

**Методические рекомендации по оценке и использованию в
тренировочном процессе гликемического индекса продуктов питания**

Москва 2013

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Роль углеводов в энергетическом обеспечении мышечной деятельности.....	5
2. Принципы потребления углеводов перед физической нагрузкой.....	8
3. Принципы потребления углеводов во время и после выполнения физических упражнений.....	17
4. Принципы приема продуктов питания с разным гликемическим индексом.....	22
Заключение.....	34

Введение

В организме человека глюкоза является основным и наиболее универсальным источником энергии для совершения физической работы. Уровень глюкозы в крови для каждого человека определяется балансом между процессами абсорбции глюкозы в желудочно-кишечном тракте, ее продукции в печени и почках и утилизации органами и тканями. Изменение содержания глюкозы в крови при мышечной деятельности индивидуально и зависит от уровня тренированности, мощности и продолжительности физических упражнений, а также генетической конституции.

Кратковременные физические нагрузки субмаксимальной интенсивности могут вызывать повышение содержания глюкозы в крови за счет усиленной мобилизации гликогена печени. Длительные физические нагрузки приводят к снижению содержания глюкозы в крови. У нетренированных лиц это снижение более выражено, чем у тренированных, например, лыжников и биатлонистов. Пониженное содержание глюкозы в крови свидетельствует либо об исчерпании запасов гликогена печени, либо интенсивном использовании глюкозы тканями организма. По изменению содержания глюкозы в крови судят о скорости ее аэробного окисления в тканях при мышечной деятельности и интенсивности мобилизации гликогена печени. Появление глюкозы в моче при физических нагрузках свидетельствует об интенсивной мобилизации гликогена печени. Уменьшение содержания глюкозы в крови является одним из факторов, способствующих развитию утомления. При этом резко снижается физическая работоспособность.

Прием напитков содержащих глюкозу до и во время выполнения физической нагрузки у спортсменов циклических видов спорта повышает энергетические запасы организма и улучшает работоспособность.

Понижение уровня глюкозы в крови снижает способность выполнять физические упражнения.

Почти все углеводы, попадающие в организм, превращаются в глюкозу и в таком виде поступают в кровь. Однако скорость появления в крови глюкозы из разных продуктов неодинаковая. Чем быстрее расщепляется продукт, тем выше его гликемический индекс. Гликемический индекс продуктов – это показатель, который отражает, с какой скоростью тот или иной продукт расщепляется в организме и преобразуется в глюкозу крови. За эталон принимают глюкозу, чей гликемический индекс равен 100. Все остальные продукты сравнивают с ее гликемическим индексом (галактоза – 110, фруктоза – 43, манноза – 19). При интенсивных тренировках используют продукты с высоким гликемическим индексом, в случае избыточного веса – продукты с низким и средним гликемическим индексом.

Таким образом, применение информации о гликемическом индексе продуктов питания и спортивных напитков может значительно повысить уровень подготовки спортсменов.

1. Роль углеводов в энергетическом обеспечении мышечной деятельности

В организме человека глюкоза является основным и наиболее универсальным источником энергии для совершения физической работы. Уровень глюкозы в крови для каждого человека определяется балансом между процессами абсорбции глюкозы в желудочно-кишечном тракте, ее продукции в печени и почках и утилизации органами и тканями.

При выполнении высокоинтенсивных физических упражнений основная энергетическая потребность мышц удовлетворяется благодаря расщеплению углеводов. При более умеренных физических нагрузках, продолжающихся в течение длительного периода, уровень физической работоспособности лимитирован в основном доставкой к мышцам углеводов в качестве энергетического топлива. Поэтому обеспечение углеводами и их метаболизм являются главными моментами в вопросе о способности мышц к проявлению работоспособности. Даже в состоянии покоя нарушение возможности поддержания нормального уровня глюкозы в крови, которая обеспечивает снабжение углеводным «топливом» мозг и другие ткани, способно привести к нарушению функций ЦНС и их прогрессированию до состояния комы и даже к смерти.

Углеводы поступают в организм как из пищевых продуктов, так и из эндогенных источников главным образом в виде мышечного гликогена и гликогена печени. Организм обладает также ограниченными возможностями для синтеза глюкозы из неуглеводных предшественников. К наиболее важным из них относятся моносахариды (например, глюкоза, фруктоза, галактоза), дисахариды, состоящие из двух соединенных вместе молекул сахара (например, мальтоза, лактоза) и полисахариды (например, крахмал, состоящий из длинных цепочек молекул глюкозы). Основная часть углеводов обычно присутствует в пище в виде сахарозы и крахмала, пропорциональное

соотношение которых важно для обеспечения нормального питания и здоровья.

В какой бы форме углеводы ни поступали в организм с пищей, перед абсорбцией они должны превращаться в моносахариды. Этот процесс происходит в результате гидролиза узлов, связывающих моносахариды.

Ограниченный гидролиз углеводов начинается уже во рту и желудке, однако в наибольшей степени он проявляется в тонкой кишке, где соответствующее значение рН способствует повышению активности специфических ферментов, секретируемых в полость кишечника.

Некоторые полисахариды, как, например, целлюлоза, у которых молекулы глюкозы соединены 1,4-1,6-связями противостоят гидролизу в верхней части кишечника у человека. Они проходят через пищеварительный канал большей частью не подвергнутыми пищеварению, хотя некоторая бактериальная ферментация может происходить и в нижней части кишечника. Пищеварительная система жвачных животных приспособлена для обеспечения такого ферментативного процесса, однако для человека этот вид углеводов неприемлем.

