

# Модуль 2: Тренировка на низком или на высоком углеводном уровне?

## 2.1 Тренировка с низким или высоким содержанием углеводов?

### 2.1.1 Введение

Спортсмены (в том числе футболисты) ставят разные цели в разные дни недели и в разные периоды года. Получение идеального телосложения может быть целью перед началом сезона. Другой целью может быть как можно более быстрое восстановление в периоды загруженного тренировочного графика. Восстановление после воскресного матча может быть основной целью в течение недели в сезоне, но в другие дни это может быть поддержка состояния организма для выполнения высокоинтенсивных тренировок или какая-либо другая цель. В последнем примере для восстановления после матча может потребоваться подготовка к специальному питанию, аналогичная той, которая требуется для интенсивного тренировочного дня, но в первом примере стратегии питания могут быть совершенно другими. Снижение веса потребует ограничения энергии, тогда как быстрое восстановление потребует увеличения количества поступающей энергии и углеводов. Обеспечение соответствия питания поставленным целям - один из важных аспектов того, что мы называем периодизированным питанием (или периодизация питания). Второй важный аспект периодизированного питания - это то, что оно должно быть спланированным. Часто мы читаем (в том числе в научной литературе), что спортсмены в любом случае используют периодизацию, потому что в разные дни они едят по-разному. Термин периодизация питания обычно используется для описания изменений в потреблении питательных веществ в ответ на определенные периоды тренировок (Impey и соавт., 2018; Mujika, Halson, Burke, Balague, & Farrow, 2018; Mujika, Stellingwerff, & Tipton, 2014; Stellingwerff, Boit, Res, и Международная ассоциация легкой атлетики, 2007 г.). Например, они едят больше в дни тренировок с высокими нагрузками. По нашему мнению, это не обязательно периодизация питания, поскольку периодизация питания означает, что план питания используется стратегически и является запланированным процессом (Jeukendrup, 2017a). Это не слишком отличается от концепции периодизации тренировок. Термин «периодизация» в контексте тренировок с физическими упражнениями относится к долгосрочному, прогрессивному подходу, разработанному для улучшения спортивных

результатов путем систематического изменения тренировок и соответствующих им спортивных нагрузок в течение года. Очевидно, что тренировки в межсезонье и в сезон различаются и меняются в разные дни недели. Однако если тренировка не запланирована, то ее нельзя назвать периодизированной. С периодизацией питания все обстоит так же, нам нужно планировать питание на макроуровне (год) и микроуровне (неделя или день), чтобы убедиться, что питание соответствует тренировочным целям одной тренировки, тренировочного дня, недельного, месячного и годового цикла...

Например, в определенные периоды тренировок основное внимание уделяется контролю веса и снижению потребления энергии, тогда как в другие периоды основное внимание уделяется восстановлению и поддержанию высокого уровня работоспособности, а также более высокому потреблению углеводов. Mujika и соавт. (2014) пришли к выводу: «Питание должно быть периодическим и адаптированным для поддержки меняющихся индивидуальных целей, уровней подготовки и требований в течение сезона и / или тренировочного цикла» (стр. 12933). Хоули, Берк, Филлипс и Спрайт (2011) обсуждают важность долгосрочной периодической программы тренировок и питания как способа повышения работоспособности. Авторы заявляют, что разумно предположить, что конкурентоспособные спортсмены могут захотеть управлять доступностью углеводов до, во время или после выбранных тренировок, которые являются частью долгосрочного периодического плана тренировок и питания для содействия метаболическим адаптациям вызванным тренировками, которые теоретически должны способствовать повышению спортивного результата в видах спорта основанных в основном на выносливости.

В этом заявлении большое внимание уделяется доступности углеводов как движущей силе получения тренировочного эффекта, а тренировочный эффект в основном проявляется изменениями в мышцах и метаболизме. Например, тренировка растяжения стенки желудка, описанная в разделе о тренировке кишечника, не будет включена в это определение периодизированного питания. (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>), Поэтому мы предложили следующее определение данному термину:

Периодическое питание относится к запланированному, целенаправленному и стратегическому использованию определенных вмешательств по питанию для улучшения адаптации, намеченной отдельными тренировками или планами периодических тренировок, или для получения других эффектов, которые улучшат работоспособность в долгосрочной перспективе (Jeukendrup 2017a)

Это определение периодического питания (или тренировок по питанию) включает все методы, которые используют для

корректировки питания и его эффектов (в период присутствия или отсутствия тренировки) для улучшения спортивных результатов в долгосрочной перспективе. Эти методы включают манипуляции с доступностью питательных веществ до, во время и после тренировки, но могут также включать практики, которые подготавливают другие органы к соревнованиям посредством манипуляций с питанием (например, улучшение ощущения комфорта желудка путем регулярного употребления большого количества жидкости [Jeukendrup, 2017b]). Определение диетических тренировок (или тренировок по питанию) не ограничивается адаптацией мышц (оно может относиться к адаптации всех органов, таких как кишечник или мозг), но всегда будет иметь долгосрочное улучшение производительности этих органов и уровня работоспособности организма в целом в качестве основной цели. (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>).

Недавно мы стали свидетелями использования ряда дополнительных тренировочных целей, связанных с питанием, таких как «тренировка дважды в день», «тренировка с пониженным содержанием углеводов», но также «тренировка с повышенным содержанием углеводов» и «тренировка кишечника». Это инструменты питания для практикующего врача. Затем практикующий врач работает в тесном контакте с тренером, чтобы понять тренировочные цели, и чтобы тренировки, запланированные и направленные на достижение этих целей, могли быть максимально эффективно поддержаны подробным планом питания. Как правило, спортсмены эволюционируют от простого приема пищи, потому что они голодны, к еде в соответствии с периодическим планом питания, который оптимально поддерживает их работоспособность. Это также означает, что соблюдение одной конкретной диеты лишит вас возможности периодического питания. Пример, который мы здесь обсудим, - это пример низкоуглеводной диеты - важный вопрос в футболе.

### **2.1.2 Подробнее о терминологии**

Терминология имеет первостепенное значение. Если мы ведем разговор на какую-то тему, но используем другую терминологию, это приводит к путанице или даже конфликту. Многие заинтересованные стороны, включая ученых, тренеров, спортсменов и практиков, пытались реализовать аспекты периодизации питания. Использовались аналогичные концепции, но поскольку эти концепции были очень плохо описаны с самого начала, это привело к путанице во всей области спортивного питания. Например, термин «низкоуглеводный» может означать низкое потребление углеводов в граммах в минуту или может означать, что потребление углеводов низкое по сравнению с другими питательными макроэлементами. Примерно до начала 2000-х было обычной практикой выражать потребление углеводов в процентах. Но, например, потребление 70% углеводов (обычно считается высоким)

может быть низким в абсолютном выражении, если суммарное суточное потребление энергии низкое. Потребление углеводов 30% (обычно считается низким) может быть высоким в абсолютном выражении, если суммарное суточное потребление энергии очень велико. Поэтому сейчас рекомендации принято выражать в граммах в сутки (г / сутки) или в граммах на килограмм в сутки (г / кг / сутки). Однако, особенно в популярных средствах массовой информации (в том числе во многих очень популярных книгах о диетах), до сих пор упоминаются проценты. Это означает, что два человека в социальных сетях могут обсуждать низкоуглеводную диету, и каждый может иметь в виду под этим совершенно разные диеты. Такие термины, как «карбозагрузка» или «углеводная загрузка», также означают разные вещи для разных людей, потому что у данных терминов никогда не было точного определения. Означает ли это, что нужно есть как можно больше углеводов? (Именно так это чаще всего интерпретируется.) Или это означает, что вы потребляете больше углеводов, чем требуется, но сохраняете энергетический баланс за счет снижения потребления жиров и / или белков?

Даже в наборе инструментов таких стратегий существует путаница в названиях этих инструментов, а также в том, как их следует использовать и какие задачи они решают для спортивной тренировки и каким образом они влияют на мышечную систему (Burke и соавт., 2018). Это происходит из-за различия терминов в номенклатуре, использованной в исходных исследованиях, и из-за корректировки терминов и протоколов в дальнейших исследованиях или в существующих реальных приложениях. В некоторых случаях один и тот же термин может иметь разное значение в одной и той же литературе, но также может иметь другое значение в смежной области для тренеров и спортсменов. Например, термин «тренировка на низком углеводном уровне» использовался для описания одной интенсивной тренировки, в которой доступность внутримышечных углеводных запасов и / или экзогенных углеводов была доведена до более низкого уровня до и / или во время тренировки посредством различных методов, которые имеют различные метаболические и клеточные последствия (обзоры см. в Bartlett, Hawley, & Morton [2015]; Burke & Hawley [2018]; Hawley, Lundby, Cotter, & Burke [2018]; Impey и соавт. [2018]). Однако этот термин также использовался для описания длительного тренировочного периода (от нескольких дней до нескольких недель), в течение которого применялись стратегии с пониженным уровнем доступности углеводов в различных комбинациях (Hansen и соавт., 2005; Yeo и соавт., 2008). В дополнение к этому, по мнению многих спортивных ученых и тренеров, «тренировка на низком углеводном уровне» с большей вероятностью будет согласована с протоколами воздействия высоты и / или гипоксии.

Иногда читателя намеренно дезинформируют (чтобы поддержать точку зрения автора), и это происходит даже в научной литературе. Сторонники диеты с низким содержанием углеводов и высоким содержанием жиров неоднократно дезинформировали и вводили читателя в заблуждение, что современные рекомендации по спортивному питанию сводятся к высокому потреблению углеводов для всех спортсменов (Brukner, 2013; Noakes, Volek, & Phinney, 2014; Volek, Noakes, & Finni, 2015). Однако это не так. Еще в 2003 году в официальных рекомендациях группы экспертов Международного олимпийского комитета отмечалось, что потребности в топливе различаются для разных типов двигательной деятельности интенсивности и объемов тренировочных нагрузок, что приводит к плавающей шкале ежедневных целей потребления углеводов и продвижению конкретных стратегий, а не применению универсальных рекомендаций повышенного потребления углеводов (Burke, 2004; Burke, Kiens, & Ivy, 2004). Также достаточно примитивно полагать, что одна и та же диета будет лучшим вариантом для всех спортсменов в любых ситуациях.

В предыдущем обзоре мы обсудили ряд часто используемых терминов, требующих общепринятого определения. По крайней мере, объяснения происхождения терминов и того, что они означают для разных людей, - это первый шаг к устранению путаницы. Однако существует реальная необходимость согласовать определения этих терминов и начать использовать общую терминологию. Ниже мы обсудим некоторые из наиболее важных терминов (из Burke и соавт., 2018).

### **Диета с высоким содержанием углеводов**

**На данный момент недостаточно** единого и четкого определения данному типу питания, которое обычно считается постоянной целью в спортивном питании. Различные показатели потребления углеводов включают соотношение углеводов к остальным питательным веществам (жирам и белкам) потребленным в сутки (например, > 50% или 60-70%), абсолютное количество, выраженное в граммах (например, 500-600 г / сутки) или количество углеводов относительно мышечной массы тела спортсмена (например, 7-10 г / кг).

Абсолютный показатель (например, 500-600 г / сутки) или показатель относительно общего количества питательных веществ (БЖУ) (например, > 50% или 60-70%) не рекомендуется использовать, поскольку они плохо коррелируют с энергетическими потребностями для тренировки (Burke и соавт., 2004).

