



Д.Н. Лаптев

ИНСУЛИНОВАЯ ПОМПА И НЕПРЕРЫВНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЛЮКОЗЫ



Москва
2023

Лаптев Д. Н.

Инсулиновая помпа и непрерывный мониторинг глюкозы/
Лаптев Д.Н. – ООО «Верди», 2023. – 136 с.

ISBN 978-5-906399-20-5

В монографии рассмотрены основные вопросы устройства и использования инсулиновых помп и систем непрерывного мониторинга глюкозы. Даны практические рекомендации по инициации терапии с использованием инсулиновых помп и систем непрерывного мониторинга и использованию этих технологий в различных ситуациях.

Монография предназначена для специалистов в области сахарного диабета, а также родителей детей с сахарным диабетом.

Рецензенты:

Галстян Гагик Радикович – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора института диабета, заведующий отделением диабетической стопы ГНЦ РФ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России, главный внештатный специалист эндокринолог Министерства здравоохранения Московской области, президент ОООИ «Российская диабетическая ассоциация».

Кияев Алексей Васильевич – доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной педиатрии ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, заведующий Областным центром детской эндокринологии ГАУЗ СО «Областная детская клиническая больница», главный внештатный детский специалист эндокринолог Минздрава России по УФО, главный внештатный специалист детский эндокринолог Министерства здравоохранения Свердловской области, г. Екатеринбург

ISBN 978-5-906399-20-5

Издание осуществлено при поддержке программы «Альфа-Эндо» Благотворительного фонда «Культура благотворительности», которая реализуется совместно с ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России.

Сайт программы: <http://alfa-endo.ru/>

Иллюстрация обложки: О.М. Худорожкова

© Лаптев Д.Н. 2023

© Альфа-Эндо, 2023



Сахарный диабет – заболевание, опасное своими осложнениями, которые могут возникнуть из-за неоптимального контроля – высоких или низких показателей глюкозы. Достижение целевых показателей гликемического контроля (гликированный гемоглобин, показатели глюкозы и др.) – довольно трудоемкий, обременительный и сложный процесс. Современные технологии контроля сахарного диабета – помповая инсулинотерапия и непрерывный мониторинг глюкозы (НМГ) – значительно облегчают введение инсулина и контроль за показателями глюкозы, способствуя достижению целевых показателей и улучшению качества жизни.

Современные инсулиновые помпы и системы НМГ – удобные и достаточно простые в использовании устройства. В то же время, чтобы ими правильно пользоваться, необходимо обучение. Эффективность использования инсулиновых помп и НМГ будет во многом определяться теоретическими и практическими знаниями, как и мотивацией на достижение оптимального контроля сахарного диабета.

Издание познакомит вас с технологиями помповой инсулинотерапии и непрерывного мониторинга глюкозы, начиная с истории их разработки и появления и заканчивая перспективами развития в будущем, и станет незаменимым помощником в различных клинических и жизненных ситуациях.

Автор: Лаптев Дмитрий Никитич, д. м. н., профессор РАН, заведующий детским отделением сахарного диабета ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Список используемых сокращений..... | 5 |
| История помповой инсулинотерапии и НМГ..... | 6 |
| Общая информация о помповой инсулинотерапии | 8 |
| Устройство инсулиновых помп..... | 8 |
| Работа инсулиновой помпы..... | 9 |
| Отличие инсулиновой помпы от шприц-ручек..... | 11 |
| Особенности инсулиновых помп..... | 14 |
| Преимущества помповой инсулинотерапии..... | 16 |
| Недостатки помповой инсулинотерапии..... | 18 |
| От чего зависит результат при использовании помпы..... | 20 |
| Переход на помповую инсулинотерапию | 22 |
| Когда стоит переходить на помповую инсулинотерапию?..... | 22 |
| Условия перехода на помпу..... | 23 |
| Расчет инсулина при переходе на помпу..... | 23 |
| Расчет базальной дозы..... | 24 |
| Расчет болюсных коэффициентов..... | 26 |
| Базальный инсулин..... | 29 |
| Инфузионные наборы | 31 |
| Виды инфузионных наборов..... | 31 |
| Места установки катетера..... | 35 |
| Замена инфузионной системы и установка катетера..... | 36 |
| Заполнение пластиковой канюли..... | 38 |
| Время использования инфузионной системы..... | 39 |
| Средства для уменьшения боли при установке канюли..... | 40 |
| Дополнительные средства для канюль..... | 41 |
| Базальный инсулин | 43 |
| Назначение базального инсулина..... | 43 |
| Оценка базального профиля..... | 43 |
| Коррекция базального профиля..... | 45 |

| | |
|---|-----------|
| Коррекция базального инсулина в дневное время: пропуск приемов пищи . . . 46 | 46 |
| Примеры оценки и коррекции базальной дозы 47 | 47 |
| Коррекция базального инсулина в дневное время без пропусков приема пищи 51 | 51 |
| Коррекция базального инсулина по НМГ 54 | 54 |
| Базальные профили и временная базальная скорость 55 | 55 |
| Болюсный инсулин. Калькулятор болюса 60 | 60 |
| Болюс на коррекцию 60 | 60 |
| Болюс на еду 63 | 63 |
| Что влияет на болюсный инсулин на еду? 65 | 65 |
| Виды болюсов 66 | 66 |
| Суперболюс 68 | 68 |
| Болюсный калькулятор 70 | 70 |
| <i>Алгоритм расчета инсулина калькулятором болюса 70</i> | <i>70</i> |
| <i>Особенности калькулятора болюса в различных помпах 72</i> | <i>72</i> |
| <i>Активный инсулин 73</i> | <i>73</i> |
| <i>Продолжительность действия инсулина 74</i> | <i>74</i> |
| Еда с высоким гликемическим индексом 74 | 74 |
| Еда с высоким содержанием белков и жиров 76 | 76 |
| Кетоны и диабетический кетоацидоз 81 | 81 |
| Причины появления кетонов и кетоацидоза 81 | 81 |
| Как обнаружить нарушение подачи инсулина 82 | 82 |
| Окклюзия 83 | 83 |
| Как предупредить развитие диабетического кетоацидоза 83 | 83 |
| Оценка кетонов и показателей глюкозы 85 | 85 |
| Непрерывный мониторинг глюкозы 88 | 88 |
| Описание 88 | 88 |
| Сравнение глюкометра и НМГ 89 | 89 |
| Основные виды НМГ 89 | 89 |

| | |
|---|------------|
| Преимущества и недостатки НМГ | 90 |
| Различие флеш-мониторинга и НМГ-РВ | 91 |
| Калибровка НМГ | 92 |
| Сигналы тревоги | 93 |
| Стрелки тенденций | 94 |
| Точность НМГ | 95 |
| Физические нагрузки | 97 |
| Рекомендации по физическим нагрузкам | 97 |
| Физиология физических нагрузок | 98 |
| Факторы, влияющие на показатели глюкозы во время физических нагрузок | 99 |
| Проведение физических нагрузок | 101 |
| <i>Перед физической нагрузкой</i> | 101 |
| <i>Во время физической нагрузки</i> | 103 |
| <i>После физической нагрузки</i> | 105 |
| Различные ситуации, с которыми можно столкнуться при использовании помпы и системы НМГ | 108 |
| Воздушные пузыри | 108 |
| Ношение инсулиновой помпы | 108 |
| Сон с инсулиновой помпой | 109 |
| Отключение помпы | 109 |
| Снятие помпы | 110 |
| Посещение школы и детского сада | 111 |
| Водные процедуры и купание | 112 |
| Во время болезни | 112 |
| Механические повреждения инсулиновой помпы | 115 |
| Использование инсулиновой помпы в холодную или жаркую погоду | 115 |
| Рентгеновское исследование, МРТ, КТ | 115 |
| Путешествия | 116 |
| <i>Перед путешествием</i> | 116 |
| <i>В аэропорту</i> | 118 |
| <i>В самолете</i> | 118 |
| <i>Разница во времени</i> | 119 |

| | |
|--|------------|
| Системы автоматического введения инсулина | 121 |
| Замкнутый контур | 121 |
| Инсулиновые помпы с гибридным замкнутым контуром | 122 |
| Дальнейшие перспективы | 122 |
| Словарь | 124 |
| Предметный указатель | 127 |
| Список литературы | 130 |

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- HbA1c** – гликированный гемоглобин
- БЕ** – болюс на еду
- БЖЕ** – белково-жировая единица
- БК** – болюс на коррекцию
- ВБС** – временная базальная скорость
- ГК** – глюкоза крови
- ЕД** – единица инсулина
- ИДД** – инсулин длительного действия
- ИКД** – инсулин короткого действия
- МИИ** – множественные инъекции инсулина
- НМГ** – непрерывный мониторинг глюкозы
- НМГ-РВ** – непрерывный мониторинг глюкозы в реальном времени
- ПЖК** – подкожно-жировая клетчатка
- ПЖ** – поджелудочная железа
- СД** – сахарный диабет
- СДИ** – суточная доза инсулина
- УК** – углеводный коэффициент
- ФЧИ** – фактор чувствительности к инсулину
- ХЕ** – хлебная единица

ИСТОРИЯ ПОМПОВОЙ ИНСУЛИНОТЕРАПИИ И НМГ

Прообразом инсулиновой помпы стало устройство размером с большой рюкзак, разработанное в 1963 году доктором Арнольдом Кадишем (Arnold Kadish) в США для внутривенного введения инсулина и глюкозы. Несмотря на то что устройство не нашло применения, оно продемонстрировало осознание необходимости воспроизведения более физиологического введения инсулина и стремление к автоматизации этого процесса.

Первой портативной инсулиновой помпой стал дозатор Mill Hill Infuser, разработанный в 1976 году коллективом в составе John Pickup, Harry Keen и John A Parsons [1]. Это устройство было создано на основе дозатора, изначально предназначенного для введения гормонов животным. Оно имело сравнительно небольшой размер 11 x 7 x 2 см, весило около 300 граммов и могло вводить инсулин в двух различных по скорости режимах: базальный режим – 40–50 мкл/час и прандиальный режим – в восемь раз быстрее базального. Клинические испытания продемонстрировали не только возможность такого подхода, но и более хорошие показатели глюкозы по сравнению с традиционной инъекционной инсулинотерапией [2], что способствовало дальнейшему развитию и совершенствованию направления.

Одним из важнейших этапов развития технологий непрерывного введения инсулина стала разработанная в 1970-х годах первая система автоматического введения инсулина в замкнутом контуре – Биостатор (Biostator). Это стационарное устройство вводило внутривенно инсулин и глюкозу под контролем непрерывного измерения глюкозы в венозной крови с помощью проточного датчика. Контроллер системы обратной связи обеспечивал поминутный расчет количества инсулина или глюкозы, необходимого для нормализации концентрации глюкозы в крови. Несмотря на свои возможности, применение системы было ограничено ее размерами и сложностью, поэтому Биостатор использовался в основном в рамках исследований. Так, Биостатор получил широкое применение для оценки фармакологических характеристик при испытаниях новых инсулинов.

Восьмидесятые годы прошлого века стали прорывом в помповой инсулинотерапии. Одной из первых коммерческих инсулиновых помп стал

инъектор AutoSyringe AS-2C [3]. Promedeus (Siemens, Германия) – одна из первых имплантируемых (вживляемых под кожу) помп. Компания Novo Nordisk (Дания) в 1983 году выпустила свою помпу под названием Nordisk Infuser. Первой самой маленькой помпой была Dahedi RW 90/91, созданная в Голландии и из-за своих размеров получившая признание среди женщин. CPI 9100 (Lilly, США, 1982 год) – одна из первых помп с индивидуально программируемым базальным профилем, однако в связи с отсутствием памяти его, к сожалению, было необходимо программировать заново каждый вечер. Этот недостаток был устранен в помпе MRS1-Infusor pump: в ней можно было запрограммировать различную базальную скорость на каждый час, однако это мог сделать только врач. В нашей стране также было разработано несколько моделей инсулиновых помп, которые использовались в клинической практике с хорошими результатами.

Первое поколение инсулиновых помп имело очевидные недостатки. Устройства были довольно тяжелыми, элементы питания достаточной емкости отсутствовали, поэтому каждые несколько дней приходилось менять батарейки. Инфузионные системы и канюли, как и сама помпа, были достаточно дорогими. Помпы часто выходили из строя, а инфузионные системы приводили к инфицированию. Кроме того, выяснилось, что вследствие использования только инсулина короткого действия у пользователей помп часто развивается кетоацидоз. В современных инсулиновых помпах эти проблемы были практически полностью решены, что способствовало их широкому внедрению в лечение сахарного диабета.

В 1999 году на рынке появилась первая коммерческая система непрерывного мониторинга глюкозы (НМГ) Minimed Continuous Glucose Monitoring System – CGMS. С помощью специального сенсора эта система каждые 5 минут регистрировала измерения глюкозы в подкожно-жировой клетчатке в течение 3 дней и для получения записанных данных было необходимо подключить систему к компьютеру. Хотя эта система предназначалась для медицинских работников, дальнейшее развитие помповой инсулинотерапии стало тесно связано с НМГ.

В 2006 году появилась первая инсулиновая помпа с функцией непрерывного мониторинга глюкозы в реальном времени (НМГ-РВ). Инсулиновая помпа вводила инсулин, отображала на экране показатели глюкозы, полученные сенсором, и оповещала пользователя при достижении пограничных значений глюкозы.

В 2014 году на рынке появилась система флеш-мониторинга глюкозы (ФМГ) FreeStyle Libre, которая стала потенциальной альтернативой традиционному самоконтролю глюкозы с помощью глюкометра, благодаря чему сформировалось отдельное направление в НМГ. Измерение глюкозы производилось при сканировании – поднесении считывателя (ридера) непосредственно к датчику. Впоследствии система ФМГ была усовершенствована, и на сегодняшний день она обладает всеми функциями, характерными для НМГ-РВ.

В 2015 году появилась первая коммерческая гибридная система введения инсулина в замкнутом контуре MiniMed 640G, которая предиктивно (заранее) останавливала подачу инсулина при тенденции к развитию гипогликемии по данным сенсора. В том же году была представлена первая открытая система введения инсулина в замкнутом контуре (OpenAPS). Эта система позволяет использовать различные коммерческие помпы и НМГ для введения инсулина по данным глюкозы сенсора и под управлением математического алгоритма, регулирующего подачу инсулина.

Сегодня имеется широкое разнообразие инсулиновых помп и НМГ, обладающих различными возможностями для облегчения и улучшения контроля сахарного диабета. Благодаря этому число пользователей инсулиновых помп во всем мире увеличилось с < 7 000 пользователей в 1990 году [4] до более 1 миллиона в настоящее время, а число пользователей НМГ в настоящее время составляет более 8 миллионов человек [5].

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОМПОВОЙ ИНСУЛИНОТЕРАПИИ

Устройство инсулиновых помп

Инсулиновая помпа – это сложное техническое устройство, которое можно сравнить с электронным шприцем. Внутри помпы находится электроника, которая управляет ее работой, и мотор,двигающий поршень. Поршень, в свою очередь, действуя на резервуар с инсулином, выдавливает его. Далее инсулин по трубочке, называемой инфузионной системой, через иголку, которая называется канюлей, поступает под кожу. Канюли бывают разной длины и изготавливаются из разного материала.

Инсулиновые помпы, использующие для доставки инсулина инфузионную систему, называются проводными. Также существуют беспроводные, или патч-помпы, которые полностью размещаются на поверхности кожи. В такой помпе инсулин поступает сразу из резервуара в канюлю, а управление осуществляется с помощью специального пульта, который по беспроводной связи соединяется с помпой и регулирует ее работу.

Помимо введения инсулина, в некоторых моделях инсулиновых помп имеется встроенная функция непрерывного мониторинга глюкозы, которая позволяет отслеживать изменения показателей глюкозы и подает сигналы при значительных изменениях ее уровня. Такие помпы могут автоматически регулировать подачу инсулина в различных ситуациях.

Устройство инсулиновой помпы



Инструкции по дозированию инсулина вводятся в компьютер помпы, и рассчитанное количество инсулина подается в организм в непрерывном контролируемом режиме

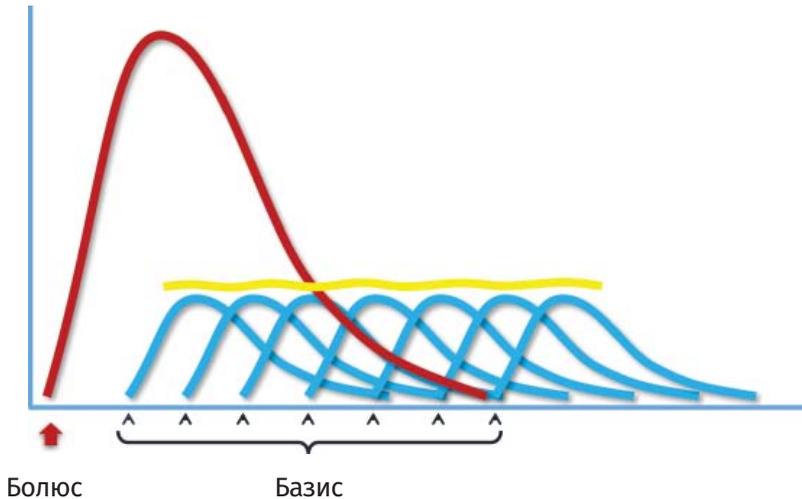
Инсулиновая помпа



Работа инсулиновой помпы

В инсулиновой помпе используется только один вид инсулина, обычно это аналоги инсулина короткого действия, в том числе быстродействующие. Аналоги имеют измененную структуру молекулы инсулина (поэтому и называются аналогами). Их действие наступает раньше, а продолжительность меньше по сравнению с обычными человеческими инсулинами. Считается, что аналоги инсулина более эффективны для контроля сахарного диабета, при их использовании реже встречаются гипогликемии, а уровень гликированного гемоглобина обычно ниже [6].

Базальное и болюсное введение инсулина помпой



Инсулиновая помпа подает инсулин в двух режимах: базальном и болюсном. Базальный режим – это постоянная подача обычно очень маленьких доз инсулина для поддержания уровня глюкозы крови. Болюсный режим – это введение больших доз инсулина на приемы пищи или для коррекции высокой глюкозы. Болюсный инсулин вводится вручную, для расчета дозы может быть использован калькулятор болюса – встроенная в помпу программа, которая рекомендует дозу болюсного инсулина в зависимости от уровня глюкозы в крови и количества съеденных углеводов (в некоторых моделях помп может учитываться физическая нагрузка, стресс и др. факторы). Базальный инсулин вводится автоматически в соответствии с установленными лечащим врачом настройками. При этом в разное время суток количество вводимого базального инсулина может различаться в зависимости от индивидуальной потребности. Дозы вводимого базального инсулина могут меняться каждые 30–60 минут. Различная скорость введения базального инсулина за сутки называется базальным профилем. По своей сути базальный инсулин – это множество частых и маленьких по объему болюсов.

| Болюсный инсулин | Базальный инсулин |
|---|---|
| Вводится вручную | Вводится автоматически |
| На еду или на коррекцию | Для поддержания уровня глюкозы в крови |
| Для расчета дозы может быть использован помощник болюса | Может быть запрограммирована различная скорость введения каждые 30–60 минут |
| Несколько типов введения | Скорость введения зависит от индивидуальной потребности за сутки |

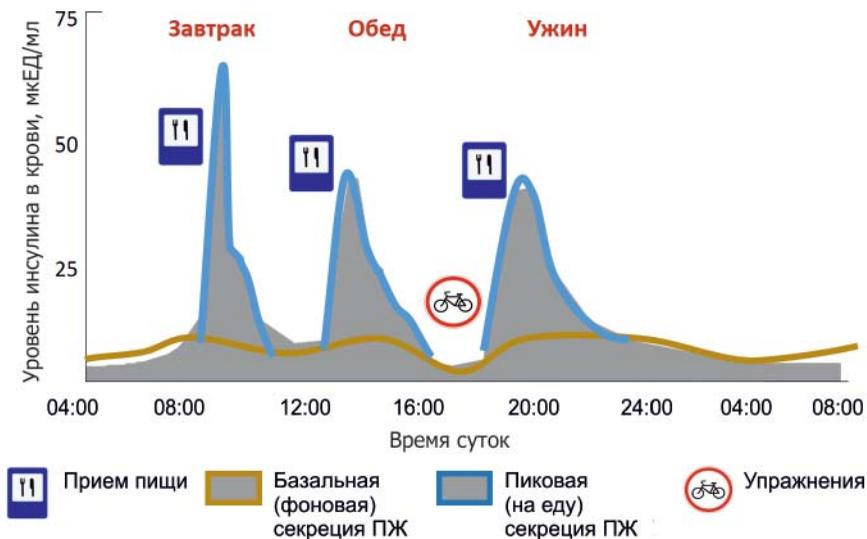
Отличие инсулиновой помпы от шприц-ручек

У людей без диабета инсулин вырабатывается бета-клетками поджелудочной железы, которая находится в брюшной полости. Бета-клетки располагаются среди скоплений клеток, вырабатывающих разные гормоны, – островках Лангерганса. Из островков инсулин сразу попадает в кровь, где может осуществлять свое действие – предоставлять доступ глюкозе из крови в клетки. Бета-клетки постоянно вырабатывают инсулин, подстраиваясь под уровень глюкозы. Если глюкоза начинает повышаться после приема пищи, бета-клетки увеличивают выработку инсулина, и наоборот, во время голодания выработка инсулина начинает снижаться. Работа в таком режиме обеспечивает поддержание показателей глюкозы в очень узком диапазоне.

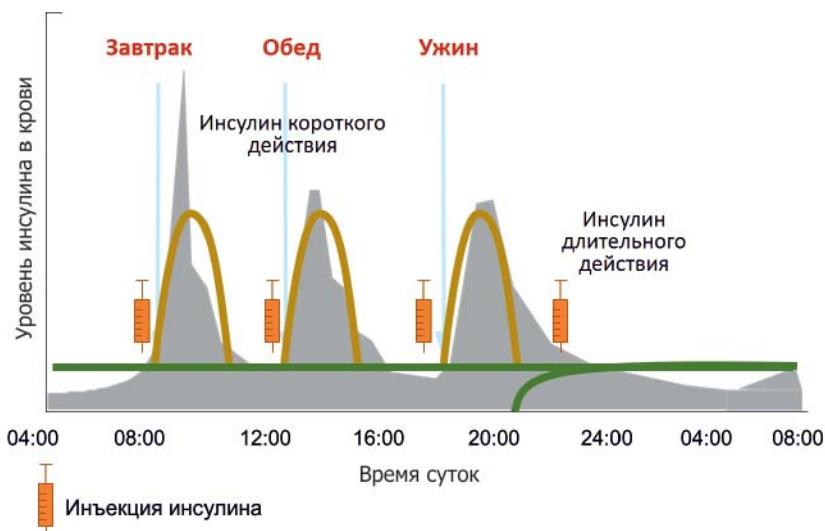
Современная инсулинотерапия направлена на максимальное воспроизведение работы бета-клеток. Однако возможности различных методов инсулинотерапии сильно различаются.

При использовании шприц-ручек приходится делать несколько инъекций инсулина за день, поэтому этот метод также называется множественными инъекциями инсулина. Как правило, делается одна или две инъекции инсулина длительного действия и несколько инъекций инсулина короткого действия на приемы пищи и при повышении глюкозы в крови. Однако с помощью шприц-ручек сложно полностью воспроизвести работу поджелудочной железы. На шприц-ручках сложно адаптировать инсулинотерапию к индивидуальным потребностям в инсулине в течение суток, которые могут быть связаны с образом жизни, физической активностью, гормональными изменениями и др.

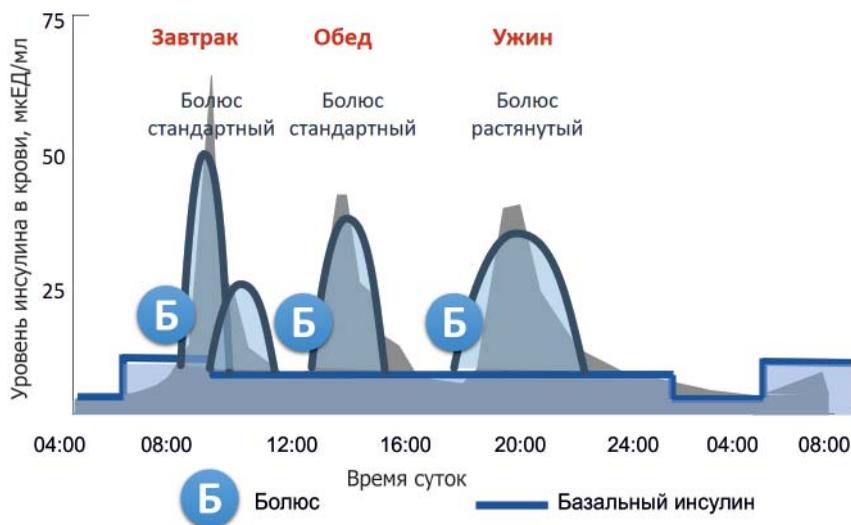
Выработка инсулина поджелудочной железой



Шприц-ручки (множественные инъекции инсулина)



Инсулиновая помпа (непрерывная подкожная инфузия инсулина)



В свою очередь, на помпе инсулин постоянно поступает небольшими дозами и скорость его введения может быть различной в течение дня в зависимости от потребности в нем в определенное время. Поэтому этот метод также называется непрерывной подкожной инфузией инсулина. Настройки и введение инсулина на еду могут быть различными в зависимости от времени суток, состояния организма, состава и характера пищи. Таким образом, помимо точного дозирования, возможности введения небольших количеств инсулина, различные настройки базального и болюсного инсулина в течение суток, а также дополнительные функции и возможности помпы позволяют лучше адаптировать инсулинотерапию к индивидуальным потребностям в инсулине в зависимости от образа жизни, питания, физической активности и др.

Сравнение инсулиновой помпы и шприц-ручек

| Шприц-ручки | Инсулиновые помпы |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Инсулин вводится отдельными дозами | Инсулин вводится непрерывно |
| Обычно два вида инсулина | Один вид инсулина |

| Шприц-ручки | Инсулиновые помпы |
|--|---|
| 1–2 дозы (инъекции) базального инсулина | ≥ 24 дозы (настройки) базального инсулина |
| Расчет дозы инсулина на еду и высокую ГК «в уме» или с использованием дополнительных средств (ПК, смартфон, калькулятор и т. п.) | Встроенная в помпу программа автоматического расчета болюсной дозы. Возможность настройки различных параметров введения болюсного инсулина в течение дня |
| ≥ 4 инъекции в день | Одна инъекция (смена катетера) в 2–3 дня |
| Для введения инсулина требуется укол | Для введения инсулина инъекция не требуется, достаточно нажать на кнопки |
| Минимальное вводимое количество инсулина 0,5 ЕД | Минимальное вводимое количество инсулина составляет до 0,025 ЕД в базальном и болюсном режимах |
| Инсулин вводится в разные места | Инсулин поступает в одно и то же место |

Особенности инсулиновых помп

Существует множество моделей помп, которые различаются размерами, весом, способом установки и набором функций. По способу установки помпы могут полностью крепиться на тело (беспроводные, или патч-помпы) или подсоединяться к нему с помощью трубки инфузионной системы. Основные функции любых инсулиновых помп, как правило, примерно одинаковы, и различия могут касаться особенностей введения инсулина, таких как минимальная доза (шаг подачи инсулина), которую может ввести помпа в базальном или болюсном режиме. Некоторые модели имеют пульт дистанционного управления, с помощью которого можно вводить инсулин или менять настройки помпы. Есть помпы со встроенной функцией НМГ, некоторые из них имеют возможность автоматической регулировки подачи инсулина в отдельных ситуациях.

Шаг инсулина – это та минимальная доза инсулина, которую помпа может ввести. Современные помпы могут вводить инсулин с шагом до 0,025 ЕД. Такие маленькие дозы инсулина могут быть необходимы у детей маленького возраста или у детей в периоде «медового месяца», когда дозы инсулина небольшие. Введение маленьких доз обеспечивает точное дозирование и простоту подбора дозы для достижения целевых показателей глюкозы.

Практически во всех современных помпах имеется так называемый помощник, или калькулятор болюса. Основные принципы его работы схожи во всех моделях помп, однако имеются и отличия, которые могут влиять на результат [7].

У некоторых помп есть пульт управления, с помощью которого можно незаметно для окружающих рассчитать и затем ввести инсулин или изменить настройки помпы. Это может быть очень полезно для тех, кто стесняется вводить инсулин в общественных местах, например в школе. Кроме того, в пульт встроен глюкометр, поэтому нет необходимости дополнительно носить еще один.

Помпы с функцией НМГ позволяют в реальном времени отслеживать уровень глюкозы и сигнализируют при достижении пороговых показателей. Некоторые из таких помп могут регулировать подачу инсулина по данным мониторинга, например, останавливая подачу инсулина при тенденции на возникновение гипогликемии.

Отличия инсулиновых помп

Минимальная доза инсулина (шаг)

Помощник, или калькулятор болюса

Пульт управления

Непрерывный мониторинг глюкозы

Функции обратной связи по НМГ

Установка полностью на тело

Таким образом, разнообразные возможности инсулиновых помп позволяют каждому человеку с диабетом подобрать необходимые ему функции для достижения оптимального уровня глюкозы в крови, гибкости

образа жизни, улучшения самочувствия и качества жизни. Обсудите со своим лечащим врачом, какая помпа подойдет лучше всего.

Преимущества помповой инсулинотерапии

В отличие от шприц-ручек, введение инсулина инсулиновой помпой в большей степени может удовлетворить потребности в нем, то есть является более физиологичным. Благодаря большому количеству настроек введение базального и болюсного инсулина может быть индивидуализировано для каждого человека. Поэтому у многих детей с диабетом переход на инсулиновую помпу сопровождается снижением и стабилизацией уровня глюкозы и гликированного гемоглобина [8–14].

Преимущества от использования инсулиновой помпы

| | |
|--|---|
| Ниже уровень гликированного гемоглобина | У многих людей, которые переходят на помпу, удается снизить и стабилизировать показатели глюкозы в крови |
| Меньше гипогликемий | Использование помпы может быть полезно при склонности к гипогликемии, так как у тех, кто использует помпу, риск гипогликемии снижается |
| Меньше инъекций | В отличие от шприц-ручек, делать уколы с помпой надо лишь один раз в 2–3 дня или даже реже |
| Маленькие дозы инсулина | Современные помпы могут подавать инсулин с минимальной дозой до 0,025 ЕД, это позволяет более точно дозировать инсулин, вводить его маленькими дозами в зависимости от количества углеводов, а также более точно подбирать профиль базальной дозы |
| Более физиологичное введение инсулина | В помпе используются аналоги инсулина короткого действия, которые вводятся в одно и то же место в течение нескольких дней, благодаря чему действие инсулина более предсказуемо и постоянно. Можно задать различную базальную скорость, чтобы учесть индивидуальную потребность днем и ночью |
| Гибкий образ жизни | Введение инсулина помпой проще, а некоторые модели помп имеют пульт управления, что может быть полезно при введении инсулина в присутствии других людей. Можно ввести любое необходимое количество болюсов без дополнительных уколов |

Легче заниматься спортом

На помпе легче регулировать дозу инсулина во время и после занятий спортом. Во время физических нагрузок помпу можно отключить или уменьшить подачу инсулина

Улучшение самочувствия

Для многих использование помпы комфортнее. Стресс и тревога уменьшаются, что улучшает самочувствие

Еще одним преимуществом инсулиновых помп является снижение риска гипогликемий. У детей гипогликемия является частой и серьезной проблемой [15, 16], особенно это касается тяжелой гипогликемии, которая может быть очень опасна у маленьких детей. При помповой терапии количество эпизодов гипогликемии значительно уменьшается [11, 15, 17], особенно при использовании инсулиновых помп вместе с НМГ [18–20]. Это происходит потому, что при помповой терапии можно вводить инсулин очень маленькими порциями, что позволяет более точно дозировать инсулин, например, для небольших перекусов у маленьких детей. Врач и родители ребенка имеют возможность оптимально настроить свой базальный профиль введения инсулина в соответствии с индивидуальными потребностями. Использование временного базального профиля позволяет значительно снизить количество эпизодов гипогликемии при физических нагрузках. Временный базальный профиль также может с успехом быть применен при болезни или необъяснимой низкой гликемии в течение дня.