В среднем, пища жителей западных районов планеты, исходя из ее энергетической стоимости, включает менее 50 % углеводов. При этом общее количество потребляемых в сутки углеводов для мужчины, имеющего массу 70 кг и ведущего малоподвижный образ жизни, составляет около 300 г, или около 3000 ккал. Поскольку углеводные резервы организма небольшие и остаются приблизительно постоянными, это количество углеводов должно быть близким к показателю скорости их утилизации. В среднем, в организме мужчины, у которого масса тела составляет 70 кг, содержится около 300-500 г запасов углеводов (СНО), находящихся в основном в форме гликогена. Следовательно, количество потребляемых в сутки углеводов приблизительно эквивалентно их нормальному запасу в организме. Около 80-110 г СНО

содержится в печени: они представляют собой эффективный запас углеводов, которые могут поступать в кровяное русло для транспорта в другие ткани.

Наибольшее количество углеводных запасов находится в скелетных мышцах. Обычно женщины с небольшой мышечной массой имеют и меньший запас СНО. Резервы мышечного гликогена недоступны для других тканей. Общее количество глюкозы, находящейся во внеклеточной жидкости, составляет около 15 г и его нельзя рассматривать как энергетический запас, поскольку даже незначительное снижение концентрации глюкозы в крови может нарушить функцию мышечных и нервных клеток. Хотя запасы мышечного гликогена и остаются почти неизменными при воздержании от приема пищи, которое не сопровождается напряженной мышечной деятельностью, однако содержание гликогена в печени после постабсорбционного периода начинает быстро снижаться.

Молекула гликогена похожа на молекулу крахмала, за исключением только того факта, что связи между молекулами глюкозы у них неодинаковые. У гликогена основной гликозидной связью является α -1,4-связь с разветвленными участками в молекуле, происходящими от дополнительных α -1,6-связей приблизительно через каждые 6-10 глюкозных остатка. В молекуле крахмала присутствуют два полисахарида - амилоза, содержащая длинные цепи молекул глюкозы, соединенных между собой α -1,4-связями, и амилопектин, который по своей структуре аналогичен гликогену.

2. Принципы потребления углеводов перед физической нагрузкой

Содержание углеводов в скелетных мышцах человека составляет около 350 ммоль·кг⁻¹ сМТ и в известной мере мало подвержено изменениям у людей, ведущих малоподвижный образ жизни. Так, например, увеличение потребления СНО с 55 % общего энергопотребления до 80-90 % способствовало увеличению концентрации гликогена в мышцах приблизительно только на 50 ммоль кг⁻¹ сМТ. Есть основания полагать, что связано это со снижением регуляторной активности мембранного глюкозотранспортного белка и гликогенсинтетазы в условиях адекватного углеводного обеспечения. Аналогично 3-4-дневное голодание мало влияло на запасы гликогена в мышцах.

Такая особенность не присуща другим видам млекопитающих. Так, например, у лабораторных крыс, характеризующихся относительно высоким уровнем основного обмена, окисление жиров происходит очень интенсивно, поэтому голодание в течение 24 часов приводит к снижению содержания гликогена в мышцах почти до нуля. Следовательно, в случае углеводного метаболизма необходимо с осторожностью подходить к экстраполяции данных, полученных в экспериментах на животных, на человека.

Представление о том, что доступность СНО должна влиять на физическую работоспособность при пролонгированных физических нагрузках, в наибольшей степени получило признание в XX ст. Выполненными в 30-е годы Кристенсеном и Хансеном (Cristensen and Hansen) работами впервые было показано, что прием в течение нескольких дней перед пролонгированной физической нагрузкой богатой углеводами пищи может в 2-3 раза повысить физическую работоспособность по сравнению с приемом пищи, богатой жирами. Впоследствии Бергстром и Хултманом (Bergstrom and Hultman), применив в 60-е годы методику пункционной биопсии, выявили существование тесной взаимосвязи между

дорабочим содержанием гликогена в мышцах и уровнем физической работоспособности. Результаты этих работ показали, что во время выполнения физического упражнения на велоэргометре с мощностью, соответствующей примерно 80 % V_{O2max} , отмечается прогрессирующее снижение концентрации мышечного гликогена. Примерно после 70-минутной физической нагрузки работоспособность не могла поддерживаться на прежнем уровне, что связано с истощением запасов гликогена в мышцах. Во всех случаях упражнение выполнялось до отказа, что совпадало с наступлением истощения запасов мышечного гликогена.

В эти же годы было показано, что комбинациями гликогенного истощения и высокоуглеводной диеты можно существенно влиять на запасы мышечного гликогена. Так, оказалось, что после гликогенистошающих физических нагрузок эти запасы можно увеличить до супранормального уровня (около 900 ммолькг⁻¹ смт) путем потребления высокоуглеводной пищи в дни после предшествовавших нагрузок. Оказалось также, что ресинтез гликогена наиболее быстро протекает в первые часы после выполненной физической работы, что, вероятно, связано с активацией мышечной гликогенсинтетазы, механизмы регуляции которой полностью не изучены. Было также четко продемонстрировано, что суперкомпенсация запасов мышечного гликогена происходит лишь в работавших группах мышц. Биоптаты были получены сразу после выполнения на велоэргометре физического упражнения одной ногой, а также в последующие три дня, в течение которых испытуемые питались высокоуглеводной пищей. Дальнейшими исследованиями, проведенными Бергстром и Хултманом, удалось установить тесную взаимосвязь между характером потребляемой перед физическими нагрузками пищи, уровнем запасов гликогена в мышцах и физической работоспособностью. Содержание гликогена в мышцах вначале изменяли путем применения различной изоэнергетической диеты вслед за гликогенистошающими физическими нагрузками, после которых

испытуемые выполняли на велоэргометре мышечную работу с мощностью, эквивалентной 75 % V_{O2max} до отказа. Перед первым тестом на выявление уровня выносливости испытуемые питались обычной смешанной пищей, перед вторым - с ограниченным содержанием углеводов и перед последним - с повышенным содержанием СНО. В среднем концентрация мышечного гликогена после выполнения физических упражнений в каждом из приведенных выше случаев составила соответственно 495, 176 и 953 ммоль·кг⁻¹ смт. Другими словами, под влиянием диеты с ограниченным содержанием углеводов концентрация гликогена снизилась на 65 %, а под влиянием высокоуглеводной пищи - увеличилась на 95 %.

