

Эффективное использование системы Flash мониторинга гликемии при физических нагрузках у детей с сахарным диабетом 1 типа

Платонов В.В.^{1, 2},
Патракеева Е.М.³,
Дубинина Т.А.¹,
Скородок Ю.Л.²

¹ Городской детский эндокринологический центр, СПбГБУЗ «Детский городской многопрофильный клинический центр высоких медицинских технологий имени К.А. Раухфуса», 191036, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 194100, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Общество с ограниченной ответственностью «Клиника доктора Фомина», 191014, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В настоящее время не вызывает никаких сомнений тот факт, что регулярная физическая активность (ФА) – обязательная часть эффективного лечения детей и подростков с сахарным диабетом 1-го типа (СД1). При помощи регулярных физических нагрузок можно достичь улучшения чувствительности к инсулину со снижением потребности в нем, уменьшить риск развития макрососудистых хронических осложнений СД, достичь желаемой массы тела и улучшить качество жизни пациентов с СД1 и членов их семей. Результаты недавно опубликованных исследований указывают на статистически достоверную связь регулярной физической активности, самооценки и более низкого уровня гликированного гемоглобина у детей и подростков. Недостаток физической активности тесно связан с увеличением массы тела и ожирением у пациентов с СД1, что приводит к ухудшению метаболического контроля заболевания.

К основным препятствиям на пути к активному образу жизни у детей и подростков с СД1 относят страх гипогликемий и другие ассоциированные с физической нагрузкой страхи. Родительская поддержка при этом служит ключевым фактором, вовлекающим детей в активный образ жизни. Но родители детей с СД1 часто указывают на трудности при компенсации вариабельности гликемии на фоне как запланированной физической активности, так и спонтанной, свойственной детям ежедневной бытовой активности. Поэтому обучение основам физиологической реакции на тот или иной тип двигательной активности наравне с обучением нюансам инсулинотерапии должно быть неотъемлемой частью не только обучения детей с сахарным диабетом, их родителей, друзей, опекунов, но и врачей, осуществляющих систематическое наблюдение детей и подростков с СД1.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Платонов В.В., Патракеева Е.М., Дубинина Т.А., Скородок Ю.Л. Эффективное использование системы Flash мониторинга гликемии при физических нагрузках у детей с сахарным диабетом 1 типа // Эндокринология: новости, мнения, обучение. 2022. Т. 11, № 1. С. 53–64. DOI: <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2022-11-1-53-64>

Статья поступила в редакцию 24.12.2021. **Принята в печать** 21.02.2022.

Ключевые слова:

сахарный диабет;
физическая
активность;
подростки;
непрерывное
мониторирование
гликемии;
гипогликемия

Effective use of the Flash glycemic monitoring system during exercise in children with type 1 diabetes mellitus

Platonov V.V.^{1,2},
 Patrakeeva E.M.³,
 Dubinina T.A.¹,
 Skorodok Yu.L.²

¹ City Pediatric Endocrinology Center, St. Petersburg Children's municipal multi-specialty clinical center of high medical technologies named after K.A. Rauhfus, 191036, Saint Petersburg, Russian Federation

² St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 194100, Saint Petersburg, Russian Federation

³ Fomin Clinic Saint-Petersburg LLC, 191014, Saint Petersburg, Russian Federation

There is no doubt that regular physical activity (PA) is an essential part of the effective treatment of children and adolescents with type 1 diabetes mellitus (T1DM). Regular physical activity can improve insulin sensitivity with reduced insulin requirements, reduce the risk of macrovascular chronic complications of diabetes, achieve desired weight and improve the quality of life of patients with T1DM and their families. The results of recently published studies indicate a statistically significant association of regular physical activity, self-esteem and lower levels of glycated hemoglobin in children and adolescents. The lack of physical activity is closely associated with weight gain and obesity in patients with T1DM, which leads to a deterioration in the metabolic control of the disease.

Despite the obvious positive effects of exercise, fear of hypoglycaemia and other exercise-related fears, similar to those experienced by children without diabetes, are major barriers to an active lifestyle in children and adolescents with T1DM. Parental support is a key factor in involving children in an active lifestyle. However, parents of children with T1DM often report difficulties in compensating for glycemic variability against the background of both planned physical activity and spontaneous daily household activity typical of children.

Teaching the basics of the physiological response to a particular type of motor activity, along with teaching the nuances of insulin therapy, should be an integral part of not only teaching children with diabetes, their parents, friends, guardians, but also doctors who systematically monitor children and adolescents with T1DM.

Funding. The study had no sponsor support.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Platonov V.V., Patrakeeva E.M., Dubinina T.A., Skorodok Yu.L. Effective use of the Flash glycemic monitoring system during exercise in children with type 1 diabetes mellitus. *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obucheniye* [Endocrinology: News, Opinions, Training]. 2022; 11 (1): 53–64. DOI: <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2022-11-1-53-64> (in Russian)

Received 24.12.2021. **Accepted** 21.02.2022.

Keywords:

type 1 diabetes;
 physical activity;
 adolescents;
 glucose monitoring;
 hypoglycemia

В настоящее время не вызывает никаких сомнений тот факт, что регулярная физическая активность (ФА) – обязательная часть эффективного лечения детей и подростков с сахарным диабетом 1-го типа (СД1). При помощи регулярных физических нагрузок можно обеспечить улучшение чувствительности к инсулину со снижением потребности в нем, уменьшить риск развития макрососудистых хронических осложнений СД, достичь желаемой массы тела, а также улучшить качество жизни пациентов с СД1 и членов их семей [1]. Результаты недавно опубликованных исследований указывают на связь регулярной физической активности, самооценки и более низкого уровня гликированного гемоглобина (HbA1c) у детей и подростков [2]. Недостаток ФА тесно связан с увеличением массы тела и ожирением у пациентов с СД1, что приводит к ухудшению метаболического контроля заболевания [1, 3].

Несмотря на очевидные положительные эффекты физических упражнений, страх гипогликемий и другие страхи,

ассоциированные с физической нагрузкой, аналогичные тем, которые испытывают и дети без СД, становятся основными препятствиями на пути к активному образу жизни у детей и подростков с СД1 [4, 5]. Родительская поддержка при этом служит ключевым фактором, вовлекающим детей в активный образ жизни. Однако родители детей с СД1 часто указывают на трудности при компенсации вариабельности гликемии на фоне как запланированной физической активности, так и спонтанной, свойственной детям ежедневной бытовой активности. Поэтому обучение основам физиологической реакции на тот или иной тип двигательной активности наравне с обучением нюансам инсулинотерапии должно быть неотъемлемой частью не только обучения детей с СД, их родителей, друзей, опекунов, но и врачей, осуществляющих систематическое наблюдение детей и подростков с СД1.

