

Утверждено:

Общественная организация

«Российская ассоциация эндокринологов»

Президент, академик РАН Дедов И.И.

Министерство здравоохранения Российской Федерации

Общественная организация «Российская ассоциация эндокринологов»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный
медицинский исследовательский центр эндокринологии»

**Рекомендации по контролю сахарного диабета при физических
нагрузках у детей и подростков с сахарным диабетом**

Методическое руководство

2022

Москва

Руководство содержит современный взгляд на физическую активность, рекомендации по проведению физических нагрузок и контролю показателей глюкозы у детей и подростков с сахарным диабетом. Руководство подготовлено на основании международных рекомендаций по физической активности Всемирной Организации Здравоохранения (WHO)[1,2], клинических рекомендаций по физическим нагрузкам у детей с сахарным диабетом Международного Общества по Детскому и Подростковому Диабету (ISPAD) [3], международного консенсуса по физическим нагрузкам при сахарном диабете 1 типа [4], официальной позиции Европейской Ассоциации по Изучению сахарного Диабета (EASD), Международного Общества по Детскому и Подростковому Диабету (ISPAD) и Американской Диабетической Ассоциации (ADA) по использованию непрерывного мониторинга глюкозы для контроля показателей глюкозы при физических нагрузках [5].

Руководство предназначено для врачей – детских эндокринологов, педиатров, врачей по спортивной медицине и лечебной физкультуре, а также для среднего медицинского персонала.

Так как многие предлагаемые рекомендации основаны на данных, полученных у взрослых, они могут нуждаться в оптимизации и адаптации к соответствующим особенностям и условиям у детей.

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

Оглавление	
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	6
ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ХАРАКТЕРИСТИКА И РЕКОМЕНДАЦИИ	7
Определение	7
Виды физической активности	7
Рекомендации по физической активности у детей и подростков (ВОЗ).	8
Рекомендации по физической активности у детей и подростков с сахарным диабетом	10
Ограничения для физических нагрузок при сахарном диабете	11
ФИЗИОЛОГИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК	13
Факторы влияющие на показатели глюкозы во время физических нагрузок	13
ПРОВЕДЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ	16
Мониторинг уровня глюкозы	16
Перед физической нагрузкой	17
Во время физической нагрузки	18
После физической нагрузки	19
Использование НМГ при физических нагрузках	20
Не запланированная физическая нагрузка	23
Список литературы	24

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Аэробная физическая нагрузка – активность, при которой крупные мышцы тела ритмично сокращаются в течение длительного периода времени. Аэробная физическая активность улучшает кардиореспираторную выносливость. Примерами аэробной активности являются: ходьба, бег, плавание и езда на велосипеде.

Анаэробная физическая нагрузка – непродолжительная (интервальная) физическая активность высокой интенсивности. Анаэробная физическая активность повышает выносливость и мышечную силу. Примерами анаэробной физической активности являются: спринт, йога, силовые упражнения.

Высокая физическая активность — физическая активность, выполняемая с интенсивностью 6 или более MET по абсолютной шкале или 7 или 8 баллов по шкале индивидуального восприятия нагрузки.

Индивидуальное восприятие нагрузки (RPE) — восприятие физической активности на основании физических ощущений во время неё, включая учащение пульса, учащение дыхания, повышенное потоотделение и мышечную усталость. Измеряется по шкале от 1 до 10, где 1 - очень легкая физическая активность, а 10 - физическая активность, выполняемая с максимальным усилием.

Легкая физическая активность — физическая активность, выполняемая в диапазоне от 1,5 до 3 MET (по абсолютной шкале интенсивности). По шкале индивидуального восприятия нагрузки обычно составляет 2–4 балла. Примеры: медленная ходьба, купание или другие случайные действия, которые не приводят к существенному увеличению частоты сердечных сокращений или дыхания.

Метаболический эквивалент (MET) — физиологическая мера, выражающая интенсивность физических нагрузок. Один MET представляет собой энергетический эквивалент, расходуемый человеком в состоянии покоя в сидячем положении, обычно выражаемый в млО₂/кг/мин.

