

Особенности управления гликемией у детей и подростков с сахарным диабетом 1-го типа на фоне систематической физической активности

В.В. Платонов^{1,2✉}, <https://orcid.org/0000-0003-0923-6223>, v_platonov@mail.ru

Е.Д. Носкова³, <https://orcid.org/0009-0002-5166-7166>, lutsevich.liza@mail.ru

¹ Детский городской многопрофильный клинический центр высоких медицинских технологий имени К.А. Раухфуса; 191036, Россия, Санкт-Петербург, Лиговский проспект, д. 8

² Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41

³ Областная детская клиническая больница; 620149, Россия, Екатеринбург, ул. Серафимы Дерябиной, д. 32

Резюме

Введение. Проблема достижения и поддержания стабильного уровня гликемии у детей с сахарным диабетом 1-го типа (СД1), регулярно вовлеченных в физическую активность (ФА), представляет собой сложную клиническую задачу, к решению которой должна быть привлечена мультидисциплинарная команда.

Цель. Изучить особенности колебаний уровня глюкозы в крови у детей с СД1 на фоне регулярной физической активности, а также разработать на этой основе практические персонализированные рекомендации для профилактики осложнений и повышения эффективности долгосрочного управления заболеванием.

Материалы и методы. В ретроспективном исследовании участвовали 60 детей и подростков с СД1 в возрасте от 6 до 17 лет. Оценивались уровень гликированного гемоглобина (HbA1c), время в целевом диапазоне гликемии (TIR), время выше (TAR) и время ниже целевого (TBR) диапазона. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.5.0.

Результаты. Не выявлено статистически значимых различий в показателях HbA1c, TIR, TAR и TBR между группой пациентов на инсулиновой помпе и группе на многократных инъекциях. Регулярный контроль гликемии во время тренировок был ассоциирован со значимо более высоким TIR и более низким TAR. Увеличение продолжительности одной тренировки на 1 мин ассоциировалось с увеличением TIR на 0,111% и снижением TAR на 0,135%. Нарушение распознавания гипогликемий чаще встречалось у детей младше 10 лет и было ассоциировано с уровнем HbA1c > 6,8%.

Выводы. Оба метода инсулинотерапии (помповая и с использованием шприц-ручек) обеспечивают сопоставимый гликемический контроль у физически активных пациентов с СД1. Ключевым фактором успеха является регулярный мониторинг гликемии. Длительные тренировки ассоциируются с улучшением гликемических показателей. Полученные данные подчеркивают важность междисциплинарного подхода для обеспечения безопасной и эффективной физической активности у пациентов с СД1.

Ключевые слова: сахарный диабет 1-го типа, подростки, физическая активность, занятия спортом, гликемический контроль

Для цитирования: Платонов ВВ, Носкова ЕД. Особенности управления гликемией у детей и подростков с сахарным диабетом 1-го типа на фоне систематической физической активности. *Медицинский совет.* 2026;20(11). <https://doi.org/10.21518/ms2026-189>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Features of glycemic management in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus during systematic physical activity

Vadim V. Platonov^{1,2✉}, <https://orcid.org/0000-0003-0923-6223>, v_platonov@mail.ru

Elizaveta D. Noskova⁴, <https://orcid.org/0009-0002-5166-7166>, lutsevich.liza@mail.ru

¹ St Petersburg Children's Municipal Multi-Specialty Clinical Center of High Medical Technology named after K.A. Rauhfus; 8, Ligovsky Ave., St Petersburg, 191036, Russia

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 41, Kirochnaya St., St Petersburg, 191015, Russia

³ Regional Children's Clinical Hospital; 32, Serafima Deryabina St., Ekaterinburg, 620149, Russia

Abstract

Introduction. Achieving and maintaining stable glycemic levels in children with type 1 diabetes (T1D) who are regularly engaged in physical activity (PA) represents a complex clinical challenge that requires a multidisciplinary team approach.

Aim. To study the characteristics of blood glucose fluctuations in children with T1DM during regular physical activity, and to develop, on this basis, practical personalized recommendations for the prevention of complications and improving the effectiveness of long-term disease management.

Materials and methods. This retrospective study included 60 children and adolescents aged 6 to 17 years with T1D. The following parameters were assessed: glycated hemoglobin (HbA1c), time in range (TIR), time above range (TAR), and time below range (TBR). Statistical analysis was performed using StatTech software v. 4.5.0.

Results. No statistically significant differences in HbA1c, TIR, TAR, and TBR were found between patients using insulin pump therapy and those on multiple daily injections. Regular glycemic monitoring during exercise sessions was associated with significantly higher TIR (77.21% vs. 64.33%) and lower TAR. Each additional minute of exercise duration was associated with a 0.111% increase in TIR and a 0.135% decrease in TAR. Impaired hypoglycemia awareness was more common in children under 10 years of age and was associated with HbA1c levels > 6.8%.

Conclusions. Both insulin delivery methods (pump therapy and multiple daily injections) provide comparable glycemic control in physically active patients with T1DM. The key success factor is regular glucose monitoring. Longer exercise sessions are associated with improved glycemic outcomes. Impaired hypoglycemia awareness requires special attention in younger children. These findings emphasize the importance of a multidisciplinary approach to ensuring safe and effective physical activity in patients with T1D.

Keywords: type 1 diabetes mellitus, adolescents, physical activity, sports, glycemic control

For citation: Platonov VV, Noskova ED. Features of glycemic management in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus during systematic physical activity. *Meditsinskiy Sovet.* 2026;20(11). (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2026-189>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема достижения и поддержания стабильного уровня гликемии у детей и подростков с сахарным диабетом 1-го типа (СД1), регулярно вовлеченных в физическую активность (ФА), представляет собой сложную клиническую задачу. Абсолютный дефицит эндогенного инсулина, обусловленный аутоиммунной деструкцией β -клеток поджелудочной железы, формирует фундаментальные трудности в обеспечении физиологических концентраций глюкозы в крови, которые усугубляются под влиянием мышечной активности.

Физическая нагрузка является одним из ключевых факторов, наряду с инсулинотерапией и питанием, определяющих успешный гликемический контроль. Ее влияние опосредовано комплексом взаимосвязанных физиологических процессов: усилением периферической утилизации глюкозы работающими мышцами, выбросом контринсулярных гормонов, активацией гликогенолиза и глюконеогенеза. Эти механизмы приводят к значительной вариабельности уровня гликемии, вызывая как риск отсроченных гипогликемий, так и возможность гипергликемических состояний, что существенно осложняет процесс лечения и достижения компенсации заболевания [1, 2].