### **Высокая доступность углеводов**

**План питания**, при котором общее ежедневное потребление углеводов и его распределение в течение дня нацелено на оптимизацию запасов гликогена в мышцах и дополнительные запасы экзогенных углеводов

для удовлетворения потребностей в энергии в течении тренировок или соревнований. Общие суточные потребности различаются в зависимости от спортивных задач и обычно выражаются в г / кг в качестве показателя относительно мышечной массы, выполняющей двигательные действия Суточный диапазон потребляемого количества углеводов может варьироваться от 3 до 12 г / кг в зависимости от параметров тренировочных и соревновательных нагрузок. У футболистов предполагаемый диапазон составляет 3-8 г / кг. Это включает потребление углеводов до, во время и / или между ключевыми тренировками, если это необходимо для удовлетворения энергетических потребностей.

### **Периодическая углеводная диета**

**План питания**, в котором доступность углеводов для каждой тренировки варьируется в зависимости от типа тренировки и ее целей в рамках периодизации плана спортивной подготовки (Jeukendrup, 2017a). Это может включать отдельные тренировки с такими вариантами как «тренировки на повышенном углеводном уровне» и «тренировки на пониженном углеводном уровне», а также последовательное применение этих стратегий (данную стратегию мы обсудим в этом курсе).

### **Низкоуглеводная диета (диета LCHF - некетогенная)**

Обычно относится к плану питания, при котором доступность углеводов в мышцах постоянно (в течении дней, недель, месяцев) поддерживается ниже уровня, необходимого для протекания адаптации за счет углеводов, что приводит к увеличению окисления жиров, чтобы завершить адаптационные перестройки, но с минимальным количеством углеводов, необходимым для избегания устойчивого кетоза. Типичное потребление = 15-20% энергии из углеводов (<2,5 г / кг / сутки), 15-20% белка, 60-65% жира в сочетании со средним объемом тренировок выносливость (> 5 часов в неделю).

### **Кетогенная диета**

**План питания**, при котором хронический кетоз достигается за счет строго ограниченного потребления углеводов и умеренного потребления белка. Жиры, в основном насыщенные и мононенасыщенные, являются основным источником энергии. Типичное потребление = <5% энергии из углеводов (<50 г / сутки), 15–20% белков и 75–80% жиров.

### **Тренировки на повышенном углеводном уровне**

**Тренировка завершается** без полного истощения гликогена в мышцах, т.е. остаются запасы мышечного гликогена, которые соответствуют параметрам тренировочных нагрузок. Данный эффект достигается сочетанием достаточного количества времени восстановления и количеством принимаемых углеводов после предыдущей тренировки

для сохранения целевых запасов гликогена; общее целевое потребление углеводов обычно колеблется в пределах 5-12 г / кг / сутки в зависимости от тренировочной нагрузки. В зависимости от истощения гликогена на последней тренировке может потребоваться прием повышенной дозы углеводов после предыдущего занятия и дополнительный прием перед следующей тренировкой.

#### Ускоренное восстановление углеводных запасов

Быстрое восполнение израсходованных запасов углеводов, применяемое после тренировки, обычно используется для ускорения восстановления гликогена перед предстоящей тренировкой, если период восстановления менее 8 часов. Целевой уровень углеводов: в среднем 1 г / кг сразу после завершения тренировки, при этом потребление повторяется ежечасно, пока не будет восполнен ежедневный целевой уровень углеводов.

#### Тренировка на пониженном углеводном уровне

Завершение тренировки, на фоне уровня запасов гликогена в мышцах ниже оптимального по сравнению с реальными потребностями в энергии. Обычно протокол данной стратегии включает тренировку по типу «два раза в день», при которой первая тренировка проводится с целью истощения мышечного гликогена, а вторая тренировка проводится после короткого периода восстановления, в течение которого потребляется минимальное количество углеводов и не происходит полного восполнения ежедневного уровня запасов.

#### Тренировка натощак

**Проведение и завершение** тренировки на фоне низкого уровня запасов гликогена в печени и низкого уровня доступности экзогенных углеводов из-за условий голодания (голодание в течение ночи или > 6 часов с момента последнего приема углеводов) и недостаточного потребления углеводов во время тренировки. Тренировка, вероятно, должна длиться не менее 45–60 минут, чтобы вызвать значительные изменения метаболического стресса (значительные изменения концентрации глюкозы и / или СЖК (свободные жирные кислоты), изменение окисления мышечных энергосубстратов). Проводится в соответствии с типичной схемой (например, утренняя тренировка перед завтраком, с приемом только воды (в случае длительной тренировки можно употреблять воду в течение первых 1-2 часов, а затем небольшое количество углеводов, чтобы завершить утреннее занятие). Возможно гликогена в мышцах хватит на всю тренировку.

#### Недовосстановление углеводных запасов после тренировки или перед сном

Преднамеренное ограничение углеводов в еде после тренировки, с целью задержать восстановление мышечного гликогена. Данная стратегия может применяться как ограничение углеводов после

утренней тренировки или как ограничение углеводов на ночь после вечерней тренировки. Потребление белка после тренировки позволяет поддерживать адаптационные процессы, не снижая положительных последствий низкой доступности углеводов. Burke, Hawlay и соавт., 2018, <https://bit.ly/2QLrD35>)

Эти различные стратегии тренировок, такие как тренировка на низком углеводном уровне, тренировка натошак, тренировка дважды в день, тренировка на повышенном углеводном уровне, тренировка кишечника, недовосстановление запасов углеводов перед сном и т. д., являются инструментами диетолога (рис. 1). После четкого понимания спортивных целей и в сотрудничестве с тренером или спортивным инструктором, при необходимости, эти инструменты можно использовать для достижения ежедневных или еженедельных целей спортивного питания.

**Рисунок 1: Набор инструментов спортивного диетолога. Выбор инструмента зависит от выполняемой работы.**

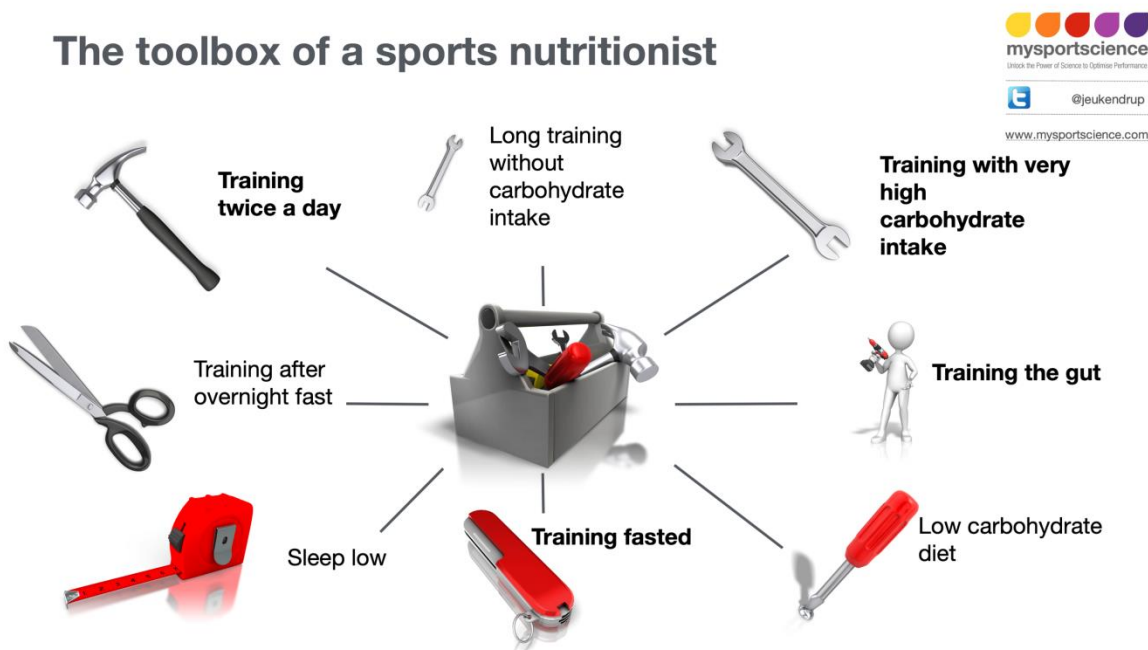


Рисунок из Jeukendrup, 2018, mysportscience ([www.mysportscience.com](http://www.mysportscience.com)).

The toolbox of a sport nutritionist	Набор инструментов спортивного диетолога
Training twice a day	Тренировка два раза в день

Long training without carbohydrate intake	Длительная тренировка без приема углеводов
Training with very high carbohydrate intake	Тренировки с очень высоким потреблением углеводов
Training after overnight fast	Тренировка после ночного голодания
Training the gut	Тренировка кишечника
Sleep low	Низкий уровень углеводов после вечерней тренировки перед сном
Training fasted	Тренировка натощак
Low carbohydrate diet	Низкоуглеводная диета

### 2.1.3 Тренировка на низком углеводном уровне

Наше понимание механизмов, лежащих в основе тренировочной адаптации, значительно расширилось за последние несколько лет, и это дает возможность оптимизировать части процессов передачи сигналов или процессов транскрипции генов, чтобы оптимизировать тренировочные адаптации. О тренировках на низком углеводном уровне много говорилось как о способе добиться таких адаптаций, но могут быть и другие способы, включая некоторые фитонутриенты или добавки. Также возможно притупить адаптацию, предоставив слишком много питательных веществ в неподходящее время (см. Раздел об антиоксидантах). Приспосабливаются не только мышцы, но также мозг, кишечник и другие ткани, и на эти адаптации также можно воздействовать с помощью питания. Например, если игрок плохо переносит напитки или гели в дни матчей, это можно улучшить с помощью тренировок. Кишечник можно научить лучше усваивать питательные вещества, а добиться улучшения ощущения комфорта

желудка можно с помощью регулярной практики потребления таких продуктов во время тренировки. Научные знания, лежащие в основе этого, будут более подробно описаны в одном из следующих разделов.