ФА – это какое-либо движение тела, производимое скелетными мышцами, которое требует расхода энергии. Выделяют базовую ФА (ежедневную бытовую) и структурированную – вид

ФА, который специальным образом спланирован, структурирован и представляет собой повторяющиеся движения тела [6].

Структурированная ФА делится на аэробную нагрузку, когда производятся ритмичные и повторяемые движения большой группы мышц на протяжении минимум 5–10 мин и которая зависит от возможности транспортировать и утилизировать кислород, и на анаэробную – нагрузку, использующую мышечную силу для работы с различной массой или сопротивлением, связанную с возможностью организма продуцировать энергию без кислорода [3, 5, 6].

ФА влияет на уровень глюкозы по-разному. Как правило, аэробная нагрузка низкой и умеренной интенсивности приводит к снижению уровня глюкозы во время физической активности, в то время как высокоинтенсивная аэробная или анаэробная активность приводит к ее увеличению. Упражнения на сопротивление также ассоциированы со снижением уровня гликемии, однако выраженность этого снижения значительно меньше [3, 6]. К сожалению, степень изменений уровня глюкозы в крови может отличаться у пациентов даже при сопоставимой интенсивности и длительности физической нагрузки, что делает создание универсальных клинических рекомендаций для пациентов с СД1 достаточно сложным процессом.

Важно помнить о том, что регулярную ФА можно рассматривать как самое эффективное средство для достижения целевых показателей липидного спектра и артериального давления [7, 8]. В ряде исследований было показано, что у более тренированных людей, помимо улучшения липидного профиля, определены более низкие показатели тканевого активатора ингибитора плазминогена-1 в сравнении с теми, кто ведет малоподвижный образ жизни [8]. Однако данное направление требует проведения более масштабных исследований, включающих большее количество пациентов.

Метаболическая регуляция гомеостаза глюкозы во время ФА сложна и определяется несколькими гормональными и негормональными факторами.

Более интенсивная аэробная активность утилизирует большее количество глюкозы из крови в качестве источника энергии. В постабсорбтивном состоянии печень отвечает за продукцию глюкозы во время физической активности и поддерживает ее необходимое количество для сокращения мышц и работы центральной нервной системы. Известно, что продукция глюкозы печенью у людей без СД повышается в 2–3 раза в ответ на нагрузку низкой и умеренной интенсивности. При более интенсивных нагрузках продукция глюкозы печенью превышает ее потребление периферическими органами из-за повышения уровня катехоламинов, что приводит к гипергликемии. Скорость и степень утилизации глюкозы возрастают при увеличении длительности физической нагрузки, так как количество гликогена в мышцах уменьшается. Когда запасы гликогена печени истощаются, а также в ситуации нарушения продукции глюкозы по причине увеличения концентрации циркулирующего инсулина, даже у людей без диабета могут появиться симптомы гипогликемии.

Гипогликемия приводит к большому количеству физиологических и психологических барьеров на пути к достижению оптимальной компенсации СД1 и к значимому эмоциональному выгоранию самих пациентов и их близких [9]. Известно, что страх гипогликемий вместе с самими гипогликемиями – один

из ключевых факторов, которые приводят к неудовлетворительной компенсации СД, и он остается самым серьезным препятствием для детей и подростков, зачастую доставляя им больше хлопот, чем пациентам с СД1 из других возрастных групп [4, 5, 9]. Это в значительной степени влияет на повседневные привычки молодых пациентов с СД1, приводя к снижению их физической активности в повседневной жизни. Риск развития гипогликемии во время физических упражнений варьирует в зависимости от продолжительности и интенсивности тренировочного процесса. При этом вероятность ее развития выше при упражнениях высокой интенсивности по сравнению с интервальными тренировками той же интенсивности [2, 3, 5].

Улучшению показателей гликемического контроля при различном уровне и интенсивности ФА в любой возрастной группе способствует следование определенным стратегиям. В первую очередь следует уделять внимание уровню тренированности и риску развития гипогликемий и чувствительности к ним (рис. 1).

Поскольку не только занятия спортом, но и рекомендованная ФА приводят к значимым колебаниям уровня глюкозы в крови, необходимый уровень ФА в повседневной жизни считают определенного рода вызовом для детей с СД и их близких. В этой непростой ситуации может стать полезным использование новых технологий, таких как непрерывное мониторирование уровня глюкозы в режиме реального времени либо с периодическим сканированием (Flash мониторинг гликемии), которые позволяют наблюдать за тенденциями в гликемическом профиле пациентов, а также способствовать уменьшению риска развития гипогликемии [10, 11].

Имеющиеся в настоящее время в распоряжении клиницистов рекомендации Американской диабетической ассоциации (American Diabetes Association, ADA) и Международного общества по диабету у детей и подростков (International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes, ISPAD) говорят о том, что время, длительность и интенсивность физических нагрузок в подавляющем большинстве случаев предсказуемы и прогнозируемы, но это в большей степени относится к старшей возрастной категории и достаточно проблематично для детей раннего возраста, у которых ФА носит спонтанный характер. Соответственно в данном случае планирование и прогнозирование эффектов ФА не представляются возможным.

ФА детей в возрасте до 4 лет в значительной степени зависит от их окружения и возможностей исследовать пространство вокруг себя. ФА при этом способствует адекватной скорости развития, поскольку активное взаимодействие с окружающим миром имеет отношение и к эмоциональному статусу малышей. В данном возрастном периоде можно рекомендовать детям с СД1 как минимум 30 мин ФА в день для развития необходимых моторных навыков и не допускать полного отсутствия какой-либо подвижности на протяжении 60 мин, за исключением времени сна [1, 6].

Начиная с 3 лет необходимо добавлять структурированную ФА в течение 60 мин ежедневно в сочетании с регулярной базовой нагрузкой, которая в этом возрасте также важна и для социализации ребенка с СД1.

