

ПОСТПРАНДИАЛЬНАЯ СЕКРЕЦИЯ ИНСУЛИНА И ПЕПТИДА YY ПРИ ПРИЕМЕ ЭРИТРИТОЛА И САХАРОЗЫ



© Н.В. Силина^{1*}, Н.В. Мазурина¹, Е.В. Ершова¹, К.А. Комшилова¹, Л.В. Никанкина¹, А.П. Першина-Милюткина¹, К.В. Антонова², Е.А. Трошина¹

¹ГНЦ РФ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии», Москва

²Научный центр неврологии, Москва

ЦЕЛЬ. Изучить влияние некалорийного сахарозаменителя эритритола и комбинации эритритола и сахарозы на постпрандиальную секрецию инсулина и пептида-YY (PYY).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведено сравнительное исследование, направленное на оценку влияния эритритола (эритрита), сахарозы и комбинации эритритола и сахарозы на постпрандиальный уровень глюкозы, иммунореактивного инсулина (ИРИ) и PYY. Участники отбирались из числа здоровых добровольцев, в возрасте от 18 до 35 лет. При соответствии участников критериям отбора проводились дальнейшие этапы исследования. В ходе исследования каждый из участников принимал раствор сахарозы 75 г, эритрита 75 г или смеси сахарозы и эритрита (75 г и 25 г соответственно). Дальнейшее определение глюкозы и инсулина проводилось каждые 30 минут, таким образом, показатели глюкозы, инсулина и PYY определялись исходно и на 30-й, 60-й, 90-й и 120-й минутах.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Были получены данные, подтверждающие отсутствие влияния эритритола на постпрандиальную секрецию инсулина и глюкозы. В нашей работе мы также продемонстрировали снижение постпрандиальной гликемии при совместном приеме сахарозы и эритритола. Сахароза и эритрит в равной степени стимулировали секрецию PYY.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные нами данные показывают, что эритритол может рассматриваться в качестве оптимального заменителя сахара у людей с нарушениями углеводного обмена и ожирением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсулин; пептид YY; эритритол; сахарозаменители.

POSTPRANDIAL SECRETION OF INSULIN AND PEPTIDE YY WHEN TAKING ERYTHRITOL AND SUCROSE

© Natalia V. Silina¹, Natalya V. Mazurina¹, Ekaterina V. Ershova¹, Kseniya A. Komshilova¹, Larisa V. Nikankina¹, Anastasiia P. Pershina-Milutina¹, Ksenia V. Antonova², Ekaterina A. Troshina¹

¹Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia

²Research Center of Neurology, Moscow, Russia

AIM. To study the effect of the non-calorie sweetener erythritol and the combination of erythritol and sucrose on postprandial secretion of insulin and peptide-YY (PYY).

MATERIALS AND METHODS. A comparative study was conducted to assess the effect of erythritol, sucrose and a combination of erythritol and sucrose on postprandial glucose, IRI and PYY levels. The participants were selected from among healthy volunteers, aged 18 to 35 years. If the participants met the selection criteria, further stages of the study were carried out. During the study, each participant took a solution of sucrose 75 g, erythritol 75 g or a mixture of sucrose and erythritol (75 g and 25 g, respectively). Further determination of glucose and insulin was carried out every 30 minutes, so glucose, insulin and PYY values were determined initially and at the 30th, 60th, 90th and 120th minutes.

RESULTS. Data were obtained confirming the absence of the effect of erythritol on postprandial secretion of insulin and glucose. In our work, we also demonstrated a decrease in postprandial glycemia when taking sucrose and erythritol together. Sucrose and erythritol equally stimulated PYY secretion.

CONCLUSION. Our data show that erythritol can be considered as an optimal sugar substitute in people with impaired carbohydrate metabolism and obesity.

KEYWORDS: insulin; peptide YY; erythritol; sweeteners.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин резкого роста распространенности ожирения в мире является избыточное потребление легкоусвояемых углеводов. Согласно рекомендациям ВОЗ, норма потребления простых сахаров у взрослого человека не должна превышать 10% от ка-

лорийности суточного рациона [1]. Так как сладкий вкус является наиболее привлекательным для большинства людей, в последнее время широко используются низкокалорийные подсластители. В 2023 г. ВОЗ был опубликован обзор, посвященный влиянию некалорийных подсластителей на метаболические показатели, массу тела и некоторые хронические неинфекционные

заболевания. Эксперты ВОЗ пришли к заключению, что замена привычных углеводов в рационе на некалорийные подсластители не имеет преимуществ, и не рекомендуют их применение [2]. В то же время следует принимать во внимание, что сахарозаменители различаются по химической структуре, органолептическим свойствам, влиянию на метаболические показатели. При проведении анализа экспертами ВОЗ гетерогенные сахарозаменители были объединены в одну группу, поэтому проведение исследований, направленных на изучение влияния подсластителей определенной химической структуры, является актуальным.