В разделе, посвященном тренировочной адаптации, мы подробно обсуждаем, как происходит адаптация мышц к тренировке. Если коротко, то сокращение мышц запускает каскад реакций (первичные сигналы, вторичные сигналы, транскрипция генов), которые могут привести к образованию белков. Накопление этих белков отвечает за адаптацию к тренировочным нагрузкам и улучшение функций, обеспечивающих двигательную деятельность. «Обычно считается, что тренировочные адаптации являются результатом накопленных небольших изменений в синтезе белка, которые приводят к измененному фенотипу и повышению работоспособности. (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

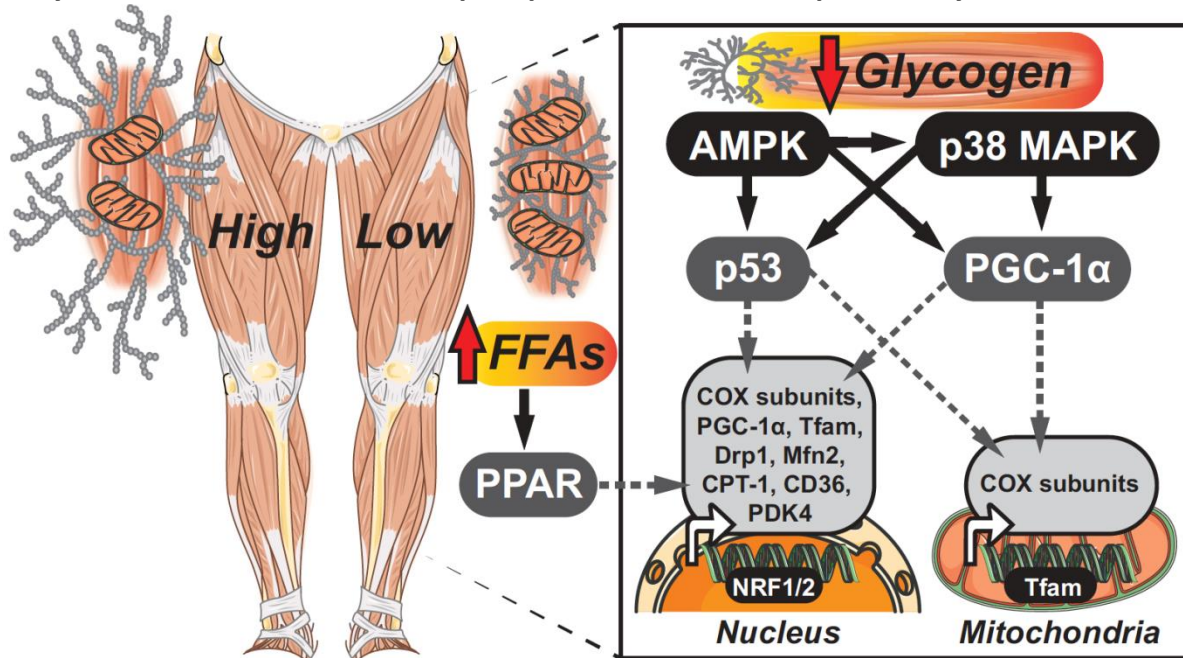
Для этого синтеза белка важно наличие нескольких факторов: стрессового сигнала, процессов транскрипции и трансляции, сохранение стабильности информационной РНК (мРНК) и доступность достаточного количества аминокислот. Процесс синтеза белка достаточно медленный и требует повторных физических нагрузок, а также правильного питания. Однако исследования также продемонстрировали, что определенные корректировки питания или манипуляции с запасами эндогенных энергетических субстратов могут усиливать некоторые из сигнальных ответов и увеличивать экспрессию генов, что может привести к повышенному образованию белков, приносящих пользу мышечной адаптации, на которую нацелена тренировка. Тренировка с низким содержанием углеводов (или тренировка на низком углеводном уровне) - один из наиболее изученных методов.

«Тренировка на низком углеводном уровне - это общий термин для описания тренировок с низким содержанием углеводов. Пониженная доступность углеводов может быть выражена как низкий уровень запасов гликогена в мышцах и в печени, сниженное потребление углеводов во время или после тренировки, а также различные комбинации данных вариантов» (Jeukendrup, 2017a, <https://bit.ly/2QLrD35>). Более ранние исследования наблюдали связь между доступностью углеводов (мышечный гликоген) и экспрессией генов (Pilegaard и соавт., 2002): более низкий уровень мышечного гликогена был связан с большей экспрессией генов, особенно генов, участвующих в метаболизме жиров.

Например, метаболические изменения, происходящие в результате сокращения мышц, в том числе повышение уровня АМР-активируемой протеинкиназы (АМРК), являются важными факторами в регуляции транскрипции генов. Одна тренировка на выносливость увеличит

содержание AMPK и транскрипцию иРНК для различных метаболических и связанных со стрессом генов. Как правило, пики транскрипционной активности достигаются в течение первых нескольких часов после восстановления и возвращаются к исходному уровню в течение 24 часов. Эти результаты привели к общей гипотезе, что тренировочные адаптации скелетных мышц могут быть вызваны кумулятивными эффектами временного увеличения транскрипции генов во время восстановления после повторных тренировок (Pilegaard, Ordway, Saltin, & Neufer, 2000). Хотя ясно, что транскрипция гена сама по себе не является гарантией того, что синтез белка будет происходить, это этап, необходимый для синтеза белка и является первой его стадией. Исследования также продемонстрировали связь между мышечным гликогеном и экспрессией AMPK (Wojtaszewski и соавт., 2003), где показано, что более низкий уровень мышечного гликогена, приводит к большей экспрессии AMPK (Wojtaszewski и соавт., 2003). Разработаны теории, которые утверждают, что мышечный гликоген напрямую влияет на AMPK, поскольку бета-субъединица AMPK связывается со специфическими сторонами связывания гликогена, что предотвращает его фосфорилирование вышестоящими киназами (McBride, Ghilagaber, Nikolaev, & Hardie, 2009; McBride & Hardie, 2009). (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

**Рисунок 2: Включение сигнала: тренировка с низким содержанием углеводов**



Источник: Hawley 2018, <https://bit.ly/2FHEmgH>.

High	Высокий уровень
Low	Низкий уровень
Glycogen	Мышечный гликоген
Nucleus	Клеточное ядро

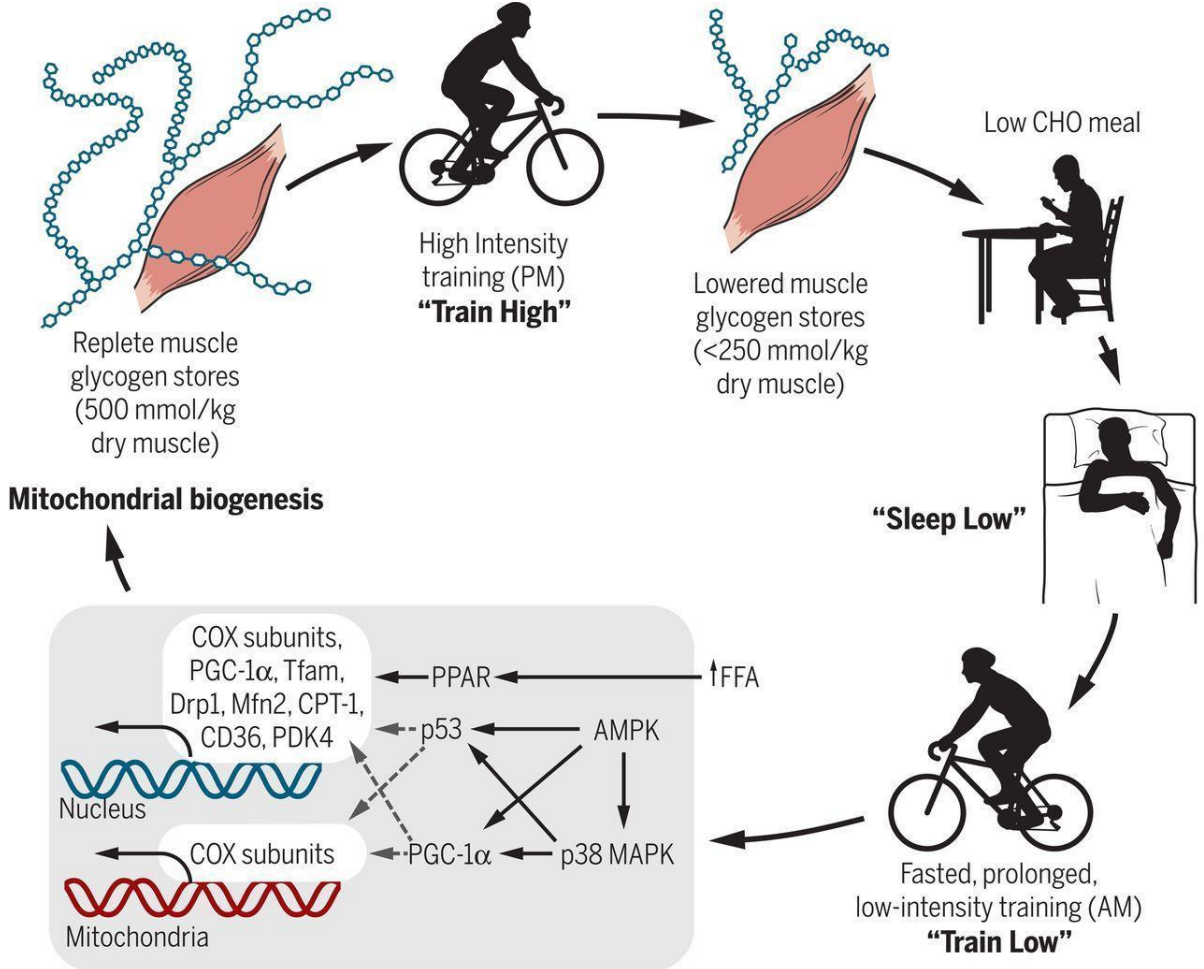
Mitochondria	Митохондрия
Ampk	АМПК
P38 MAPK	p38 митоген-активируемые протеинкиназы
P53	белок p53 (фактор транскрипции)
Pgc-1a	белок PGC-1 $\alpha$ (фактор транскрипции)
FFAs	
PPAR	
Cox subunits	субъединица Цитохром с-оксидаза
COX subunits, pgc-1a, Tfam, Drp1, Mfn2, CPT-1, Cd36, PDK4	
NRF1/2	
Tfam	

Сигнальные реакции скелетных мышц после одной тренировки на выносливость усиливаются в условиях низкой доступности гликогена. Точные механизмы, ответственные за эту усиленную активацию, не выяснены, но они, вероятно, вовлекают активируемый пролифератором пероксисом рецептор  $\gamma$ , коактиватор 1a (PGC-1a) и нижестоящие мишени. В этом отношении классическая роль AMP-активируемой протеинкиназы (АМПК) заключается в том, чтобы действовать как датчик непосредственного энергетического статуса клетки путем мониторинга концентраций АМФ (аденозинмонофосфат) и АТФ (аденозинтрифосфат). Однако открытие и характеристика сайтов связывания гликогена в углевод-связывающем домене (СВМ) на бета-субъединицах АМПК указывает на то, что этот регуляторный домен также может позволять АМПК действовать как датчик эндогенных запасов гликогена. В этом случае СВМ действуют как датчики, позволяющие АМПК измерять состояние клеточного гликогена, увеличивая активность АМПК, когда запасы низки, и уменьшая активность, когда запасы переполняются. Таким образом, тренировки, повторяемые в течение недель и месяцев в условиях низкой доступности гликогена, могут модулировать многочисленные адаптивные процессы в скелетных мышцах, что в конечном итоге приводит к усиленной адаптации и фенотип-специфическим характеристикам, наблюдаемым у хорошо тренированных людей.

