

ЭКЗОГЕННО-КОНСТИТУЦИОНАЛЬНОЕ ОЖИРЕНИЕ: СЕКРЕЦИЯ ИНСУЛИНА, ПЕПТИДА YY И ГПП-1, СТИМУЛИРОВАННАЯ ПРИЕМОМ ЭРИТРИТОЛА



© Н.В. Силина*, Н.В. Мазурина, Е.В. Ершова, К.А. Комшилова, А.И. Слепцова, А.П. Першина-Милюткина

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

Цель. Изучить особенности секреции инсулина, PYY и ГПП-1 после приема эритритола в сравнении с инкретиновым ответом после приема сахарозы и совместного приема эритритола и сахарозы у пациентов с ожирением.

Материалы и методы. В исследование включены пациенты 18–35 лет с ожирением I–II степени (ИМТ 30–40 кг/м²) без нарушений углеводного обмена. Каждый испытуемый получил 75 г сахарозы, 75 г эритритола или комбинацию сахарозы (75 г) с эритритолом (25 г) в виде раствора (3 теста проводились последовательно, с временным интервалом между тестами не менее 48 часов). Концентрации глюкозы, инсулина, PYY и ГПП-1 определялись в базальной точке и через 30, 60, 90 и 120 минут после приема раствора. Методика полностью повторяла протокол предыдущего исследования, проведенного на здоровых добровольцах, что обеспечило возможность сопоставить результаты.

Результаты. Прием эритритола не вызывал повышения уровня глюкозы крови. Уровень инсулина после приема эритритола оставался неизменным. Максимальная концентрация глюкозы после употребления сахарозы составила 7,55 [6,59; 8,07] ммоль/л, после приема смеси (эритритол + сахароза) — 7,20 [7,05; 7,66] ммоль/л ($p=0,598$). Повышения PYY не зафиксировано ни в одной из проб. Концентрация ГПП-1 на 120-й минуте была достоверно выше после приема эритритола по сравнению с сахарозой ($p=0,0017$).

Заключение. У пациентов с ожирением прием эритритола не сопровождается повышением уровня глюкозы и инсулина, но вызывает увеличение секреции ГПП-1, что может способствовать усилению чувства насыщения и замедлению опорожнения желудка. Эритритол может рассматриваться как безопасный и физиологически оправданный сахарозаменитель у лиц с ожирением.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: эритритол; инсулин; глюкоза; пептид YY; ГПП-1; сахарозаменители; ожирение.

PRIMARY (DIET-INDUCED) OBESITY: INSULIN, PEPTIDE YY, AND GLP-1 SECRETION IN RESPONSE TO ERYTHRITOL INTAKE

© Natalia V. Silina*, Natalya V. Mazurina, Ekaterina V. Ershova, Kseniya A. Komshilova, Arina I. Sleptsova, Anastasiia P. Pershina-Milutina

Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia

OBJECTIVE. To investigate postprandial secretion of insulin, peptide YY (PYY), and glucagon-like peptide-1 (GLP-1) following erythritol ingestion in patients with obesity, and to compare these responses with hormonal changes after sucrose intake and combined erythritol–sucrose administration.

MATERIALS AND METHODS. Adults aged 18–35 years with class I–II obesity (BMI 30–40 kg/m²) and without carbohydrate metabolism disorders were enrolled. Each participant completed three oral tests on separate days, receiving solutions containing either 75 g sucrose, 75 g erythritol, or 75 g sucrose plus 25 g erythritol, with washout intervals ≥ 48 hours. Plasma glucose, insulin, PYY, and GLP-1 were measured at baseline and at 30-, 60-, 90-, and 120-minutes post-ingestion. The protocol duplicated our prior study in healthy volunteers, enabling direct comparison of metabolic and incretin responses between the two populations.

RESULTS. Erythritol ingestion did not increase plasma glucose or insulin concentrations. Peak glucose after sucrose intake reached 7.55 [6.59; 8.07] mmol/L, compared with 7.20 [7.05; 7.66] mmol/L after the erythritol–sucrose mixture ($p = 0.598$). No increase in PYY was observed under any test condition. GLP-1 levels at 120 minutes were significantly higher after erythritol ingestion compared with sucrose ($p=0.0017$).

CONCLUSION. In patients with obesity, erythritol does not elevate plasma glucose or insulin levels but enhances GLP-1 secretion, which may contribute to improved satiety signaling and delayed gastric emptying. These data support erythritol as a safe and physiologically appropriate sugar substitute for individuals with obesity.