НМГ – непрерывный мониторинг глюкозы инструмент, метод измерения уровня глюкозы в интерстициальной жидкости

Умеренная (средняя) физическая активность — физическая активность, которая в 3–6 раз превышает интенсивность в покое (один MET). По шкале индивидуального восприятия нагрузки обычно составляет 5 или 6 баллов.

Физическая активность — любое движение тела, производимое скелетной мускулатурой и требующее затрат энергии.

Физическая активность от умеренной до высокой интенсивности — физическая активность интенсивностью >3 MET (т.е. >3 раз выше интенсивности отдыха) или более 5 баллов по шкале индивидуального восприятия нагрузки.

Физическая нагрузка — структурированная (организованная), в основном, запланированная и повторяющаяся форма физической активности.

ВВЕДЕНИЕ

Физическая активность является одним из ключевых элементов контроля сахарного диабета у детей и подростков. Помимо общей тенденции к снижению двигательной активности в обществе за последние годы, многие родители детей с сахарным диабетом сталкиваются со сложностями при планировании, организации и проведении физических нагрузок, что связано с комплексностью ответа конкретного ребенка на физическую активность и недостатком знаний. Так как частым неблагоприятным событием, сопровождающим физическую активность у детей с сахарным диабетом, является гипогликемия, повторные гипогликемические состояния и страх перед гипогликемией становятся препятствием для регулярных физических нагрузок.

Учитывая, что регулярные физические нагрузки положительно влияют на кардиометаболическое здоровье, показатели гликемического контроля и психоэмоциональное состояние, недостаточная физическая активность у детей с сахарным диабетом может привести к широкому спектру неблагоприятных последствий.

Для преодоления сложившихся барьеров и повышения физической активности важно понимать целевые ориентиры и ограничения для физических нагрузок, научиться прогнозировать реакцию детей и подростков с сахарным диабетом на физические нагрузки, знать возможности и подходы для эффективного контроля показателей глюкозы с учетом индивидуальных особенностей.

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ХАРАКТЕРИСТИКА И РЕКОМЕНДАЦИИ

Определение

Как следует из определения ВОЗ, физическая активность - это любые движения, производимые скелетной мускулатурой и требующее затрат энергии [2,3]. Таким образом, к физической активности относятся любые движения, включая нахождение дома, поездки, прогулки и пр.

Термин «физическая активность» часто взаимозаменяемо используется с терминами «физическая нагрузка» и «физические упражнения» (или просто «упражнения»). Однако к последним следует отнести организованную и часто запланированную физическую активность. Таким образом, «физическая активность» более общее понятие, включающее в себя любую двигательную активность в результате мышечных сокращений. В свою очередь, физические упражнения это запланированная, структурированная и повторяющаяся форма физической активности.

Виды физической активности

Физическую активность можно оценить в «метаболических эквивалентах» или MET. Один MET определяется как энергия, расходуемая человеком в состоянии покоя сидя. Для среднего взрослого человека это примерно одна калория на каждые килограмм массы тела в час. Также для оценки степени физической активности используют шкалу «индивидуального восприятия нагрузки», отражающую субъективное ощущение тяжести физической нагрузки по шкале от 1 до 10.

В зависимости от интенсивности физическая активность может быть разделена на несколько уровней. Разделение физической активности по степени интенсивности имеет значение не только в целях определения физиологической реакции, планирования и организации физической деятельности, но при сахарном диабете, определяет краткосрочное и долгосрочное влияние физической активности на уровень глюкозы в крови. Это важно для предупреждения гипогликемии и поддержания показателей глюкозы в целевом диапазоне.