Эритритол (эритрит) — это некалорийный подсластитель, являющийся по своей химической структуре четырехатомным спиртом (полиолом). Эритритол содержится во многих фруктах и овощах. Метаболизм полиолов требует минимального количества инсулина или не требует вовсе [3]. После приема внутрь большая часть эритритола всасывается и выводится почками в неизменном виде (80–90%) [4]. Hootman K. и соавт. выдвинули гипотезу, что 5–10% эритритола, всосавшегося в кровоток, метаболизируется с образованием эритроната [5].

Согласно результатам исследований, посвященных влиянию эритритола на метаболические показатели, этот сахарозаменитель обладает целым рядом преимуществ: не является калорийным, не вызывает повышение уровня глюкозы и инсулина, но при этом стимулирует выброс гормонов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), вызывающих снижение аппетита. В ряде исследований было продемонстрировано, что прием эритритола приводит к выделению глюкагоноподобного пептида 1 (ГПП-1), пептида YY (PYY) и холецистокинина, а также замедленному опорожнению желудка [6].

В ходе нашего исследования было запланировано не только изучить влияние эритритола на постпрандиальную секрецию инсулина и пептида-YY (PYY), но и оценить влияние эритритола на постпрандиальные уровни этих гормонов, стимулированные сахарозой.

Этическая экспертиза

Локальный этический комитет при ГНЦ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России постановил одобрить проведение данной научно-исследовательской работы в рамках Государственного задания «Механизмы дезадаптации двухуровневой системы регуляции аппетита при экзогенно-конституциональном ожирении с множественными осложнениями и способы ее коррекции», протокол №6 от 23.03.2022 г.

Всеми пациентами подписано информированное согласие на участие в исследовании.

Участники исследования

В исследование были включены 16 здоровых добровольцев с нормальной массой тела в возрасте от 18 до 35 лет. Ни у одного из испытуемых не наблюдалось хронических заболеваний, связанных с ЖКТ, пищевой аллергии или ограничений в питании. Были проведены антропометрические измерения, включая измерение роста, массы тела, расчет индекса массы тела (ИМТ). Испытуемым было рекомендовано воздерживаться от приема алкоголя, избыточного употребления кофеина, сахарозаменителей за 72 часа до проведения исследования. Характеристики обследованной группы добровольцев представлены в табл. 1.

Дизайн и ход исследования

Мы провели сравнительное исследование по оценке влияния эритритола, сахарозы и комбинации эритритола и сахарозы на постпрандиальный уровень глюкозы, иммунореактивного инсулина (ИРИ) и PYY.

Критерии включения: возраст от 18 до 35 лет, нормальная масса тела (ИМТ 18,5–24,9 кг/м²).

Критерии исключения: наличие хронических заболеваний, нарушения углеводного обмена (уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 6,1$ ммоль/л, гликированный гемоглобин $> 5,7\%$), избыточная масса тела и ожирение, прием сахароснижающих препаратов, в том числе агонистов ГПП-1, сахарозаменителей в период исследования, курение, употребление психоактивных веществ, психические заболевания и любые отклонения, обнаруженные при физическом осмотре.

На этапе скрининга были исключены нарушения углеводного обмена, для чего были определены уровень глюкозы плазмы натощак и уровень гликированного гемоглобина (табл. 1).

При соответствии участников критериям отбора проводились дальнейшие этапы исследования. В ходе исследования каждый из участников последовательно принимал утром натощак после ночного голодания продолжительностью не менее 12 часов раствор сахарозы 75 г (1 проба), эритрита 75 г (2 проба) или смеси сахарозы 75 г и эритрита 25 г (3 проба). Интервал между проведениями составлял не менее 48 часов и не более 7 дней. Испытуемым не сообщалось о составе принимаемого раствора, что позволило исключить влияние психосоматической реакции на возникновение нежелательных явлений со стороны ЖКТ. Забор крови производился

Таблица 1. Клинико-лабораторная характеристика обследованных

Параметр	Me [Q1; Q3]	Min — Max
Возраст, годы	25 [24; 25,5]	19–34
ИМТ, кг/м²	20,69 [19,90; 22,19]	18,96–24,00
HbA _{1c} , %	5,05 [4,8; 5,2]	4,5–5,7
Глюкоза плазмы натощак, ммоль/л	4,55 [4,38; 4,90]	4,26–4,97

Примечание. ИМТ — индекс массы тела; HbA_{1c} — гликированный гемоглобин.

натошак до начала пробы и далее каждые 30 минут в течение 2 часов. В исследовании использовались пробирки двух типов: для определения гликированного гемоглобина и РУУ использовали пробирки с этилендиаминуксусной кислотой (ЭДТА), а для определения уровней глюкозы и инсулина — активатор образования густого сухого SiO₂ и гель (олефинолигомер). Далее пробирки центрифугировали при 4 °С при 3000 об/мин в течение 10 мин. В полученных образцах крови определялись уровни глюкозы, инсулина (ИРИ) и РУУ.

