Расчет болюсов. Расчет углеводного коэффициента. Расчет фактора чувствительности к инсулину. Установка простого болюса. Программирования калькулятора болюса.

Одно из преимуществ помповой терапии заключается в возможности вводить любое количество болюсов, необходимое для контроля уровня глюкозы в крови после еды и в случае подъема глюкозы в крови. Люди, делающие большее количество болюсов, при хорошем самоконтроле обычно имеют более низкий уровень HbA1c по сравнению с теми, кто делает их меньшее количество.

Существует два типа болюсов. Болюсный инсулин, который вводится для снижения глюкозы в крови до целевого уровня, называется корригирующим. Также болюсный инсулин может вводиться для усвоения принятых углеводов, то есть для того, чтобы глюкоза, полученная из углеводов пищи, могла поступить в клетки. Этот тип болюса называется болюсом на еду.

Важно отметить, что дозы инсулина (как болюсные, так и базисные), а следовательно, и настройки болюсного калькулятора не являются постоянными. Ребенок растет и развивается, может меняться образ жизни, а вместе с этим меняются и дозы инсулина. Кроме того, по мере компенсации диабета потребность в инсулине часто снижается в связи с повышением чувствительности к инсулину, все это требует коррекции доз инсулина. Поэтому важно научиться анализировать настройки базального профиля и калькулятора болюса. Изменение настроек болюсного калькулятора и базального профиля проводится лечащим врачом или по согласованию с ним.

Изменение настроек болюсного калькулятора и базального профиля должно проводиться лечащим врачом или по согласованию с ним

Подбирать или корректировать болюсные дозы следует после подбора базальной дозы. В противном случае вы не будете наверняка знать, в чем проблема, в базальном или болюсном инсулине.

Оценивать корригирующий болюс и болюс на еду нужно только после подбора базисной дозы

Корригирующий болюс

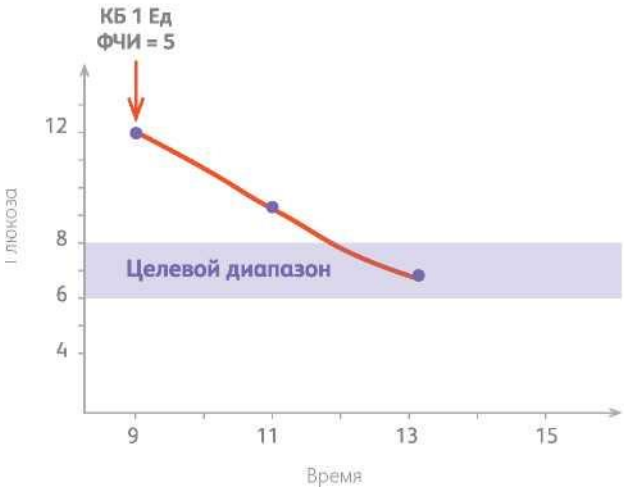
Как вы помните, для расчета корригирующего болюса используется фактор чувствительности к инсулину, который определяет, насколько снизится уровень глюкозы в крови при введении одной единицы инсулина. Например, фактор чувствительности к инсулину, равный 10, говорит о том, что при введении одной единицы инсулина глюкоза крови снизится на 10 ммоль/л. Для оценки эффективности корригирующего болюса глюкозу в крови измеряют перед введением инсулина и через 2 и 4 часа (время основного действия инсулина) после введения. При правильной дозе корригирующего болюса уровень глюкозы крови через 2 часа уменьшается примерно на 50% от ожидаемого снижения, а по окончании основного времени действия инсулина уровни глюкозы должны находиться в целевом диапазоне (уровень глюкозы крови натощак, к которому вы стремитесь).

