, Д. (1990). Механизм периферического утомления. *Мед. Науки и спорт.*, 22, 444-449.

Краструп П., Мор М., Стинсберг А., Бенке Дж., Кьяер М. и Бангсбо Дж. (2006). Мышечные и кровяные метаболиты во время футбольного матча: влияние на результаты спринта. *Med Sci Sports Exerc.*, 38 (6), 1165-1174. DOI: 10.1249 / 01.mss.0000222845.89262.cd

Маркес-Хименес, Д., Кальеха-Гонсалес, Дж., Арратибель, И., Делекстрат, А., и Террадос, Н. (2017). Усталость и восстановление в футболе: доказательства и проблемы. *Открытый журнал спортивных наук*, 10 (Дополнение 1: M5), 52-70. DOI: 10.2174 / 1875399x01710010052

Маккенна, М. Дж., И Харгривз, М. (2008). Устранение механизмов усталости, определяющих эффективность упражнений: интегративная физиология в лучшем виде! *J. Appl Physiol* (1985), 104 (1), 286-287. DOI: 10.1152 / japplphysiol.01139.2007

Мееузен, Р., Дюкло, М., Фостер, К., Фрай, А., Глисон, М., Ниман, Д. (2013). Профилактика, диагностика и лечение синдрома перетренированности: совместное согласованное заявление Европейского колледжа спортивных наук и Американского колледжа спортивной медицины. *Медико-спортивные упражнения*, 45 (1), 186-205. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e318279a10a

Мееузен, Р. и Руландс, Б. (2018). Усталость: это все нейрохимия? *Eur J Sport Sci.*, 18 (1), 37-46. DOI: 10.1080 / 17461391.2017.1296890

Мор, М., Круструп, П., и Бангсбо, Дж. (2003). Выступление футболистов высокого уровня с уделением особого внимания развитию утомляемости. *J. Sports Sci.*, 21 (7), 519-528. DOI: 10.1080 / 0264041031000071182

Мюррей, Б., и Розенблум, К. (2018). Основы обмена гликогена для тренеров и спортсменов. *Нутрь Ред.*, 76 (4), 243-259. DOI: 10.1093 / Nutrit / nuy001

Ньюхолм, Э.А., Акворт, И.Н., и Бломстранд, Э. (1987). Аминокислоты, нейротрансмиттеры головного мозга и функциональная связь между мышцами и мозгом, которая важна при длительных упражнениях. В G. Benzi (Ed.), *Достижения в миохимии* (стр. 127-138). Лондон, Великобритания.



Ньюсхолм, Э.А., Парри-Биллингс, М., МакЭндрю, Н., и Бюджет, Р. (1991). Биохимический механизм, объясняющий некоторые механизмы перетренированности. В Ф. Браунсе (ред.), «Достижения в области питания и спорта» (том 32, стр. 79-93). Базель, Швейцария: Каргер.

Рейли Т. и Томас В. (1979). Расчетные суточные энергетические затраты футболистов профессиональных ассоциаций. *Эргономика*, 22 (5), 541-548. DOI: 10.1080 / 00140137908924638

Смит, М. Р., Куттс, А. Дж., Мерлини, М., Депрез, Д., Ленуар, М., и Маркора, С. М. (2016). Психическая усталость ухудшает физическую и техническую результативность футбола. *Med Sci Sports Exerc.*, 48 (2), 267-276. DOI: 10.1249 / MSS.0000000000000762

Смит, М. Р., Зеутс, Л., Ленуар, М., Хенс, Н., Де Йонг, Л. М., и Куттс, А. Дж. (2016). Психическая усталость ухудшает навыки принятия решений в футболе. *J. Sports Sci.*, 34 (14), 1297-1304. DOI: 10.1080 / 02640414.2016.1156241

Снайдер, А.С., Койперс, Х., Ченг, Б., Серве, Р., и Франсен, Э. (1995). Перетренированность после интенсивных тренировок с нормальным гликогеном в мышцах. *Med Sci Sports Exerc.*, 27 (7), 1063-1070.

Спаркс, М., Кутзи, Б., и Габбет, Дж. Т. (2017). Вариации высокоинтенсивного бега и утомления во время полупрофессиональных футбольных матчей. *Международный журнал анализа результатов в спорте*, 16 (1), 122-132. DOI: 10.1080 / 24748668.2016.11868875

Типтон, К. (2018). Вся правда о ВСАА. *Mysportscience*. Получено с <http://www.mysportscience.com/single-post/2017/10/02/The-truth-about-BCAA>

Варнье, М., Сарто, П., Мартинес, Д., Лора, Л., Карминьото, Ф., Лиз, Г. П., и Наккарато, Р. (1994). Эффект от введения аминокислот с разветвленной цепью во время дополнительных упражнений с пониженным содержанием гликогена в мышцах. *Eur J Appl Physiol.*, 69 (1), 26-31.

Вагенмакерс, А. Дж. М., Брукс, Дж. Х., Коукли, Дж. Х., Рейли, Т., и Эдвардс, Р. Х. Т. (1989). Активация дегидрогеназы 2-оксокислоты с разветвленной цепью в мышцах человека, вызванная упражнениями. *Eur J Appl Physiol.*, 59, 159–167.

Вагенмакерс, А. Дж. М. (1999). Добавки с аминокислотами с разветвленной цепью, глутамином и гидролизатами белка: обоснование влияния на метаболизм и производительность. Получено с <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK224625/>.

Витард, О. С., Джекман, С. Р., Кис, А. К., Джекендроп, А. Э., и Типтон, К. Д. (2011). Влияние увеличения диетического белка на толерантность к интенсивным тренировкам. *Медико-спортивные упражнения*, 43 (4), 598-607. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e3181f684c9