Лабораторные исследования

Лабораторные исследования проводились в клинико-диагностической лаборатории ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России. Концентрацию глюкозы в плазме крови определяли с помощью стандартных наборов на анализаторе Architect 8000 (Abbot Diagnostics, США). Определение уровня инсулина проводилось на электрохемилюминесцентном анализаторе Cobas (Roche Diagnostics). Плазменный уровень РУУ измеряли с помощью коммерчески доступного набора для ИФА (Миллипор, Сент-Чарльз, Миссури).

Статистический анализ

Статистический анализ данных выполнен с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 13.3.0 (TIBCO Software Inc., США). Данные представлены в виде медианы, значений первого и третьего квартилей — Me [Q1; Q3], минимальных и максимальных значений (Min, Max). Сравнение количественных данных в двух независимых группах выполнялось с помощью критерия Манна-Уитни (U-test). Сравнение количественных данных

при последовательных измерениях выполнялось с помощью критерия Вилкоксона (Wilcoxon). Статистически значимым признавали уровень ошибки первого рода менее 0,05. Для нивелирования проблем множественных сравнений применялась поправка Бонферрони. После применения поправки, значения *p* в диапазоне между рассчитанными и 0,05 интерпретировались как статистическая тенденция.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изменение уровня глюкозы в плазме крови при приеме сахарозы, эритритола и комбинации сахарозы и эритритола

При приеме эритритола в дозе 75 г у 75% испытуемых наблюдались диспепсические явления (тошнота, боль в животе, метеоризм, диарея). Несмотря на диарею (которая обычно прекращалась после 1–2 опорожнений кишечника), проведение пробы продолжалось согласно протоколу. У одного добровольца прием 75 г эритритола спровоцировал рвоту на 30-й минуте испытания, в связи с чем проба была завершена досрочно, и данный участник исключен из исследования.

При приеме сахарозы у здоровых добровольцев наблюдалось ожидаемое повышение уровня глюкозы в крови. При приеме внутрь эритритола, в отличие от сахарозы, не отмечалось значимого изменения концентрации глюкозы плазмы (рис. 1). Смесь эритрита и сахарозы также приводила к росту гликемии, однако повышение было менее выраженным, нежели при приеме чистой сахарозы в том же количестве.

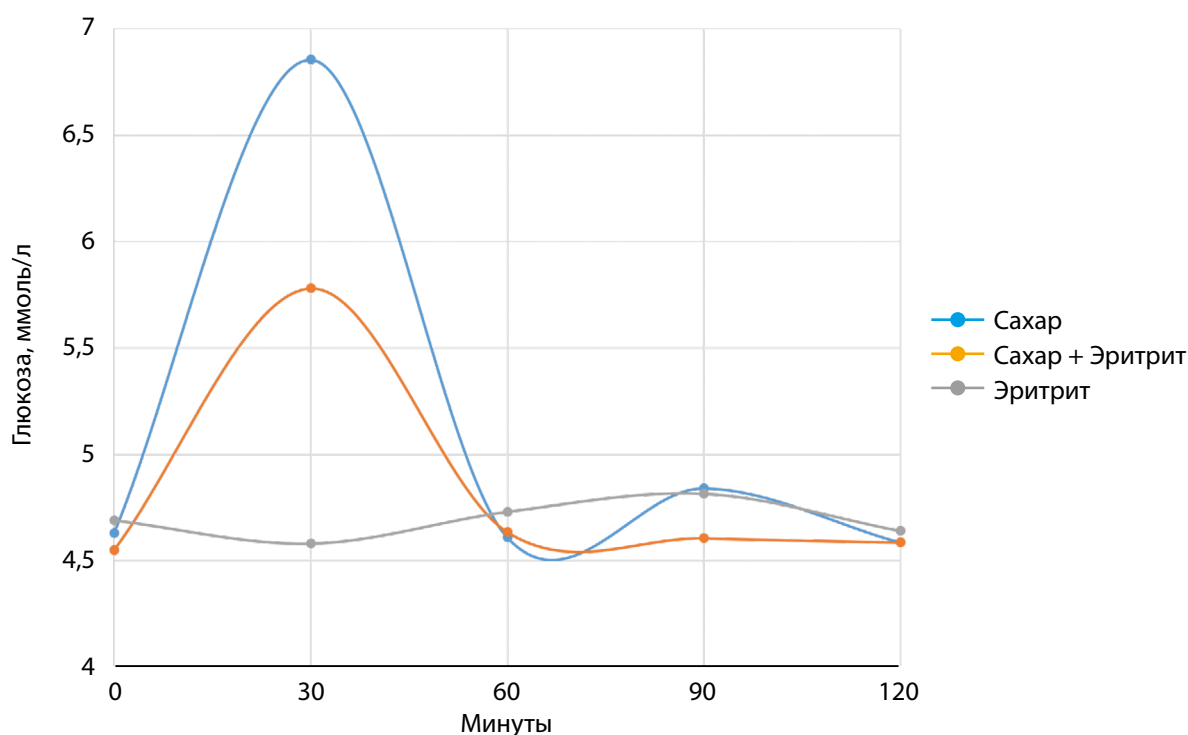


Рисунок 1. Изменение концентрации глюкозы при приеме исследуемых веществ: сахарозы (сахар) — 75 г, смеси сахарозы 75 г и эритритола 25 г, и эритритола — 75 г.