Характер и выраженность гликемического ответа на физическую активность носят строго индивидуальный характер и определяются полифакторной зависимостью [3]. К основным модифицирующим условиям относятся параметры самой нагрузки (вид, интенсивность, продолжительность), индивидуальные особенности пациента (возраст, пол, степень тренированности, функциональное состояние кардиореспираторной системы, предшествующий спортивный опыт), а также адекватность текущей терапии [4]. Неадекватная оценка текущего уровня гликемии, погрешности в предварительной коррекции питания и доз инсулина, а также отсутствие регулярного мониторинга гликемии часто становятся причиной острых осложнений, создающих угрозу здоровью и жизни пациента [5, 6].

Несмотря на достижения современной диабетологии, обеспечение эффективного и безопасного гликемического контроля у юных спортсменов с СД1 остается актуальной научно-практической проблемой. Ни одна стандартная терапевтическая схема не способна в полной мере учесть всю сложность и вариабельность метаболических реакций на систематические физические нагрузки [7, 8]. Успешное управление заболеванием в этих условиях требует повышенного мультидисциплинарного внимания, целенаправленного обучения пациента и его семьи в области принципов метаболической адаптации к спорту, формирования навыков раннего распознавания симптомов дисгликемии и грамотных действий в неотложных ситуациях [9–11].

Цель – изучить особенности колебаний уровня глюкозы в крови у детей с СД1 на фоне регулярной физической активности, а также разработать на этой основе практические персонализированные рекомендации для профилактики осложнений и повышения эффективности долгосрочного управления заболеванием.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ретроспективном исследовании участвовали 60 детей и подростков с СД1 в возрасте от 6 до 17 лет (средний возраст $10,13 \pm 2,78$ года), наблюдавшихся в Детском городском многопрофильном клиническом центре высоких медицинских технологий им. К.А. Раухфуса в период с марта 2024 г. по июнь 2026 г. Первичные данные о занятиях спортом были получены во время сбора анамнеза при плановых визитах в ДГМКЦ ВМТ им. К.А. Раухфуса, после чего пациентам или их законным представителям было предложено заполнить анкету, состоящую из вопросов, касающихся типа физической активности, частоты тренировок в неделю, их продолжительности, частоты контроля гликемии, информированности и вовлеченности тренера в работу с детьми с диабетом. Были проанализированы данные анкетирования, проведен ретроспективный анализ амбулаторных карт

и отчетов систем непрерывного мониторингирования гликемии (НМГ) за 6-месячный период. Оценивались следующие показатели: уровень гликированного гемоглобина (HbA1c), время в целевом диапазоне гликемии (TIR, 3,9–10,0 ммоль/л), время в диапазоне выше целевого (TAR, > 10,0 ммоль/л), время в диапазоне ниже целевого (TBR, < 3,9 ммоль/л). Из 60 участников 32 (53,3%) получали инсулинотерапию методом постоянной подкожной инфузии инсулина (ППИИ), а 28 (46,7%) – в режиме многократных ежедневных инъекций (МЕИ). Средний возраст, длительность СД1, суточная доза инсулина и частота контроля гликемии не имели достоверных различий между группами ($p > 0,05$). Все участники регулярно занимались спортом (от 2 до 6 тренировок в неделю продолжительностью от 45 до 150 мин). Физическая активность была представлена любительским (44 ребенка – 73,3%) и профессиональным спортом (16 детей – 26,7%). Тренировки преимущественно проводились в вечернее время (66,7%). Контроль гликемии перед тренировкой осуществляли все участники (60 детей – 100%), во время тренировки – 38 детей (63,3%), после тренировки – 58 детей (96,7%), а ночью после тренировки – 50 детей (83,3%).

Нарушение распознавания гипогликемий (НРГ) оценивалось методом Pedersen-Bjergaard. Пациент отвечал на вопрос: «Чувствуете ли вы, когда ваш сахар ниже нормы?» Варианты ответа: «всегда», «обычно», «иногда», «никогда». Любые ответы, за исключением «всегда», расценивались как указание на НРГ.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.5.0. Для сравнения групп применялись t-критерий Стьюдента, критерий χ^2 и ROC-анализ. Уровень статистической значимости установлен на $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ показателей гликемического контроля в зависимости от типа инсулинотерапии

Средний уровень HbA1c в общей выборке составил $6,80 \pm 1,05\%$, что соответствует удовлетворительному гликемическому контролю согласно международным рекомендациям (целевой уровень < 7,0% для детей и подростков) [11]. При сравнении групп: у пользователей инсулиновой помпы – $6,90 \pm 1,11\%$ (95% ДИ: 6,50–7,30), у пользователей шприц-ручек – $6,69 \pm 0,98\%$ (95% ДИ: 6,31–7,07). Различия между группами были статистически незначимыми ($p > 0,05$). Это указывает на то, что оба метода инсулинотерапии позволяют достичь сопоставимых уровней долгосрочного гликемического контроля у детей, регулярно занимающихся спортом. Отсутствие различий может быть объяснено высокой приверженностью к мониторингу в обеих группах (табл. 1).

TIR является ключевым показателем качества гликемического контроля, отражающим долю времени, когда уровень глюкозы крови находится в целевом диапазоне (3,9–10,0 ммоль/л). В общей выборке средний TIR составил $72,73 \pm 12,31\%$ (95% ДИ: 66,71–80,02), что соответствует международным и отечественным

рекомендациям по целевому значению (TIR > 70%) [11], в то время как у пользователей помп – $72,50 \pm 12,63\%$ (95% ДИ: 67,95–77,05), а у пользователей шприц-ручек – $73,00 \pm 12,17\%$ (95% ДИ: 68,28–77,72). Различия между группами были незначимыми ($p > 0,05$). Это подтверждает, что оба метода инсулинотерапии эффективны в поддержании гликемии в целевом диапазоне у физически активных детей с СД1. Важно отметить, что высокий TIR в обеих группах может быть связан с регулярным мониторингом гликемии и адекватной коррекцией доз инсулина в соответствии с физической нагрузкой (табл. 2).

TAR отражает долю времени, проведенного в гипергликемии. Средний TAR в общей выборке составил $21,80 \pm 11,42\%$ (95% ДИ: 17,33–28,35), у пользователей помпы – $22,75 \pm 11,75\%$ (95% ДИ: 18,51–26,99), у пользователей шприц-ручек – $20,71 \pm 11,14\%$ (95% ДИ: 16,40–25,03). Различия между группами были незначимыми ($p > 0,05$). Таким образом, оба метода инсулинотерапии сопоставимы в контроле гипергликемии у физически активных детей. Несколько более высокий TAR в группе помповой терапии может быть связан с индивидуальными особенностями пациентов, или временными задержками в коррекции доз инсулина во время тренировок, или эпизодами технических проблем (загиб/отклеивание канюли) во время тренировки (табл. 3).