Когда гликоген расщепляется, этот АМПК становится доступным (McBride и соавт., 2009; McBride & Hardie, 2009), и поэтому при низких концентрациях гликогена наблюдается высокая активность АМПК (Wojtaszewski и соавт., 2003; Yeо и соавт., 2010) (Рисунок 2). Другие сигнальные молекулы, такие как митоген-активированная протеинкиназа p38 (МАРК) (Cochran, Little, Tarnopolsky, & Gibala, 2010) и p53 (Bartlett и соавт., 2012), а также экспрессия рецептора- $\gamma$ ,

активируемого пролифератором пероксисом (PPAR $\gamma$ ), коактиватор 1-альфа (PGC-1 $\alpha$ ) (Sanders и соавт., 2007) могут быть усилены в большей степени, когда тренировки выполняются в условиях ограничения доступности углеводов. На крысах также было продемонстрировано, что транскрипционная активность гамма-рецепторов, активируемых пролифератором пероксисом (PPAR- $\delta$ ), чувствительна к комбинированному эффекту сокращения скелетных мышц и истощения гликогена (Philp и соавт., 2013). Гликоген играет важную роль в регуляции транскрипции генов в мышцах. Это, в свою очередь, может повлиять на синтез белка и, в конечном итоге, на адаптацию и направленность тренировки. Таким образом, управление запасами гликогена может быть инструментом для оптимизации адаптации к тренировкам, и это привело к разработке ряда методов, не требующих проведения тренировки (рис. 3). (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Рисунок 3: Цикл тренировок: низкий и высокий



Источник: Берк и Хоули, 2018, <https://goo.gl/MRigFM>

Replete muscle glycogen stores (500 mmol/kg dry muscle)	Восполнение запасов гликогена в мышцах (500 ммоль / кг сухих мышц)
High intensity training (PM) "train High"	Тренировка на высокой интенсивности с повышенным запасом углеводов (PM) «Высокоинтенсивная тренировка»

Lowered muscle glycogen stores (<250 mmol/kg dry muscle)	Снижение запасов гликогена в мышцах (<250 ммоль / кг сухой мышцы)
Low CHO meal	Еда с низким содержанием углеводов
Mitochondrial biogenesis	Митохондриальный биогенез
Sleep low	Сон натощак
Fasted, prolonged, low-intensity training (AM) "train Low"	Натощак, длительная, низкоинтенсивная тренировка (AM) «тренировка с пониженным содержанием углеводов»
Nucleus	Клеточное ядро
Mitochondria	Митохондрии
Ampk	АмПК
P38 mapk	P38 белок
P53	P53
Pgc-1a	Pgc-1a
FFA	FFA

PPAR	PPAR (рецепторы, активируемые пролифератором пероксисом)
Cox subunits	Субъединицы Цитохром с-оксидазы
COX subunits, pgc-1a, Tfam, Drp1, Mfn2, CPT-1, Cd36, PDK4	Субъединицы Цитохром с-оксидазы, pgc-1a, Tfam, Drp1, Mfn2, CPT-1, Cd36, PDK4
NRF1/2	NRF1 / 2
Tfam	Tfam

В следующем модуле мы обсудим некоторые из этих методов более подробно, но читатель может обратиться к нескольким прекрасным недавним обзорным статьям для более глубокого изучения стратегий низкоинтенсивной тренировки с пониженным содержанием углеводов (Bartlett и соавт., 2015; Burke, Hawley, Wong, & Jeukendrup, 2011; Coffey & Hawley, 2007; Cox и соавт., 2010; Hawley и соавт., 2011; Perez-Schindler, Hamilton, Moore, Baar, & Philp, 2015; Philp и соавт., 2013) .

В футболе низкоинтенсивная тренировка с пониженным содержанием углеводов может быть методом, используемым в предсезонный период. Это может быть хорошим способом улучшить аэробные способности. Однако, как только требуется повышать скоростные способности, рекомендуется переходить к высокоинтенсивным методам тренировки на высоком углеводном уровне. Следовательно, в году может быть не так много недель, когда тренировка на низком уровне интенсивности подходит футболисту. При возвращении после травмы, когда качественная тренировка еще не возможна, ценность тренировки может быть низкой.

## 2.1.4 Тренировки на высоком углеводном уровне

Высокоинтенсивные тренировки на повышенном углеводном уровне - это противоположный подход к тренировкам с низким уровнем гликогена, близкий к традиционному подходу к тренировкам. При «тренировках на высоком углеводном уровне» основное внимание уделяется тому, чтобы восстановление, особенно запасов гликогена, было оптимальным. Очевидно, что предотвращение истощения мышечного гликогена важно для поддержания результатов упражнений высокой интенсивности и, следовательно, для качественных футбольных тренировок. Восстановление гликогена после упражнений, истощающих запасы гликогена (матч или тяжелая тренировка), имеет решающее значение для последующего уровня работоспособности на тренировках. Идея высокоинтенсивных тренировок заключается в том, что каждую тренировку можно выполнять с максимальной интенсивностью, и со временем это должно приносить максимальный тренировочный эффект.

Методы достижения высокого уровня запасов гликогена описаны в разделах, посвященных восстановлению, но, как правило, они включают употребление в пищу продуктов, богатых углеводами, до и после тренировки. Чтобы быстро восполнить запасы гликогена, рекомендуется принимать 1-1,2 г / кг углеводов в течение часа после тренировки и повторять это каждый час в течение последующих 4 часов после тренировки (по крайней мере, если это возможно в рамках энергетической стоимости дневного рациона : в дни с более низким расходом энергии, такое количество потребляемых углеводов может быть слишком большим). Суточное потребление углеводов в дни тренировок на высоком углеводном уровне для футболистов обычно составляет 5-8 г / кг.

Преимущество подхода с относительно высоким потреблением углеводов может заключаться в поддержании высокой работоспособности и результативности при выполнении упражнений высокой интенсивности, тогда как при низком уровне потребления углеводов выполнение тренировочных нагрузок на заданных параметрах, вероятно, будет нарушено (Hawley & Leckey, 2015). Таким образом, «высокоинтенсивная тренировка на высоком углеводном уровне» может быть методом, который используется в дни тяжелых тренировок и дни, когда качество тренировки имеет решающее значение. «Тренировка на низком углеводном уровне» может использоваться в дни, когда качество тренировки менее важно, чем тренировка митохондриальной емкости мышц, а также способности окислять жир.

Конечно, «тренировка на высоком углеводном уровне» также может имитировать ситуацию, происходящую в день матча с точки зрения

потребления углеводов. Относительно высокое потребление углеводов перед тренировкой, а также потребление углеводов непосредственно перед тренировкой и через 45 минут после начала более тяжелой тренировки, может быть частью тренировки на высоком углеводном уровне и частью тренировки «кишечника». Это поможет игрокам привыкнуть к более высокому потреблению углеводов в дни матчей и поможет разработать подходящий распорядок дня. Рекомендуется выполнять этот вид тренировок один раз в неделю, чтобы обеспечить адаптацию на уровне кишечного тракта (см. Разделы, посвященные тренировке кишечника).

С повторяющимися днями упорных и тяжелых тренировок, кажется, предпочтительнее тренироваться на высоком углеводном уровне. Хотя исследований, посвященных футболу, нет, исследования гребцов, бегунов и велосипедистов показали превосходную адаптацию при более высоком потреблении углеводов. Например, Simonsen и соавт. (1991) показали, что результаты у гребцов улучшаются больше, когда они придерживаются диеты с повышенным содержанием углеводов по сравнению с обычной углеводной диетой. В разделе перетренированности мы обсуждаем несколько исследований, которые показали уменьшение симптомов перетренированности, когда бегуны и велосипедисты проводили несколько дней чрезвычайно тяжелых тренировок с повышенным содержанием углеводов (Achten и соавт., 2004; Halson и соавт., 2002; Halson, Lancaster, Achten, Gleeson), & Jeukendrup, 2004; Jeukendrup, Hesselink, Snyder, Kuipers, & Keizer, 1992).

Это означает, что качество сна и настроение можно поддерживать на более высоком уровне, и игрокам будет легче завершить тренировку с заданными параметрами нагрузки. Есть и другие преимущества тренировок с высоким содержанием гликогена в мышцах. В разделе, посвященном иммунной системе, обсуждались исследования, которые показали, что в периоды интенсивных тренировок более высокое потребление углеводов позволяет гораздо лучше поддерживать иммунные функции (Halson, Lancaster, Jeukendrup, & Gleeson, 2003; Lancaster, Jentjens, Moseley, Jeukendrup, & Gleeson, 2003; Svendsen и соавт., 2016). В разделе о травмах мы обсуждали, что более высокое потребление углеводов может снизить риск травм.

В футболе «тренировка на высоком углеводном уровне» может быть наиболее подходящей формой тренировок большую часть годового цикла спортивной подготовки. Говоря об этом, мы подразумеваем быстрое восстановление после матчей или тяжелых тренировок, для того чтобы поддерживать высокий уровень качества тренировок, снизить риск травм и развития перетренированности, и поддержать иммунную систему. Однако в действительности футболисты могут не достичь тех целей в питании, которые необходимы для

«высокоинтенсивных тренировок с высоким содержанием углеводов». В нескольких отчетах предлагалось снизить потребление углеводов футболистами по сравнению с рекомендациями (Anderson и соавт., 2017; Garcia-Roves, Garcia-Zapico, Patterson, & Iglesias-Gutierrez, 2014).

Таким образом, задача состоит в том, чтобы заставить игроков «тренироваться с высокой интенсивностью», но делать это таким образом, чтобы фактически восстанавливать гликоген в мышцах. Если это будет достигнуто, возможна тренировка по принципу «тренировка с высоким содержанием углеводов».

## 2.2 Низкоуглеводная тренировка и периодическое питание

### 2.2.1 Тренировка два раза в день

Мы обсуждали концепцию «низкоинтенсивные тренировки с низким содержанием углеводов». Есть много способов добиться этого, но в литературе наиболее изученным методом является тренировка два раза в день. Впервые этот метод был использован в исследовании Hansen и соавт. (2005), где применялась модель удара одной ногой (разгибание коленного сустава) для сравнения двух вариантов ежедневных тренировок: один раз в день или два раза в день (Рисунок 2). В дни, когда испытуемые тренировались дважды, вторая тренировка выполнялась с низким уровнем гликогена в мышцах. Таким образом, испытуемые половину времени тренировались с низким гликогеном в мышцах, а другую половину - с нормальным гликогеном. В контрольном испытании, когда испытуемые тренировались один раз в день, запасы гликогена в мышцах всегда пополнялись. Тренировки с низким содержанием гликогена в половине случаев приводили к заметным улучшениям значений маркеров окислительной способности (например, исследователи наблюдали увеличение активности ферментов 3-гидроксиацил-КоА дегидрогеназы и цитратсинтазы (CS) в мышцах, а также увеличение запасов мышечного гликогена по сравнению с тренировками в состоянии постоянной нагрузки гликогеном (Hansen и соавт., 2005). Тренеры сразу же начали внедрять эту практику в тренировочный процесс, но некоторые ученые сомневались в пользе такой практики, потому что режим упражнений был далек от реальной ситуации.

Были и другие вопросы к результатам исследования: т.к. исследование проводилось на нетренированных людях, то правильным ли будет

переносить результаты на подготовленных людей (спортсменов)? Поэтому исследование данной темы было продолжено серией других исследований. Мы провели исследование в Соединенном Королевстве, и в то же время исследование с идентичным дизайном было начато в Австралии. И Hulston и соавт. (2010) и Yeо и соавт. (2010) исследовали эффекты в гораздо более реалистичных условиях. Модель удара ногой была заменена упражнением на велосипеде. В обоих исследованиях велосипедисты тренировались два раза в день, через день или один раз в день. Тренируясь дважды в день, они потребляли минимальное количество углеводов между двумя тренировками. Через 3 недели эффекты были изучены, и было подтверждено, что оба исследования дали очень похожие результаты.