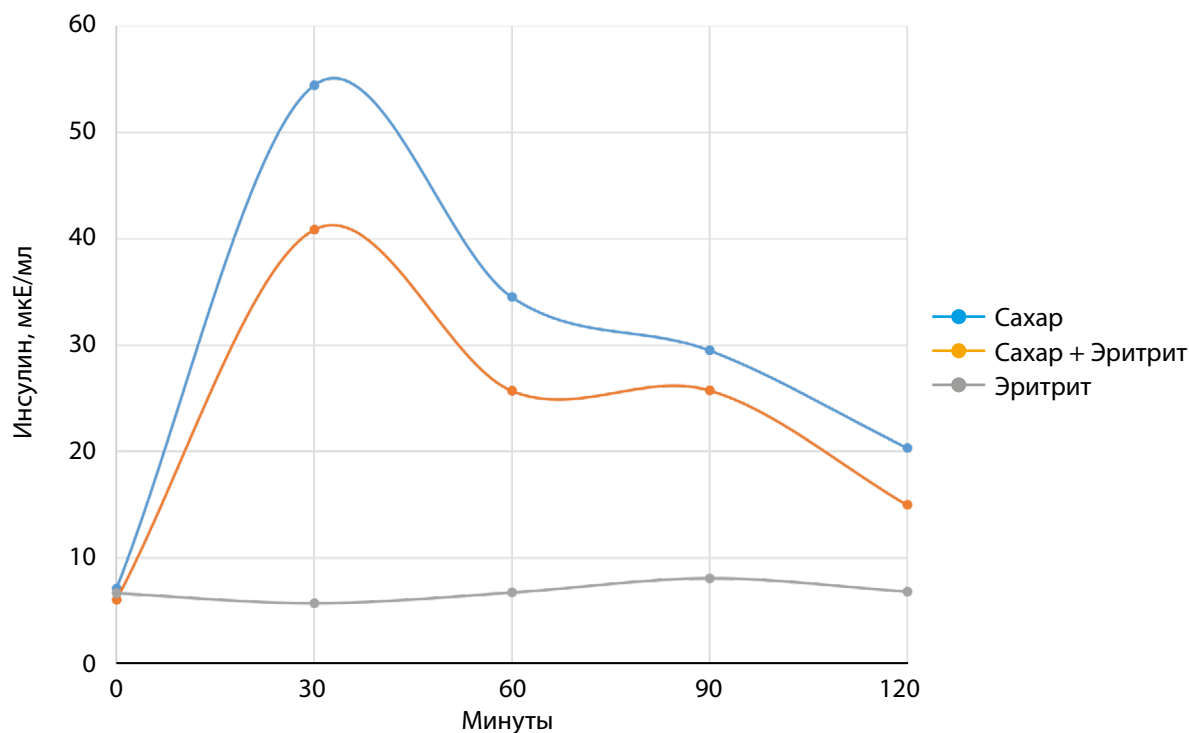


Рисунок 2. Изменение концентрации инсулина при приеме исследуемых веществ: сахарозы — 75 г, смеси сахарозы 75 г и эритритола 25 г и эритритола — 75 г.

Уровень инсулина в плазме крови

Наиболее выраженное повышение постпрандиального (стимулированного) уровня инсулина наблюдалось после приема сахарозы (пиковая концентрация на 30-й минуте пробы). Эритритол не оказывал стимулирующего влияния на концентрацию инсулина. Прием смеси сахарозы и эритритола приводил к значимому увеличению инсулина, однако уровень инсулина во всех точках в ходе пробы был более низким, чем при приеме раствора сахарозы (рис. 2).

РУУ в плазме крови (пептид тирозин-тирозин)

Прием сахарозы, а также эритрита стимулировал высвобождение РУУ. Интересно, что стимулированный уровень РУУ после приема сахарозы и эритритола достоверно не различался. Высвобождение РУУ было менее выраженным при приеме смеси сахарозы и эритрита, причем его концентрация даже снижалась по сравнению с базальным уровнем (рис. 3).

Значения изучаемых показателей в ходе пробы представлены в табл. 2.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашего исследования подтвердили, что эритритол не оказывает влияния на уровень глюкозы и не стимулирует секрецию инсулина. Данные, полученные ранее при обследовании пациентов с нормальной массой тела и ожирением, а также пациентов с сахарным диабетом (СД) и пациентов без нарушений углеводного обмена, демонстрируют, что уровень глюкозы и уровень инсулина после перорального приема эритритола в дозах от 25 до 75 г практически не изменяются [7, 8, 9].

Livesey G. на основе анализа публикаций, посвященных влиянию полиолов на гликемию и инсулинемию,

произвел расчет гликемического и инсулинемического индексов: для эритритола гликемический индекс был равен 0, инсулинемический индекс — 2 (для глюкозы, как стандарта, оба эти индекса были равны 100, для ксилитола — 13 и 11 соответственно) [10]. Несмотря на это, контролируемых клинических исследований по изучению приема эритритола при СД практически не проводилось.