Параллельно с этим изменилось и предельное время выполнения мышечной работы до отказа. Установлена тесная корреляционная взаимосвязь между дорабочей концентрацией гликогена в мышцах и предельным временем физической нагрузки. Отказ от работы всегда совпадал с истощением запасов гликогена в мышцах независимо от особенностей предшествующего питания. Так, после приема пищи с ограниченным содержанием углеводов предельное время выполнения мышечной работы сократилось до 59 мин (на 55 %), а после СНО-обогащенной диеты - увеличилось до 180 мин (на 50 %). По-видимому, в последнем случае увеличение времени выполнения велоэргометрического упражнения произошло за счет удвоения в мышцах дорабочего запаса гликогена. Утилизация мышечного гликогена, как правило, ускоряется тогда, когда запасы его повышаются путем манипулирования физическими нагрузками и питанием.

Результаты описанных выше работ обобщенно представляют один из наиболее значительных исследовательских вкладов в физиологию и биохимию мышечной деятельности. Через 30 лет, прошедших со времени появления обсуждаемых публикаций, эти данные получили подтверждение

во многих случаях и практика «углеводной загрузки» нашла широкое распространение среди спортсменов всего мира.

Позднее было проведено большое число фундаментальных исследований, посвященных оптимизации количества и типа потребляемых СНО после физических нагрузок в попытке максимизировать ресинтез мышечного гликогена. Однако основные положения, базирующиеся на результатах работ, выполненных в 60-е годы, существенно не изменились и исследования, проведенные в последние годы, преследовали цель усовершенствовать наше понимание взаимодействия между физическими нагрузками, утилизацией мышцами глюкозы и метаболизмом. Так, например, к настоящему времени стало известно, что когда прием пищи с высоким содержанием СНО происходит после гликогенистошающей физической работы, то скорость ресинтеза мышечного гликогена в течение первых нескольких часов восстановительного периода примерно на 25 % выше в волокнах типа I. Затем эта скорость начинает снижаться, однако в волокнах типа II она продолжает поддерживаться, в связи с чем через 24 часа концентрация гликогена в обоих типах волокон становится одинаковой.

Указанные различия в скорости ресинтеза гликогена в волокнах в начале восстановительного периода связаны с различиями в них скорости транспорта глюкозы через мембрану, которая лимитируется степенью насыщения последней связанным с мембраной инсулинзависимым переносчиком глюкозы (ГЛУТ4). Это позволило предположить существование инсулинзависимой и инсулиннезависимой фаз ресинтеза гликогена.

Включение ГЛУТ4 в мембраны мышечных волокон стимулируется физическими нагрузками и в наибольшей степени это проявляется в волокнах типа II. Следовательно, этот мембранный белок, очевидно, играет жизненно важную роль в метаболизме СНО и похоже, что он является ключевым фактором широко известного повышения

инсулиночувствительности во всем организме, которое происходит под влиянием физической тренировки. В связи с этим полученные в последнее время данные дают основание полагать, что снижение содержания в мышцах GLUT4 ответственно за снижение скорости транспорта глюкозы и ресинтеза гликогена, проявляющееся после вызванных физическими упражнениями (эксцентрическими) мышечных повреждений.

По сравнению с метаболизмом СНО в мышцах относительно мало известно о взаимосвязи между питанием, физическими нагрузками и метаболизмом СНО в печени у человека. Связано это не с недостатком интереса к этому вопросу, а с инвазивной особенностью методики печеночной биопсии. Результаты ряда исследований, проведенных на здоровых испытуемых-добровольцах, показали, что скорость выхода глюкозы из печени в сытом состоянии находится в пределах 0,8-1,1 ммоль глюкозы в минуту, что имеет существенное значение для обеспечения потребностей только мозга. Приблизительно 70 % этого выхода извлекается из запасов печеночного гликогена, а остальное ее количество синтезируется в процессе глюконеогенеза в печени при использовании в качестве субстратов лактата, пирувата, глицерола и аминокислот. В случае использования аминокислот это соответствует упомянутому ранее глюкозоаланиновому циклу.

Результаты проведенных в 70-е годы XX ст. экспериментальных исследований показали, что аланин является не только конечным продуктом мышечного гликолиза (образуется он при трансаминировании пирувата), но вносит также значительный вклад в печеночный глюконеогенез и используется для поддержания глюкозы в печени в условиях углеводной недостаточности. Это привело к формированию представления о существовании глюкозоаланинового цикла, функционирующего между мышцами и печенью. Цикл связан с синтезом аланина из пирувата и выходом его из мышц. Находящийся в циркулирующей крови аланин затем

экстрагируется печенью и его углеводный каркас преобразуется в глюкозу. Аналогично периферическое образование и печеночная экстракция глутамина проявляются у человека, однако этот путь выглядит менее преобладающим, чем для аланина.

Исследования, проведенные с применением метода печеночной биопсии, показали, что печень чрезвычайно чувствительна к изменению содержания СНО в пище. На основании приведенных выше результатов определения скорости освобождения глюкозы в сытом состоянии можно рассчитать, что в течение одного дня голодания запасы гликогена в печени полностью истощаются. Этот факт был продемонстрирован Нильсоном и Гултманом (1973), обнаружившим, что после однодневного голодания либо ограниченного поступления СНО с пищей концентрация гликогена в печени в среднем снижается с 270 до 30 ммоль·кг⁻¹ сырой массы. Дальнейшее ограничение содержания углеводов в пище поддерживает гликогеновый запас печени на таком же низком уровне и примерно 50 % освобождающейся из печени глюкозы образуется в процессе глюконеогенеза. Значительно позднее с помощью метода магнитно-резонансной спектроскопии было показано, что гликогенолиз в печени составляет около 65 % общей продукции глюкозы в течение 22 ч голодания. И напротив, потребление в течение одного дня пищи с высоким содержанием углеводов способствовало двойному увеличению (до 500 ммоль·кг сырой массы) запасов гликогена в печени и менее 10 % глюкозы при таких условиях извлекалось из глюконеогенеза.