Используя помпу, не придется делать много уколов. Несложно посчитать, что ребенок с диабетом, получающий минимум пять инъекций за день (три инъекции короткого инсулина на основные приемы пищи и две инъекции инсулина длительного действия утром и вечером) за год получает 1 820 инъекций. В случае помповой терапии, при условии смены катетера каждые 3 дня, это количество снижается до 120 введений катетера в год. Это может быть очень важно для маленьких детей в связи с боязнью инъекций.

По сравнению со шприц-ручками при использовании помпы будет проще вводить инсулин. Для введения необходимой дозы инсулина достаточно запрограммировать количество инсулина и ввести его нажатием кнопки. Нет необходимости в дополнительной подготовке места инъекции, что может быть связано с дискомфортом, особенно если необходимо вводить инсулин в общественных местах. Использование пульта

управления в некоторых моделях помп позволит ввести инсулин совершенно незаметно для окружающих.

В отличие от шприц-ручек, помпа точнее дозирует и может вводить гораздо меньшие количества инсулина. У большинства маленьких детей требуется не только маленькая доза инсулина, но и маленький шаг изменения (введения) этой дозы. Большой шаг введения инсулина (в шприц-ручках 0,5 единиц инсулина или больше) при низкой потребности в нем может приводить к значительным колебаниям глюкозы в течение дня. Современные модели помп позволяют вводить инсулин на еду с точностью до 0,025 единицы инсулина, что обеспечивает точное дозирование и простоту подбора дозы для достижения целевых показателей глюкозы. Кроме того, в случае нестабильного аппетита у маленьких детей общая доза инсулина может быть распределена на несколько малых доз.

Одна из проблем при использовании шприц-ручек или шприцев – это неодинаковый эффект от введения инсулина. Поэтому, несмотря на одно и то же количество инсулина и принятых углеводов, показатели глюкозы в крови могут быть различными. Это связано с рядом причин, в том числе с неодинаковым действием инсулина при его введении в различные места. При использовании помпы инсулин вводится в одно и то же место в течение нескольких дней, поэтому его действие более равномерное [21]. Так называемая вариабельность действия (неодинаковое действие в различные дни) инсулинов длительного действия также может быть причиной необъяснимых колебаний глюкозы в крови.

Родители, как и дети, находящиеся на помповой инсулинотерапии, после начала использования инсулиновой помпы часто отмечают значительное улучшение самочувствия и уменьшение тревоги, связанной с диабетом [22, 23]. Это связано с улучшением показателей глюкозы, большим удобством и облегчением введения инсулина.

Недостатки помповой инсулинотерапии

Так как при использовании помпы не используется инсулин длительного действия, то в организме находится только небольшой запас (депо) инсулина короткого действия и нарушения подачи могут очень быстро привести к дефициту инсулина в организме. После нарушения подачи инсулина уровень кетонов нарастает достаточно быстро. Чаще всего причиной кетоацидоза является недостаточно частое измерение глюкозы в крови или длительное использование инфузионной системы.

Регулярное измерение глюкозы в крови позволит раньше обнаружить повышение ее уровня, и всегда будет время, чтобы предотвратить появление кетонов. Причины, по которым возникает нарушение подачи инсулина, довольно разнообразны и, как и способы профилактики возникновения диабетического кетоацидоза, будут подробно рассмотрены в следующих разделах книги (см. раздел «Кетоны и диабетический кетоацидоз»). Следует отметить, что данные многих современных исследований указывают на более низкий риск кетоацидоза на помповой инсулинотерапии [17].

Проблемы при использовании помпы

| | |
|--|--|
| Нарушение подачи инсулина | Загибы пластиковых катетеров, отклеивание канюли, длительное ношение инфузионной системы |
| Диабетический кетоацидоз | Возникает при длительном нарушении подачи инсулина |
| Необходимость постоянного ношения внешнего устройства | Ношение помпы может причинять дискомфорт. Помпа может быть заметна для окружающих, что не позволит скрыть диабет |
| Технические неисправности | Инсулиновая помпа или ее отдельные компоненты (экран, клавиатура) могут выйти из строя |
| Инфекция | Воспаление и инфицирование в месте установки катетера |
| Кожные реакции | Реакции на адгезивные материалы, липогипертрофия |

Недостаточное развитие подкожно-жировой клетчатки может быть проблемой при использовании помп, особенно у маленьких детей. Для введения катетера необходима большая игла, чем для инъекции при традиционной инсулинотерапии. Недостаточная толщина подкожно-жировой клетчатки может приводить к загибу катетеров и нарушению подачи инсулина. Чтобы уменьшить риск загиба канюли, для установки катетера чаще используется область ягодич, где подкожно-жировая клетчатка развита лучше, чем в области живота. Также применяются тефлоновые катетеры, которые вводятся под углом, либо короткие стальные, что также предотвращает загиб катетера.

В некоторых случаях при использовании помпы может происходить инфицирование в месте введения катетера. Чаще это наблюдается при нерегулярной замене инфузионной системы, недостаточной гигиене или склонности к бактериальным поражениям кожи (фурункулез и др.). При длительном использовании инфузионных систем и катюль в месте установки катетера могут возникать липодистрофии. Для предотвращения развития липодистрофии необходимо своевременно производить замену инфузионной системы и постоянно менять места введения инфузионных наборов, как это делается при традиционной инсулинотерапии. Также кожа детей может быть очень чувствительна к адгезивным материалам, используемым для фиксации катетера. В этом случае можно выбрать другой вид инфузионной системы или использовать дополнительные адгезивные средства.

От чего зависит результат при использовании помпы

Результат от использования инсулиновой помпы будет во многом зависеть от того, насколько хорошо пользователь умеет управлять этими инструментами, и, конечно, от знаний и опыта в диабете в целом. Отсутствие необходимых знаний в области самого диабета, нерегулярный контроль глюкозы и нерегулярное введение инсулина, неумение анализировать получаемые результаты и принимать решения по коррекции инсулина могут привести к ухудшению показателей глюкозы в крови и серьезным осложнениям даже при использовании инсулиновой помпы.

Кроме того, очень важна правильная настройка помпы и периодическое наблюдение, «техническое обслуживание» (проверка и изменение параметров) инсулиновой помпы квалифицированным специалистом. Не стоит рассчитывать только на свои знания и возможности, в сложной ситуации лучше обратиться к своему врачу, чтобы не упустить момент, когда может стать поздно.

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- В помпе используется только один вид инсулина – аналоги короткого действия.
- Помпа подает инсулин в двух режимах: базальном и болюсном.
- Характеристики различных инсулиновых помп:
 - минимальная доза инсулина (шаг);
 - помощник, или калькулятор болюса;
 - пульт управления;
 - НМГ;
 - функции обратной связи по НМГ;
 - установка полностью на тело (отсутствует трубка инфузионной системы).
- Введение инсулина помпой более физиологично, то есть похоже на работу поджелудочной железы, чем введение инсулина шприц-ручками.
- Преимущества помповой инсулинотерапии:
 - ниже уровень HbA1c;
 - реже гипогликемии;
 - меньше уколов;
 - введение инсулина с маленьким шагом;
 - простота введения инсулина;
 - легче заниматься спортом;
 - улучшение самочувствия.
- Недостатки помповой инсулинотерапии:
 - возможность нарушения подачи инсулина;
 - диабетический кетоацидоз;
 - необходимость постоянного ношения внешнего устройства;
 - технические неисправности помпы;
 - инфекция;
 - кожные реакции.

ПЕРЕХОД НА ПОМПОВУЮ ИНСУЛИНОТЕРАПИЮ

Когда стоит переходить на помповую инсулинотерапию?

Решение о переходе на помпу принимается совместно родителями, ребенком и лечащим врачом. Для перехода на помпу не существует возрастных ограничений. Если ранее помповую инсулинотерапию рассматривали как первоочередной метод введения инсулина только в дошкольном возрасте [24], то сегодня для всех детей при выборе метода введения инсулина предпочтение должно быть отдано наиболее совершенной технологии из доступных и приемлемых [25].

Детский возраст не только имеет уникальные потребности в дозировании инсулина и в чувствительности к нему в течение дня [26], но и позволяет сформировать необходимое отношение к контролю сахарного диабета с использованием инсулиновых помп. Более поздний возраст перехода на помпу может быть связан с более высоким риском отказа от использования инсулиновой помпы [8].

Рекомендация по переходу на помпу не ранее 3–6 месяцев от начала заболевания не является абсолютной и во много связана с необходимостью обучения и приобретения практических навыков по сахарному диабету и помповой инсулинотерапии. Кроме того, первое время (6–12 месяцев) после постановки диагноза доза инсулина может значительно снижаться на фоне «медового месяца» (редко – вплоть до отмены инсулина длительного действия и совсем редко – до полной отмены инсулина), что потребует частой коррекции дозы инсулина. В то же время при достаточной мотивации родителей и ребенка и необходимой поддержке со стороны медицинских работников перейти на помповую инсулинотерапию можно и сразу после постановки диагноза.

Сам по себе высокий уровень гликированного гемоглобина не должен становиться препятствием для перехода на помпу. Более того, дети с более высоким уровнем гликированного гемоглобина лучше «отвечают» на лечение: у них отмечается более выраженное снижение гликированного гемоглобина [9]. В то же время высокий гликированный гемоглобин может указывать на недостаточный уровень знаний или недостаточную мотивацию на контроль сахарного диабета. Все эти ситуации должны быть внимательно взвешены при рассмотрении вопроса о переходе на помповую инсулинотерапию.

Сегодня возможность помповой инсулинотерапии должна быть рассмотрена для любого ребенка с сахарным диабетом 1 типа независимо от возраста, длительности заболевания и уровня гликированного гемоглобина [25].

Условия перехода на помпу

Главными условиями успешной помповой инсулинотерапии являются достаточные знания по сахарному диабету и помповой терапии, мотивация на использование помпы и контроль диабета, а также поддержка со стороны врача.

Важно понимать, что помпа не избавит полностью от необходимости контролировать глюкозу, подсчитывать углеводы, вести дневник самоконтроля, соблюдать диетические принципы, регулярно посещать врача и выполнять его рекомендации.

Помпа самостоятельно не проводит инсулинотерапию, фактически она выполняет запрограммированные инструкции, то есть вводит инсулин по строго определенным настройкам, которые устанавливает и контролирует врач вместе с родителем ребенка или пользователем помпы. Даже помпы с обратной связью, которые могут автоматически регулировать подачу инсулина в отдельных ситуациях, не исключают необходимость рассчитывать количество принятых углеводов и самостоятельно вводить инсулин на еду, контролировать показатели глюкозы и принимать дополнительные углеводы при низких показателях или вводить инсулин при высоких, регулярно менять инфузионную систему и другое.

Любая инсулиновая помпа требует настройки, то есть установки и периодической регулировки параметров, на основании которых рассчитывается и вводится инсулин. Обычно такая настройка проводится врачом или вместе с ним и требует навыков и опыта в обращении с устройством. Без правильной настройки вводимые дозы инсулина не будут соответствовать потребностям, из-за чего показатели глюкозы будут слишком высокими или низкими.

Расчет инсулина при переходе на помпу

При переходе на помпу суточная доза инсулина (СДИ, инсулин короткого действия + инсулин длительного действия за сутки) обычно снижает-

ся на 10–25 % [27, 28]. Снижение дозы инсулина зависит в первую очередь от показателей глюкозы, гликированного гемоглобина и от того, как часто бывают эпизоды гипогликемии. В случае высоких показателей гликированного гемоглобина доза инсулина может остаться без изменений или даже увеличиться.

Изменение суточной дозы инсулина при переходе на помповую терапию

| | |
|--|-----------------------|
| Гипогликемия часто или были тяжелые гипогликемии и/или HbA1c < 7 % | СДИ меньше на 20–25 % |
| Гипогликемия бывает редко и/или HbA1c от 7 до 9 % | СДИ меньше на 10–20 % |
| Гипогликемии почти не бывает и/или HbA1c > 9 % | СДИ без изменений |

СДИ – суточная доза инсулина.

После расчета суточной дозы инсулина на помповой инсулинотерапии переходят к расчету базальной и болюсной дозы.

Расчет базальной дозы

По отношению к базальному инсулину в помпе используют следующие термины:

- **базальная доза** – количество базального инсулина за сутки (ЕД);
- **базальная скорость** – количество базального инсулина, подаваемого за один час (ЕД/час);
- **базальный профиль** – программа введения базального инсулина, или набор базальных скоростей за сутки.

В большинстве случаев суточная доза базального инсулина меньше, чем болюсного. При этом соотношение между базальной и болюсной дозой на помпе в значительной степени зависит от возраста ребенка.

При расчете базальной дозы можно использовать следующее правило: чем меньше ребенок, тем меньше в процентном отношении доля базального инсулина. У маленьких детей доза базального инсулина может составлять 30 % от суточной дозы, в то время как у подростков и молодых взрослых она обычно около 40–50 % [26, 29]. Однако у взрослых людей базальная доза может быть заметно меньше болюсной [30].

После расчета суточной базальной дозы необходимо определить суточный базальный профиль. Есть два способа расчета базального профиля. В первом случае суточная базальная доза может быть равномерно распределена в течение дня. Для этого надо просто разделить полученную суточную базальную дозу на 24 часа.

Базальные профили у детей разного возраста



Второй вариант – это расчет базальной скорости с учетом индивидуальных особенностей. Обычно в течение дня отмечается различная потребность в базальном инсулине, что в большей степени зависит от возраста ребенка. У маленьких детей обычно выше потребность в поздние вечерние часы и в первую половину ночи и низкая потребность в дневное время. По мере взросления ребенка начинает преобладать феномен «утренней зари» – высокая потребность в инсулине в ранние утренние часы [31]. Эти особенности изменения в потребности в базальном инсулине связаны с возрастными различиями в секреции контринсулярных гормонов, таких как гормон роста, кортизол и половые гормоны [32]. Например, у маленьких детей

более высокая потребность в базальном инсулине поздно вечером может быть связана с подъемом уровня гормона роста сразу после засыпания ребенка [27].

Возрастные особенности базальной дозы и профиля

| Возраст | Базальная доза, % от СДИ | Изменение базальной скорости в зависимости от времени суток, % | | | | | |
|---------------------|--------------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 00:00–03:00 | 03:00–09:00 | 09:00–13:00 | 13:00–18:00 | 18:00–21:00 | 21:00–24:00 |
| Дети 0–6 лет | 25–30 | +25 | -20 | -15 | 0 | +10 | +25 |
| Школьники 6–12 лет | 30–40 | +10 | 0 | -15 | 0 | 0 | +15 |
| Подростки, взрослые | 40–45 | 0 | +20 | -5 | -5 | -5 | -5 |

СДИ – суточная доза инсулина.

Расчет болюсных коэффициентов

При использовании инсулиновой помпы болюсная доза на прием пищи или на высокий уровень глюкозы в крови может рассчитываться либо самостоятельно, либо с использованием калькулятора болюса (или помощника болюса). Калькулятор болюса – это программа, встроенная в помпу, рассчитывающая дозу инсулина в соответствии с запрограммированными настройками. Помощник болюса не вводит инсулин, а только рекомендует дозу. Решение о введении этой дозы принимает пользователь помпы исходя из собственного опыта.

Углеводный коэффициент (УК)

УК – это количество инсулина, покрывающее 1 ХЕ (для тех, кто считает углеводы в ХЕ), или количество граммов углеводов, которое покрывается 1 ЕД инсулина (для тех, кто считает углеводы в граммах)

Способ расчета 1 (ЕД/ХЕ)

$$УК = \frac{\text{Болюсная доза за сутки}}{\text{Количество ХЕ за сутки}}$$

Способ расчета 2 (ЕД/ХЕ)

Маленькие дети (до 6 лет):

$$УК = \frac{\text{СДИ (ЕД)}}{25}$$

Старшие дети (6-12 лет):

$$УК = \frac{СДИ (ЕД)}{35}$$

Подростки (12-18 лет):

$$УК = \frac{СДИ (ЕД)}{40}$$

Взрослые:

$$УК = \frac{СДИ (ЕД)}{50}$$

СДИ – суточная доза инсулина; УК – углеводный коэффициент.

Потребность в инсулине, а следовательно, количество вводимого инсулина со временем изменяется. Это связано с ростом ребенка, изменением образа жизни и др. Поэтому даже при использовании помощника болюса, настроенного врачом, важно уметь рассчитывать дозу самостоятельно, так как в случае ухудшения показателей глюкозы в крови можно будет скорректировать его настройки.

Фактор чувствительности к инсулину (ФЧИ)

ФЧИ показывает, насколько уровень глюкозы снизится при введении одной единицы инсулина.

Способ расчета 1

Вычислить по дневнику самоконтроля в зависимости от снижения глюкозы после введения болюса на коррекцию

Способ расчета 2

Маленькие дети (до 6 лет):

$$ФЧИ = \frac{125}{СДИ (ЕД)}$$

Старшие дети (6-12 лет):

$$ФЧИ = \frac{135}{СДИ (ЕД)}$$

Подростки (12-18 лет):

$$ФЧИ = \frac{140}{СДИ (ЕД)}$$

Взрослые:

$$ФЧИ = \frac{100}{СДИ (ЕД)}$$

СДИ – суточная доза инсулина; ФЧИ – фактор чувствительности к инсулину.

Болюсный инсулин вводится на приемы пищи (болюс на еду) или для коррекции показателей глюкозы в крови (болюс на коррекцию). Для расчета болюса на еду используется углеводный коэффициент (УК). При использовании ХЕ будет действовать правило: чем больше УК, тем больше инсулина на еду. И наоборот – при использовании граммов углеводов.

Для перевода УК из ХЕ в граммы углеводов необходимо разделить число 10 на УК в ХЕ. Для перевода УК из граммов углеводов в ХЕ необходимо разделить число 10 на УК в граммах углеводов.

При расчете болюса на коррекцию используется фактор чувствительности к инсулину (ФЧИ) и целевой уровень гликемии. Для ФЧИ будет действовать правило: больше ФЧИ – меньше болюс на коррекцию.

Для перевода УК из ХЕ в граммы углеводов необходимо разделить число 10 на УК в ХЕ. Для перевода УК из граммов углеводов в ХЕ необходимо разделить число 10 на УК в граммах углеводов

УК и ФЧИ будут зависеть не только от суточной дозы инсулина, но и от времени суток. Как правило, самый высокий УК (в ХЕ) бывает на завтрак, а самый низкий на ужин. То же самое касается ФЧИ, но в этом случае на завтрак будет самый низкий ФЧИ, а на ужин самый высокий.

Протокол расчета настроек инсулиновой помпы

Ребенок 7 лет с частыми эпизодами гипогликемии

HbA1c – 8,0 %

Вес – 27 кг

ИДД – 10 ЕД

ИКД – по 5 ЕД на каждый прием пищи

Питание – 14 ХЕ в сутки

Расчет базальной дозы

$S_{\text{ди до помпы}} = \text{ИКД} + \text{ИДД} = 10 + 5 + 5 + 5 = 25 \text{ ЕД/сут}$

Учитывая показатели гликированного гемоглобина (HbA1c 8 %) и частые эпизоды гипогликемии, суточную дозу следует снизить на 20 %:

$S_{\text{ди на помпе}} = S_{\text{ди на ручках}} - 20 \% = 25 \text{ ЕД/сут} - 20 \% = 20 \text{ ЕД/сут}$

Учитывая возраст ребенка, доля базального инсулина составит 35 %:

Базальная доза = $20 \text{ ЕД/сут} * 0,35 = 7 \text{ ЕД/сут}$

Болюсная доза = $S_{\text{ди на помпе}} - \text{Базальная доза} = 20 - 7 = 13 \text{ ЕД}$

Расчет базального профиля

Способ 1

Базальная скорость = 7/24 часа = 0,3 ЕД/час

Способ 2

Базальная скорость:
С 00:00 до 03:00 – 0,35 ЕД/час (+10 %)
с 09:00 до 13:00 – 0,25 ЕД/час (-15 %)
с 21:00 до 24:00 – 0,35 ЕД/час (+15 %)
В остальное время – 0,3 ЕД/час

Расчет углеводного коэффициента

Способ 1

$УК = \frac{СДиболоус}{ХЕ} = \frac{13}{14} = 0,9$
(0,9 единиц инсулина утилизируют 1 ХЕ)

Способ 2

$УК = \frac{СДИ}{35} = \frac{20}{35} = 0,6$
(0,6 ЕД инсулина утилизируют 1 ХЕ)

Расчет фактора чувствительности к инсулину

Способ 1

По дневнику при введении 1 ЕД глюкоза в крови снижается на 6 ммоль/л – ФЧИ 6 ммоль/л на 1 ЕД инсулина

Способ 2

$ФЧИ = \frac{135}{20} = 6,7$
1 ЕД инсулина снижает глюкозу в крови на 6,7 ммоль/л

СДИ – суточная доза инсулина; УК – углеводный коэффициент; ИКД – инсулин короткого действия; ИДД – инсулин длительного действия.

Если УК и ФЧИ, полученные различными способами, не совпадают, можно взять среднее значение между ними.

Расчитанные после перехода на помпу базальный профиль, УК и ФЧИ далеко не всегда являются оптимальными. В дальнейшем, вероятней всего, потребуется их индивидуальная коррекция в зависимости от показателей гликемии. О правилах оценки и коррекции базальной и болюсной дозы можно прочитать в следующих разделах этой книги.

Базальный инсулин

При установке инсулиновой помпы нужно учесть действующий инсулин длительного действия, чтобы не произошло наложение его на базальный инсулин помпы. При использовании обычных инсулинов длительного действия после перевода на помпу можно снизить подачу ба-

зального инсулина помпой на 50–100 % до времени обычного введения инсулина длительного действия.

При использовании аналогов инсулина сверхдлительного действия (деглюдек) целесообразно постепенно увеличивать подачу базального инсулина помпой, так как продолжительность действия таких аналогов больше двух суток [33]. Для снижения риска гипогликемии до времени обычного введения инсулина длительного действия нужно установить скорость введения базального инсулина помпой на 0 %, в первые сутки после перевода на 25 %, на вторые сутки 50 % и на третьи сутки 100 %. Для изменения скорости подачи базального инсулина помпой можно использовать функцию временной базальной скорости (см. раздел «Базальный инсулин»).

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- Решение о переходе на помпу принимается совместно родителями, ребенком и лечащим врачом.
- Сегодня возможность помповой инсулинотерапии нужно рассматривать для любого ребенка с сахарным диабетом 1 типа независимо от возраста, длительности заболевания и уровня гликированного гемоглобина.
- Суточная доза инсулина на помпе обычно меньше, чем на шприц-ручках.
- Доза базального инсулина составляет от 25 до 45 % от общей суточной дозы.
- Базальный профиль, ФЧИ и УК обычно зависят от возраста и времени суток.

ИНФУЗИОННЫЕ НАБОРЫ

Виды инфузионных наборов

У каждого производителя инсулиновых помп существует несколько видов инфузионных наборов. Основные отличия заключаются в длине канюли, находящейся под кожей, материале, из которого она изготовлена, величине угла, под которым она вводится под кожу, длине трубочки инфузионного набора, возможности отсоединения. Широкий выбор инфузионных систем позволяет адаптировать введение инсулина для каждого ребенка.

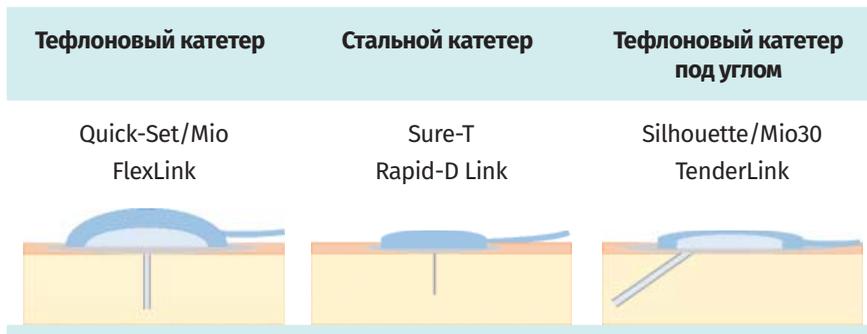
Инфузионные наборы для инсулиновых помп

| Тип инфузионного набора | Длина канюли, мм | Материал | Длина трубки, см | Угол введения, градусов | Отсоединение системы | Устройство для введения |
|-------------------------|------------------|-------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
| Quick-Set | 6 9 | Тефлон | 110, 80, 60, 45 (для 6 мм) | 90 | На месте | Quick-Serter |
| Mio | 6 9 | Тефлон | 80, 60 (для 6 мм), 45 (для 6 мм) | 90 | На месте | Всё в одном |
| Mio30 | 13 17 | Тефлон | 110 60 | 30 | На месте | Всё в одном |
| Silhouette | 13 17 | Тефлон | 110, 80, 60, 45 (для 13 мм) | 20–40 | На месте | Sil-Serter |
| Sure-T | 6 8 10 | Медицинская сталь | 80, 60 (для 6 и 8 мм), 45 (для 6 мм) | 90 | Отдаленное отсоединение ~10 см от канюли | Только ручное введение |

| Тип инфузионного набора | Длина канюли, мм | Материал | Длина трубки, см | Угол введения, градусов | Отсоединение системы | Устройство для введения |
|-------------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Flex-Link | 8, 10 | Тефлон | 110, 80, 60 | 90 | На месте | Link Assist |
| Tender Link | 13, 17 | Тефлон | 110, 80, 60 | 20–45 | На месте | Только ручное введение |
| Rapid-D link | 6, 8, 10 | Медицинская сталь | 110, 80, 60 | 90 | Отдаленное отсоединение | Только ручное введение |

Канюля может быть изготовлена из стали или из пластика – тефлона. Каждый материал имеет свои преимущества и недостатки. Пластиковые канюли более гибкие и могут слегка изгибаться при изменении положения тела, не причиняя при этом дискомфорта человеку, они более удобны и менее травматичны. Пластиковые катетеры рекомендуется менять каждые 3 дня, однако из-за своей мягкости они могут загибаться, например, при установке в место, где недостаточное количество подкожно-жировой клетчатки, или при резком движении. Из-за этого нарушается введение инсулина под кожу, что может привести к повышению глюкозы в крови и затем к появлению кетонов. Этого недостатка лишены стальные канюли, потому что они никогда не загибаются. Однако из-за своей жесткости эти катетеры более травматичны и могут причинять больше дискомфорта. Болезненность в месте установки чаще появляется при резких движениях, поэтому такие катетеры нежелательно устанавливать в местах, где подкожно-жировая клетчатка может интенсивно смещаться (например, на живот, где подкожно-жировая клетчатка несколько смещается, когда человек садится или ложится). В связи с большей травматичностью не рекомендуется использовать эти катетеры более 2 дней. Стальные канюли, в отличие от пластиковых, не требуют заполнения инсулином (см. далее).

Виды инфузионных наборов



Катетеры, которые вводятся под прямым углом, менее устойчивы к срыванию, а пластиковые канюли даже могут выйти из-под кожи, например во время физической активности или у очень подвижных детей. Канюли, которые вводятся под углом, более устойчивы и редко выходят из-под кожи. Их можно вводить под разными углами, что позволяет устанавливать такую канюлю в место с недостаточно развитой подкожно-жировой клетчаткой. Кроме того, они обладают всеми преимуществами того материала, из которого изготовлены. Пожалуй, единственными недостатками таких катетеров являются относительная сложность их установки и местные реакции.

Существует большое разнообразие инфузионных систем, отличающихся материалом и углом установки канюли, это позволяет адаптировать введение инсулина для каждого ребенка в различных ситуациях.

При выборе инфузионного набора надо обратить внимание на длину трубочки инфузионной системы. Подходящая длина зависит от того, насколько далеко будет находиться помпа от места установки и насколько удобно будет использовать помпу. Например, если ребенок маленький, не стоит использовать слишком длинные трубочки, так как ребенок может в них запутаться, и каждый раз, доставая помпу для использования, придется расправлять всю систему. В длинной трубочке сложнее контролировать наличие пузырей, кроме того, на заполнение длинной трубочки требуется больше инсулина. А для высокого подростка при установке инфузионной системы на бедро может потребоваться как раз длинная инфузионная система. Большинству людей подойдет длина трубочки 60–80 см.

Также при выборе инфузионной системы следует обратить внимание на возможность ее отсоединения от тела. При отсутствии такой возможности будет сложно принимать душ или ванну, так как для этого потребуется полностью снять канюлю, а после душа установить новую. Большинство катетеров имеют возможность отсоединения.

Не для всех инфузионных систем есть устройства для введения под кожу – сертеры. Сертеры облегчают установку катетера под кожу, делая ее менее болезненной. При использовании сертера меньше риск неправильной установки катетера. Есть инфузионные системы, которые имеют уже встроенный сертер (MiniMed Mio), что очень удобно, так как нет необходимости носить его с собой.

Выбор инфузионного набора

| | Очень мало ПЖК | Мало ПЖК | Достаточно ПЖК | Физические нагрузки | Риск загиба канюли | Дисккомфорт | Частота замены |
|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------|
| Тефлон 90° | – | 6 мм | 6/9 мм | +/- | + | +/- | Через 2–3 суток |
| Тефлон 30° | 13 мм | 13 мм | 13/17 мм | ++ | +/- | + | Через 2–3 суток |
| Металл | 6 мм | 6 мм | 6/8 мм | + | – | ++ | Через 1–2 суток |

ПЖК – подкожно-жировая клетчатка.

Обычно использование помпы начинают с пластиковых канюль под прямым углом. Такие канюли подходят большинству людей, они более комфортны и менее травматичны, что может быть важно для психологической адаптации к инсулиновой помпе. При необходимости в дальнейшем в дополнение или на замену могут быть выбраны другие инфузионные системы. Например, для маленького ребенка с недостаточно развитой подкожно-жировой клетчаткой можно выбрать либо стальные катетеры, либо пластиковые под острым углом. Также в случае частых загибов

пластиковых катетеров могут быть использованы стальные или пластиковые под углом. Если человек занимается спортом и сталкивается с проблемой выскакивания иглы из-под кожи или загибами, ему можно порекомендовать использовать катетеры под углом.