Виды физической активности в зависимости от интенсивности

Вид физической активности	Описание	Примеры
Легкая физическая активность	Физическая активность, выполняемая в диапазоне от 1,5 до 3 MET (по	Медленная ходьба, купание или другие случайные действия,

	абсолютной шкале интенсивности). По шкале индивидуального восприятия нагрузки обычно составляет 2–4 балла.	которые не приводят к существенному увеличению частоты сердечных сокращений или дыхания.
Умеренная (средняя) физическая активность	Физическая активность, которая в 3–6 раз превышает интенсивность в покое (МЕТ). По шкале индивидуального восприятия нагрузки обычно составляет 5 или 6 баллов.	Очень быстрая ходьба (5-6 км в час) Уборка по дому (мытьё окон/полов, уборка пылесосом) Езда на велосипеде с небольшой скоростью (15-20 км в час) Бадминтон Теннис
Высокая физическая активность	Физическая активность, выполняемая с интенсивностью 6 или более МЕТ по абсолютной шкале или 7 или 8 баллов по шкале индивидуального восприятия нагрузки	Пеший туризм Бег со скоростью 8-10 км в час Гребля Переноска тяжелых грузов Быстрая езда на велосипеде (20-25 км в час) Игра в баскетбол Футбол

Рекомендации по физической активности у детей и подростков (ВОЗ)

Положительное значение физической активности хорошо установлено для детей и подростков в возрасте от 5 до 17 лет [1,2]. Физическая активность в этом возрасте благотворно влияет на следующие показатели здоровья: физическую форму (кардиореспираторная и мышечная выносливость), кардиометаболическое здоровье (артериальное давление, дислипидемия, инсулинорезистентность), здоровье костей, когнитивные способности (успеваемость, исполнительные функции), психическое здоровье (уменьшение симптомов депрессии) и уменьшение ожирения.

Детям и подросткам в возрасте 5-17 лет рекомендуется:

- Регулярная, от умеренной до высокой интенсивности, в основном аэробная, физическая активность в среднем не менее 60 минут в день в течение недели;

- Как минимум 3 дня в неделю, аэробная физическая активность высокой интенсивности и упражнения для укрепления мышечной и костной ткани.
- Дети и подростки должны ограничивать время, проводимое в сидячем положении, особенно время, проводимое за экраном.

Безусловно, физическая активность имеет важное значение и для детей более раннего возраста, хотя на сегодняшний день не существует глобальных рекомендаций по конкретной частоте, интенсивности и продолжительности физической активности, соответствующему количеству «экранного времени» и оптимальной продолжительности сна, необходимых для здоровья в этой возрастной группе. В то же время физическая активность у детей в возрасте до 5 лет благоприятно связана с такими показателями здоровья, как ожирение, здоровье костей и скелета, кардиометаболическое здоровье, развитие когнитивных и моторных навыков. Тем не менее,

В течение суток детям грудного возраста (младше одного года) рекомендуется:

- Заниматься разнообразными видами физической активности несколько раз в день, в частности играя на полу во взаимодействии со взрослым; чем больше, тем лучше. Если ребенок еще не может самостоятельно передвигаться, ему рекомендуется проводить не менее 30 минут в день в положении лежа на животе (в различное время суток в периоды бодрствования);
- Не оставаться в условиях ограниченной подвижности более одного часа подряд (например, в люльках /колясках, детских креслах или переносках и эрго рюкзаках).
- Проводить время перед экраном не рекомендуется.
- В периоды ограниченной подвижности ребенку рекомендуется обеспечить общение со взрослым, например, в виде чтения сказок и историй; и
- Иметь 14-17 часов (в возрасте от 0 до 3 месяцев) или 12-16 часов (в возрасте от 4 до 11 месяцев) качественного здорового сна, включая дневной сон.

В течение суток детям в возрасте 1-2 лет рекомендуется:

- В общей сложности не менее 180 минут в день заниматься разнообразными видами физической активности любой интенсивности, включая физическую активность умеренной и высокой интенсивности; чем больше, тем лучше;
- Не оставаться в условиях ограниченной подвижности более одного часа подряд (например, в люльках /колясках, детских креслах или

переносках и эрго рюкзаках) и не оставаться в положении сидя в течение продолжительного периода времени.