KEYWORDS: erythritol; insulin; glucose; peptide YY; GLP-1; sugar substitutes; obesity.

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



ВВЕДЕНИЕ

Миллионы лет эволюции сформировали гедонистическую реакцию мозга в ответ на поступление сладкой пищи, имеющей высокую нутритивную плотность, которая способствовала выживанию в условиях голода [1]. Рост распространенности ожирения в последние десятилетия во многом связан с избыточным потреблением рафинированных углеводов и напитков, содержащих сахар [2]. Одним из подходов к снижению калорийности рациона является использование низкоэнергетических подсластителей, среди которых эритритол занимает особое место. Эритритол представляет собой четырехатомный спирт, естественным образом содержащийся во фруктах и овощах. Он полностью всасывается в тонкой кишке и выводится почками в неизменном виде, не вызывая повышения уровня глюкозы и инсулина в плазме крови [3, 4]. По данным проведенных ранее исследований, прием эритритола может стимулировать продукцию инкретинов и замедлять опорожнение желудка [5–7].

Ожирение сопровождается нарушениями гормональной регуляции аппетита, в том числе, изменяется инкретиновый ответ, включая снижение уровней PYY и ГПП-1 [8, 9]. В ходе исследования, в котором участвовали лица с нормальной массой тела, мы подтвердили, что эритритол не влияет на постпрандиальный уровень глюкозы и инсулина, но стимулирует секрецию PYY [10]. Наибольший практический интерес представляет применение некалорийных сахарозаменителей при ожирении, поэтому настоящая работа, являющаяся продолжением предыдущей, направлена на изучение эффектов эритритола в группе с пациентами, страдающих экзогенно-конституциональным ожирением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор пациентов молодого возраста (диапазон 18–35 лет) обусловлен необходимостью сформировать выборку с относительно стабильными гормональными и метаболическими показателями, исключить влияние хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, частота которых значительно увеличивается с возрастом. Объем выборки (16 человек) определен расчетным методом с учетом мощности исследования и данных предыдущей фазы, что позволило обеспечить статистическую достоверность при межгрупповом сравнении.

Дизайн исследования

Проведенное исследование включало три последовательных визита с интервалом не менее 48 часов между ними. В ходе каждого визита проводился один из 3 тестов (с сахарозой, эритритолом, смесью эритритола и сахарозы).

Таким образом, проведенное исследование можно охарактеризовать как одноцентровое последовательное.

Характеристика участников исследования

В исследование вошли 16 пациентов с ожирением I–II степени (ИМТ 30–40 кг/м²) в возрасте от 18 до 35 лет. Критерии исключения: нарушения углеводного обмена, в том числе диагностированные ранее, прием сахароснижающих препаратов, заболевания желудочно-кишечного тракта, психические расстройства, курение, а также любые отклонения, выявленные при клиническом осмотре. Ни у одного из испытуемых не наблюдалось хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, пищевой аллергии или ограничений в питании. Характеристики пациентов обследованной группы представлены в таблице 1.

Протокол исследования

Каждый участник получил поочередно: сахарозу 75 г, эритритол 75 г и смесь сахарозы 75 г с эритритолом 25 г в виде раствора, приготовленного непосредственно перед употреблением. Кровь из кубитальной вены забирали натощак и через 30, 60, 90 и 120 минут после приема раствора. Исследуемые показатели включали концентрации глюкозы, иммунореактивного инсулина, PYY и ГПП-1.

Лабораторные методы

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). Пептиды PYY и ГПП-1 измеряли иммуноферментным методом с использованием сертифицированных наборов (RayBiotech, Yanaihara Institute, Япония).

Статистическая обработка данных

Статистический анализ данных выполнен с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 13.3.0 (TIBCO Software Inc., США) и Microsoft Excel. Количественные данные представлены в виде медианы, интерквартильного размаха — Me [Q1; Q3], а также в некоторых случаях минимального и максимального 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.

