

Модуль 1: Подготовка кишечника

1.1 Кишечник можно тренировать

1.1.1 Исследования и реальный мир

Хотя рекомендации относительно ясны, футболисты не могут или не выполняют их. Таким образом, похоже, существует несоответствие между результатами контролируемых лабораторных и полевых исследований у мужчин средней подготовки и реальной ситуацией в день матча. Это не означает, что результаты исследований недействительны, это просто означает, что нам нужно найти более эффективные способы их применения в реальных жизненных ситуациях.

Спортсмены часто недооценивают важность желудочно-кишечного тракта. Поступление экзогенной жидкости и углеводов может иметь решающее значение для работоспособности, особенно во время длительных тренировок (Jeukendrup, 2011a).

В футболе было показано, что потребление углеводов во время матчей должно составлять около 75 г, а потребление жидкости должно быть достаточным, чтобы минимизировать потери жидкости до 2% веса тела. На самом деле футболисты не достигают этих целей (Anderson et al., 2017). Потребление углеводов во время матча составляло около 30 г / ч у большинства игроков ФК «Ливерпуль», а четыре игрока потребляли менее 30 г / ч). Наиболее частой причиной являются желудочно-кишечные симптомы, такие как вздутие живота, а иногда спазмы и рвота. В спорте это действительно общие симптомы (de Oliveira, Burini, & Jeukendrup, 2014). Во время периодических упражнений высокой интенсивности опорожнение желудка может быть затруднено (Leiper, Prentice, Wrightson, & Maughan, 2001), а кровоток может быть отведен от желудочно-кишечного тракта, что, в свою очередь, может нарушить функцию желудочно-кишечного тракта. В результате может развиваться ряд желудочно-кишечных симптомов, но также будет нарушена доставка питательных веществ. Исследования часто рассматривают отдельные аспекты спортивного питания изолированно. Например, в течение многих лет оптимальный состав спортивного напитка изучали по маркерам гидратации. Было установлено, что для оптимизации доставки жидкости требуется напиток с низким уровнем углеводов и некоторым количеством натрия. На основе этих результатов были разработаны спортивные напитки, которые были изотоническими, 6-7% -ными углеводными растворами и содержали около 20 ммоль / л натрия (исследования показали, что больше было бы лучше, но это слишком сильно снизило вкусовые качества). В других исследованиях изучалась доставка углеводов, и критерием оценки здесь было экзогенное окисление углеводов. Эти исследования в целом показали, что более высокие нормы потребления углеводов приводили к большей скорости окисления экзогенных углеводов, но поскольку количество жидкости, которое можно было удобно потреблять, было относительно небольшим, концентрации углеводов в растворе были намного выше, чем в напитках для регидратации (10-18%). в среднем). Конечно, в реальных условиях



необходимо учитывать потребности как в жидкости, так и в углеводах, а не только результаты исследований гидратации или только результаты исследований окисления углеводов. Необходимо решить, что важнее: доставка жидкости или доставка углеводов. Что касается футбола, на этот вопрос, вероятно, легко ответить: есть исследования, которые показывают, что игроки теряют относительно небольшое количество жидкости во время матчей (<2-3% в умеренных и теплых условиях), но потребности в углеводах относительно высоки (исследования показывают, что необходимо съесть не менее 60 г, чтобы увидеть преимущества в производительности. Таким образом, обеспечение углеводов может быть более важным, чем обеспечение жидкости. Когда условия становятся более теплыми и потери жидкости увеличиваются, потребность в углеводах останется той же (или немного увеличится) и потребность Потребление углеводов с рекомендованной скоростью уже является сложной задачей для игроков (о чем свидетельствует более низкое потребление, которое обычно наблюдается), а добавление жидкости только усложнит выполнение упражнений.

Тем не менее, очевидно, что кишечник хорошо адаптируется, и было высказано предположение, что целенаправленная тренировка кишечного тракта может улучшить доставку питательных веществ во время упражнений и в то же время облегчить некоторые (или все) симптомы (Jeukendrup, 2011b). Этой тренировке, которую иногда называют «тренировкой кишечника», в литературе уделялось относительно мало внимания, но она была недавно рассмотрена (Jeukendrup, 2011b) и теперь становится частью повседневной тренировочной программы многих спортсменов. Это может быть важным аспектом доставки углеводов и жидкости, особенно до и во время матча, чтобы игроки могли следовать рекомендациям без каких-либо негативных последствий потребления углеводов и жидкости.

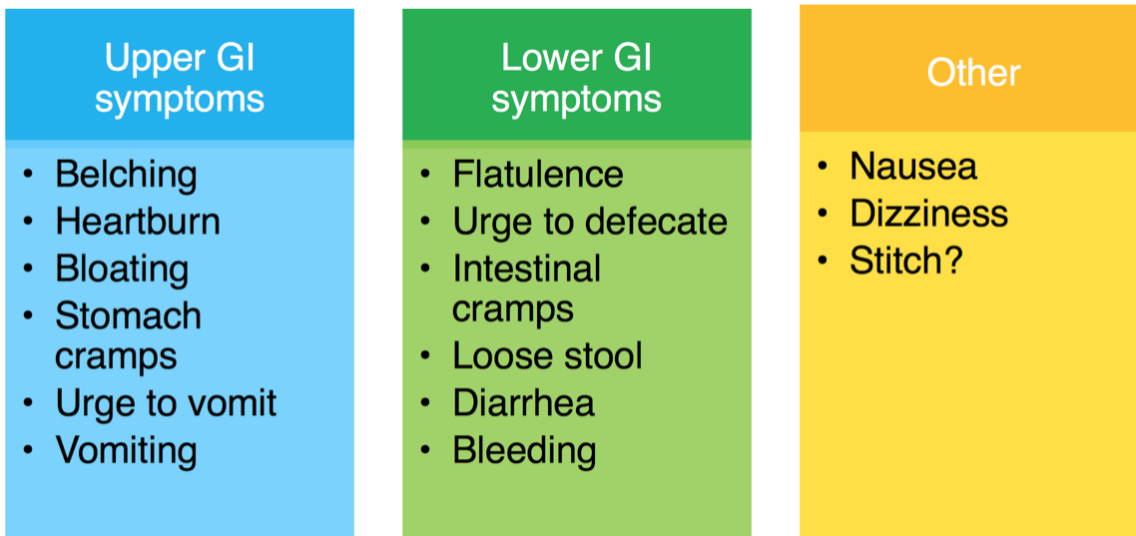
1.1.2 Желудочно-кишечные проблемы

Проблемы с желудочно-кишечным трактом очень распространены среди спортсменов, и 30-50% всех спортсменов испытывают такие проблемы регулярно (de Oliveira et al., 2014). Футболисты меньше страдают от этих проблем, чем, например, бегуны или триатлонисты, но это по-прежнему распространенная проблема.

Наиболее частые жалобы футболистов включают в себя рвоту (отрыжку), боль в животе, гастроэзофагеальный рефлюкс (или изжогу) и вздутие живота (симптомы верхних отделов желудочно-кишечного тракта) (рис. 1). Несколько реже встречаются спазмы в животе, повышенное газообразование, жидкий стул, диарея или даже кровавая диарея и рвота (симптомы нижних отделов желудочно-кишечного тракта). Существует третья категория симптомов, которые не могут быть классифицированы как проблемы со стороны верхних или нижних отделов желудочно-кишечного тракта, но могут быть связаны с желудочно-кишечным трактом (например, колющая боль, тошнота, головокружение). (Jeukendrup, 2016, <https://bit.ly/2gfipb2>)



Рисунок 1: Желудочно-кишечные симптомы можно разделить на три категории.



Источник: Jeukendrup, 2016, <https://bit.ly/2gfipb2>

Upper GI symptoms	Симптомы со стороны верхних отделов желудочно-кишечного тракта
Belching	Отрыжка
Heartburn	Heartburn
Bloating	Вздутие живота
Stomach cramps	Спазмы желудка
Urge to vomit	Позыв к рвоте
Vomiting	Рвота
Lower GI symptoms	Симптомы нижних отделов ЖКТ
Flatulence	Метеоризм
Urge to defecate	Позывы к дефекации
Intestinal cramps	Кишечные спазмы
Loose stool	Жидкий стул
Diarrhea	Понос
Bleeding	Кровотечение
Other	Другой
Nausea	Тошнота
Dizziness	Головокружение
Stitch?	Прошивать?

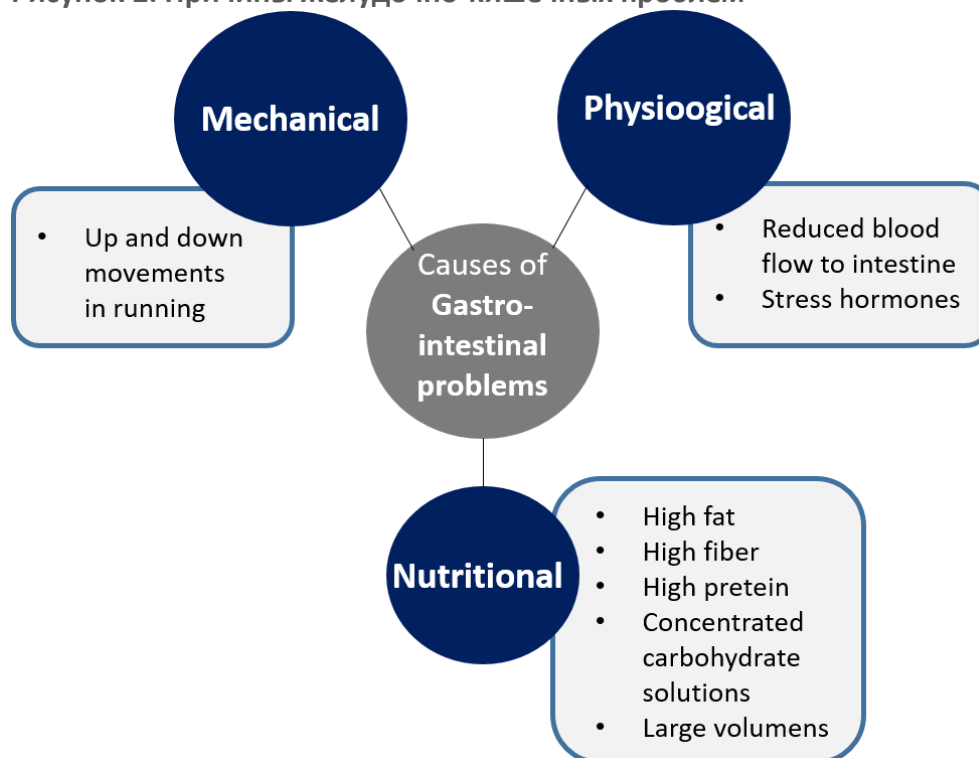
Причины до сих пор в значительной степени неизвестны, но, по-видимому, частично генетически детерминированы и очень индивидуальны (de Oliveira et al., 2014). Механизмы, вероятно, будут разными для проблем с верхним и нижним отделами желудочно-кишечного тракта. Симптомы чаще возникают и усугубляются жаркими погодными условиями и обезвоживанием (de Oliveira et al., 2014). Хотя связь с приемом пищи не всегда обнаруживается, было обнаружено, что определенные практики коррелируют с частотой возникновения желудочно-кишечных проблем: потребление

клетчатки, потребление жиров и высококонцентрированных углеводных растворов, по-видимому, увеличивает распространенность проблем с желудочно-кишечным трактом. (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

В настоящее время причины желудочно-кишечных симптомов до конца не изучены. Симптомы трудно исследовать, потому что они иногда непредсказуемы и их очень сложно воспроизвести или смоделировать в лаборатории. Тем не менее были проведены некоторые лабораторные исследования, и полевые исследования коррелировали симптомы с потреблением пищи и другими факторами. На основе этих исследований был определен ряд потенциальных причин и факторов, которые можно разделить на 3 общие категории (Рисунок 2):

- (1) физиологический
- (2) механический, и
- (3) питательные.