В нашей работе мы также продемонстрировали снижение постпрандиальной гликемии при совместном приеме 75 г сахарозы в сочетании с 25 г эритритола. После приема 75 г сахарозы медиана пиковой концентрации глюкозы составила 6,8 [5,6; 7,4] ммоль/л, при приеме сахарозы в том же количестве в смеси с эритритолом — 5,8 [5,4; 6,7] ммоль/л ($p < 0,001$).

Работы, проведенные Wen H. и соавт. [11], позволили выявить некоторые механизмы, посредством которых эритритол снижает или замедляет абсорбцию глюкозы в тонкой кишке. В экспериментах на животных моделях было показано снижение альфа-глюкозидазной активности при приеме глюкозы совместно с эритритолом. Авторы, используя технику молекулярного моделирования, доказали взаимодействие эритритола с альфа-глюкозидазой, что приводит к ингибированию активности фермента путем конкурентного связывания эритритола с каталитическим центром фермента. Кроме того, интересно, что при длительном приеме эритритол оказывает антигипергликемическое действие, возможно, за счет усиления инсулин-опосредованного усвоения глюкозы и снижения кишечной абсорбции глюкозы [12]. Bordier V. и соавт. [13] провели исследование по оценке влияния более длительного и постоянного употребления эритритола (12 г 3 раза в день) и ксилитола (8 г 3 раза в день) в течение 5–7 недель на всасывание глюкозы. В качестве маркера абсорбции глюкозы при проведении орального

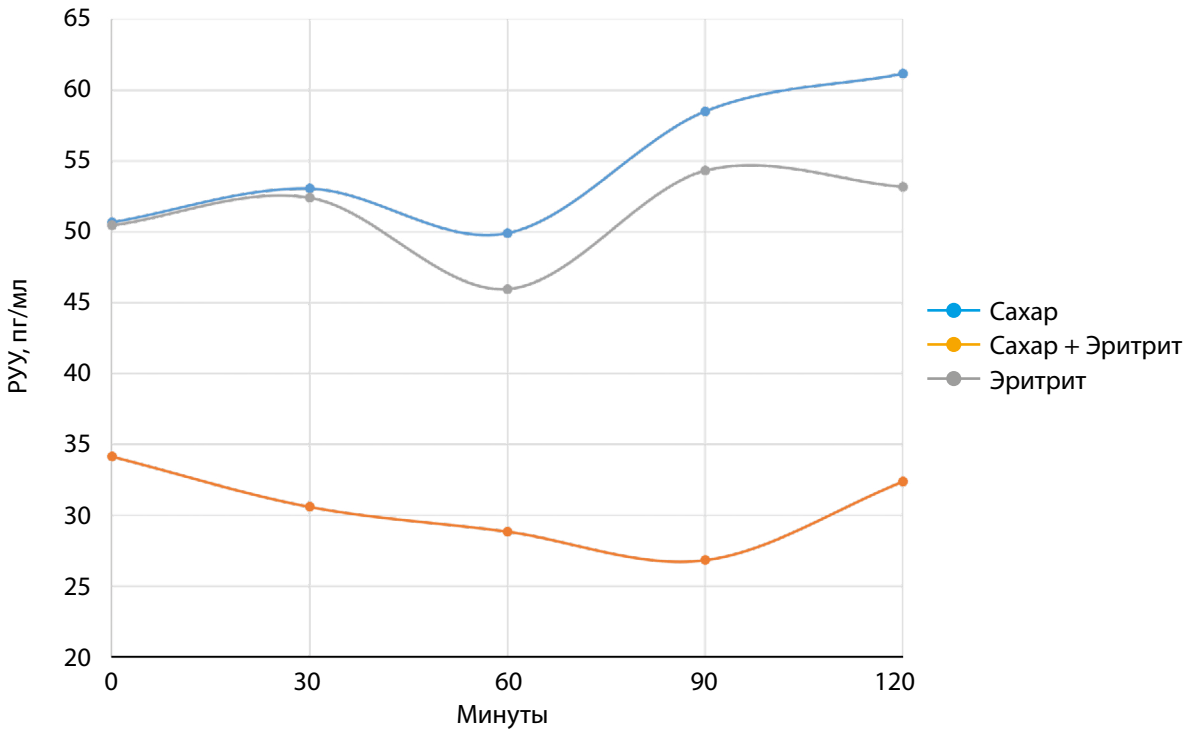


Рисунок 3. Изменение концентрации РYY при приеме исследуемых веществ: сахарозы — 75 г, смеси сахарозы 75 г и эритритола 25 г и эритритола — 75 г.