- Детям в возрасте 1 года проводить время сидя перед экраном (например, смотреть мультфильмы по телевизору или на переносных устройствах, играть в видеоигры) не рекомендуется.
- Детям в возрасте 2 лет рекомендуется не сидеть перед экраном более 1 часа в день; чем меньше, тем лучше.
- В периоды ограниченной подвижности ребенку рекомендуется обеспечить общение со взрослым, например, в виде чтения сказок и историй; и
- Иметь 11–14 часов качественного здорового сна, включая дневной сон, с соблюдением стабильного режима сна и бодрствования.

В течение суток детям в возрасте 3-4 лет рекомендуется:

- В общей сложности не менее 180 минут в день заниматься разнообразными видами физической активности любой интенсивности, из которых не менее 60 минут – умеренной и высокой интенсивности; чем больше, тем лучше;
- Не оставаться в условиях ограниченной подвижности более одного часа подряд (например, в люльках /колясках) и не оставаться в положении сидя в течение продолжительного периода времени.
- Рекомендуется не сидеть перед экраном более 1 часа в день; чем меньше, тем лучше.
- В периоды ограниченной подвижности ребенку рекомендуется обеспечить общение со взрослым, например, в виде чтения сказок и историй; и
- Иметь 10–13 часов качественного здорового сна, при необходимости включая дневной сон, с соблюдением стабильного режима сна и бодрствования.

Рекомендации по физической активности у детей и подростков с сахарным диабетом

Важно отметить, что рекомендации по физической активности у детей с сахарным диабетом существенно не отличаются от таковых для остальных детей [3].

- 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.

Физические нагрузки у детей и подростков с сахарным диабетом имеют множество положительных эффектов для физического здоровья и психологического благополучия включая [6–9]:

- 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

Сахарный диабет не должен сам по себе являться противопоказанием для занятий избранным видом спорта [3]. Подтверждением тому является множество 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, трёхкратный чемпион мира), Бобби Кларк (Канадский хоккеист, двукратный обладатель Кубка Стэнли), Крис Фримен (американский профессиональный лыжник, четырехкратный участник олимпийских игр) и многие другие профессионалы.

Возможность участвовать в тренировках и соревнованиях должна рассматриваться в большей степени в контексте общего физического здоровья. В то время как состояние гликемического контроля сахарного диабета определяет риски и допустимость физических нагрузок непосредственно перед ними.

Ограничения для физических нагрузок при сахарном диабете

Наличие сахарного диабета накладывает определенные ограничения для проведения физических нагрузок, которые можно разделить на стойкие и временные. К стойким следует отнести наличие прогрессирующих стадий диабетической нефропатии и диабетической ретинопатии [3,10]. При наличии данных осложнений противопоказаны силовые упражнения и анаэробные нагрузки т.к. они приводят к повышению артериального давления, что может усугубить течение и спровоцировать прогрессирование болезни.

Ограничения для физических нагрузок при сахарном диабете

- Осложнения сахарного диабета (нефропатия, ретинопатия) – силовые упражнения и анаэробные нагрузки т.к. приводят к повышению АД
- Повышение уровня кетонов $\geq 1,5$ ммоль/л в крови (++) в моче

- ГК >15 ммоль/л + кетоны >0,5-1,5 ммоль/л – до нормализации кетонов
- Тяжелая гипогликемия за последние 24 часа или повторяющихся эпизодов легкой гипогликемии во время предшествующей физической активности
- Предшествующие эпизоды гипогликемии - нагрузки, ассоциированные с высоким риском травм (горные лыжи, скалолазание, подводное плавание и т.п.)
- Нестабильный гликемический контроль – интенсивные нагрузки
- Травмы и инфекции

Временные ограничения к физическим нагрузкам при сахарном диабете обусловлены текущим состоянием гликемического контроля ребенка: в последнее время и непосредственно перед физическими нагрузками.