TBR отражает риск гипогликемии, который является критическим аспектом у физически активных пациентов. Средний TBR в общей выборке составил $5,07 \pm 2,65\%$ (95% ДИ: 3,01–5,73), что находится в пределах близких к рекомендованным значениям (<4%) [11]. У пользователей помп – $4,75 \pm 2,60\%$ (95% ДИ: 3,81–5,69), у пользователей шприц-ручек – $5,43 \pm 2,71\%$ (95% ДИ: 4,38–6,48).

● **Таблица 1.** Уровень гликированного гемоглобина в зависимости от метода инсулинотерапии

● **Table 1.** Glycated hemoglobin (HbA1c) level according to insulin therapy (IT) method

Показатель	Категории	Гликированный гемоглобин			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Инсулино-терапия	Инсулиновая помпа	6,90 ± 1,11	6,50–7,30	32	0,45
	Шприц-ручки/шприцы	6,69 ± 0,98	6,31–7,07	28	

● **Таблица 2.** Время в целевом диапазоне в зависимости от метода инсулинотерапии

● **Table 2.** Time in range (TIR) according to IT method

Показатель	Категории	Время в целевом диапазоне (%)			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Инсулино-терапия	Инсулиновая помпа	72,50 ± 12,63	67,95–77,05	32	0,877
	Шприц-ручки/шприцы	73,00 ± 12,17	68,28–77,72	28	

Различия между группами были незначимыми ($p > 0,05$), хотя наблюдалась тенденция к более низкому TBR в группе помповой терапии. Это может объясняться возможностью более гибкой и точной коррекции базального инсулина и болюсных доз с помощью помпы, что особенно важно в условиях физической нагрузки. Однако отсутствие статистической значимости указывает на то, что при адекватном самоконтроле оба метода позволяют минимизировать риск гипогликемий (табл. 4).

Влияние контроля гликемии во время тренировок на показатели TIR, TAR и TBR

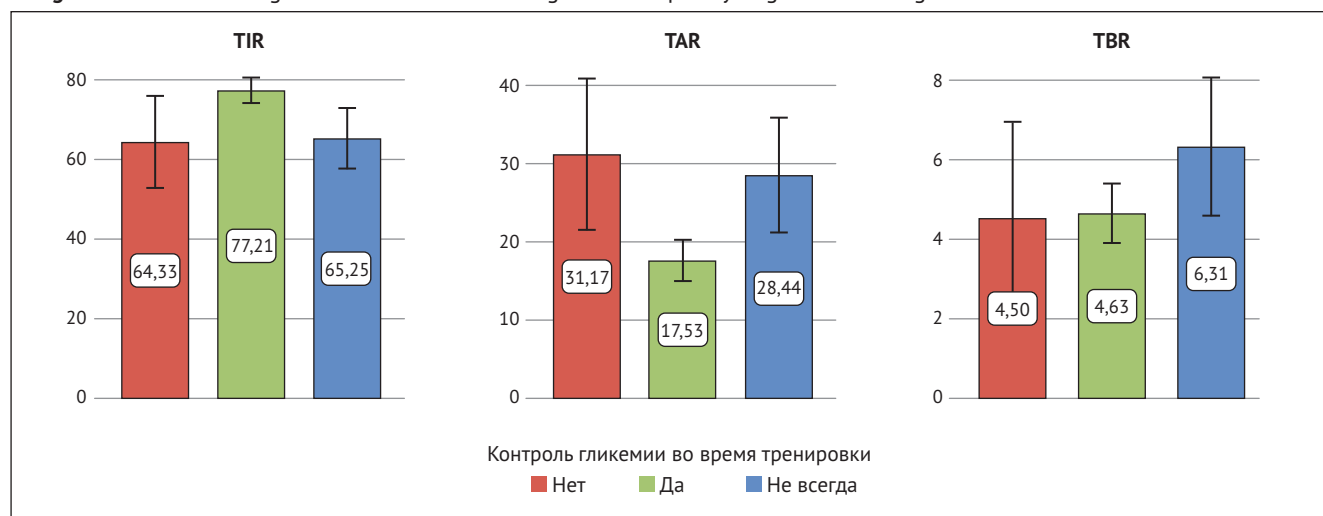
Анализ показал, что контроль гликемии во время тренировки существенно влияет на показатели гликемического контроля. Участники, которые всегда контролировали гликемию во время тренировки, имели более высокий TIR 77,21% против 64,33% у тех, кто не контролировал, или 65,23%, кто проводил контроль нерегулярно ($p = 0,016$), и более низкий TAR 17,53% против 28,44% и 31,17% против тех, кто не контролировал или контролировал нерегулярно ($p < 0,05$). При этом TBR было выше в группе с нерегулярным контролем – 6,31% в сравнении с теми, кто контролировал регулярно или не контролировал вообще – 4,63% и 4,50% соответственно ($p = 0,008$). Полученные результаты подчеркивают критическую важность мониторинга гликемии во время физической активности для снижения рисков гипо- и гипергликемии (рис. 1).

Влияние продолжительности тренировок на гликемический контроль

Регрессионный анализ выявил значимую зависимость между продолжительностью одной тренировки и показателями гликемического контроля: увеличение продолжительности тренировки на 1 мин ассоциировалось с увеличением TIR на 0,111% ($p = 0,042$), а также увеличение продолжительности тренировки на 1 мин ассоциировалось с уменьшением TAR на 0,135% ($p = 0,007$). Влияние на TBR было статистически незначимым ($p > 0,05$).