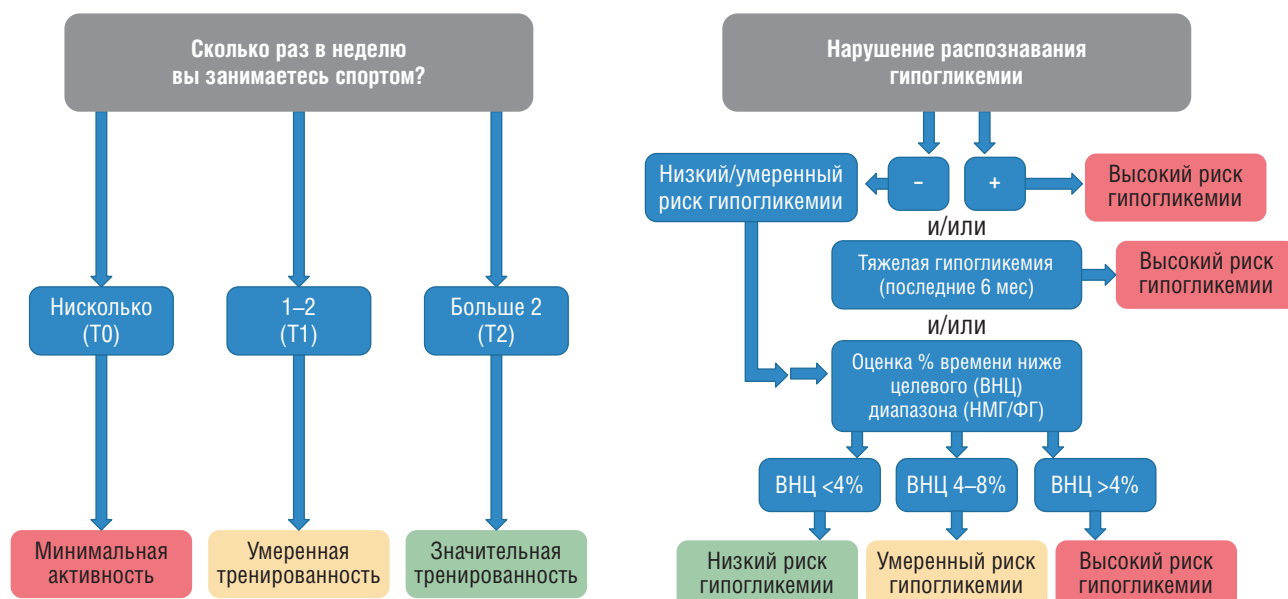


Рис. 1. Алгоритм определения степени тренированности и риска гипогликемий
НМГ – непрерывное мониторирование гликемии; ФГ – Flash мониторирование гликемии; ВНЦ – время ниже целевого диапазона (адаптировано по O. Moser и соавт. [6])

На каждые 30 мин физической активности в любой возрастной группе может понадобиться прием дополнительного количества углеводов для уменьшения риска развития тяжелой гипогликемии. Важно понимание того факта, что изменение инсулинотерапии до нагрузки в возрастной группе 0–4 лет – практически неосуществимая стратегия ввиду непредсказуемости длительности и интенсивности нагрузки. Ввиду вероятной недооценки симптомов гипогликемии и отсутствия способности вербализовать свои ощущения, частый контроль уровня гликемии во время ФА и/или использования систем непрерывного мониторирования при условии приема дополнительных 5–10 г углеводов на каждые 30–60 мин считают достаточной мерой для профилактики возникновения гипогликемий [6]. У детей этой возрастной группы необходимый минимум – оценка уровня гликемии в начале ФА, каждый 1 ч ее продолжения и после нее с рекомендованным стартовым диапазоном 8–11 ммоль/л [6, 12].

В случае обеспокоенности родителей по поводу избыточной ФА ребенка во время нахождения в школе могут быть рекомендованы различные стратегии поведения в виде изменения рутинной инсулинотерапии путем снижения дозы базального инсулина или введения дополнительных перекусов в течение дня, но непредсказуемость детского поведения может в один момент нарушить и изменить все запланированные мероприятия и сделать их как минимум менее, если не совсем неэффективными [1, 9, 13].

Существует несколько стандартных успешных стратегий изменения инсулинотерапии относительно запланированных эпизодов ФА. Если ФА следует в 2-часовом временном интервале после приема пищи, то необходимо уменьшить величину прандиального болюса с целью снижения рисков развития гипогликемии во время тренировки. При планировании физических нагрузок средней и высокой интенсивности величина снижения дозы прандиального инсулина может достигать 50% рутинной. Если же запланированная ФА должна состояться более чем через 2 ч после приема пищи, то, как правило, сни-

жение прандиальной дозы инсулина не требуется [6]. Если предстоящая физическая нагрузка будет носить анаэробный характер или сопровождаться стрессовыми реакциями, такими как участие в соревнованиях, то, наоборот, может потребоваться предварительное увеличение прандиального болюса на предшествовавший прием пищи [14].

Пациенты на помповой инсулинотерапии могут корректировать текущую инсулинотерапию в предтренировочном периоде путем изменения величины временной базальной скорости в ту или иную сторону в зависимости от актуальных условий [14, 15].

Данные стратегии успешны только в случае дальнейшего динамического наблюдения, контроля уровня гликемии и последующего анализа полученных данных с целью выработки наиболее эффективных для данного ребенка в конкретной ситуации.

На начальном предтренировочном этапе целевой уровень гликемии необходимо установить в диапазоне 8,0–11,0 ммоль/л. Детям и подросткам, планирующим физическую нагрузку более высокой интенсивности, и/или при более выраженном риске развития гипогликемии данный диапазон может быть изменен в сторону 9,0–12,0 ммоль/л или выше (у нетренированных людей и детей с очень высоким риском развития гипогликемий) [6, 15]. Данные значения гликемии достигают путем уменьшения дозы предшествовавшего физической активности прандиального болюса на 25–75% при понимании того, что степень снижения этой дозы зависит от типа, длительности и интенсивности предстоящей физической нагрузки [6, 14, 15].

Если уровень глюкозы ниже рекомендованных значений, можно использовать прием определенного количества быстрых углеводов (10–15 г), при этом непосредственно тренировочный процесс следует начинать строго при уровне гликемии >5 ммоль/л, в идеале – 8–11 ммоль/л. Более высокие стартовые пороги предтренировочного уровня гликемии следует рекомендовать людям с высоким риском развития гипогликемий [6, 15].

Таблица 1. Терапевтические стратегии на предтренировочном этапе. Аэробная нагрузка (АН) при легкой или умеренной физической активности (ФА)

Уровень глюкозы до ФА			Тренд	Действие	
T2 и/или низкий риск гипогликемии	T1 и/или умеренный риск гипогликемии	T0 и/или высокий риск гипогликемии	направление	ожидается повышение уровня глюкозы по сенсору	ожидается снижение уровня глюкозы по сенсору
>15,0 ммоль/л и >1,5 ммоль/л кетонов крови			↑↗→↘↓	ФА противопоказана, инсулин на коррекцию	
>15,0 ммоль/л и ≤1,5 ммоль/л кетонов крови			↑↗	Доза на коррекцию (коэффициент чувствительности 50%); можно начать АН	Доза на коррекцию (коэффициент чувствительности 50%); можно начать любую ФА
			→	Доза на коррекцию (коэффициент чувствительности 50%); можно начать АН	Можно начать любую ФА
			↘↓	Можно начать любую ФА	
10,1–15,0 ммоль/л	11,1–15,0 ммоль/л	12,1–15 ммоль/л	↑↗	Можно начать АН. Можно начать любую ФА	
			→	Можно начать любую ФА	
			↘↓		
7,0–10,0 ммоль/л	8,0–11,0 ммоль/л	9,0–12,0 ммоль/л	↑↗	Можно начать любую ФА	
			→		
			↘↓	~5 г углеводов (0,2 г/кг); можно начать любую ФА	~10 г углеводов (0,3 г/кг); можно начать любую ФА
5,0–6,9 ммоль/л	5,0–7,9 ммоль/л	5,0–8,9 ммоль/л	↑↗	Можно начать любую ФА	~5 г углеводов (0,2 г/кг); можно начать любую ФА
			→	~5 г углеводов (0,2 г/кг); можно начать любую ФА	~10 г углеводов (0,3 г/кг); можно начать любую ФА
			↘	~10 г углеводов (0,3 г/кг) отложить любую ФА ¹	~15 г углеводов (0,4 г/кг) отложить любую ФА ¹
			↓	Прием индивидуального количества быстрых углеводов, отложить любую ФА ¹	
<5,0 ммоль/л			Прием индивидуального количества быстрых углеводов, отложить любую ФА ¹		