Таблица 2. Уровень глюкозы, инсулина и РYY в ходе пробы

Признак	Сахароза N = 16	Сахароза + Эритритол N = 16	Эритритол N = 16	Сахароза VS Сахароза + Эритритол	Сахароза VS Эритритол	Сахароза + Эритритол VS Эритритол
	Me [Q1; Q3]	Me [Q1; Q3]	Me [Q1; Q3]	p, U-test	p, U-test	p, U-test
Глюкоза, ммоль/л 30 мин	6,8 [5,6; 7,4]	5,8 [5,4; 6,7]	4,6 [4,4; 4,9]	0,076	<0,001	<0,001
Глюкоза, ммоль/л 60 мин	4,6 [4,0; 5,6]	4,6 [4,1; 5,3]	4,7 [4,4; 4,9]	0,985	0,678	0,895
Глюкоза, ммоль/л 90 мин	4,8 [4,3; 5,1]	4,6 [4,17; 4,91]	4,8 [4,4; 5,0]	0,386	0,940	0,300
Глюкоза, ммоль/л 120 мин	4,6 [4,4; 4,7]	4,6 [4,3; 4,7]	4,6 [4,4; 5,1]	0,665	0,611	0,462
Инсулин, мкЕд/мл 0 мин	7,1 [5,3; 7,9]	6,1 [3,6; 8,0] (N=14)	6,7 [4,9; 9,3]	0,253	0,836	0,350
Инсулин, мкЕд/мл 30 мин	54,4 [43,6; 71,2]	40,9 [36,7; 60,1]	5,7 [3,5; 9,6]	0,068	<0,001	<0,001
Инсулин, мкЕд/мл 60 мин	34,5 [17,3; 48,7]	25,7 [20,3; 42,7]	6,7 [4,3; 10,9]	0,692	<0,001	<0,001
Инсулин, мкЕд/мл 90 мин	29,5 [23,1; 35,8]	25,8 [16,8; 34,4]	8,1 [4,9; 12,7]	0,396	<0,001	<0,001
Инсулин, мкЕд/мл 120 мин	20,3 [11,2; 28,6]	14,9 [8,5; 24,2]	6,815 [4,585; 12,005]	0,611	0,005	0,003
РYY, 0 мин, пг/мл	50,7 [32,8; 88,3]	34,2 [25,1; 42,8]	50,4 [23,4; 59,1]	0,015	0,283	0,283
РYY, 30 мин	53,1 [39,8; 82,9]	30,6 [19,2; 35,4]	52,4 [25,4; 69,3]	0,001	0,396	0,020
РYY, 60 мин	49,9 [31,9; 95,9]	28,9 [16,7; 38,7]	45,9 [28,5; 64,4]	0,005	0,235	0,020
РYY, 90 мин	58,5 [33,8; 84,9]	26,8 [20,8; 40,2]	54,3 [40,0; 66,1]	0,002	0,806	0,001
РYY, 120 мин	61,2 [35,4; 81,0]	32,4 [22,5; 37,5]	53,2 [34,6; 62,4]	0,003	0,356	0,003

Примечание. Поправка Бонферрони: 0,05/14=0,004. РYY — пептид YY.

глюкозотолерантного теста (ОГТТ) использовалась 3-орто-метилглюкоза. Различий между группами участников, получавших полиолы, и участниками, не употреблявшими сахарозаменители, обнаружить не удалось. Однако следует отметить, что в этом исследовании ОГТТ проводился утром натощак после ночного голодания, тогда как в экспериментах на животных прием эритритола либо предшествовал приему глюкозы, либо мыши получали глюкозу и эритритол одновременно. Такие различия вполне объяснимы, если учитывать, что действие эритритола реализуется через альфа-глюкозидазу, то есть только при одномоментном приеме с глюкозой.

Важной причиной развития ожирения является нарушение регуляции чувства голода и насыщения. Как известно, ЖКТ и, в частности гормоны, образующиеся в кишечнике, играют важную роль в этих процессах. Макронутриенты, взаимодействуя с рецепторами энтероэндокринных клеток (L-клеток), которые стимулируют высвобождение PYY, ГПП-1, активируют ряд механизмов насыщения, а также замедление опорожнения желудка [14, 15].

В задачи нашего исследования также входила оценка влияния эритритола на секрецию кишечных пептидов, в частности PYY. Главным положительным эффектом с точки зрения клинической практики является способность эритритола стимулировать продукцию инкретинов и замедлять опорожнение желудка, что позволит улучшить гликемический ответ на последующую углеводсодержащую пищу, например, когда эритрит дается в качестве предварительной нагрузки [16, 17].

При изучении скорости опорожнения желудка после приема эритритола авторы пришли к следующим выводам: при приеме эритритола здоровыми добровольцами отмечалось замедление эвакуации содержимого из желудка в 12-перстную кишку и замедление всасывания глюкозы в тонкой кишке, что сопровождалось дозозависимой секрецией кишечных гормонов: глюкагоноподобного пептида 1 (ГПП-1), холецистокинина и PYY [6, 8].