Таблица 1. Клинические и лабораторные показатели выборки пациентов, включенных в исследование

Параметр	Me [Q1; Q3]	Min–Max
Возраст, годы	29 [26,5; 31,5]	22–35
ИМТ, кг/м ²	36,3 [32,5; 39,8]	30,1–40
HbA _{1c} %	5,4 [5,2; 5,7]	4,9–5,7
Глюкоза плазмы натощак, ммоль/л	5 [4,7; 5,3]	4,5–5,6

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

Этические аспекты

Работа одобрена локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России (протокол №6 от 23.03.2022). Все участники подписали информированное согласие на участие в исследовании.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение с результатами, ранее полученными на группе здоровых добровольцев с нормальной массой тела, показало, что у пациентов с ожирением, несмотря на то, что сохраняется метаболическая нейтральность эритритола в отношении постпрандиального ответа глюкозы и инсулина, динамика секреции кишечных гормонов имеет ряд особенностей. У пациентов с ожирением стимулированный подъем РУУ был менее выражен, тогда как влияние эритритола на продукцию ГПП-1 сохранялось или даже усиливалось.

Изменение уровня глюкозы, инсулина, РУУ и ГПП-1 в плазме крови при приеме сахарозы

После приема сахарозы у пациентов с ожирением наблюдалось повышение уровня глюкозы плазмы крови

с достижением пиковой концентрации на 30-й минуте пробы. Секретция инсулина (ИРИ) была наиболее выражена на 30-й минуте пробы. Сахароза не оказала выраженного влияния на увеличение уровня РУУ. Пиковая концентрация ГПП-1 наблюдалась на 30-й минуте после приема сахарозы (рис. 1).

Изменение уровня глюкозы, инсулина, РУУ и ГПП-1 в плазме крови при приеме смеси сахарозы и эритритола

Комбинация эритритола и сахарозы закономерно повышала концентрацию глюкозы плазмы, однако повышение было менее выраженным, нежели при приеме чистой сахарозы. Уровень инсулина во всех точках в ходе пробы был более низким, чем при приеме раствора сахарозы в таком же количестве (рис. 2). Как после приема сахарозы, так и после приема ее смеси с эритритолом, не наблюдалось значимого изменения секреции РУУ. Максимальное значение ГПП-1 было выявлено на 30-й минуте после приема смеси сахарозы и эритрита ($p=0,003$), между 60-й и 90-й минутой теста отмечалось статистически значимое снижение его концентрации ($p<0,001$).

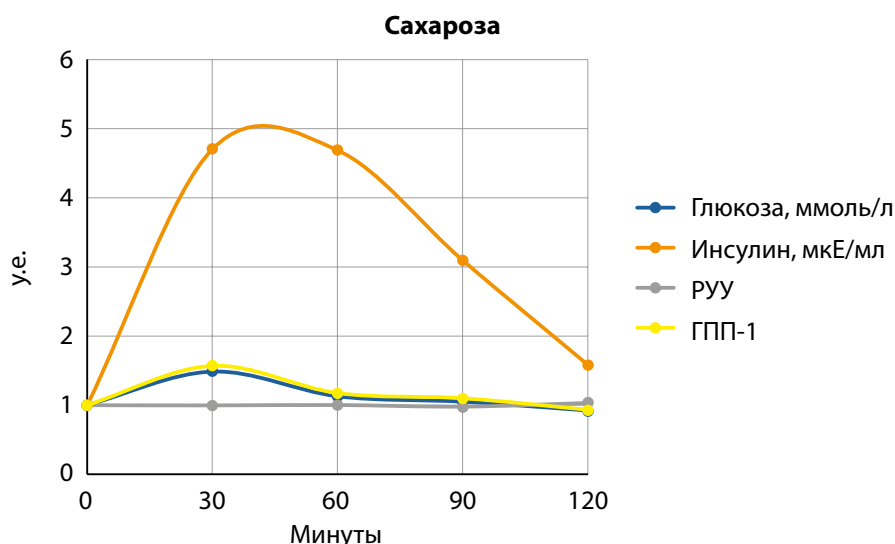


Рисунок 1. Изменение концентрации глюкозы, инсулина, ГПП-1 и РУУ после приема сахарозы.