Рисунок 2: Причины желудочно-кишечных проблем



Источник: Jeukendrup, 2016, <https://goo.gl/AYHoQD>

Mechanical	Механический
Physiological	Физиологический
Up and down movements in running	Движения вверх и вниз при беге
Causes of gastro-intestinal problems	Причины желудочно-кишечных проблем
Reduced blood flow to intestine	Снижение кровотока в кишечнике
Stress hormones	Гормоны стресса
Nutritional	Питательный

High fat	Сильно жирный
High fiber	С высоким содержанием клетчатки
High pretein	Высокий претейн
Concentrated carbohydrate solutions	Концентрированные углеводные растворы
Large volumens	Большие объемы
nutritional	питательный

Физиологические причины

Физиологические причины желудочно-кишечных симптомов включают снижение кровотока и повышенное беспокойство (особенно перед матчем). При упражнениях кровоток преимущественно перенаправляется к работающим мышцам, а кровоток к кишечнику может быть уменьшен на 80%. Такое низкое кровоснабжение может в разной степени нарушить работу кишечника и привести к часто возникающим желудочно-кишечным симптомам, таким как спазмы. В тяжелых случаях это может даже привести к повреждению толстой кишки в результате недостаточного кровоснабжения (ишемический колит). Хотя с тренировкой это уменьшение кровотока становится менее выраженным, нет четких доказательств того, что менее подготовленные люди более склонны к развитию симптомов в результате снижения кровотока в кишечнике. Беспокойство влияет на секрецию гормонов, что, в свою очередь, может влиять на движения кишечника, что приводит к неполному всасыванию и жидкому стулу.

Механические причины

Механические причины проблем с желудочно-кишечным трактом связаны либо с ударами, либо с осанкой. Считается, что это результат повторяющейся механики бега с сильными ударами и последующего повреждения стенок кишечника.

Причины питания

Наконец, питание может иметь сильное влияние на желудочно-кишечные расстройства. Клетчатка, жир, белок и фруктоза связаны с повышенным риском развития желудочно-кишечных симптомов. Обезвоживание, возможно, в результате недостаточного потребления жидкости, также может усугубить симптомы. Гипертонические напитки с высокой плотностью (осмолярность > 500 мОсм / л) особенно часто вызывают жалобы. Хотя были выявлены некоторые факторы риска, до сих пор неясно, почему некоторые люди более склонны к развитию желудочно-кишечных проблем, чем другие.

Чтобы свести к минимуму желудочно-кишечные расстройства, необходимо учитывать все эти факторы риска и соблюдать ряд рекомендаций:

Избегайте продуктов с высоким содержанием клетчатки

Избегайте продуктов с высоким содержанием клетчатки в день матча, возможно, также за день до матча. Для спортсмена, который тренируется,



диета с достаточным количеством клетчатки поможет поддерживать нормальное функционирование кишечника. Однако, поскольку клетчатка не переваривается, любая съеденная клетчатка по существу проходит через кишечник. Усиление дефекации во время упражнений нежелательно и может также ускорить потерю жидкости. Дополнительная клетчатка также может привести к ненужному выделению газов, что, в свою очередь, может вызвать спазмы и желудочно-кишечный дискомфорт. Особенно для тех людей, которые склонны к развитию желудочно-кишечных симптомов, рекомендуется низкое потребление клетчатки в дни матчей или, в крайних случаях, за день или даже за два дня до матча. По сути, это означает, что вместо цельнозернового хлеба, хлопьев с высоким содержанием клетчатки, овса и коричневого риса выбирайте обработанные белые продукты, такие как обычные макароны, белый рис и простые рогалики. Следите за содержанием клетчатки на этикетках продуктов питания. Большинство фруктов и овощей содержат большое количество клетчатки, но есть несколько исключений: кабачки, помидоры, оливки, виноград и грейпфрут содержат менее одного грамма клетчатки на порцию.

Избегайте аспирина и нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП).

Избегайте аспирина и нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП), таких, как ибупрофен. Как аспирин, так и НПВП повышают проницаемость кишечника и могут увеличивать частоту жалоб со стороны ЖКТ. Не рекомендуется использовать НПВП в предсоревновательный период.

Избегайте молочных продуктов

У некоторых игроков может быть легкая непереносимость лактозы, которая не влияет на них в течение нормальной жизни, но в дни матчей с тревогой в день матча в сочетании с упражнениями легкая непереносимость лактозы может стать симптоматической. Избегайте молочных продуктов, содержащих лактозу, полностью избегая молока или заменив его молоком без лактозы. Соевое, рисовое и миндальное молоко обычно не содержат лактозы (хотя многие из таких напитков также не содержат белка).

Избегайте продуктов, содержащих только фруктозу

Избегайте продуктов с высоким содержанием фруктозы (особенно напитков, фруктозу). Фруктоза содержится не только во фруктах, но и в большинстве обработанных сладостей; конфеты, печенье и т. д. в виде кукурузного сиропа с высоким содержанием фруктозы. Некоторые фруктовые соки почти полностью состоят из фруктозы. Фруктоза всасывается в кишечнике медленнее, толерантность к фруктозе намного меньше, чем к глюкозе (может привести к спазмам, жидкому стулу и диарее).



Избегайте обезвоживания

Поскольку обезвоживание может усугубить симптомы со стороны желудочно-кишечного тракта, важно избегать обезвоживания. Старт гонки хорошо гидратирован.

Тренируйте свой кишечник

Тренировка кишечника - еще одна практика, которая может помочь предотвратить желудочно-кишечные проблемы. Если кишечник игрока адаптирован к пище, потребляемой во время матча, у него меньше шансов получить проблемы с желудком. (Jeukendrup, 2016, <https://bit.ly/2gfipb2>)

«Считается, что тренировка кишечника может облегчить некоторые из этих симптомов, возможно, за счет улучшения опорожнения желудка, ощущения наполненности (уменьшение вздутия живота), улучшения переносимости больших объемов и более быстрого всасывания, вызывая меньший остаточный объем и меньшие осмотические сдвиги (де Оливейра). et al., 2014) ». (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

1.1.3 Опорожнение желудка

Опорожнение желудка - важный шаг на пути к доставке экзогенных углеводов и жидкости к работающим мышцам. Иногда спортсмены жалуются на скопление напитков в желудке и ощущение вздутия живота, особенно во время высокой интенсивности (Neufer, Young, & Sawka, 1989) или очень продолжительных тренировок в жарких условиях. Обезвоживание может способствовать этому явлению и усугублять жалобы (Neufer et al., 1989; Rehrer, Beckers, Brouns, ten Hoor & Saris, 1990). (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

Футболисты часто жалуются на вздутие живота, особенно если они только что съели еду или спортивную еду перед матчем или тяжелой тренировкой.

После приема пищи обычно требуется от 1 до 4 часов, чтобы пища покинула желудок. Скорость зависит от содержания и объема еды. Периодичность и секреция желудка в некоторой степени происходят автоматически. Сокращение желудка увеличивает внутрижелудочное давление, чтобы протолкнуть пищу (теперь называемую химусом) через пилорический сфинктер. Такие сокращения инициируются кардиостимуляторами в стенке желудка. Опорожнение желудка также контролируется различными сигналами (нервными или гормональными) непосредственно из желудка или двенадцатиперстной кишки. Повышенное количество пищи расслабляет пилорический сфинктер и увеличивает опорожнение желудка. Сигналы из первой части кишечника (двенадцатиперстной кишки) дают отрицательную обратную связь и препятствуют опорожнению желудка. В двенадцатиперстной кишке есть рецепторы, которые могут определять кислотность, растяжение



двенадцатиперстной кишки, осмолярность и, возможно, углеводы, жиры и белки. Когда эти рецепторы стимулируются, запускается энтерогастральный рефлекс, который увеличивает сокращение привратника. Этот механизм предотвращает попадание чрезмерного количества химуса в тонкий кишечник. Слишком быстрая доставка химуса в кишечник может означать недостаточное время для переваривания и всасывания, а некоторые питательные вещества будут теряться с фекалиями. Скорость опорожнения желудка у разных людей значительно различается. Некоторые люди могут вылить от 70% до 80% раствора за 15 минут, в то время как другие выливают только 20–30% того же раствора за 15 минут. Причины этих индивидуальных различий неизвестны, но диета считается важным фактором. Желудочно-кишечный тракт, возможно, адаптируется к потреблению определенных питательных веществ, и высокое обычное потребление жиров может привести к высокой скорости опорожнения желудка. Независимо от механизмов, они подчеркивают важность индивидуальных рекомендаций по потреблению жидкости.

Факторы, которые, как предполагается, влияют на опорожнение желудка, включают:

- запах и вид еды,
- думал о еде,
- объем напитка,
- энергетическая ценность напитка,
- температура напитка,
- осмолярность напитка,
- температура тела и обезвоживание,
- вид упражнения,
- интенсивность упражнений,
- пол, и
- психологический стресс и тревога (Jeukendrup & Gleeson 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

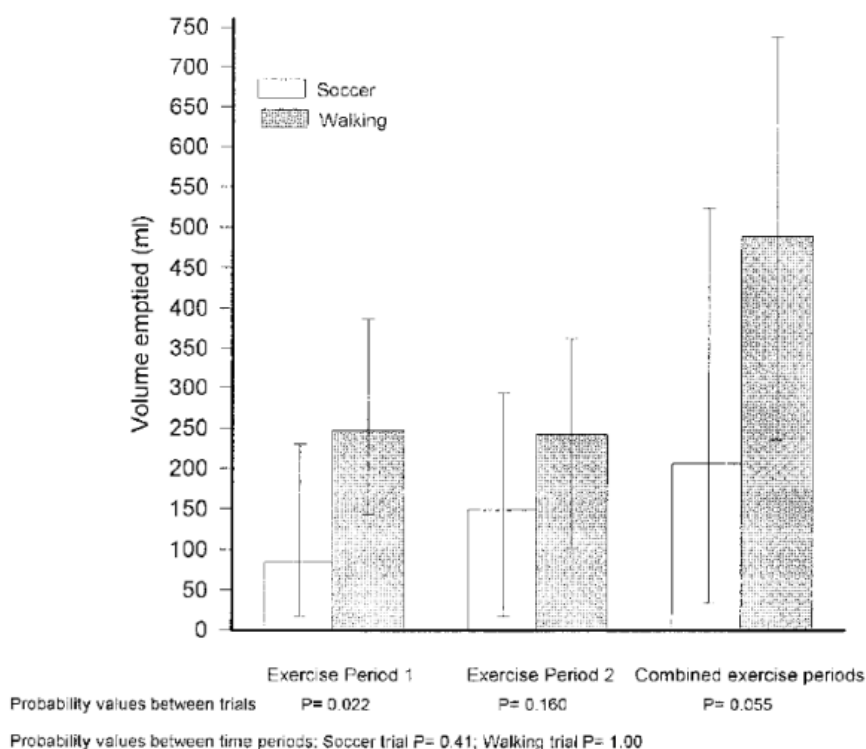
Во время упражнений скорость опорожнения желудка может замедляться, хотя это может происходить только во время упражнений с очень высокой интенсивностью. При уровне VO_{2max} ниже 80% интенсивность упражнений не влияет на скорость опорожнения желудка. При интенсивности выше 80% от VO_{2max} может происходить снижение доставки жидкости и питательных веществ в тонкий кишечник (Costill & Saltin,



1974; Sole & Noakes, 1989). Однако с практической точки зрения это снижение может не иметь значения, потому что интенсивность упражнений более 80% VO_{2max} , как правило, короче, и поэтому поступление углеводов и жидкости во время упражнений не имеет значения. При такой интенсивности есть и питье в любом случае будет затруднительно из-за гипервентиляции, вызванной физическими упражнениями.

Опорожнение желудка от жидкости замедляется во время коротких прерывистых упражнений высокой интенсивности по сравнению с умеренными упражнениями в состоянии покоя или в устойчивом состоянии (Leiper, Broad, & Maughan, 2001). Опорожнение желудка, измеренное после мини-футбольного матча в помещении, уменьшилось, хотя средняя интенсивность активности составляла от 54% до 63% VO_{2max} (Leiper, Prentice et al., 2001) (рис. 3). Относительно коротких приступов упражнений очень высокой интенсивности было явно достаточно, чтобы уменьшить опорожнение желудка. (Jeukendrup & Gleeson 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

Рисунок 3: Опорожнение желудка во время футбола (футбола) и ходьбы. Наблюдается явное уменьшение объема, опорожняемого во время футбола.