Предшествующая гипогликемия имеет свойство снижать чувствительность к последующим эпизодам гипогликемии и особенно это касается тяжелых гипогликемических состояний, которые также связаны с функциональными изменениями ЦНС [11,12]. Поэтому при наличии накануне повторных эпизодов гипогликемии следует отказаться от физической активности, связанной с высоким риском для здоровья, а также проявить осторожность при других физических нагрузках. Наличие эпизода тяжелой гипогликемии или повторяющихся эпизодах легкой гипогликемии во время предшествующей физической активности является абсолютным противопоказанием для любых физических нагрузок в течение как минимум 24 часов – времени необходимого для восстановления контррегуляторной реакции.

Гипергликемия, связанная с дефицитом инсулина, может привести к росту кетонов, особенно в случае интенсивных нагрузок за счет контринсулярного эффекта. Поэтому при наличии умеренного повышения уровня кетонов (>0,5-1,5 ммоль/л) следует ввести корректирующий болюс и отказаться от физических нагрузок до момента нормализации кетонов, а при повышенном уровне (>1,5 ммоль/л) полностью отказаться от любой физической активности.

В целом нестабильный гликемический контроль с частыми эпизодами диабетического кетоацидоза, тяжелой гипогликемии, высокой вариабельностью показателей глюкозы также является основанием для осторожного подхода к физической активности и полным отказом от высокоинтенсивных и соревновательных видов физической нагрузки до улучшения метаболического контроля.

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 бета-клетками и повышение выработки глюкагона альфа-клетками островков поджелудочной железы.

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. Всё это приводит к снижению уровня глюкозы и может привести к гипогликемии во время физических нагрузок при сахарном диабете.

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. Гипогликемия после физических нагрузок связана с повышением чувствительности к инсулину, повышением скорости абсорбции инсулина, повышением утилизации глюкозы (восстановление депо гликогена в печени и мышцах) и снижением контррегуляторной реакции вызванной физическими нагрузками [4].

Таким образом при сахарном диабете имеется значительный риск развития гипогликемии во время и после физических нагрузок. Следовательно, основные рекомендации по контролю сахарного диабета при физических нагрузках направлены на предупреждение гипогликемических состояний, однако не ограничиваются ими.

Факторы влияющие на показатели глюкозы во время физических нагрузок

Одно из основных влияний на изменение уровня глюкозы оказывает вид 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 [4].

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 контр-инсулярных гормонов (адреналин, кортизол) это может приводить к повышению уровня глюкозы [13].

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
- Приём 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 наоборот 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 [4].

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 ч) гипогликемия[11,12]	Снижает чувствительность организма к последующим эпизодам гипогликемии и может повышать риск последующей гипогликемии
Холод, избыток веса[14]	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 и может наоборот потребоваться введение корректирующего болюса на гипергликемию после упражнений [4]. Присутствие анаэробного компонента перед или после физической нагрузки может предотвратить развитие гипогликемии в соответствующие периоды.

ПРОВЕДЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

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

Общие принципы контроля сахарного диабета при физических нагрузках

- Постоянный доступ к легкоусвояемым углеводам (с высоким гликемическим индексом) для предупреждения и лечения гипогликемии
- Прием адекватного количества жидкости
- Регулярный контроль (каждые 20-30 минут) глюкозы с помощью глюкометра или НМГ
- Оценка тенденций изменения глюкозы и сигналов тревоги по НМГ
- Коррекция инсулина и прием дополнительных углеводов проводится в зависимости от вида, продолжительности, времени физической нагрузки и уровня глюкозы
- Прием углеводов для профилактики гипогликемии не должен увеличивать общее потребление энергии сверх затрат и снижать качество питания

Учитывая, что индивидуальный ответ на физическую нагрузку зависит от множества факторов, схема коррекции инсулинотерапии и количество принимаемых для профилактики гипогликемии углеводов требуют персонализации на основании получаемых показателей глюкозы.

Мониторинг уровня глюкозы

Контроль уровня глюкозы может проводиться с использованием глюкометров или НМГ и необходим для оптимизации гликемии и предупреждения гипогликемии во время и после физических нагрузок. Во время физических нагрузок контроль уровня глюкозы должен проводиться регулярно, каждые 30 минут (чаще по необходимости), с целью своевременного вмешательства.