Скорость выхода глюкозы из печени во время мышечной работы в сытом состоянии зависела в основном от интенсивности выполнения физического упражнения. Однако после высокоуглеводной диеты эта скорость проявляла тенденцию к увеличению. Захват глюконеогенных предшественников печенью возрастал во время выполнения физических упражнений в 2-3 раза, но наибольший (приблизительно 90 %) выход

глюкозы извлекался из печеночного гликогенолиза, приводящего к снижению и окончательному истощению запасов гликогена.

Известно, что падение в крови концентрации инсулина, а также повышение уровней адреналина и глюкагона на фоне увеличения продолжительности выполнения физического упражнения стимулирует выход глюкозы. Однако точные механизмы, ответственные за регуляцию этого выхода в начале и в течение физической нагрузки, не установлены. Создается впечатление, что освобождение глюкозы начинается почти сразу с началом мышечной работы и инициируется механизмами, чувствительными к началу и интенсивности сократительной активности мышц.

Одна из широко распространенных теорий связывает снижение локальной концентрации глюкозы в крови в начале выполнения физических упражнений с активацией в печени фосфоорилазы в результате прямой или гормональной стимуляции. Однако результаты большинства исследований свидетельствуют об увеличении в крови концентрации глюкозы в начале мышечной работы и поэтому опровергают эту теорию. Согласно другим предположениям, которые пока окончательно не подтверждены, регуляторные механизмы включают гормональную и автономную стимуляции. В связи с последними успехами в совершенствовании методики магниторезонансной спектроскопии применительно к целостному организму появилась надежда, что будет получена более конкретная информация относительно регуляции метаболизма СНО в печени. Ясно только одно: при выполнении физических упражнений на уровне примерно 60 % V_{O2max} выход глюкозы из печени начинает снижаться после 90 мин работы, поскольку происходит истощение печеночных запасов гликогена. Показано также, что скорость ресинтеза гликогена в печени зависит от разновидности присутствующих в ней СНО.

Так, например, ресинтез гликогена при инфузии фруктозы протекает в 3-4 раза быстрее, чем при инфузии глюкозы, что связано с высокой

активностью фосфофруктокиназы в ткани печени. Это имеет важное значение для физической работоспособности, поскольку печень является единственным источником глюкозы крови. Результаты исследований, проведенных на животных, а также испытуемых-добровольцах, показали, что истощение запасов гликогена в печени может ограничивать физическую работоспособность при мышечной работе либо косвенно, вызывая более быстрое снижение запасов мышечного гликогена, либо напрямую за счет развития гипогликемии, которая угнетает функции нервной системы. С учетом этого перед пролонгированными физическими нагрузками следует максимизировать запасы гликогена как в мышцах, так и в печени.

Потребление углеводов непосредственно перед физической нагрузкой

Потребление углеводов до начала мышечной работы должно способствовать оптимизации запасов гликогена в печени. Однако результаты выполненных в 70-е годы исследований давали основание полагать, что прием СНО перед началом физических упражнений оказывает нежелательный эффект на физическую работоспособность, в результате чего многие спортсмены в течение многих лет стали избегать их потребление перед тренировочными и соревновательными нагрузками. Этот эффект был связан с преходящим увеличением в крови уровня глюкозы после приема СНО, что вызывало быстрое освобождение инсулина и приводило к дальнейшему снижению концентрации глюкозы, угнетению освобождения СЖК и преждевременному развитию утомления (инсулинрикошетный эффект). Основываясь на опыте прошлого, в настоящее время можно утверждать, что такая реакция может быть вызвана большим количеством принятых СНО перед мышечной работой (около 75 г за 30-45 мин до нагрузки). Более точные исследования показали, что прием меньшего

количества углеводов непосредственно перед началом упражнения не повышает в плазме концентрацию инсулина во время работы, не вызывает гипогликемию и способствует улучшению физической работоспособности. В результате этого прием растворов СНО прямо перед тренировочными и соревновательными нагрузками стал более распространенным.

Выше отмечалось, что фруктоза рекомендовалась для приема в качестве энергетического источника непосредственно перед физической нагрузкой, и это не вызывает сомнений, поскольку по сравнению с глюкозой она проявляет менее выраженное освобождение инсулина, способствует меньшей скорости утилизации мышечного гликогена и в 3-4 раза ускоряет синтез гликогена в печени. Однако результаты изучения влияния потребления фруктозы на утилизацию мышечного гликогена и физическую работоспособность представляются сомнительными, что может быть связано с сообщениями о желудочно-кишечном дискомфорте, который может возникнуть после приема фруктозы. При этом проявилась важная особенность: нецелесообразность приема пищевых продуктов, рекомендуемых исследовательскими лабораториями, в процессе соревнований. Такая практика должна предварительно апробироваться на тренировочных занятиях, поскольку она может выявить значительную индивидуальную вариативность в отношении толерантности к углеводным напиткам.

3. Принципы потребления углеводов во время и после выполнения физических упражнений

Еще в 30-е годы XX ст. стало известно, что прием углеводных напитков в процессе мышечной работы может способствовать повышению выносливости при пролонгированных физических нагрузках. Позднее выявленный эффект стали объяснять способностью потребляемых СНО сохранять запасы мышечного гликогена, что было подтверждено результатами выполненных Бергстром и Хулгманом (1976) исследований, которые в настоящее время часто недооцениваются. Авторы продемонстрировали, что внутривенная инфузия глюкозы нетренированным испытуемым в течение 70 мин выполнения физического упражнения на уровне 70 % VO_{2max} могла снижать утилизацию мышечного гликогена на 25%.

Однако необходимо заметить, что проводимая в этом исследовании инфузия вызывала увеличение концентрации глюкозы в крови от 4,6 до 21,5 ммоль/л которая не является физиологичной. В более поздних работах было показано, что повышение в крови концентрации глюкозы на 2-3 ммоль/л в результате приема СНО во время мышечной работы может способствовать улучшению физической работоспособности.