Источник: Лейпер, Прентис и др., 2001 год. <https://bit.ly/2AIT17K>

Soccer	Футбольный
Walking	Ходьба
Volume emptied (ml)	Опорожняемый объем (мл)
Probability values between trials	Значения вероятности между попытками
Probability values between time periods: Soccer trial P=0.41; Walking trial P=1.00	Значения вероятности между периодами времени: Футбольная игра P = 0,41; Тропа Walking P =

	1.00
Exercise period 1 P= 0.022	Период тренировок 1 P = 0,022
Exercise period 2 P= 0.160	Период упражнений 2 P = 0,160
Combined exercise periods P= 0.055	Комбинированные периоды упражнений P = 0,055

Об изотонических напитках много говорят, и осмоляльность всегда считалась важным фактором, контролирующим скорость опорожнения желудка. Высокая осмоляльность напитка увеличивает секрецию желудочного сока, а также секрецию в кишечнике, что препятствует доставке жидкости. Поэтому осмоляльность является важным фактором, который следует учитывать при выборе напитка для приема во время тренировки. Более высокая осмоляльность может уменьшить опорожнение желудка и снизить водопоглощение.

Но осмоляльность и концентрация простых углеводов взаимосвязаны, и иногда бывает трудно отделить эффекты осмоляльности от влияния содержания углеводов. Высокое содержание энергии или углеводов обычно связано с высокой осмоляльностью, поэтому эффекты концентрации и осмоляльности трудно различить. Исследования, однако, показывают, что, хотя осмоляльность снижает скорость опорожнения желудка, этот фактор не важен для напитков с осмоляльностью в диапазоне от 200 до 400 мОсм / л (Brouns, Senden, Beckers, & Saris, 1995), включая большинство обычных спортивных напитков. Осмоляльность, возможно, становится более важной для напитков с чрезвычайно высокой осмоляльностью (> 500 мОсм / л).

Есть ряд факторов, которые действительно могут замедлить опорожнение желудка. Плотность энергии - одна из них. Чем выше плотность энергии, тем медленнее опорожнение желудка. Неясно, является ли этот эффект эффектом плотности энергии как таковой или конкретных питательных веществ. Некоторые питательные вещества оказывают сильное тормозящее действие на опорожнение желудка. Например, жир является сильным ингибитором опорожнения желудка. Однако увеличение содержания углеводов или белков в напитке также замедляет опорожнение желудка. Растворы углеводов и электролитов с 2% углеводов уже показывают тенденцию опорожняться медленнее, чем вода (Vist & Maughan, 1994), но растворы с содержанием 8% или более значительно замедляют опорожнение желудка. Энергетическое содержание раствора является более важным фактором, чем осмоляльность (Vist & Maughan, 1995). Влияние температуры еды или напитка, вероятно, не имеет значения с физиологической точки зрения. Lambert, Ball, Leiper и Maughan (1999) показали, что после приема напитка, содержащего $2\text{H}_2\text{O}$, накопление дейтерия (2H) в плазме крови было одинаковым в напитках при различных температурах. Опорожнение желудка не отличалось, несмотря на разницу в температуре напитков. Это исследование отражает данные литературы о том, что, как правило, не было обнаружено влияния температуры еды на скорость опорожнения желудка, за исключением случаев употребления очень



холодных или очень горячих напитков.

Стресс и беспокойство могут снизить моторику желудочно-кишечного тракта и скорость опорожнения желудка. Это снижение скорости опорожнения желудка обычно связано с изменениями концентрации циркулирующих гормонов из-за стресса. Некоторые из этих гормонов (например, адреналин) также уменьшают кровоток в желудочно-кишечном тракте.

Помимо факторов, упомянутых ранее, на опорожнение желудка могут влиять и другие факторы. Исследования в жарких условиях показали, что обезвоживание и гипертермия могут вызывать замедление опорожнения желудка (Neufer et al., 1989; Rehrer et al., 1990). Поскольку субъекты в этих исследованиях становились обезвоженными и гипертермическими одновременно, невозможно определить, какие механизмы были и были ли дегидратация, гипертермия или их комбинация ответственными за снижение скорости опорожнения желудка. (Jeukendrup & Gleeson 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

У женщин скорость опорожнения желудка немного ниже, чем у мужчин, хотя скорость опорожнения желудка, похоже, несколько увеличивается во время овуляции. Интересно, что женщины, как сообщается, более склонны к жалобам со стороны желудочно-кишечного тракта после длительных тренировок на выносливость. Это открытие могло быть связано с более медленным опорожнением желудка.

Возможно, что индивидуальные различия в опорожнении желудка связаны с диетой и «тренировкой желудка». В следующем разделе мы обсудим «тренируемость» желудка.

1.1.4 «Тренировка желудка»

Однако есть неофициальные данные о том, что желудок может адаптироваться к потреблению больших объемов жидкости, твердых веществ или их комбинаций (Jeukendrup, 2017). Например, серьезные участники соревнований по питанию, как известно, «тренируют» свой желудок, чтобы удерживать большие объемы пищи с меньшим дискомфортом, и благодаря регулярным тренировкам они могут съесть объемы пищи в течение 10 минут, что немыслимо для среднего и неподготовленного человека. Текущий небывалый рекорд - 69 хот-догов (с булочкой) за 10 мин. Чтобы добиться этого, участники соревнований по еде тренируются, используя различные методы: жевание больших кусков жевательной резинки в течение более длительных периодов времени, расширение желудка путем употребления жидкости или употребления в пищу продуктов конкурентов (Jeukendrup, 2017). Объемы постепенно увеличиваются, и требуется много недель, чтобы достичь уровня, на котором эти едоки могут быть конкурентоспособными. Это демонстрирует приспособляемость желудка. Проведение этой «тренировки желудка» имеет два основных эффекта: 1. Желудок может расширяться и содержать больше еды и 2. Полный желудок переносится лучше и не воспринимается как полный. Оба аспекта могут быть полезны при выполнении упражнений.



Текущие рекомендации рекомендуют потребление жидкости во время упражнений, которое предотвращает 2% обезвоживания (2% веса тела). Рекомендуемое потребление жидкости может быть значительным, особенно у тренированных спортсменов и в жарких условиях, когда интенсивность потоотделения высока. Такое высокое потребление может вызвать дискомфорт, а в некоторых случаях - проблемы с желудочно-кишечным трактом. Таким образом, спортсмены, как правило, контролируют комфорт желудочно-кишечного тракта, с одной стороны, и гидратацию, а также доставку углеводов, с другой стороны. Рекомендуется тренировать эти более высокие дозы, чтобы уменьшить дискомфорт и снизить вероятность желудочно-кишечного расстройства (Jeukendrup, 2013, 2014; Jeukendrup, 2011b). К сожалению, у нас очень мало исследований, в которых непосредственно изучались бы такие эффекты «диетической тренировки желудка».

Lambert et al. (2008) показали, что тренированные бегуны могли комфортно переносить прием раствора углеводов-электролитов со скоростью, примерно равной их скорости потоотделения, в течение 90 минут бега при 65% VO_{2max} (максимальное потребление кислорода) при температуре $\sim 25^{\circ}C$, относительной влажности 30% (RH) окружающей среды. Когда эти бегуны впервые проглотили такой объем жидкости, это вызвало сильный дискомфорт. Интересно, что исследователи заметили, что комфорт в желудке со временем значительно улучшился благодаря практике таких высоких доз. Следует отметить, что это улучшение комфорта произошло без заметных изменений скорости опорожнения желудка (Lambert et al., 2008). Возможно, желудок адаптировался, расширив стенки желудка, оставив больше места для жидкости. Это, вероятно, уменьшит чувство дискомфорта в желудке и уменьшит стимул к более быстрому опорожнению желудка. Специально для тех спортсменов, которые испытывают желудочно-кишечный дискомфорт даже при приеме пищи относительно небольшого объема, тренировка приема больших объемов может быть эффективной стратегией, позволяющей избежать этих проблем во время гонок.

Исследования также показали, что опорожнение желудка от углеводов можно ускорить, увеличив потребление этого углевода с пищей (Jeukendrup, 2017). Каннингем, Хоровиц и Рид (1991) дополнили диету двух групп добровольцев 400 г глюкозы в день в течение 3 дней. Время половинного опорожнения ($t_{1/2}$) для тестового обеда с глюкозой было значительно быстрее после добавления глюкозы в стандартную диету по сравнению с одной стандартной диетой (медиана и диапазон, 20,7 (4,6-36,8) против 29,1 (19,8-38,4) мин.). Интересно, что опорожнение желудка после протеинового напитка не изменилось (медиана и диапазон: 18,0 (12,5-23,6) против 16,1 (9,6-22,7) мин). Авторы пришли к выводу, что специфическая адаптация регуляторных механизмов тонкого кишечника к опорожнению желудка от питательных растворов может происходить в



ответ на увеличение диетической нагрузки. Это изменение может произойти очень быстро, в считанные дни. Другое исследование показало, что добавление к стандартной диете 440 г глюкозы в день в течение 4-7 дней ускоряет опорожнение желудка как от глюкозы, так и от фруктозы ($t_{1/2}$ 82 ± 8 против 106 ± 10 минут для глюкозы и 73 ± 9 против 106 ± 9 минут для фруктозы) (Hogowitz, Cunningham, Wishart, Jones, & Read, 1996). Концентрации GIP в плазме были выше во время диеты с добавлением глюкозы, и, таким образом, авторы пришли к выводу, что опорожнение желудка как от глюкозы, так и от фруктозы ускоряется, вероятно, в результате снижения подавления обратной связи со стороны кишечных люминальных рецепторов (Hogowitz et al., 1996).

Другое исследование показало, что ежедневный прием 120 г фруктозы в течение 3 дней ускоряет опорожнение желудка от фруктозы, но не от глюкозы (Yau, McLaughlin, Maughan, Gilmore, & Evans, 2014). Похоже, что относительно короткая продолжительность диетических манипуляций (3 дня) была достаточной, чтобы вызвать адаптацию при опорожнении желудка.

Такие наблюдения не специфичны для углеводов. Исследования показали, что диета с высоким содержанием жиров стимулирует опорожнение желудка. Cunningham, Daly, Hogowitz, & Read (1991) продемонстрировали, что опорожнение желудка после пробной еды ускорялось после 7 дней диеты с высоким содержанием жиров (258 г / день). Снижение $t_{1/2}$ пробного завтрака в ответ на вмешательство достигло значимости через 14 дней. Через 4 дня наблюдались аналогичные тенденции, но они не достигли статистической значимости. Это говорит о том, что адаптация к жиру в рационе может происходить медленнее, чем реакция на углеводы. Castiglione et al. (2002) продемонстрировали аналогичную адаптацию после 14 дней диеты с высоким содержанием жиров и сообщили, что эти эффекты были очень специфичными для жиров, и углеводная пища потреблялась с той же скоростью до и после диеты с высоким содержанием жиров.

Адаптации, вероятно, объясняются десенсибилизацией рецепторов питательных веществ и уменьшением подавления опорожнения желудка с помощью обратной связи. Однако также возможно, что повышенное всасывание приводит к уменьшению воздействия питательных веществ на рецепторы. Как мы увидим в следующих разделах, также имеются данные об увеличении всасывания питательных веществ в ответ на изменения в диете.

Таким образом, исследования ясно продемонстрировали, что определенные проблемы с питанием приводят к определенной адаптации опорожнения желудка к этой проблеме. Например, повышенное потребление глюкозы с пищей увеличит опорожнение желудка от глюкозы, но не от белка, а увеличение потребления жиров с пищей приведет к более быстрому опорожнению желудка от жиров, но не углеводов. Очень мало исследований специально тренировали кишечник для улучшения переносимости и опорожнения желудка во время упражнений, но результаты в целом выглядят многообещающими. Эффекты наблюдались через 3 дня диетических манипуляций. (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)



В футболе этот тип тренировки «живота» может помочь игроку, который не принимает никаких углеводов или жидкости до и во время матча из-за страха желудочно-кишечного дискомфорта.