Места установки катетера

Для установки канюли можно использовать те же места, что и для инъекции инсулина (живот, бедра, область ягодиц, плечи). У маленьких детей чаще используют область ягодиц, так как в других местах подкожно-жировая клетчатка обычно имеет недостаточную толщину. Старшие дети чаще устанавливают канюли на живот, также они могут устанавливать канюли на нижнюю часть спины. Стоит отметить, что инсулин быстрее действует там, где подкожно-жировая клетчатка тоньше [34].

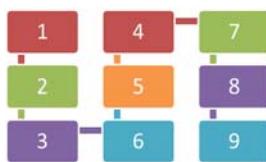
Установка канюли в одни и те же места приведет к формированию липодистрофии и ухудшению действия инсулина в этих местах.

Важно чередовать места установки инфузионной системы. Это необходимо для того, чтобы не возникало осложнений в месте установки и не появилось уплотнений (липидистрофии). Кроме того, при установке канюли в одни и те же места инсулин со временем будет всасываться из этих мест хуже из-за развития липидистрофии, что приведет к высоким и нестабильным показателям глюкозы в крови. Можно последовательно чередовать места установки канюли, разделив всю область введения на сегменты.

Места и чередование установки канюли



Места, допустимые для установки канюли



Последовательность установки канюли в пределах одной части тела



Чередование частей тела при установке канюли

Замена инфузионной системы и установка катетера

При установке инфузионной системы следует придерживаться стандартных правил инъекций инсулина, а также соблюдать правила чистоты – асептики. Обязательно производите замену в чистых условиях. Не допускайте возможного попадания инфекции: мойте руки, не трогайте канюлю, места соединения трубки инфузионной системы с резервуаром и канюлей. Самой лучшей профилактикой и лечением липодистрофий и других местных осложнений инсулинотерапии является постоянная смена мест установки. Катетер можно ставить только в те места, где здоровая кожа и подкожно-жировая клетчатка. Нельзя устанавливать катетер там, где есть липодистрофии. В этом случае инсулин будет плохо действовать, что может привести к высокому уровню глюкозы в крови и появлению кетонов. Обрабатывать место установки лучше спиртом или спиртосодержащим антисептиком, так как спирт не только убивает бактерии, но и обезжиривает кожу, поэтому канюля будет крепче держаться на ней. Старую канюлю лучше удалить либо до мытья рук, либо после установки новой, так как старая канюля будет загрязнена и бактерии с нее могут попасть на руки, а затем и на новую систему, что может привести к воспалению. После установки новой инфузионной системы необходимо проконтролировать, как она работает, то есть поступает ли инсулин под кожу. Для этого надо измерить глюкозу в крови через 2 часа после установки. В случае нарушения подачи инсулина уровень глюкозы в крови начинает быстро повышаться. Не следует менять канюлю перед сном – ведь для того, чтобы проконтролировать уровень глюкозы в крови, придется вставать ночью. Если же этого не сделать, то в случае проблем с катетером утром уровень глюкозы в крови может быть очень высоким и может даже развиться кетоацидоз, который во время сна легко пропустить.

Правила при установке инфузионной системы

- Не трогайте руками иглу канюли и места соединения инфузионной системы с резервуаром и канюлей.
- Постоянно меняйте места установки.
- Отступите на расстояние не менее 3–4 см от:
 - пупка;
 - предыдущего места укола;
 - липодистрофий;
 - растяжек, операционных швов, родинок, синяков и т. п.

- Дезинфицируйте большой участок по размеру, чем пластырь канюли.
- Удаляйте старую канюлю после установки новой или перед мытьем рук.
- Проверьте уровень глюкозы через 2 часа после установки катетера.
- Меняйте канюлю перед едой.
- Не меняйте канюлю на ночь.

Будет полезно менять инфузионную систему перед едой. Помпа может определить наличие нарушений подачи инсулина, но это происходит не сразу, обычно до возникновения сигнала тревоги проходит определенное время. Это время зависит от количества непоступившего инсулина – чем больше инсулина не поступило, тем раньше помпа сообщит о нарушении подачи. Поскольку на еду идет большая доза, чем подается базального инсулина, то помпа просигнализирует об этом гораздо раньше.

Кратковременное отключение помпы для замены инфузионной системы не приводит к повышению глюкозы в крови и не требует дополнительного введения инсулина [35].

Замена инфузионной системы шаг за шагом:

- остановить помпу;
- отсоединить от тела;
- вытащить резервуар;
- отогнать поршень;
- заполнить инсулином новый резервуар;
- соединить резервуар и систему;
- установить резервуар в помпу;
- заполнить инфузионную систему (капля на игле);
- обработать место установки;
- установить канюлю;
- удалить старую канюлю;
- соединить систему с канюлей;
- заполнить канюлю (кроме металлических канюль).

Заполнение пластиковой канюли

После установки катетера и удаления иглы-проводника внутри пластиковой канюли остается не заполненное инсулином пространство. На заполнение этого места требуется дополнительный инсулин, и если оставить его пустым, то на его заполнение уйдет часть базальной или болюсной дозы. Процесс заполнения пластиковой канюли называется фиксированной заправкой.

Почему надо заполнять канюлю?



Пренебрегать фиксированной заправкой нельзя: это может привести к повышению уровня глюкозы в крови, а у маленьких детей – даже к появлению кетонов, так как базальная или болюсная доза окажется меньше необходимой, потому что часть введенного инсулина уйдет на заполнение канюли.

На заполнение канюли требуется различное количество инсулина в зависимости от ее длины и вида.

Количество инсулина для фиксированной заправки

| Инфузионный набор | Длина канюли, мм | Количество инсулина, ЕД |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|
| Quick-Set/Mio | 6 | 0,3 |
| | 9 | 0,5 |
| Silhouette/ TenderLink/ Mio30 | 13, 17 | 0,7 |
| Flex-Link | 8 | 0,8 |
| | 10 | 1,0 |

Помните, что заполняются только тефлоновые (пластиковые) канюли. Металлические (стальные) канюли заполнять не нужно! Металлическая канюля не имеет иглы-проводника, поэтому она сразу заполняется инсулином при промывке (заполнении) инфузионной системы.

**Заполнять инсулином металлические канюли не требуется!
Металлическая канюля сразу заполняется инсулином
при заправке инфузионной системы.**

Зная необходимый для заполнения канюли объем, нетрудно посчитать, сколько инсулина не получит организм для усвоения углеводов или для поддержания стабильного уровня глюкозы в крови. Для подростка при его большой дозе инсулина это может и не оказать значительного влияния на глюкозу в крови, но для маленького ребенка, у которого базальная скорость может достигать до 0,05 ЕД/час, это достаточно большой объем инсулина. И если вовремя не обратить внимание на нарастающий уровень глюкозы в крови, то через несколько часов может развиваться кетоацидоз.

**Необходимо регулярно производить замену канюль:
тефлоновые катетеры не реже одного раза в 3 дня, стальные
катетеры не реже одного раза в 2 дня.**

Время использования инфузионной системы

Как уже упоминалось, рекомендуемое время ношения канюли из пластика составляет 2–3 дня, стальной – 1–2 дня. В некоторых случаях (при необходимости), при хорошей переносимости и показателях глюкозы в крови, продолжительность ношения канюли можно увеличить, однако при этом необходимо внимательно оценивать состояние места, где установлена канюля, и показатели глюкозы в крови.

Когда инфузионный набор подлежит замене

- Необъяснимое повышение уровня глюкозы в крови и/или кетонов в моче.
- Зуд, жжение или боли в месте укола.
- Опухоль или покраснение в месте укола.
- Уплотнения или узел вокруг места укола.

- Вытекание инсулина из инфузионного набора (самоклеящаяся поверхность канюли влажная).
- Разрывы или надрывы в катетере.
- Закупорка инфузионного набора (сигнал тревоги: нет подачи).

В некоторых случаях необходима досрочная замена инфузионной системы. Чаще всего это связано с необъяснимой гипергликемией, то есть в случаях, когда несмотря на выполнение всех рекомендаций по контролю диабета (в первую очередь, введение инсулина) показатели глюкозы повышаются более 13,9 ммоль/л. Причин такого повышения может быть много, и не всегда это связано с нарушением подачи инсулина, тем не менее такие ситуации должны рассматриваться как потенциальное прекращение поступления инсулина в организм. Алгоритм действий в этих случаях будет подробно рассмотрен позже (см. раздел «Кетоны и диабетический кетоацидоз»).

Не рекомендуется использовать инфузионную систему более положенного срока. Это может привести к нарушению подачи инсулина, инфицированию и липодистрофии.

Средства для уменьшения боли при установке канюли

Часто, особенно у маленьких детей, можно столкнуться со страхом перед установкой канюли. Детей пугает внешний вид канюли и, как им кажется, большая и длинная игла. Болевые ощущения, особенно при первой установке канюли, в дальнейшем могут вызвать у ребенка привычно негативную реакцию на замену инфузионной системы. Преодолеть психологический барьер помогут обезболивающие средства. Для обезболивания можно использовать крем Эмла, Лидокаин спрей/мазь, а если под рукой нет специальных средств – то и холодные предметы (лед). Все средства отличаются скоростью наступления эффекта, силой и продолжительностью действия.

Обезболивающие средства

| | Эмла | Лидокаин спрей 10 % | Лед, холодные предметы |
|------------------------------|------|---------------------|------------------------|
| Скорость наступления эффекта | + | ++ | +++ |

| | Эмла | Лидокаин спрей 10 % | Лед, холодные предметы |
|--------------|------|------------------------|---------------------------|
| Сила | +++ | ++ | + |
| Длительность | +++ | ++ | + |

Дополнительные средства для канюль

Серьезной проблемой могут стать нагноения в области установки инфузионного набора. Чаще всего бактериальные инфекции вызываются стрептококком или стафилококком, которые в норме находятся на коже человека [36]. В случае частых нагноений в области установки катетера необходимо использовать дополнительные средства антибактериальной защиты. Для уничтожения бактерий перед установкой катетера, помимо тщательной обработки рук, можно использовать местно тройную терапию: антибактериальное мыло + антисептик № 1 (например, хлоргексидин, мирамистин) + антисептик № 2 (спирт или спиртовой раствор хлоргексидина). Для предотвращения попадания инфекции после установки канюли ее можно заклеить дышащим пластырем – IV 3000 или Tegaderm. Также следует обсудить с лечащим врачом необходимость проведения курса антибиотикотерапии, особенно при склонности кожи к гнойным заболеваниям.

Если катетер часто отклеивается – например, из-за особенностей кожи или подвижности ребенка, можно использовать средство для улучшения приклеивания пластыря Mastisol/Skin tac. Для удаления пластыря канюли или остатков адгезивного (клеящего) материала пластыря канюли применяют специальные средства или детское масло для тела. Использовать для удаления канюли мыло или спиртосодержащие жидкости не рекомендуется – это повреждает и сушит кожу, что может привести к инфицированию и раздражению.

В случае аллергических реакции на адгезивный материал пластыря можно сначала заклеить место установки катетера другим пластырем, например дышащим IV 3000 или Tegaderm, предварительно сделав в нем отверстие для канюли. Канюля устанавливается прямо на пластырь, иголочка входит в специально проделанное отверстие. При этом адгезивный материал катетера контактирует не с кожей, а только с дышащим пластырем.

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- Правила при установке инфузионной системы:
 - не трогайте руками канюлю, места соединения трубки инфузионной системы с резервуаром и канюлей;
 - постоянно меняйте места установки;
 - оставьте расстояние не менее 3–4 см от:
 - пупка;
 - предыдущего места укола;
 - липодистрофий;
 - растяжек, операционных швов, родинок, синяков и т. п.;
 - дезинфицируйте больший участок по размеру, чем пластырь канюли;
 - удаляйте старую канюлю только после установки новой;
 - проверьте уровень глюкозы в крови через 2 часа после установки катетера;
 - меняйте канюлю перед едой;
 - не меняйте канюлю на ночь.
- После установки мягкой (пластиковой) канюли надо заполнить «мертвое пространство» – сделать фиксированную заправку.
- Не рекомендуется использовать инфузионную систему более 2–3 дней.
- Можно обезболить кожу перед установкой канюли.

БАЗАЛЬНЫЙ ИНСУЛИН

Назначение базального инсулина

Базальный инсулин необходим для поддержания стабильного уровня глюкозы в крови вне приемов пищи в течение 24 часов. Он требуется для блокирования продукции глюкозы печенью и для предотвращения распада жиров и образования кетонов. В инсулиновой помпе в базальном режиме маленькие дозы инсулина вводятся каждые несколько минут, что напоминает продукцию инсулина бета-клетками поджелудочной железы.

Свойства базального инсулина

- Блокирует избыточное поступление глюкозы в кровь из печени.
- Служит для поддержания уровня глюкозы в крови натощак.
- Правильно подобранная базальная скорость позволяет иметь ровные показатели глюкозы без значительных колебаний.
- Различная базальная скорость может быть установлена на каждые 30–60 минут или на любой промежуток времени.

Базальный инсулин не служит для коррекции (снижения) уровня глюкозы в крови, его задача только в поддержании ее уровня. Это важно, потому что избыточная доза базального инсулина будет постоянно приводить к снижению, а недостаточная – к повышению глюкозы в крови.

Назначением базального инсулина является поддержание стабильных показателей глюкозы крови натощак.

Одним из основных преимуществ помповой терапии у детей является возможность введения инсулина с различной скоростью в течение дня. У детей, применяющих инсулиновые помпы, использование большего числа базальных скоростей позволяет достигнуть лучшего гликемического контроля [37].

Оценка базального профиля

После начальной настройки базального профиля потребуются коррекция, то есть адаптация к индивидуальным особенностям человека. Кор-

рекция заключается в изменении базальной скорости в отдельные часы или промежутки времени. Коррекция базального профиля основывается на оценке показателей глюкозы на так называемом чистом фоне. Чистым фоном называется период времени, когда на глюкозу в крови влияет только базальный инсулин, то есть фактически под чистым фоном подразумевается тощаковое состояние.

Чистый фон начинается через 4–5 часов после введения последней дозы болюсного инсулина или через 3–4 часа после приема пищи, если он был без инсулина. Не стоит оценивать базальный инсулин во время болезни и стресса или если за последние сутки была значимая (менее 3 ммоль/л) гипогликемия, а также если были физические нагрузки. Все эти факторы влияют на уровень глюкозы и искажают действие базального инсулина.

Чистый фон – период времени, когда на глюкозу в крови влияет только базальный инсулин.

Физические нагрузки сами по себе снижают глюкозу крови и влияют на чувствительность всего организма к инсулину, поэтому после физических нагрузок требуется меньше инсулина. Во время болезни и в стрессовом состоянии потребность в инсулине может существенно возрасти, что связано с воспалительным состоянием организма и выработкой гормонов стресса (адреналин, кортизол). Существенная гипогликемия также может приводить к снижению чувствительности к инсулину в течение длительного времени, до 12 часов, а иногда более 24 часов [38].

Советы при оценке базальной дозы

- Необходимо более частое измерение глюкозы.
- Оценка проводится на чистом фоне.
- Не оценивайте базальный инсулин, если за последние сутки была значимая (менее 3 ммоль/л) гипогликемия или были физические нагрузки.
- Проще начинать коррекцию с ночи.
- Начинайте оценивать не ранее чем через 4–5 часов после последнего болюса или через 3–4 часа после последнего приема пищи.

- Для проверки базальной дозы можно пропустить отдельные приемы пищи.
- Доза базального режима правильная, если колебания уровня гликемии находятся в пределах 2,0–3,0 ммоль/л.

Для оценки базального профиля потребуется чаще измерять глюкозу в крови, в том числе в ночное время, или использовать НМГ. Это необходимо для получения подробной информации об изменении уровня глюкозы в течение дня. Обязательно нужно тщательно фиксировать все сделанные измерения для последующего анализа.

Проще и удобней всего сразу разделить весь базальный профиль на несколько периодов (оптимально не более 5–6) и оценивать базальный инсулин отдельно в каждый из них. Границами периодов будут служить основные приемы пищи, время перед сном и сам сон. Например, можно разделить сутки на пять периодов: сон 00:00–08:00, после завтрака 08:00–14:00, после обеда 14:00–18:00, после ужина 18:00–21:00 и перед сном 21:00–24:00. Начало каждого периода можно будет рассматривать как начало чистого фона, при условии, что будет пропущен прием пищи.

Проще всего начать оценку базальной дозы с ночного периода, так как оценка базального инсулина в дневное время представляет непростую задачу. В этой ситуации очень сложно оценить эффект базальной дозы, потому что глюкоза в крови находится под постоянным действием болюсного инсулина и еды. Для проверки базальной дозы в дневное время можно пропустить отдельные приемы пищи, но у маленьких детей это может быть слишком сложно. У детей старшего возраста отдельные приемы пищи можно дать без углеводов.

Коррекция базального профиля

При оценке базального инсулина допускаются колебания глюкозы в крови в пределах 2,0–3,0 ммоль/л. Не старайтесь, чтобы профиль глюкозы был идеальным абсолютно все время, нужно, чтобы базальный инсулин работал большую часть времени. Оценивайте тенденции и профили изменения глюкозы, а не отдельные цифры. Убедитесь, что эти тенденции стабильны, и поэтому не меняйте базальный профиль слишком часто. При необходимости меняйте базальную скорость в соответствующие периоды времени с минимальным шагом. Даже небольшого изменения скорости подачи инсулина может оказаться достаточно.

Коррекция базального профиля

- Изменение базальной скорости необходимо производить за 2–3 часа до повышения или снижения уровня глюкозы («проблемного» времени).
- Коррекция проводится с минимальным шагом в большую или меньшую сторону $\pm 10\text{--}20\%$:
 - 0,025–0,05 ЕД при базальной скорости менее 0,5 ЕД/час;
 - 0,05–0,1 ЕД при скорости 0,5–1,0 ЕД/час;
 - 0,1–0,2 ЕД при скорости более 1 ЕД/час.
- Коррекция проводится не более 2 раз в неделю.

При коррекции базального инсулина следует учесть, что после значительного изменения базальной скорости для достижения стабильного уровня инсулина требуется 2–4 часа. Это связано с профилем действия инсулина (началом и пиком действия инсулина) и постепенным введением инсулина в базальном режиме [39].

В то же время, если анализировать базальный профиль в рамках нескольких установленных интервалов продолжительностью не менее 3 часов (см. выше), окончание интервала будет практически отражать эффективность базальной дозы за этот период. Проще говоря, при расхождении показателей глюкозы в начале и в конце периода нужно будет менять только скорость непосредственно за этот период и больше ничего. Такой упрощенный подход в оценке и коррекции базального профиля гораздо доступнее и удобнее в повседневной жизни.

Коррекция базального инсулина в дневное время: пропуск приемов пищи

Для оценки базальной дозы в дневное время можно пропустить один из приемов пищи (только если есть возможность!), это так называемая проба с отменой приема пищи. Необходимо, чтобы за сутки до этого отсутствовали эпизоды гипогликемии, стресс и физические нагрузки, так как они могут повлиять на уровень глюкозы в крови. Вместо полной отмены еды можно принять пищу, не содержащую углеводов, однако помните, что другие компоненты пищи также могут влиять на уровень глюкозы в крови (см. раздел «Болюсный инсулин»).

Дневная базальная скорость: натошак

- Пропустить прием пищи.
- Начинать оценивать через 4 часа после последнего болюса и приема пищи.
- Начинать оценивать при показателях глюкозы в крови в целевом диапазоне.
- Исключить за сутки до начала:
 - физические нагрузки;
 - гипогликемию;
 - стресс.
- Проверять глюкозу каждые 1–2 часа.
- Уровень глюкозы в крови должен быть в целевом диапазоне.
- При снижении глюкозы в крови менее 3,9 ммоль/л принять дополнительную глюкозу.
- При повышении глюкозы в крови более 13,9 ммоль/л ввести дополнительный корректирующий болюс.

Если перед пробой с отменой приема пищи были введения болюсного инсулина или приемы пищи, то необходимо подождать после этого примерно 4 часа. Убедитесь, что показатели глюкозы в крови перед началом пробы находятся в целевом диапазоне, иначе откажитесь от пробы. Можно постепенно подбирать базальную дозу в дневное время. Например, в один день отказаться от приема завтрака и оценить базальную дозу утром, в другой день отказаться от обеда и оценить базальную дозу днем и т. д. При проведении пробы с отменой приема пищи чаще измеряйте глюкозу в крови, старайтесь поддерживать ее показатели в целевом диапазоне. Если глюкоза снизится менее 3,9 ммоль/л, примите дополнительные углеводы (сок, сахар), если глюкоза в крови повысится более 10–12 ммоль/л, введите дополнительный корректирующий болюс.

Примеры оценки и коррекции базальной дозы

Лучше всего научиться оценивать и корректировать базальный инсулин на конкретных примерах. В каждом примере требуется проанализировать профиль глюкозы и при необходимости дать рекомендации по коррекции базального профиля. Сначала попробуйте сделать это самостоятельно. Правильные ответы даны сразу после каждого примера.

Примеры оценки и коррекции базальной дозы

Пример 1 – Ночное время

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 10,3 | 12,1 | 6,5 | – | 6,4 | 8 | 8,4 | 6,9 | 7,7 | 7 | 7,5 |
| База, ЕД/ч | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Болюс, ЕД | 3,2 | – | 4,1 | | 3,5 | – | – | – | – | – | – |
| Еда, ХЕ | 2,1 | – | 3,2 | | 3,5 | – | – | – | – | – | – |

Оценка:

- Чистый фон только в период с 22:00 до 09:00 (последний болюс в 18:00).
- Показатели глюкозы стабильные (колебания в пределах 2–3 ммоль/л).
- Базальный профиль в ночное время адекватный.
- В дневное время оценить базальный профиль не представляется возможным из-за приемов пищи и введения инсулина – нет чистого фона.

Пример 2 – Ночное время

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 10,3 | 12,1 | 6,5 | – | 6,4 | 8 | 8,4 | 6,9 | 7,7 | 7 | 7,5 |
| База, ЕД/ч | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Болюс, ЕД | 3,2 | – | 4,1 | | 3,5 | – | – | – | – | – | – |
| Еда, ХЕ | 2,1 | – | 3,2 | | 3,5 | – | – | – | – | – | – |

Оценка:

- Чистый фон только в период с 22:00 до 09:00 (последний болюс в 18:00).
- Показатели глюкозы стабильные (колебания в пределах 2–3 ммоль/л).
- Базальный профиль в ночное время адекватный. Несмотря на повышенный уровень глюкозы в ночное время, причина этого связана не с базальным инсулином, базальный инсулин, как и положено, поддерживает показатели глюкозы на одном уровне (колебания в пределах 2–3 ммоль/л). Увеличение базальной дозы в ночное время приведет к снижению глюкозы в течение ночи, и, если перед сном уровень глюкозы будет ниже, это приведет к ночной гипогликемии.
- В дневное время оценить базальный профиль не представляется возможным из-за приемов пищи и введения инсулина – нет чистого фона.

Пример 3 – Ночное время

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 10,3 | 12,1 | 6,5 | – | 6,4 | 8,0 | 8,4 | 6,9 | 10,7 | 10,0 | 11,5 |
| База, ЕД/ч | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Болюс, ЕД | 3,2 | – | 4,1 | – | 3,5 | – | – | – | – | – | – |
| Еда, ХЕ | 2,1 | – | 3,2 | – | 3,5 | – | – | – | – | – | – |

Оценка:

- Чистый фон только в период с 22:00 до 09:00 (последний болюс в 18:00).
- Показатели глюкозы нестабильные: повышение глюкозы в период 24:00–03:00.
- Необходима коррекция базального профиля в это время: 0,3 → 0,35 ЕД/час.
- В дневное время оценить базальный профиль не представляется возможным из-за приемов пищи и введения инсулина – нет чистого фона.

Пример 4 – Ночное время

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 10,3 | 12,1 | 6,5 | – | 6,4 | 8,0 | 8,4 | 6,9 | 10,7 | 7,0 | 7,5 |
| База, ЕД/ч | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Болюс, ЕД | 3,2 | – | 4,1 | – | 3,5 | – | – | – | – | – | – |
| Еда, ХЕ | 2,1 | – | 3,2 | – | 3,5 | – | – | – | – | – | – |

Оценка:

- Чистый фон только в период с 22:00 до 09:00 (последний болюс в 18:00).
- Показатели глюкозы нестабильные: повышение глюкозы в период 24:00–03:00 и снижение в период 03:00–06:00.
- Необходима коррекция базального профиля в период 24:00–03:00 0,3 → 0,35 ЕД/час и в период 03:00–06:00 0,5 → 0,45 ЕД/час.
- В дневное время оценить базальный профиль не представляется возможным из-за приемов пищи и введения инсулина – нет чистого фона.

Пример 5 – Ночное время

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 10,3 | 12,1 | 6,5 | – | 6,4 | 7,0 | 7,8 | 8,9 | 9,7 | 10,5 | 11,8 |
| База, ЕД/ч | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Болюс, ЕД | 3,2 | – | 4,1 | – | 3,5 | – | – | – | – | – | – |
| Еда, ХЕ | 2,1 | – | 3,2 | – | 3,5 | – | – | – | – | – | – |

Оценка:

- Чистый фон только в период с 22:00 до 09:00 (последний болюс в 18:00).
- Показатели глюкозы нестабильные: повышение глюкозы в период 22:00–09:00, то есть в течение всей ночи. Обратите внимание, что рост глюкозы в каждый из периодов времени не превышает 2–3 ммоль/л. В то же время, если посмотреть на все ночное время, мы увидим, что глюкоза выросла с 7,0 в 22:00 до 11,8 ммоль/л в 09:00.
- Необходима коррекция базального профиля в период 22:00–09:00 +0,05 ЕД (или меньше).
- В дневное время оценить базальный профиль не представляется возможным из-за приемов пищи и введения инсулина – нет чистого фона.

Пример 6 – Ночное время

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 8,3 | 9,1 | 6,5 | 4,5 | 6,4 | 7,0 | 8,4 | 6,9 | 7,7 | 7,0 | 7,5 |
| База, ЕД/ч | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,50 | 0,50 |
| Болюс, ЕД | – | – | – | – | – | 5,5 | – | – | – | 4,5 | – |
| Еда, ХЕ | – | – | – | – | – | 6,5 | – | – | – | 4,0 | – |

Оценка:

- Чистый фон в период с 09:00 до 14:00 (последний болюс накануне).
- Показатели глюкозы нестабильные: снижение глюкозы в период с 10:00 до 12:00.
- Снижение глюкозы продолжается 2 часа, поэтому продолжительность коррекции составит также 2 часа. Внести коррекцию в базальный профиль надо заранее, за 1–2 часа с 09:00 до 11:00 0,45 → 0,40.

Пример 7 – Дневное время, пропуск обеда

| Время | 09:00 завтрак | 12:00 | 14:00 обед | 16:00 | 18:00 ужин | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 03:00 | 06:00 | 09:00 |
|------------------|------------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Глюкоза, ммоль/л | 5,3 | 9,1 | 8,5 | 6,5 | 7,4 | 9,6 | 11,7 | 11,9 | 12,7 | 13,0 | 9,5 |
| База, ЕД/ч | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,50 | 0,50 |
| Болюс, ЕД | 7,0 | – | – | – | – | – | – | – | – | 4,5 | – |
| Еда, ХЕ | 5,0 | – | – | – | – | – | – | – | – | 4,0 | – |

Оценка:

- Чистый фон в период с 13:00 до 18:00 (последний болюс в 09:00).
- Показатели глюкозы нестабильные: повышение глюкозы в период с 13:00 до 15:00.
- Повышение глюкозы продолжается 2 часа, поэтому продолжительность коррекции составит также 2 часа. Внести коррекцию в базальный профиль надо заранее, за 1–2 часа с 12:00 до 14:00 0,45 → 0,50.

Коррекция базального инсулина в дневное время без пропусков прима пищи

Не всегда возможно провести пробу с отменой приема пищи. Например, у маленьких детей при этом есть риск появления кетонов в крови. В этом случае оценивать базальную дозу можно косвенно, по показателям глюкозы в крови перед и после еды. Если доза болюсного и базального инсулина правильно подобрана, то через 2 часа после еды произойдет небольшой подъем глюкозы в крови, а через 4 часа ее уровень должен опуститься до показателей перед приемом пищи. Если этого не происходит, одной из причин может быть базальная доза.

Дневная базальная скорость: не натошак

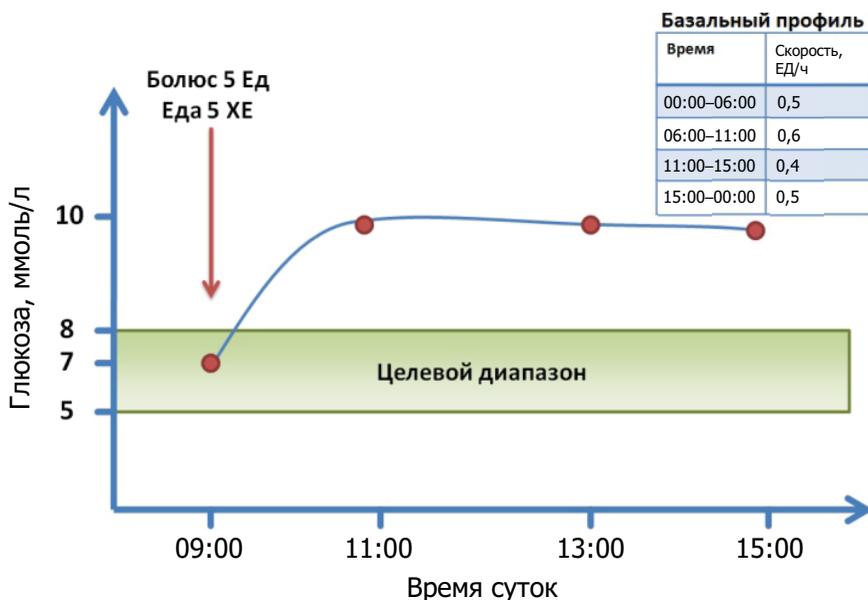
- Уровень глюкозы в крови через 2 часа после еды должен быть на 2–3 ммоль/л больше, чем перед едой.
- Уровень глюкозы в крови через 2 часа после еды должен начать постепенно снижаться в течение следующих 2 часов и достичь уровня до еды.
- Еда должна быть с небольшим содержанием жира и известным количеством углеводов.

- Измерять глюкозу в крови.
- Не перекусывать.

При оценке базальной дозы по показателям глюкозы в крови после еды необходимо, чтобы еда была с минимальным содержанием жира и известным количеством углеводов. Большое количество жиров или неправильный подсчет углеводов может значительно повлиять на уровень глюкозы в крови после еды, и правильно оценить дозировку базального и болюсного инсулина не получится.