● **Рисунок 1.** Показатели гликемического контроля в зависимости от регулярности контроля гликемии

● **Figure 1.** Glucose management indicators according to the frequency of glycaemic management



● **Таблица 3.** Время в диапазоне выше целевого в зависимости от метода инсулинотерапии

● **Table 3.** Time above range (TAR) according to IT method

Показатель	Категории	Время в диапазоне выше целевого (%)			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Инсулино-терапия	Инсулиновая помпа	22,75 ± 11,75	18,51–26,99	32	0,496
	Шприц-ручки/шприцы	20,71 ± 11,14	16,40–25,03	28	

● **Таблица 4.** Время в диапазоне ниже целевого в зависимости от метода инсулинотерапии

● **Table 4.** Time below range (TBR) according to IT method

Показатель	Категории	Время в диапазоне ниже целевого (%)			p
		M ± SD	95% ДИ	n	
Инсулино-терапия	Инсулиновая помпа	4,75 ± 2,60	3,81–5,69	32	0,327
	Шприц-ручки/шприцы	5,43 ± 2,71	4,38–6,48	28	

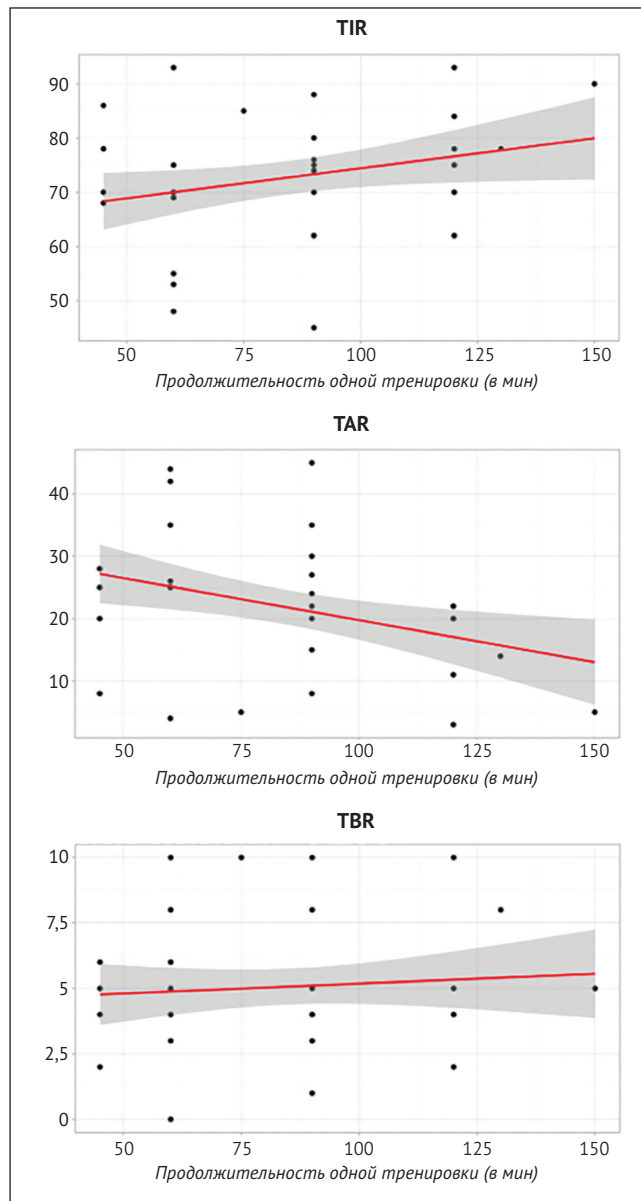
Эти результаты свидетельствуют о том, что более длительные тренировки способствуют улучшению гликемического контроля без существенного увеличения риска гипогликемий. Это может быть объяснено улучшением чувствительности к инсулину и увеличением расхода глюкозы мышцами во время продолжительной физической активности (рис. 2).

Влияние количества тренировок в неделю на показатели гликемического контроля

Количество тренировок в неделю (от 2 до 6) не оказывало значимого влияния на показатели TIR, TAR и TBR ($p > 0,05$). Это указывает на то, что именно качество и продолжительность тренировок, а не их частота являются ключевыми факторами для оптимизации гликемического контроля (рис. 3).

● **Рисунок 2.** Показатели гликемического контроля в зависимости от продолжительности тренировки

● **Figure 2.** Glucose management indicators according to the duration of workouts



Чувствительность к гипогликемиям

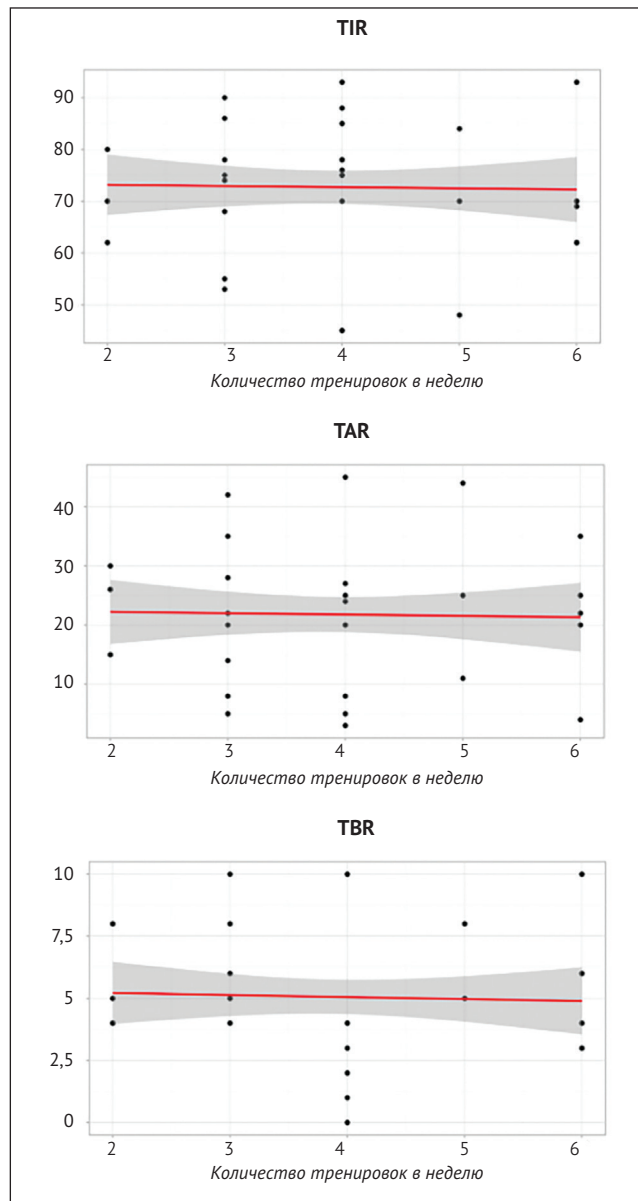
Пользователи шприц-ручек чаще имели нарушенную чувствительность к гипогликемиям (НЧГ) по сравнению с пользователями помп 25 детей (78,1%) против 14 детей (50,0%) ($p = 0,022$). Кроме того, у них симптомы гипогликемии проявлялись при более низком уровне гликемии: $3,09 \pm 1,00$ ммоль/л против $3,71 \pm 0,49$ ммоль/л ($p < 0,05$), что может указывать на более высокий риск тяжелых гипогликемий (рис. 4).