1.2 Теория на практике

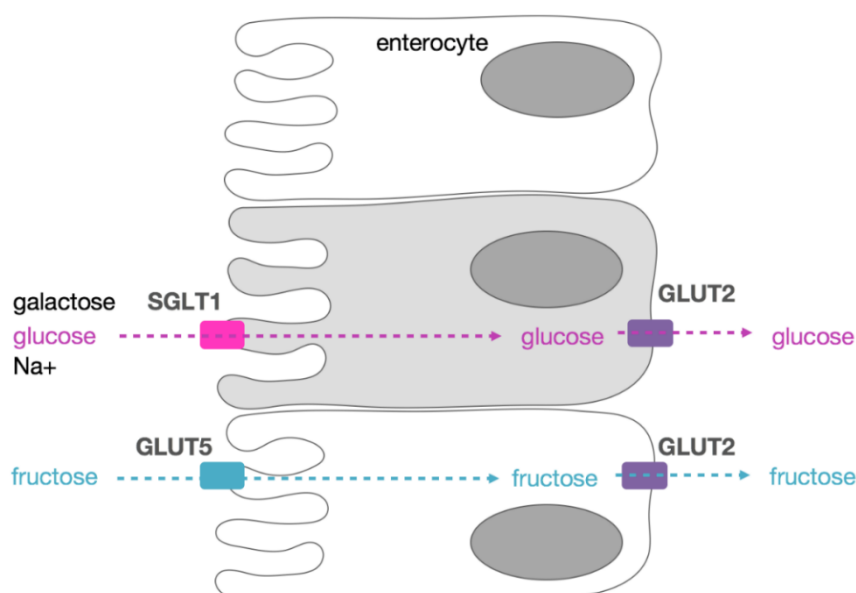
1.2.1 Поглощение углеводов

После опорожнения желудка большая часть жидкости и сахара абсорбируется в двенадцатиперстной и тощей кишках. Глюкоза и галактоза транспортируются через просветную мембрану энтероцитов натрийзависимым переносчиком глюкозы SGLT1.

Поглощение глюкозы (и галактозы) связано с транспортом натрия и связанным с ним электрохимическим градиентом. Na / K + АТФ-аза, расположенная на базолатеральной мембране, отвечает за поддержание электрохимического градиента. (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

В большинстве исследований на млекопитающих было показано, что SGLT1 экспрессируется на щеточной границе энтероцитов (Batchelor et al., 2011; Dyer et al., 2009; Margolskee et al., 2007; Moran, Al-Rammahi, Arora, Batchelor, Coulter, Daly, et al., 2010; Takata, Kasahara, Kasahara, Ezaki, & Hirano, 1992) (рисунок 4). Уровни экспрессии обычно наиболее высоки в тощей кишке, за которой следуют двенадцатиперстная кишка и подвздошная кишка (Balen et al., 2008). Это соответствует нашему пониманию того, что большая часть поглощения происходит в тощей кишке. SGLT1 не экспрессируется в толстом кишечнике (Balen et al., 2008).

Рисунок 4: Поглощение глюкозы и фруктозы. Глюкоза и фруктоза всасываются разными путями с участием SGLT1 и GLUT5 соответственно. (SGLT1 = натрийзависимый переносчик глюкозы 1, GLUT5 = переносчик глюкозы 5 (переносчик фруктозы), GLUT2 = переносчик глюкозы 2)



Source: Jeukendrup, 2017

Источник: Jeukendrup, 2017, <https://bit.ly/2soS2oQ>

Enterocyte	Энтероцит
Galactose	Галактоза
Glucose	Глюкоза
Na ⁺	Na ⁺
Fructose	Фруктоза
SGLT1	SGLT1
GLUT5	GLUT5

Фруктоза использует другой переносчик глюкозы (GLUT5), который не зависит от натрия и очень специфичен для фруктозы (рис. 4). Регулирование GLUT5 происходит быстрее, чем регулирование SGLT1. Изменения в транспорте фруктозы обычно сопровождаются аналогичными изменениями в мРНК GLUT5 и содержании белка. У крыс мРНК GLUT5 удваивается в течение 3 часов после перфузии кишечника раствором фруктозы (Kishi, Takase, & Goda, 1999). Следует отметить, что эти эффекты были продемонстрированы только при неестественно высоком уровне потребления фруктозы (по крайней мере, 30% энергии в рационе поступает из фруктозы, типичное потребление в западной диете составляет около 9%).

Из энтероцитов в системный кровоток сахарам необходимо пройти через базолатеральную мембрану. Все три моносахарида используют двунаправленный транспортер GLUT2, который также не зависит от натрия. Считается, что способность GLUT2 транспортировать глюкозу через градиент концентрации очень велика (Kellett, 2001; Kellett, Brot-Laroche, Mace, & Leturque, 2008).

Существует мало доказательств наличия других переносчиков углеводов в дополнение к переносчикам SGLT1 и GLUT5 на просветной мембране и GLUT2 на базолатеральной мембране. Были предложения других транспортеров, но кажется, что если они существуют, они будут относительно не важны для транспортировки углеводов с количественной точки зрения. Поскольку GLUT2 не кажется ограничивающим, здесь мы сосредоточимся в основном на SGLT1 и GLUT5.

Регулирование белков транспорта углеводов имеет важное значение для обеспечения организма глюкозой в состоянии покоя. Кроме того, во время упражнений, когда экзогенная доставка углеводов может быть важна для работоспособности, переносчики будут нести ответственность за доставку глюкозы к работающим мышцам. Исследования физических упражнений предоставили косвенные, но убедительные доказательства того, что доставка углеводов ограничена транспортной способностью SGLT1 (обзоры см. В Jeukendrup, 2011a, 2011b, 2013, 2014). Недавний обзор, основанный в основном на более прямых измерениях на животных, также пришел к выводу, что кишечник обладает способностью абсорбировать глюкозу за счет базальных уровней SGLT1, но эта способность становится ограничивающей, когда пищевые углеводы превышают определенный уровень (Shirazi-Beechey, 2011). (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

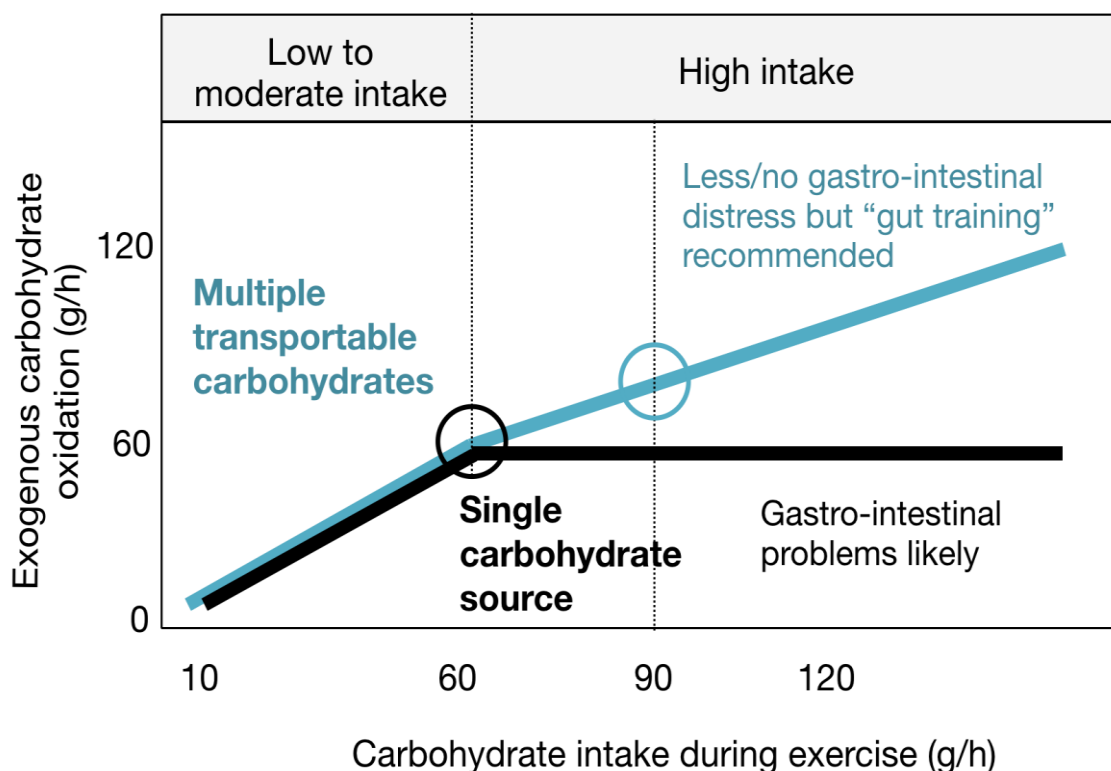
Это может иметь значение в футболе, поскольку исследования показывают, что до и во время матча следует употреблять более 60 г углеводов, и даже однократная доза



углеводов может привести к насыщению переносчиков углеводов (Adoro, Peronnet, Massicotte, Brisson, & Hillaire-Marcel, 1994; Jeukendrup, 2010).

При нормах потребления более 60-70 граммов углеводов в час (глюкоза, сахароза, мальтоза, мальтодекстрин, крахмал) пиковое окисление экзогенных углеводов достигает около 60 граммов в час (рисунок 5) (Jeukendrup, 2011a, 2011b, 2013, 2014).

Рисунок 5: Схема экзогенного окисления углеводов из одного углевода (оранжевый) и нескольких переносимых углеводов (синий), на основе данных, представленных в другом месте.



Источник: Jeukendrup, 2014. <https://bit.ly/2QINjYO>

low to moderate intake	потребление от низкого до умеренного
High intake	Высокое потребление
Exogenous carbohydrate oxidation (g/h)	Экзогенное окисление углеводов (г / ч)
Multiple transportable carbohydrates	Множественные транспортабельные углеводы
Single carbohydrate source	Единый источник углеводов
Gastro-intestinal problems likely	Вероятны желудочно-кишечные проблемы
Less/ no gastro-intestinal distress but "gut training" recommended	Меньше / нет желудочно-кишечного расстройства, но

	рекомендуется «тренировка кишечника»
--	--------------------------------------

Понятно, что более высокая скорость окисления может быть достигнута с использованием нескольких транспортируемых углеводов, особенно при большом потреблении. При потреблении до 60 г / ч нет разницы между отдельными и множественными транспортируемыми углеводами, но когда потребление увеличивается выше 60 г / ч и натрийзависимый переносчик глюкозы 1 (SGLT1) становится насыщенным, добавление фруктозы приведет к более высокой скорости окисления экзогенных углеводов. Рекомендуемая доза для одного и нескольких переносимых углеводов обозначена кружком. Если потребление одного источника углеводов превышает 60 г / ч, вероятны желудочно-кишечные проблемы. При использовании нескольких переносимых углеводов наблюдается меньше симптомов, но рекомендуется «тренировать кишечник» (и привыкать к их высокому потреблению).

Даже прием внутрь 144 г / ч (Jentjens & Jeukendrup, 2005) или 180 г / ч (Jeukendrup, 1999) не увеличивал скорость экзогенного окисления углеводов намного выше 60 г / ч. Поскольку это ограничение не было вызвано опорожнением желудка, поглощением глюкозы мышцами или накоплением гликогена в печени, был сделан вывод, что поглощение должно быть ограничивающим (Jeukendrup, 2010). Когда фруктоза принималась в дополнение к большему количеству глюкозы, скорость окисления углеводов была выше 60 г / ч (Jentjens, Venables, & Jeukendrup, 2004). Эти исследования убедительно показали, что транспорт глюкозы через эпителиальную клетку был ограничивающим фактором и что была достигнута максимальная транспортная способность SGLT1 (Pfeiffer, Stellingwerff, Zaltas, & Jeukendrup, 2010). По всей видимости, существует зависимость доза-реакция между потреблением углеводов и эффективностью (Smith et al., 2013; Smith et al., 2010; Vandenberghe & Hopkins, 2011), и футбольные исследования, похоже, также показывают большую пользу при более высоком потреблении. Снижение емкости кишечника во время упражнений в сочетании с повышенным потреблением углеводов также может привести к желудочно-кишечному расстройству (de Oliveira et al., 2014). Это означает, что мы должны найти способы улучшить способность усваивать углеводы.