Проверка корректирующего болюса

- Корректирующий болюс рассчитывается на основании ФЧИ
- Измеряйте глюкозу крови через 2 и 4 часа после КБ
- Проводите оценку КБ при гипергликемии и отсутствии других болюсов и приемов пищи за последние 3-4 часа
- При правильной дозе КБ уровень глюкозы в крови:
    - через 2 часа после введения снижается примерно на 50% от ожидаемого снижения,
    - через 4 часа после введения находится в целевом диапазоне

На графике (пример 1) показано, как примерно должен снижаться уровень глюкозы в крови после введения.

Пример 1. Нормальное снижение ГК после введения КБ

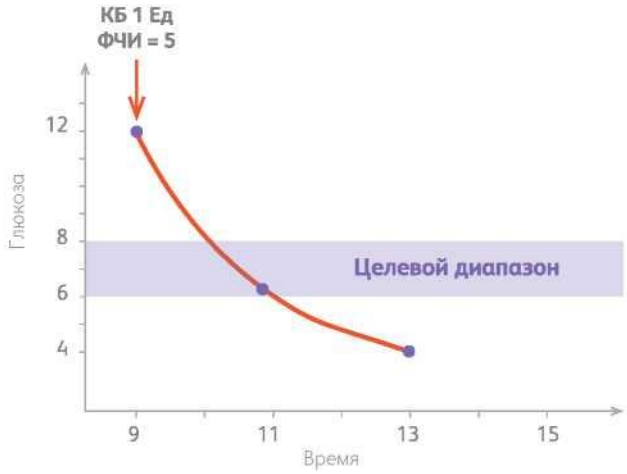


Коррекция ФЧИ		
Через 2 часа после введения КБ уровень ГК не находится в пределах полпути и/или	выше целевого диапазона через 4 часа	уменьшить ФЧИ на 10-20%
	ниже целевого диапазона через 4 часа	увеличить ФЧИ на 10-20%

Предположим (пример 1), в 9:00 у человека уровень глюкозы в крови 12 ммоль/л при целевом диапазоне от 6 до 8 ммоль/л и ФЧИ 5. Он ввел одну единицу инсулина корригирующего болюса (приема пищи не было), и через 2 часа уровень глюкозы в крови снизился до 6,5 ммоль/л, а через 4 часа в 13:00 уровень глюкозы крови оказалась ниже целевого диапазона и составил 4 ммоль/л.

В данном случае низкий уровень глюкозы крови по окончании основного действия корригирующего болюса говорит об избыточном корригирующем болюсе, и вам необходимо в настройках болюсного калькулятора увеличить ФЧИ на 10-20% до 5,5-6, чтобы в следующий раз в такой же ситуации помпа предложила ввести меньше инсулина.

Пример 2. КБ - корригирующий болюс, ФЧИ - фактор чувствительности к инсулину



В другом случае (пример 3) через 4 часа после введения корригирующего болюса глюкоза крови оказалась выше целевого диапазона. В этой ситуации надо уменьшить фактор чувствительности к инсулину для того, чтобы вводилось больше инсулина.

Пример 3. КБ - корригирующий болюс

Болюс на еду

Для расчета болюса на еду используется углеводный коэффициент. Для оценки введенного болюса на еду потребуется измерение глюкозы крови перед едой, через 2 и через 4 часа после еды. При достаточной дозе пищевого болюса показатели глюкозы крови по окончании основного действия инсулина, через 4 часа, должны оказаться в пределах исходного значения до еды. Допускается небольшой подъем уровня глюкозы в крови через 2 часа после введения болюса на еду, это связано с сохраняющимся действием инсулина в это время, так как при показателях глюкозы в крови, равных исходным, произойдет дальнейшее снижение глюкозы в крови, что может привести к гипогликемии.