НЧГ у 38 участников (63,3%). Анализ показал, что чувствительность к гипогликемиям зависит от возраста и уровня HbA1c: дети младше 10 лет чаще имели НЧГ ($p < 0,001$). ROC-анализ определил пороговое значение возраста в 10 лет (чувствительность 81,8%, специфичность 57,9%) (рис. 5, табл. 5).

У участников с НЧГ уровень HbA1c был выше: $7,28 \pm 1,17\%$ против $6,53 \pm 0,87\%$ ($p = 0,006$). Пороговое

● **Рисунок 3.** Показатели гликемического контроля в зависимости от количества тренировок

● **Figure 3.** Glucose management indicators according to the number of workouts



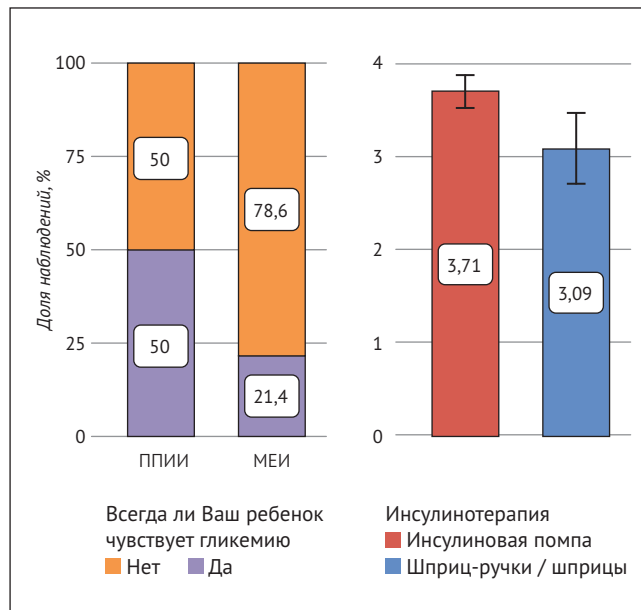
значение HbA1c составило 6,8% (чувствительность 63,6%, специфичность 73,7%). НЧГ также было связано с отсутствием контроля гликемии во время тренировки ($p = 0,002$). (рис. 6, табл. 6).

Роль тренера и отношение к спортивным достижениям

Все тренеры были осведомлены о диагнозе «СД1» у участников. В большинстве случаев (96,7% – 59 человек) отношение тренера было нейтральным, и лишь 20 (30,0%) тренеров активно участвовали в контроле диабета во время тренировок. После выявления СД1 количество тренировок не изменилось у 36 (60,0%) участников, увеличилось у 20 детей (33,3%) и уменьшилось у 4 (6,7%). Большинство участников (38 человек – 63,3%) считали, что СД1 не влияет на их спортивные достижения, что отражает высокую адаптацию и мотивацию к занятиям спортом.

● **Рисунок 4.** Чувствительность к гипогликемиям в зависимости от вида инсулинотерапии

● **Figure 4.** Hypoglycaemia sensitivity according to the type of insulin therapy



● **Таблица 5.** Нарушение чувствительности к гипогликемиям: чувствительность и специфичность

● **Table 5.** Impaired hypoglycaemia sensitivity: sensitivity and specificity

Порог	Чувствительность (Se), %	Специфичность (Sp), %	PPV	NPV
12	54,5	84,2	66,7	76,2
11	63,6	73,7	58,3	77,8
10	81,8	57,9	52,9	84,6
9	81,8	52,6	50	83,3

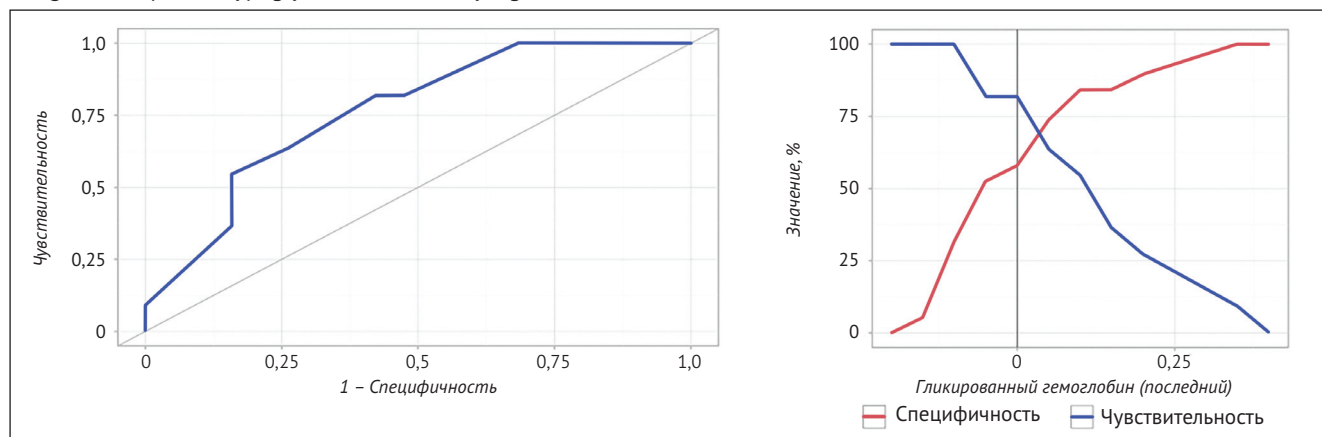
● **Таблица 6.** Уровень гликированного гемоглобина у детей с нарушением распознавания гипогликемий: чувствительность и специфичность

● **Table 6.** Glycated hemoglobin (HbA1c) level in children with impaired hypoglycemia awareness: sensitivity and specificity

Порог	Чувствительность (Se), %	Специфичность (Sp), %	PPV	NPV
6,8	63,6	73,7	58,3	77,8
6,7	63,6	52,6	43,8	71,4

● **Рисунок 5.** Нарушение чувствительности к гипогликемиям – возрастные особенности