Первое наблюдение в обоих исследованиях заключалось в том, что велосипедисты, которые тренировались дважды в день (группа с низким уровнем углеводов), не могли поддерживать такую же интенсивность, как велосипедисты, которые тренировались один раз в день (группа с высоким уровнем углеводов). Несмотря на то, что первые выполняли меньше работы, некоторые адаптационные изменения были больше. Например, Hulston и соавт. (2010) сообщили, что «содержание гидроксиацил-КоА-дегидрогеназы (НАД) и белка CD36 увеличивалось больше при низкоуглеводной тренировке», а скорость окисления жиров также была выше (Hulston и соавт., 2010; Yeо и соавт., 2010). Другое независимое исследование Morton и соавт. (2009) также наблюдали аналогичные полезные адаптации (повышенная активность сукцинатдегидрогеназы) при тренировках с низким уровнем гликогена в мышцах. (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Таким образом, похоже, что некоторые тренировки в состоянии с низким запасом гликогена (в данном случае 50% от ежедневного объема тренировочных нагрузок) могут привести к большей адаптации на уровне мышц, чем тренировки с высоким гликогеном все время. Наблюдаемые адаптации были в основном связаны с увеличением митохондриальной емкости и способности окислять жирные кислоты.

Однако в исследованиях также измерялась работоспособность, и никаких улучшений в ней не наблюдалось. Однако вполне вероятно, что это связано с относительно короткой продолжительностью исследования и тем фактом, что испытуемые уже были физически подготовлены в начале исследования. Ожидаемые улучшения работоспособности были небольшими, и улучшения могут занять гораздо больше времени, чем у нетренированного населения.

В футболе нет ничего необычного в том, чтобы тренироваться дважды в день, хотя часто одна из двух тренировок - это силовая тренировка, и часто тренировки два раза в день ограничиваются межсезоньем. В исследованиях, описанных выше, тренировки на низком углеводном

уровне выполнялись во второй половине дня, а метод упражнений - прерывистая тренировка (интервальный или повторный метод). Утренняя тренировка представляла собой непрерывную аэробную тренировку меньшей интенсивности. Комбинируя упражнения разной направленности в одной тренировке, нужно знать, что результаты этих тренировок могут быть скомпрометированы путем их комбинирования. Недавнее исследование показало, что различные показатели анаэробной мощности были скомпрометированы при выполнении тренировок с отягощениями и тренировок на выносливость в один и тот же день (Shamim и соавт., 2018). Обсуждение эффектов одновременного применения различных видов физических упражнений в одной тренировке выходит за рамки этого раздела (и курса). Но есть ряд хороших обзоров: Coffey and Hawley (2017); Файф, Бишоп и Степто (2014); Perez-Schindler и соавт. (2015).

В заключение, похоже, что тренировка дважды в день может привести к адаптации, которая способствует метаболизму жиров, но еще слишком рано делать однозначный вывод о том, что этот метод тренировки также приведет к долгосрочному улучшению работоспособности. В футболе могут быть приложения, но, вероятно, в рамках уже планируемых дуальных тренировок.

### **2.2.2 Тренировка натошак**

Возможно, наиболее распространенный способ «тренироваться с минимальными затратами углеводов» - это ночное голодание и тренировка натошак без завтрака. Как правило, последний прием пищи происходит между 20 и 22 часами вечера, а упражнения выполняются утром перед завтраком натошак. Для некоторых футболистов это может быть предпочтительным способом тренировок. Однако часто считается, что «завтрак - самый важный прием пищи в течении дня». У этой мудрости очень мало научных оснований. Конечно, обеспечение полноты запасов гликогена в печени может повысить выносливость и улучшить работоспособность во время более тяжелых и продолжительных тренировок. Однако часто тренировки не такие длительные или не такие сложные, и тренировки натошак могут быть допустимы и даже могут иметь некоторые преимущества с точки зрения обмена веществ.

Тренировка натошак отличается от предыдущего метода тренировок два раза в день, когда уровень гликогена в мышцах снижался в результате первой тренировки. При тренировке натошак, мышечный гликоген не должен зависеть от ночного голодания, но гликоген в печени будет очень низким (Nilsson & Hultman, 1973). Исследования Питера Хеспеля и его коллег (De Bock и соавт., 2005; Van Proeyen, Szlufcik, Nielens, Ramaekers, & Hespel, 2011) показали, что тренировка натошак может вызвать более глубокую адаптацию, чем тренировка

после приема пищи, содержащей углеводы и с потреблением углеводов во время упражнений. Например, в одном исследовании было продемонстрировано, что окислительные ферменты, такие как CS и HAD, активируются в большей степени (47% и 34% соответственно) при голодании по сравнению с приемом пищи до тренировки после 6 недель тренировок (4 раза в неделю, 1-1,5%) при максимальном потреблении кислорода 75% (МПК) (Van Proeyen, Szlufcik, и соавт., 2011). Авторы пришли к выводу, что тренировка натощак более эффективна для увеличения окислительной способности мышц, чем тренировка в состоянии сытости. Они также заметили, что внутримышечное использование жира увеличивалось при тренировках натощак, а также улучшилась регуляция концентрации глюкозы в крови.

Механизмы, вероятно, будут отличаться от тренировок с низким гликогеном в мышцах. Van Proeyen, De Vock и Hespel (2011) не обнаружили различий в AMPK у испытуемых, тренирующихся натощак и после еды, но наблюдали различия в фосфорилировании эукариотического фактора элонгации 2 (eEF2) после тренировки (данный показатель повышается после углеводного приема пищи, но не после голодания). De Vock и др. (2005) показали, что упражнения натощак способствуют использованию IMTG (внутримышечный жир) во время упражнений и улучшают ресинтез гликогена. Также было продемонстрировано, что прием углеводов притупляет экспрессию гена разобщающего белок 3 (UCP3), тогда как тренировка натощак приводит к заметному увеличению экспрессии гена UCP3 (De Vock и соавт., 2005).

Не все исследования показали одинаковый положительный эффект от тренировок натощак. Другое исследование той же исследовательской группы не привело к заметным улучшениям (De Vock и соавт., 2008). В этом исследовании наблюдались небольшие изменения в белках, участвующих в регуляции метаболизма жиров, но это не привело к заметным изменениям в окислении жиров. В целом результаты этих исследований многообещающие, и, похоже, есть потенциальные преимущества тренировок в голодном состоянии (Jeukendrup, 2017a). Однако есть еще ряд практических вопросов, на которые необходимо ответить, например, сколько дней тренировок необходимо в неделю? Какие параметры тренировки (интенсивность и продолжительность) больше всего подходит для тренировок натощак? Сколько недель необходимо выполнять эту тренировку, чтобы увидеть значимые эффекты? Кроме того, до сих пор исследования были сосредоточены на метаболической адаптации, и лишь немногие из них касались потенциального воздействия на физическую работоспособность. Приведет ли тренировка натощак к повышению производительности со временем? (Jeukendrup 2017a, <https://bit.ly/2W08dX0>)

Один урок, который мы можем извлечь из этих результатов, заключается в том, что «завтрак - самый важный прием пищи в течение дня» не имеет под собой научного обоснования. Таким образом, игрокам, которые предпочитают тренироваться с небольшим количеством завтрака или без него, вероятно, следует разрешить делать это в те дни, когда это уместно. В дни, когда качество тренировок должно быть высоким, или в дни, когда большое внимание уделяется восстановлению, это может быть неуместно, и игрокам рекомендуется употреблять завтрак богатый углеводами. Как итог, следует отметить, что не существует универсального решения для всех.

## 2.2.3 Планирование года

До сих пор мы обсуждали несколько целей, которые футболист может ставить в течение сезона, а также обсуждали, как мы можем поддерживать эти цели с помощью питания. Например, следующие темы, которые мы рассмотрим, важны для периодизации питания в течение года: стратегии похудения или стратегии набора веса (мышечной массы), использование добавок и быстрое восстановление в сравнении с адаптацией к тренировкам.

Шаг 1. Получите обзор всех игровых дней за весь сезон, включая товарищеские матчи.

Шаг 2: Сядьте вместе с тренером / обучающим персоналом, а в идеале также с медицинским персоналом и игроком, чтобы обсудить, каковы основные тренировочные цели и задачи для каждого спортсмена.

Шаг 3: Разработайте общий план для всех игроков, который можно адаптировать индивидуально к каждому игроку.

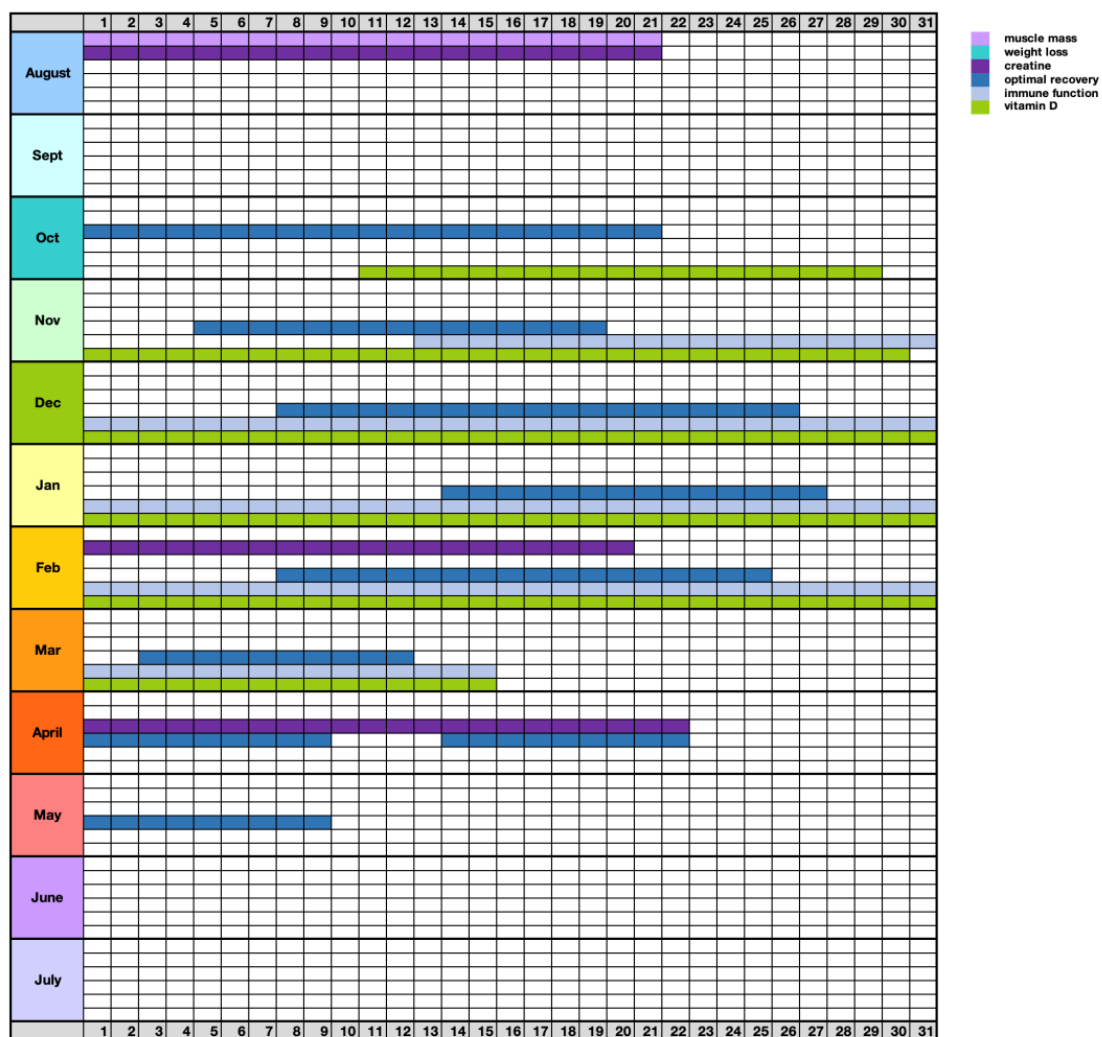
Шаг 4: Сядьте с каждым игроком и обсудите план питания, план тренировок и план приема добавок. При необходимости отрегулируйте.