Примеры коррекции базального инсулина в дневное время без пропусков приема пищи

Пример 8 – Дневное время, без пропусков приема пищи

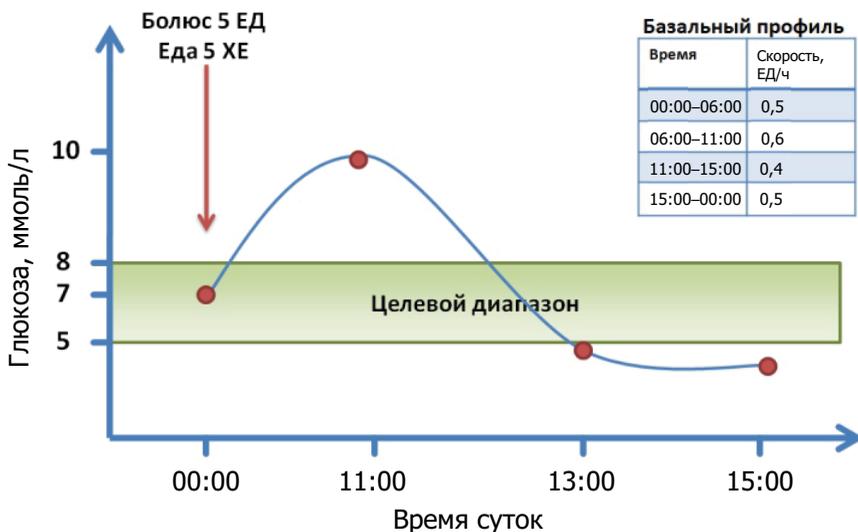


Оценка:

- Через 2 часа после приема пищи и введения болюсного инсулина глюкоза повышается на 3 ммоль/л (с 7 до 10 ммоль/л), что говорит о достаточной дозе болюсного инсулина.

- Через 4 часа глюкоза в крови остается повышенной, то есть не снижается до уровня перед едой, что может объясняться недостатком базального инсулина с 11:00 до 13:00.
- Стабильный уровень глюкозы с 13:00 до 15:00 часов указывает на достаточный уровень базального инсулина в это время (к этому времени болюсный инсулин уже отработал).
- Необходимо увеличить базальную скорость с 10:00 до 12:00 (заранее за 1–2 часа): 0,6 → 0,65 ЕД/час.

Пример 9 – Дневное время, без пропусков приема пищи



Оценка:

- Через 2 часа после приема пищи и введения болюсного инсулина глюкоза повышается на 3 ммоль/л (с 7 до 10 ммоль/л), что говорит о достаточной дозе болюсного инсулина.
- Через 4 часа глюкоза снижается ниже целевого диапазона, то есть ниже уровня перед едой. Это может быть из-за избытка базального инсулина с 11:00 до 13:00.
- Стабильный уровень глюкозы с 13:00 до 15:00 указывает на достаточный уровень базального инсулина в это время (к этому времени болюсный инсулин уже отработал).
- Необходимо уменьшить базальную скорость с 10:00 до 12:00 (заранее за 1–2 часа): 0,6 → 0,55 ЕД/час.

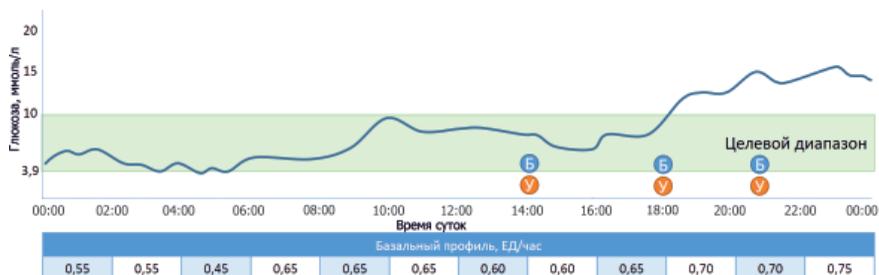
Коррекция базального инсулина по НМГ

Принципы оценки и коррекции базального профиля по данным НМГ существенно не отличаются от таковых при самоконтроле глюкометром, за исключением того, что при использовании НМГ имеется более детальный профиль глюкозы и можно точнее определить периоды дефицита или избытка инсулина.

Анализируя профили глюкозы по данным НМГ, необходимо сначала также определить периоды чистого фона и оценить стабильность показателей глюкозы в это время, то есть колебания в пределах 2–3 ммоль/л.

Примеры коррекции базального инсулина по НМГ

Пример 10 – Профиль глюкозы по НМГ, последний болюс в 18:00 накануне

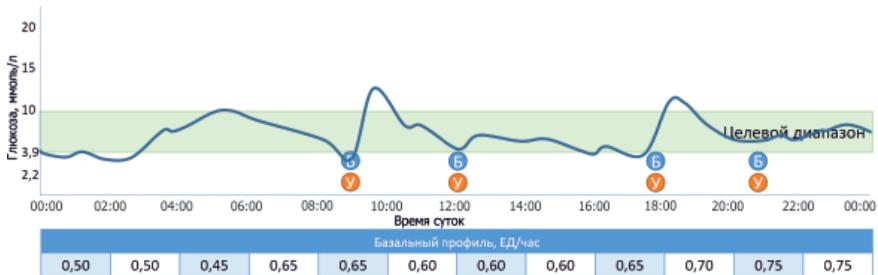


У – углеводы; Б – болюс.

Оценка:

- Чистый фон в период с 00:00 до 14:00 (последний болюс накануне).
- Показатели глюкозы нестабильные: повышение глюкозы в период с 08:00 до 10:00.
- Необходима коррекция базального профиля заранее за 1–2 часа: в период 06:00–08:00 0,65 → 0,75 ЕД/час.

Пример 11 – Профиль глюкозы по НМГ, последний болюс в 18:00 накануне



У – углеводы; Б – болюс.

Оценка:

- Чистый фон в период с 00:00 до 09:00 (последний болюс накануне).
- Показатели глюкозы нестабильные: повышение глюкозы в период 03:00–05:00 и снижение в период 06:00–09:00.
- Необходима коррекция базального профиля заранее за 1–2 часа: в период 01:00–03:00 0,50 → 0,55 ЕД/час и в период 04:00–07:00 0,45 → 0,40 ЕД/час.

Базальные профили и временная базальная скорость.

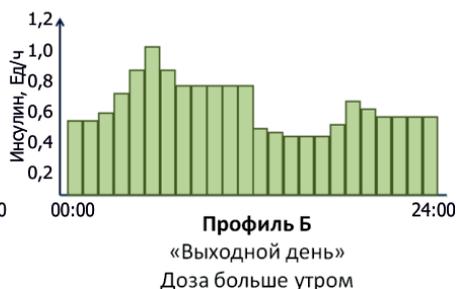
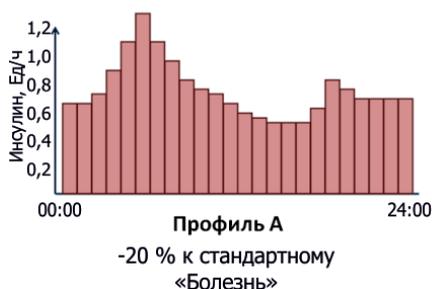
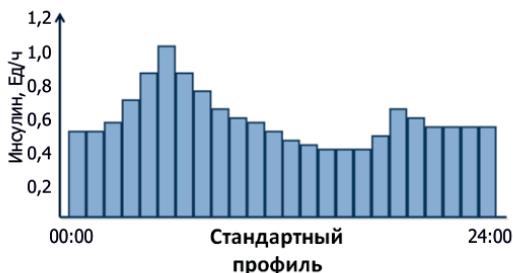
Базальные профили и временная базальная скорость относятся к преимуществам инсулиновой помпы и служат для упрощения ее использования.

Базальные профили

Различные суточные базальные скорости подачи инсулина, которые можно использовать для различных продолжительных жизненных ситуаций, называются базальными профилями. В помпе есть несколько базальных профилей. В обычной жизни используется стандартный базальный профиль. Но также можно запрограммировать дополнительные базальные профили, которые будут отличаться другой скоростью подачи инсулина в какие-то часы или периоды времени. Например, при болезни можно увеличить скорость подачи инсулина за все сутки равномерно на 20 % или уменьшить скорость введения инсулина в ночное время после физических нагрузок. При использовании базальных профилей не будет необходимости вносить изменения в свой стандарт-

ный профиль во время болезни или в других периодически или регулярно повторяющихся ситуациях.

Базальные профили



| Базальные профили: | Временная базальная скорость: |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> длительные ситуации (болель, выходной день и др.); на любое время; отключается вручную. | <ul style="list-style-type: none"> кратковременные ситуации (спорт); на 24 часа и меньше; отключается автоматически. |

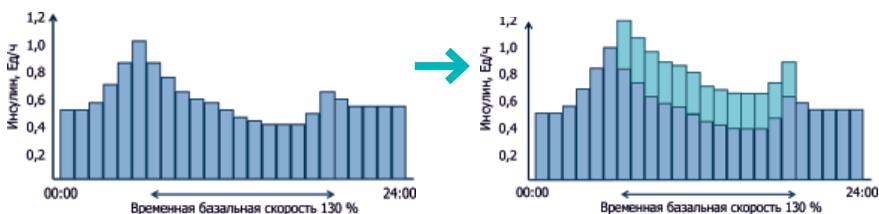
Временная базальная скорость – это изменение скорости подачи базального инсулина на определенное, заданное время, но не больше 24 часов. Считается, что более частое использование временной базальной скорости способствует улучшению показателей глюкозы в крови [40].

При программировании временной базальной скорости надо указать, на сколько процентов изменится базальная скорость по сравнению с текущим профилем, который соответствует 100 %. Также указывается продолжительность работы временной базальной скорости. Для увели-

чения подачи базального инсулина на 30 % надо установить временную базальную скорость 130 %. Для уменьшения подачи базального инсулина на 40 % надо установить временную базальную скорость 60 %.

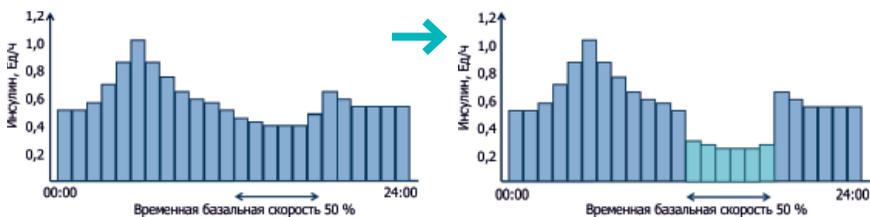
Временное увеличение базальной скорости может быть полезным при болезнях, сопровождающихся повышением температуры, приеме медикаментов, повышающих глюкозу в крови (гормональные препараты), в конце менструального цикла у девушек. В этом случае возможно увеличение потребности в инсулине

Увеличение ВБС



Временное снижение базальной скорости может потребоваться при физических нагрузках и гипогликемиях, так как в этих случаях возможно снижение потребности в инсулине.

Снижение ВБС



ОБЗОР РАЗДЕЛА

- Оценка базальной дозы
 - Необходимо более частое измерение глюкозы.
 - Оценка проводится на чистом фоне.
 - Не оценивайте базальный инсулин, если за последние сутки была значимая (менее 3 ммоль/л) гипогликемия или были физические нагрузки.
 - Проще начинать коррекцию с ночи.
 - Начинайте оценивать не ранее чем через 4–5 часов после последнего болюса или через 3–4 часа после последнего приема пищи.
 - Для проверки базальной дозы можно пропустить отдельные приемы пищи.
 - Доза базального режима правильная, если колебания уровня гликемии находятся в пределах 2,0–3,0 ммоль/л.
 - Проще и удобней всего сразу разделить весь базальный профиль на несколько периодов и оценивать базальный инсулин отдельно в каждый из них.
- Коррекция базальной дозы
 - Изменение базальной скорости необходимо производить за 2–3 часа до «проблемного» времени.
 - Коррекция проводится с минимальным шагом в большую или меньшую сторону ± 10 –20 %:
 - 0,025–0,05 ЕД при базальной скорости менее 0,5 ЕД/час;
 - 0,05–0,1 ЕД при скорости 0,5–1,0 ЕД/час;
 - 0,1–0,2 ЕД при скорости более 1 ЕД/час.
 - Коррекция проводится не более 2 раз в неделю.
- Ночная базальная доза
 - Коррекция базальной дозы ночью позволяет добиться целевых показателей натошак, что облегчит коррекцию дневной дозы базального и болюсного инсулина.
 - Снижение риска ночной гипогликемии.
 - Ночью проще оценивать базальную дозу:
 - нет приемов пищи;

- нет физических нагрузок;
- нет дополнительных введений инсулина.
- Дневная базальная скорость: натошак
 - Пропустить прием пищи.
 - Начинать оценивать через 4 часа после последнего болюса и приема пищи.
 - Начинать оценивать при показателях глюкозы в крови в целевом диапазоне.
 - Исключить за сутки до начала:
 - физические нагрузки;
 - гипогликемию;
 - стресс.
 - Проверять глюкозу каждые 1–2 часа.
 - Уровень глюкозы в крови должен быть в целевом диапазоне.
 - При снижении глюкозы в крови менее 4 ммоль/л принять дополнительную глюкозу.
 - При повышении глюкозы в крови более 10–12 ммоль/л ввести дополнительный корректирующий болюс.
- Дневная базальная скорость: не натошак
 - Уровень глюкозы в крови через 2 часа после еды должен быть на 2–3 ммоль/л больше, чем перед едой.
 - Уровень глюкозы в крови через 2 часа после еды должен начать постепенно снижаться в течение следующих 2 часов и достичь уровня до еды.
 - Еда должна быть с небольшим содержанием жира и известным количеством углеводов.
 - Измерять глюкозу в крови.
 - Не перекусывать.

БОЛЮСНЫЙ ИНСУЛИН. КАЛЬКУЛЯТОР БОЛЮСА

В зависимости от того, для каких целей вводится болюсный инсулин, принято выделять два типа болюсов. Болюсный инсулин, который вводится для снижения глюкозы в крови до целевого уровня, называется болюсом на коррекцию, или корригирующим болюсом. 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 его образ жизни, а вместе с этим меняются и дозы инсулина. Кроме того, физические нагрузки, болезнь и другие изменения в образе жизни и физическом состоянии приводят к изменению в чувствительности к инсулину, что требует коррекции доз инсулина. Поэтому важно уметь анализировать настройки базального профиля и калькулятора болюса. Изменение настроек болюсного калькулятора и базального профиля проводится лечащим врачом или по согласованию с ним.

Оценивать болюсный инсулин целесообразно только после настройки базального профиля.

Анализировать и корректировать болюсные дозы следует после подбора базальной дозы. В противном случае нельзя наверняка знать, с чем связана та или иная нестабильность показателей глюкозы – с базальным или болюсным инсулином.

Болюс на коррекцию

Для расчета болюса на коррекцию используется ФЧИ, который определяет, насколько снизится уровень глюкозы в крови при введении одной единицы инсулина. Например, ФЧИ, равный 10, говорит о том, что при введении одной единицы инсулина глюкоза крови снизится на 10 ммоль/л. Для оценки эффективности болюса на коррекцию глюкозу в крови измеряют перед введением инсулина и через 2 и 4 часа (время основного действия инсулина) после введения. При правильной дозе болюса на коррекцию уровень глюкозы крови через 2 часа уменьшается примерно на 50 % от ожидаемого снижения, а по окончании основного времени действия инсулина он должен находиться в целевом диапазоне (целевой уровень глюкозы натощак).

Оценка болюса на коррекцию

Условия оценки

- Гипергликемия более 12 ммоль/л
- Не было гипергликемии стресса, физической нагрузки за последние 24 часа
- Не было болюсов за последние 4–5 часов
- Не было приемов пищи за последние 3–4 часа



Коррекция болюса на коррекцию проводится путем изменения ФЧИ в калькуляторе болюса. Если глюкоза после введения болюса на коррекцию через 2 часа не снизилась на половину ожидаемого эффекта или через 4 часа не достигла целевого диапазона, необходимо уменьшить ФЧИ. И наоборот, если глюкоза после введения болюса на коррекцию через 2 часа снизилась более чем на половину ожидаемого эффекта или через 4 часа ниже целевого диапазона, необходимо увеличить ФЧИ.

Коррекция ФЧИ

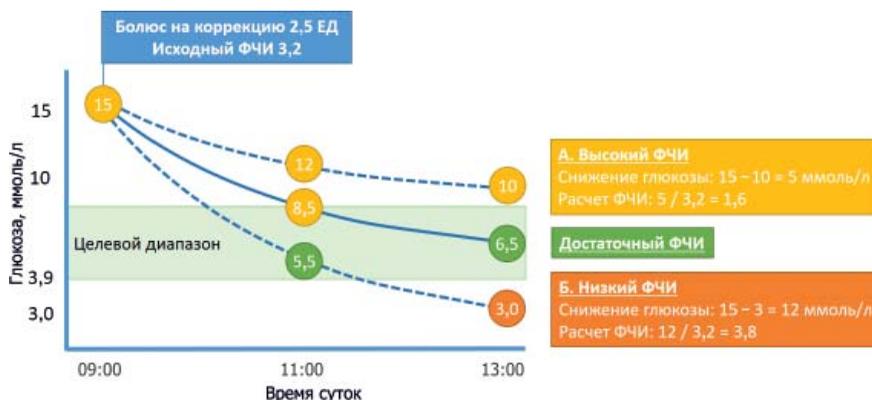
- Уменьшить ФЧИ на 10–20 % или вычислить ФЧИ по уровню снижения глюкозы, если уровень глюкозы после введения болюса на коррекцию:
 - через 2 часа находится выше «полпути» ± 2 ммоль/л;
 - через 4 часа выше целевого диапазона.
- Увеличить ФЧИ на 10–20 % или вычислить ФЧИ по уровню снижения глюкозы, если уровень глюкозы после введения болюса на коррекцию:
 - через 2 часа находится ниже «полпути» ± 2 ммоль/л;
 - через 4 часа ниже целевого диапазона.

ФЧИ – фактор чувствительности к инсулину.

Коррекция ФЧИ проводится с шагом 10–20 % в ту или иную сторону или путем вычисления ФЧИ на основании уровня снижения глюкозы после введения болюса на коррекцию:

$$\text{ФЧИ} = \frac{\text{ГК исходно} - \text{ГК после коррекции}}{\text{Болюс на коррекцию}}$$

Пример оценки и коррекции ФЧИ



Оценка (А):

- После введения болюса на коррекцию показатели глюкозы находятся выше целевого уровня, что свидетельствует о недостатке болюса на коррекцию, связанном с высоким ФЧИ.
- Коррекция ФЧИ: 1) снижение на 10–20 %: 3,2 → 2,8 или 2) вычисление на основании изменения диапазона глюкозы: $(15-10)/(3,2)=1,6$.

Оценка (Б):

- После введения болюса на коррекцию показатели глюкозы находятся ниже целевого диапазона, что свидетельствует о недостатке болюса на коррекцию, связанном с высоким ФЧИ.
- Коррекция ФЧИ: 1) снижение на 10–20 %: 3,2 → 3,7 или 2) вычисление на основании изменения уровня глюкозы: $(15-3)/(3,2)=3,8$.

Болюс на еду

Для расчета болюса на еду используется УК. Для оценки введенного болюса на еду потребуются измерение глюкозы крови перед едой, через 2 и через 4 часа после еды. При достаточной дозе болюса на еду показатели глюкозы крови по окончании основного действия инсулина, через 4 часа, должны оказаться в пределах исходного значения до еды. Допускается подъем уровня глюкозы через 2 часа после введения болюса на еду, что связано с сохраняющимся действием инсулина в это время, так как при показателях глюкозы, равных исходным, произойдет дальнейшее снижение глюкозы, что может привести к гипогликемии. Иногда показатели глюкозы после приема пищи называют постпрандиальными, что дословно означает «после еды».

Оценка болюса на еду

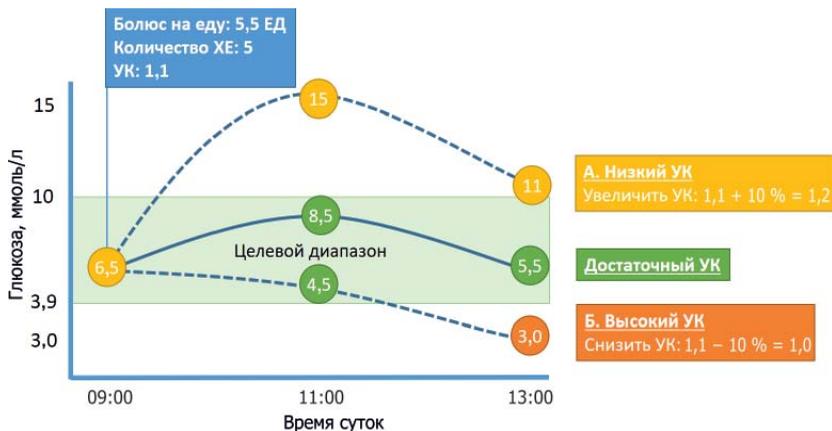
Условия оценки

- Глюкоза в целевом диапазоне
- Не было гипергликемии стресса, физической нагрузки за последние 24 часа
- Не было болюсов за последние 4–5 часов
- Не было приемов пищи за последние 3–4 часа



Коррекция болюса на еду проводится путем изменения УК в калькуляторе болюса. Если глюкоза после введения болюса на еду через 2 часа повысилась более 4 ммоль/л, необходимо увеличить УК. И наоборот, если глюкоза после введения болюса на еду через 2 часа снизилась на 1–2 ммоль/л или более по сравнению с уровнем глюкозы до еды, необходимо уменьшить УК. Обратите внимание, что если используется УК в граммах, то для увеличения болюса УК надо снижать, а для уменьшения болюса УК надо увеличивать!

Пример оценки и коррекции УК



Оценка (А):

- После введения болюса на еду показатели глюкозы повысились более чем на 3 ммоль/л и находятся выше целевого диапазона, что свидетельствует о недостатке болюса на еду, связанном с низким УК.
- Коррекция УК: снижение на 10–20 %: 1,1 → 1,2

Оценка (Б):

- После введения болюса на еду показатели глюкозы снизились на 2 ммоль/л через 2 часа и находятся ниже целевого диапазона через 4 часа, что свидетельствует об избытке болюса на еду, связанном с высоким УК.
- Коррекция УК: снижение на 10–20 %: 1,1 → 1,0

УК – углеводный коэффициент.

В случае когда вводится комбинированный болюс на коррекцию 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 раздельном введении этих болюсов.

Оценивайте дозировки болюса на коррекцию и болюса на еду только в тех случаях, когда они вводились отдельно один от другого.

Что влияет на болюсный инсулин на еду?

Количество инсулина на еду, или болюс на еду, 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 – УК. УК, 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. 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/жиры | В значительных количествах могут замедлять поступление углеводов и продлевать время постпрандиальной гипергликемии, что приводит к отсроченному повышению глюкозы через 3–5 часов после еды. |

Различные продукты (даже с одинаковым количеством углеводов) могут по-разному влиять на повышение глюкозы после еды. Скорость повышения глюкозы после еды во многом зависит от состава пищи, а также ряда других факторов, и для достижения лучшего контроля диабета необходимо учитывать эти факторы, чтобы добиться оптимальных показателей глюкозы после еды. Для оценки скорости повышения глюкозы часто используется гликемический индекс еды. Блюда и продукты с более высоким гликемическим индексом приводят к быстрому и более сильному повышению глюкозы и, как правило, требуют больше инсулина.

Что влияет на скорость повышения глюкозы после еды:

| замедляет | ускоряет |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• клетчатка;• большой размер кусочков пищи;• твердые продукты;• жиры;• слишком низкая температура пищи (4 °С);• слишком высокая температура пищи (50 °С);• гипергликемия;• интенсивная физическая нагрузка. | <ul style="list-style-type: none">• жидкость;• маленький размер кусочков пищи;• жидкая пища;• приготовление пищи при высокой температуре (например, на производстве);• гипогликемия. |

Основным препятствием для эффективного контроля уровня глюкозы после еды является несоответствие профиля действия инсулина и профиля повышения глюкозы под влиянием еды. Профиль действия инсулина, как правило, достаточно стабильный, с пиком действия через 1,5–2 часа после введения для аналогов инсулина короткого действия, в то время как действие еды может значительно варьировать. Это несоответствие приводит к тому, что глюкоза сразу после приема пищи может значительно повышаться с последующим быстрым снижением (высокий гликемический индекс еды) или постепенно возрастать через несколько часов после еды (высокая калорийность за счет белков или жиров). При использовании инсулиновой помпы имеется возможность вводить болюсный инсулин с разной скоростью, тем самым изменяя профиль его действия.

Нестабильные показатели глюкозы после еды с одинаковым количеством углеводов могут быть вызваны несоответствием профиля действия инсулина и еды из-за различий в составе пищи.

Виды болюсов

По характеру введения существует несколько типов болюсов (независимо от того, болюс ли это на еду или на коррекцию). Основная задача различных типов болюсного введения инсулина – привести в соответствие действие еды (по скорости и длительности повышения глюкозы), длительность приема пищи и профиль действия инсулина. Во всех моделях инсулиновых помп есть три типа болюсного введения: стандартный, или простой болюс; растянутый, или болюс квадратной волны; двойной волны, или болюс несколько волн.

Виды болюсов

| Нормальный, или стандартный | Квадратной волны, или растянутый | Двойной волны, или несколько волн |
|---|--|--|
| Описание | | |
| <p>Однократное введение всей болюсной дозы.</p> <p>При этом типе болюса весь инсулин вводится с максимальной скоростью, которая зависит от инсулиновой помпы.</p> | <p>Постепенное введение болюсной дозы в течение заданного времени.</p> <p>При использовании этого болюса нужно запрограммировать количество инсулина и продолжительность его введения.</p> | <p>Комбинированное введение инсулина: часть дозы вводится сразу, часть в течение заданного времени.</p> <p>При программировании этого типа болюса необходимо задать общее количество инсулина, количество инсулина, которое вводится сразу (первая часть), и продолжительность введения второй части болюса.</p> |
| Назначение | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Углеводистая еда или углеводный компонент еды. • Коррекция гипергликемии (болюс на коррекцию). | <ul style="list-style-type: none"> • Калорийная еда, содержащая большое количество белков и/или жиров. | <ul style="list-style-type: none"> • Еда, содержащая углеводы и достаточное количество белков и/или жиров. |

Профиль действия



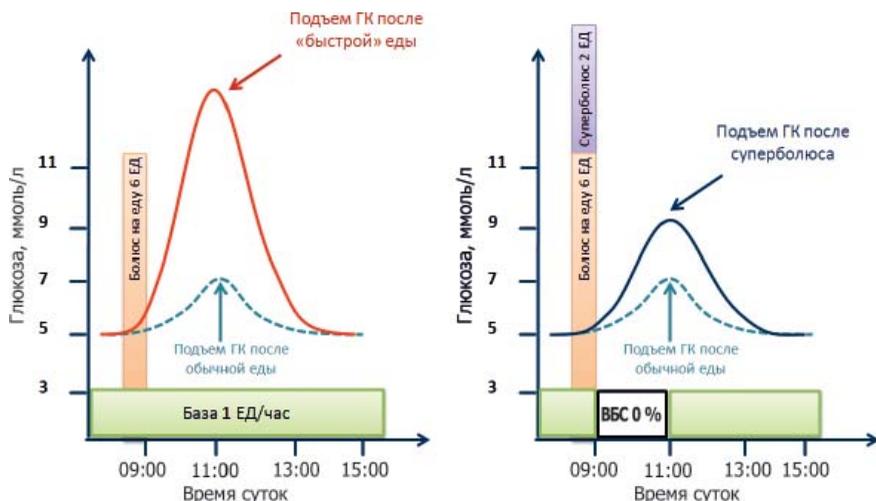
Количество инсулина на первую и вторую волну, а также продолжительность введения второй волны зависит в основном от характера пищи, уровня глюкозы в крови перед едой и других факторов. Потребуется практика, чтобы подобрать оптимальные настройки болюса двойной волны. В первое время не рекомендуется вводить на вторую волну более 50 % всей дозы инсулина, а продолжительность ее введения устанавливать больше 2–3 часов. Со временем можно будет определить параметры, которые позволят оптимально контролировать постпрандиальную гликемию.

Различные типы болюсного введения в инсулиновой помпе предназначены для изменения профиля действия инсулина, например для соответствия с профилем 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 случае приема пищи с высоким гликемическим индексом.

Суперболюс на еду

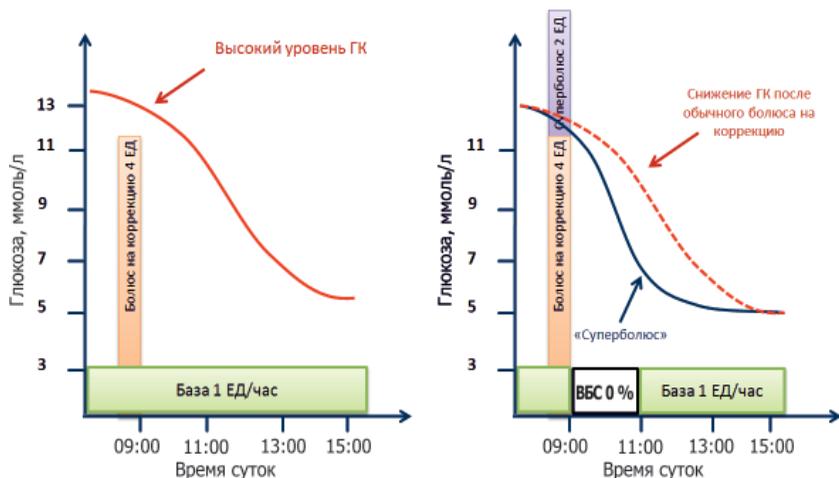


Описание

- После приема 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.

Суперболюс на коррекцию гипергликемии



Описание

- 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. Это необходимо учесть при введении следующего болюса.

Болюсный калькулятор

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

Алгоритм расчета инсулина калькулятором болюса

С помощью углеводного коэффициента можно определить болюс на еду – инсулин для усвоения принятых углеводов.

$$\text{Болюс на еду (БЕ)} = \text{Количество ХЕ} \times \text{УК}$$

С помощью фактора чувствительности к инсулину и целевого уровня глюкозы можно определить корректирующий болюс – инсулин, необходимый для достижения целевого уровня глюкозы крови (ГК).

Рекомендованные целевые уровни глюкозы и гликированного гемоглобина для детей

| | Целевая глюкоза, ммоль/л | HbA1c, % |
|------------|--------------------------|----------|
| Перед едой | 4,0–8,0 | 7,0 |
| После еды | 5,0–10,0 | |

Целевой уровень глюкозы – индивидуальное значение глюкозы, к которому будет стремиться помпа с помощью болюса на коррекцию. Целевой уровень глюкозы определяется для каждого индивидуально совместно с лечащим врачом и зависит от возраста, склонности к гипогликемии и др.

$$\text{Болюс на коррекцию (БК)} = (\text{ГК сейчас} - \text{ГК целевая}) / \text{ФЧИ}$$

Болюс на коррекцию может быть положительным (на снижение) – если уровень глюкозы в крови выше целевого или отрицательным (для повышения) – если уровень глюкозы в крови ниже целевого.

Для расчета общего болюса необходимо сложить болюс на коррекцию и болюс на еду. Если болюс на коррекцию отрицательный, то общая доза инсулина будет уменьшена для повышения глюкозы в крови до целевых значений.