1.2.2 Тренировка кишечника

Тренировка кишечника была предложена как способ увеличения числа и / или активности переносчиков SGLT1, но доказательства на людях пока ограничены (Jeukendrup, 2013).

Используя метод сегментарной перфузии, Shi et al. (1995) сообщили о тесной взаимосвязи между абсорбцией воды и абсорбцией растворенных



веществ в двенадцатиперстной кишке, особенно при наличии нескольких транспортируемых субстратов (например, глюкозы, сахарозы, глицина, Na⁺). Мы подтвердили это на людях во время упражнений: несколько переносимых углеводов увеличивают всасывание и окисление углеводов, и это было связано с повышенным всасыванием жидкости (Jeukendrup, 2010). Следовательно, еще одно преимущество увеличения транспортной способности углеводов состоит в том, что потребление жидкости, вероятно, также улучшится (для данного потребления углеводов). Улучшенное поглощение жидкости может помочь предотвратить обезвоживание (и помочь предотвратить снижение работоспособности, вызванное обезвоживанием), но более полное поглощение также может снизить вероятность дискомфорта в желудочно-кишечном тракте (de Oliveira et al., 2014).

Для разработки практических рекомендаций важно понимать регуляцию транспорта глюкозы в кишечнике. Поэтому ниже мы обсудим правила более подробно, прежде чем давать предложения, имеющие практическое значение.

Было показано, что регуляция абсорбции глюкозы напрямую связана с экспрессией белка SGLT1. Боб Крейн предположил существование совместного транспорта Na⁺ / глюкозы в 1960 году на симпозиуме по мембранному транспорту и метаболизму в Праге (Kleinzeller, 1961), но фактический переносчик не был идентифицирован до 1980-х годов (Hosang, 1981). Исследования 1960-х годов также показали, что потребление углеводов с пищей может влиять на способность усваивать глюкозу (Ginsburg & Heggeness, 1968). В 1983 году было продемонстрировано, что кишечные переносчики активировались и подавлялись в зависимости от состава рациона (Карасов, Понд, Сольберг и Даймонд, 1983). По крайней мере, у крыс, кажется, что изменения в диете не должны быть экстремальными, чтобы наблюдать эффекты на всасывание, и эти эффекты наблюдались не только для сахаров, но и для аминокислот (Карасов и др., 1983). У крыс наблюдалось увеличение абсорбции всего за 0,5 дня (Карасов и др., 1983). Также очень рано было замечено, что пищеварительные ферменты активируются в ответ на диетический состав. Например, Дерен и др. (1967) продемонстрировали в 1967 году, что у крыс, голодавших в течение 3 дней, в ответ на сахарозную диету наблюдалось 4-кратное увеличение активности сахарозы и мальтазы по сравнению с казеиновой диетой. Это коррелировало с увеличением гидролиза сахарозы и абсорбции фруктозы.

Когда в 1980-х годах в кишечнике были обнаружены переносчики сахара, начались исследования по измерению изменений содержания и активности SGLT1 в ответ на диету. Как активность, так и количество SGLT1, как было показано, регулируются потреблением углеводов с пищей на ряде моделей грызунов (Dyer et al., 2009; Ferraris, Villenas, Hirayama, & Diamond, 1992). Понятно, что белок SGLT1 реагирует на концентрацию



глюкозы в просвете. Однако при использовании непроницаемых для мембран аналогов глюкозы SGLT1 стимулировался в той же степени (Dyer, Vayro, King, & Shirazi-Beechey, 2003). Это предполагает, что датчик глюкозы обнаруживает глюкозу или ее аналоги, инициируя активацию переносчиков SGLT1.

Было показано, что специализированные клетки (L-клетки и K-клетки) в просветной мембране кишечника экспрессируют клетки вкусовых рецепторов.

В частности, было продемонстрировано, что рецепторы T1R2 и T1R3 обнаруживают сладость. Клетки T1R2 и T1R3 связаны через G-белок (альфа-густдучин) с каскадом последующих клеточных событий, которые в конечном итоге приводят к усилению регуляции SGLT1. Более подробное обсуждение возможных путей будет предоставлено в следующих разделах.

SGLT1 активируется не только в ответ на пищевые углеводы, но также и в ответ на подсластители. Margolskee et al. (2007) подтвердили более ранние результаты, сообщив, что мыши дикого типа, в рацион которых добавлялись углеводы, почти вдвое увеличивали экспрессию белка SGLT1 по сравнению с мышами, соблюдающими диету с низким содержанием углеводов. Однако, когда к низкоуглеводной диете добавляли подсластители сукралозу, ацесульфам К или сахарин, но не аспартам, экспрессия SGLT1 также удваивалась. То, что аспартам не действует, неудивительно, потому что известно, что мыши не воспринимают аспартам как сладкий.

Ряд пищевых компонентов участвует в регуляции транспорта глюкозы. Потребление хлорида натрия, по-видимому, модулирует транспорт глюкозы в кишечнике. Исследования показывают, что хронически повышенные концентрации глюкозы и натрия в просвете приводят к повышенной экспрессии белка SGLT1 (Bindslev, Hirayama, & Wright, 1997). Все еще остается много вопросов о механизмах и о том, являются ли эффекты натрия и глюкозы аддитивными (Ferraris, 2001).

Пищевые волокна являются еще одним компонентом с потенциальными эффектами, но исследования были неубедительными: некоторые исследования показали снижение, некоторые - без изменений, а некоторые даже увеличили транспорт глюкозы в кишечнике с увеличением потребления пищевых волокон (Ferraris, 2001). Клетчатка - это широкий термин, обозначающий совершенно разные характеристики, и клетчатка может влиять на опорожнение желудка, моторику, а также на состав и структуру кишечного тракта. Поэтому неудивительно, что результаты исследований оказались неубедительными.



Насколько мне известно, никакие исследования на людях не изучали влияние пищевых компонентов на всасывание глюкозы в кишечнике, и поэтому преждевременно разрабатывать твердые рекомендации в отсутствие этих результатов.

Белок SGLT1 активируется в ответ на ряд стимулов, включая, помимо прочего, глюкозу и галактозу: 3-О-метилглюкозу (неметаболизируемый субстрат SGLT1) и фруктозу (не субстрат SGLT1). Повышающая регуляция белка SGLT1 зависит от доступности этих сахаров, но метаболизм этих сахаров не является необходимым. Тот факт, что экспрессия SGLT1 реагирует на аналоги глюкозы и сахара, не транспортируемые SGLT1, предполагает, что существует отдельный рецептор, который обнаруживает эти аналоги глюкозы.

У мышей белок SGLT1 кишечника в мембранных пузырьках щеточной каймы в средней части тонкого кишечника увеличивается в 1,9 раза после 2 недель высокоуглеводной диеты (Margolskee et al., 2007). В исследовании лошадей, которые, как полагают, медленно адаптируются к увеличению углеводов, экспрессия белка SGLT1 из биопсии кишечника была увеличена всего через 1 неделю высокоуглеводного кормления, а численность увеличилась еще больше после 1 месяца и 2 месяцев на диете. У поросят, получавших более углеводный рацион в течение 3 дней, наблюдалось увеличение белка SGLT1, а также абсорбции глюкозы (Moran, Al-Rammahi, Arora, Batchelor, Coulter, Ionescu, et al., 2010).

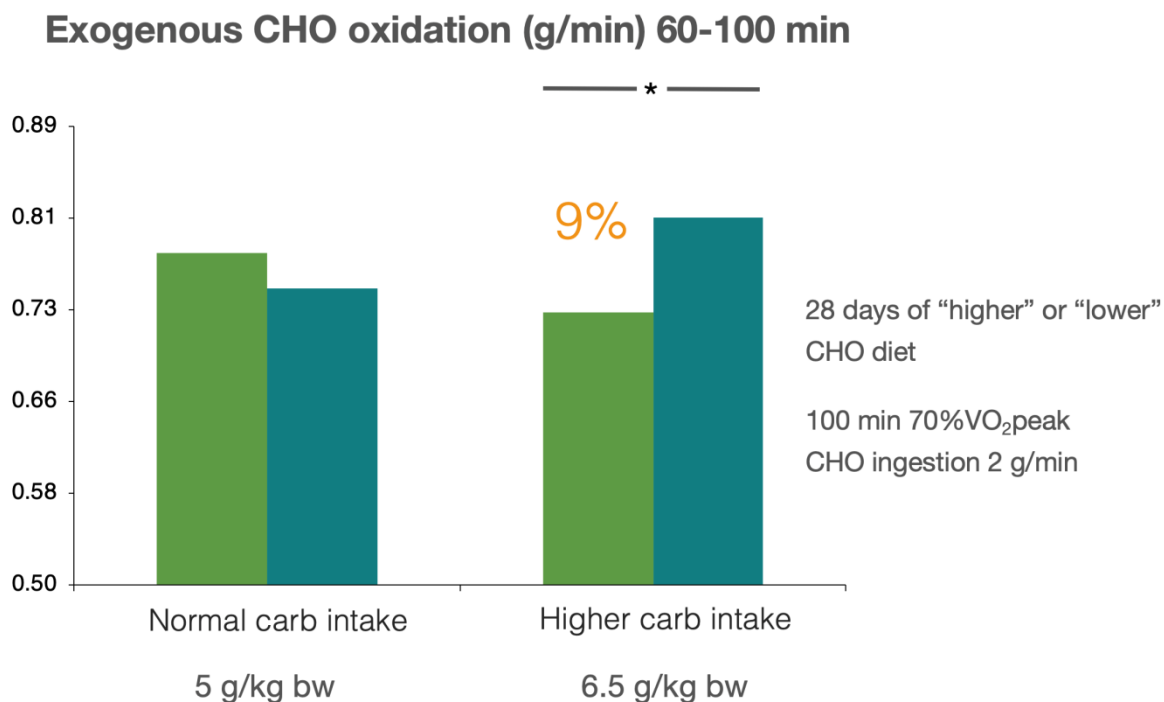
Хотя прямых исследований на людях не существует, большое количество исследований на животных показывает, что изменение экспрессии SGLT1 во времени происходит относительно быстро. В нескольких исследованиях наблюдались значительные изменения всего через несколько дней после изменения диеты (Margolskee et al., 2007). Поэтому кажется разумным предположить, что несколько дней высокого потребления углеводов могут увеличить содержание SGLT1 и способность усваивать глюкозу, но более длительное соблюдение диеты может привести к большей адаптации.

Эlegantное исследование Cox et al. (2010) дают нам сегодня наиболее важные подсказки о том, что изменение диеты может улучшить доставку углеводов во время упражнений. В этом исследовании 16 велосипедистов, тренированных на выносливость, были разделены на группу с высоким содержанием углеводов и контрольную группу. В течение 28 дней обе группы тренировались (16 часов в неделю), и в результате этого обучения их производительность улучшилась. Обе группы получали диету с умеренным содержанием углеводов (5 г / кг / день). Группа с высоким содержанием углеводов была дополнена дополнительными 1,5 г / кг на час упражнений, выполняемых ежедневно. Углеводная добавка предоставлялась в основном в виде напитка с глюкозой. Кроме того, они получали продукты, богатые углеводами, чтобы удовлетворить почасовые потребности в физических упражнениях. Контрольная группа также получала пищевую добавку, но она состояла из продуктов, богатых жирами и белками, с ограниченным содержанием углеводов. Субъекты из



групп с высоким содержанием углеводов принимали добавки до и во время тренировки, а также сразу после нее. Велосипедисты контрольной группы принимали добавку после тренировки. В среднем группа с добавками углеводов имела высокое ежедневное потребление углеводов 8,5 г / кг, тогда как контрольные группы потребляли 5,3 г / кг / день. (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

Рисунок 6: Исследование на человеке, которое показывает, что адаптация в кишечнике может происходить после увеличения потребления углеводов.



Источник: Jeukendrup A, 2018, mysportscience, адаптировано из Cox, 2010.