¹ – отложить ФА до достижения хотя бы 5,0 ммоль/л, а в идеале – уровня глюкозы от 7,0 до 10,0 ммоль/л или выше в ситуациях повышенного риска развития гипогликемии и → или ↑ (адаптировано по О. Moser и соавт. [6]). Здесь и в табл. 2, 3: T0 – минимальная тренированность (нет занятий спортом); T1 – умеренная тренированность (1–2 занятия спортом в неделю); T2 – значительная тренированность (больше 2 занятий спортом в неделю).

Таблица 2. Терапевтические стратегии на тренировочном этапе. Аэробная нагрузка (АН) при легкой или умеренной физической активности (ФА)

Уровень глюкозы во время ФА			Тренд	Действие	
T2 и/или низкий риск гипогликемии	T1 и/или умеренный риск гипогликемии	T0 и/или высокий риск гипогликемии	направление	ожидается повышение уровня глюкозы по сенсору	ожидается снижение уровня глюкозы по сенсору
>15,0 ммоль/л и >1,5 ммоль/л кетонов крови			↑ ↗ → ↘ ↓	Прекратить ФА, введение инсулина (коэффициент чувствительности), не возобновлять ФА	
>15,0 ммоль/л и ≤1,5 ммоль/л кетонов крови			↑ ↗	Доза на коррекцию (50%) ¹ ; можно продолжать любую ФА	Можно продолжить любую ФА; можно начать легкую АН
			→	Доза на коррекцию (50%) ¹ ; можно продолжать любую ФА	Можно продолжать любую ФА
			↘ ↓	Можно продолжать любую ФА	
10,1– 15,0 ммоль/л	11,1– 15,0 ммоль/л	12,1– 15 ммоль/л	↑ ↗	Можно продолжать любую ФА доза на коррекцию (50%)	
			→	Можно продолжать любую ФА	
			↘ ↓	Можно продолжать любую ФА	
7,0– 10,0 ммоль/л	8,0– 11,0 ммоль/л	9,0– 12,0 ммоль/л	↑ ↗	Можно продолжать любую ФА	
			→		
			↘ ↓		
<7,0 ммоль/л	<8,0 ммоль/л	<9,0 ммоль/л	↑ ↗	Можно продолжать любую ФА	
			→	~5 г углеводов (0,2 г/кг массы тела) ² ; можно продолжать любую ФА	~10 г углеводов (0,3 г/кг массы тела) ² ; можно продолжать любую ФА
			↘	~10 г углеводов (0,3 г/кг массы тела) ² ; можно продолжать любую ФА	~15 г углеводов (0,4 г/кг массы тела) ² ; можно продолжать любую ФА
			↓	~15 г углеводов (0,4 г/кг массы тела) ² ; можно продолжать любую ФА	~20 г углеводов (0,4–0,5 г/кг массы тела) ² ; можно продолжать любую ФА
<5,0 ммоль/л			↑ ↗ → ↘ ↓	Прекратить любую ФА; измерить уровень глюкозы крови глюкометром. Прием индивидуально рассчитанного для купирования гипогликемии количества углеводов, определить уровень глюкозы по сенсору через 30 мин после приема углеводов и повторить их прием, если это нужно. Можно возобновить любую ФА при достижении значения глюкозы по данным сенсора, равного хотя бы 5,0 ммоль/л и → или ↑	
<3,0 ммоль/л			Прекратить любую ФА, измерить уровень глюкозы в крови глюкометром, прием индивидуально рассчитанного для купирования гипогликемии количества углеводов, не возобновлять ФА		

¹ – при наличии кетонов в крови исследование крови на кетоны следует повторить после ФА; ² – оценить уровень глюкозы сенсора хотя бы через 30 мин после приема углеводов и повторить их прием, если это необходимо (адаптировано по O. Moser и соавт. [6]).

При значении гликемии >15 ммоль/л и значимой кетонемии ($>1,5$ ммоль/л) физические упражнения противопоказаны и их необходимо отложить до диапазона снижения кетонемии 0,6–1,4 ммоль/л и купирования гипергликемии. Таким образом, важным моментом в решении вопроса о возможности начала структурированной физической активности необходимо считать не только текущий уровень гликемии, но и уровень кетонов, так как его нормализация происходит медленнее, чем нормализация уровня гликемии. Гипергликемию перед тренировкой следует купировать путем введения корректирующего болюса, величина которого составляет 50% величины, используемой рутинно [6].

Основные терапевтические стратегии, направленные на улучшение гликемического контроля до начала ФА, представлены в табл. 1.

Во время тренировочного процесса целевой гликемический диапазон, как правило, устанавливают на значениях 5,0–10,0 ммоль/л, в идеале – 7,0–10,0 ммоль/л, границы данного диапазона могут быть смещены в сторону более высоких значений у нетренированных детей или людей с высоким риском развития гипогликемий. Дополнительный прием углеводов при достижении нижней границы целевого диапазона 7,0–8,0 или даже 9,0 ммоль/л в зависимости от гипогликемического риска значительно улучшает прогнозы по развитию гипогликемий во время тренировки. В случае повышения уровня гликемии >15 ммоль/л показана оценка уровня кетонов в крови, при выявлении кетонемии $>1,5$ ммоль/л тренировочный процесс требуется приостановить или прекратить до момента купирования гипергликемии и гиперкетонемии путем введения 50% рутинного корректирующего болюса. Повышенное содержание кетонов $>1,5$ ммоль/л в обязательном порядке должно сопровождаться повторными последовательными измерениями уровней гликемии с целью верификации отсутствия прогрессирования кетоза и развития диабетического кетоацидоза. Если гипергликемия >15 ммоль/л сопровождается низким уровнем кетонов – $<1,5$ ммоль/л, любая анаэробная нагрузка должна быть заменена на легкую аэробную с целью предотвращения повышения уровня гликемии как результата симпатoadrenalного ответа на (ан)аэробную физическую нагрузку [6].

Также физическую нагрузку приостанавливают при достижении уровня гликемии $<5,0$ ммоль/л, что должно сопровождаться контролем уровня гликемии глюкометром и приемом быстрых углеводов. Возобновление тренировки возможно при повышении уровня гликемии $>5,0$ ммоль/л. При снижении уровня гликемии $<3,0$ ммоль/л любые физические упражнения необходимо прекратить.