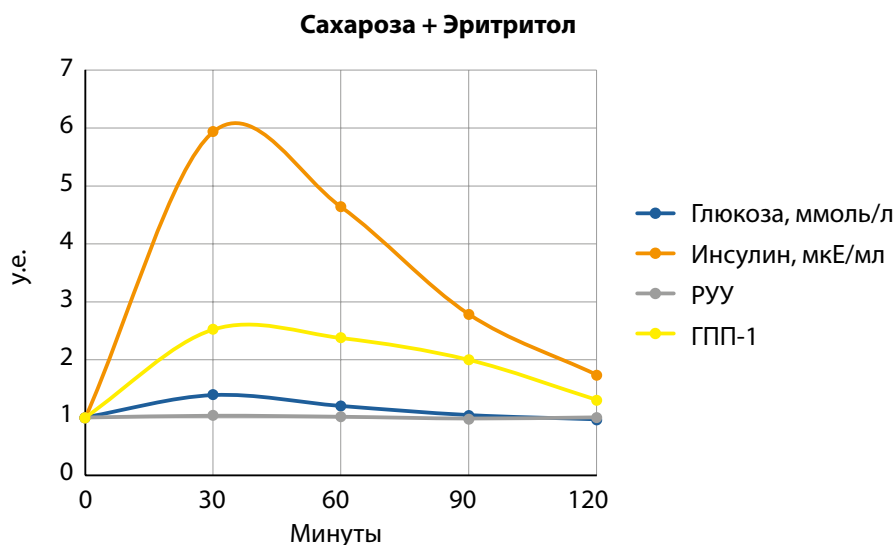


Рисунок 2. Изменение концентрации глюкозы, инсулина, ГПП-1 и РУУ после приема смеси сахарозы и эритритола.

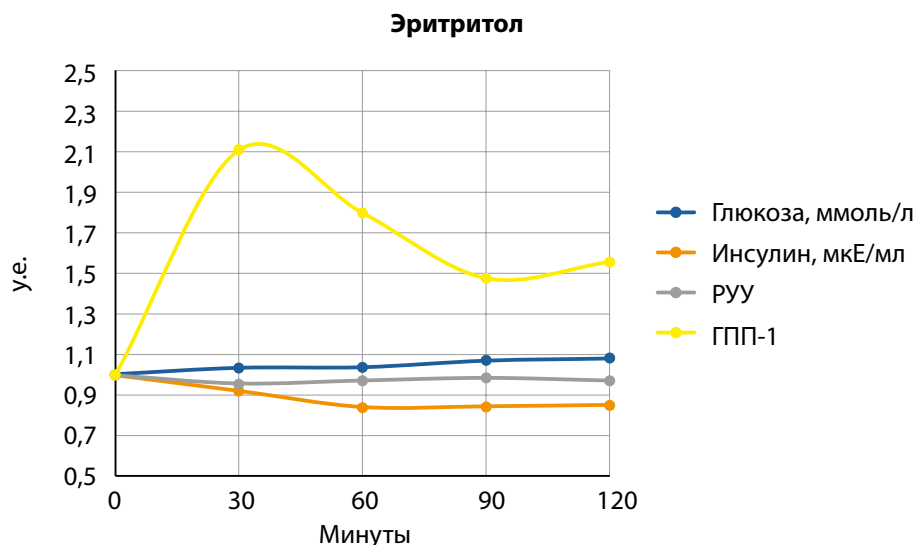


Рисунок 3. Изменение концентрации глюкозы, инсулина, ГПП-1 и РУУ после приема эритритола.

Изменение уровня глюкозы, инсулина, РУУ и ГПП-1 в плазме крови при приеме эритритола

Прием эритритола не оказывал влияния на концентрацию инсулина и глюкозы плазмы. Интересно, что в ответ на пероральный прием эритритола, в группе с ожирением секреция РУУ не изменялась (рис. 3). После приема эритритола концентрация ГПП-1 на 120-й минуте пробы была достоверно выше по сравнению с уровнем ГПП-1, стимулированным сахарозой ($p=0,0017$), пиковая концентрация ГПП-1 отмечалась на 30-й минуте теста (табл. 2).

При приеме эритритола в дозе 75 г у 25% испытуемых наблюдались диспепсические явления (тошнота, боль в животе, метеоризм, диарея).

Значения изучаемых показателей в ходе проведенных проб представлены в таблице 2.

ОБСУЖДЕНИЕ

Использование некалорийных подсластителей особенно актуально при лечении пациентов с ожирением. Полученные результаты подтверждают, что эритритол является метаболически нейтральным сахарозаменителем, что соответствует данным литературы о его безопасности и отсутствии влияния на гликемический и инсулиновый ответы [5–7, 15]. Сравнение результатов, полученных в выборке пациентов с ожирением, с уже имеющимися собственными данными, подтвердило гипотезу об изменении постпрандиального ответа со стороны желудочно-кишечного тракта при ожирении. У пациентов с ожирением наблюдается ослабленный ответ РУУ, что согласуется с известными данными о инкретиновой дисфункции при ожирении [8, 9]. При этом выявленное повышение уровня ГПП-1 после приема эритритола может свидетельствовать о сохранении чувствительности инкретиновой системы к физиологическим стимулам, что имеет потенциальное клиническое значение.