Exogenous CHO oxidation (g/min) 60-100 min	Экзогенное окисление CHO (г / мин) 60-100 мин
28 days of higher of lower CHO diet	28 дней диеты высшей или низшей CHO
100 min 70%Vo ₂ peak CHO ingestion 2 g/min	100 мин 70% Vo ₂ peak CHO при приеме внутрь 2 г / мин
Normal carb intake	Нормальное потребление углеводов
Higher carb intake	Более высокое потребление углеводов
5 g/kg bw	5 г / кг массы тела
6.5 g/kg bw	6,5 г / кг массы тела

До и после 28-дневного периода тренировок все испытуемые выполнили пробную тренировку, в которой они получали 10% раствор углеводов. Изотопные индикаторы использовались для измерения окисления экзогенного углевода. Было замечено, что экзогенное окисление углеводов улучшилось после диеты с добавлением углеводов. Наиболее вероятное объяснение - увеличение способности поглощать углеводы в

результате активации переносчиков SGLT1. Был сделан вывод, что для спортсменов, которые соревнуются в соревнованиях на выносливость, где экзогенные углеводы являются важным источником энергии и есть широкие возможности для приема углеводов, такой подход с более высоким потреблением углеводов может быть полезным (Cox et al., 2010; Jeukendrup, 2013, 2014).

Стало ясно, что увеличение потребления углеводов с пищей может увеличить количество и активность кишечных переносчиков SGLT1 и что это приводит к улучшенной способности усваивать углеводы. Возможно и обратное. При ограничении углеводов за счет уменьшения потребления углеводов, диеты с высоким содержанием жиров или даже кетогенной диеты или за счет снижения общего потребления энергии ежедневное потребление углеводов может стать очень низким. Исследования на ягнятах показали, что по мере того, как диета меняется с молока на траву, развивается рубец, где пищевые углеводы ферментируются в летучие жирные кислоты. Образование рубца эффективно предотвращает доставку моносахаридов в кишечник. В результате наблюдается заметное снижение как содержания белка SGLT1 в кишечнике, так и способности тонкого кишечника поглощать углеводы (Shirazi-Beechey, 1991; Dyer, 1997). (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

1.2.3 Как тренировать кишечник?

В предыдущих разделах мы доказали, что тренировка кишечника может быть хорошей идеей, в том числе и для футболистов. Для этого существует множество способов (рис. 7). Особенно те игроки, которые изо всех сил стараются съесть что-нибудь близкое к матчу или боятся, что это вызовет проблемы с желудочно-кишечным трактом, могут извлечь из этого выгоду. Хотя требуются некоторые экстраполяции исследований на животных, вполне вероятно, что адаптации в желудке и кишечнике человека происходят так же быстро, как и у других млекопитающих. Это означает, что несколько дней и, конечно, 2 недели высокоуглеводной диеты приведут к значительному увеличению содержания SGLT1 в просвете кишечника, а всего несколько дней тренировки желудка уже могут улучшить комфорт желудка.

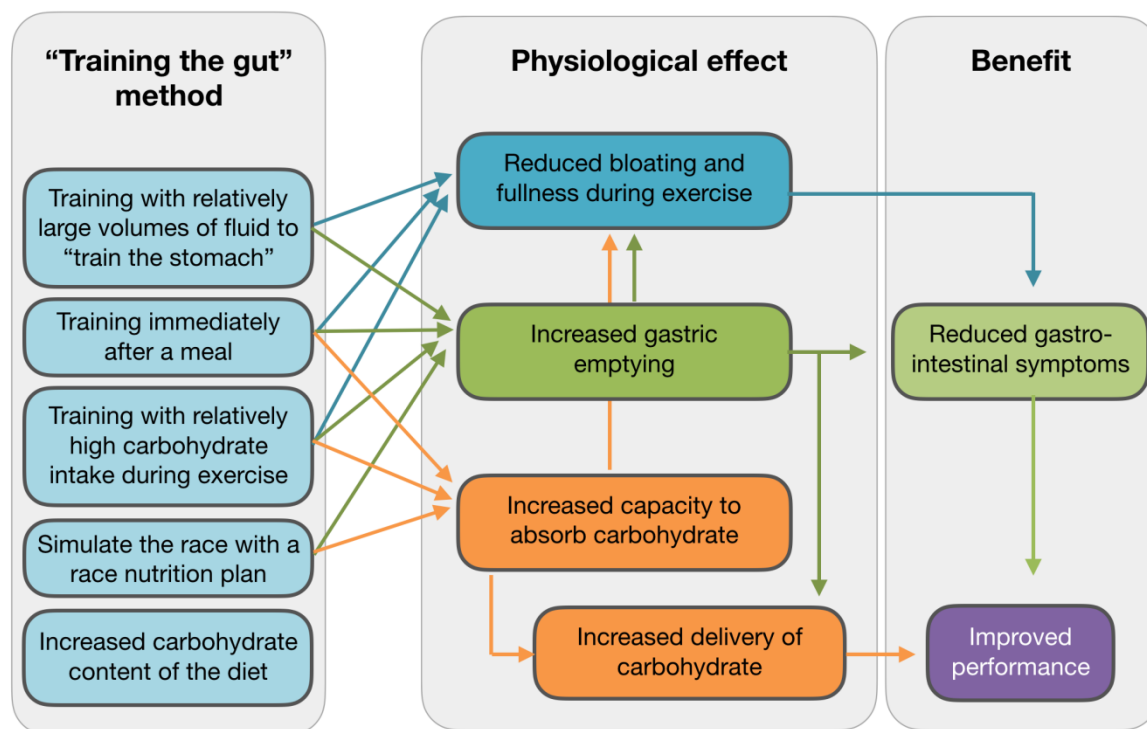
Основываясь на данных о животных, увеличение количества пищевых углеводов с 40% до 70% может привести к удвоению переносчиков SGLT1 в течение 2 недель. Если мы переведем это на диету футболиста, это, вероятно, означает, что если игрок придерживается рекомендаций (обычно 5-8 г / кг), этого должно быть достаточно, чтобы вызвать некоторую адаптацию, но также вероятно, что более высокие дозы будут лучше для регуляции способности кишечного транспорта углеводов.

В дополнение к повышенной абсорбционной способности важно убедиться, что более высокое потребление углеводов переносится и выводится из желудка. Хотя обычно считается, что опорожнение желудка не является ограничивающим фактором, вполне вероятно, что комбинация факторов (например, тепло, высокое потребление углеводов и упражнения высокой интенсивности, которые, как известно, препятствуют опорожнению желудка) будет действовать вместе, тем самым ставя под угрозу опорожнение желудка. Поэтому важно практиковать во время тренировок стратегию



спортивного питания и привыкнуть к большему количеству потребляемой пищи или более высокому потреблению углеводов. (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

Рисунок 7: Сводка методов «тренировки кишечника», адаптаций, которые могут произойти в кишечнике, и их последствий для производительности.



Источник: Jeukendrup, 2017, <https://bit.ly/2slxMEx>

Training the gut method	Метод тренировки кишечника
Training with relatively large volumes of fluid to train the stomach	Тренировка с относительно большим объемом жидкости для тренировки желудка
Training immediately after a meal	Тренировка сразу после еды
Training with relatively high carbohydrate intake during exercise	Тренировки с относительно высоким потреблением углеводов во время упражнений
Simulate the race with a race nutrition plan	Смоделируйте гонку с помощью плана питания для соревнований
Increased carbohydrate content of the diet	Повышенное содержание углеводов в рационе
Physiological effect	Физиологический эффект
Reduced bloating and fullness during exercise	Уменьшение вздутия живота и полноты во время упражнений
Increased gastric emptying	Повышенное опорожнение желудка
Increased capacity to absorb carbohydrate	Повышенная способность усваивать углеводы
Increased delivery of carbohydrate	Повышенная доставка углеводов
Benefit	Выгода



Reduced gastro-intestinal symptoms	Уменьшение желудочно-кишечных симптомов
Improved performance	Улучшенная производительность

Исследование Cox et al. (2010) предполагают, что эти переносчики могут быть активированы за относительно короткий период времени, когда поддерживается более высокое потребление углеводов, в основном за счет приема углеводов во время и во время тренировки.

Хотя точная величина эффекта у спортсменов, которые уже придерживаются высокоуглеводной диеты, может быть неопределенной, кажется справедливым сделать вывод, что те спортсмены, которые не придерживаются очень высокоуглеводной диеты, уже могут получить существенную пользу. Верно и обратное: когда спортсмены ограничивают углеводы, следуют низкоуглеводной, высокожировой или кетогенной диете, или сокращают потребление энергии, чтобы похудеть, снижение дневной углеводной нагрузки, вероятно, снизит способность усваивать углеводы во время соревнований. Это может быть причиной того, что эти спортсмены неофициально сообщают о большем количестве желудочно-кишечных проблем. Этим спортсменам также рекомендуется включить в свои тренировки несколько дней с высоким содержанием углеводов.

Текущие рекомендации для матчей состоят в том, что не менее 60 граммов употребляется непосредственно перед и во время перерыва. В идеале должно потребляться немного большее количество углеводов (90 г / ч), и эти углеводы должны состоять из смеси нескольких переносимых углеводов, например, глюкоза: фруктоза или мальтодекстрин: фруктоза. Чтобы получить 90 г углеводов в час, спортсмены могут «смешивать и сочетать» в соответствии со своими личными предпочтениями и принимать во внимание свою переносимость (Jeukendrup, 2013, 2014). Поскольку кишечник настолько адаптируется, кажется разумным включить тренировки с высоким потреблением углеводов в еженедельный распорядок и регулярно потреблять углеводы во время тренировок (это просто означает, что раз в неделю во время тяжелых тренировок соблюдается тот же распорядок, что и в день матча). С помощью этих стратегий кишечник можно научить поглощать и окислять больше углеводов, что, в свою очередь, должно привести к меньшему желудочно-кишечному расстройству и повышению производительности. (Jeukendrup, 2017 г., <https://bit.ly/2soS2oQ>)

1.2.4 Микробиом кишечника

Термин микробиота относится к типам организмов (бактерии, вирусы или эукариоты), которые присутствуют в окружающей среде обитания, а микробиом представляет собой набор различных микробов и их функций или генов, обнаруженных в окружающей среде обитания (Jeukendrup & Gleeson, 2018). Различные части тела имеют разные микробиомы, например, микробиом кожи отличается от микробиома кишечника, но все они являются частью микробиома человека. В кишечном тракте взрослого человека содержится около 1 кг различных бактерий (бациллы толстой кишки), общее количество которых превышает 100 триллионов (10¹⁴) клеток, что в 10 раз превышает количество



клеток-хозяев в организме человека.

Желудочно-кишечный тракт содержит чрезвычайно сложную экологию микроорганизмов. У типичного человека обитает более 500 различных видов бактерий. Состав и распространение этих микроорганизмов зависят от возраста, состояния здоровья и диеты (Jeukendrup & Gleeson, 2018). Микробиом кишечника вызвал большой интерес в последние несколько лет.

