# Физическая нагрузка у пациентов с сахарным диабетом 1 типа: принципы коррекции помповой инсулинотерапии

**К.м.н. И.А. Барсуков, А.А. Демина**

ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва

**РЕЗЮМЕ**

*На сегодняшний день накоплено большое количество неопровержимых данных о том, что физические нагрузки (ФН) положительно влияют на состояние здоровья по ряду параметров, в т. ч. и у лиц с сахарным диабетом (СД) 1 и 2 типов. Несмотря на очевидные преимущества активного образа жизни, многие больные СД сознательно отказываются от каких-либо ФН из-за высокого риска развития гипогликемии. С увеличением количества пациентов с СД, которые находятся на инсулинотерапии с помощью инсулиновой помпы, остро встал вопрос о способах профилактики гипогликемических реакций в ответ на ФН различной интенсивности. Однако, несмотря на очевидную необходимость практических рекомендаций, эксперты до сих пор расходятся во мнении касательно времени, длительности и выраженности снижения базальной скорости подачи инсулина. В настоящем обзоре описаны основные биохимические процессы, происходящие в организме во время различных видов ФН, а также принципы оценки их интенсивности. Проведен анализ данных опубликованных на настоящий момент международных клинических исследований, представлен собственный опыт коррекции помповой инсулинотерапии больным с СД 1 типа на ФН в условиях стационара.*

**Ключевые слова:** *сахарный диабет 1 типа, помповая инсулинотерапия, аэробная физическая нагрузка, непрерывный мониторинг глюкозы крови, степ-тест Астранда.*

**Для цитирования:** *Барсуков И.А., Демина А.А. Физическая нагрузка у пациентов с сахарным диабетом 1 типа: принципы коррекции помповой инсулинотерапии. РМЖ. Медицинское обозрение. 2019;1(I):36–43.*

**ABSTRACT**

**Physical activity in patients with type 1 diabetes mellitus: approaches for insulin pump therapy correction**

**I.A. Barsukov, A.A. Demina**

*The M. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute*

*There is currently strong data-based evidence that physical activity (PA) is associated with numerous health benefits for patients with type 1 and 2 diabetes mellitus (T1DM, T2DM). Nevertheless, a lot of patients prefer a sedentary lifestyle mainly due to the high risks of hypoglycemia during PA. Each year the amount of diabetics using insulin pump therapy increases dramatically, that is why the development of methods for prevention hypoglycemia during PA in such patients is of primary importance. Unfortunately, there is still the lack of studies in this field, and the recommendations given by various diabetic associations differ. In this review main biochemical processes occurred during PA are described, as well as the methods for the PA intensity assessment. We also analyze the data obtained during international studies and present our own experience in insulin pump therapy correction in patients with T1DM.*

**Keywords:** *type 1 diabetes mellitus, insulin pump therapy, aerobic physical activity, continuous glucose monitoring, Astrand step-test.*

**For citation:** *Barsukov I.A., Demina A.A. Physical activity in patients with type 1 diabetes mellitus: approaches for insulin pump therapy correction. RMJ. Medical Review. 2019;1(I):36–43.*

## Введение

По данным ВОЗ, около 60% всех случаев смерти обусловлено неинфекционными, в основном сердечно-сосудистыми, заболеваниями. Столь высокий показатель является следствием нерационального питания и снижения уровня физической активности (ФА) [1].

Так, по данным исследования US Surgeon General, более 50% взрослого населения США не придерживаются рекомендации по ежедневной 30-минутной физической нагрузке (ФН), а 25% и вовсе ведут малоподвижный образ жизни [2, 3]. По данным Национальной программы проверки здоровья и питания *(The National Health and Nutrition Examination Survey),* у 38% больных сахарным диабетом 2 типа (СД 2 типа) уровень ФА меньше рекомендованного объема, а 36% целенаправленно не выполняют регулярные физические упражнения [2, 3].

В настоящее время имеется большое количество данных о том, что ФА очень полезна что не только больным с ожирением и СД 2 типа, но и пациентам с сахарным диабетом 1 типа (СД 1 типа) [4]. По данным ряда авторов, регулярная ФА способствует улучшению как состояния углеводного обмена, так и качества жизни [5–8]. Однако, несмотря на очевидные преимущества активного образа жизни и положительного влияния ФН на состояние здоровья, многие больные СД сознательно отказываются от дополнительной ФА из-за высокого риска развития гипогликемии [9, 10].

С увеличением количества пациентов с СД, которые находятся на инсулинотерапии с помощью инсулиновой помпы, остро встал вопрос о способах профилактики гипогликемических реакций в ответ на ФА различной интенсивности. Несмотря на очевидную необходимость практических рекомендаций, эксперты до сих пор расходятся во мнении касательно времени, длительности и выраженности снижения базальной скорости подачи инсулина [4, 11–15].