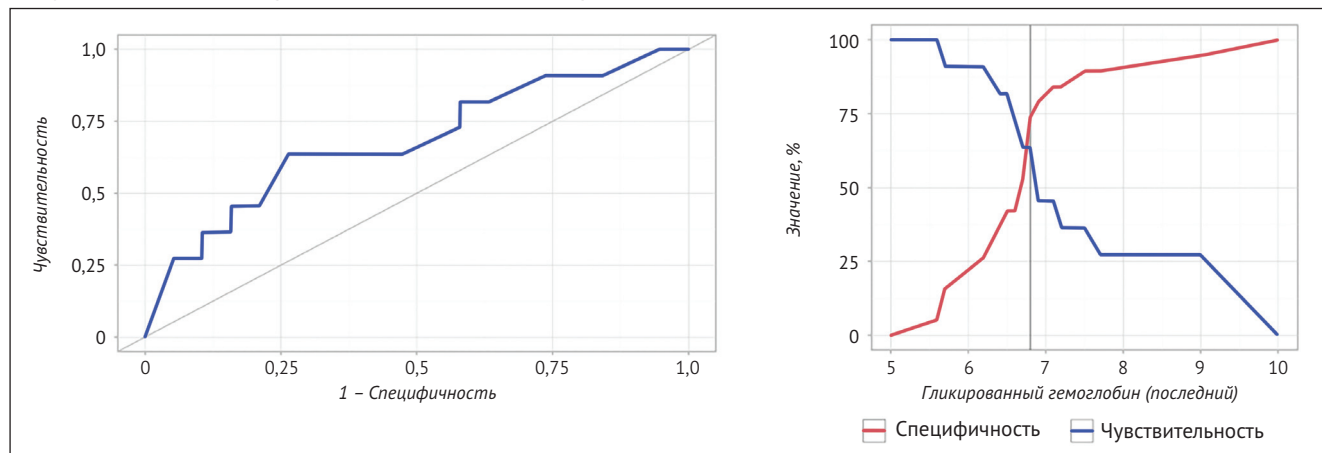
● **Figure 5.** Impaired hypoglycaemia sensitivity: age-related features



Примечание: Площадь под ROC-кривой составила $0,763 \pm 0,067$ с 95% ДИ: $0,631-0,895$. Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$).

● **Рисунок 6.** Нарушение чувствительности к гипогликемиям в зависимости от HbA1c

● **Figure 6.** Impaired hypoglycaemia sensitivity according to HbA1c level



Примечание: Площадь под ROC-кривой составила $0,682 \pm 0,074$ с 95% ДИ: $0,537-0,827$. Полученная модель была статистически значимой ($p = 0,019$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование гликемического контроля у физических детей и подростков с СД1 представляет собой релевантный клинический срез, результаты которого требуют интерпретации в свете новейших международных исследований. Ключевой вывод исследования – отсутствие статистически значимых различий между группами по HbA1c, TIR, TAR и TBR находит все больше подтверждений в самых современных работах, но с критически важными оговорками, касающимися контекста применения технологий. Метаанализ 2012 г., проведенный H.C. Yeh, напрямую сравнивавший ППИИ и МЕИ у детей и подростков, показал, что при сопоставимом использовании непрерывного мониторинга гликемии (НМГ) разница в HbA1c между группами становилась статистически незначимой (средняя разница $-0,15\%$, 95% ДИ: $-0,32$ до $0,02$) [12]. Авторы сделали акцент на том, что значимое преимущество ППИИ ($\sim 0,3$ – $0,5\%$) сохранялось только в подгруппах, где пациенты на МЕИ использовали традиционный самоконтроль. Это напрямую соотносится с когортой нашего исследования что, по сути, создает условия сравнения «ППИИ + НМГ» vs «МЕИ + НМГ». В этом контексте само устройство доставки инсулина перестает быть главной детерминантой исхода.

Работа M. Tauschmann et al. продемонстрировала, что в исследованиях последних лет при сравнении ППИИ и МЕИ разница в TIR редко превышает 3–5%, что часто не достигает порога клинической значимости [13]. Наши данные (разница в TIR всего 0,5%) полностью вписываются в эту тенденцию. Более важным показателем является коэффициент вариации (CV) глюкозы. Современный консенсус (T. Battelino et al., 2019) определяет CV < 36% как индикатор низкой вариабельности [14]. Исследование P.I. Beato-Vibora et al. (2021) показало, что у пользователей помп, особенно с функцией приостановки подачи инсулина при низкой гликемии (Low Glucose Suspend, LGS), CV достоверно ниже даже при схожем TIR [15]. Это может объяснить наблюдаемую в нашем исследовании тенденцию к более низкому TBR в группе ППИИ (4,75% vs 5,43%), что потенциально отражает меньшую амплитуду колебаний глюкозы.

Рекомендации Международного общества детского и подросткового диабета (ISPAD) 2022 г. однозначно заявляют, что НМГ или частое использование глюкометра до, во время и после физической активности являются обязательными для предотвращения гипогликемии [16]. Наши данные (разница в TIR > 12% между группами с регулярным и нерегулярным/отсутствующим контролем) предоставляют мощное эмпирическое обоснование этому правилу. Более того, они выявляют ключевую проблему: нерегулярный контроль столь же неэффективен, как и его полное отсутствие. Это указывает на необходимость структурированного обучения не просто «контролировать», а интерпретировать тренды и действовать по алгоритму (например, по протоколу, описанному в работе M.C. Riddell et al., 2020) [17].

Вывод о значимом положительном влиянии продолжительности тренировки при отсутствии влияния частоты

требует уточнения в контексте современных данных. Исследование S. Tagougui et al. [18] показало, что влияние физической активности на гликемию критически зависит от ее типа (аэробная, анаэробная, смешанная) и интенсивности. Выявленная нами линейная зависимость, скорее всего, отражает эффект пролонгированных аэробных сессий, которые через активацию АМРК-зависимых путей значительно повышают чувствительность к инсулину на период до 48 ч. Отсутствие влияния на TBR в нашем анализе может быть специфичным для таких нагрузок, тогда как высокоинтенсивные интервальные тренировки (ВИИТ) ассоциированы с более высоким острым риском гипогликемии.

Наиболее клинически значимые различия в нашем исследовании обнаружены в сфере НЧГ. Распространенность 78,6% в группе МЕИ против 50,0% в группе ППИИ – это тревожный показатель, который находит объяснение в последних патофизиологических и клинических работах. Каждое такое событие сильнее перестраивает контринсулярный ответ мозга. Исследование L. Heinemann et al. показало, что даже при схожем среднем уровне глюкозы и TBR пациенты на МЕИ имели более высокий индекс гипогликемии (Low Blood Glucose Index, LBGI), рассчитанный по данным НМГ, что коррелировало с порогом симптомов [19]. Это напрямую перекликается с нашими данными о более низком пороге ощущений в группе МЕИ (3,09 ммоль/л).

Обнаруженный нами порог HbA1c > 6,8% для ассоциации с НЧГ согласуется с данными крупного исследования HARPdoc [20], которое показало, что пациенты с НЧГ и HbA1c > 7,0% представляют собой особую группу высокого риска, требующую психоповеденческих интервенций. Решение проблемы НЧГ должно заключаться не просто в избегании низких значений гликемии, а в ее стабилизации и уменьшении вариабельности.