Общий болюс (ОБ) = Болюс на еду + Болюс на коррекцию

Примеры расчета болюсов

| | |
|--|---|
| Ребенок 3 лет ГК сейчас – 15 ммоль/л Целевой уровень гликемии – 8,0 ммоль/л ФЧИ = 9 | $\text{БК} = \frac{\text{ГК сейчас} - \text{ГК целевая}}{\text{ФЧИ}} = \frac{15 - 8}{9} = 0,8$ |
| Ребенок 12 лет ГК перед едой – 13 ммоль/л Целевой уровень гликемии – 7,0 ммоль/л УК = 1,3 ФЧИ = 4 Собирается съесть 4 ХЕ | $\text{БЕ} = \text{количество ХЕ} \times \text{УК} = 4 \times 1,3 = 5,2 \text{ ЕД}$ $\text{БК} = \frac{\text{ГК сейчас} - \text{ГК целевая}}{\text{ФЧИ}} = \frac{13 - 7}{4} = 1,5$ $\text{ОБ} = \text{БЕ} + \text{БК} = 5,2 + 1,5 = 6,7 \text{ ЕД}$ |

Ребенок 7 лет

ГК перед едой – 4 ммоль/л

Целевой уровень гликемии – 7,5 ммоль/л

УК = 1,0

ФЧИ = 7

Собирается съесть 3 ХЕ

БЕ = количество ХЕ × УК = 3 × 1,0 = 3,0 ЕД

$$БК = \frac{ГК \text{ сейчас} - ГК \text{ целевая}}{ФЧИ} = \frac{4 - 7,5}{7} = -0,5$$

(отрицательный КБ!)

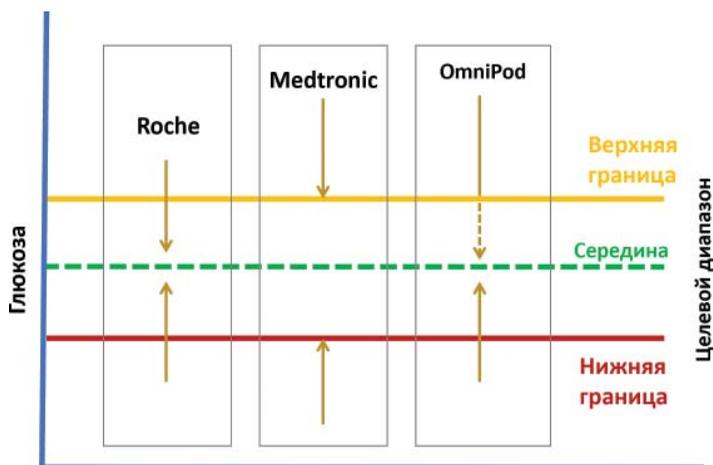
ОБ = БЕ + КБ = 3,0 – 0,5 = 2,5 ЕД

БК – болюс на коррекцию; БЕ – болюс на еду; ОБ – общий болюс; УК – углеводный коэффициент; ФЧИ – фактор чувствительности к инсулину; ГК – глюкоза крови.

Особенности калькулятора болюса в различных помпах

Следует заметить, что различные модели помп имеют различный алгоритм расчета дозы, что может отразиться на результате [41]. Основные отличия касаются определения целевого значения глюкозы в крови и учета активного инсулина. При расчете болюса на коррекцию в некоторых моделях помп за целевой уровень глюкозы 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 болюс на коррекцию будет меньше по объему, чем во втором. Особенно это будет заметно при широком целевом диапазоне.

Определение целевого уровня глюкозы в разных помпах



Рекомендации

- Помпы, принимающие края диапазона за целевой уровень:
 - диапазон должен быть уже;
 - нижняя граница диапазона не менее 5 ммоль/л, верхняя граница не более 7 ммоль/л.
- Помпы, принимающие середину диапазона за целевой уровень:
 - середина диапазона должна быть выше (~6 ммоль/л).

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 при последующих введениях инсулина, чтобы избежать гипогликемии из-за наложения действия инсулина, важно учитывать количество инсулина, который еще продолжает действовать. Этот остаточный, еще не подействовавший инсулин, называется активный инсулин, или «болюс на борту». Самостоятельно учитывать активный инсулин сложно. Помощник болюса упростит эту задачу – помпа рассчитывает активный инсулин с помощью специальных алгоритмов и самостоятельно корректирует болюсную дозу с его учетом.

Различные модели помп по-разному рассчитывают болюс на коррекцию и учитывают активный инсулин.

Следует отметить, что большинство инсулиновых помп вычитает активный инсулин только из болюса на коррекцию. Поэтому рассчитанная доза инсулина на еду (болюс на еду) останется без изменений независимо от количества активного инсулина. В то же время не весь болюсный инсулин может учитываться как активный в разных помпах. Во всех помпах болюсы на коррекцию учитываются как активный инсулин, но болюс на еду считается активным только в некоторых помпах.

Учет активного инсулина в разных помпах

| | АИ включает | | АИ вычитается из | |
|-------------|--------------|--------------------|------------------|---------------------|
| | болюс на еду | болюс на коррекцию | болюса на еду | болюса на коррекцию |
| Roche Combo | Нет | Да | Нет | Да |

| | AI включает | | AI вычитается из | |
|------------------|-------------|----|------------------|----|
| Medtronic | Да | Да | Нет | Да |
| OmniPod | Нет | Да | Нет | Да |

AI – активный инсулин.

Если в момент расчета болюсной дозы с помощью помощника болюса количество активного инсулина будет больше, чем рассчитанная доза на коррекцию, то помпа ничего не предложит ввести.

Продолжительность действия инсулина

Количество активного инсулина определяется настройкой калькулятора болюса – продолжительностью действия инсулина. Чем больше продолжительность действия инсулина, тем дольше по времени учитывается активный инсулин и наоборот. В большинстве помп продолжительность действия инсулина можно установить в диапазоне от 2 до 8 часов.

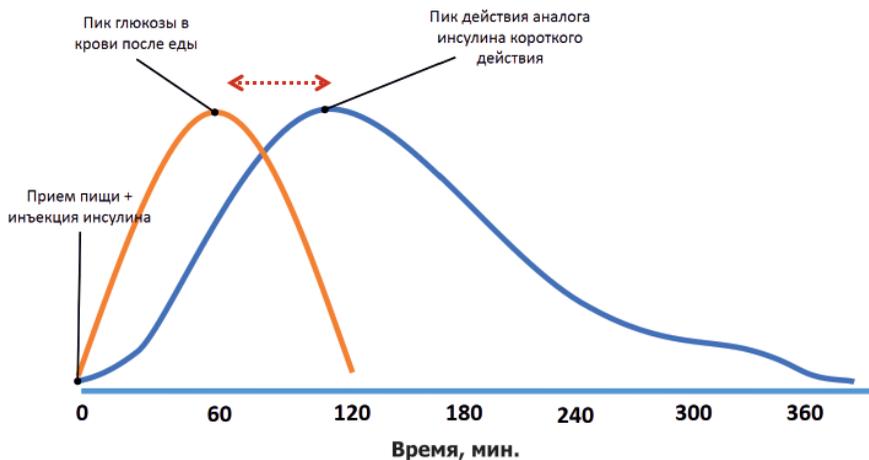
Продолжительность действия современных аналогов инсулина короткого действия составляет не менее 5 часов. Однако это не означает, что в калькулятор болюса надо установить значение 5–6 часов. В своей практике мы в большинстве случаев начинаем со значения 4 часа и в дальнейшем используем индивидуальный подход в определении продолжительности действия инсулина.

Для тех, кто стремится к более низкому показателю глюкозы, часто вводит болюсный инсулин и тщательно контролирует уровень глюкозы, оптимальным будет установка времени активного инсулина менее 4 часов. В случае частых эпизодов гипогликемии или при недостаточном контроле показателей глюкозы время активного инсулина лучше установить не менее 4 часов, что позволит снизить риск гипогликемии.

Еда с высоким гликемическим индексом

Эффект от введения даже современных аналогов инсулина короткого действия наступает медленнее по сравнению с инсулином, секретлируемым поджелудочной железой, пик их действия достигается только через 90–120 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 и количества углеводов.

Соотношение профилей действия инсулина и еды с высоким GI

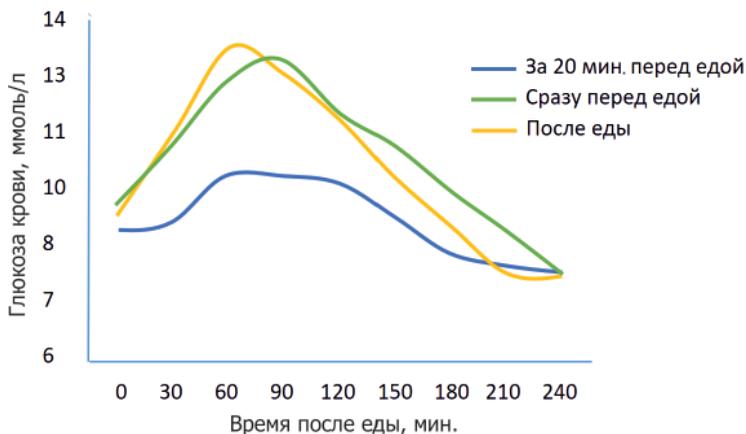


ГИ – гликемический индекс.

Основной проблемой при приеме пищи с высоким гликемическим индексом является значительное повышение глюкозы через 60–90 минут после еды, и при достаточной болюсной дозе через 3–4 часа глюкоза возвращается к исходным значениям или даже снижается до гипогликемии. Особенно это выражено у маленьких детей и по утрам, когда уровень контринсулярных гормонов очень высок по сравнению с другим временем суток. Кроме того, по сравнению с едой с низким гликемическим индексом, еда с высоким гликемическим индексом обычно требует больших доз инсулина при одинаковом количестве углеводов [42].

Введение болюса за 10–20 минут до еды может помочь справиться с этой проблемой [43]. Продолжительность «паузы» между введением инсулина и едой будет зависеть от уровня глюкозы перед едой: при более низких показателях паузу можно сократить, а при высоких увеличить. Если заранее неизвестно, сколько ребенок сможет съесть углеводов, можно ввести лишь часть болюсной дозы перед едой, а остальное – во время еды.

Показатели глюкозы после еды в зависимости от времени введения болюса [43]

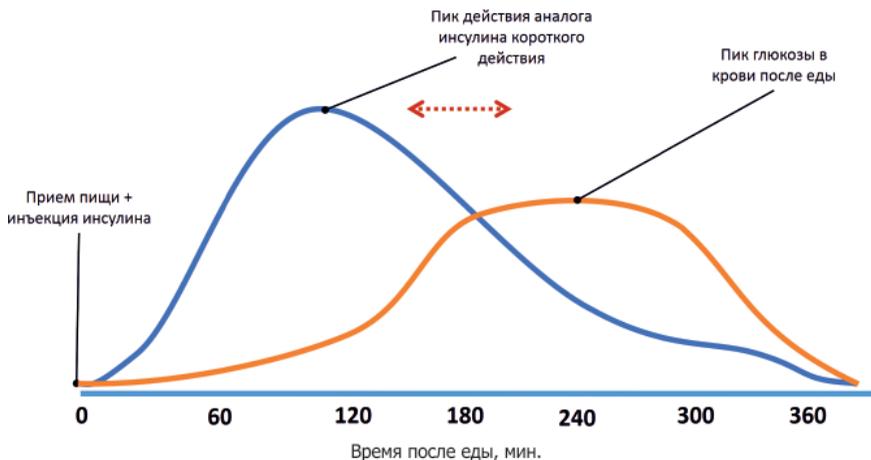


Достижению более низких показателей после еды будет способствовать использование быстродействующих аналогов инсулина короткого действия. Благодаря вспомогательным компонентам в своем составе такие инсулины быстрее поступают в организм. При использовании инсулиновой помпы эффект от быстродействующих аналогов в первые 30 минут после введения примерно в 2 раза больше по сравнению с обычными аналогами [44].

Еда с высоким содержанием белков и жиров

Сегодня хорошо известно, что если еда содержит значительное количество белков и жиров, они могут оказывать самостоятельное влияние на постпрандиальные показатели глюкозы [45, 46]. Но в отличие от углеводов, эффект от белков и жиров имеет отсроченный характер и проявляется через 3–5 часов после еды. Считается, что 30 граммов жиров или 50 граммов белка по своему эффекту на уровень глюкозы соответствуют примерно 10 граммам углеводов [46]. Следовательно, еда с высоким содержанием белком и жиров может потребовать дополнительного инсулина.

Соотношение профилей действия инсулина и еды, содержащей белки/жиры



Существует несколько способов расчета инсулина на белки и жиры в еде. Наиболее известный – это способ расчета так называемой белково-жировой единицы (БЖЕ) [47]. В этом случае необходимо рассчитать количество граммов белков и жиров в еде и перевести их в килокалории (1 грамм белка – 4 ккал, 1 грамм жира – 9 ккал). Одна БЖЕ соответствует 100 ккал белков и/или жиров, и на каждую БЖЕ необходимо дополнительно ввести один углеводный коэффициент в виде растянутого на 6 часов болюса.

Способы расчета и введения инсулина на белки и жиры в еде

Белково-жировая единица (БЖЕ) [42]

- БЖЕ соответствует 100 ккал белков и/или жиров
- БЖЕ приравнивается к 1 ХЕ (10 г углеводов)
- Введение инсулина двойной волной: нормальный болюс: $УК \times ХЕ$, болюс квадратной волны на 6 часов: $УК \times БЖЕ$

Потребность в инсулине на еду (ПИЕ) [48]

- $ПИЕ = ИИЕ \times Порция \text{ еды (кДж)} / 1000 \times 0,59$

- Введение инсулина стандартным болюсом: ПИЕ ÷ УК (г/ЕД)

Процентное увеличение

- Увеличить дозу болюса на еду на 20–30 %
- Ввести инсулин болюсом двойной волны в соотношении 70 %/30 %: нормальный болюс 70 %, болюс квадратной волны 30 % на 2,5–3 часа

*БЖЕ – белково-жировая единица; УК – углеводный коэффициент;
ПИЕ – потребность в инсулине на еду, ИИЕ – инсулиновый индекс еды.*

Другой способ расчета инсулина на белки и жиры основан на определении так называемой потребности в инсулине на еду, которая рассчитывается исходя из инсулинового индекса и объема еды [48].

Помимо сложности самого расчета инсулина на белки и жиры, важно отметить, что указанные способы не всегда приводят к увеличению показателей глюкозы в целевом диапазоне, в то же время почти всегда связаны с повышенным риском гипогликемии [49].

Сегодня оптимальным способом учета белков и жиров в еде является простое увеличение общей дозы болюса на еду на 20–30 % в случае приема пищи с высоким содержанием белков и жиров [50]. Дозу болюсного инсулина на еду необходимо ввести с помощью болюса двойной волны, распределив 70 % дозы на нормальный болюс и 30 % на растянутый болюс, установив время его введения на 2,5–3 часа.

Не стоит использовать растянутый болюс для обычной углеводистой пищи. Из-за того, что при таком типе введения инсулин поступает не сразу, его действие будет значительно запаздывать по сравнению с действием еды, что приведет к высоким показателям глюкозы через 1–2 часа после еды и низким показателям через 3–4 часа [51]. Даже в случае еды с низким гликемическим индексом, содержащей углеводы, или при медленном приеме пищи использовать квадратный болюс на углеводистую часть нецелесообразно.

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- Болюс на коррекцию – инсулин для коррекции гипергликемии.
- Для расчета болюса на коррекцию используется фактор чувствительности к инсулину.
- Болюс на еду – инсулин для усвоения принятых с пищей углеводов.
- Для расчета болюса на еду используется углеводный коэффициент.
- Оценивать болюс на коррекцию и болюс на еду лучше после подбора базисной дозы.
- Оценка болюса на коррекцию:
 - через 2 часа после введения уровень глюкозы снизился примерно на 50 % от ожидаемого снижения;
 - через 4 часа после введения уровень глюкозы находится в целевом диапазоне.
- При правильной дозе показатели глюкозы крови по окончании действия инсулина должны находиться в целевом диапазоне.
- Оценка болюса на еду:
 - через 2 часа после еды уровень глюкозы в крови на 2–3 ммоль/л больше исходного значения;
 - через 4 часа после еды уровень глюкозы в крови в пределах исходного значения.
- Оценивайте дозировки корригирующего болюса и болюса на еду только в тех случаях, когда они вводились отдельно один от другого.
- Три вида болюсов используются в зависимости от характера пищи: нормальный (стандартный), квадратная волна (растянутый), двойная волна (несколько волн).
- Активный инсулин – инсулин, который еще продолжает действовать после последнего болюса.
- Продолжительность действия инсулина определяет, как долго учитывается активный инсулин.
- При высоком гликемическом индексе еды и на углеводистую пищу желательно вводить инсулин за 10–20 минут до еды.

- При значительном содержании в еде белков и жиров:
 - доза болюса на еду увеличивается на 20–30 % и вводится двойной волной;
 - нормальный болюс 30 %, квадратный болюс 70 %;
 - продолжительность введения квадратного болюса 2,5–3 часа.

КЕТОНЫ И ДИАБЕТИЧЕСКИЙ КЕТОАЦИДОЗ

Причины появления кетонов и кетоацидоза

Диабетический кетоацидоз – острое нарушение обмена веществ, вызванное дефицитом инсулина. Кетоацидоз является опасным осложнением сахарного диабета, которое на помповой инсулинотерапии может возникнуть из-за нарушения подачи инсулина. Так как помпа подает небольшие количества инсулина в базальном режиме, а также нет инсулина длительного действия, в организме имеется лишь небольшой запас (депо) инсулина.

При использовании помпы проблемы с подачей инсулина могут возникнуть по разным причинам. Чаще всего это загиб пластиковой канюли, реже – отклеивание канюли от кожи, попадание воздуха в инфузионную систему, отсоединение трубки инфузионной системы от канюли или протекание инсулина через уплотнительные соединения из-за их дефекта или неплотного закрывания.

Причины необъяснимого повышения глюкозы в крови и появления кетонов

| Инфузионный набор | Канюля | Другое |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Инфузионный набор пустой (забыли наполнить)• Инфузионный набор закупорен (кристаллизация инсулина)• В инфузионном наборе большой воздушный пузырь• Инфузионный набор негерметичен (например, в зоне соединения катетера и канюли или катетера и иглы) | <ul style="list-style-type: none">• Пластиковая канюля загнулась• Канюля установлена в области липодистрофии• Воспаление в месте установки инфузионного набора вследствие:<ul style="list-style-type: none">– недостаточной дезинфекции/гигиены;– слишком длительного срока установки канюли;– гиперчувствительности к канюле, пластмассу или инсулину | <ul style="list-style-type: none">• Общие причины гипергликемии (пропущен болюс, гипергликемия после гипогликемии и др.)• Неисправность инсулиновой помпы:<ul style="list-style-type: none">– отказ/выход из строя;– батарея;– другие технические проблемы |

| Инфузионный набор | Канюля | Другое |
|-------------------|---|--------|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Канюля вышла из-под кожи: <ul style="list-style-type: none"> – недостаточно хорошо закреплена; – отклеился пластырь (из-за потоотделения, попадания влаги) | |

Как обнаружить нарушение подачи инсулина

Чтобы своевременно обнаружить проблемы с подачей инсулина и предупредить развитие диабетического кетоацидоза, крайне важно регулярно измерять глюкозу. После нарушения подачи инсулина кетоны в крови появляются не сразу, до этого момента обычно проходит несколько часов, а кетоацидоз, как правило, развивается еще позже, поэтому всегда есть запас времени для предотвращения его развития. Обычно первым признаком нарушения подачи инсулина является необъяснимая гипергликемия, когда несмотря на выполнение всех рекомендаций по контролю диабета уровень глюкозы повышается более 14–15 ммоль/л. Своевременно выяснив причину высокой глюкозы, можно предупредить появление кетонов и развитие кетоацидоза. Поэтому регулярное измерение глюкозы в крови предотвратит появление этого тяжелого осложнения.

Обнаружить нарушение подачи и недостаток инсулина в крови при использовании инсулиновой помпы помогает определение кетонов. Кетоны возникают при дефиците инсулина в крови и могут измеряться как в крови, так и в моче с использованием специальных тест-полосок. Увеличение кетонов в крови происходит гораздо быстрее, поэтому этот метод более информативен [52, 53]: может пройти несколько часов, прежде чем кетоны появятся в моче, в то время как в крови повышение кетонов может быть обнаружено сразу. При измерении кетонов в моче нельзя точно сказать, когда они образовались, кетоны в моче могут обнаруживаться даже более чем через 24 часа после эпизода диабетического кетоацидоза [52, 53].

Измерение кетонов в крови позволяет раньше определить нарушения подачи инсулина и принять меры для профилактики кетоацидоза.

После нарушения подачи инсулина уровень кетонов нарастает достаточно быстро. У взрослых людей отключение помпы приводит к заметному повышению кетонов уже через 2 часа, а через 5 часов их уровень практически достигает 1,5 ммоль/л [54]. У детей появление и нарастание кетонов происходит гораздо быстрее. Это особенно важно, учитывая, что автоматическое определение нарушения подачи инсулина (окклюзии) самой помпой зависит от объема подаваемого инсулина с более поздним оповещением при небольших дозах инсулина.

Окклюзия

Если помпа обнаружит нарушение подачи инсулина, то она подаст сигнал об окклюзии (или сигнал «нет подачи»). Этот сигнал говорит о том, что инсулиновая помпа не может ввести инсулин, что связано с закупоркой в трубке инфузионной системы или, чаще, в канюле. У детей из-за небольших доз инсулина такой сигнал возникает очень редко. При подаче инсулина в базальном режиме со скоростью 1 ЕД/час сигнал об окклюзии возникнет через 1–3 часа (в зависимости от модели помпы и инфузионного набора). В то же время, при подаче инсулина в базальном режиме со скоростью 0,1 ЕД/час, интервал до возникновения сигнала об окклюзии составляет от 4 до 40 часов [55]. Поэтому у маленьких детей и при маленьких дозах инсулина стоит не полагаться на сигналы окклюзии, а регулярно контролировать глюкозу.

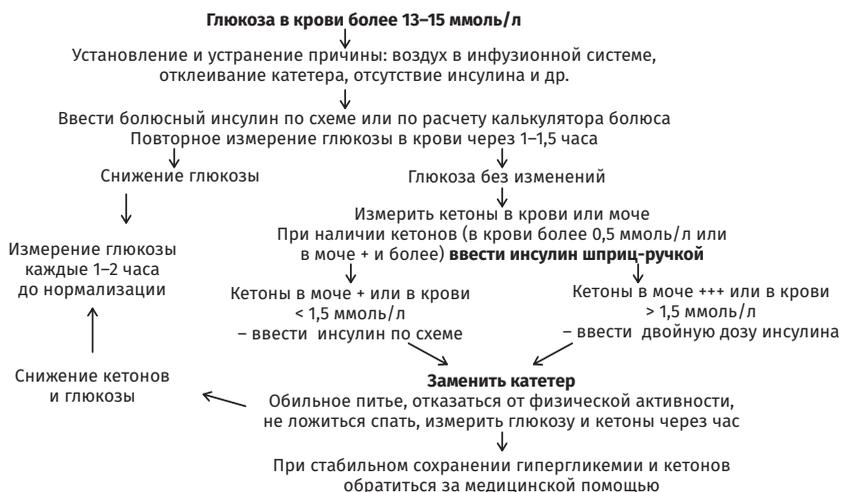
При возникновении сигнала об окклюзии необходимо проверить трубку на пережатие. Встать (распрявиться), помассировать место установки иголки и попробовать ввести оставшуюся дозу инсулина (количество введенного инсулина можно посмотреть в истории болюса). Если сигнал все равно возникает, нужно отсоединить трубку от канюли и запустить промывку, если помпа подает инсулин по трубке и на ее конце виден инсулин, значит, дело в канюле. Иначе, если снова возникает сигнал об окклюзии, нужно попробовать отсоединить трубку от резервуара и запустить промывку без резервуара в помпе. Так можно понять, в каком месте возникла закупорка. Если сигнал об окклюзии возникает даже без резервуара в помпе, это говорит о ее неисправности и нужно обратиться на горячую линию.

Как предупредить развитие диабетического кетоацидоза

Не каждая гипергликемия сама по себе говорит о нарушении подачи инсулина. Необъяснимые гипергликемии могут периодически встре-

чаться в обычных условиях. Поэтому в случае повышения уровня глюкозы в крови больше 14–15 ммоль/л сначала необходимо проверить состояние инфузионной системы и инсулиновой помпы и, при отсутствии проблем, ввести болюс на коррекцию с помощью помпы. Очень важно через 1–2 часа после этого провести контрольное измерение глюкозы, чтобы оценить эффект от введенного инсулина. Если уровень глюкозы после введенного болюса не снизился или, наоборот, вырос, необходимо измерить уровень кетонов в крови или моче. Нормальный уровень кетонов будет говорить об отсутствии дефицита инсулина, и можно повторить болюсное введение инсулина на коррекцию с последующим контролем глюкозы и кетонов через 1–2 часа.

Алгоритм действий при необъяснимой гипергликемии



В случае повышения уровня кетонов в крови или моче необходимо ввести болюс на коррекцию с помощью шприц-ручки. Не рекомендуется использовать помпу, так как нельзя быть полностью уверенным в том, что она исправно подает инсулин. После этого следует тщательно проверить помпу, инфузионный набор и канюлю. Полностью заменить инфузионный набор (канюлю и трубочку). После замены инфузионной системы необходимо контролировать уровень глюкозы и кетонов каждые 1–2 часа до тех пор, пока уровень кетонов не снизится до нормы.

При появлении кетонов следует пить больше жидкости, вводить дополнительный инсулин и при необходимости обратиться к врачу. Если глюкоза в крови менее 10 ммоль/л и при этом есть кетоны, необходимо пить жидкость, содержащую глюкозу, и вводить дополнительный инсулин. При наличии признаков диабетического кетоацидоза нужно незамедлительно обратиться за медицинской помощью.

Признаками диабетического кетоацидоза являются: тошнота, слабость, недомогание, боли в животе и рвота.

Оценка кетонов и показателей глюкозы

Кетоны появляются в организме как при дефиците инсулина в организме, так и в случае недостаточного поступления углеводов. Поэтому оценивать показатели кетонов целесообразно в связке с уровнем глюкозы. Различные состояния могут стимулировать повышение кетонов, например при болезни в результате воспалительного состояния или во время интенсивных физических нагрузок на фоне выработки гормонов стресса. У маленьких детей кетоны могут возникать при нормальных и низких показателях глюкозы в утреннее время натощак – так называемые голодные кетоны. Поэтому в зависимости от уровня кетонов и глюкозы крови может потребоваться как введение инсулина, так и прием углеводов.

Правила оценки уровня кетонов

| Кетоны в крови, ммоль/л | Кетоны в моче | Глюкоза в крови, ммоль/л | | |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|---|---|
| | | менее 5,5 | 5,5–10 | 10–14 |
| < 0,6 | Отрицательные или следы | Инсулин не вводить | Нормальный уровень, никаких действий не требуется | Увеличить болюсную дозу на прием пищи. Ввести болюс на коррекцию (при глюкозе в крови более 15 ммоль/л) |
| Проверить кетоны через 2 часа | | | | |

| Кетоны в крови, ммоль/л | Кетоны в моче | Глюкоза в крови, ммоль/л | | |
|-------------------------|--------------------|--|---|---|
| | | менее 5,5 | 5,5–10 | 10–14 |
| 0,6–1,4 | Мало или умеренно | «Голодные» кетоны. Требуется дополнительный прием углеводов и жидкости | «Голодные» кетоны. Требуется дополнительный прием углеводов и жидкости. Нужно ввести болюс на углеводы | Требуется дополнительный прием углеводов (при гликемии до 15 ммоль/л) и жидкости. Ввести обычную дозу болюса на углеводы и болюс на коррекцию |
| | | Проверить кетоны через 2 часа | | |
| 1,5–3 | Умеренно или много | Высокий уровень «голодных» кетонов. Проверить глюкометр. Перепроверить глюкозу в крови и кетоны. Требуется дополнительный прием углеводов и жидкости | Высокий уровень «голодных» кетонов. Требуется дополнительный прием углеводов и жидкости. Нужно ввести болюс на углеводы | Требуется дополнительный прием углеводов (при гликемии менее 15 ммоль/л) и жидкости. Нужно ввести болюс на коррекцию |
| | | <p>Риск развития кетоацидоза! Может потребоваться в/в введение глюкозы, если ребенок не ест. Проверять глюкозу крови и кетоны каждый час. Необходима консультация эндокринолога, может потребоваться медицинская помощь</p> | | |
| > 3,0 | Много | <p>Серьезный риск развития кетоацидоза! Необходимо срочно обратиться за медицинской помощью</p> | | |

ОБЗОР РАЗДЕЛА

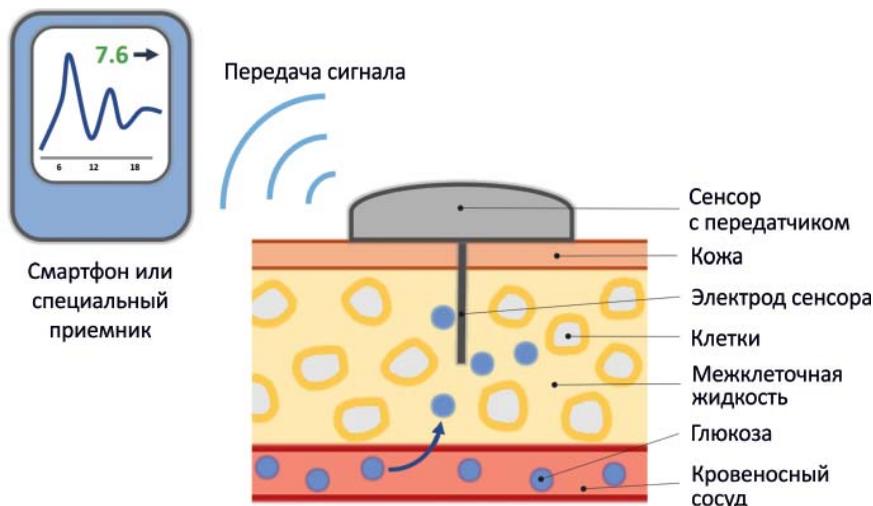
- При использовании инсулиновой помпы риск развития кетоацидоза может быть выше, что связано с небольшим запасом инсулина в организме.
- Нарушение подачи инсулина может произойти из-за проблем с катюлей, инфузионной системой или самой инсулиновой помпой.
- Для предотвращения кетоацидоза необходимо регулярно измерять глюкозу в крови и при высокой глюкозе в крови ($> 14\text{--}15$ ммоль/л) измерять кетоны.
- Определение кетонов в крови, а не в моче, позволит раньше выявить проблемы с введением инсулина, предотвратить развитие кетоацидоза или начать лечение.
- В случае необъяснимого повышения глюкозы крови необходим тщательный контроль глюкозы крови, кетонов и при необходимости – замена инфузионной системы.
- Симптомами кетоацидоза являются тошнота и рвота, боль в животе, недомогание, слабость.

НЕПРЕРЫВНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЛЮКОЗЫ

Описание

Непрерывный мониторинг глюкозы (НМГ) – технология, которая позволяет измерять глюкозу в межклеточной жидкости каждые 1–15 минут с использованием специального сенсора. Сенсор располагается на поверхности кожи, а непосредственно измерение глюкозы осуществляется электродом, который располагается в подкожно-жировой клетчатке. Электрод регистрирует электрический сигнал, который возникает при взаимодействии глюкозы со специальным ферментом, нанесенным на электрод. Для передачи сигнала с сенсора используется передатчик – **трансмиттер**, который передает сигнал на принимающее устройство – смартфон или специальный приемник. В некоторых системах НМГ сенсор и трансмиттер объединены в единый элемент, который называется **датчик**.

Устройство непрерывного мониторинга глюкозы

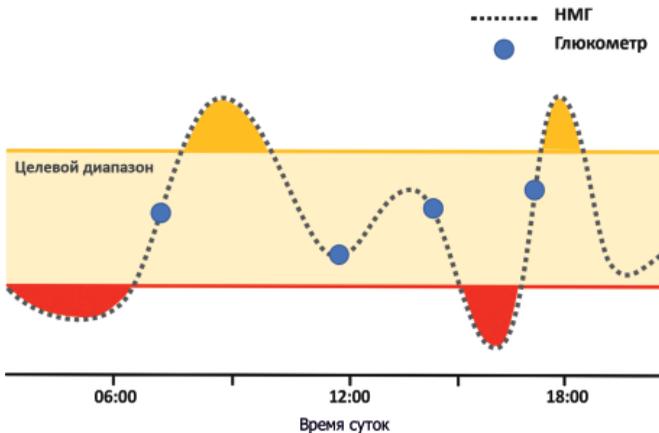


Главной особенностью НМГ является постоянное измерение глюкозы в межклеточной жидкости.

Сравнение глюкометра и НМГ

При использовании глюкометра мы получаем лишь отдельные, небольшие фрагменты профиля гликемии, и даже при частом измерении глюкозы глюкометром многие важные эпизоды высоких и низких показателей глюкозы остаются незафиксированными. Применение НМГ позволяет получить детальную картину показателей глюкозы и благодаря этому вносить необходимую коррекцию в проводимое лечение, например вводить дополнительный инсулин при повышенных показателях и дополнительные углеводы при снижении показателей глюкозы. Помимо непосредственно измерения глюкозы, НМГ помогает контролировать диабет благодаря наличию **сигналов тревоги**, которые сообщают о значительном снижении или повышении глюкозы. Также системы НМГ показывают **стрелки тенденций**, которые указывают направление и скорость изменения глюкозы в текущий момент, что позволяет предупредить значительный рост или снижение глюкозы.

Профили глюкозы при использовании глюкометра и НМГ



Основные виды НМГ

Существуют различные системы НМГ, которые отличаются своими техническими характеристиками и функциональными возможностями. Основными характеристиками систем НМГ являются способ получения данных о глюкозе, длительность работы сенсора или датчика и необходимость калибровки. Основными видами НМГ являются флеш-мониторинг глюкозы и НМГ в реальном времени (НМГ-РВ).

Виды и характеристики НМГ

| | Флеш-мониторинг | НМГ-РВ |
|--|-----------------|-----------------------|
| Длительность работы сенсора/датчика | 14 дней | 6–7* дней |
| Калибровка | Не требуется | Не реже 2 раз в сутки |
| Сигналы тревоги | Нет** | Да |
| Мобильное приложение для смартфона | Да | Да |
| Удаленный мониторинг глюкозы родителями или близкими | Да | Да |
| Дистанционная передача данных глюкозы лечащему врачу | Да | Да*** |

* Для официально зарегистрированных в Российской Федерации систем.

** Сигналы тревоги появились во втором и третьем поколениях.

*** Не во всех системах НМГ-РВ предусмотрена возможность передачи данных о глюкозе на сервер и, следовательно, возможность удаленного мониторинга за показателями.

Преимущества и недостатки НМГ

Благодаря более частому измерению глюкозы НМГ позволяет без болезненных проколов пальцев получить гораздо больше информации о профилях глюкозы и, следовательно, чаще проводить коррекцию показателей глюкозы, что положительно сказывается на контроле диабета.

В то же время НМГ обладает несколько меньшей точностью измерения глюкозы. Это объясняется тем, что НМГ измеряет глюкозу в межклеточной жидкости, в то время как с помощью глюкометра глюкоза измеряется в капиллярной крови. При этом существует запаздывание между показателями глюкозы в крови и межклеточной жидкости – необходимо определенное время для того, чтобы глюкоза дошла из крови в ткани.

При стабильных показателях глюкозы это физиологическое запаздывание серьезно не сказывается на расхождении показателей НМГ и глюкометра, в то время как при значительных колебаниях расхождения могут доходить до 15–25 минут по времени (это означает, что показатели НМГ будут соответствовать показателям глюкометра только через 15–25 минут). Причем расхождение между глюкометром и НМГ будет тем значительнее, чем быстрее в настоящий момент изменяется (растет или снижается) глюкоза.

Сравнение показателей глюкозы глюкометра и НМГ, ммоль/л



Различие флеш-мониторинга и НМГ-РВ

В системах НМГ-РВ измерение глюкозы проводится каждые 1–5 минут и данные о глюкозе автоматически передаются на смартфон или инсулиновую помпу (реже – на специальный приемник), поэтому этот метод и называется «мониторинг в реальном времени». Основной особенностью систем НМГ-РВ является наличие сигналов тревоги, которые активируются при достижении глюкозы пороговых значений, прогнозирования этих значений, а также при достижении порогового уровня скорости изменения глюкозы. Некоторые модели систем НМГ-РВ передают данные об уровне глюкозы непосредственно на смартфон, откуда они могут быть сохранены на сервере в сети Интернет и использованы для удаленного мониторинга глюкозы родителями или лечащим врачом.

Система флеш-мониторинга отображает данные об уровне глюкозы не автоматически, а только при так называемом сканировании – приближении на короткое расстояние сканера или смартфона (с технологией NFC) к датчику системы, расположенному на руке. Флеш-мониторинг

предоставляет информацию о текущем уровне глюкозы, тенденции (направления и скорости) изменения глюкозы, график глюкозы за последнее и предыдущее время. При использовании смартфона, как и в случае с НМГ-РВ, данные глюкозы могут быть также переданы на сервер и станут доступными для родителей и врачей.

Сегодня уже существует три поколения системы флеш-мониторинга глюкозы. Каждое последующее поколение обладает лучшими техническими и функциональными возможностями по сравнению с предыдущим. В системе флеш-мониторинга второго поколения появились сигналы тревоги при достижении верхней и нижней границы целевого диапазона, а также возросла точность измерения. Система флеш-мониторинга третьего поколения обладает меньшим размером и, как и НМГ-РВ, передает данные о глюкозе в реальном времени и имеет весь спектр сигналов тревоги.

В системах НМГ-РВ сенсор и передатчик, называемый трансмиттером, представляют собой отдельные элементы, причем трансмиттер является многоразовым и имеет значительно больший срок службы по сравнению с сенсором. В системе флеш-мониторинга сенсор и передатчик объединены в единый блок, который называется датчиком, и при регулярной замене меняется сразу весь датчик.

Калибровка НМГ

Калибровка – процедура внесения данных о показателях глюкозы, полученных с помощью глюкометра, в систему НМГ. Эта процедура необходима для корректировки математического алгоритма, который преобразует электрический сигнал с электрода в показатели глюкозы. При общей схожести сенсоры имеют незаметные для глаза отличия, связанные с технологическим процессом их производства. Кроме того, после установки сенсора со временем вокруг электрода межклеточная среда начинает меняться вследствие естественных процессов, все это приводит к различиям в сигнале, регистрируемом электродом. Для поддержания точности необходима процедура калибровки, которая сообщает математическому алгоритму, какой уровень глюкозы сейчас в действительности.

Калибровка по глюкометру нужна для поддержания точности НМГ, но некоторые современные системы не требуют калибровки.

Необходимая частота калибровки зависит от конкретного устройства, но обычно первая калибровка выполняется через 1–2 часа после введения сенсора и затем требуется не менее одной калибровки каждые 12 часов.

Некоторые системы НМГ имеют заводскую калибровку. **Заводская калибровка** – процедура, при которой на производстве заранее в процессе тестирования определяются характеристики конкретной партии сенсоров или датчиков, после чего эти данные вносятся в каждый экземпляр. При установке такого нового датчика или сенсора данные по калибровке сразу передаются в математический алгоритм преобразования сигнала с электрода в уровень глюкозы и в процессе работы для таких датчиков или сенсоров проводить калибровку не требуется. Сегодня далеко не все системы НМГ имеют заводскую калибровку.

Сигналы тревоги

Сигналы тревоги информируют о неблагоприятных событиях, что особенно важно при быстрых изменениях показателей глюкозы и в то время, когда пользователь не может самостоятельно проконтролировать глюкозу, например во время сна. Существует несколько видов сигналов тревоги:

- рост или снижение глюкозы – включаются при быстром повышении или снижении уровня глюкозы;
- предиктивные сигналы – срабатывают за определенное время до достижения верхней или нижней границы целевого диапазона;
- достижение пограничных уровней целевого диапазона – включаются при достижении верхней или нижней границы целевого диапазона.

Сигналы тревоги упрощают контроль за показателями глюкозы, автоматически оповещая о значительном повышении или снижении глюкозы.

Каждый сигнал имеет свою настройку порогового уровня, при котором происходит его срабатывание, различная настройка пороговых значений позволяет определить оптимальное время включения сигналов тревоги. Как правило, системы НМГ имеют возможность включения тех или иных сигналов тревоги по отдельности или всех вместе.

Стрелки тенденций

Стрелки тенденций отображаются на экране смартфона в мобильном приложении или экране принимающего устройства и показывают направление и скорость изменения уровня глюкозы в настоящий момент. В различных системах стрелки тенденций могут отображаться по-разному. В некоторых системах тенденция изменения глюкозы зависит от наклона стрелки: диагональная стрелка указывает на умеренную, а перпендикулярная – на быструю скорость изменения глюкозы. В других системах скорость и направление тенденции изменения глюкозы определяется количеством и направлением стрелок – чем больше стрелок, тем быстрее глюкоза растет (стрелки направлены вверх) или снижается (стрелки направлены вниз).

Значение стрелок тенденций различных систем НМГ

| Система | Флеш-мониторинг | НМГ-РВ Dexcom* | НМГ-РВ Medtronic |
|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ↑↑↑ | – | – | > 0,2 ммоль/л в мин. |
| ↑↑ | – | > 0,2 ммоль/л в мин. | > 0,1 ммоль/л в мин. |
| ↑ | > 0,1 ммоль/л в мин. | 0,1–0,2 ммоль/л в мин. | 0,05–0,1 ммоль/л в мин. |
| ↗ | 0,05–0,1 ммоль/л в мин. | 0,05–0,1 ммоль/л в мин. | – |
| → | < 0,05 ммоль/л в мин. | < 0,05 ммоль/л в мин. | – |
| ↘ | 0,05–0,1 ммоль/л в мин. | 0,05–0,1 ммоль/л в мин. | – |
| ↓ | > 0,1 ммоль/л в мин. | 0,1–0,2 ммоль/л в мин. | 0,05–0,1 ммоль/л в мин. |
| ↓↓ | – | > 0,2 ммоль/л в мин. | > 0,1 ммоль/л в мин. |
| ↓↓↓ | – | – | > 0,2 ммоль/л в мин. |

* Система не зарегистрирована на территории Российской Федерации.

Стрелки тенденций необходимы не только для прогнозирования показателей глюкозы, но и позволяют понять, насколько быстро изменяется глюкоза и, следовательно, насколько сильно расходятся показатели НМГ с показателями глюкозы в крови.

Стрелки тенденций помогают прогнозировать и предупреждать значимые эпизоды гипо- и гипергликемии.

Точность НМГ

Точность измерения глюкозы современными системами НМГ стала значительно выше по сравнению с предыдущими поколениями, хотя еще и не достигла точности глюкометров. Также следует отметить, что и глюкометры не обладают высокой точностью, однако это не мешает использовать их для контроля показателей глюкозы.

Меньшая точность систем НМГ в основном определяется физиологической задержкой между поступлением глюкозы из крови в межклеточное пространство, составляющей порядка 5–10 минут [56]. Также на точность влияет время, требующееся для реакции сенсора на глюкозу [57] и преобразование электрического сигнала в показатели глюкозы [57, 58].

Точность НМГ принято измерять в виде средней ошибки или отклонения измерения от лабораторного метода. Для большинства современных систем НМГ средняя ошибка измерения глюкозы составляет порядка 8–10 % [59–61]. Для сравнения: средняя ошибка измерения глюкометра 3–5 %. В то же время считается, что для практического использования достаточной точностью измерения является средняя ошибка менее 10 % [62, 63]. Таким образом, большинство современных систем отвечают этому критерию.

Благодаря повышению точности все системы НМГ в большинстве случаев вполне могут заменить глюкометр для контроля показателей глюкозы, однако при принятии клинических решений (введение инсулина или другие решения по лечению) или в отдельных ситуациях, в первую очередь при значительных колебаниях глюкозы, необходим контроль с использованием глюкометра. Различные системы имеют свои ограничения на возможность коррекции лечения на основании данных НМГ. В частности, система флеш-мониторинга глюкозы может использоваться не только для рутинного контроля показателей глюкозы, но и для принятия клинических решений, за исключением случаев

гипогликемии, быстрого изменения гликемии или если симптомы не соответствуют показателям системы. В то же время отдельные системы НМГ-РВ могут быть использованы только в качестве дополнения к глюкометру, их применение не рекомендовано для коррекции лечения.

Некоторые системы НМГ могут заменить глюкометр при принятии клинических решений.

Бывают ситуации внезапного прекращения работы или отклеивания сенсора или датчика, и так как на установку и запуск нового требуется время, придется временно использовать глюкометр для контроля показателей глюкозы. Кроме этого, глюкометр необходим для проведения калибровки в системах НМГ, не имеющих заводской калибровки. Как правило, в таких системах необходимо проводить измерение глюкозы глюкометром не менее 2 раз в сутки.

Таким образом, на сегодняшний день системы НМГ полностью не заменяют глюкометр, однако рост точности и надежности со временем значительно снизит эту зависимость

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- По сравнению с глюкометром, системы НМГ постоянно измеряют глюкозу в межклеточной жидкости.
- Основными видами НМГ являются флеш-мониторинг глюкозы и НМГ в реальном времени.
- Преимуществами НМГ по сравнению с глюкометрами является непрерывная регистрация профиля глюкозы, отсутствие необходимости проколов пальца для измерения и сигналы тревоги.
- НМГ-РВ отличается от флеш-мониторинга первого поколения наличием сигналов тревоги.
- Некоторые системы НМГ-РВ требуют проведения калибровки по глюкометру, другие имеют заводскую калибровку.
- Во многих случаях НМГ может заменить глюкометр, но в отдельных случаях необходимо тестирование глюкозы в крови.

ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Рекомендации по физическим нагрузкам

Физические нагрузки у детей и подростков с сахарным диабетом имеют множество положительных эффектов для физического здоровья и психологического благополучия [64–67].

Положительные эффекты физических нагрузок для детей с диабетом

- Повышение чувствительности к инсулину, лучший гликемический контроль (снижение гликированного гемоглобина), увеличение продолжительности периода ремиссии у детей с недавно диагностированным сахарным диабетом.
- Улучшение кардиометаболического здоровья и снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний.
- Увеличение мышечной массы и минеральной плотности костей.
- Повышение качества жизни и улучшение самочувствия.
- Контроль массы тела – уменьшение подкожно-жировой клетчатки.

При этом важно отметить, что рекомендации по физической активности у детей с сахарным диабетом существенно не отличаются от таковых для остальных детей.

Рекомендации по физической активности у детей и подростков с сахарным диабетом [68]

- Всем детям и подросткам с сахарным диабетом в возрасте от 5 до 17 лет рекомендуется регулярная физическая активность продолжительностью 60 минут или более ежедневно, которая должна включать: 1) аэробную активность от умеренной до интенсивной; 2) упражнения для укрепления мышечной и 3) костной ткани.

Сахарный диабет сам по себе не является противопоказанием для занятий избранным видом спорта [68]. Это подтверждают достижения множества известных спортсменов с сахарным диабетом, таких как сэр Стивен Джеффри Редгрейв (прославленный британский гребец, пятикратный олимпийский чемпион и девятикратный чемпион мира), Гэри

Холл (американский пловец, пятикратный олимпийский чемпион, трехкратный чемпион мира), Бобби Кларк (канадский хоккеист, двукратный обладатель Кубка Стэнли), Крис Фримен (американский профессиональный лыжник, четырехкратный участник Олимпийских игр) и многие другие профессионалы.

Всем детям с сахарным диабетом рекомендуются регулярные физические нагрузки.

Основным барьером при проведении физических нагрузок при сахарном диабете является гипогликемия, которая может возникнуть во время или даже после физической нагрузки. Бытует ошибочное мнение, что ношение помпы несовместимо с физическими нагрузками и занятиями спортом. Однако, в отличие от шприц-ручек, с помпой и НМГ проще предотвратить гипогликемию благодаря возможности скорректировать базальный инсулин или полностью остановить его введение и отслеживать тенденции изменения уровня глюкозы (при наличии НМГ).

Физиология физических нагрузок

Физические нагрузки вызывают усиление кровотока в сокращающихся мышцах для обеспечения их кислородом и глюкозой, являющейся основным источником энергии. При этом у людей без сахарного диабета для стабилизации уровня глюкозы и предупреждения гипогликемии происходит снижение секреции инсулина и повышение выработки глюкагона.

При сахарном диабете уровень инсулина в крови при физических нагрузках остается неизменным, если он не был скорректирован, то есть фактически становится избыточным по отношению к потребности в нем (относительный избыток инсулина). Кроме того, при сахарном диабете, как правило, нарушена регуляция выработки глюкагона и других контринсулярных гормонов, особенно в случае частых гипогликемических состояний. Все это приводит к снижению уровня глюкозы и может вызвать гипогликемию во время физических нагрузок при сахарном диабете.

Основное неблагоприятное событие при физических нагрузках – гипогликемия, которая может возникнуть во время и после упражнений.

Гипогликемия может возникнуть не только во время, но и после физических нагрузок. Это может произойти как вскоре после завершения, так и в течение 24 часов после физической активности, это так называемая отсроченная гипогликемия. Гипогликемия после физических нагрузок связана с повышением чувствительности к инсулину, скорости абсорбции инсулина, утилизации глюкозы (восстановление депо гликогена в печени и мышцах) и снижением контррегуляторной реакции, вызванной физическими нагрузками [69].

Факторы, влияющие на показатели глюкозы во время физических нагрузок

Изменение уровня глюкозы в значительной степени зависит от вида физической нагрузки. По характеру физиологических процессов физическую активность разделяют на аэробную и анаэробную.

Аэробная физическая активность – это продолжительная, ритмичная физическая нагрузка различной интенсивности, при которой образование энергии для мышечных сокращений происходит с участием кислорода. К аэробным физическим нагрузкам относятся ходьба, бег, плавание и езда на велосипеде. Аэробные физические нагрузки сопровождаются выраженным снижением уровня глюкозы в крови [69].

К анаэробной физической активности относится непродолжительная, как правило, интенсивная физическая активность. Анаэробный дословно означает «без кислорода», то есть энергетические субстраты (в основном глюкоза) при таких нагрузках расщепляются без кислорода. Примерами анаэробной физической активности являются спринт и силовые упражнения. Так как интенсивная анаэробная физическая активность сопровождается выработкой контринсулярных гормонов (адреналин, кортизол), это может приводить к повышению уровня глюкозы [70].

Аэробная нагрузка приводит к снижению, а анаэробная к повышению уровня глюкозы.

Большинство видов физической активности имеют смешанный характер, и ответ на физическую нагрузку будет определяться сочетанием аэробного и анаэробного компонентов, а также влиянием других факторов: активный инсулин, прием пищи, физическая подготовка, пол, время суток, уровень глюкозы и динамика гликемии перед физической нагрузкой и др.

Факторы, влияющие на показатели глюкозы во время физических нагрузок:

- вид и продолжительность физической нагрузки;
- активный инсулин;
- прием пищи;
- физическая подготовка;
- пол;
- время суток;
- уровень глюкозы и динамика гликемии перед нагрузкой;
- уровень HbA1c;
- время в целевом диапазоне;
- гипогликемия и время ниже диапазона перед нагрузкой.

Коррекция доз инсулина в основном рекомендуется при аэробных физических нагрузках, в то время как при анаэробных нагрузках может наблюдаться повышение глюкозы. При аэробных физических нагрузках идеально стремиться к низкому уровню инсулина для предупреждения гипогликемии, но так как быстрое уменьшение инсулинемии трудноосуществимо, необходимо корректировать инсулин заранее (например, снижая дозу прандиального инсулина перед едой или базального инсулина на инсулиновой помпе) или принимать дополнительное количество углеводов [69].

Влияние на гликемию различных факторов при физической нагрузке

| | |
|-----------------------|--|
| Время суток | При физических упражнениях в утренние часы меньше риск острой гипогликемии и отсроченной гипогликемии |
| Физическая подготовка | Снижение глюкозы крови обычно более выражено у физически более подготовленных (за счет большей физической активности) |
| Соревнования | В отличие от тренировок во время соревнований гликемия имеет тенденцию к росту из-за стресса – может потребоваться увеличение доз инсулина |

| | |
|--|---|
| Предшествующая (24–48 час) гипогликемия [71, 72] | Снижает чувствительность организма к последующим эпизодам гипогликемии и может повышать риск последующей гипогликемии |
| Холод, избыток веса [73] | Снижает выброс контррегуляторных гормонов – риск гипогликемии |
| Предшествующая нагрузка | Снижает выброс контррегуляторных гормонов – риск гипогликемии |
| Место введения инсулина | Абсорбция инсулина выше в местах активно сокращающихся мышц |

При анаэробных физических нагрузках, как правило, не требуется снижение доз инсулина – наоборот, может потребоваться введение корректирующего болюса на гипергликемию после упражнений [69]. Присутствие анаэробного компонента перед или после физической нагрузки может предотвратить развитие гипогликемии в соответствующие периоды.

Проведение физических нагрузок

Основными принципами контроля сахарного диабета при физических нагрузках являются регулярный контроль уровня глюкозы, коррекция инсулинотерапии и питания.

Перед физической нагрузкой

Риск возникновения гипогликемии во время физических нагрузок в значительной степени определяется количеством активного инсулина после предшествующего болюсного введения. Наибольший риск гипогликемии возникает на пике действия инсулина, то есть через 60–90 минут после его введения. Наиболее целесообразным с точки зрения минимизации активного инсулина было бы проведение физических нагрузок через 3–4 часа после приема пищи, что также позволяет наполнить депо гликогеном. Однако в реальной жизни создание таких условий у детей маловероятно, поэтому оптимальный интервал между приемом пищи и физической нагрузкой составляет 90 минут. При этом для успешного предупреждения гипогликемии потребуются снижение дозы болюсного инсулина на 25–75 % [74, 75]. Если прием пищи был более чем за два часа до физической нагрузки, коррекция болюсной дозы

не требуется. Для предупреждения желудочно-кишечных расстройств перед физической нагрузкой целесообразен прием пищи, богатой углеводами и с небольшим количеством жиров [75].

Если коррекция болюсного инсулина не проводилась, использование инсулиновой помпы позволяет предупредить гипогликемию во время физической активности путем коррекции базальной скорости на 25–50 % [76]. Однако для достижения необходимого эффекта необходимо изменение скорости введения инсулина за 90 минут до физических нагрузок [76].

В случае гипергликемии перед физической активностью может потребоваться введение корректирующей дозы инсулина, обычно не более 50 % от обычной корректирующей дозы. Также при гипергликемии необходимо принять во внимание уровень кетонов и при его повышении отложить или отказаться от физических нагрузок.

Коррекция инсулина перед физической нагрузкой

| Скорректировать болюсный или базальный инсулин в зависимости от времени приема пищи перед нагрузкой | | |
|--|--|---|
| Вид нагрузки | Болюсный инсулин Прием пищи в течение 2 часов до нагрузки | Базальная скорость |
| Аэробная | -50 % | <ul style="list-style-type: none"> • Прием пищи более чем за 2 часа до нагрузки • Уменьшить скорость (установить ВБС) за 90 минут до нагрузки |
| Смешанная | -50 % | -25 % |
| Анаэробная | -25 % | 0 % |

В зависимости от получаемых показателей глюкозы может потребоваться корректировка в большую (при гипергликемии) или меньшую (при гипогликемии) сторону.

Во время физической нагрузки

Основным инструментом предупреждения гипогликемии во время физических нагрузок является прием дополнительных углеводов [69]. Необходимое количество углеводов будет в основном зависеть от количества активного инсулина (с учетом проведенной коррекции), текущего уровня глюкозы и веса ребенка. Для предупреждения гипогликемии при физических нагрузках более чем через 2 часа после приема пищи будет достаточно принять 0,2–0,5 г/кг углеводов, в то время как на пике действия болюсного инсулина потребуется в два раза больше углеводов [77, 78]. Углеводы необходимо принимать перед и через каждые 30 минут во время физической нагрузки, параллельно с измерением глюкозы.

Допустимый для физических нагрузок уровень глюкозы – диапазон глюкозы, при котором можно начинать или продолжать тренировку. Целевой диапазон глюкозы – показатели, к которым нужно стремиться.

Допустимый для физических нагрузок уровень глюкозы находится в пределах 5,0–15,0 ммоль/л. В случае гликемии более 15,0 ммоль/л необходимо измерить кетоны и принять решение о физической активности на основании их уровня. При гликемии менее 5,0 ммоль/л перед началом или продолжением физической нагрузки необходимо принять углеводы и временно приостановить физическую активность. В то же время при возникновении клинически значимой гипогликемии менее 3,0 ммоль/л помимо купирования гипогликемии необходимо полностью отказаться от физической нагрузки.

Целевой диапазон глюкозы перед и на время физической нагрузки составляет 7,0–10,0 ммоль/л. В зависимости от риска и степени снижения чувствительности к гипогликемии целевой уровень глюкозы при физической нагрузке необходимо увеличить до 8,0–11,0 ммоль/л или 9,0–12,0 ммоль/л при среднем и высоком риске соответственно [79].

Потребность в углеводах до и во время физической нагрузки по показателям глюкозы НМГ

| Уровень глюкозы | Стрелка | Действия | |
|---------------------------------------|---------|--|--|
| | | Ожидается снижение глюкозы* | Ожидается стабильный уровень или повышение глюкозы |
| > 15,0 ммоль/л и кетоны > 0,5 ммоль/л | Любая | <ul style="list-style-type: none"> Кетоны > 1,5 ммоль/л: следовать обычным рекомендациям по кетонам, полностью воздержаться от нагрузки Кетоны 1,1–1,4 ммоль/л: ввести ½ корректирующей дозы шприц-ручкой и через 60 мин. повторно измерить, не начинать/продолжать нагрузку до снижения кетонов Кетоны 0,6–1,0 ммоль/л: ввести ½ корректирующей дозы шприц-ручкой и подождать 15 мин. перед началом/продолжением нагрузки | |
| | ↑ ↗ → | Ввести ½ корректирующей дозы | |
| | ↘ ↓ | Углеводы не требуются | |
| > 15,0 ммоль/л и кетоны < 0,6 ммоль/л | ↑ ↗ → | Углеводы не требуются | |
| | ↘ ↓ | 0,1 г/кг** | |
| | ↓ | 0,2 г/кг | |
| 10,1–15,0 ммоль/л | ↑ | Углеводы не требуются | |
| | ↗ | 0,1 г/кг | |
| | → | 0,2 г/кг | |
| Целевой уровень 7,0–10,0 ммоль/л | ↘ | 0,3 г/кг | 0,1 г/кг |
| | ↓ | 0,4 г/кг | 0,2 г/кг |
| | ↑ | 0,1 г/кг | Углеводы не требуются |
| | ↗ | 0,2 г/кг | 0,1 г/кг |
| | → | 0,3 г/кг | 0,2 г/кг |
| 5,0–6,9 ммоль/л | ↘ | 0,4 г/кг | 0,3 г/кг |
| | ↓ | 0,5 г/кг | 0,4 г/кг |

| Уровень глюкозы | Стрелка | Действия | |
|-------------------|---------|---|--|
| | | Ожидается снижение глюкозы* | Ожидается стабильный уровень или повышение глюкозы |
| 4,0–4,9 ммоль/л | ↑ | 0,2 г/кг | 0,1 г/кг |
| | ↗ | 0,3 г/кг | 0,2 г/кг |
| 4,0–4,9 ммоль/л | → | Отложить или прекратить нагрузки на 20 мин. | 0,3 г/кг |
| | ↘ | | 0,4 г/кг |
| | ↓ | | 0,5 г/кг |
| 3,0–3,9 ммоль/л | Любая | <ul style="list-style-type: none"> – Купировать гипогликемию – Не начинать/возобновлять нагрузку до повышения глюкозы более 5,0 ммоль/л | |
| Менее 3,0 ммоль/л | Любая | <ul style="list-style-type: none"> • Купировать гипогликемию • Отказаться от начала/продолжения нагрузки | |

* Ожидаемое изменение глюкозы во время нагрузки в зависимости от типа тренировки, активного инсулина и проведенной коррекции инсулина, а также предыдущего контроля гликемии.

** Потребность в углеводах на 20 мин. нагрузки (г/кг/20 мин.).

При использовании НМГ оценка глюкозы проводится перед и каждые 20 минут во время физических нагрузок для принятия решений о приеме необходимого количества углеводов [79]. До физических нагрузок рекомендуется включить сигналы тревоги при их наличии и установить целевой диапазон на более высоком уровне, чем обычно, в зависимости от риска гипогликемии и уровня тренированности, например 5,6 ммоль/л. При пограничных показателях глюкозы по НМГ необходимо перепроверить показатели по капиллярной крови.

После физической нагрузки

Для восстановления мышц и запасов гликогена в течение двух часов после физической нагрузки необходим сбалансированный прием пищи из расчета 1–4 г углеводов на кг веса и 15–20 г белка [74]. Для предупреждения отсроченной гипогликемии в большинстве случаев после физической нагрузки потребуются снижение болюсного инсулина на еду на 25–50 %. После смешанной и анаэробной нагрузки уровень

глюкозы выше по сравнению с аэробной, что требует меньшей коррекции дозы инсулина. В случае повышенного уровня глюкозы после физической нагрузки необходимо рассмотреть возможность введения 50 % обычного корректирующего болюса.

Коррекция инсулинотерапии и питание после физических нагрузок

| Вид нагрузки | Сразу после нагрузки | Перед сном при физических нагрузках во второй половине дня (после 16:00) скорректировать инсулин и/или питание | |
|--------------|----------------------|--|--|
| | Болюсный инсулин, % | Базальный инсулин, % | Дополнительные углеводы |
| Аэробная | -50 | -20 | 0,4 г/кг |
| Смешанная | -25 | -20 | <ul style="list-style-type: none"> • При гликемии менее 10 ммоль/л инсулин не требуется |
| Анаэробная | -25 | -20 | <ul style="list-style-type: none"> • При гликемии менее 7 ммоль/л дополнительно добавить 15 г белка |

В зависимости от показателей глюкозы может потребоваться корректировка в большую (при гипергликемии) или меньшую (при гипогликемии) сторону.