Проверка болюса на еду

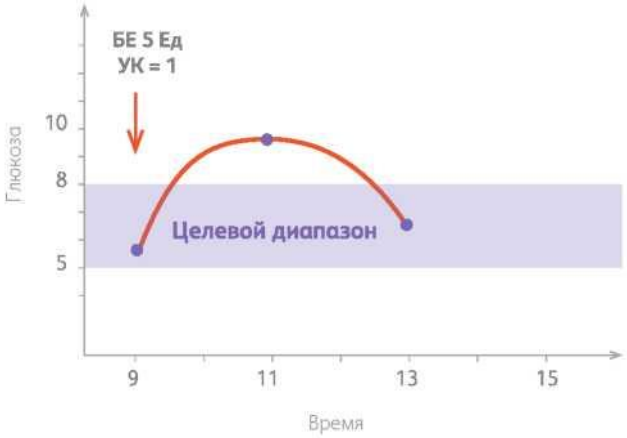
Болюс на еду рассчитывается на основании УК

Измеряйте глюкозу крови перед едой, через 2 и 4 часа после еды

При правильной дозе ПБ показатели глюкозы крови:

- через 2 часа после еды на 2-3 ммоль/л больше исходного значения,
- через 4 часа после еды в пределах исходного значения

Пример 4. Нормальное снижение ГК после введения БЕ.



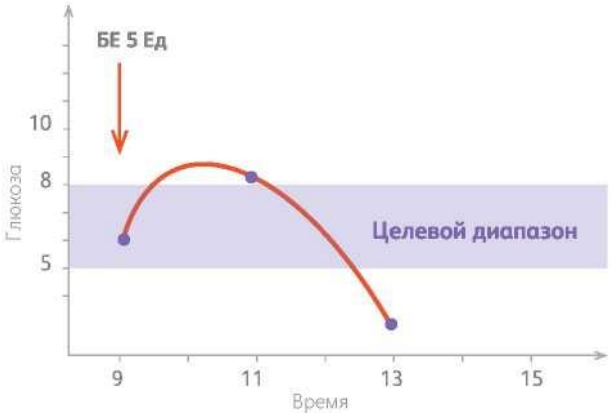
УК - углеводный коэффициент, БЕ - болюс на еду

Коррекция углеводного коэффициента

Если через 2 часа после еды уровень ГК:

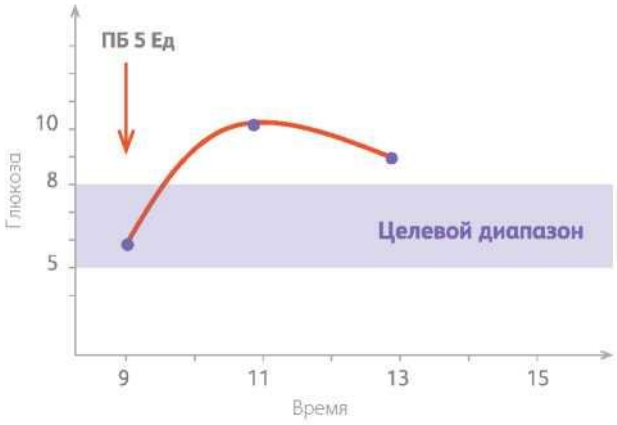
- вырос более чем на 4 ммоль/л по сравнению с уровнем до еды - увеличить УК на 10-20%;
- снизился более чем на 1-2 ммоль/л по сравнению с уровнем до еды - уменьшить УК на 10-20%

Пример 5. БЕ - болюс на еду



Представим (пример 5), что после введения болюса на еду 5 ЕД в 9:00 через 2 часа глюкоза крови была выше на 2 ммоль/л, а через 4 часа глюкоза крови оказалась заметно ниже значений до еды. В этом случае болюс на еду оказался избыточным. Необходимо уменьшить УК, чтобы болюсный калькулятор рассчитывал меньше инсулина.

Пример 6. БЕ - болюс на еду



В другом случае (пример 6) глюкоза крови через 4 часа после еды оказалась выше исходных значений, что говорит о недостатке болюса на еду. Необходимо увеличить углеводный коэффициент, чтобы доза инсулина, рассчитываемого болюсным калькулятором, была больше.