В большинстве случаев потребление углеводов во время выполнения физических упражнений обнаруживает возрастание их окисления при работе, в связи с чем можно полагать, что в таком случае мобилизация и окисление жиров снижается. Это выглядит вполне реально, поскольку потребление СНО во время выполнения физических упражнений благоприятно проявляется в снижении утилизации мышечного гликогена и улучшении физической работоспособности. Их вклад в общую энергопродукцию должен быть большим по сравнению с вкладом окисления жиров.

В более поздних работах было продемонстрировано, что проявление гликогенсохраняющего эффекта потребления СНО во время пролонгированных физических нагрузок ограничивается исключительно мышечными волокнами типа I. Как установили Тсинтзас и др. (Tsintzas et al., 1996), прием углеводов способствовал снижению (по сравнению с применением плацебо) утилизации углеводов на 25 % в мышечных волокнах типа I после 140-минутной физической нагрузки.

Для утилизации гликогена в волокнах типа II прием СНО оказался неэффективным. Кроме того, использование углеводов способствовало увеличению продолжительности выполнения мышечной работы на 30 мин. Эти авторы пришли к заключению, что прием углеводов способствует проявлению выносливости за счет увеличения вклада окислительного ресинтеза АТФ, особенно в мышечных волокнах типа I, а также благодаря снижению развития в них гликогенового истощения.

Важно также помнить, что даже если под влиянием применения СНО утилизация гликогена оказывается неэффективной, она все же может благоприятно отразиться на физической работоспособности благодаря отсрочке истощения гликогена в печени либо возмещению в ней гликогеновых запасов, когда они уже исчерпаны, в связи с чем снижается вероятность наступления гипогликемии. И действительно, увеличение продолжительности выполнения физического упражнения до отказа в ряде случаев ассоциируется с улучшением возможности поддержания уровня глюкозы в крови.

В одной из классических работ, выполненной Коулем с соавторами (Coyle et al., 1986), было установлено отсутствие различий в утилизации мышечного гликогена во время физической нагрузки в течение трех часов, когда испытуемые принимали соответствующего привкуса плацебо либо раствор глюкозного полимера через каждые 20 мин выполнения упражнения. Однако испытуемые, принимавшие раствор плацебо, смогли проработать до

отказа в среднем 182 мин и концентрация глюкозы в крови к концу работы снизилась до 2,5 ммоль/л, что сопровождалось снижением окисления СНО. И напротив, если испытуемые принимали раствор глюкозы, то предельная продолжительность выполнения ими мышечной работы в среднем составила более 240 мин, а нормогликемия и окисление СНО поддерживались в течение всего времени выполнения физического упражнения. Кроме того, во время дополнительного часа физической нагрузки утилизация запасов мышечного гликогена происходила более экономно. Предположительно, происходило это потому, что активность гексокиназы (фермента, ответственного за фосфорилирование глюкозы на мембране мышечного волокна) была повышенной.

Отмеченный эффект, вероятно, проявлялся в связи с тем, что ингибирующее влияние гексозомонофосфата на гексокиназную активность снижалось из-за возрастающего истощения запасов гликогена в мышцах. На основании полученных результатов авторы пришли к выводу, что прием СНО во время физической нагрузки увеличивает предельную продолжительность выполнения мышечной работы благодаря в большей мере поддержанию окисления запасов мышечного гликогена.

Следует, однако, заметить, что указанное исследование проводилось на спортсменах высокой квалификации при выполнении физических упражнений, направленных на развитие выносливости, и поэтому не ясно, может ли столь высокая скорость окисления глюкозы поддерживаться за счет утилизации ее из крови у нетренированных лиц.

Прием напитков содержащих глюкозу до и во время выполнения физической нагрузки повышает энергетические запасы организма и улучшает работоспособность (Jeukendrup A.E. et al., 2004). Понижение уровня глюкозы в крови снижает способность выполнять физические упражнения у больных диабетом 1 типа (Riddell M.C. et al., 1999; Kelly D. et al., 2010). При организации питания на фоне тренировок, преимущественно направленных

на развитие выносливости, особое внимание следует уделять углеводному компоненту рациона. Это обусловлено тем, что основным энергетическим источником, обеспечивающим эффективное выполнение таких тренировочных программ, является мышечный гликоген, за счет которого может осуществляться как анаэробный, так и аэробный ресинтез АТФ. Его содержание зависит от количества потребляемых углеводов, типа, времени их приема и продолжительности и интенсивности выполняемой физической работы.

Так, при выполнении работы с интенсивностью 60-80% МПК через 2-4 ч запасы гликогена в мышцах могут быть исчерпаны. А при работе с очень высокой мощностью (90-130% МПК) в интервальных 1-5-минутных упражнениях с последующими периодами отдыха, эти запасы могут быть израсходованы после 15-30 минут. Для оптимального восстановления запасов гликогена в мышцах содержание в пищевом рационе углеводов должно быть не менее 60% калорий от общего потребления энергии (8,5-14 г/кг массы тела). При этом рекомендуется основную массу углеводов (65-70% от общего количества) употреблять с пищей в виде полисахаридов, 25-30% должно приходиться на простые и легкоусвояемые углеводы (сахара, глюкоза, фруктоза) и 5% - на пищевые волокна.

Необходимо также иметь в виду, что на скорость восстановления запасов гликогена в мышцах влияют скорость поступления углеводов в организм, тип углеводов, время приема углеводов в сочетании с физической нагрузкой. Установлено, что прием углеводов (50 г и больше) сразу после больших нагрузок (первые 20 минут), связанных с проявлением выносливости, а затем через каждые два часа, способствует более быстрому восстановлению содержания гликогена в мышцах. Основной прием пищи рекомендован не ранее 30-45 минут после тренировки, так как пища богатая жирами и белком препятствует поступлению глюкозы в кишечник.