Ночная гипогликемия после физических нагрузок – достаточно частое явление [80]. Отсроченная гипогликемия может возникнуть в течение 7–11 часов после физической активности, что создает риск возникновения ночной гипогликемии при физической нагрузке во второй половине дня и вечером [81]. Для профилактики ночной гипогликемии в этом случае необходимо снижение базальной скорости на 20 % на 6 часов (установить ВБС 80 % на 6 часов) [82]. В случае если коррекция базальной скорости не проводилась, необходимо принять перед сном углеводы в количестве 0,4 г/кг массы тела и дополнительно 15 г белка при уровне глюкозы менее 7,0 ммоль/л [75, 83], так как риск ночной гипогликемии значительно выше, если гликемия перед сном составляет менее 7,2 ммоль/л [80]. При уровне глюкозы более 10 ммоль/л перед сном прием дополнительных углеводов нецелесообразен [83].

При физических нагрузках в вечернее время (после 16:00) необходимо уменьшить базальную скорость на ночь на 20 %.

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- Регулярные физические нагрузки рекомендованы для всех детей с сахарным диабетом, с учетом ограничений по общему состоянию здоровья.
- Физические нагрузки при сахарном диабете требуют тщательного контроля и при необходимости коррекции уровня глюкозы.
- Основное неблагоприятное событие при физических нагрузках – гипогликемия.
- Помповая инсулинотерапия и НМГ позволяют эффективнее контролировать уровень глюкозы и корректировать инсулинотерапию.
- Изменение уровня глюкозы во время физической нагрузки в основном зависит от типа тренировки, количества активного инсулина и проведенной коррекции инсулина.
- Перед физической нагрузкой необходимо скорректировать на 25–50 % болюсный или базальный инсулин.
- Допустимый для физических нагрузок уровень глюкозы находится в пределах 5,0–15,0 ммоль/л, и при превышении этих границ необходимо прекратить упражнения (временно или полностью).
- Целевой диапазон глюкозы перед и на время физической нагрузки составляет 7,0–10,0 ммоль/л и может быть увеличен при высоком риске гипогликемии.
- Во время физической нагрузки необходимо регулярно контролировать глюкозу каждые 20–30 минут: чаще при использовании НМГ, реже при использовании глюкометра.
- Во время физических нагрузок при использовании НМГ необходимо ориентироваться на стрелки тенденций при определении дальнейших действий.
- После физической нагрузки необходимо снизить дозу болюсного инсулина на 25–50 % и при нагрузке в вечернее время – базальную скорость на 20 % на ночь.

РАЗЛИЧНЫЕ СИТУАЦИИ, С КОТОРЫМИ МОЖНО СТОЛКНУТЬСЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОМПЫ И СИСТЕМЫ НМГ

Воздушные пузыри

Чаще всего пузыри воздуха образуются сразу после заполнения резервуара. Если набрать в резервуар инсулин, взятый прямо из холодильника, то спустя некоторое время (после того как инсулин нагреется до комнатной температуры) в резервуаре образуются пузыри воздуха. Для того чтобы этого не происходило, прежде чем набирать инсулин в резервуар, необходимо подождать некоторое время (20–30 минут) до тех пор, пока инсулин не нагреется до комнатной температуры. Также образованию пузырей может способствовать слишком быстрое перекачивание инсулина из пенфила/шприц-ручки в резервуар помпы. При использовании инсулина из шприц-ручки лучше перекачивать его самой ручкой, а не оттягивать поршнем резервуара.

Самостоятельно пузыри воздуха в помпе возникают из-за изменения температуры или давления.

Для удаления воздушных пузырей сначала нужно остановить помпу и отсоединить ее от тела. Далее нужно установить инсулиновую помпу в вертикальное положение и запустить программу заполнения инфузионного набора или воспользоваться фиксированной заправкой. Если воздушный пузырь находится в резервуаре, нужно постучать по нему, чтобы он сместился к инфузионному набору. После окончания заполнения еще раз проверить инфузионный набор и картридж на наличие воздушных пузырьков.

В случае избыточного образования пузырей можно разместить помпу разъемом резервуара вниз, чтобы пузыри не попадали в трубку.

Ношение инсулиновой помпы

По способам и местам ношения помпы практически нет никаких ограничений. Помпу можно носить просто в переднем или заднем кармане брюк. Обычно в комплекте к помпе идет специальный чехол или клипса, с помощью которых помпу можно закрепить на поясе или на одежде. Если это неудобно, то для ношения помпы есть много других чехлов и креплений, которые можно приобрести дополнительно. Эти чехлы крепятся на плечо, на руку, на бедро.

Разместите на одежде помпу так, чтобы избежать ее падений и отрывов от места установки (отклеивания канюли).

У маленьких детей ношение помпы может вызвать определенные сложности. Помимо использования чехлов и ремней, которые предлагаются к помпе, можно приобрести или самим изготовить дополнительные средства для ее ношения. Также можно носить помпу в специально сделанных карманах снаружи или внутри одежды. Например, специальный карман сзади майки или рубашки у маленького ребенка позволит родителям спокойно доставать помпу, при этом сам ребенок не сможет дотянуться до нее или случайно нажать на кнопку.

Сон с инсулиновой помпой

Может показаться, что с помпой будет неудобно спать, что трубка инфузионной системы может запутаться или перегнуться, канюля оторваться или случайно нажмется какая-нибудь кнопка, однако это не так. Тому, кто спит спокойно, можно положить помпу под подушку или на тумбочку рядом с кроватью, и она не будет мешать. Для тех, кто часто двигается во сне, или в случае беспокойного сна помпу лучше закрепить на ремне или расположить под пижамой, чтобы избежать запутывания трубки инфузионной системы, отрыва канюли или падения помпы на пол. Не стоит беспокоиться относительно перегиба или разрыва трубки инфузионной системы во время сна, так как для этого требуется очень большое усилие. С канюлей тоже ничего не произойдет – она не согнется, так как она достаточно устойчива к давлению. Если с канюлей все в порядке, то ее присутствие совсем не ощущается, даже если лечь на нее. Также не стоит беспокоиться о случайном нажатии кнопок на помпе, ведь для этого требуется ощутимое давление непосредственно на помпу. Даже если спать на ней, за счет равномерного распределения давления и сжатия матраса ничего не случится. Кроме того, для предотвращения случайных нажатий можно использовать функцию блокировки кнопок.

Отключение помпы

При отключении инсулиновой помпы выяснилось, что первые изменения обмена веществ наступают уже через один час после прекращения подачи инсулина и полностью проявляют себя через 3 часа [84]. Даже кратковременное отключение помпы на 30 минут приводит к повы-

шению глюкозы крови на 2 ммоль/л [85]. Кетоны в крови достигают повышенного уровня (более 0,5 ммоль/л) примерно через 2 часа после отключения помпы, а через 5 часов их уровень уже приближается к уровню, при котором возникает риск кетоацидоза (см. раздел «Кетоны и диабетический кетоацидоз»). Поэтому обычно не рекомендуется отключать помпу более чем на 2 часа. Однако при этом надо принимать во внимание текущее состояние организма, наличие кетонов до отключения помпы и уровень глюкозы крови. Не стоит отключать помпу на фоне голодания или гипергликемии.

Не рекомендуется отсоединять помпу более чем на 1–2 часа.

При необходимости длительного отключения помпы при физических нагрузках или во время отдыха на море можно сделать дополнительную инъекцию инсулина длительного действия, примерно 30 % от суточной базальной дозы [86]. Не забывайте каждые 2 часа измерять глюкозу крови и вводить болюсный инсулин при подключении помпы. При подключении помпы следует сделать поправку базальной дозы с учетом введенного инсулина длительного действия. При подключении помпы может потребоваться болюс, равный пропущенному базальному инсулину, с учетом введенного инсулина длительного действия. Например, при введении 4 единиц инсулина длительного действия и отключении помпы на 3 часа при базальной скорости в это время 0,5 ЕД/час: всего за это время не поступило $0,5 \text{ ЕД} * 3 \text{ часа} = 1,5 \text{ ЕД}$ базального инсулина, с учетом 4 ЕД инсулина длительного действия, примерно $4 \text{ ЕД} / 24 \text{ часа} * 3 \text{ часа} = 0,5$ (всего за сутки 4 ЕД, значит, за один час $4 / 24 \text{ ЕД}$) ЕД инсулина длительного действия отработало за 3 часа. Таким образом, потребуется ввести только $1,5 \text{ ЕД} - 0,5 \text{ ЕД} = 1 \text{ ЕД}$ инсулина.

Снятие помпы

При необходимости перехода с инсулиновой помпы на шприц-ручку следует провести расчет соответствующих доз инсулина длительного и короткого действия. Для того чтобы определить дозу инсулина длительного действия, нужно посмотреть суточную дозу базального инсулина в настройках помпы и прибавить к этой дозе 10–20 %. Для расчета доз болюсов на еду и на коррекции можно использовать УК и ФЧИ в инсулиновой помпе. Чтобы не забыть в первое время, лучше переписать эти настройки.

Посещение школы и детского сада

Сахарный диабет не должен мешать ребенку общаться со сверстниками, так как это очень важно для социальной адаптации. Поэтому не следует ограничивать ребенка в посещении дошкольных и школьных учреждений. Инсулиновая помпа и НМГ может значительно помочь при этом. При посещении детского сада не каждый воспитатель или другой персонал согласится выполнять инъекции инсулина и измерять глюкозу в крови. Однако не составит никаких сложностей обучить воспитателя выполнению самых простых операций с инсулиновой помпой и НМГ: введение болюса, просмотр уровня глюкозы и сигналов тревоги. Удаленный мониторинг показателей НМГ позволит родителям быть в курсе показателей глюкозы ребенка. Самое главное – обеспечить постоянную связь родителей с персоналом детского сада по телефону, чтобы родители могли контролировать ситуацию и при необходимости давать рекомендации по диабету. Также желательно, чтобы воспитатель владел базовыми знаниями по диабету.

В школе детям с помпой будет проще рассчитывать и вводить инсулин, не испытывая при этом сложностей и психологического дискомфорта. Для того чтобы ввести инсулин, не потребуется делать укол, достаточно будет просто достать помпу и нажать на кнопку (используя пульт управления, можно ввести инсулин, даже не доставая помпы из кармана или чехла). Дети и особенно подростки могут стесняться делать инъекции инсулина, боясь выглядеть «больным» человеком. Применение временной базальной скорости позволит адаптироваться к различной физической активности в течение дня и в различные дни недели. Также использование НМГ позволит тщательно контролировать уровень глюкозы, избегая гипо- и гипергликемии. Сигналы тревоги сенсора своевременно, даже на уроке, предупредят о приближающейся гипогликемии, а возможность удаленного мониторинга позволит родителям участвовать в контроле диабета, даже не находясь рядом с ребенком. Родителям и учителям будет значительно проще, если они будут уверены, что не возникнет серьезных осложнений из-за того, что ребенок с диабетом не контролирует уровень глюкозы.

Однако не стоит забывать, что помпа в школе потребует дополнительного внимания и отношения к себе и диабету в целом. Школьнику нужно будет освоить необходимые навыки и соблюдать правила обращения с помпой. Также важно понимать, что в любое время (даже во время урока!) может возникнуть необходимость провести измерение глюкозы и замену инфузионной системы.

Водные процедуры и купание

Важно помнить, что помпа защищена только от незначительного воздействия воды. Поэтому, чтобы не повредить ее, перед любыми видами водных процедур необходимо отсоединять помпу от тела. При этом не нужно удалять канюлю, с ней ничего не случится! Достаточно установить на нее специальную заглушку, которая идет в комплекте к инфузионной системе, – это защитит ее от попадания грязи или инфекции. Следует помнить, что не рекомендуется отключать помпу на длительное время, при этом нужно чаще проверять глюкозу крови. После ее подключения может потребоваться введение инсулина, который не поступил в организм во время отсоединения.

Помпу нельзя подвергать воздействию воды, зато сенсор НМГ выдержит и купание, и прием ванны или душа.

Датчик, сенсор и трансмиттер системы НМГ являются водонепроницаемыми, с ними можно смело принимать водные процедуры или купаться. Следует отметить, что защита от воды имеет определенные ограничения: как правило, допускается погружение датчика или сенсора с трансмиттером на глубину не более 1 метра в течение не более 30 минут.

Во время болезни

Несмотря на то что во время болезни обычно отмечается увеличение показателей глюкозы и растет потребность в инсулине, некоторые болезненные состояния могут приводить к гипогликемии. Гипергликемия обычно отмечается на фоне простудных заболеваний и гриппа. В этом случае, как правило, в зависимости от показателей глюкозы необходимо увеличить введение базального и болюсного инсулина. Делать это нужно только под контролем показателей глюкозы – болезнь не всегда связана с повышением уровня глюкозы, потому потребуется более тщательный контроль за ее уровнем.

Контроль и коррекция инсулинотерапии во время болезни

Болезнь с гипергликемией (грипп, простуда)

- Увеличить базальную дозу на 20–30–50 %
 - использовать ВБС или
 - базальные профили

- Увеличить болюсы на еду на 20–30–50 %
 - добавлять ручную
 - использовать функции «здоровье» в помощнике болюса
- Оценка кетонов при гипергликемии > 15 ммоль/л – далее по принципам кетоацидоза (см. раздел «Кетоны и диабетический кетоацидоз»)

Болезнь с гипогликемией (кишечные инфекции)

- Может потребоваться снижение дозы инсулина на 20–50 %
 - использовать ВБС
- НО! Избыточное снижение дозы может привести к «голодным» кетонам
- Тошнота, рвота, диарея – потеря жидкости (дегидратация)
- Дополнительный прием жидкости, содержащей углеводы или специальные средства для восполнения потерь жидкости (для регидратации)
- Гипогликемия и рвота – возможно введение глюкагона (0,01 мг на год жизни)

Кишечная инфекция, наоборот, часто приводит к снижению показателей глюкозы. Это связано с недостаточным поступлением глюкозы в организм с углеводами. При кишечной инфекции состояние усугубляется потерей жидкости со рвотой и жидким стулом и общим воспалительным состоянием организма, что в сочетании с дефицитом поступления углеводов приводит к активному повышению кетонов. В этой ситуации очень важно не прекращать введение инсулина, так как это может привести к быстрому развитию кетоацидоза из-за дефицита инсулина. Для предупреждения гипогликемии введение инсулина помпой можно уменьшить, но не прекращать. Поддержать гликемию в целевом диапазоне сразу после стабилизации состояния поможет прием жидкости, содержащей глюкозу. Как только будет возможность (при повышении глюкозы), нужно вводить понемногу инсулин. Также важен постоянный прием жидкости для восполнения потерь и улучшения состояния.

Кишечные инфекции сопровождаются снижением уровня глюкозы, обезвоживанием и появлением «голодных» кетонов, что значительно повышает риск кетоацидоза.

НМГ может успешно использоваться для контроля показателей глюкозы во время болезни, однако показатели НМГ могут искажаться под влиянием различных медикаментов.

Самые обычные лекарства могут влиять на показания НМГ. В частности, парацетамол, входящий в состав жаропонижающих препаратов, как и аскорбиновая кислота (витамин С) в больших дозах, используемая во многих препаратах при простуде, вызывают ложное повышение показателей НМГ [87–89]. Ацетилсалициловая кислота (Аспирин) также используется как жаропонижающее и противовоспалительное средство, особенно у взрослых людей при сердечно-сосудистых заболеваниях. Этот препарат может приводить к ложному снижению показателей НМГ [89]. Многие из этих препаратов входят в состав комплексных лекарств для лечения простуды и при болях.

Некоторые широко используемые для лечения простудных заболеваний препараты влияют на точность измерения НМГ.

Отклонение показателей НМГ под действием этих препаратов может быть особенно важным при использовании НМГ как основного средства контроля глюкозы или для систем автоматического введения инсулина в замкнутом контуре.

Медикаменты, влияющие на работу сенсора НМГ

| | Парацетамол | Аспирин | Аскорбиновая кислота |
|------------------|-------------|---------|----------------------|
| Dexcom НМГ-РВ* | Нет | Нет | – |
| Medtronic НМГ-РВ | Да (↑) | – | – |
| Флеш-мониторинг | Нет | Да (↓) | Да (↑) |

* Система не зарегистрирована на территории Российской Федерации.

Таким образом, при использовании НМГ нужно знать, как используемая система НМГ реагирует на обычные медикаменты, и всегда проводить контрольное измерение с помощью глюкометра, если симптомы не соответствуют показаниям НМГ.

Механические повреждения инсулиновой помпы

Важно помнить, что помпа — это сложное техническое устройство, компоненты которого могут быть повреждены в результате механических воздействий, поэтому с помпой нужно обращаться очень осторожно, стараясь оберегать ее от падений и ударов. Если все же помпа упала, следует убедиться в ее исправности и целостности. После падения необходимо тщательно осмотреть помпу, проверить дисплей, клавиатуру и корпус на наличие трещин и других повреждений. Также надо проверить состояние инфузионной системы, резервуара и мест их соединения. После этого следует проверить настройки помпы и запустить самотестирование. Во всех сомнительных случаях и при неисправности необходимо обращаться к представителям производителя помпы и к лечащему врачу.

Использование инсулиновой помпы в холодную или жаркую погоду

Высокие и низкие температуры могут повредить не только помпу, но и содержащийся в резервуаре и инфузионной системе инсулин, поэтому нельзя подвергать помпу воздействию температур выше 37 и ниже 2 °С. При низкой температуре окружающей среды помпу следует носить близко к телу, накрыв ее теплой одеждой. Также нужно следить, чтобы трубка инфузионной системы не вылезала из-под одежды. При высокой температуре окружающей среды нужно оберегать помпу от перегрева и не подвергать помпу и ее компоненты действию прямых солнечных лучей. Помпу можно носить рядом с телом под легкой одеждой, так она не нагреется выше температуры тела, что безопасно для помпы и инсулина. Нельзя специально нагревать помпу, например стерилизуя ее в кипяченой воде или над паром.

Рентгеновское исследование, МРТ, КТ

Несмотря на то что в инсулиновой помпе и системе НМГ предусмотрена защита от различного рода помех, сильное электромагнитное или рентгеновское воздействие вблизи помпы может повредить ее

основные компоненты и привести к неконтролируемому введению инсулина или полностью вывести помпу из строя. С такими сильными воздействиями можно столкнуться при прохождении медицинского обследования: магниторезонансной и компьютерной томографии, рентгеновского исследования. Поэтому перед выполнением таких исследований необходимо обязательно отсоединять помпу, сенсор (датчик) и трансмиттер. Кроме того, в случае неуверенности по поводу проводимого обследования информацию о рентгеновском и электромагнитном воздействии всегда можно уточнить у лечащего врача. В любых сомнительных случаях лучше отсоединять помпу и устройства НМГ, не забывая контролировать глюкозу, и при необходимости вводить дополнительный инсулин после их подключения. Стоит отметить, что системы безопасности аэропорта не причинят вреда инсулиновой помпе и системе НМГ.

Путешествия

Путешествия с диабетом требуют внимательного отношения к своему заболеванию и тщательного планирования. При этом путешествие с инсулиновой помпой предоставляет большое количество возможностей для контроля диабета. С помпой будет легче регулировать дозу инсулина: можно изменять его базальную и болюсную подачу в зависимости от уровня своей физической активности, а также вводить небольшие болюсы на «перекусы» и при гипергликемии для поддержания оптимальных показателей глюкозы.

Перед путешествием

Заранее перед поездкой обсудите с лечащим врачом свое текущее состояние, показатели глюкозы в крови, гликированного гемоглобина, базальной и болюсной дозы. Соберите набор необходимых предметов для диабета.

Что необходимо взять с собой в путешествие:

- Тест-полоски для определения глюкозы крови в достаточном количестве. Возьмите большее количество тест-полосок, чем требуется на такое же время в обычных условиях. Во время путешествия или отдыха измерять глюкозу потребуеться значительно чаще, чем обычно. Не зная уровня глюкозы, определить адекватную дозу инсулина будет сложно.

- Тест-полоски для определения кетонов. Во время путешествия должна быть возможность измерить кетоны в крови или моче.
- Глюкометр и батарейки к нему. Возьмите с собой два глюкометра, чтобы, если один выйдет из строя, была возможность измерить глюкозу крови. Глюкометр потребуется даже при использовании НМГ.
- Расходные материалы для помпы и НМГ (инфузионные системы, резервуары, батарейки, сенсоры/датчики). Рекомендуется взять с собой двойной запас расходных материалов. Это необходимо на случай непредвиденных обстоятельств (загибы катетера, отклеивание канюли и др.). Резервуары расходуются реже, поэтому их можно взять меньше.
- Инсулин и шприц-ручки. Возьмите инсулин с запасом на случай, если часть инсулина испортится, потеряется и т. д. Шприц-ручки могут понадобиться при возникновении проблем с инфузионной системой или выходе из строя помпы. Рекомендуется также брать с собой инсулин длительного действия.
- Адгезивные материалы. Если вы используете для фиксации инфузионной системы или сенсоров НМГ какие-либо адгезивные материалы, необходимо взять их с собой в дорогу.
- Набор на случай гипогликемии. На все время путешествия нужно иметь с собой средства для лечения гипогликемии: таблетки глюкозы, сок, сахар, гели с глюкозой. Также рекомендуется взять с собой глюкагон с достаточным сроком действия.
- Дневники самоконтроля, записанные настройки помпы.
- Рецепты на препараты, справка от врача.
- Аптечка первой помощи.

Разделите средства для диабета на два пакета. Один из них должен быть всегда при вас (ручная кладь). В случае утраты или повреждения одного из пакетов у вас все равно сохранятся необходимые средства для диабета.

Примерно за 12 часов до выхода из дома (до вылета самолета) поменяйте инфузионную систему, резервуар и батарейки в помпе. Это обезопасит вас от возможных проблем в дороге. В резервуар нужно набрать лишь минимально необходимое количество инсулина, это снизит риск возникновения воздушных пузырей в самолете (см. далее).

В аэропорту

Приезжайте в аэропорт заранее, чтобы было достаточно времени при возникновении непредвиденных обстоятельств – например в случае дополнительных проверок службой безопасности.

Возьмите с собой в самолет (в ручной клади) достаточное количество тест-полосок, инсулина, расходные материалы для помпы, средства от гипогликемии и др. Положите весь инсулин в ручную кладь, так как в грузовом отсеке самолета может быть нарушен температурный режим хранения инсулина. Держите при себе медицинскую справку от врача.

При прохождении зоны досмотра не помещайте помпу в устройства с рентгеновским излучением, так как это может повредить ее. Работники службы безопасности аэропорта должны будут провести ручной досмотр с использованием металлодетекторов.

В самолете

Разница давления в самолете оказывает влияние на работу инсулиновой помпы [90, 91]. При взлете давление в салоне самолета снижается, из-за этого воздух, растворенный в инсулине (в любой жидкости, даже в инсулине, есть небольшое количество растворенного воздуха), начинает выходить из жидкости и образовывать пузырьки. Если в резервуаре или инфузионной системе уже были пузырьки воздуха, в результате снижения давления они начнут увеличиваться. То есть в результате снижения давления в инсулине образуются новые и увеличиваются старые пузырьки. Пузырьки воздуха, в свою очередь, расширяясь, начинают выталкивать инсулин, что приводит к избыточному поступлению инсулина по инфузионной системе под кожу. Это может привести к гипогликемии. При посадке самолета давление в салоне повышается, пузырьки уменьшаются или даже исчезают, уменьшая объем в резервуаре и инфузионной системе. Из-за этого часть инсулина не поступает в канюлю, что может привести к гипергликемии.

Предупреждение нарушения подачи инсулина в самолете из-за пузырей [90, 91]

- Иметь в резервуаре минимально необходимое количество инсулина.
- Проверить резервуар и инфузионную систему на наличие пузырей и при наличии удалить их.

- Отключить и отсоединить помпу сразу перед взлетом.
- Примерно через 30 минут после взлета (самолет наберет высоту) удалить пузыри из резервуара и инфузионной системы.
- Подключить и использовать помпу.
- После приземления отсоединить помпу и заполнить систему.
- Подключить и использовать помпу.

Также в самолете придерживайтесь общих правил:

- измеряйте глюкозу каждые 2 часа;
- пейте больше воды;
- принимайте пищу вместе с остальными пассажирами;
- старайтесь спать при выключении освещения.

Изменение давления в салоне самолета при взлете и посадке может привести к изменению подачи инсулина.

Разница во времени

Одна из проблем, которая может возникнуть во время путешествий, – это преодоление нескольких часовых поясов. Потребуется приспособиться не только спать по новому времени. Секретция гормонов и работа печени также зависит от «внутренних часов». Например, в утренние часы выделяется больше гормона кортизола, который оказывает контринсулярное действие, что приводит к плохой чувствительности к инсулину в это время, а в ночное время печень вырабатывает больше глюкозы, чем днем. При пересечении часовых поясов новое время суток начинает не совпадать с профилем секреции гормонов и, следовательно, с базальным профилем.

В случае небольшой разницы во времени, до 4 часов, можно сразу по прилету перевести часы помпы на новое время. В случае значительной разницы во времени обычно требуется адаптация к новым условиям. Если сразу по прилету на новое место перевести часы на новое время, возможно возникновение значительного несоответствия между вводимым инсулином и потребностью в нем. Для того чтобы в период адаптации к новому времени не было значительных колебаний глюкозы в крови, можно придерживаться следующих правил:

- установить базальную скорость на все сутки на минимальное часовое значение за сутки;
- чаще измерять глюкозу в крови;
- корректировать повышения глюкозы крови введением болюсов на коррекцию;
- после адаптации к новому времени (обычно через 1–2 дня) перевести часы помпы на местное время.

ОБЗОР РАЗДЕЛА

- Чтобы пузыри воздуха не образовывались:
 - при заполнении резервуара используйте инсулин комнатной температуры;
 - перекачивайте инсулин медленно;
 - носите помпу разъемом вниз.
- Не рекомендуется отключать помпу на длительное время (более чем на 1–2 часа).
- После подключения помпы может потребоваться болюс, равный пропущенному базальному инсулину.
- Если ребенок посещает детский сад, школу или находится с няней, необходимо обучить персонал (няни, преподаватели, воспитатели) основным навыкам диабета, работы с помпой и обеспечить постоянный контакт с кем-то из родителей.
- Водные процедуры и купание допускаются вместе с сенсором НМГ, а вот помпу придется снять.
- Некоторые препараты, используемые для лечения простудных заболеваний, искажают показатели НМГ.
- Во время болезни уровень глюкозы может как повышаться (грипп), так и снижаться (кишечная инфекция), причем последнее гораздо сложнее контролировать.
- Путешествия с диабетом требуют тщательной подготовки и планирования.

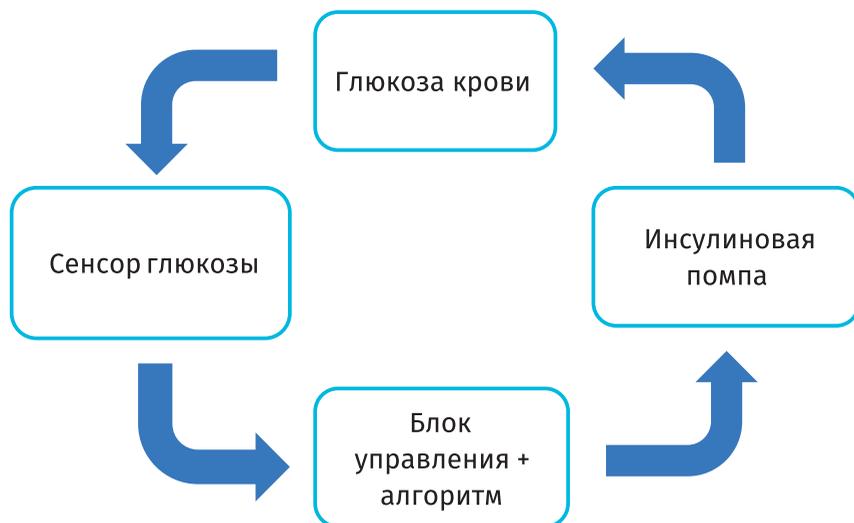
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВВЕДЕНИЯ ИНСУЛИНА

Замкнутый контур

За последние годы отмечается значительный прогресс в развитии помповой инсулинотерапии и систем НМГ. Основным направлением развития этих технологий является разработка системы, которая будет автоматически вводить инсулин в зависимости от уровня глюкозы. Такие системы называют системами автоматического введения инсулина, или системами введения инсулина в замкнутом контуре.

Основными компонентами системы автоматического введения инсулина являются сенсор с трансмиттером, блок управления с математическим алгоритмом и инсулиновая помпа. Данные, передаваемые с сенсора, анализируются алгоритмом, который автоматически, с учетом ранее введенного инсулина, предыдущих показателей глюкозы и другой информации, рассчитывает режим подачи инсулина и передает сигнал на помпу.

Схема работы системы автоматического введения инсулина



Инсулиновые помпы с гибридным замкнутым контуром

Сегодня существуют инсулиновые помпы со встроенной функцией НМГ, которые могут частично регулировать подачу инсулина автоматически на основании данных глюкозы сенсора. В зависимости от модели помпы с обратной связью она может останавливать подачу инсулина до или во время гипогликемии, или полностью автоматически регулировать подачу базального инсулина и автоматически вводить небольшие дозы болюса (мини-болюсы) для коррекции гипергликемии. Так как такие помпы лишь частично регулируют подачу инсулина автоматически, а в остальном они управляются пользователем, такую технологию называют гибридной.

Использование систем автоматического введения инсулина не избавляет от рутинного контроля диабета! Пользователю необходимо контролировать работу устройства, регулярно менять инфузионные системы, считать углеводы и вводить инсулин на еду (или информировать алгоритм о приеме пищи) и многое другое. Поэтому даже при использовании таких инсулиновых помп потребуются хорошие знания и умения по сахарному диабету, помповой инсулинотерапии и НМГ.

Даже при использовании инсулиновых помп с обратной связью необходимы хорошие знания и умения по сахарному диабету для контроля за работой устройства.

Дальнейшие перспективы

Сейчас в мире проводятся разработки и испытания полностью автоматических систем введения инсулина, в которых подача инсулина регулируется без вмешательства человека. Создание таких систем осложняется рядом обстоятельств, поэтому сегодня все системы введения инсулина в замкнутом контуре имеют те или иные ограничения.

Основное ограничение – это профили действия аналогов инсулина короткого действия. Современные инсулины действуют излишне «медленно» и «долго», не позволяя оперативно реагировать на изменения уровня глюкозы. Даже разработка быстродействующих аналогов инсулина короткого действия полностью не решает эту проблему. Длительное действие приводит к необходимости длительного учета введенного инсулина и риску гипогликемии, а медленное действие не позволяет быстро снизить уровень глюкозы при высоких показателях. Ярче всего эта проблема проявляется после еды, без предварительного инфор-

мирования система заранее не сможет ввести инсулин, что приведет к высокой постпрандиальной гипергликемии из-за опережающего действия еды.

Другая проблема – точность измерения глюкозы системой НМГ. Несмотря на значительное улучшение точности, показатели НМГ заметно запаздывают по отношению к показателям крови, из-за этого ухудшается точность дозирования и своевременность введения инсулина.