Практическое значение

1. Сопоставимость методов инсулинотерапии: оба метода – инсулиновая помпа и шприц-ручки обеспечивают удовлетворительный и сопоставимый гликемический контроль у детей и подростков с СД1, регулярно занимающихся спортом. Это подтверждается отсутствием значимых различий в показателях HbA1c, TIR, TAR и TBR между группами. Однако стоит отметить тенденцию к более низкому TBR и лучшей чувствительности к гипогликемиям в группе помповой терапии, что может быть клинически значимым для отдельных пациентов.

2. Критическая роль мониторинга гликемии: контроль гликемии перед, во время и после тренировок является ключевым фактором для оптимизации гликемического контроля. Участники, которые контролировали гликемию во время тренировок, имели значительно лучшие показатели TIR и TAR, а также меньший риск гипогликемий. Это подчеркивает необходимость обучения пациентов и их семей стратегиям самоконтроля в условиях физической активности.

3. Влияние продолжительности тренировок: более длительные тренировки ассоциируются с улучшением

гликемического контроля (увеличение TIR и снижение TAR) без значимого увеличения риска гипогликемий. Это поддерживает рекомендации по включению регулярных умеренных и продолжительных физических нагрузок в режим детей с СД1.

4. Нарушение чувствительности к гипогликемиям: нарушение чувствительности к гипогликемиям чаще встречается у детей младше 10 лет и ассоциируется с более высоким уровнем HbA1c. Это требует особого внимания при планировании тренировок у детей младшего возраста и проведения скрининга на нарушение чувствительности при уровне HbA1c ниже 6,8%.

5. Роль тренера и психосоциальные аспекты: несмотря на то что тренеры редко активно участвуют в контроле диабета, их осведомленность и нейтральное отношение способствуют поддержанию физической активности у детей с СД1. Большинство пациентов адаптировались к спортивным нагрузкам и не считали диабет препятствием для достижений.

Клинические рекомендации

Выбор метода инсулинотерапии должен основываться на индивидуальных предпочтениях пациента, его образе жизни и возможности проведения регулярного мониторинга гликемии. Современное обучение пациентов с сахарным диабетом и членов их семей, а также лиц, осуществляющих дополнительный уход, должно включать навыки контроля гликемии до, во время и после физических нагрузок, особенно у детей младшего возраста.

Рекомендуется поощрять продолжительные по времени умеренные тренировки, т. к. они способствуют улучшению гликемического контроля. Для детей младше 10 лет и пациентов с HbA1c < 6,8% необходимо проведение регулярного скрининга на нарушение чувствительности к гипогликемиям и коррекция режима тренировок. Важно вовлекать тренеров в процесс управления сахарным диабетом, обеспечивая их всеобъемлющими базовыми знаниями о СД1 и методах экстренной помощи.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование подтверждает факт, что регулярная физическая активность и занятия спортом совместимы с эффективным гликемическим контролем у детей и подростков с СД1. Как помповая инсулинотерапия, так и терапия с применением шприц-ручек позволяют достигать целевых показателей при условии адекватного мониторинга. Ключевыми факторами успеха являются контроль гликемии во время тренировок, продолжительность физических нагрузок и учет возрастных особенностей чувствительности к гипогликемиям. Полученные данные подчеркивают актуальность междисциплинарного подхода, включающего детских эндокринологов, тренеров и семьи пациентов, для оптимизации управления СД1 в условиях активного образа жизни.

Поступила / Received 24.03.2026
Поступила после рецензирования / Revised 08.04.2026
Принята в печать / Accepted 09.04.2026



Список литературы / References

- Fitzpatrick R, Davison G, Wilson JJ, McMahon G, McClean C. Exercise, type 1 diabetes mellitus and blood glucose: The implications of exercise timing. *Front Endocrinol.* 2022;13:1021800. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1021800>.
- Curran M, Drayson MT, Andrews RC, Zoppi C, Barlow JP, Solomon TPI, Narendran P. The benefits of physical exercise for the health of the pancreatic β -cell: a review of the evidence. *Exp Physiol.* 2020;105(4):579–589. <https://doi.org/10.1113/EP088220>.
- Valli G, Minnock D, Tarantino G, Neville RD. Delayed effect of different exercise modalities on glycaemic control in type 1 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2021;31(3):705–716. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2020.12.006>.
- Cunha VN, de Paula Lima M, Motta-Santos D, Pesquero JL, de Andrade RV, de Almeida JA et al. Role of exercise intensity on GLUT4 content, aerobic fitness and fasting plasma glucose in type 2 diabetic mice. *Cell Biochem Funct.* 2015;33(7):435–442. <https://doi.org/10.1002/cbf.3128>.
- Cigrovski Berkovic M, Bilic-Curcic I, La Grasta Sabolic L, Mrzljak A, Cigrovski V. Fear of hypoglycemia, a game changer during physical activity in type 1 diabetes mellitus patients. *World J Diabetes.* 2021;12(5):569–577. <https://doi.org/10.4239/wjcd.v12.i5.569>.
- Montt-Blanchard D, Sánchez R, Dubois-Camacho K, Leppe J, Onetto MT. Hypoglycemia and glycemic variability of people with type 1 diabetes with lower and higher physical activity loads in free-living conditions using continuous subcutaneous insulin infusion with predictive low-glucose suspend system. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2023;11(2):e003082. <https://doi.org/10.1136/bmjdc-2022-003082>.
- Lee AS, Way KL, Johnson NA, Twigg SM. High-intensity interval exercise and hypoglycaemia minimisation in adults with type 1 diabetes: A randomised cross-over trial. *J Diabetes Complications.* 2020;34(3):107514. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2019.107514>.
- de Assis RC, Celedonio RF, Valentim AB, Monteiro GR, da Silva AMH, Dantas ACP, Maia CSC. Influence of Anaerobic Exercise in Type 1 Diabetes Mellitus Biomarkers: A Systematic Review. *Curr Diabetes Rev.* 2024;20(9):e230124226018. <https://doi.org/10.2174/0115733998274125231126111321>.
- García-Hermoso A, Ezatavari Y, Huerta-Urbe N, Alonso-Martínez AM, Chueca-Guindulain MJ, Berrade-Zubiri S et al. Effects of exercise training on glycaemic control in youths with type 1 diabetes: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Sport Sci.* 2023;23(6):1056–1067. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2086489>.
- Keyu G, Jiaqi L, Liyin Z, Jianan Y, Li F, Zhiyi D et al. Comparing the effectiveness of continuous subcutaneous insulin infusion with multiple daily insulin injection for patients with type 1 diabetes mellitus evaluated by retrospective continuous glucose monitoring: A real-world data analysis. *Front Public Health.* 2022;10:990281. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.990281>.
- de Bock M, Codner E, Craig ME, Huynh T, Maahs DM, Mahmud FH et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Glycemic targets and glucose monitoring for children, adolescents, and young people with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2022;23(8):1270–1276. <https://doi.org/10.1111/pedi.13455>.
- Yeh HC, Brown TT, Maruthur N, Ranasinghe P, Berger Z, Suh YD et al. Comparative effectiveness and safety of methods of insulin delivery and glucose monitoring for diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med.* 2012;157(5):336–347. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-5-201209040-00508>.
- Tauschmann M, Hovorka R. Technology in the management of type 1 diabetes mellitus – current status and future prospects. *Nat Rev Endocrinol.* 2018;14(8):464–475. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0044-y>.
- Battellino T, Danne T, Bergenstal RM, Amiel SA, Beck R, Biester T et al. Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation: Recommendations From the International Consensus on Time in Range. *Diabetes Care.* 2019;42(8):1593–1603. <https://doi.org/10.2337/dci19-0028>.
- Beato-Vibora PI, Quirós-López C, Lázaro-Martín L, Martín-Frías M, Barrio-Castellanos R, Gil-Poch E et al. Impact of Sensor-Augmented Pump Therapy with Predictive Low-Glucose Suspend Function on Glycemic Control and Patient Satisfaction in Adults and Children with Type 1 Diabetes. *Diabetes Technol Ther.* 2018;20(11):738–743. <https://doi.org/10.1089/dia.2018.0199>.
- Adolfsson P, Taplin CE, Zaharieva DP, Pemberton J, Davis EA, Riddell MC et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Exercise in children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes.* 2022;23(8):1341–1372. <https://doi.org/10.1111/pedi.13452>.
- Riddell MC, Scott SN, Fournier PA, Colberg SR, Gallen IW, Moser O et al. The competitive athlete with type 1 diabetes. *Diabetologia.* 2020;63(8):1475–1490. <https://doi.org/10.1007/s00125-020-05183-8>.