Использование НМГ дополнительно позволяет оценивать тенденцию (направление и скорость) изменения показателей глюкозы и оповещать об изменении уровня глюкозы, что позволяет оптимизировать контроль и предупредить возникновение значительных гипо- и гипергликемий. При использовании НМГ важно учитывать расхождение показателей глюкозы в капиллярной крови и межклеточной жидкости по данным НМГ. При высокой скорости изменения уровня глюкозы «отставание» показателей НМГ

составляет порядка 12-24 минут и может увеличиваться при длительных аэробных нагрузках [5,15]. Вследствие этого, при подозрении на гипогликемию и других пограничных показателях глюкозы, может потребоваться подтверждение показателей НМГ измерением в капиллярной крови [16].

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 оптимальным интервалом между приемом пищи и физической нагрузкой является 90 минут. При этом для успешного предупреждения гипогликемии потребуется снижение дозы болюсного инсулина на 25-75% [17,18]. 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 [18].

Если коррекция болюсного инсулина не проводилась, использование инсулиновой помпы позволяет предупредить гипогликемию во время физической активности путем коррекции базальной скорости на 25-50% [19]. Однако для достижения необходимого эффекта необходимо изменение скорости подачи инсулина за 90 минут до физических нагрузок [19].

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	Базальная скорость (при использовании помпы)
	Прием пищи в течение 2 часов до нагрузки	<ul style="list-style-type: none"> • Прием пищи более чем за 2 часа до нагрузки

		<ul style="list-style-type: none"> Уменьшить скорость (установить ВБС или) за 90 минут до нагрузки
Аэробная	-50%	-50%
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 [4]. 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 приема 0,2-0,5 гр/кг углеводов, в то время как на пике действия болюсного инсулина потребуются в два раза больше углеводов [15,20]. Углеводы необходимо принимать перед и через каждые 30 минут во время физической нагрузки, параллельно с измерением глюкозы.

Допустимый для физических нагрузок уровень глюкозы находится в пределах 5,0-15,0 ммоль/л. В случае гликемии более 15,0 ммоль/л необходимо измерение кетонов и принятия решений 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 [5].

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

Уровень глюкозы	Действия
-----------------	----------

	Ожидается снижение глюкозы	Ожидается стабильный уровень или повышение глюкозы
> 15,0 ммоль/л и кетоны > 0,5 ммоль/л	<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 минут повторно измерить, не начинать/продолжать нагрузку до снижения кетонов • Кетоны 0,6–1,0 ммоль/л: введите ½ корректирующей дозы шприц-ручкой и подождать 15 минут, перед началом/продолжением нагрузки 	
> 15,0 ммоль/л и кетоны < 0,6 ммоль/л	Ввести ½ корректирующей дозы	
10,1 – 15,0 ммоль/л	Углеводы не требуются	
Целевой уровень 7,0 - 10,0 ммоль/л	0,2 – 0,5 г/кг	0 г
5,0 – 6,9 ммоль/л	0,5 г/кг	0,2 г/кг
4,0 – 4,9 ммоль/л	Отложить или прекратить нагрузки на 20 минут 0,3 г/кг	
3,0 – 3,9 ммоль/л	<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	<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, и предыдущего контроля гликемии; **Потребность в углеводах на 30 минут нагрузки (г/кг/30 мин)

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 [17]. 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.

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 [21]. Для профилактики ночной гипогликемии в этом случае необходимо снижение дозы базального инсулина или базальной скорости на 20% [22]. В случае использования инсулиновой помпы базальная скорость корректируется на 6 часов. В случае, если провести коррекцию базального инсулина не представляется возможным, например, при введении базального инсулина в утреннее время, 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 [18,23]. При уровне глюкозы более 10 ммоль/л перед сном прием дополнительных углеводов не целесообразен [23].