Контроль гликемии во время тренировки следует осуществлять с частотой не реже 1 раза в 15 мин, поэтому использование систем удаленного мониторинга в данной ситуации – неоспоримое преимущество. Оценка динамики изменения уровня глюкозы в крови и данных направления стрелок тенденции при достижении нижнего значения индивидуального целевого диапазона позволяет принять необходимое рекомендованное количество быстрых углеводов с целью стабилизации значений (табл. 2).

В течение 2 ч после занятий спортом для восполнения запасов гликогена в печени и мышцах рекомендуется прием

углеводов и белков, данные рекомендации относятся также к людям без СД [14].

В течение 1,5 ч после окончания тренировки значения гликемии должны находиться в пределах диапазона 4,4–10,0 ммоль/л или выше (учитывая индивидуальные риски возможности развития гипогликемии). В случае резкого повышения уровня гликемии после тренировки целесообразно введение корректирующего болюса, величина которого должна составлять 50% стандартного [1, 6, 15].

В то же время следует рассмотреть возможность отмены введения корректирующего болюса или снижения его величины в вечернее время перед отходом ко сну, так как это повышает возможные риски развития посттренировочной ночной гипогликемии. Частый контроль гликемии в данное время может в значительной степени способствовать снижению вероятности возникновения отсроченной гипогликемии, возникающей иногда и после гиперкоррекции подъема уровня глюкозы дополнительными болюсными введениями.

В случае снижения уровня гликемии $<3,9$ ммоль/л следует принять стандартное рекомендуемое количество быстрых углеводов. При повышенном риске развития гипогликемий прием дополнительных углеводов можно рекомендовать на более высоком гликемическом пороге [6, 16]. Употребление углеводов следует повторять до момента стабилизации уровня глюкозы в крови. Между приемом углеводов и началом изменения уровня гликемии существует временная задержка порядка 15 мин, что необходимо принимать во внимание. Учитывая возможные риски развития гипогликемии, особенно в ночные часы после структурированной физической активности, у детей следует проводить оценку уровня гликемии как минимум дважды в течение ночи, как правило, в 01:00 и в 04:00.

Основные терапевтические стратегии, направленные на улучшение гликемического контроля после ФА, представлены в табл. 3.

Клинический случай

Подросток, 15 лет. СД выявлен в состоянии диабетического кетоацидоза в марте 2021 г. На тот момент рост ребенка составлял 153,2 см, масса тела 42,1 кг. За 3 нед до манифестации появились полиурия, полидипсия, похудел на 4 кг. Самостоятельно измерили уровень гликемии глюкометром после обеда, выявили 9,7 ммоль/л. Обратились на прием к эндокринологу по месту жительства. При амбулаторном обследовании в поликлинике выявлена гипергликемия натощак 9,1 ммоль/л, уровень гликированного гемоглобина 8,4%. От предложенной экстренной госпитализации родители отказались. Отказ от госпитализации был связан с желанием пройти дополнительные обследования в другой клинике с целью исключения диагноза «сахарный диабет».

При прохождении дальнейшего обследования амбулаторно были выявлены повышенные титры антител к глутаматдекарбоксилазе (GAD), инсулину, тирозинфосфатазе. Контроль гликемии, коррекцию питания и режима в период амбулаторного обследования родители ребенка не осуществляли. Через 1 нед после первичного обращения к эндокринологу мальчик госпитализирован бригадой скорой помощи в эндокринологический стационар.

Таблица 3. Терапевтические стратегии на посттренировочном этапе*

Уровень глюкозы после физической активности			Тренд	Действие
T2 и/или низкий риск гипогликемии	T1 и/или умеренный риск гипогликемии	T0 и/или высокий риск гипогликемии	направление	углеводы (г)
4,4 ммоль/л	<5,0 ммоль/л	<5,6 ммоль/л	↗	Не принимать дополнительное количество углеводов
			→	~5 г углеводов (0,2/кг массы тела)
			↘	~10 г углеводов (0,3/кг массы тела)
			↓	Прием индивидуально рассчитанного количества углеводов

* – адаптировано по O. Moser и соавт. [6].

Отчет AGP

6 мая 2021 г. — 19 мая 2021 г. (14 дней)

LibreView

СТАТИСТИКА ПО УРОВНЯМ ГЛЮКОЗЫ И ЦЕЛЕВЫЕ ДИАПАЗОНЫ

6 мая 2021 г. — 19 мая 2021 г.

14 дней

% времени нахождения датчика в активном состоянии

98%

Диапазоны и целевые значения для	диабета 1-го типа или 2-го типа
Диапазоны содержания глюкозы	Целевые диапазоны % показаний (время/день)
Целевой диапазон 3,9–10,0 ммоль/л	Более 70% (16 ч 48 мин)
Ниже 3,9 ммоль/л	Менее 4% (58 мин)
Ниже 3,0 ммоль/л	Менее 1% (14 мин)
Выше 10,0 ммоль/л	Менее 25% (6 ч)
Выше 13,9 ммоль/л	Менее 5% (1 ч 12 мин)
Каждое увеличение во времени на 5% в диапазоне (3,9–10,0 ммоль/л) является клинически полезным	

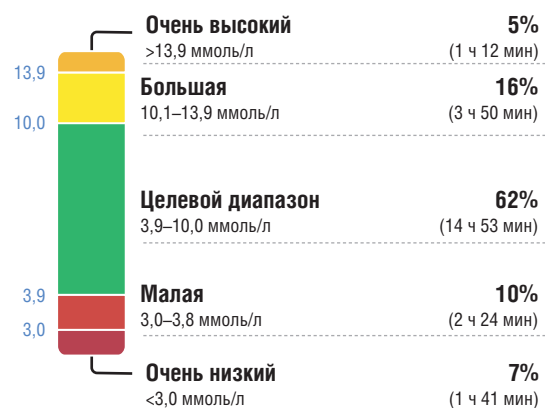
Глюкоза средн. 7,1 ммоль/л

Показатель контроля за уровнем глюкозы (GMI) 6,3%, или 46 ммоль/моль

Вариабельность уровня глюкозы 50,1%

Определяется как коэффициент вариации в процентах (КВ, %) целевое значение ≤36%

ВРЕМЯ В ДИАПАЗОНАХ



АМБУЛАТОРНЫЙ ПРОФИЛЬ ГЛЮКОЗЫ (AGP)

AGP представляет собой сводные данные по значениям содержания глюкозы за отчетный период, при этом медиана (50%) и другие проценти́ли показаны таким образом, как будто определены в течение одного дня.