## Особенности различных видов физических нагрузок

ФН могут привести к значительным колебаниям уровня глюкозы крови, что необходимо учитывать при коррекции инсулинотерапии. Механизм энергообеспечения, использующийся в конкретном физическом упражнении, а также его длительность и интенсивность оказывают существенное влияние на тактику ведения [16]. По механизму энергообеспечения ФН разделяются на аэробные и анаэробные.

### Аэробные физические нагрузки

Аэробные ФН включают в себя упражнения легкой или умеренной интенсивности, которые могут выполняться в течение длительного времени [16]. При аэробном механизме ресинтез АТФ происходит при участии кислорода путем окислительного фосфорилирования углеводов и липидов в митохондриях [17]. Важно, что липиды являются наиболее энергетически выгодным субстратом, т. к. в ходе их окисления синтезируется в 2 раза больше АТФ, чем при окислении углеводов [18]. По мере увеличения уровня тренированности в организме начинают преобладать мышечные волокна типа I (рис. 1), содержащие большое количество митохондрий. Это, в свою очередь, способствует ускорению вступления жирных кислот в реакцию синтеза АТФ и, как следствие, увеличению использования жиров в качестве основного энергетического субстрата [17].

### Анаэробные физические нагрузки

Для анаэробных ФН характерны небольшая продолжительность и высокая интенсивность [16]. Энергообеспечение в этом случае происходит за счет анаэробного гликолиза, а также утилизации внутримышечных запасов АТФ и креатинфосфата (КФ). По мере увеличения уровня тренированности в организме повышается содержание мышечных волокон типа II, для которых характерно высокое содержание АТФ, КФ, внутримышечного фосфагена и гликогена [17].

Основные виды аэробных и анаэробных ФН представлены в таблице 1 [19].

## Особенности углеводного обмена при физической нагрузке

Основные изменения гомеостаза глюкозы во время ФН наглядно представлены на рисунке 2. Как видно из представленной схемы, на фоне ФН усиливается кровоснабжение и повышается чувствительность тканей к инсулину. Подобные изменения у пациентов с СД могут приводить к снижению уровня глюкозы крови, что требует применения ряда мер по профилактике гипогликемии [16].

При анаэробной ФН значительно увеличивается выброс контринсулярных гормонов, что у здорового человека приводит к кратковременному повышению уровня глюкозы крови. В дальнейшем благодаря регуляторным механизмам уровень гликемии возвращается к исходному (рис. 3). У больных СД подобные изменения могут приводить к выраженному повышению уровня глюкозы в крови, что требует дальнейшей коррекции [16, 20, 21].

**Таблица 1.** Основные виды аэробных и анаэробных физических нагрузок

| Аэробная физическая нагрузка | Анаэробная физическая нагрузка |
|---|---|
| Езда на велосипеде | Спринтерский бег |
| Бег на длинные дистанции | Силовые упражнения |
| Ходьба | Упражнения на подтягивания |
| Плавание | Упражнения на приседания |