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 • При гликемии менее 10 ммоль/л инсулин не требуется • При гликемии менее 7 ммоль/л дополнительно добавить 15 г белка
Смешанная	-25%	-20%	
Анаэробная	-25%	-20%	

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

Использование НМГ при физических нагрузках

НМГ позволяет не только измерять уровень глюкозы, но и оценивать скорость и направление её изменения – тенденцию (или тренд). Значение стрелок тенденций может отличаться в зависимости от системы НМГ.

Значение стрелок тенденций различных систем НМГ

Система	Abbott Freestyle Libre	Dexcom*	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 РФ

При использовании НМГ оценка глюкозы может производиться чаще – перед и каждые 20 минут во время физических нагрузок для принятия решений о приеме необходимого количества углеводов [5]. 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.

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 <ul style="list-style-type: none"> Кетоны 1,1-1,4 ммоль/л: ввести ½ корректирующей дозы шприц-ручкой и через 60 минут повторно измерить, не начинать/продолжать нагрузку до снижения кетонов Кетоны 0,6–1,0 ммоль/л: введите ½ корректирующей дозы шприц-ручкой и подождать 15 минут, перед началом/предложением нагрузки 	
	↑↗→	Ввести ½ корректирующей дозы	

> 15,0 ммоль/л и кетоны < 0,6 ммоль/л	↘↓	Углеводы не требуются	
10,1 – 15,0 ммоль/л	↑↗→	Углеводы не требуются	
	↘	0,1 г/кг**	Углеводы не требуются
	↓	0,2 г/кг	
Целевой уровень 7,0 - 10,0 ммоль/л	↑	Углеводы не требуются	
	↗	0,1 г/кг	
	→	0,2 г/кг	
	↘	0,3 г/кг	0,1 г/кг
	↓	0,4 г/кг	0,2 г/кг
5,0 – 6,9 ммоль/л	↑	0,1 г/кг	Углеводы не требуются
	↗	0,2 г/кг	0,1 г/кг
	→	0,3 г/кг	0,2 г/кг
	↘	0,4 г/кг	0,3 г/кг
	↓	0,5 г/кг	0,4 г/кг
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, и предыдущего контроля гликемии; **Потребность в углеводах на 20 минут нагрузки (г/кг/20 мин)

Как и при использовании самоконтроля глюкозы в капиллярной крови, так и при использовании НМГ допустимый для физических нагрузок уровень глюкозы находится в пределах 5,0-15,0 ммоль/л. В случае гликемии более 15,0 ммоль/л необходимо измерение кетонов и принятия решений 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.

Не запланированная физическая нагрузка

Незапланированная нагрузка представляет гораздо больше сложностей, но как правило, имеет меньшую продолжительность [24]. Кратковременная физическая активность продолжительностью менее 15-20 минут существенно не отражается на показателях глюкозы и поэтому не требует корректировок в план лечения. В то же время физическая нагрузка продолжительностью 30 минут сопровождается снижением уровня глюкозы более чем на 2 ммоль/л и соответственно требует коррекции согласно общим принципам при физической нагрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age. World Health Organization, 2019. 33 p. p.
2. Bull F.C. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour // *Br. J. Sports Med.* 2020. Vol. 54, № 24. P. 1451–1462.
3. 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.
4. Riddell M.C. et al. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement // *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2017. Vol. 5, № 5. P. 377–390.
5. 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.
6. Jamiołkowska-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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Donaghue K.C. et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Microvascular and macrovascular complications in children and adolescents // *Pediatr. Diabetes.* 2018. Vol. 19. P. 262–274.
11. 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.
12. 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.
13. 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.

14. 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. NZ.* 2007. Vol. 37, № 11. P. 937–946.
15. 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.
16. Perrone C., Laitano O., Meyer F. Effect of carbohydrate ingestion on the glycemic response of type 1 diabetic adolescents during exercise // *Diabetes Care.* 2005. Vol. 28, № 10. P. 2537–2538.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Bailey R.C. et al. The level and tempo of children's physical activities: an observational study // *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995. Vol. 27, № 7. P. 1033–1041.