В норме натощак в кровотоке преимущественно циркулирует форма PYY 1-36, тогда как после приема пищи основной циркулирующей формой является PYY 3-36. После еды циркулирующие уровни PYY 3-36 повышаются в течение 15 минут, достигают пика примерно через 90 минут и остаются повышенными до 6 часов. Величина повышения PYY 3-36 пропорциональна потребленным калориям [18].

С точки зрения клинической практики главным положительным эффектом применения эритритола является его способность стимулировать секрецию гормонов кишечника и замедлять опорожнение желудка, что позволяет улучшить гликемический ответ на последующую углеводсодержащую пищу, например, когда эритрит дается в качестве предварительной нагрузки, как было показано в исследованиях. Таким образом, при употреблении эритритола пациентами с ожирением и СД2 можно ожидать положительного влияния не только на постпрандиальный уровень глюкозы крови, но и на регуляцию аппетита за счет стимуляции чувства насыщения.

В нашем исследовании были выявлены и нежелательные явления, которые зависели от количества эритри-

тола. Прием 75 г эритритола сопровождался желудочно-кишечными расстройствами в большинстве случаев, а прием 25 г переносился добровольцами без развития побочных эффектов. Следует принять во внимание, что для придания сладкого вкуса напиткам или десертам не требуется использование такого большого количества сахарозаменителя, достаточно 15–30 г эритритола. Интересно, что субъективно испытуемые оценивали снижение аппетита после приема 75 г эритритола и увеличение аппетита при приеме 75 г сахарозы через 2 часа после нагрузки.

Ограничения исследования

В нашем исследовании у добровольцев эритритол не оказывал влияния на высвобождение глюкозы и инсулина в отличие от сахарозы, стимулировал выброс PYY. В последующих исследованиях необходимо изучить эффекты длительного воздействия эритритола на высвобождение и других гормонов ЖКТ, поскольку нельзя исключать адаптивные процессы. Различия в выраженности эффектов могут зависеть и от способа поступления эритритола, например, с жидкостью как в нашем исследовании, или в составе твердой пищи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы пришли к выводу, что прием натурального подсластителя эритритола не оказывает влияния на уровень глюкозы и инсулина в крови, но при этом приводит к повышению концентрации PYY — одного из кишечных гормонов, участвующих в формировании чувства насыщения. Также при совместном приеме сахарозы и эритритола отмечается более низкий уровень постпрандиальной гликемии по сравнению приемом такого же количества сахарозы. Данные свойства эритритола позволяют рекомендовать его в качестве сахарозаменителя пациентам с нарушениями углеводного обмена и ожирением.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источники финансирования. Данная публикация подготовлена в рамках государственного задания «Механизмы дезадаптации двухуровневой системы регуляции аппетита при экзогенно-конституциональном ожирении с множественными осложнениями и способы ее коррекции». Рег. НИОКТР 122012100180-0.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Участие авторов. Силина Н.В. — проведение исследования, написание текста; Мазурина Н.В. — разработка концепции, редактирование текста статьи, внесение правок; Ершова Е.В. — редактирование текста статьи, внесение правок; Комшилова К.А. — редактирование текста статьи, внесение правок; Никанкина Л.В. — редактирование текста статьи, внесение правок; Першина-Милюткина А.П. — редактирование и написание текста статьи, статистическая обработка данных, внесение правок; Антонова К.В. — внесение правок; Трошина Е.А. — редактирование текста статьи, внесение правок. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Obesity and overweight [Internet]; World Health Organisation [cited 2024 Sep 20]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
2. Use of non-sugar sweeteners: WHO guideline. Geneva: World Health Organization; 2023. Available at: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240073616>. Accessed September 24, 2024.
3. Livesey G. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutr Res Rev*. 2003. doi: <https://doi.org/10.1079/nrr200371>
4. Bornet FR, Blayo A, Dauchy F, Slama G. Plasma and urine kinetics of erythritol after oral ingestion by healthy humans. *Regul Toxicol Pharmacol*. 1996;24(2 Pt 2):S280-S285. doi: <https://doi.org/10.1006/rtp.1996.0109>
5. Hootman KC, Trezzi JP, Kraemer L, et al. Erythritol is a pentose-phosphate pathway metabolite and associated with adiposity gain in young adults. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2017. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1620079114>
6. Wölnerhanssen BK, Drewe J, Verbeure W, et al. Gastric emptying of solutions containing the natural sweetener erythritol and effects on gut hormone secretion in humans: A pilot dose-ranging study. *Diabetes, Obes Metab*. 2021;23(6):1311-1321 doi: <https://doi.org/10.1111/dom.14342>
7. Noda K, Nakayama K, Oku T. Serum glucose and insulin levels and erythritol balance after oral administration of erythritol in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr*. 1994.
8. Wölnerhanssen BK, Cajacob L, Keller N, et al. Gut hormone secretion, gastric emptying, and glycemic responses to erythritol and xylitol in lean and obese subjects. *Am J Physiol Metab*. 2016;310(11):E1053-E1061. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00037.2016>
9. Ishikawa M, Miyashita M, Kawashima Y, et al. Effects of Oral Administration of Erythritol on Patients with Diabetes. *Regul Toxicol Pharmacol*. 1996;24(2):S303-S308. doi: <https://doi.org/10.1006/rtp.1996.0112>
10. Livesey G. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutr Res Rev*. 2003;16(2):163-91. doi: <https://doi.org/10.1079/NRR200371>
11. Wen H, Tang B, Stewart AJ, et al. Erythritol Attenuates Postprandial Blood Glucose by Inhibiting α -Glucosidase. *J Agric Food Chem*. 2018. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05033>
12. Chukwuma CI, Mopuri R, Nagiah S, et al. Erythritol reduces small intestinal glucose absorption, increases muscle glucose uptake, improves glucose metabolic enzymes activities and increases expression of Glut-4 and IRS-1 in type 2 diabetic rats. *Eur J Nutr*. 2018;57(7):2431-2444. doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1516-x>
13. Bordier V, Teyssie F, Schlotterbeck G, et al. Effect of a Chronic Intake of the Natural Sweeteners Xylitol and Erythritol on Glucose Absorption in Humans with Obesity. *Nutrients*. 2021;13(11):3950. doi: <https://doi.org/10.3390/nu13113950>
14. Raybould HE. Gut chemosensing: Interactions between gut endocrine cells and visceral afferents. *Auton Neurosci*. 2010;153(1-2):41-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2009.07.007>
15. Rehfeld JF. Incretin physiology beyond glucagon-like peptide 1 and glucose-dependent insulinotropic polypeptide: cholecystokinin and gastrin peptides. *Acta Physiol (Oxf)*. 2011;201(4):405-411. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2010.02235.x>
16. Wu T, Zhao BR, Bound MJ, et al. Effects of different sweet preloads on incretin hormone secretion, gastric emptying, and postprandial glycemia in healthy humans. *Am J Clin Nutr*. 2012;95(1):78-83. doi: <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.021543>
17. Wu T, Bound MJ, Zhao BR, et al. Effects of a D-xylitol preload with or without sitagliptin on gastric emptying, glucagon-like peptide-1, and postprandial glycemia in type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2013;36(7):1913-1918. doi: <https://doi.org/10.2337/dc12-2294>
18. Degen L, Oesch S, Casanova M, et al. Effect of peptide YY3-36 on food intake in humans. *Gastroenterology*. 2005;129(5):1430-1436. doi: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2005.09.001>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