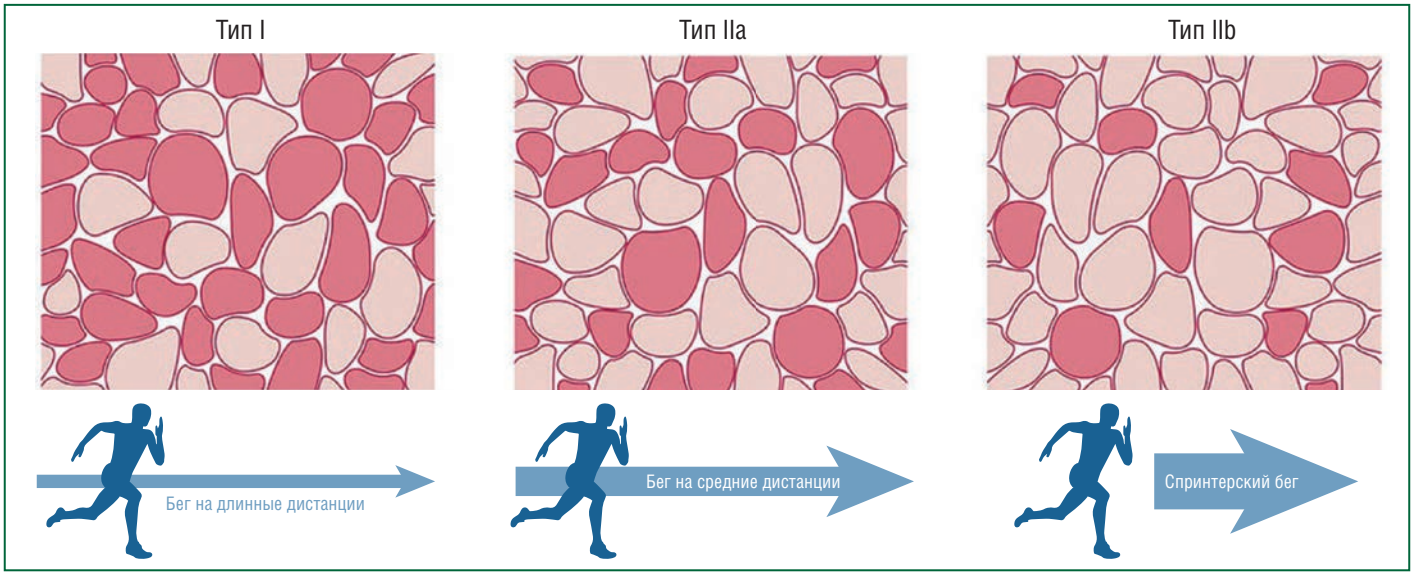


**Рис. 1.** Типы мышечных волокон

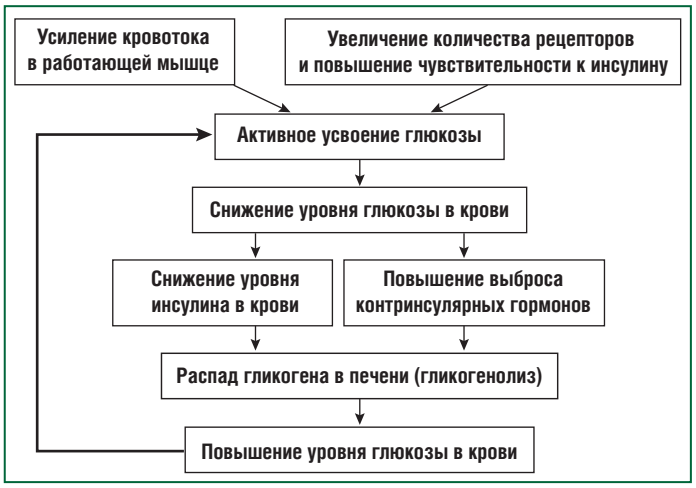


**Рис. 2.** Гомеостаз глюкозы при физической нагрузке

## Общие рекомендации по физической активности для пациентов с сахарным диабетом

Согласно рекомендациям Российской ассоциации эндокринологов, оптимальной для пациентов с СД является регулярная ФН продолжительностью не менее 30 мин, предпочтительно ежедневно, но не менее 150 мин в неделю [22]. Во избежание неблагоприятных последствий рекомендуется начинать с ФН легкой/умеренной интенсивности с постепенным увеличением ее длительности и интенсивности [23]. При этом под интенсивностью следует понимать величину усилий, необходимых для осуществления какого-либо вида ФА (табл. 2) [20].

Максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС) рассчитывается на основании возраста пациента по следующей формуле [24]: ЧСС max = 220 — возраст.

**Таблица 2.** Интенсивность физических нагрузок [адапт. из 20]

| Интенсивность | % ЧССmax | MET |
|---|---|---|
| Легкая | 50–63 | 2–4 |
| Умеренная | 64–76 | 5–6 |
| Высокая | 77–93 | 7–9 |
| Высокая/максимальная | >93 | >10 |
| Максимальная | 100 | >10 |

**Примечание.** *MET – метаболический эквивалент; % ЧССmax – процент от максимальной частоты сердечных сокращений.*

При этом для определения тренировочной ЧСС для достижения необходимой интенсивности ФН используется формула Карвонена [24]:

ЧССтрен. = (ЧССmax — ЧСС в покое) х интенсивность,%) + ЧСС в покое

Для пациентов с СД существует ряд противопоказаний к проведению ФН, которые необходимо учитывать. К ним относят следующие состояния [22]:

- уровень гликемии >13 ммоль/л в сочетании с ацетонурией или > 16 ммоль/л, даже без ацетонурии;
- гемофтальм, отслойка сетчатки, первые полгода после лазерной коагуляции сетчатки;
- препролиферативная (при ФА с резким повышением АД, бокс, ФА высокой интенсивности и продолжительности) и пролиферативная ретинопатия (то же, плюс бег, поднятие тяжестей, аэробика и т. д.);
- неконтролируемая АГ;
- ИБС (по согласованию с кардиологом).

При этом важно отметить, что в данном случае речь не идет о бытовой ФА.