Количество и тип бактерий в желудочно-кишечном тракте сильно различаются в зависимости от региона. У здоровых людей желудок и проксимальный отдел тонкой кишки содержат мало микроорганизмов, в основном из-за бактерицидной активности желудочной кислоты. В отличие от желудка и тонкой кишки, толстая кишка буквально кишит бактериями, преимущественно анаэробами (бактериями, которые выживают только в окружающей среде, практически лишенной кислорода) (см. Таблицу 1). Между этими двумя крайностями находится переходная зона, обычно в подвздошной кишке, где обнаруживаются умеренные количества как аэробных, так и анаэробных бактерий. (Jeukendrup & Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

Таблица 1: Популяции микробов в пищеварительном тракте нормальных людей

	желудок	Жежун.	Подвздошная кишка	толстая кишка
Жизнеспособные бактерии на грамм	$10 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^4$	$10 \cdot 10^8$	$10 \cdot 10^{12}$
pH	3.0	6.0_7.0	7.5	6.8_7.3

Источник: Jeukendrup и Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>

Популяции бактерий, составляющие микробиоту толстого кишечника, выполняют ряд функций. Они переваривают углеводы, белки и липиды, которые не перевариваются и не всасываются в тонком кишечнике. Бактерии отвечают за ферментацию небольшого количества целлюлозы, но также производят витамин К, витамин В12, тиамин, рибофлавин и другие вещества. Витамин К особенно важен, потому что ежедневное потребление витамина К с продуктами питания обычно недостаточно (Jeukendrup & Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

В толстом кишечнике каждого человека насчитывается около 160 видов, и очень немногие из них являются общими для неродственных особей. Напротив, функции, обеспечиваемые этими видами, по-видимому, обнаруживаются в желудочно-кишечном тракте каждого человека, и это наблюдение приводит нас к выводу, что функция важнее, чем идентичность вида, обеспечивающего ее. Тем не менее различия в микробиоте кишечника могут иметь значение, потому что они могут привести к различиям в эффективности функции. Например, хотя способность синтезировать короткоцепочечные жирные кислоты (SCFA) обнаружена у всех людей, их количество может варьироваться (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

Углеводная ферментация - это основная деятельность микробиоты кишечника человека, которая стимулирует энергию и экономию углерода толстой кишки. Доминирующие и преобладающие виды кишечных бактерий, включая продуценты



SCFA, по-видимому, играют решающую роль в начальной деградации сложных полисахаридов растительного происхождения, сотрудничая с видами, специализирующимися на ферментации олигосахаридов (например, бифидобактериями), для высвобождения SCFA и газов, которые также являются использоваться в качестве источников углерода и энергии другими более специализированными бактериями. Эффективное преобразование сложных неперевариваемых диетических углеводов в SCFA обслуживает сообщества микробов с перекрестным кормлением и хозяина, при этом 10% наших суточных потребностей в энергии приходится на кишечное брожение.

Некоторые из SCFAs, включая бутират и пропионат, могут регулировать физиологию кишечника и иммунную функцию, в то время как ацетат действует как субстрат для липогенеза и глюконеогенеза (т.е. синтеза жира и сахара, соответственно). Недавно были определены ключевые роли этих метаболитов в регулировании различных функций организма. Например, иммунная функция играет вспомогательную роль в разрешении воспаления. В толстой кишке большая часть этого углеводного брожения происходит в проксимальном отделе толстой кишки, по крайней мере, у людей, придерживающихся диеты западного стиля. По мере того как углеводы истощаются по мере того, как «пища» движется дистально по кишечнику, микробиота кишечника переключается на другие субстраты, особенно на белок или аминокислоты. Ферментация аминокислот, помимо выделения полезных SCFAs, производит ряд потенциально вредных соединений. Некоторые из них могут играть роль в заболеваниях кишечника, таких как рак толстой кишки или воспалительное заболевание кишечника (ВЗК). Напротив, пищевые волокна или потребление растительной пищи, по-видимому, препятствуют этому, подчеркивая важность поддержания углеводного брожения микробиома кишечника (Jeukendrup & Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

В последнее десятилетие интерес к микробиому человека значительно возрос. Существенным фактором стало осознание того, что комменсальные микроорганизмы, составляющие микробиоту человека, не просто пассажиры в хозяине, но также могут управлять некоторыми функциями хозяина.

У свободных от микробов грызунов удаление микробиоты оказывает сильное влияние почти на все аспекты способности хозяина нормально функционировать. Лучшее понимание механизмов и вклада микробиоты в различные заболевания может дать возможность разработать новые терапевтические средства и стратегии для модуляции микробиоты для лечения или предотвращения болезни. В здоровом состоянии микробиота вносит питательные вещества и энергию в организм хозяина за счет ферментации неперевариваемых пищевых компонентов в толстом кишечнике и влияет как на обмен веществ, так и на иммунную систему хозяина. Кроме того, теперь ясно, что диета может иметь большое влияние на состав микробиоты, что должно открыть новые возможности для изменения здоровья с помощью диеты (Jeukendrup & Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

Пробиотики, пребиотики и полифенолы



Существует ряд диетических стратегий для регулирования состава или метаболической / иммунологической активности микробиоты кишечника человека, а пробиотики, пребиотики и полифенолы являются одними из наиболее хорошо изученных.

Пробиотики - это потенциально полезные бактерии или дрожжи. Пробиотики определяются как живые микроорганизмы, которые при введении в адекватных количествах могут принести пользу здоровью хозяина. Пробиотики могут иметь множественные взаимодействия с хозяином, включая конкурентное ингибирование других микробов, влияние на функцию слизистого барьера и взаимодействие с иммунными клетками и, в частности, с антигенпредставляющими дендритными клетками. Их можно найти в определенных продуктах питания или купить в качестве добавок. Примеры включают штаммы бактерий родов *Bifidobacterium* и *Lactobacillus*. Наиболее распространенными пробиотиками являются последние и их обычно называют молочнокислыми бактериями (LAB). Эти микробы уже много лет используются в пищевой промышленности. LAB способны превращать сахара (включая лактозу) и другие углеводы в молочную кислоту. Это преобразование не только обеспечивает характерный кислый вкус ферментированных молочных продуктов, таких как йогурт, но также за счет снижения pH может создавать меньше возможностей для роста «плохих бактерий», что создает возможные преимущества для здоровья за счет предотвращения желудочно-кишечных инфекций. Штаммы *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* являются наиболее широко используемыми пробиотическими бактериями. Пробиотические бактериальные культуры призваны помочь естественной микрофлоре кишечника организма, экологии микробов («полезных бактерий»), восстановить себя. Иногда их рекомендуют после курса антибиотиков. Утверждается, что пробиотики укрепляют иммунную систему и барьерную функцию желудочно-кишечного тракта, помогая бороться с инфекциями, аллергией, чрезмерным употреблением алкоголя, стрессом, воздействием токсичных веществ и другими заболеваниями. Действительно, есть много примеров положительных результатов с различными штаммами пробиотиков против ряда болезненных состояний как у животных, так и у людей, но очевидно, что их полезные для здоровья черты зависят от штамма. У людей есть доказательства того, что некоторые штаммы пробиотиков могут помочь уменьшить воспаление толстой кишки, диарею, вызванную антибиотиками, некоторые аллергические состояния, а также инфекции кишечника и дыхательных путей. Некоторые исследования у спортсменов подтверждают использование пробиотиков для снижения заболеваемости и / или тяжести симптомов инфекций верхних дыхательных путей (Jeukendrup & Gleeson, 2018).

Вместо того, чтобы употреблять пробиотики, люди могут есть продукты, которыми питаются «хорошие» бактерии. Эти продукты, известные как пребиотики, состоят из неперевариваемых пищевых волокон и сложных углеводов, которые стимулируют рост полезных бактерий в кишечнике. Примеры включают инулин, олигофруктозу,



галактофруктозу, галактоолигосахариды и ксилоолигосахариды. Утверждалось, что может быть более эффективным принимать пребиотики, которые ускоряют рост полезных бактерий, уже присутствующих в кишечнике, чем принимать добавки живых бактерий, которые могут быть уничтожены кислотностью желудка, как только они будут проглочены. Пребиотики естественным образом содержатся в небольших количествах в таких продуктах, как пшеница, овес, бананы, спаржа, лук-порей, чеснок и лук. Но чтобы получить адекватную суточную дозу, люди могут захотеть поискать в супермаркете продукты, обогащенные пребиотиками, или даже подумать о добавках пребиотиков. Как и в случае с пробиотиками, есть убедительные доказательства эффективности в профилактике или лечении многих заболеваний (например, ВЗК, рака толстой кишки, ожирения, диабета 2 типа и сердечно-сосудистых заболеваний) из исследований на животных, но данные по людям остаются неоднозначными. (Jeukendrup & Gleeson, 2018, <https://bit.ly/2LC9XB7>)

Полифенолы представляют собой разнообразный класс вторичных метаболитов растений, часто связанных с цветом, вкусом и защитными механизмами фруктов и овощей. Они давно изучаются как наиболее вероятный класс соединений, присутствующих в цельных растительных продуктах, способных влиять на физиологические процессы, защищающие от хронических заболеваний, связанных с диетой. Микробиота кишечника играет решающую роль в преобразовании пищевых полифенолов в абсорбируемые биологически активные соединения, и недавние исследования показывают, что диетическое вмешательство с использованием экстрактов полифенолов, в первую очередь деалкоголизированного экстракта полифенолов красного вина и флаванолов, полученных из какао, модулирует микробиоту кишечника человека в сторону большего улучшения. «профиль, способствующий укреплению здоровья» за счет увеличения относительной численности бифидобактерий и лактобактерий. Эти данные повышают вероятность того, что определенные функциональные продукты питания задействованы в основных экологических процессах, регулирующих структуру и функции сообщества кишечного микробиома, что способствует здоровью кишечной микробиоты и ее человеческого хозяина.

Последние исследования показывают, что и пробиотики, и пребиотики могут иметь широкую пользу для здоровья. Эффекты пребиотиков и пробиотиков, вероятно, опосредованные иммунным влиянием, могут распространяться за пределы желудочно-кишечного тракта и включать системные эффекты, такие как снижение тяжести простуды или других респираторных заболеваний, более низкая частота и уменьшение симптомов аллергии, а также меньшее количество пропусков работы или дневного ухода. Однако эта область находится в зачаточном состоянии. Существует неполное понимание роли микробиома в производительности. Поэтому любые предлагаемые услуги, которые связывают микробиом с результатами работы, также преждевременны.



Ссылки

- Адопо Э., Перонне Ф., Массикотт Д., Бриссон Г. Р. и Хиллер-Марсель К.** (1994). Соответствующее окисление экзогенной глюкозы и фруктозы, содержащихся в одном напитке во время тренировки. *J. Appl Physiol* (1985), 76 (3), 1014-1019. DOI: 10.1152 / jappl.1994.76.3.1014
- Андерсон, Л., Нотон, Р. Дж., Клоуз, Г. Л., Ди Микеле, Р., Морганс, Р., Драст, Б., и Мортон, Дж. П.** (2017). Ежедневное распределение потребления макроэлементов профессиональными футболистами английской Премьер-лиги. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 27 (6), 491-498. DOI: 10.1123 / ijsnem.2016-0265
- Бален Д., Любоевич М., Брежак Д., Брзица Х., Злендер В., Кёпселл Х. и Саболич И.** (2008). Пересмотренная иммунолокализация котранспортера Na + -D-глюкозы SGLT1 в органах крысы с улучшенным антителом. *Am J Physiol Cell Physiol*, 295 (2), C475-489. DOI: 10.1152 / ajpcell.00180.2008
- Бэтчелор, Д. Дж., Аль-Раммахи, М., Моран, А. В., Бранд, Дж. Г., Ли, Х., Хаскинс, М.,... Ширази-Бичи, С. П.** (2011). Котранспортер-1 натрия / глюкозы, сладкий рецептор и экспрессия дисахаридазы в кишечнике домашней собаки и кошки: два вида с разными диетическими привычками. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 300 (1), R67-75. DOI: 10.1152 / ajpregu.00262.2010
- Биндслев Н., Хираяма Б. А. и Райт Е. М.** (1997). Котранспорт Na / D-глюкозы и экспрессия SGLT1 в толстой кишке курицы коррелируют с диетическим Na +. *Comp Biochem Physiol A Physiol*, 118 (2), 219-227.
- Браунс, Ф., Зенден, Дж., Бекерс, Э. Дж., И Сарис, В. Х.** (1995). Осмолярность не влияет на скорость опорожнения желудка растворами для пероральной регидратации. *J. Parent Enteral Nutr*, 19 (5), 403-406.
- Костилл, Д. Л., и Салтин, Б.** (1974). Факторы, ограничивающие опорожнение желудка во время отдыха и физических упражнений. *J. App. Physiol.*, 37 (5), 679-683.
- Кокс, Г. Р., Кларк, С. А., Кокс, А. Дж., Халсон, С. Л., Харгривз, М., Хоули, Дж. А.,... Берк, Л. М.** (2010). Ежедневные тренировки с высоким содержанием углеводов увеличивают окисление экзогенных углеводов во время езды на велосипеде на выносливость. *J. Appl Physiol* (1985), 109 (1), 126-134. DOI: 10.1152 / japplphysiol.00950.2009
- Каннингем, К. М., Дейли, Дж., Горовиц, М., & Рид, Н. У.** (1991). Адаптация желудочно-кишечного тракта к диетам с различным жировым составом у людей-добровольцев. *Гут*, 32, 483-486.
- Каннингем, К. М., Горовиц, М., & Рид, Н. У.** (1991). Влияние краткосрочных пищевых добавок с глюкозой на опорожнение желудка у людей. *Br J Nutr*, 65 (1), 15-19.
- де Оливейра, Э. П., Бурины, Р. К., и Джеукендруп, А.** (2014). Жалобы со стороны желудочно-кишечного тракта во время упражнений: распространенность, этиология и рекомендации по питанию. *Sports Med*, 44 (Дополнение 1), 79-85. DOI: 10.1007 / s40279-014-0153-2
- Дайер, Дж., Аль-Раммахи, М., Водопад, Л., Салмон, К. С., Геор, Р. Дж., Буре, Л.,... Ширази-Бичи, С. П.** (2009). Адаптивный ответ кишечного переносчика Na + / глюкозы лошади (SGLT1) на увеличение содержания растворимых углеводов в пище. *Арка Пфлюгера*, 458 (2), 419-430. DOI: 10.1007 / s00424-008-0620-4