Создание систем полностью автоматического введения инсулина будет связано с преодолением этих двух основных барьеров. Для этого разрабатываются новые инсулины и пути их введения, а точность мониторинга постоянно повышается благодаря внедрению новых технологий и материалов.

СЛОВАРЬ

Аналоги инсулина – современные типы инсулина с измененной структурой молекулы инсулина, чтобы инсулин действовал быстрее (аналоги короткого действия) или медленнее (аналоги длительного действия).

Базальный профиль – почасовая скорость подачи базального инсулина за сутки.

Базальная доза – количество базального инсулина за сутки (обычно).

Базальный инсулин – инсулин, подающийся постоянно в автоматическом режиме в соответствии с настройками для поддержания глюкозы в крови натошак.

Базальный профиль – программа введения базального инсулина, или набор базальных скоростей за сутки.

Базальная скорость – количество базального инсулина, подаваемого за один час.

Болюс на еду – инсулин для усвоения принятых углеводов.

Болюс на коррекцию – инсулин, вводимый для снижения уровня глюкозы.

Болюсный инсулин – инсулин, вводимый на еду или при гипергликемии.

Временная базальная скорость – изменение скорости подачи базального инсулина на определенное, заданное время.

Гипергликемия – высокий уровень глюкозы в крови, обычно более 10–14 ммоль/л.

Гипогликемия – низкий уровень глюкозы в крови, обычно менее 3,9 ммоль/л.

Гликемический контроль – уровень гликированного гемоглобина, показатели глюкозы в крови и НМГ за период времени.

Гликированный гемоглобин (HbA1c) – показатель, который отражает средний уровень глюкозы в крови за последние 2–3 месяца.

Гликоген – запас глюкозы в печени.

Глюкагон – гормон, вырабатывающийся в поджелудочной железе и повышающий уровень глюкозы. Используется как средство для лечения тяжелой гипогликемии.

Инфузионная система – устройство, предназначенное для подачи инсулина под кожу. Состоит из катетера, который устанавливается под кожу, и трубки, по которой инсулин поступает из резервуара в канюлю.

Калькулятор болюса – программа, встроенная в помпу и рассчитывающая дозу инсулина в соответствии с запрограммированными настройками.

Канюля – игла, изготовленная из пластика (тефлона) или стали, которая устанавливается под кожу и по которой инсулин из помпы поступает в тело.

Катетер – см. Канюля.

Кетоацидоз – опасное состояние выраженного нарушения обмена веществ, при котором отмечается повышение уровня кетонов в крови.

Кетоны (кетонотельца) – продукт расщепления жирных кислот в печени в результате дефицита инсулина. Высокий уровень может привести к кетоацидозу.

Контринсулярные гормоны – гормоны, снижающие эффективность действия инсулина, что приводит к повышению глюкозы в крови: глюкагон, кортизол, адреналин, гормон роста.

Кортизол – гормон стресса, вырабатывающийся в надпочечниках и повышающий глюкозу в крови.

Липодистрофия (липогипертрофия) – осложнение инсулинотерапии в виде уплотнения подкожно-жировой клетчатки в месте инъекции (укола).

Надпочечники – маленькие органы, расположенные над почками и вырабатывающие гормоны, в том числе адреналин и глюкагон.

Непрерывный мониторинг глюкозы – технология, которая позволяет измерять глюкозу в межклеточной жидкости каждые 1–15 минут с использованием специального имплантированного под кожу сенсора.

Окклюзия катетера – нарушение подачи инсулина через канюлю или инфузионный набор.

Отсроченная гипогликемия – гипогликемия, которая возникает через несколько часов или в ночь после физических нагрузок.

Помощник болюса – см. Калькулятор болюса.

Постпрандиальный уровень глюкозы – показатели глюкозы после еды.

Продолжительная подкожная инфузия инсулина – метод введения инсулина с помощью инсулиновой помпы.

Режим множественных инъекций – введение инсулина короткого или аналога инсулина короткого действия на еду и инсулина длительного действия на ночь или два раза в день.

Резервуар – емкость с инсулином, которая устанавливается в помпу.

Сертер – устройство для введения катетера инфузионной системы или системы НМГ.

Сигнал «нет подачи» или «окклюзия» – один из самых важных сигналов помпы, сообщающий о том, что инсулин не поступает в организм.

Суточная доза инсулина – общее количество инсулина, вводимое за сутки, включая инсулин короткого и длительного действия (при наличии).

Традиционная инсулинотерапия – введение инсулина с использованием шприцев или шприц-ручек.

Углеводный коэффициент – количество инсулина, покрывающее 1 ХЕ (при подсчете углеводов в ХЕ), или количество граммов углеводов на 1 ЕД инсулина (при подсчете углеводов в граммах).

Фактор чувствительности к инсулину – показатель того, насколько глюкоза крови снижается при введении 1 ЕД инсулина.

Феномен «утренней зари» – повышение уровня глюкозы в крови в ранние утренние часы в связи с высоким уровнем контринсулярных гормонов в это время.

Фиксированная заправка – заполнение инсулином мягкой тefлоновой канюли после ее установки под кожу.

Целевой уровень глюкозы крови – индивидуальное значение глюкозы крови, к которому будет стремиться помпа с помощью болюса на коррекцию.

Шаг подачи инсулина помпой – минимальная доза инсулина, которую может ввести инсулиновая помпа.

Чистый фон – период времени, когда на глюкозу в крови влияет только базальный инсулин, то есть под чистым фоном подразумевается тощаковое состояние.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Адреналин 44, 99

Активный инсулин 70, 72-74, 79, 99, 100, 101, 103, 105, 107

Аналоги инсулина 9, 16, 21, 30, 66, 74, 76, 122

Анаэробная физическая нагрузка 99, 100, 101, 102, 105, 106

Аэробная физическая нагрузка 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106

Аэропорт 116, 118

Б

Базальная доза 24, 25, 26, 28, 51, 58, 70

Базальная скорость 24, 29, 39, 43, 47, 51, 55, 56, 59, 69, 102

Базальный инсулин 10, 11, 29, 30, 43, 44, 45, 47, 48, 58, 70, 98, 102, 106, 107

Базальный профиль 17, 24, 25, 29, 30, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 55, 58

Беспроводная помпа 9, 14

Бета-клетка 11, 43

Болюс двойной волны 66-68, 78

Болюс квадратной волны 66, 67, 78, 79

Болюс на еду 28, 60, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 72, 73, 78-80

Болюс на коррекцию 28, 60, 64, 67, 69, 71, 72, 73, 79, 84, 85, 86

Болюс несколько волн см. Болюс двойной волны

Болюсный инсулин 110, 11, 28, 46, 53, 60, 65, 66, 73, 74, 84, 102, 106, 110

В

Вода 28, 29, 30, 65, 102, 104, 105, 113

Временная базальная скорость 7, 11, 15-20, 30, 37, 55- 57, 74, 82, 92, 95, 96, 103, 107, 109, 111, 122, 123

Г

Гипергликемия 40, 65, 66, 67, 69, 79, 81-84, 95, 101, 102, 106, 110-113, 116, 118, 122, 123

Гипогликемия 8, 9, 15-17, 21, 24, 28, 30, 44, 46, 47, 48, 57-59, 63, 66, 71-75, 78, 81, 96, 98-103, 105-107, 111- 113, 117, 118, 122

Гликемический индекс 65, 66, 68, 74, 75, 78, 79

Глюкометр 8, 15, 54, 86, 89- 92, 95, 96, 107, 115, 117

Д

Датчик 6, 8, 88- 93, 96, 112, 116, 117

Детский сад 120

Диабетический кетоацидоз 7, 18, 19, 21, 36, 39, 40, 81-83, 85-87, 110, 113, 114

И

Инфекция 19, 21, 36, 41, 81, 112-114, 120

Инфузионная система 7-9, 14, 18, 19, 20-23, 31-42, 81-84, 87, 108, 109, 111, 112, 115, 117-119, 122

К

Калибровка сенсора 90, 92, 93

Калькулятор болюса 110, 11, 14, 15, 21, 26, 27, 60, 61, 63, 70, 72-74, 84, 113

Канюля 7-9, 14, 17, 81, 19, 20, 82-84, 87, 31-42, 109, 112, 117, 118

Катетер см. *Канюля*

Кетоны 18, 19, 32, 36, 38, 39, 40, 43, 51, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 102, 103, 104, 110, 113, 114, 117

Кортизол 25, 44, 99, 119

М

**Множественные инъекции
инсулина** 12

Н

Нарушение подачи инсулина 18, 19, 21, 36, 37, 40, 81, 82, 83, 87, 98, 118

**Непрерывная подкожная инфузия
инсулина** 13

**Непрерывный мониторинг
глюкозы** 6-8, 14, 15, 17, 21, 45, 54, 55, 88-96, 98, 104, 105, 107, 108, 111, 112, 114-117, 120-123

Нормальный болюс 55, 67, 77, 78, 79, 80, 84, 85

О

Обезболивание 40,42

Окклюзия 83

Отключение помпы 37, 83, 109

П

Патч-помпа см. *Беспроводная помпа*

Пластырь 37, 41, 42, 81, 82

**Продолжительность действия
инсулина** 74, 79

Пузыри воздуха 108, 120

Пульт управления 15, 16, 21, 111

Путешествия 116, 117, 120

Р

Растянутый болюс см. *Болюс квадратной волны*

Резервуар 8, 9, 36, 37, 42, 83, 108, 115, 117, 118, 119, 120

С

Самолет 117, 118, 119

Сенсор 7, 8, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96, 111, 112, 114, 116, 117, 120, 121, 122

Сигнал «Нет подачи» см. *Окклюзия*

Сигналы тревоги 989-93, 96, 105, 111

Системы автоматического введения инсулина 121

Сон 45, 109, 111, 120

Стандартный болюс см.
Нормальный болюс

Стрелки тенденций 89, 94, 95, 104, 105, 107

Стресс 10, 17, 44, 46, 47, 59, 85, 100

Суперболюс 68, 69, 70

Т

Трансммиттер 88, 92, 112, 116, 121

У

Углеводный коэффициент 26, 27, 28, 29, 64, 72, 77, 78, 79

Удаленный мониторинг 90, 111

Ф

Фактор чувствительности к инсулину 27, 28, 61, 72, 79

Физическая нагрузка 10, 11, 13, 17, 33, 34, 44, 46, 47, 55, 57-60, 66, 84, 85, 97-107, 110, 111, 116

Фиксированная заправка 38, 42, 89, 108

Ц

Целевой диапазон 15, 18, 28, 47, 53, 58-62, 64, 69, 70-73, 78, 79, 92, 93, 100, 103-105, 107, 113

Ч

Чехол 108

Чистый фон 36, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 58

Ш

Шаг инсулина 14, 15, 18

Школа 15, 22, 26, 111, 120

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pickup J.C. et al. Long-term Continuous Subcutaneous Insulin Infusion in Diabetics at Home // *The Lancet*. 1979. Vol. 314, № 8148. P. 870–873.
2. Chiasson J.-L. et al. Continuous Subcutaneous Insulin Infusion (Mill-Hill Infuser) Versus Multiple Injections (Medi-Jector) in the Treatment of Insulin-dependent Diabetes Mellitus and the Effect of Metabolic Control on Microangiopathy // *Diabetes Care*. 1984. Vol. 7, № 4. P. 331–337.
3. Alsaleh F.M. et al. Insulin pumps: from inception to the present and toward the future: Insulin pumps: Past, present, and future // *J. Clin. Pharm. Ther.* 2010. Vol. 35, № 2. P. 127–138.
4. Bode B.W. et al. Diabetes management in the new millennium using insulin pump therapy // *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2002. Vol. 18, № S1. P. S14–S20.
5. Garg S.K. The vision of the future of CGM in type 2 diabetes. Berlin, 2023.
6. Nørgaard K. et al. Efficacy and Safety of Rapid-Acting Insulin Analogs in Special Populations with Type 1 Diabetes or Gestational Diabetes: Systematic Review and Meta-Analysis // *Diabetes Ther.* 2018. Vol. 9, № 3. P. 891–917.
7. Лаптев Д.Н. Использование «калькулятора болюса» у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа на помповой инсулинотерапии // *Доктор.Ру*. 2014. Вып. 91, № 3. С. 18–20.
8. Лаптев Д.Н. с соавт. Мониторинг применения помповой инсулинотерапии у детей, подростков и молодых пациентов с сахарным диабетом 1 типа в Российской Федерации // *Проблемы эндокринологии*. 2018. Вып. 64, № 2. С. 85–92.
9. Лаптев Д.Н. с соавт. Длительный гликемический контроль и факторы, ассоциированные с ответом на помповую инсулинотерапию у детей // *Сахарный диабет*. 2021. Вып. 24, № 2. С. 122–132.
10. Sherr J.L. et al. Use of insulin pump therapy in children and adolescents with type 1 diabetes and its impact on metabolic control: comparison of results from three large, transatlantic paediatric registries // *Diabetologia*. 2016. Vol. 59, № 1. P. 87–91.
11. Benkhadra K. et al. Continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections in individuals with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis // *Endocrine*. 2017. Vol. 55, № 1. P. 77–84.
12. Churchill J.N., Ruppe R.L., Smaldone A. Use of continuous insulin infusion pumps in young children with type 1 diabetes: a systematic review // *J. Pediatr. Health Care Off. Publ. Natl. Assoc. Pediatr. Nurse Assoc. Pract.* 2009. Vol. 23, № 3. P. 173–179.
13. Misso M.L. et al. Continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) versus multiple insulin injections for type 1 diabetes mellitus // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2010. № 1. P. CD005103.

14. Pańkowska E. et al. Continuous subcutaneous insulin infusion vs. multiple daily injections in children with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized control trials // *Pediatr. Diabetes*. 2009. Vol. 10, № 1. P. 52–58.
15. Лаптев Д.Н. Преимущество помповой инсулинотерапии и систем мониторингов гликемии в реальном времени в отношении снижения частоты эпизодов гипогликемии у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа // *Проблемы эндокринологии*. 2014. Вып. 60, № 2. С. 24–30.
16. Ly T.T. et al. Assessment and management of hypoglycemia in children and adolescents with diabetes // *Pediatr. Diabetes*. 2014. Vol. 15, № S20. P. 180–192.
17. Biester T. et al. Declining Frequency of Acute Complications Associated with Tubeless Insulin Pump Use: Data from 2,911 Patients in the German/Austrian Diabetes Patienten Verlaufsdokumentation Registry // *Diabetes Technol. Ther*. 2021. Vol. 23, № 8. P. 527–536.
18. Bergenstal R.M. et al. Effectiveness of sensor-augmented insulin-pump therapy in type 1 diabetes // *N. Engl. J. Med*. 2010. Vol. 363, № 4. P. 311–320.
19. Danne T. et al. Prevention of hypoglycemia by using low glucose suspend function in sensor-augmented pump therapy // *Diabetes Technol. Ther*. 2011. Vol. 13, № 11. P. 1129–1134.
20. Frontino G. et al. Sensor-Augmented Pump Therapy in Very Young Children with Type 1 Diabetes: An Efficacy and Feasibility Observational Study // *Diabetes Technol. Ther*. 2012. Vol. 14. P. 762–764.
21. Lauritzen T. et al. Pharmacokinetics of continuous subcutaneous insulin infusion // *Diabetologia*. 1983. Vol. 24, № 5.
22. Barnard K.D., Lloyd C.E., Skinner T.C. Systematic literature review: quality of life associated with insulin pump use in Type 1 diabetes // *Diabet. Med. J. Br. Diabet. Assoc*. 2007. Vol. 24, № 6. P. 607–617.
23. Gajewska K.A. et al. Barriers and facilitators to accessing insulin pump therapy by adults with type 1 diabetes mellitus: a qualitative study // *Acta Diabetol*. 2021. Vol. 58, № 1. P. 93–105.
24. Danne T. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Insulin treatment in children and adolescents with diabetes // *Pediatr. Diabetes*. 2018. Vol. 19. P. 115–135.
25. Sherr J.L. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Diabetes technologies: Insulin delivery // *Pediatr. Diabetes*. 2022. Vol. 23, № 8. P. 1406–1431.
26. Кураева Т.Л., Лаптев Д.Н. Особенности настроек инсулиновых помп в различные возрастные периоды у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа // *Сборник тезисов VI Всероссийского диабетологического конгресса «Сахарный диабет в XXI веке – время объединения усилий»*. Москва, 2013. С. 336.

27. Conrad S.C., McGrath M.T., Gitelman S.E. Transition from multiple daily injections to continuous subcutaneous insulin infusion in type 1 diabetes mellitus // *J. Pediatr.* 2002. Vol. 140, № 2. P. 235–240.
28. Litton J. et al. Insulin pump therapy in toddlers and preschool children with type 1 diabetes mellitus // *J. Pediatr.* 2002. Vol. 141, № 4. P. 490–495.
29. Лаптев Д.Н. с соавт. Оптимизация настроек инсулиновых помп у детей и подростков с сахарным диабетом 1 типа с учетом возрастных особенностей // *Сахарный диабет.* 2013. № 3. С. 109–115.
30. Kuroda A. et al. Basal Insulin Requirement Is \approx 30% of the Total Daily Insulin Dose in Type 1 Diabetic Patients Who Use the Insulin Pump // *Diabetes Care.* 2011. Vol. 34, № 5. P. 1089–1090.
31. Bachran R. et al. Basal rates and circadian profiles in continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) differ for preschool children, prepubertal children, adolescents and young adults // *Pediatr. Diabetes.* 2012. Vol. 13, № 1. P. 1–5.
32. Dunger D.B. et al. Evidence for temporal coupling of growth hormone, prolactin, LH and FSH pulsatility overnight during normal puberty // *J. Endocrinol.* 1991. Vol. 130, № 1. P. 141–149.
33. Shah V.N. et al. A randomized controlled trial of transition from insulin pump to multiple daily injections using insulin degludec // *Diabetes Obes. Metab.* 2021. Vol. 23, № 8. P. 1936–1941.
34. Hildebrandt P. Skinfold thickness, local subcutaneous blood flow and insulin absorption in diabetic patients // *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 1991. Vol. 603. P. 41–45.
35. Zisser H. Quantifying the Impact of a Short-Interval Interruption of Insulin-Pump Infusion Sets on Glycemic Excursions // *Diabetes Care.* 2008. Vol. 31, № 2. P. 238–239.
36. Nowakowska M. et al. Bacterial strains colonizing subcutaneous catheters of personal insulin pumps // *Pol. J. Microbiol.* 2007. Vol. 56, № 4. P. 239–243.
37. Scheiner G., Boyer B.A. Characteristics of basal insulin requirements by age and gender in Type-1 diabetes patients using insulin pump therapy // *Diabetes Res. Clin. Pract.* 2005. Vol. 69, № 1. P. 14–21.
38. Abraham M.B. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Assessment and management of hypoglycemia in children and adolescents with diabetes // *Pediatr. Diabetes.* 2018. Vol. 19. P. 178–192.
39. Heinemann L. et al. Changes in Basal Insulin Infusion Rates With Subcutaneous Insulin Infusion // *Diabetes Care.* 2009. Vol. 32, № 8. P. 1437–1439.
40. Wilkinson J., McFann K., Chase H.P. Factors affecting improved glycaemic control in youth using insulin pumps: Improved glycaemic control in youth using insulin pumps // *Diabet. Med.* 2010. Vol. 27, № 10. P. 1174–1177.
41. Zisser H. et al. Bolus calculator: a review of four «smart» insulin pumps // *Diabetes Technol. Ther.* 2008. Vol. 10, № 6. P. 441–444.

42. Ryan R.L. et al. Influence of and optimal insulin therapy for a low-glycemic index meal in children with type 1 diabetes receiving intensive insulin therapy // *Diabetes Care*. 2008. Vol. 31, № 8. P. 1485–1490.
43. Cobry E. et al. Timing of meal insulin boluses to achieve optimal postprandial glycemic control in patients with type 1 diabetes // *Diabetes Technol. Ther.* 2010. Vol. 12, № 3. P. 173–177.
44. Heise T. et al. A Pooled Analysis of Clinical Pharmacology Trials Investigating the Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Characteristics of Fast-Acting Insulin Aspart in Adults with Type 1 Diabetes // *Clin. Pharmacokinet.* 2017. Vol. 56, № 5. P. 551–559.
45. Paterson M.A. et al. Increasing the protein quantity in a meal results in dose-dependent effects on postprandial glucose levels in individuals with Type 1 diabetes mellitus // *Diabet. Med. J. Br. Diabet. Assoc.* 2017. Vol. 34, № 6. P. 851–854.
46. Paterson M.A. et al. Influence of dietary protein on postprandial blood glucose levels in individuals with Type 1 diabetes mellitus using intensive insulin therapy // *Diabet. Med. J. Br. Diabet. Assoc.* 2016. Vol. 33, № 5. P. 592–598.
47. Pańkowska E., Błazik M., Groele L. Does the Fat-Protein Meal Increase Postprandial Glucose Level in Type 1 Diabetes Patients on Insulin Pump: The Conclusion of a Randomized Study // *Diabetes Technol. Ther.* 2012. Vol. 14, № 1. P. 16–22.
48. Bell K.J. et al. Estimating insulin demand for protein-containing foods using the food insulin index // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2014. Vol. 68, № 9. P. 1055–1059.
49. Lopez P.E. et al. A randomized comparison of three prandial insulin dosing algorithms for children and adolescents with Type 1 diabetes // *Diabet. Med. J. Br. Diabet. Assoc.* 2018. Vol. 35, № 10. P. 1440–1447.
50. Paterson M.A. et al. High-protein meals require 30 % additional insulin to prevent delayed postprandial hyperglycaemia // *Diabet. Med. J. Br. Diabet. Assoc.* 2020. Vol. 37, № 7. P. 1185–1191.
51. Lopez P. et al. Extended insulin boluses cannot control postprandial glycemia as well as a standard bolus in children and adults using insulin pump therapy // *BMJ Open Diabetes Res. Care.* 2014. Vol. 2, № 1. P. e000050.
52. Guerci B. et al. Accuracy of an electrochemical sensor for measuring capillary blood ketones by fingerstick samples during metabolic deterioration after continuous subcutaneous insulin infusion interruption in type 1 diabetic patients // *Diabetes Care*. 2003. Vol. 26, № 4. P. 1137–1141.
53. Vanelli M. et al. Clinical utility of beta-hydroxybutyrate measurement in the management of physiological ketosis at home in children under 5 // *Acta Bio-Medica Atenei Parm.* 2019. Vol. 90, № 2. P. 215–220.
54. Guerci B. et al. Comparison of Metabolic Deterioration between Insulin Analog and Regular Insulin after a 5-Hour Interruption of a Continuous Subcutaneous Insulin Infusion in Type 1 Diabetic Patients // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1999. Vol. 84, № 8. P. 2673–2678.

55. Freckmann G. et al. Occlusion Detection Time in Insulin Pumps at Two Different Basal Rates // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2018. Vol. 12, № 3. P. 608–613.
56. Basu A. et al. Time Lag of Glucose From Intravascular to Interstitial Compartment in Type 1 Diabetes // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2015. Vol. 9, № 1. P. 63–68.
57. Keenan D.B. et al. Delays in minimally invasive continuous glucose monitoring devices: a review of current technology // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2009. Vol. 3, № 5. P. 1207–1214.
58. Sinha M. et al. A Comparison of Time Delay in Three Continuous Glucose Monitors for Adolescents and Adults // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2017. Vol. 11, № 6. P. 1132–1137.
59. Alva S. et al. Accuracy of a 14-Day Factory-Calibrated Continuous Glucose Monitoring System With Advanced Algorithm in Pediatric and Adult Population With Diabetes // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2020. P. 193229682095875.
60. Shah V.N. et al. Performance of a Factory-Calibrated Real-Time Continuous Glucose Monitoring System Utilizing an Automated Sensor Applicator // *Diabetes Technol. Ther.* 2018. Vol. 20, № 6. P. 428–433.
61. Christiansen M.P. et al. A Prospective Multicenter Evaluation of the Accuracy and Safety of an Implanted Continuous Glucose Sensor: The PRECISION Study // *Diabetes Technol. Ther.* 2019. Vol. 21, № 5. P. 231–237.
62. Wilinska M.E., Hovorka R. Glucose Control in the Intensive Care Unit by Use of Continuous Glucose Monitoring: What Level of Measurement Error Is Acceptable? // *Clin. Chem.* 2014. Vol. 60, № 12. P. 1500–1509.
63. Kovatchev B.P. et al. Assessing Sensor Accuracy for Non-Adjunct Use of Continuous Glucose Monitoring // *Diabetes Technol. Ther.* 2015. Vol. 17, № 3. P. 177–186.
64. Jamiotkowska-Sztabkowska M. et al. Regular physical activity as a physiological factor contributing to extend partial remission time in children with new onset diabetes mellitus—Two years observation // *Pediatr. Diabetes.* 2020. Vol. 21, № 5. P. 800–807.
65. Pivovarov J.A., Taplin C.E., Riddell M.C. Current perspectives on physical activity and exercise for youth with diabetes // *Pediatr. Diabetes.* 2015. Vol. 16, № 4. P. 242–255.
66. Tikkanen-Dolenc H. et al. Physical Activity Reduces Risk of Premature Mortality in Patients With Type 1 Diabetes With and Without Kidney Disease // *Diabetes Care.* 2017. Vol. 40, № 12. P. 1727–1732.
67. Quirk H. et al. Physical activity interventions in children and young people with Type 1 diabetes mellitus: a systematic review with meta-analysis // *Diabet. Med. J. Br. Diabet. Assoc.* 2014. Vol. 31, № 10. P. 1163–1173.
68. Adolfsson P. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes // *Pediatr. Diabetes.* 2018. Vol. 19. P. 205–226.
69. Riddell M.C. et al. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement // *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017. Vol. 5, № 5. P. 377–390.

70. Riddell M.C. et al. Individual glucose responses to prolonged moderate intensity aerobic exercise in adolescents with type 1 diabetes: The higher they start, the harder they fall // *Pediatr. Diabetes*. 2019. Vol. 20, № 1. P. 99–106.
71. Ertl A.C., Davis S.N. Evidence for a vicious cycle of exercise and hypoglycemia in type 1 diabetes mellitus // *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2004. Vol. 20, № 2. P. 124–130.
72. Galassetti P. et al. Effect of antecedent hypoglycemia on counterregulatory responses to subsequent euglycemic exercise in type 1 diabetes // *Diabetes*. 2003. Vol. 52, № 7. P. 1761–1769.
73. Guelfi K.J., Jones T.W., Fournier P.A. New insights into managing the risk of hypoglycaemia associated with intermittent high-intensity exercise in individuals with type 1 diabetes mellitus: implications for existing guidelines // *Sports Med. Auckl. N.Z.* 2007. Vol. 37, № 11. P. 937–946.
74. Kang K. et al. Evaluation of Different Methods Used to Calculate Ideal Body Weight in the Pediatric Population // *J. Pediatr. Pharmacol. Ther. JPPT Off. J. PPAG*. 2019. Vol. 24, № 5. P. 421–430.
75. Campbell M.D. et al. Insulin therapy and dietary adjustments to normalize glycemia and prevent nocturnal hypoglycemia after evening exercise in type 1 diabetes: a randomized controlled trial // *BMJ Open Diabetes Res. Care*. 2015. Vol. 3, № 1. P. e000085.
76. Zaharieva D.P. et al. Improved Open-Loop Glucose Control With Basal Insulin Reduction 90 Minutes Before Aerobic Exercise in Patients With Type 1 Diabetes on Continuous Subcutaneous Insulin Infusion // *Diabetes Care*. 2019. Vol. 42, № 5. P. 824–831.
77. Zaharieva D.P. et al. Lag Time Remains with Newer Real-Time Continuous Glucose Monitoring Technology During Aerobic Exercise in Adults Living with Type 1 Diabetes // *Diabetes Technol. Ther.* 2019. Vol. 21, № 6. P. 313–321.
78. Roberts J.D. et al. Assessing a commercially available sports drink on exogenous carbohydrate oxidation, fluid delivery and sustained exercise performance // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2014. Vol. 11, № 1. P. 8.
79. Moser O. et al. Glucose management for exercise using continuous glucose monitoring (CGM) and intermittently scanned CGM (isCGM) systems in type 1 diabetes: position statement of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and of the International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) endorsed by JDRF and supported by the American Diabetes Association (ADA) // *Pediatr. Diabetes*. 2020. Vol. 21, № 8. P. 1375–1393.
80. Tsalikian E. et al. Impact of exercise on overnight glycemic control in children with type 1 diabetes mellitus // *J. Pediatr.* 2005. Vol. 147, № 4. P. 528–534.
81. Zaharieva D.P., Riddell M.C. Prevention of exercise-associated dysglycemia: a case study-based approach // *Diabetes Spectr. Publ. Am. Diabetes Assoc.* 2015. Vol. 28, № 1. P. 55–62.

82. Kalergis M. et al. Impact of bedtime snack composition on prevention of nocturnal hypoglycemia in adults with type 1 diabetes undergoing intensive insulin management using lispro insulin before meals: a randomized, placebo-controlled, crossover trial // *Diabetes Care*. 2003. Vol. 26, № 1. P. 9–15.
83. Davey R.J. et al. The effect of midday moderate-intensity exercise on postexercise hypoglycemia risk in individuals with type 1 diabetes // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2013. Vol. 98, № 7. P. 2908–2914.
84. Reichel A. et al. Cessation of insulin infusion at night-time during CSII-therapy: comparison of regular human insulin and insulin lispro // *Exp. Clin. Endocrinol. Diabetes Off. J. Ger. Soc. Endocrinol. Ger. Diabetes Assoc.* 1998. Vol. 106, № 3. P. 168–172.
85. Zisser H. Quantifying the impact of a short-interval interruption of insulin-pump infusion sets on glycemic excursions // *Diabetes Care*. 2008. Vol. 31, № 2. P. 238–239.
86. Alemzadeh R., Parton E.A., Holzum M.K. Feasibility of continuous subcutaneous insulin infusion and daily supplemental insulin glargine injection in children with type 1 diabetes // *Diabetes Technol. Ther.* 2009. Vol. 11, № 8. P. 481–486.
87. Basu A. et al. Direct Evidence of Acetaminophen Interference with Subcutaneous Glucose Sensing in Humans: A Pilot Study // *Diabetes Technol. Ther.* 2016. Vol. 18, № S2. P. S2-43-S2-47.
88. Maahs D.M. et al. Effect of Acetaminophen on CGM Glucose in an Outpatient Setting: Figure 1 // *Diabetes Care*. 2015. Vol. 38, № 10. P. e158–e159.
89. Tauschmann M. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Diabetes technologies: Glucose monitoring // *Pediatr. Diabetes*. 2022. Vol. 23, № 8. P. 1390–1405.
90. Lopez P.E. et al. Bubble formation occurs in insulin pumps in response to changes in ambient temperature and atmospheric pressure but not as a result of vibration // *BMJ Open Diabetes Res. Care*. 2014. Vol. 2, № 1. P. e000036.
91. King B.R. et al. Changes in Altitude Cause Unintended Insulin Delivery From Insulin Pumps // *Diabetes Care*. 2011. Vol. 34, № 9. P. 1932–1933.

ISBN 978-5-906399-20-5



9 785906 399205