Когда вы комбинируете корригирующий болюс и болюс на еду (например, при высоком уровне глюкозы крови перед едой), оценить правильность дозы каждого из болюсов очень сложно, поэтому рекомендуется оценивать корригирующий болюс и болюс на еду только при введении этих болюсов отдельно.

Оценивайте дозировки корригирующего болюса и болюса на еду только в тех случаях, когда они вводились отдельно друг от друга

Что влияет на болюсный инсулин на еду?

Количество инсулина на еду, или «пищевой болюс» у каждого человека зависит от нескольких факторов. В первую очередь, конечно, это количество углеводов, которое принял или собирается принять человек, а также индивидуальное соотношение между углеводами и инсулином - углеводный коэффициент. Углеводный коэффициент, как правило, меняется в течение суток. У большинства людей с диабетом он выше утром и ниже вечером. Это связано с тем, что в первую половину дня выше уровень контринсулярных гормонов, снижающих эффективность вводимого инсулина.

Еще одним важным фактором, влияющим на болюсный инсулин, является состав пищи. Вы можете спросить: почему, ведь болюс зависит от количества съеденных углеводов? Несмотря на то, что состав пищи напрямую не влияет на количество вводимого инсулина, от него в значительной степени будет зависеть то, как быстро и как длительно пища будет повышать глюкозу в крови.

Влияние основных компонентов еды на глюкозу в крови

Углеводы	Основной источник энергии, наибольшее влияние на уровень глюкозы, быстрый подъем глюкозы
Белки	40% преобразуется в организме в глюкозу, но это занимает 4-6 часов и не приводит к быстрому подъему глюкозы в крови. Белки не замедляют всасывание углеводов и увеличивают чувство сытости
Жиры	Не увеличивают глюкозу в крови, но могут замедлять всасывание углеводов. Могут продлевать время постпрандиальной гипергликемии. Увеличивают чувство сытости

Почему важно учитывать состав пищи? Различные продукты, даже с одинаковым количеством углеводов, могут по-разному повышать глюкозу в крови. Скорость повышения глюкозы в крови после еды во многом зависит от скорости освобождения желудка от пищи, что в свою очередь в значительной степени зависит от состава пищи, а также ряда других факторов. Для достижения лучшего контроля над диабетом необходимо учитывать эти факторы, чтобы добиться оптимальных показателей глюкозы в крови после еды.

Что влияет на скорость повышения глюкозы в крови после еды

Замедляет	Ускоряет
• Клетчатка • Большой размер кусочков пищи • Твердые продукты • Жиры • Слишком низкая температура пищи (4^0C) • Слишком высокая температура пищи (50^0C) • Гипергликемия	• Жидкость • Маленький размер кусочков пищи • Жидкая пища • Приготовление пищи при высокой температуре (например, на производстве) • Гипогликемия

Здоровая поджелудочная железа выделяет инсулин в зависимости от того, как поступает глюкоза: если глюкоза поступает в кровь медленно, то поджелудочная железа выделяет инсулин постепенно, если углеводы поступают быстро, то поджелудочная железа выделяет сразу большое количество инсулина. При использовании шприц-ручек единственный возможный способ введения инсулина - это ввести всю дозу инсулина сразу либо разделить ее на несколько частей, что может быть неудобно и причиняет дополнительный дискомфорт. При использовании инсулиновой помпы появляется больше возможностей благодаря наличию различных типов болюсного введения и отсутствию необходимости делать уколы.

Виды болюсов

По характеру введения существует несколько типов болюсов (независимо, пищевой это болюс или корригирующий). Основная задача различных типов болюсного введения инсулина - это привести в соответствие состав пищи (по его влиянию на скорость и длительность повышения глюкозы в крови), длительность приема пищи и вводимый инсулин. Практически во всех моделях инсулиновых помп есть три типа болюсного введения: стандартный болюс, продленный болюс, двойной болюс.