Спортсменам рекомендуется употреблять 4-6%-ные растворы углеводно-минеральных напитков, для утоления чувства жажды во время выполнения длительной физической нагрузки (на дистанции) и в первую фазу восстановления после тренировок и соревнований (сразу после окончания) (Астанин, 2000; Бастриков, 2001; Дмитренко, 2003; Мартинчик, 2004; Рогозкин, 1995). Примеры углеводно-минеральных напитков: «Спартакиада», «Gatorade», «Isotonic», «Isostar», «Multipower Fit Activ» и другие.

4. Принципы приема продукты питания с разным гликемическим индексом

Гликемический индекс продуктов – это показатель, который отражает, с какой скоростью тот или иной продукт расщепляется в организме и преобразуется в глюкозу крови. За эталон принимают глюкозу, чей гликемический индекс равен 100. Все остальные продукты сравнивают с ее гликемическим индексом (галактоза – 110, фруктоза – 43, манноза – 19). При интенсивных тренировках используют продукты с высоким гликемическим индексом, в случае избыточного веса – продукты с низким и средним гликемическим индексом.

Предварительный прием углеводов с высоким гликемическим индексом (не позднее чем за 60 минут до физической активности) способствует дополнительному синтезу гликогена мышц, в то время когда его дальнейшая суперкомпенсация уже не происходит; пополняет запасы гликогена печени как резерва глюкозы крови для возможного ее использования в процессе выполнения физической нагрузки; стимулирует окисление углеводов во время выполнения физической нагрузки. С другой стороны, применение значительного количества углеводов в виде сахарозы или глюкозы (от 50 г. и более) за 30-40 минут до старта может привести к гипогликемии, а следовательно, к снижению работоспособности в самом начале физической активности.

По этой причине перед стартом рекомендуется принимать низкогликемические продукты, в частности, фруктозу. Для восстановления израсходованных энергетических резервов организма после физической нагрузки, в первую очередь запасов гликогена мышц и печени, необходимо принимать углеводные напитки из расчета 1 г углеводов на 1 кг массы тела сразу после физической нагрузки. В таблице 1 приведены основные продукты с указанием гликемического индекса.

Таблица 1. Продукты с указанием гликемических индексов

Наименование	Гликемический индекс
пиво	110
финики	103
тортильяс кукурузные	100
тост из белого хлеба	100
брюква	99
пастернак	97
булочки французские	95
картофель печеный	95
рисовая мука	95
лапша рисовая	92
абрикосы консервированные	91
кактусовый джем	91
картофельное пюре	90
рисовая каша быстрого приготовления	90
кукурузные хлопья	85
морковь отварная	85
поп корн	85
хлеб белый	85
хлеб рисовый	85
картофельное пюре быстрого приготовления	83
бобы кормовые	80
картофельные чипсы	80
крекеры	80
мюсли с орехами и изюмом	80
тапиока	80
вафли несладкие	76
пончики	76
арбуз	75
кабачки	75
тыква	75
хлеб длинный французский	75
сухари молотые для панировки	74
бублик пшеничный	72
пшено	71
картофель вареный	70

кока-кола, фанта, спрайт	70
крахмал картофельный, кукурузный	70
кукуруза вареная	70
мармелад, джем с сахаром	70
марс, сникерс (батончики)	70
пельмени, равиоли	70
репа	70
рис белый, обработанный паром	70
сахар (сахароза)	70
фруктовые чипсы в сахаре	70
шоколад молочный	70
лепешки пресные	69
мука пшеничная	69
круассан	67
ананас	66
крем, с добавлением пшеничной муки	66
мюсли швейцарские	66
овсяная каша, быстрорастворимая	66
суп-пюре из зеленого сухого гороха	66
бананы	65
дыня	65
картофель, вареный "в мундире"	65
консервированные овощи	65
кускус	65
манная крупа	65
песочные корзиночки с фруктами	65
сок апельсиновый, готовый	65
хлеб черный	65
изюм	64
макароны с сыром	64
печенье песочное	64
свекла	64
суп-пюре из черных бобов	64
бисквит	63
зерна пшеничные, пророщенные	63
оладьи из пшеничной муки	62
твикс	62
булочки для гамбургеров	61
пицца с помидорами и сыром	60
рис белый	60
суп-пюре из желтого гороха	60

кукуруза сладкая консервированная	59
пирожки	59
папайя	58
пита арабская	57
рис дикий	57
манго	55
печенье овсяное	55
печенье сдобное	55
салат фруктовый с взбитыми сливками	55
таро	54
хлопья зародышевые	53
йогурт сладкий	52
мороженое	52
суп томатный	52
отруби	51
гречка	50
картофель сладкий (батат)	50
киви	50
рис коричневый	50
спагетти, макароны	50
тортеллини с сыром	50
хлеб, блины из гречневой муки	50
щербет	50
овсяная каша	49
амилоза	48
булгур	48
горошек зеленый, консервированный	48
сок виноградный, без сахара	48
сок грейпфрута, без сахара	48
хлеб фруктовый	47
лактоза	46
M&Ms	46
сок ананасовый, без сахара	46
хлеб с отрубями	45
груши консервированные	44
суп-пюре чечевичный	44
фасоль цветная	42
горошек турецкий консервированный	41
виноград	40
горошек зеленый, свежий	40
мамалыга (каша из кукурузной муки)	40

сок апельсиновый свежееотжатый, без сахара	40
сок яблочный, без сахара	40
фасоль белая	40
хлеб зерновой пшеничный, хлеб ржаной	40
хлеб тыквенный	40
рыбные палочки	38
спагетти из муки грубого помола	38
суп-похлебка из лимской фасоли	36
апельсины	35
вермишель китайская	35
горох зеленый, сухой	35
инжир	35
йогурт натуральный	35
йогурт обезжиренный	35
киноа	35
курага	35
маис	35
морковь сырая	35
мороженое из соевого молока	35
груши	34
зерна ржаные, пророщенные	34
молоко шоколадное	34
арахисовое масло	32
клубника	32
молоко цельное	32
фасоль лимская	32
бананы зеленые	30
бобы черные	30
горошек турецкий	30
мармелад ягодный без сахара, джем без сахара	30
молоко 2-процентное	30
молоко соевое	30
персики	30
яблоки	30
сосиски	28
молоко снятое	27
чечевица красная	25
вишня	22
горох желтый дробленый	22