- Дайер, Дж., Вайро, С., Кинг, Т. П., и Ширази-Бичи, С. П.** (2003). Чувствительность к глюкозе в кишечном эпителии. *Eur J Biochem*, 270 (16), 3377-3388.
- Феррарис, Р. П.** (2001). Диета и регулирование развития кишечного транспорта сахара. *Biochem J*, 360 (Pt 2), 265-276.
- Феррарис Р. П., Вилленас С. А., Хираяма Б. А. и Даймонд Дж.** (1992). Влияние диеты на плотность переносчиков глюкозы вдоль оси кишечного крипта-ворсинка. *Am J Physiol*, 262 (6, часть 1), G1060-1068.
- Гинзбург, Дж. М., и Хеггенесс, Ф. У.** (1968). Адаптация к всасыванию моносахаридов у новорожденных и взрослых крыс. *J Nutr*, 96 (4), 494-498.
- Горовиц, М., Каннингем, К. М., Вишарт, Дж. М., Джонс, К. Л., и Рид, Н. В. (1996). Влияние краткосрочных пищевых добавок с глюкозой на опорожнение желудка от глюкозы и фруктозы и пероральную толерантность к глюкозе у здоровых субъектов. *Диабетология*, 39 (4), 481-486.
- Jentjens, R. L., & Jeukendrup, A. E.** (2005). Высокая скорость экзогенного окисления углеводов за счет смеси глюкозы и фруктозы, поступающей во время длительной езды на велосипеде. *Br J Nutr*, 93 (4), 485-492.
- Джентдженс, Р. Л., Венейблс, М. К., и Джекендруп, А. Э.** (2004). Окисление экзогенной глюкозы, сахарозы и мальтозы во время длительной езды на велосипеде. *J. Appl Physiol*, 96 (4), 1285-1291.
- Jeukendrup, A. E.** (1999). Возможная связь между питанием и перетренированностью. *Vlaams Tijdschrift voor Sportgeneeskunde*, 80, 37-45.
- Jeukendrup, A. E.** (2010). Углеводы и эффективность упражнений: роль нескольких переносимых углеводов. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 13 (4), 452-457. DOI: 10.1097 / MCO.0b013e328339de9f00075197-201007000-00019 [pii]
- Jeukendrup, A. E.** (2011a). Питание и виды спорта на выносливость: бег, велоспорт, триатлон. *J Sports Sci*, 29 (Дополнение 1), S91-99.
- Jeukendrup, A. E.** (2011b). Питание для видов спорта на выносливость: марафон, триатлон и велоспорт. *J Sports Sci*, 29 (Дополнение 1), S91-99. DOI: 10.1080 / 02640414.2011.610348
- Jeukendrup, A.** (2013). Новые рекомендации по потреблению углеводов. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*, 75, 63-71. DOI: 10.1159 / 000345820
- Jeukendrup, A.** (2014). Шаг к индивидуальному спортивному питанию: потребление углеводов во время тренировки. *Sports Med*, 44 (Приложение 1), 25-33. DOI: 10.1007 / s40279-014-0148-z
- Jeukendrup, A. E.** (2016). Причина желудочно-кишечных проблем у спортсменов [Изображение]. Получено с <http://www.mysportscience.com/single-post/2016/1/20/Cause-of-gastrointestinal-problems-in-athletes>.
- Jeukendrup, A. E.** (2017). Тренировка кишечника для спортсменов. *Sports Med*, 47 (Приложение 1), 101-110. DOI: 10.1007 / s40279-017-0690-6
- Jeukendrup, A. E., & Gleeson, M.** (2018). Спортивное питание: введение в производство энергии и производительность (3-е изд.). Шампейн, США: кинетика человека.
- Jeukendrup, A. E., & Jentjens, R.** (2000). Окисление углеводного питания во время длительных упражнений: текущие мысли, рекомендации и направления будущих исследований. *Sports Med*, 29 (6), 407-424.
- Jeukendrup, A. E., & McLaughlin, J.** (2011). Употребление углеводов во время упражнений: влияние на производительность, адаптацию к тренировкам и обучаемость кишечника. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*, 69, 1-17. DOI: 10.1159 / 000329268



Карасов В. Х., Понд Р. С., З-е, Сольберг Д. Х. и Даймонд Дж. М. (1983). Регулирование транспорта пролина и глюкозы в кишечнике мышей уровнями пищевого субстрата. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 80 (24), 7674-7677.

Келлетт, Г. Л. (2001). Облегченный компонент всасывания глюкозы в кишечнике. *J. Physiol*, 531 (Pt 3), 585-595.

Келлетт, Г. Л., Брот-Ларош, Э., Мейс, О. Дж., И Летурк, А. (2008). Всасывание сахара в кишечнике: роль GLUT2. *Ann Rev Nutr*, 28, 35-54. DOI: 10.1146 / annurev.nutr.28.061807.155518

Киши К., Такасе С. и Года Т. (1999). Повышение экспрессии гена сахаразы-изомальтазы, вызванное введением фруктозы в тонкую кишку крыс. *J Nutr Biochem*, 10 (1), 8-12.

Ламберт, К. П., Болл, Д., Лейпер, Дж. Б., и Моган, Р. Дж. (1999). Использование метода дейтериевого индикатора для отслеживания судьбы жидкостей, попавших в организм человека: влияние объема напитка, концентрации и содержания индикатора. *Exp Physiol*, 84 (2), 391-399.

Ламберт, Г. П., Ланг, Дж., Булл, А., Экерсон, Дж., Ланспа, С., и О'Брайен, Дж. (2008). Толерантность к жидкости во время бега: эффект повторных проб. *Int J Sports Med*, 29 (11), 878-882. DOI: 10.1055 / s-2008-1038620

Лейпер, Дж. Б., Броуд, Н. П., и Моэн, Р. Дж. (2001). Влияние периодических упражнений высокой интенсивности на опорожнение желудка у человека. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (8), 1270-1278.

Лейпер, Дж. Б., Прентис, А. С., Райтсон, К., и Моган, Р. Дж. (2001). Опорожнение желудка от углеводно-электролитного напитка во время футбольного матча. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (11), 1932-1938.

Маргольски, Р. Ф., Дайер, Дж., Кокрашвили, З., Салмон, К. С., Илегемс, Э., Дейли, К.,... Ширази-Бичи, С. П. (2007). T1R3 и густдучин в кишечных сахарах для регулирования экспрессии котранспортера Na + -глюкозы 1. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104 (38), 15075-15080. DOI: 10.1073 / pnas.0706678104

Моран, А. В., Аль-Раммахи, М. А., Арора, Д. К., Бэтчелор, Д. Дж., Коултер, Э. А., Дейли, К.,... Ширази-Бичи, С. П. (2010). Экспрессия ко-переносчика 1 Na + / глюкозы (SGLT1) усиливается за счет добавления в рацион поросят-отъемышей искусственных подсластителей. *Br J Nutr*, 104 (5), 637-646. DOI: 10.1017 / S0007114510000917

Моран, А. В., Аль-Раммахи, М. А., Арора, Д. К., Бэтчелор, Д. Дж., Коултер, Э. А., Ионеску, К.,... Ширази-Бичи, С. П. (2010). Экспрессия ко-транспортера 1 Na + / глюкозы (SGLT1) в кишечнике поросят, отнятых от груди до различных концентраций пищевых углеводов. *Br J Nutr*, 104 (5), 647-655. DOI: 10.1017 / S0007114510000954

Нойфер, П. Д., Янг, А. Дж., И Савка, М. Н. (1989). Опорожнение желудка во время упражнений: последствия теплового стресса и гипогидратации. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 58 (4), 433-439.

Пфайффер, Б., Стеллингверфф, Т., Залтас, Э., и Джеукендруп, А. Э. (2010). Окисление твердых и жидких источников углеводов во время упражнений. *Медико-спортивные упражнения*, doi: 10.1249 / MSS.0b013e3181e0efc9

Rehrer, N.J., Beckers, E.J., Brouns, F., ten Hoor, F., & Saris, W.H. (1990). Влияние обезвоживания на опорожнение желудка и желудочно-кишечные расстройства во время бега. *Med Sci Sports Exerc*, 22 (6), 790-795.



- Rehrer, N.J., Beckers, E.J., Brouns, F., ten Hoor, F., & Saris, W.H.M.** (1990). Влияние обезвоживания на опорожнение желудка и желудочно-кишечные расстройства во время бега. *Med Sci Sports Exerc*, 22 (6), 790-795.
- Ши, Х., Саммерс, Р. В., Шедл, Х. П., Фланаган, С. В., Чанг, Р., и Гисолфи, К. В.** (1995). Влияние типа и концентрации углеводов, а также осмоляльности раствора на водопоглощение. *Медико-спортивные упражнения*, 27 (12), 1607-1615.
- Смит, Дж. У., Паско, Д. Д., Пасс, Д. Х., Руби, Б. К., Стюарт, Л. К., Бейкер, Л. Б., и Захвейя, Дж. Дж.** (2013). Криволинейная доза-ответная зависимость углеводов (0-120 г / ч (-1)) и производительности. *Med Sci Sports Exerc*, 45 (2), 336-341. DOI: 10.1249 / MSS.0b013e31827205d1
- Смит, Дж. У., Захвейя, Дж. Дж., Хорсвилл, К. А., Паско, Д. Д., Пасс, Д., Руби, Б. К. и Стюарт, Л. К.** (2010). Доказательства взаимосвязи между дозой углеводов и длительной физической нагрузкой. *Медико-спортивные упражнения*, 42 (5), 84.
- Sole, C.C. & Noakes, T.D.** (1989). Более быстрое опорожнение желудка для растворов полимеров глюкозы и фруктозы, чем для глюкозы у людей. *Eur J Appl Physiol*, 58, 605-612.
- Таката К., Касахара Т., Касахара М., Эзаки О. и Хирано Х.** (1992). Иммуногистохимическая локализация Na (+) - зависимого переносчика глюкозы в тонкой кишке крыс. *Cell Tissue Res*, 267 (1), 3-9.
- Ванденбогаерде, Т. Дж., И Хопкинс, В. Г. (2011). Влияние острых углеводных добавок на выносливость: метаанализ. *Sports Med*, 41 (9), 773-792. DOI: 10.2165 / 11590520-000000000-00000
- Вист, Г. Э., и Моэн, Р. Дж.** (1994). Опорожнение желудка от проглоченных растворов у человека: влияние концентрации глюкозы в напитке. *Med Sci Sports Exerc*, 26 (10), 1269-1273.
- Вист, Г. Э., и Моэн, Р. Дж.** (1995). Влияние осмоляльности и содержания углеводов на скорость опорожнения желудка от жидкости у человека. *J. Physiol*, 486 (Pt 2), 523-531.
- Яу, А. М., Маклафлин, Дж., Моэн, Р. Дж., Гилмор, В., и Эванс, Г. Х. (2014). Кратковременное добавление фруктозы к пище ускоряет опорожнение желудка от фруктозы, но не от раствора глюкозы. *Питание*, 30 (11-12), 1344-1348. DOI: 10.1016 / j.nut.2014.03.023