18. Tagougui S, Taleb N, Legault L, Suppère C, Messier V, Boukabous I et al. A single-blind, randomised, crossover study to reduce hypoglycaemia risk during postprandial exercise with closed-loop insulin delivery in adults with type 1 diabetes: announced (with or without bolus reduction) vs unannounced exercise strategies. *Diabetologia*. 2020;63(11):2282–2291. <https://doi.org/10.1007/s00125-020-05244-y>.
19. Heinemann L, Freckmann G, Ehrmann D, Faber-Heinemann G, Guerra S, Waldenmaier D, Hermanns N. Real-time continuous glucose monitoring in adults with type 1 diabetes and impaired hypoglycaemia awareness or severe hypoglycaemia treated with multiple daily insulin injections (HypoDE): a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*. 2018;391(10128):1367–1377. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30297-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30297-6).
20. Amiel SA, Potts L, Goldsmith K, Jacob P, Smith EL, Gonder-Frederick L, Heller S et al. A parallel randomised controlled trial of the Hypoglycaemia Awareness Restoration Programme for adults with type 1 diabetes and problematic hypoglycaemia despite optimised self-care (HARPro). *Nat Commun*. 2022;13(1):2229. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29488-x>.

Раскрытие информации об использовании ИИ

При подготовке статьи к публикации авторы использовали мультимодальную нейросеть Qwen для улучшения читаемости текста, коррекции грамматической и стилистической плавности и проверки орфографии. После использования мультимодальной нейросети Qwen авторы просматривали и редактировали контент по мере необходимости и берут на себя полную ответственность за содержание публикации.

AI Disclosure Statement

Qwen multimodal neural net was used to enhance text readability, correct grammar errors, refine stylistic issues, and perform spelling checks during manuscript preparation. After using the Qwen multimodal neural net, the content was revised and edited as required by the authors, who remain fully responsible for the content of this article.

Вклад авторов:

Концепция статьи – В.В. Платонов, Е.Д. Носкова
 Концепция и дизайн исследования – В.В. Платонов
 Написание текста – В.В. Платонов, Е.Д. Носкова
 Сбор и обработка материала – В.В. Платонов, Е.Д. Носкова
 Обзор литературы – В.В. Платонов, Е.Д. Носкова
 Анализ материала – В.В. Платонов, Е.Д. Носкова
 Статистическая обработка – В.В. Платонов
 Утверждение окончательного варианта статьи – В.В. Платонов, Е.Д. Носкова

Contribution of authors:

Concept of the article – Vadim V. Platonov, Elizaveta D. Noskova
 Study concept and design – Vadim V. Platonov
 Text development – Vadim V. Platonov, Elizaveta D. Noskova
 Collection and processing of material – Vadim V. Platonov, Elizaveta D. Noskova
 Literature review – Vadim V. Platonov, Elizaveta D. Noskova
 Material analysis – Vadim V. Platonov, Elizaveta D. Noskova
 Statistical processing – Vadim V. Platonov
 Approval of the final version of the article – Vadim V. Platonov, Elizaveta D. Noskova

Информация об авторах:

Платонов Вадим Валерьевич, к.м.н., заведующий 3-м эндокринологическим отделением, врач – детский эндокринолог, Детский городской многопрофильный клинический центр высоких медицинских технологий имени К.А. Раухфуса; 191036, Россия, Санкт-Петербург, Лиговский проспект, д. 8; доцент кафедры эндокринологии имени академика В.Г. Баранова, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова; 191015, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41; v_platonov@mail.ru

Носкова Елизавета Дмитриевна, врач – детский эндокринолог эндокринологического отделения, Областная клиническая детская больница; 620149, Россия, Екатеринбург, ул. Серафимы Дерябиной, д. 32; lutsevich.liza@mail.ru

Information about the authors:

Vadim V. Platonov, Cand. Sci. (Med.), Head of the 3rd Endocrinology Department, Pediatric Endocrinologist, St Petersburg Children's Municipal Multi-Specialty Clinical Center of High Medical Technology named after K.A. Rauhufus; 8, Ligovsky Ave., St Petersburg, 191036, Russia; Associate Professor, Department of Endocrinology named after Academician V.G. Baranov, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; 41, Kirochnaya St., St Petersburg, 191015, Russia; v_platonov@mail.ru

Elizaveta D. Noskova, Pediatric Endocrinologist, Endocrinology Department, Regional Children's Clinical Hospital; 32, Serafima Deryabina St., Ekaterinburg, 620149, Russia; lutsevich.liza@mail.ru