В этих обсуждениях убедитесь, что затронуты как минимум следующие темы:

- В какой фазе или фазах года восстановление чрезвычайно важно?
- В какой фазе или фазах года делается упор на формирование необходимой физической подготовленности?
- Важно ли похудение? Если да, то в какое время года?
- Важно ли увеличение мышечной массы? Если да, то в какое время года?
- Определите, когда иммунной функции может потребоваться дополнительное внимание
- Определите, когда начинать прием добавок витамина D
- Определите, есть ли необходимость и когда следует начинать прием креатина.
- То же самое для других добавок, которые считаются важными

Когда у вас есть ответы на эти вопросы, вы можете начать работать с ними в годовом календаре. В итоге у вас должен получиться годовой план, который выглядит следующим образом:

Рисунок 4: Пример годового планирования питания футболиста



Источник: Источник: подготовлен автором.

Muscle mass	Мышечная масса
-------------	----------------

Weight loss	Потеря веса
Creatine	Креатин
Optimal recovery	Оптимальное восстановление
Immune function	Иммунная функция
Vitamin D	Витамин Д
August	Август
Sept	Сентябрь
Oct	Октябрь
Nov	Ноябрь
Dec	Декабрь
Jan	Январь
Feb	Февраль
Mar	Март
April	Апрель
May	Май

June	ИЮНЬ
July	ИЮЛЬ

Это всего лишь пример, и этот план будет другим для большинства игроков, потому что у них разные цели и предпочтения.

В этом конкретном примере потеря веса не была проблемой, и на увеличение веса делается упор только на очень короткий период времени. Добавка креатина используется циклически несколькими периодами «включения» перед важными соревнованиями и некоторыми периодами «выключения», когда концентрация креатина все еще высока по сравнению с предыдущим циклом приема добавок. У каждого игрока должен быть свой календарный план, и важно иметь хорошую систему связи и хорошую систему обмена информацией, чтобы игрок, а также персонал знали, когда и что делать. Есть много способов эффективно сообщить об этом игрокам. Ручные и автоматизированные системы текстовых сообщений, многие клубы имеют свои собственные каналы связи или даже приложения. Существуют также программные пакеты для анализа питания, которые включают функцию коммуникации. Вероятно, лучше всего попробовать некоторые из этих вариантов и посмотреть, что работает лучше всего. Важно смотреть на эту систему коммуникации глазами игрока: как ее можно использовать так, чтобы она была понятной и простой для самого спортсмена.

В этот годовой план могут быть встроены как обучающие занятия, так и беседы. Например, перед началом приема добавок рекомендуется напомнить всем о роли витамина D. Уроки кулинарии, уроки шоппинга или образовательные занятия с женами, подругами и семьей должны быть частью планирования на год. Различные тесты также должны быть частью этого расписания. Анализы крови, пота, фитнес-тесты, если они имеют отношение к питанию. Все, что может оказать влияние на стратегию питания, должно быть частью этого всеобъемлющего годового плана. Конечно, план - это всего лишь план, и невозможно предсказать, что произойдет в течение длительного сезона: игрок может получить травму, а цели могут измениться. Если это происходит план необходимо соответствующим образом адаптировать, но важно всегда иметь этот план и не реагировать.

В годовом плане некоторые аспекты являются общими (они одинаковы для всех игроков), а некоторые части очень индивидуальны. Например, некоторые обучающие занятия могут быть для всех, прием добавок

витамина D может начинаться в один и тот же день и заканчиваться для всех в один и тот же день. Но все же могут быть индивидуальные различия: добавки витамина D могут выдаваться в разных дозах в зависимости от цвета кожи (для более темной кожи требуется более высокая доза для получения тех же эффектов), а некоторые аспекты полностью индивидуальны. Например, некоторые игроки могут захотеть использовать креатин, а другие - нет. Стоит тщательно спланировать год и обсудить сформированный план с игроком и тренерским персоналом, чтобы получить одобрение от всех. Что наиболее важно, наличие этого плана создает ясность и помогает донести видение на аспекты спортивного питания.

## 2.2.4 Планирование недели

Тренировки и соревнования могут значительно варьироваться от недели к неделе. Цели тренировок могут быть разными, может быть больше или меньше поездок, может быть от 1 до 3 матчей в течение 7 дней. Поэтому и планирование питания будет разным. Каждую неделю можно планировать заранее и периодизировать в соответствии с целями этой недели и, при необходимости, персонализировать для каждого спортсмена.

Хотя большая часть работ по периодизации питания, вероятно, была проделана с участием спортсменов на выносливость, в частности, велосипедистов (рис. 5), однако футболу также уделялось много внимания (рис. 4).

**Рисунок 5: Теоретический обзор модели «Углеводное питание для тренировок»**

Training Session	CHO Feeding Schedule			
	Pre-Training Meal	During Training	Post-Training Meal	Evening Meal
<b>Day 1:</b> 4-6 hours high-intensity session consisting of multiple intervals >lactate threshold	HIGH	HIGH	HIGH	LOW
<b>Day 2:</b> 3-5 hours low-intensity steady state session at intensity < lactate threshold	LOW	LOW	HIGH	HIGH
<b>Day 3:</b> 3 hours high-intensity session consisting of multiple intervals > lactate threshold.	HIGH	MEDIUM	HIGH	MEDIUM
<b>Day 4:</b> < 1 hour recovery session at intensity <lactate threshold	LOW	LOW	HIGH	HIGH

Источник: Impey et al. 2018, <https://bit.ly/2HdC6A8>.

<b>Training session</b>	<b>Тренировка</b>
<b>Pre-training meal</b>	<b>Предтренировочный прием пищи</b>

During training	Во время тренировки
Post-training meal	Послетренировочный прием пищи
Evening meal	Ужин
Cho feeding schedule	График углеводного питания
Day 1:  4-6 hours high-intensity session consisting of multiple intervals >lactate threshold	День 2:  4-6 часов высокоинтенсивной тренировки, состоящего из нескольких интервалов выше лактатного порога
Day 2:  3-5 hours low-intensity steady state session at intensity <lactate threshold	День 2:  3-5 часов низкоинтенсивной равномерной тренировки при интенсивности ниже лактатного порога

<p><b>Day 3:</b></p> <p><b>3 hours high-intensity session consisting of multiple intervals &gt;lactate threshold.</b></p>	<p><b>День 3:</b></p> <p><b>3 часа высокоинтенсивной тренировки, состоящей из нескольких интервалов выше лактатного порога.</b></p>
<p><b>Day 4:</b></p> <p><b>&lt; 1 hour recovery session at intensity &lt;lactate threshold</b></p>	<p><b>День 4:</b></p> <p><b>Сеанс восстановления &lt;1 часа при интенсивности ниже лактатного порога</b></p>
<b>High</b>	<b>Высокое потребление углеводов</b>
<b>Low</b>	<b>Низкое потребление углеводов</b>
<b>Medium</b>	<b>Среднее потребление углеводов</b>

**Рисунок 5.** Пример недели для элитного спортсмена на выносливость (например, шоссейного велосипедиста), который тренируется один раз в день 4 дня подряд, при этом каждая тренировка начинается в 10:00 каждый день. В этом примере у спортсмена есть четыре основных приема пищи, и содержание углеводов в каждом приеме имеет цветовую маркировку в соответствии с рейтингом: красный - низкое потребление углеводов, желтое - среднее, зеленое - высокое (рейтинг RAG). Обратите внимание, что мы не прописали конкретные количества углеводов и намеренно выбрали рейтинг RAG, чтобы подчеркнуть необходимость гибкости в отношении потребностей спортсмена, статуса тренировки и конкретных тренировочных целей и т.д. Данная модель представлена с целью, чтобы проиллюстрировать, как следует ежедневно питаться в соответствии с тренировками. Низкие параметры

потребления углеводов могут быть объединены, чтобы регулировать доступность углеводов изо дня в день и для каждого приема пищи в соответствии с требованиями конкретной тренировки в течение 4-дневного тренировочного блока. В этом примере рекомендуется высокое потребление углеводов до, во время и после тренировки в день 1 (например, "высокоинтенсивные тренировки"), но уменьшать его во время ужина, чтобы облегчить сон и тренироваться на низком углеводном уровне во время тренировки с меньшей интенсивностью во 2-й день. (то есть, вероятно, необходимо начать с понижения гликогена в мышцах и отказа или уменьшения содержания углеводов в предтренировочном приеме пищи). После завершения второй тренировки на оставшуюся часть 2-го дня предписывается высокое потребление углеводов, чтобы способствовать накоплению гликогена при подготовке к более высокой тренировочной нагрузке и интенсивности на 3-й день. Учитывая, что 4-й день является назначенным днем восстановления, то рекомендуется более низкий уровень потребления углеводов, который следует начинать снижать вечером 3-го дня и поддерживать низкий уровень в первой половине 4-го дня во время завтрака, но затем увеличивать в течение оставшейся части 4-го дня, чтобы подготовиться к следующему 4-дневному тренировочному блоку. Модель должна быть скорректирована в соответствии с количеством приемов пищи и тренировок, которые необходимо проводить каждый день. Тщательная ежедневная периодизация питания (в отличие от хронических периодов ограничения или увеличенного потребления углеводов), вероятно, сохранит метаболическую гибкость и все же позволит выполнять высокоинтенсивные и продолжительные нагрузки при тяжелых тренировочных днях, например тренировки интервального типа, проводимые выше лактатного порога лактата. Интуитивно понятно, что "тренировки на пониженном углеводном уровне" лучше всего оставить для тех тренировок, которые не зависят от доступности углеводов и где интенсивность и продолжительность упражнений вряд ли будут снижены из-за снижения доступности углеводов (например, тренировки с равномерной нагрузкой, выполняемые с интенсивностью ниже установленного лактатного порога). Кроме того, данная модель может использоваться в качестве основы для разработки плана для снижения массы тела, учитывая, что занятия стратегии питания с пониженным углеводным уровнем в дни тренировок с низкой интенсивностью могут позволить создать дефицит энергии без снижения интенсивности тренировки. Imprey и соавт. 2018 г., <https://bit.ly/2HdC6A8>.

Двумя наиболее важными переменными, которые необходимо будет периодизировать, являются углеводы и общее количество энергии. Белок является самым постоянным из всех макроэлементов, а жир восполняет оставшуюся потребность в энергии после того, как потребности в углеводах и белках будут удовлетворены.

В дни перед матчем основное внимание должно быть уделено оптимизации запасов гликогена, и, как мы обсуждали выше, вот некоторые из ключевых рекомендаций по потреблению углеводов:

- Ежедневное потребление углеводов должно составлять 5-8 г / кг / сутки в зависимости от повседневной активности.
- Это должно быть достигнуто за счет снижения потребления жиров, но сохранения потребления белка на относительно высоком уровне.
- Типы углеводов не имеют большого значения.
- Время приема важно, если время восстановления короткое, и восстановление гликогена следует начинать с приема углеводов в первый час после тренировки. Если время восстановления велико, время менее критично.
- В дни матчей потребление клетчатки должно быть немного ниже, особенно у тех игроков, которые часто испытывают желудочно-кишечный дискомфорт. В другие дни, особенно в дни отдыха, потребление клетчатки может быть увеличено.