Виды болюсов

Стандартный болюс	Продленный болюс (растянутый или квадратной волны)	Двойной болюс (двойной волны)
Отличие		
Однократное введение всей болюсной дозы	Постепенное введение болюсной дозы в течение заданного времени	Комбинированное введение инсулина: часть дозы вводится сразу, часть в течение заданного времени (объем и длительность введения может быть различной)
В каких случаях использовать		
• Пища с большим количеством углеводов • Высокий уровень глюко-зы в крови (корректирующий болюс)	• Длительный прием пищи • Пища с большим количеством жиров	• Пища с высоким содержанием жиров и легкоусвояемых углеводов (пицца, жареная картошка) • При высокой гликемии перед длительным приемом пищи

Стандартный болюс

При этом типе болюса весь инсулин вводится с максимально возможной скоростью, которая зависит от того, насколько быстро мотор инсулиновой помпы может ввести инсулин. Большинство родителей детей с диабетом чаще всего используют этот болюс. Этот тип болюса используют, когда необходима максимальная скорость действия инсулина. Например, в случае гипергликемии или в случае приема пищи, после которой ожидается быстрое повышение глюкозы в крови (сок, жидкая пища и др.).

Продленный болюс (растянутый или болюс квадратной волны)

При этом типе болюса инсулин вводится не сразу, а постепенно в течение заданного времени. При использовании этого болюса нужно запрограммировать количество инсулина и продолжительность его введения. Данный тип болюса используется, когда необходимо замедлить и продлить действие инсулина. Например, в случае приема пищи, содержащей большое количество жиров, или при длительном приеме пищи (например, праздничное застолье).

Двойной болюс (болюс двойной волны)

Данный тип болюса представляет собой комбинацию двух предыдущих (отсюда и название «комбинированный»), то есть часть инсулина вводится сразу, а часть вводится постепенно в течение заданного времени. При программировании данного типа болюса необходимо задать общее количество инсулина, количество инсулина, которое необходимо ввести сразу (первая волна), а также продолжительность введения второй волны. Этот тип болюса можно использовать при приеме комбинированной пищи с высоким содержанием жиров и легкоусвояемых углеводов (пицца, жареная картошка).

Количество инсулина на первую и вторую волну, а также продолжительность введения второй волны зависят от характера пищи, уровня глюкозы в крови перед едой и других факторов. Вам потребуется практика, чтобы подобрать оптимальные настройки болюса двойной волны. На первое время не рекомендуется вводить на вторую волну более 50% всей дозы инсулина, а продолжительность ее введения устанавливать больше 2 часов. Со временем вы сможете определить оптимальные для вас или вашего ребенка параметры, которые позволят улучшить показатели глюкозы крови после еды.

«Суперболюс»

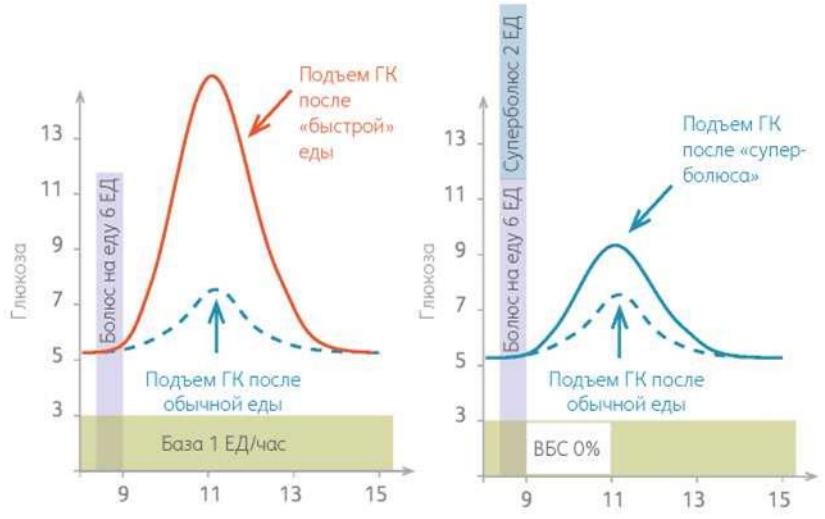
Суперболюс - это введение части базального инсулина в виде дополнительного болюсного инсулина, при этом подача базального инсулина полностью останавливается или снижается.