***Силина Наталья Валерьевна [Natalia V. Silina, MD]**; адрес: Россия, 117036, Москва, ул. Дм. Ульянова, д. 11 [address: 11 Dm. Ulyanova street, 117036 Moscow, Russia]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6170-6603>; e-mail: similnatav@mail.ru

Мазурина Наталия Валентиновна, д.м.н. [Natalya V. Mazurina, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8077-9381>; eLibrary SPIN: 9067-3062; e-mail: natalyamazurina@mail.ru

Ершова Екатерина Владимировна, к.м.н. [Ekaterina V. Ershova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6220-4397>; eLibrary SPIN: 6728-3764; e-mail: Ershova.Ekaterina@endocrincentr.ru

Комшилова Ксения Андреевна, к.м.н. [Kseniya A. Komshilova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6624-2374>; eLibrary SPIN: 2880-9644; e-mail: kom-ksusha@rambler.ru

Никанкина Лариса Вячеславовна, к.м.н. [Larisa V. Nikankina, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1120-8240>; eLibrary SPIN: 2794-0008; e-mail: larisa.nikankina@yandex.ru

Першина-Милютин Анастасия Павловна [Anastasiia P. Pershina-Miliutina]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9462-8522>; SPIN-код: 6392-5111; e-mail: oa11111998@gmail.com

Антонова Ксения Валентиновна, д.м.н. [Ksenia V. Antonova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2373-2231>; Researcher ID: J-9971-2016; Scopus Author ID: 7004672742; eLibrary SPIN: 7737-4712; e-mail: kseniya.antonova@mail.ru

Трошина Екатерина Анатольевна, д.м.н., профессор, член-корр. РАН [Ekaterina A. Troshina, MD, PhD, Professor]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8520-8702>; eLibrary SPIN: 8821-8990; e-mail: troshina@inbox.ru

ЦИТИРОВАТЬ:

Силина Н.В., Мазурина Н.В., Ершова Е.В., Комшилова К.А., Никанкина Л.В., Першина-Милютин А.П., Антонова К.В., Трошина Е.А. Постприандальная секреция инсулина и пептида YY при приеме эритритола и сахарозы // *Сахарный диабет*. — 2024. — Т. 27. — №6. — С. 536-542. doi: <https://doi.org/10.14341/DM13232>

TO CITE THIS ARTICLE:

Silina NV, Mazurina NV, Ershova EV, Komshilova KA, Nikankina LV, Pershina-Milutina AP, Antonova KV, Troshina EA. Postprandial secretion of insulin and peptide YY when taking erythritol and sucrose. *Diabetes Mellitus*. 2024;27(6):536-542. doi: <https://doi.org/10.14341/DM13232>