Что касается потребления белка, цели более постоянны. Каждый прием пищи должен содержать 20-25 г высококачественного белка, между приемами пищи следует соблюдать интервал 3-4 часа, чтобы оптимизировать синтез белка.

Есть несколько различных категорий блюд, которые можно использовать для периодизации питания в течение недели:

1. Блюда с низким содержанием калорий, относительно низким содержанием углеводов, но с высоким содержанием клетчатки. Особое внимание уделяется здоровому питанию, и эти приемы пищи не слишком отличаются от рекомендаций по нормальному здоровому питанию.
2. Блюда с высоким содержанием калорий (углеводов), но с повышенным количеством белка. Это блюда, которые можно использовать во время силовых тренировок или любых тренировок, не истощающих запасы гликогена.
3. Питание с высоким содержанием калорий, в частности, углеводов. Как правило, это большие приемы пищи, и, хотя в них все еще содержится достаточное количество белка (> 25 г), основное внимание уделяется углеводам. Эти блюда используются для подготовки к матчу или для восстановления после матчей или тяжелых тренировок.

Порядок планирования недели питания может быть следующим:

1. Обсуждение в установленный день с тренером / тренерским штабом, чтобы понять цели и задачи тренировки на день матча и

оставшуюся часть предстоящей недели. Формирование понимания требований каждой тренировки или матча, особенно в отношении потребностей в углеводах: низкий, средний или высокий уровень потребностей в каждый день недели.

2. Разработка теоретического плана питания, который включает все цели в области питания и будет поддерживать баланс энергии и углеводов у игроков, и в то же время обеспечивать достаточное количество белка во всех приемах пищи. Это также потребует от вас определить, что такое низкий, средний и высокий уровни потребления углеводов из предыдущего пункта.

3. Если есть шеф-повар, спланируйте питание вместе с шеф-поваром, чтобы убедиться, что все цели теоретического плана выполнены.

4. Подумайте о решениях для блюд, которые нельзя контролировать в клубной среде. Вы можете работать с семьями, женами и подругами игроков и помогать им готовить подходящие блюда.

5. Убедитесь, что есть четкий план, особенно в отношении еды во время матча.

На рисунке 6 показан пример периодизации питания на неделю для команды, которая играет два матча в неделю. Один в среду вечером и один в воскресенье (обозначены черным цветом). Тренировки выделены серым цветом. Понедельник - легкий день, обед и ужин содержат изрядное количество углеводов, но завтрак и закуски в этот день содержат относительно мало углеводов, поэтому общее потребление энергии не слишком велико. Во вторник после тренировки увеличивают потребление углеводов в рамках подготовки к матчу в среду. Еда в среду высокоуглеводная (кроме завтрака). Четверг - день восстановления, и он заключается в том, чтобы сбалансировать потребление большого количества углеводов и умеренное потребление энергии (в этот день тренировок нет). В пятницу тренировки возобновляются, но потребление энергии остается скромным, и потребление углеводов также невелико (в пределах 5-6 г / кг в сутки). В субботу проводится тот же предматчевый распорядок с относительно высоким потреблением углеводов за несколько часов до тренировки. В день матча обязательно должен быть такой же распорядок.

Рисунок 6: Периодизация питания на неделю в футболе

Meals	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Breakfast	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Training	Grey				Grey		
Lunch	Orange	Green	Red	Green	Orange	Green	Red
Training		Grey				Grey	
Snack	Green	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Orange
Match			Black				Black
Dinner	Orange	Red	Red	Red	Orange	Red	Red
Snack/Sleep			Orange				Orange

Источник: подготовлен автором.

Meals	Питание
Monday	понеделник
Tuesday	вторник
Wednesday	среда
Thursday	четверг
Friday	пятница
Saturday	суббота
Sunday	воскресенье
Breakfast	завтрак

Training	Тренировка
Lunch	Обед
Snack	Перекус
Match	Матч
Dinner	Ужин
Snack/sleep	Перекус / сон

Пример с двумя матчами в неделю. Зеленый - это низкокалорийная еда с упором на здоровье. Желтый - это умеренное потребление углеводов и акцент на белки. Красный - это углеводы с большим количеством белка.

Если в неделю проводится только один матч, планирование становится немного проще, и его легче подготовить к матчу, потому что восстановление и подготовка будут немного больше разделены по времени. Важно следить за общими потребностями в энергии. Часто совершается ошибка, заключающаяся в том, что соблюдаются рекомендации по быстрому восстановлению, но упускается общее количество потребляемой энергии и соотношение БЖУ. Игроки часто переедают углеводы.

# ССЫЛКИ

Achten, J., Halson, S.L., Moseley, L., Rayson, M.P., Casey, A., & Jeukendrup, A.E. (апрель 2004 г.). Более высокое содержание углеводов в пище во время интенсивных беговых тренировок приводит к лучшему поддержанию работоспособности и настроения. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 96 (4), 1331-40.

Андерсон, Л., Нотон, Р. Дж., Клоуз, Г. Л., Ди Микеле, Р., Морганс, Р., Драст, Б., и Мортон, Дж. П. (декабрь 2017 г.). Ежедневное распределение потребления макроэлементов профессиональными футболистами английской Премьер-лиги. *Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений*, 27 (6), 491-498. DOI: 10.1123 / ijsnem.2016-0265

Бартлетт, Дж. Д., Хоули, Дж. А., и Мортон, Дж. П. (2015). Доступность углеводов и адаптация к тренировкам: слишком много хорошего? *Европейский журнал спортивной науки*, 15 (1), 3-12. DOI: 10.1080 / 17461391.2014.920926

Бартлетт, Дж. Д., Хва Джун, К., Чон, Т. С., Лоуэлайнен, Дж., Кокран, А. Дж., Гибала, М. Дж., Грегсон, В., Клоуз, Г. Л., Драст, Б., & Мортон, Дж. П. (2012). Соответствующий интервал высокой интенсивности и непрерывный бег вызывают аналогичное увеличение мРНК PGC-1 $\alpha$ , фосфорилирования АМПК, р38 и р53 в скелетных мышцах человека. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 112 (7), 1135-1143. DOI: 10.1152 / japplphysiol.01040.2011

Брукнер, П. (июль 2013 г.). Оспаривание убеждений в спортивном питании: два «основных принципа» оказались мифами, которые можно развенчать? *Британский журнал спортивной медицины*, 47 (11), 663-664. DOI: 10.1136 / bjsports-2013-092440

Берк, Л. (февраль 2004 г.). ACSM и MSSE: перспективы питания и метаболизма. *Медицина и наука в спорте и физических упражнениях*, 36 (2), 179. doi: 10.1249 / 01.MSS.0000113469.60836.BA

Берк, Л. М. и Хоули, Дж. А. (ноябрь 2018 г.). Быстрее, выше, сильнее: что в меню? *Наука*, 362 (6416), 781-787. DOI: 10.1126 / science.aau2093

Берк, Л. М., Хоули, Дж. А., Джекендроп, А., Мортон, Дж. П., Стеллингверфф, Т., и Моэн, Р. Дж. (Сентябрь 2018 г.). К общему пониманию стратегий диетических упражнений для управления доступностью топлива для тренировок и подготовки к соревнованиям в спорте на выносливость. *Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений*, 28 (5), 451-463. DOI: 10.1123 / ijsnem.2018-0289

Берк, Л. М., Хоули, Дж. А., Вонг, С. Х., & Jeukendrup, А. Э. (2011). Углеводы для тренировок и соревнований. *Журнал спортивных наук*, 29 (Дополнение 1), S17-27. DOI: 10.1080 / 02640414.2011.585473

Берк, Л. М., Кинс, Б., и Айви, Дж. Л. (январь 2004 г.). Углеводы и жиры для тренировок и восстановления. Журнал спортивных наук, 22 (1), 15-30.

Кокран, А. Дж., Литтл, Дж. П., Тарнопольский, М. А., и Гибала, М. Дж. (Март, 2010 г.). Углеводное питание во время восстановления изменяет метаболический ответ скелетных мышц на повторяющиеся сеансы высокоинтенсивных интервальных упражнений у людей. Журнал прикладной физиологии (1985), 108 (3), 628-636. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00659.2009

Коффи, В. Г. и Хоули, Дж. А. (2007). Молекулярные основы тренировочной адаптации. Спортивная медицина, 37 (9), 737-763.

Коффи, В. Г. и Хоули, Дж. А. (май 2017 г.). Параллельные тренировки: отвлекают ли противоположности? Журнал физиологии, 595 (9), 2883-2896. DOI: 10.1113 / JP272270

Кокс, Г. Р., Кларк, С. А., Кокс, А. Дж., Халсон, С. Л., Харгривз, М., Хоули, Дж. А., Джикок, Н., Сноу, Р. Дж., Йео, В. К., и Берк, Л. М. (июль, 2010 г.). Ежедневные тренировки с высоким содержанием углеводов увеличивают окисление экзогенных углеводов во время езды на велосипеде на выносливость. Журнал прикладной физиологии, 109 (1), 126-134. DOI: japplphysiol.00950.2009 [pii] 10.1152 / japplphysiol.00950.2009

Де Бок, К., Дерав, В., Эйнде, Б.О., Хесселинк, М.К., Конинкс, Э., Роуз, А.Дж., Шраувен, П., Бонен, А., Рихтер, Е.А., и Хеспель, П. (апрель, 2008 г.). Влияние тренировки натошак на метаболические реакции во время упражнений с приемом углеводов. Журнал прикладной физиологии (1985), 104 (4), 1045-1055. DOI: 10.1152 / japplphysiol.01195.2007

Де Бок, К., Рихтер, Э.А., Рассел, А.П., Эйнде, Б.О., Дерав, В., Рамаекерс, М., Конинкс, Э., Леже, Б., Верхаге, Дж., И Хеспель, П. (апрель, 2005). Упражнения натошак способствуют распаду внутримиоцеллюлярных липидов, характерному для определенного типа волокон, и стимулируют ресинтез гликогена у людей. Журнал физиологии, 564 (Pt 2), 649-660. DOI: 10.1113 / jphysiol.2005.083170

Файф, Дж. Дж., Бишоп, Д. Дж., И Степто, Н. К. (июнь 2014 г.). Взаимодействие между одновременным сопротивлением и упражнениями на выносливость: молекулярные основы и роль индивидуальных переменных тренировки Спортивная медицина, 44 (6), 743-762. DOI: 10.1007 / s40279-014-0162-1

Гарсия-Ровес П. М., Гарсия-Сапико П., Паттерсон А. М. и Иглесиас-Гутьеррес Е. (июль 2014 г.). Потребление питательных веществ и пищевые привычки футболистов: анализ коррелятов практики питания. Питательные вещества, 6 (7), 2697-2717. DOI: 10.3390 / nu6072697

Халсон, С. Л., Бридж, М. В., Миусен, Р., Бушарт, Б., Глисон, М., Джонс, Д. А., и Джекендроп, А. Е. (сентябрь 2002 г.). Динамика изменения работоспособности и маркеры утомляемости во время интенсивных тренировок у тренированных велосипедистов. Журнал прикладной физиологии, 93 (3), 947-956.

Халсон, С. Л., Ланкастер, Г. И., Ахтен, Дж., Глисон, М., и Джекендруп, А. Э. (октябрь 2004 г.). Влияние углеводных добавок на работоспособность и окисление углеводов после интенсивных тренировок на велосипеде. Журнал прикладной физиологии, 97 (4), 1245-1253.