Увеличение дозы болюсного инсулина за счет базального может быть полезно, когда требуется более быстрое действие инсулина. Суперболюс может вводиться на еду, например, в случает приема пищи с высоким гликемическим индексом или в случае «быстрой» пищи.

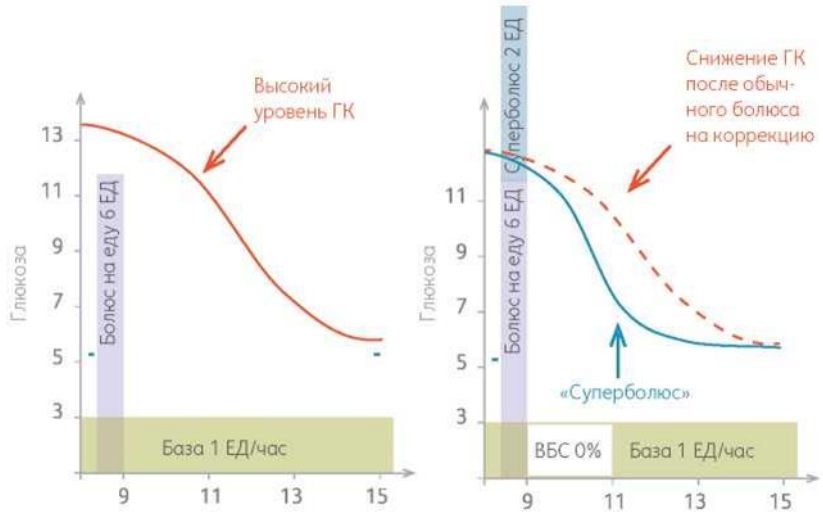
В примере 7 после приема «быстрой» пищи и стандартного болюса 6 ЕД на еду глюкоза в крови поднимается более 11 ммоль/л. При этом базальная скорость в течение 2 часов после еды составляет 1 ЕД/час. Для того чтобы ввести суперболюс, можно включить ВБС 0% на два часа, и за это время не введется 2 ЕД инсулина. Эти 2 ЕД инсулина надо прибавить к болюсу на еду (6+2 ЕД). Благодаря суперболюсу 8 ЕД подъем глюкозы в крови после еды будет заметно меньше, чем при обычном болюсе.

Также суперболюс можно вводить на коррекцию при высоком уровне глюкозы в крови, для того чтобы как можно быстрее снизить глюкозу в крови до целевых значений.

Пример 7. Суперболюс на еду



Пример 8. Суперболюс на коррекцию



В примере 8 для введения суперболюса подача базальной дозы отключается (ВБС 0%) на два часа. Доза не введенного за это время инсулина при скорости 1 ЕД/час составит 2 ЕД. Этот базальный инсулин прибавляется к корректирующему болюсу. Корректирующая доза инсулина на данный уровень глюкозы в крови составляет 4 ЕД, поэтому суперболюс составит 6 ЕД (4+2 ЕД). Введение суперболюса позволит быстрее снизить глюкозу в крови и достигнуть целевых показателей за меньшее время по сравнению со стандартным болюсом.

Помните, что при использовании суперболюса весь введенный инсулин учитывается как активный, несмотря на то, что часть его - это, по сути, базальная доза. Учтите это при введении следующего болюса.