Замедление моторики желудка, продемонстрированное Wölnerhanssen B. и соавт. [5] может рассматриваться как дополнительный механизм влияния эритритола на формирование чувства насыщения. Отмеченная хо-

рошая переносимость делает возможным его использование в качестве одного из компонентов диетотерапии при ожирении.

В систематическом обзоре и метаанализе Aukan и соавт., посвященном оценке продукции гормонов ЖКТ при ожирении, показано, что по сравнению со здоровыми лицами у людей с ожирением отмечается более низкий базальный и стимулированный уровень грелина, а также снижена постпрандиальная секреция РУУ, что согласуется с нашими данными. Следует обратить внимание, что в рамках вышеуказанного метаанализа оценивался также уровень секреции ГПП-1 и холецистокинина, при этом не было выявлено достоверных различий между группой с ожирением и контрольной группой. Нельзя исключить, что дискордантность при оценке продукции ГПП-1 связана с высокой методологической и статистической гетерогенностью исследований, включенных в анализ [9].

Ранее при изучении секреции ГПП-1 в ходе глюкозотолерантного теста у пациентов с морбидным ожирением мы выявили не только снижение базального уровня, но и отсутствие адекватного пикового повышения ГПП-1. Следует отметить, что особенностью этой выборки пациентов с морбидным ожирением, была высокая частота нарушений углеводного обмена (нарушенная гликемия натощак или нарушенная толерантность к глюкозе были диагностированы в 68,2% случаев) [11].

Wilbrink J. и соавт. изучили концентрацию РУУ и ГПП-1 в плазме крови и их экспрессию биопсийном материале, полученном при колоноскопии у лиц с ожирением и нормальной массой тела. Различий в постпрандиальной реакции РУУ и ГПП-1 между группой с ожирением и контрольной обнаружено не было [12]. При исследовании биоптатов ободочной кишки и подвздошной кишки ни концентрации ГПП-1 и РУУ в тканях, ни содержание мРНК также достоверно не отличались. Сами исследователи при обсуждении полученных результатов предположили, что отсутствие различий в стимулированной секреции кишечных гормонов может быть связано с меньшим количеством углеводов в составе пробного завтрака, который получали пациенты и его меньшей калорийностью.