Халсон, С. Л., Ланкастер, Г. И., Джекендруп, А. Э., и Глисон, М. (май, 2003 г.). Иммунологические реакции на перегрузку у велосипедистов. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях, 35 (5), 854-861. DOI: 10.1249 / 01.MSS.0000064964.80040.E9

Хансен, А.К., Фишер, К.П., Пломгаард, П., Андерсен, Дж. Л., Салтин, Б., и Педерсен, Б. К. (январь 2005 г.). Адаптация скелетных мышц: тренировка дважды через день по сравнению с тренировкой один раз в день. Журнал прикладной физиологии (1985), 98 (1), 93-99. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00163.2004

Хоули, Дж. А., Берк, Л. М., Филлипс, С. М., и Спрайт, Л. Л. (март, 2011 г.). Пищевая модуляция адаптации скелетных мышц, вызванная тренировками. Журнал прикладной физиологии (1985), 110 (3), 834-845. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00949.2010

Хоули, Дж. А., Лекей, Дж. Дж. (Ноябрь 2015 г.). Углеводная зависимость во время длительных интенсивных тренировок на выносливость. Спортивная медицина, 45 (Приложение 1), С5-12. DOI: 10.1007 / s40279-015-0400-1

Хоули, Дж. А., Ландби, К., Коттер, Дж. Д., и Берк, Л. М. (май 2018 г.). Максимизация клеточной адаптации скелетных мышц к упражнениям на выносливость. Клеточный метаболизм, 27 (5), 962-976. DOI: 10.1016 / j.cmet.2018.04.014

Халстон, К. Дж., Венейблс, М. К., Манн, К. Х., Мартин, К., Филп, А., Баар, К., и Джекендруп, А. Э. (ноябрь 2010 г.). Тренировка с низким содержанием гликогена в мышцах улучшает метаболизм жира у хорошо тренированных велосипедистов. Медицина и наука в спорте и физических упражнениях. 42 (11), 2046-2055. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e3181dd5070

Импи, С. Г., Херрис, М. А., Хаммонд, К. М., Бартлет, Дж. Д., Луис, Дж., Клоуз, Г. Л., и Мортон, Дж. П. (май 2018 г.). Топливо для требуемой работы: теоретическая основа для углеводной периодизации и гипотеза порога гликогена. Спортивная медицина, 48 (5), 1031-1048. DOI: 10.1007 / s40279-018-0867-7

Jeukendrup, A., Hesselink, M.KC, Snyder, A.C., Kuipers, H., & Keizer, H.A. (октябрь 1992 г.). Физиологические изменения у спортсменов-велосипедистов-мужчин после двух недель интенсивных тренировок. Международный журнал спортивной медицины, 13 (7), 534-541.

Jeukendrup, A. E. (март, 2017a). Периодизированное питание для спортсменов. Спортивная медицина, 47 (Приложение 1), 51-63. DOI: 10.1007 / s40279-017-0694-2

Jeukendrup, A. E. (март, 2017b). Тренировка кишечника для спортсменов. Спортивная медицина, 47 (Приложение 1), 101-110. DOI: 10.1007 / s40279-017-0690-6

Ланкастер, Г. И., Джентенс, Р. Л., Мозли, Л., Джекендроп, А. Э., и Глисон, М. (декабрь 2003 г.). Влияние приема углеводов перед тренировкой на цитокины плазмы, гормон стресса и реакцию дегрануляции нейтрофилов на непрерывные высокоинтенсивные упражнения. *Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений*, 13 (4), 436-453.

Макбрайд, А., Гилагабер, С., Николаев, А., и Харди, Д. Г. (январь, 2009 г.). Гликоген-связывающий домен на бета-субъединице АМРК позволяет киназе действовать как сенсор гликогена. *Клеточный метаболизм*, 9 (1), 23-34. DOI: 10.1016 / j.cmet.2008.11.008

Макбрайд, А. и Харди, Д. Г. (май 2009 г.). АМФ-активированная протеинкиназа - датчик гликогена, а также АМФ и АТФ? *Acta Physiologica (Оксфорд)*, 196 (1), 99-113. DOI: 10.1111 / j.1748-1716.2009.01975.x

Мортон, Дж. П., Крофт, Л., Бартлет, Дж. Д., Макларен, Д. П., Рейли, Т., Эванс, Л., МакАрдрл, А., и Драст, Б. (май, 2009 г.). Снижение доступности углеводов не модулирует вызванную тренировкой адаптацию белков теплового шока, но усиливает активность окислительных ферментов в скелетных мышцах человека. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 106 (5), 1513-1521. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00003.2009

Муджика И., Халсон С., Берк Л. М., Балаге Г. и Фэрроу Д. (май 2018 г.). Комплексный многофакторный подход к периодизации для оптимальных результатов в индивидуальных и командных видах спорта. *Международный журнал спортивной физиологии и производительности*, 13 (5), 538-561. DOI: 10.1123 / ijspp.2018-0093

Муджика И., Стеллингверфф Т. и Типтон К. (август 2014 г.). Адаптация к питанию и тренировкам в водных видах спорта. *Международный журнал спортивного питания и метаболизма упражнений*, 24 (4), 414-424. DOI: 10.1123 / ijsnem.2014-0033

Нильссон, Л. Х. и Халтман, Э. (декабрь 1973 г.). Гликоген печени у человека; последствия полного голодания или низкоуглеводной диеты с последующим углеводным кормлением. *Скандинавский журнал клинических и лабораторных исследований*, 32 (4), 325-330.

Ноукс, Т., Волек, Дж. С., и Финни, С. Д. (июль 2014 г.). Малоуглеводные диеты для спортсменов: какие доказательства? *Британский журнал спортивной медицины*, 48 (14), 1077-1078. DOI: 10.1136 / bjsports-2014-093824

Перес-Шиндлер, Дж., Гамильтон, Д. Л., Мур, Д. Р., Баар, К., и Филп, А. (2015). Стратегии питания для поддержки одновременных тренировок. *Европейский журнал спортивной науки*, 15 (1), 41-52. DOI: 10.1080 / 17461391.2014.950345

Филп А., Маккензи М. Г., Белью М. Ю., Таулер М. К., Корсторфин А., Папалампру А., Харди Д. Г. и Баар К. (октябрь 2013 г.). Содержание гликогена регулирует частную дифференциальную активность рецептора, активируемого пролифератором пероксисом (PPAR-частный дифференциал), в скелетных мышцах крысы. *PLoS One*, 8 (10), DOI: 10.1371 / journal.pone.0077200

Пилегаард, Х., Келлер, К., Стинсберг, А., Хельге, Дж. У., Педерсен, Б. К., Салтин, Б., и Нойфер, П. Д. (май 2002 г.). Влияние содержания гликогена в мышцах перед тренировкой на индуцированную упражнениями регуляцию транскрипции метаболических генов. *Журнал физиологии*, 541 (Pt 1), 261-271.

Пилегаард Х., Ордуэй Г. А., Салтин Б. и Нойфер П. Д. (октябрь 2000 г.). Транскрипционная регуляция экспрессии генов в скелетных мышцах человека во время восстановления после упражнений. *Американский журнал физиологии-эндокринологии и метаболизма*, 279 (4), E806-814.

Сандерс, М. Дж., Али, З. С., Хегарти, Б. Д., Хит, Р., Сноуден, М. А., и Карлинг, Д. (ноябрь 2007 г.). Определение механизма активации AMP-активированной протеинкиназы небольшой молекулой А-769662, членом семейства тиенопиридонов. *Журнал биологической химии*, 282 (45), 32539-32548. DOI: 10.1074 / jbc.M706543200

Шамим Б., Девлин Б. Л., Тимминс Р. Г., Тофари П., Ли Доу К., Коффи В. Г., Хоули Дж. А. и Камера Д. М. (декабрь 2018 г.). Адаптация к одновременным тренировкам в сочетании с высокой доступностью белка: сравнительное испытание на здоровых, рекреационно активных мужчинах. *Спортивная медицина*, 48 (12), 2869-2883. DOI: 10.1007 / s40279-018-0999-9

Симонсен, Дж. К., Шерман, В. М., Лэмб, Д. Р., Дернбах, А. Р., Дойл, Дж. А., и Штраус, Р. (апрель 1991 г.). Углеводы, мышечный гликоген и выходная мощность во время тренировки по гребле. *Журнал прикладной физиологии*, 70 (4), 1500-1505.

Стеллингверфф Т., Бойт М. К., Рес, П. Т. и Международная ассоциация легкоатлетических федераций (2007). Стратегии питания для оптимизации тренировок и гонок у спортсменов на средние дистанции. *Журнал спортивных наук*, 25 (Приложение 1), S17-28. DOI: 10.1080 / 02640410701607213

Свендсен, И.С., Киллер, С.С., Картер, Дж. М., Рэнделл, Р. К., Джекендруп, А. Э., и Глисон, М. (май, 2016 г.). Влияние интенсивных тренировок и углеводных добавок на иммунитет и маркеры перенапряжения у высококвалифицированных велосипедистов. *Европейский журнал прикладной физиологии*, 116 (5), 867-877. DOI: 10.1007 / s00421-016-3340-z

Ван Проijen К., Де Бок К. и Хеспель П. (июль 2011 г.). Тренировка натошак способствует повторной активации активности eEF2 во время восстановления после упражнений на выносливость. *Европейский журнал прикладной физиологии*, 111 (7), 1297-1305. DOI: 10.1007 / s00421-010-1753-7

Ван Проijen К., Шлуфчик К., Ниленс Х., Рамакерс М. и Хеспель П. (январь 2011 г.). Благоприятная метаболическая адаптация благодаря тренировкам на выносливость натошак. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 110 (1), 236-245. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00907.2010

Волек, Дж. С., Ноукс, Т., и Финни, С. Д. (2015). Переосмысление жиров как топлива для упражнений на выносливость. *Европейский журнал спортивной науки*, 15 (1), 13-20. DOI: 10.1080 / 17461391.2014.959564

Войташевский, Дж. Ф., Нильсен, Дж. Н., Йоргенсен, С. Б., Фросиг, К., Бирк, Дж. Б. и Рихтер, Э. А. (2003). Трансгенные модели - научный инструмент для понимания метаболизма, вызванного физической нагрузкой: регулирующая роль АМПК (5'-AMP-активированная протеинкиназа) в транспорте глюкозы и активности гликогенсинтазы в скелетных мышцах. *Biochemical Society Transactions*, 31 (Pt 6), 1290-1294. DOI: 10.1042 /

Йео, В. К., Макги, С. Л., Кэри, А. Л., Патон, К. Д., Гарнхэм, А. П., Харгривз, М., и Хоули, Дж. А. (февраль, 2010 г.). Острые сигнальные реакции на интенсивные тренировки на выносливость начинались с низкого или нормального мышечного гликогена. *Экспериментальная физиология*, 95 (2), 351-358. DOI: 10.1113 / expphysiol.2009.049353

Йео, В. К., Патон, К. Д., Гарнхэм, А. П., Берк, Л. М., Кэри, А. Л., и Хоули, Дж. А. (ноябрь 2008 г.). Адаптация скелетных мышц и ответная реакция на режимы тренировок на выносливость один раз в день по сравнению с двумя режимами тренировки через день. *Журнал прикладной физиологии* (1985), 105 (5), 1462-1470. DOI: 10.1152 / jappphysiol.90882.2008