Болюсный калькулятор

Наличие в большинстве моделей помп помощника болюса, или «болюсного калькулятора», может значительно облегчить задачу расчета болюсного инсулина. При использовании помощника болюса расчет инсулина производится на основании углеводного коэффициента и ФЧИ с учетом введенного ранее инсулина (активный инсулин). Для расчета болюсной дозы вам достаточно ввести количество съеденных углеводов и текущие показатели

глюкозы в крови. Расчет дозы инсулина производится на основании формул, о которых говорилось ранее. Однако следует заметить, что различные модели помп имеют различный алгоритм расчета дозы, что может отразиться на результате. Основные отличия касаются определения целевого значения глюкозы в крови и учета активного инсулина. При расчете корректирующего болюса в некоторых моделях помп за целевой уровень гликемии берется верхняя (при положительном корректирующем болюсе) или нижняя (при отрицательном корректирующем болюсе) граница целевого диапазона, а в других - среднее значение целевого диапазона. Соответственно, в первом случае корректирующий болюс будет меньше по объему, чем во втором. Особенно это будет заметно при широком целевом диапазоне. Обсудите настройки болюсного калькулятора вашей помпы со своим лечащим врачом.

Активный инсулин

После введения болюсной дозы инсулина продолжительность ее действия составит несколько часов, и в течение всего этого времени глюкоза в крови будет снижаться. Поэтому когда вы в следующий раз делаете инсулин, важно учитывать количество инсулина, который еще продолжает действовать. Этот остаточный, еще не подействовавший инсулин, называется активный инсулин, или «болюс на борту». Человеку сложно самостоятельно учитывать «болюс на борту», и использование помощника болюса упростит эту задачу - помпа «умеет» учитывать

активный инсулин с помощью специальных алгоритмов и корректировать болюсную дозу, которую вы собираетесь ввести, с учетом него.

Как помпа учитывает активный инсулин? Представим, что вы ввели 6 единиц болюсного инсулина в 9 утра. Сейчас 11 часов, уровень глюкозы в крови 15 ммоль/л, и вы собираетесь ввести дополнительный инсулин для снижения уровня глюкозы. Сначала помпа рассчитает, какое количество инсулина необходимо для достижения нормального уровня глюкозы в крови с учетом фактора чувствительности к инсулину и целевого значения гликемии. Например, целевая гликемия - 7,5 ммоль/л и коэффициент чувствительности - 5 ммоль/л/ЕД. Получается, что для достижения глюкозы 7,5 ммоль/л надо ввести:

$$\text{КБ} = \frac{\text{ГК сейчас} - \text{ГК целевая}}{\text{ФЧИ}} = \frac{15\ \text{ммоль/л} - 7{,}5\ \text{ммоль/л}}{5} = 1{,}5\ \text{ЕД}$$

Затем помпа рассчитает с использованием встроенных формул количество остаточного инсулина, например 1 ЕД. Далее помпа рассчитает, какое количество инсулина необходимо ввести, вычтя из рекомендованной дозы активный инсулин.

Рекомендованная доза - активный инсулин = 1,5 ЕД - 1 ЕД = 0,5 ЕД.

Эту дозу (0,5 ЕД) помпа и предложит ввести. Если количество активного инсулина будет больше, чем рассчитанная рекомендованная доза на коррекцию, то помпа ничего не предложит ввести.

Большинство помп вычитает активный инсулин только из корректирующего болюса. Если вы собираетесь принять углеводы, то рассчитанная доза инсулина на еду (болюс на еду) останется без изменений независимо от количества «болюса на борту»

Продолжительность действия инсулина

При программировании болюсного калькулятора вы можете установить различные значения продолжительности действия инсулина - активного инсулина - как правило, от 2 до 8 часов. Какую продолжительность следует устанавливать? Давайте попробуем разобраться. Основной принцип - чем большее значение вы будете устанавливать, тем меньше инсулина помпа будет предлагать ввести на каждый следующий болюс.