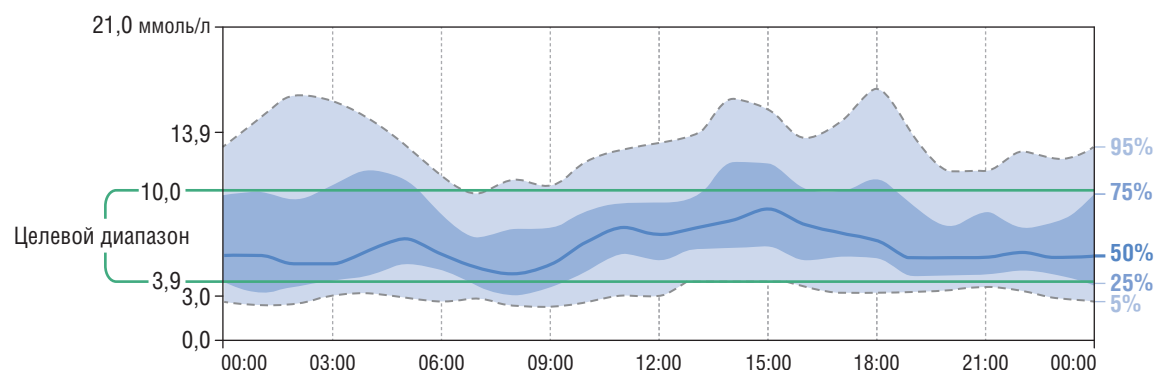


Рис. 2. Данные Flash мониторингирования гликемии за 14 дней

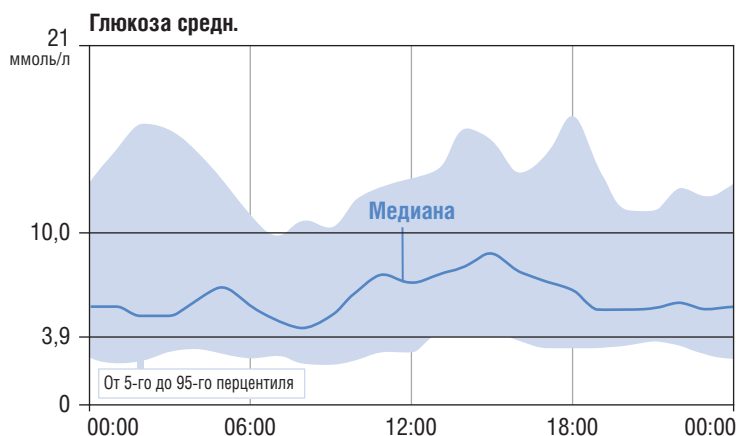
Обзор

6 мая 2021 г. — 19 мая 2021 г. (14 дней)

Глюкоза

GMI 6,4%, или 46 ммоль/моль

Средн. уровень глюкозы	7,1 ммоль/л
% выше целевого диапазона	21%
% в пределах целевого диапазона	62%
% ниже целевого диапазона	17%



Гипогликемич. явления	36
Средняя длит.	102 Мин

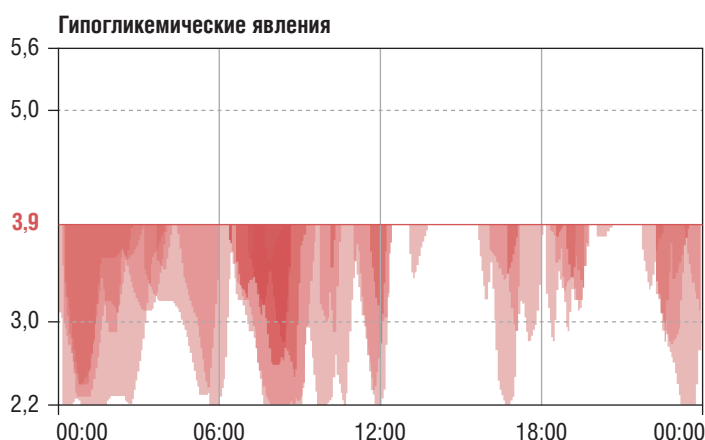


Рис. 2. Продолжение

При поступлении состояние тяжелое, гликемия 19,3 ммоль/л. В общем анализе мочи — глюкозурия, кетонурия. Кислотно-щелочное равновесие: pH 7,24, избыток оснований (base excess) — 14,6 ммоль/л. По тяжести состояния был госпитализирован в отделение реанимации и интенсивной терапии, где проводили инсулинотерапию микроструйно из расчета 0,1–0,075 ЕД/кг в час, инфузионную терапию. Гликемия на фоне лечения: 19,32–23,7–22–20,6–15,8–13,6–11,7–9,04–8,58 ммоль/л.

После купирования диабетического кетоацидоза пациент был переведен в эндокринологическое отделение. В отделении начата инсулинотерапия в режиме многократных ежедневных инъекций.

В настоящее время рост ребенка 156 см, масса тела 43,5 кг, получает инсулинотерапию в режиме многократных ежедневных инъекций: базальный инсулин деглудек — 8 ЕД в 22:00, болюсный — аспарт 0,5 ЕД/1 ХЕ, суточная доза инсулина 39 ЕД (0,89 ЕД/кг в сутки).

Ребенок профессионально занимался хоккеем, тренировки проходили ежедневно в утренние часы и продолжались по 3 ч.

После выявления СД было принято решение не прекращать тренировочный процесс.

Гликемический контроль в условиях частых интенсивных тренировок ухудшался по причине невозможности спрогно-

зировать динамику показателей гликемии во время и после тренировок, а также часто и быстро контролировать уровень глюкозы глюкометром во время тренировки. По данным дневника самоконтроля, показатели гликемии находились в диапазоне от 2,0 до 16,1 ммоль/л в любое время дня, что сильно тревожило ребенка и его родителей.

Для улучшения гликемического контроля рекомендовано использование непрерывного мониторинга гликемии. Ребенку был установлен датчик системы Flash мониторинга FreeStyle Libre 1. Контроль гликемии осуществлялся самостоятельно посредством мобильного телефона с установленным на него мобильным приложением FreeStyle LibreLink.

Гликемический контроль оценивали согласно Международному консенсусу по времени в целевом диапазоне по отчетам стандартного амбулаторного профиля глюкозы. Отчеты амбулаторного профиля глюкозы были получены на онлайн-платформе LibreView (рис. 2).

Анализ данных Flash мониторинга гликемии провели с использованием методики оценки амбулаторного гликемического профиля по 5 шагам.

- Шаг 1. Оценка качества данных — 98% записанных показателей датчика за 14 дней.