грейпфруты	22
перловка	22
сливы	22
соевые бобы, консервированные	22
чечевица зеленая	22
шоколад черный (70% какао)	22
абрикосы свежие	20
арахис	20
соевые бобы, сухие	20
фруктоза	20
рисовые отруби	19
орехи грецкие	15
баклажаны	10
брокколи	10
грибы	10
зеленый перец	10
кактус мексиканский	10
капуста	10
лук	10
помидоры	10
салат листовой	10
салат-латук	10
чеснок	10
семечки посолнуха	8

Применение спортивных напитков со сниженным гликемическим индексом для коррекции веса перед соревнованиями

Вопрос веса чрезвычайно важен во многих видах спорта. Для одних спортсменов (баскетбол, регби и т.п.) увеличение массы тела (при условии, что это увеличение является результатом прироста мышечной массы) дает очевидные преимущества. Другим, напротив, приходится снижать массу тела перед соревнованием. Множество видов спорта предполагает организацию соревнований по принципу весовых категорий. К ним относятся бодибилдинг, бокс, конный спорт, восточные единоборства, гребля, тяжелая

атлетика, борьба. Кроме того, существует группа видов спорта, в которых хотя и не используется такое понятие как «весовая категория», но предполагается определенный тип телосложения спортсмена и традиционно это, как правило, небольшой вес спортсмена. К данной группе можно отнести такие виды спорта как гимнастика, фигурное катание, синхронное плавание, танцы, бег на длинные дистанции и т.п.

Проблемы, встающие перед спортсменами, той и другой группы видов спорта, одинаковы. Согласно обычным критериям спортсмен может и не иметь избытка веса, но для определенного вида спорта или же для весовой категории, в которой выступает спортсмен, масса его тела может превышать допустимую норму.

Вместе с тем, убедительно доказано, что низкая доля жировой массы тесно связана с хорошей работоспособностью во всех видах спорта, в особенности в видах спорта на выносливость. Это связано с тем, что жировая масса вносит лишь минимальный положительный вклад в аэробную работоспособность за счет снабжения энергией. Но жир - не самый важный источник энергии в любом соревновании; самыми важными являются углеводы. Более того, любой избыток жировой массы, превышающий уровень, необходимый для поддержания нормального здоровья, ухудшает аэробную работоспособность.

В соответствии с рекомендациями ФМБА от 2012 г. (Португалов и соавт., 2012) в программу по коррекции веса спортсменов предлагается включение продукта питания с низким гликемическим индексом - Squeezy Athletic.

Squeezy Athletic

Продукт Vitalose20® или Squeezy Athletic (банка 675 г) обладает свойством насыщать организм за счет малой калорийности ингредиентов.

Squeezy Athletic содержит: порошок ферментированной пшеницы (Vitalose20®), изомальтулоза, лецитин соевый, обезжиренное сухое молоко,

белок молочной сыворотки, порошок йогурта, стабилизаторы (ксантановая и гуаровая камедь), калия хлорид, трикальция фосфат, лимонная кислота, тринатрия цитрат, трикальция дицитрат, магния цитрат, ароматизатор, подсластитель (сукралоза), витаминная смесь (аскорбиновая кислота, dl- α -токоферолацетат, ниацин, витамин А-ацетат, пантотенат кальция, холекальциферол, пиридоксина гидрохлорид, рибофлавин, тиамин мононитрат, фолиевая кислота, биотин, цианокобаламин), селенит натрия, железа fumarat, цинка лактат, калия иодид, меди глюконат.

Принцип действия Squeezy Athletic:

1. Низкая калорийность продукта позволяет снизить потребление калорий до 900 ккал в день.
2. Сбалансированный состав позволяет использовать продукт вместо обычного питания.
3. Низкий гликемический индекс позволяет удерживать сахар в крови на невысоком уровне.
4. Низкий уровень сахара снижает уровень инсулина в крови.
5. Низкий уровень инсулина способствует высвобождению жиров из жировой (адипозной) ткани, тем самым активизируется сжигание жира.

Полезные свойства Squeezy Athletic:

1. В отличие от термоджеников (ускорители обмена веществ) и блокираторов центра голода в головном мозге не приводит к резкому набору веса при прекращении приема.
2. Обеспечивает здоровое снижение веса за счет использования запасенных жиров.
3. Надолго избавляет от чувства голода, благодаря высокому содержанию пищевых волокон и поддержанию постоянного уровня сахара в крови.

4. Непрерывно обеспечивает энергией и всеми необходимыми веществами – является полноценным заменителем пищи.

5. Нормализует уровень сахара и инсулина в крови.

6. Снижает количество холестерина и триглицеридов в крови.

7. Уменьшает вероятность развития диабета 2-го типа.

Способ применения Squeezy Athletic:

Смешать 3-4 столовые ложки Squeezy Athletic с 200 мл воды, обезжиренной фруктовой пахты, сыворотки, йогурта или кефира (или любой другой жидкости без сахара). Следовать трехфазному плану применения.

Фаза 1.

Не ешьте ничего кроме Squeezy Athletic в течение трех дней. Съедайте порцию Squeezy Athletic при первом появлении чувства голода. На четвертый день сделайте перерыв и питайтесь как обычно. Затем снова три дня не ешьте ничего кроме Squeezy Athletic. Следуйте этому плану, пока не сбросите 50% лишнего веса.

Фаза 2.

Заменяйте два обычных приема пищи в день приемами Squeezy Athletic. Ограничивайте потребление жирного и сладкого по вечерам – вместо этого съедайте что-нибудь на основе белков. Следуйте этому плану, пока не сбросите еще 20-30% лишнего веса.

Фаза 3.