Продолжительность действия инсулина (ПДИ)

Продолжительность действия современных аналогов инсулина короткого действия составляет до 5 часов и больше, а человеческих инсулинов до 8 часов. Однако это не означает, что в помпу надо установить значение 5-6 часов. В своей практике мы в большинстве случаев начинаем со значения 4 часа и в дальнейшем используем индивидуальный подход. Для тех, кто стремится к хорошим показателям и меньшим колебаниям глюкозы в крови, для этого достаточно часто измеряет уровень глюкозы в крови и вводит болюс для коррекции показателей глюкозы, оптимальным

будет установка времени активного инсулина менее 4 часов. Для людей с частыми эпизодами гипогликемии или в случае недостаточного числа измерений глюкозы в крови время активного инсулина лучше установить более 4 часов, это позволит снизить риск гипогликемии.

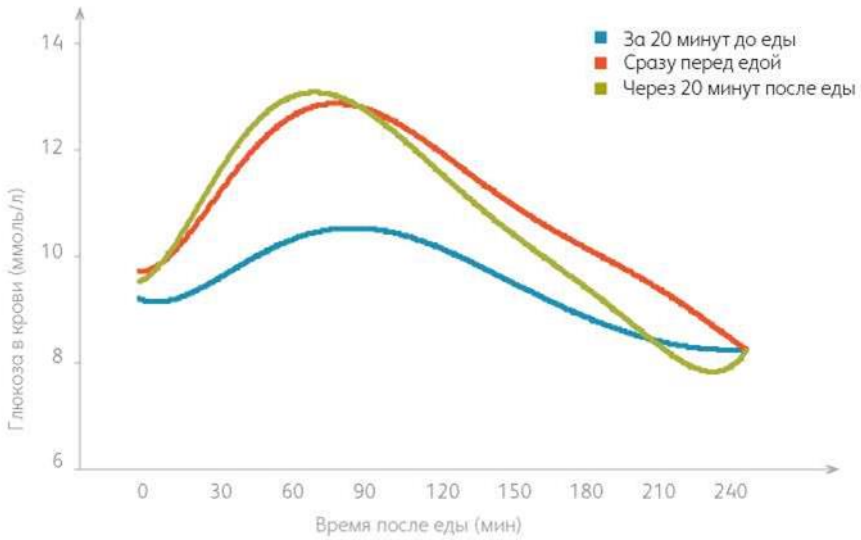
Время активного инсулина

Менее 4 часов	Более 4 часов
Больше инсулина на коррекцию показателей глюкозы	Меньше инсулина на коррекцию показателей глюкозы
Выше риск гипогликемии	Ниже риск гипогликемии
Необходим более частый контроль ГК	Выше Hb1Ac

Время введения болюса на еду

К сожалению, эффект от введения даже современных аналогов инсулина короткого действия наступает медленнее по сравнению с инсулином здоровой поджелудочной железы, и несмотря на значительное улучшение глюкозы в крови после еды при использовании аналогов инсулина, пик их действия наступает только через 90-100 минут после введения. В то же время пик всасывания углеводов из кишечника наступает примерно через 60 минут после принятия пищи, хотя это также зависит от состава еды. При этом чем меньше ребенок, тем быстрее пища поступает в кишечник, где происходит основное всасывание углеводов. Поэтому некоторые люди с диабетом, особенно маленькие дети, имеют высокие показатели глюкозы в крови через 1-2 часа после еды, которые постепенно снижаются и через 3-5 часов приходят в норму. Особенно это выражено по утрам, когда уровень контринсулярных гормонов очень высок по сравнению с другим временем

Введение болюса до еды



Введение болюса за 20 минут до еды может помочь справится с этой проблемой. Не стоит вводить инсулин заранее в случае низких показателей глюкозы в крови. В этом случае инсулин

можно ввести после или во время еды. Также в случае низких показателей глюкозы в крови перед едой можно принять дополнительные, «быстрые» углеводы и, убедившись через 10-15 минут в том, что показатели глюкозы в крови стали хорошими, ввести болюс. Если вы не знаете, сколько вы или ваш ребенок сможет съесть углеводов, то заранее можно ввести лишь часть болюсной дозы (например, на 1 ХЕ), то есть разделить весь инсулин на два или более болюсов.