Таблица 2. Уровни глюкозы, инсулина, PYY и ГПП-1 в ходе пробы

Признак	Сахар N=16	Сахар + Эритритол N=16	Эритритол N=16	Сахар VS Сахар + Эритритол	Сахар VS Эритритол	Сахар + Эритритол VS Эритритол
	Me [Q1; Q3]	Me [Q1; Q3]	Me [Q1; Q3]	p, U-test	p, U-test	p, U-test
Глюкоза, ммоль/л 0 мин	5,05 [4,685; 5,30]	5,145 [4,855; 5,295]	4,775 [4,685; 5,20]	0,821	0,429	0,152
Глюкоза, ммоль/л 30 мин	7,55 [6,585; 8,065]	7,20 [7,05; 7,655]	4,935 [4,665; 5,40]	0,598	<0,001	<0,001
Глюкоза, ммоль/л 60 мин	5,70 [4,695; 6,80]	6,19 [5,065; 6,935]	4,95 [4,80; 5,19]	0,651	0,060	0,009
Глюкоза, ммоль/л 90 мин	5,295 [4,255; 6,10]	5,345 [4,695; 5,875]	5,115 [4,90; 5,415]	0,665	1,000	0,559
Глюкоза, ммоль/л 120 мин	4,635 [3,77; 5,06]	4,95 [4,61; 5,525]	5,17 [4,95; 5,265]	0,137	0,016	0,407
Инсулин, мкЕ/мл 0 мин	17,53 [13,35; 35,395]	17,21 [12,645; 26,865]	20,44 [10,835; 25,30]	0,638	0,749	0,836
Инсулин, мкЕ/мл 30 мин	82,55 [61,725; 152,65]	102,21 [66,985; 152,45]	18,81 [15,975; 30,19]	0,895	<0,001	<0,001
Инсулин, мкЕ/мл 60 мин	82,25 [55,45; 147,65]	79,85 [47,40; 137,05]	17,135 [10,70; 28,27]	0,865	<0,001	<0,001
Инсулин, мкЕ/мл 90 мин	54,315 [26,61; 103,40]	47,92 [35,90; 85,115]	17,21 [12,00; 27,92]	0,985	0,0018	<0,001
Инсулин, мкЕ/мл 120 мин	27,75 [12,395; 51,68]	29,865 [17,505; 57,77]	17,355 [11,45; 27,415]	0,510	0,266	0,057
PYY, 0 мин	65,140 [58,8545; 69,292]	71,493 [65,714; 79,1225]	15,180 [12,914; 16,586]	0,055	<0,001	<0,001
PYY, 30 мин	64,9065 [61,8495; 69,2125]	74,6185 [67,1195; 80,5205]	14,484 [12,648; 16,3495]	0,027	<0,001	<0,001
PYY, 60 мин	65,361 [59,3775; 67,659]	72,8295 [67,2425; 80,164]	14,739 [10,8515; 17,5545]	0,011	<0,001	<0,001
PYY, 90 мин	63,4235 [61,3225; 68,0025]	69,7445 [64,7715; 84,886]	14,9605 [12,7005; 15,991]	0,033	<0,001	<0,001
PYY, 120 мин	67,8495 [61,32; 73,819]	71,78 [67,0905; 80,2245]	14,735 [11,0655; 17,4265]	0,163	<0,001	<0,001
ГПП-1, 0 мин	5,8785 [4,7755; 8,084]	4,684 [3,088; 10,035]	6,2255 [5,107; 8,8675]	0,418	0,836	0,318
ГПП-1, 30 мин	9,272 [7,225; 15,030]	11,8465 [5,7285; 18,4895]	13,1335 [9,517; 16,011]	0,777	0,137	0,611
ГПП-1, 60 мин	6,908 [5,572; 10,4885]	11,1515 [6,1705; 14,993]	11,196 [7,8165; 15,4495]	0,194	0,014	0,665
ГПП-1, 90 мин	6,461 [4,821; 7,9845]	9,3685 [5,255; 10,951]	9,1845 [7,491; 13,506]	0,181	0,012	0,376
ГПП-1, 120 мин	5,462 [4,413; 6,945]	6,1045 [4,978; 9,8125]	9,6835 [7,1605; 12,6165]	0,418	0,0017	0,044

F. Teysseire и соавт. также показали, что прием эритритола не влияет на концентрацию глюкозы и инсулина крови, что совпадает с результатами наших исследований. При этом авторами были получены интересные данные о влиянии приема эритритола на уровень грелина. Через 30 минут после приема эритритола, концентрация грелина значительно снижалась, что может свидетельствовать о дополнительном механизме влияния эритритола на чувство насыщения [12]. Влияние эритритола на регуляцию аппетита, по всей видимости, еще предстоит изучить в будущих исследованиях.

По сравнению с другими сахарозаменителями из группы полиолов (ксилитол, сорбитол) эритритол в меньшей степени вызывает нежелательные явления со стороны желудочно-кишечного тракта. Употребление эритритола в дозе 20–70 г в сутки хорошо переносится и не сопровождается слабительным эффектом [15]. В то же время однократный прием более 35 г эритритола в виде раствора может провоцировать диарею и метеоризм [14]. Именно в этой связи эритритол не нашел применения при производстве сладких напитков.

В рамках данного исследования при приеме эритритола у лиц с ожирением диспепсические явления возникли в 25% случаев. Следует отметить, что по нашим предыдущим наблюдениям в группе лиц с нормальной массой тела диспепсические явления при приеме такого же количества эритритола наблюдались значительно чаще — в 75% случаев [10].

Ограничения исследования

К ограничениям исследования следует отнести небольшой размер выборки, короткую продолжительность наблюдения и использование растворов вместо

пищевых продуктов. Для уточнения выявленных закономерностей требуется проведение длительных интервенционных исследований с участием пациентов различных возрастных групп и степеней ожирения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с экзогенно-конституциональным ожирением приём эритритола не оказывает влияния на уровень глюкозы и инсулина, однако способствует повышению секреции ГПП-1. Этот эффект может рассматриваться как благоприятный с точки зрения регуляции аппетита и постпрандиальной гомеостатической реакции. Полученные результаты позволяют рекомендовать эритритол в качестве безопасного сахарозаменителя для пациентов с ожирением.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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; Слепцова А.И. — проведение лабораторных тестов, внесение правок; Першина-Милюткина А.П. — редактирование и написание текста статьи, статистическая обработка данных, 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