Заменяйте один прием пищи в день приемами Squeezy Athletic. Следуйте этому плану, пока не достигните конечной цели диеты.

Примечание: при длительном приёме (более 3 недель) нужно проконсультироваться с врачом.

Энергетическая ценность порции (45 г в 200 мл воды): 175 ккал.

Гликемический индекс и диетотерапия

Известно, что помимо жиров, причиной возникновения и прогрессирования ожирения либо лишнего веса является и избыточное поступление углеводов с пищей. В России в последние годы доля углеводов в структуре питания большинства населения возросла, поэтому оптимизация поступления углеводов является одной из существенных проблем лечения и профилактики избыточного веса.

При этом в настоящее время в диетотерапии ожирения учитывается количественная характеристика поступающих с пищей углеводов и предлагается увеличить потребление углеводов за счет продуктов, содержащих медленно всасываемые углеводы (т.е. за счет овощей и фруктов). Потребление же углеводов, помимо количественной стороны (химического состава), имеет ещё и качественный аспект, связанный с особенностями адсорбции и, в первую очередь, скорости их всасывания и усвоения.

Известно, что из-за особенностей усвоения пищи при одном и том же составе, количестве пищевых веществ и калорийности, масса тела может оставаться без изменений или повышаться. Моно- и дисахариды (глюкоза, фруктоза, сахароза) быстро всасываются в желудочно-кишечном тракте, способствуя резкому увеличению выброса инсулина и повышению сахара в крови уже через 10 минут после приема.

В этих продуктах нет клетчатки, они имеют малый объем, слабо утоляют аппетит, через небольшое время после их приема, вновь возникает чувство голода и человек переедает. Полисахариды (крахмал) и другие полимерные фрагменты на основе сахаров гидролизуются более продолжительное время и вызывают медленный подъём уровня глюкозы в крови. С момента их приема до повышения уровня сахара крови проходит 30 минут.

Учет влияния продуктов на секрецию инсулина является обязательным, т.к. в настоящее время известно, что одной из причин возникновения и развития ожирения и его осложнений является инсулинорезистентность и компенсаторный гиперинсулинизм.

Чем больше жировая клетка, тем менее она чувствительна к инсулину. Следовательно, наблюдается снижение сдерживающего влияния инсулина на процессы распада жира. В результате этого наблюдается повышение уровня жирных кислот в крови, которые захватываются мышечными клетками и клетками печени для дальнейшего их окисления. Это переключает метаболизм основных тканей-мишеней на преимущественное потребление и окисление жирных кислот. А инсулинзависимый транспорт глюкозы в клетки будет снижаться.

Чтобы компенсировать эти нарушения (повышение уровня глюкозы в крови) поджелудочная железа увеличивает продукцию инсулина и развивается ИР. Учитывая это, снижение нагрузки на инсулярный аппарат, достигаемое диетотерапией, крайне важно в лечении ожирения. Таким образом, современный подход к лечению ожирения основывается на уменьшении проявлений ИР.

Повысить чувствительность тканей к инсулину можно с помощью диеты с низким содержанием жира, а уменьшить нагрузку на инсулярный аппарат - употребляя углеводсодержащие продукты с низким гликемическим индексом (ГИ). Такой патогенетический подход обеспечивает стойкое и длительное снижение веса. Современный уровень развития диетологии требует чётких рекомендаций по количеству и качественному составу тех или иных углеводсодержащих продуктов, отличающихся по скорости всасывания. Углеводы (как правило, моно- и дисахариды), в результате быстрого всасывания способствуют и быстрой выработке инсулина и в короткий промежуток времени, называются высокогликемическими углеводами и имеют высокий ГИ - от 70 до 100.

Наоборот, низкогликемические углеводы (полисахариды и клетчатка), незначительно повышающие содержание в плазме инсулина в результате их медленного всасывания и имеющие и низкий GI - менее 40. Это обеспечивает возникновение чувства насыщения, уменьшает нагрузку на инсулярный аппарат и предупреждает развитие ожирения. Как правило, рекомендации врачей увеличить в рационе больных с ожирением количество этих овощей и фруктов, не учитывают их GI. И поэтому эти овощи, и фрукты способны также, как и хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего сорта, а также сладкие напитки и кондитерские изделия, не только повышать уровень инсулина в крови, но и учитывая особенности метаболизма инсулина не обеспечивать длительное чувство насыщения и способствовать перееданию и, как следствие, набору веса.

Заключение

В организме человека глюкоза является основным и наиболее универсальным источником энергии для совершения физической работы. Уровень глюкозы в крови для каждого человека определяется балансом между процессами абсорбции глюкозы в желудочно-кишечном тракте, ее продукции в печени и почках и утилизации органами и тканями. Изменение содержания глюкозы в крови при мышечной деятельности индивидуально и зависит от уровня тренированности, мощности и продолжительности физических упражнений, а также генетической конституции.

Прием напитков содержащих глюкозу до и во время выполнения физической нагрузки у спортсменов циклических видов спорта повышает энергетические запасы организма и улучшает работоспособность. Понижение уровня глюкозы в крови снижает способность выполнять физические упражнения.

Почти все углеводы, попадающие в организм, превращаются в глюкозу и в таком виде поступают в кровь. Однако скорость появления в крови глюкозы из разных продуктов неодинаковая. Чем быстрее расщепляется продукт, тем выше его гликемический индекс. Гликемический индекс продуктов – это показатель, который отражает, с какой скоростью тот или иной продукт расщепляется в организме и преобразуется в глюкозу крови. За эталон принимают глюкозу, чей гликемический индекс равен 100. Все остальные продукты сравнивают с ее гликемическим индексом (галактоза – 110, фруктоза – 43, манноза – 19). При интенсивных тренировках используют продукты с высоким гликемическим индексом, в случае избыточного веса – продукты с низким и средним гликемическим индексом (до 40).

Таким образом, применение информации о гликемическом индексе продуктов питания и спортивных напитков может значительно повысить уровень подготовки спортсменов.