- Шаг 2. Оценка времени нахождения в диапазонах. Время нахождения в целевом диапазоне было ниже рекомендованного и составляло 62%. Показатель времени нахождения в целевом диапазоне ниже целевого составил 17%, в том числе в диапазоне $<3,0$ ммоль/л – 7%. Показатель времени выше целевого диапазона соответствовал рекомендованным целевым значениям и составлял 21%.
- Шаг 3. Анализ гипогликемических состояний. Было зарегистрировано 36 периодических (4 периода) гипогликемических эпизодов со средней длительностью 102 мин, с показателями содержания глюкозы в крови $<3,0$ ммоль/л, что соответствовало IV степени тяжести.
- Шаг 4. Анализ вариабельности выявил значительное повышение вариабельности гликемии – 50,1% при референсном значении $<36\%$.
- Шаг 5. Анализ стабильности. Медиана находилась в целевом диапазоне

Ребенок прошел курс занятий в школе диабета для подростков, посвященной ФА и занятиям спортом, на котором

обсуждались практические аспекты коррекции питания и инсулинотерапии в зависимости от текущего уровня гликемии и положения стрелок тенденции. Внимание на занятиях уделялось профилактике развития гипогликемических состояний, особенно отсроченных.

Анализ данных амбулаторного профиля глюкозы в динамике показал значительное улучшение показателей гликемического контроля (рис. 3).

Сохранилась высокая приверженность к использованию мониторингирования – 93% времени нахождения датчика в активном состоянии. Значимо увеличилось время в целевом диапазоне – до 86%, время в диапазоне выше целевого также уменьшилось и в настоящее время составляет 7%. Критически значимо снизилось время в диапазоне гипогликемий, и хоть общее значение 7% в настоящее время превышает рекомендованное ($<4\%$), время в диапазоне $<3,0$ ммоль/л составляет $<1\%$. У ребенка снизилась частота гипогликемических состояний: в настоящее время зафиксировано до 27 эпизодов длительностью до 60 мин. Вариабельность гликемии низкая – 32,3%, медиана гликемии находится стабильно в целевом диапазоне.

Отчет AGP

22 января 2022 г. – 10 февраля 2022 г. (14 дней)

LibreView

СТАТИСТИКА ПО УРОВНЯМ ГЛЮКОЗЫ И ЦЕЛЕВЫЕ ДИАПАЗОНЫ

28 января 2022 г. – 10 февраля 2022 г.

14 дней

% времени нахождения датчика в активном состоянии

93%

Диапазоны содержания глюкозы	Целевые диапазоны % показаний (время/день)
Целевой диапазон 3,9–10,0 ммоль/л	Более 70% (16 ч 48 мин)
Ниже 3,9 ммоль/л	Менее 4% (58 мин)
Ниже 3,0 ммоль/л	Менее 1% (14 мин)
Выше 10,0 ммоль/л	Менее 25% (6 ч)
Выше 13,9 ммоль/л	Менее 5% (1 ч 12 мин)
Каждое увеличение во времени на 5% в диапазоне (3,9–10,0 ммоль/л) является клинически полезным	

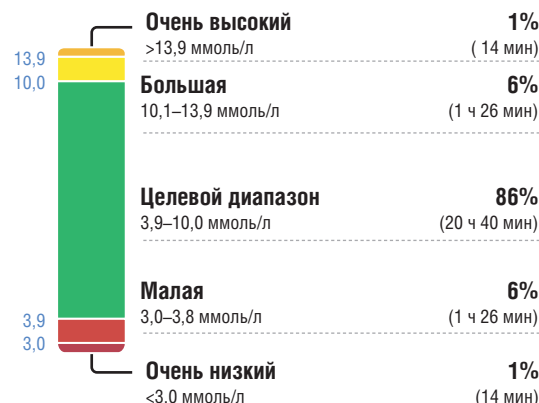
Глюкоза средн. 6,4 ммоль/л

Показатель контроля за уровнем глюкозы (GMI) 6,3%, или 46 ммоль/моль

Вариабельность уровня глюкозы 32,3%

Определяется как коэффициент вариации в процентах (КВ, %) целевое значение $\leq 36\%$

ВРЕМЯ В ДИАПАЗОНАХ



АМБУЛАТОРНЫЙ ПРОФИЛЬ ГЛЮКОЗЫ (AGP)

AGP представляет собой сводные данные по значениям содержания глюкозы за отчетный период, при этом медиана (50%) и другие проценти́ли показаны таким образом, как будто определены в течение одного дня.

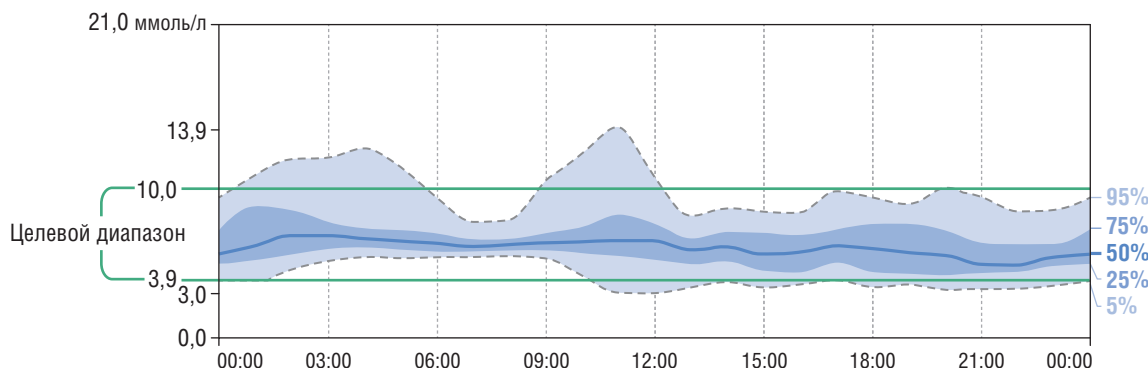


Рис. 3. Данные Flash мониторингирования гликемии за 14 дней

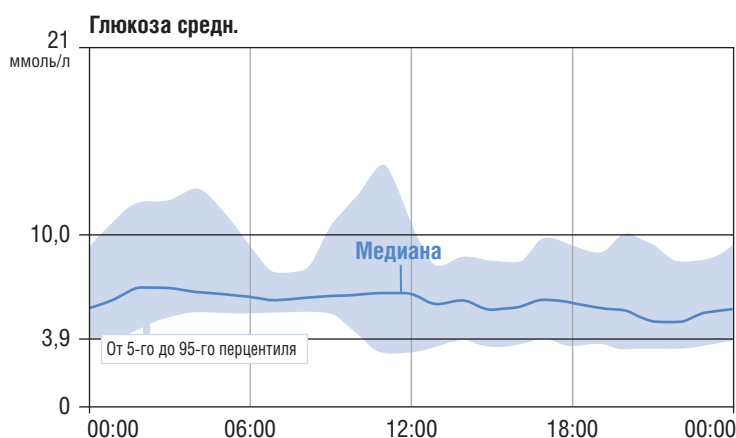
Обзор

28 января 2022 г. — 10 февраля 2022 г. (14 дней)

Глюкоза

GMI 6,1%, или 43 ммоль/моль

Средн. уровень глюкозы	6,4 ммоль/л
% выше целевого диапазона	6%
% в пределах целевого диапазона	87%
% ниже целевого диапазона	7%