- Energy Requirements / in: *Encyclopedia of Human Nutrition* / Ed. B. Caballero. 3rd ed. Academic Press, 2013. P. 186–192. — ISBN 978-0-12-384885-7. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00090-8>
- Obesity and overweight [Internet]. World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Livesey G. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutr Res Rev*. 2003;16(2):163–191. doi: <https://doi.org/10.1079/NRR200371>
- 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>
- 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>
- 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 Endocrinol Metab*. 2016;310(11):E1053–E1061. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00037.2016>
- 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>
- Le Roux CW, Batterham RL, Aylwin SJ, Patterson M, Borg CM, et al. Attenuated peptide YY release in obese subjects is associated with reduced satiety. *Endocrinology*. 2006;147(1):3–8. doi: <https://doi.org/10.1210/en.2005-0972>
- Aukan MI, Coutinho S, Pedersen SA, Simpson MR, Martins C. Differences in gastrointestinal hormones and appetite ratings between individuals with and without obesity — A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2023;24(2):e13531. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13531>
- Силина Н.В., Мазурина Н.В., Ершова Е.В., Комшилова К.А., Никанкина Л.В., Першина-Милюткина А.П., Антонова К.В., Трошина Е.А. Постпрандиальная секреция инсулина и пептида YY при приеме эритритола и сахарозы // *Сахарный диабет*. — 2024 — Т. 27. — № 6. — С. 536–542. [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. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/DM13232>
- Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Трошина Е.А., Мазурина Н.В., Огнева Н.А., Яшков Ю.И., Ильин А.В. Показатели углеводного обмена и продукция инкретинов у больных морбидным ожирением, в том числе перенесших билиопанкреатическое шунтирование // *Ожирение и метаболизм*. — 2014. — Т. 11. — № 1. — С. 24–31. [Dedov II, Melnichenko GA, Troshina EA, Mazurina NV, Ogneva NA, Yashkov YI, Ilin AV. Glucose metabolism and incretins level in morbidly obese patients and in patients after biliopancreatic diversion performed for morbid obesity. *Obesity and metabolism*. 2014;11(1):24–31. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.14341/omet2014124-31>

12. Teyssie F, Bordier V, Budzinska A, Van Oudenhove L, Weltens N, Beglinger C, Wölnerhanssen BK, Meyer-Gerspach AC. Metabolic effects and safety aspects of acute D-allulose and erythritol administration in healthy subjects. *Nutrients*. 2023;15(2):458. doi: <https://doi.org/10.3390/nu15020458>
13. Wilbrink J, van Avesaat M, Stronkhorst A, Troost F, le Roux CW, Masclee A. Peptide YY and glucagon-like peptide-1 secretion in obesity. *Gastrointest Disord*. 2025;7(1):3. doi: <https://doi.org/10.3390/gidisord7010003>
14. Mäkinen KK. Gastrointestinal disturbances associated with the consumption of sugar alcohols with special consideration of xylitol: scientific review and instructions for dentists and other health-care professionals. *Int J Dent*. 2016; 2016:1–16. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/5967907>
15. Storey D, Lee A, Bornet F, Brouns F. Gastrointestinal tolerance of erythritol and xylitol ingested in a liquid. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61:349–54. doi: <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602532>

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: simlnatav@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

Слепцова Арина Игоревна [Arina I. Sleptsova]; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3273-6930>; eLibrary SPIN: 6331-2066; e-mail: sleptsova.arina@endocrincentr.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

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

ЦИТИРОВАТЬ:

Силина Н.В., Мазурина Н.В., Ершова Е.В., Комшилова К.А., Слепцова А.И., Першина-Милютин А.П. Экзогенно-конституциональное ожирение: секреция инсулина, пептида YY и ГПП-1, стимулированная приемом эритритола. // *Ожирение и метаболизм*. — 2025. — Т. 22. — №4. — С. 359-365. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13311>

TO CITE THIS ARTICLE:

Silina NV, Mazurina NV, Ershova EV, Komshilova KA, Sleptsova AI, Pershina-Milutina AP. Primary (diet-induced) obesity: insulin, peptide YY, and GLP-1 secretion in response to erythritol intake. *Obesity and metabolism*. 2025;22(4):359-365. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13311>