Гипогликемич. явления	27
Средняя длит.	60 Мин

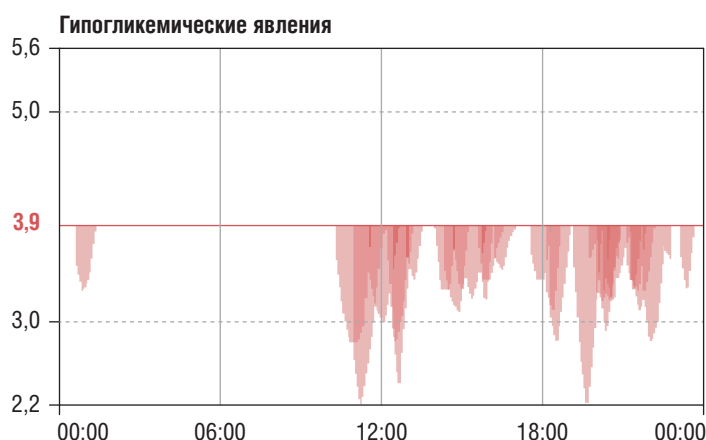


Рис. 3. Продолжение

Заключение

Представленный клинический случай демонстрирует важность и эффективность использования системы Flash мониторинга гликемии обученными пациентами. Знание особенностей динамики показателей гликемии в зависимости от меняющихся условий окружающего мира позволяет подрост-

кам с СД1 достигать самых «высоких» гликемических целей. Структурированное обучение, касающееся вопросов активного и правильного использования систем Flash мониторинга гликемии с интерпретацией и анализом полученных данных, важно проводить не только среди медицинского персонала и пациентов с СД1, но и среди всех людей, осуществляющих уход за людьми с СД.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Платонов Вадим Валерьевич (Vadim V. Platonov)* — кандидат медицинских наук, врач — детский эндокринолог Городского детского эндокринологического центра СПбГБУЗ «ДГМКЦ ВМТ им. К.А. Раухфуса», ассистент кафедры детских болезней им. профессора И.М. Воронцова факультета послевузовского и дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: v_platonov@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0003-0923-6223>

Патракеева Евгения Михайловна (Evgenya M. Patrakeeva) — кандидат медицинских наук, врач-эндокринолог, главный врач Клиники Фомина, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: evgenya.patrakeeva@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-0903-6395>

* Автор для корреспонденции.

Дубинина Татьяна Александровна (Tat'yana A. Dubinina) – главный внештатный детский эндокринолог г. Санкт-Петербурга, заведующий Городским детским эндокринологическим центром СПб ГБУЗ «ДГМКЦ ВМТ им. К.А. Раухфуса», Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: tatianadubinina@mail.ru

Скородок Юлия Леонидовна (Yulia L. Skorodok) – кандидат медицинских наук, доцент кафедры детских болезней им. профессора И.М. Воронцова факультета послевузовского и дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО СПбГМУ Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: julia_skorodok@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0001-7906-7408>

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Adolfsson P., Riddell M.C., Taplin C.E., Davis E.A., et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018; 19 (Suppl 27): 205–26. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12755>; PMID: 30133095.
2. Kennedy A., Nirantharakumar K., Chimen M., et al. Does exercise improve glycaemic control in type 1 diabetes? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2013; 8 (3): e58861.
3. Riddell M.C., Gallen I.W., Smart C.E., et al. Exercise management in type 1 diabetes: a consensus statement. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2017; 5 (5): 377–90.
4. Lin Y.K., Hung M., Sharma A., et al. Impaired awareness of hypoglycemia continues to be a risk factor for severe hypoglycemia despite the use of continuous glucose monitoring system in type 1 diabetes. *Endocr Pract*. 2019; 25 (6): 517–25. DOI: <https://doi.org/10.4158/EP-2018-0527>
5. Campbell M.D., Walker M., Bracken R.M., 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; 3 (1): e000085. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2015-000085>
6. Moser O., Riddell M.C., Eckstein M.L., Adolfsson P., 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). *Diabetologia*. 2020; 63 (12): 2501–20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00125-020-05263-9>; PMID: 33047169.
7. Salem M.A., Aboelasar M.A., Elbarbary N.S., Elhilaly R.A., Refaat Y.M. Is exercise a therapeutic tool for improvement of cardiovascular risk factors in adolescents with type 1 diabetes mellitus? A randomised controlled trial. *Diabetol Metab Syndr*. 2010; 2 (1): 47. DOI: <https://doi.org/10.1186/1758-5996-2-47>
8. D'hooge R., Hellinckx T., Van Laethem C., et al. Influence of combined aerobic and resistance training on metabolic control, cardiovascular fitness and quality of life in adolescents with type 1 diabetes: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2011; 25 (4): 349–59. DOI: <https://doi.org/10.1177/0269215510386254>
9. Abraham M.B., Jones T.W., Naranjo D., Karges B., et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Assessment and management of hypoglycemia in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2018; 19 (Suppl 27): 178–92. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12698>; PMID: 29869358.
10. Eirie C., Van Name M.A., Weyman K., et al. Schooling diabetes: use of continuous glucose monitoring and remote monitors in the home and school settings. *Pediatr Diabetes*. 2018; 19 (1): 92–7. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12518>
11. McTavish L., Corley B., Weatherall M., Wiltshire E., Krebs J.D. Weight-based carbohydrate treatment of hypoglycemia in people with type 1 diabetes using insulin pump therapy: a randomized crossover clinical trial. *Diabet Med*. 2018; 35 (3): 339–46. DOI: <https://doi.org/10.1111/dme.13576>
12. Battelino T., Danne T., Bergenstal R.M., Amiel S.A., et al. Clinical targets for continuous glucose monitoring data interpretation: recommendations from the international consensus on time in range. *Diabetes Care*. 2019; 42 (8): 1593–603. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc19-0028>; PMID: 31177185.
13. American Diabetes Association Professional Practice Committee; American Diabetes Association Professional Practice Committee; Draznin B., Aroda V.R., Bakris G., Benson G., et al. 16. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Medical Care in Diabetes-2022. *Diabetes Care*. 2022; 45 (Suppl 1): S 244–53. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc22-S 016>; PMID: 34964884.
14. Admon G., Weinstein Y., Falk B., et al. Exercise with and without an insulin pump among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Pediatrics*. 2005; 116 (3): e348–55. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2004-2428>
15. Chetty T., Shetty V., Fournier P.A., Adolfsson P., et al. Exercise management for young people with type 1 diabetes: a structured approach to the exercise consultation. *Front Endocrinol*. 2019; 10: 326. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00326>
16. Franchini S., Comegna L., Prezioso G., Blasetti A. Hypoglycemia in children with type 1 diabetes: unawareness is a concrete risk. *Curr Med Res Opin*. 2016; 32 (9): 1487–91. DOI: <https://doi.org/10.1080/03007995.2016.1185400>