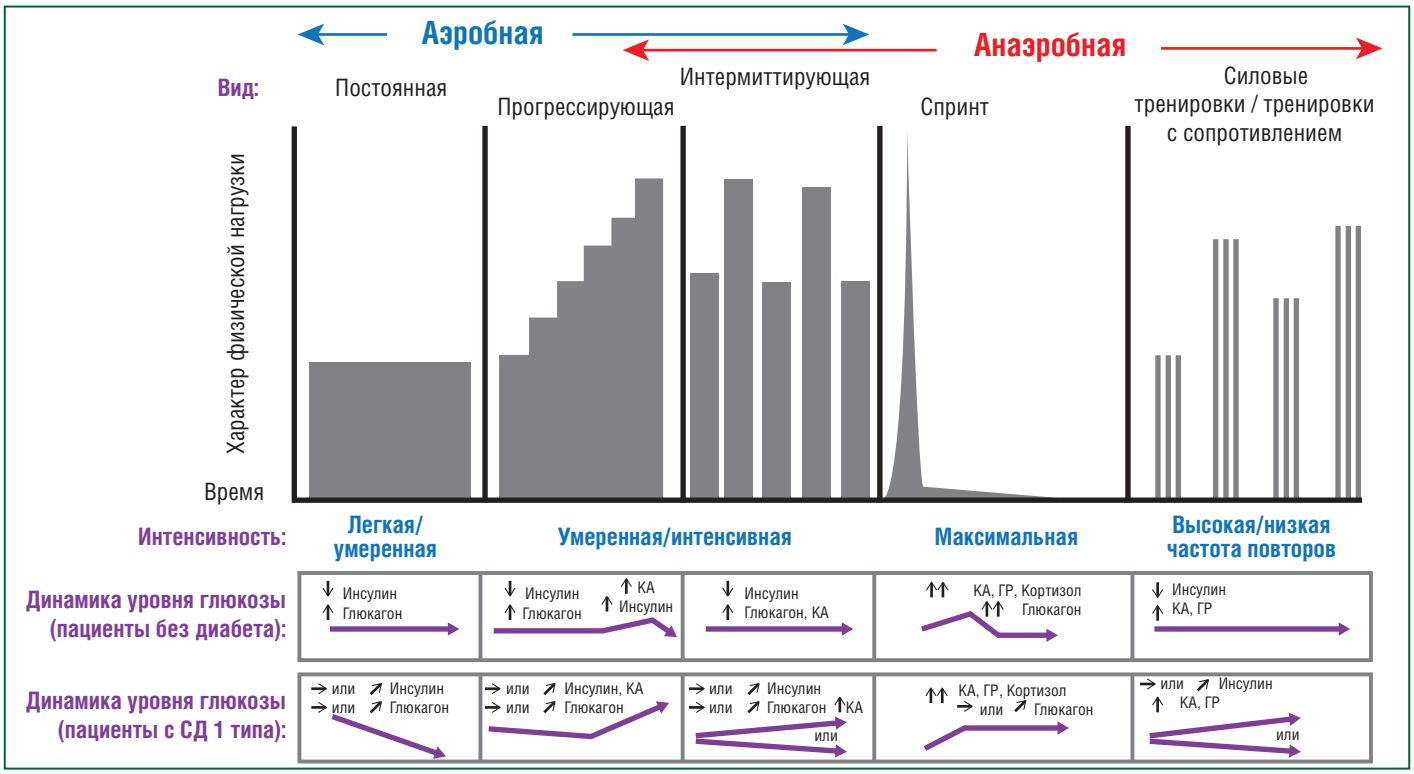


**Рис. 3.** Влияние различных видов физических нагрузок на углеводный обмен: *КА* – катехоламины; *ГР* – гормон роста [адапт. из 20]

При наличии у пациента диабетической ретинопатии перед проведением ФН умеренной/высокой интенсивности рекомендован осмотр офтальмолога [25].

ФН с осторожностью рекомендованы в следующих случаях [22]:

- виды спорта, при которых трудно купировать гипогликемию (подводное плавание, дельтапланеризм, серфинг и т. п.);
- нарушение распознавания гипогликемии;
- дистальная нейропатия с потерей чувствительности и вегетативная нейропатия (ортостатическая гипотония);
- нефропатия (нежелательное повышение АД);
- непролиферативная ретинопатия.

Всем пациентам с СД вне зависимости от способа подачи инсулина рекомендован контроль гликемии до и после ФА. Дополнительный самоконтроль рекомендовано проводить при длительной ФА каждые 1–2 ч, а также при возникновении симптомов гипогликемии. При уровне глюкозы в крови <5,0 ммоль/л рекомендован дополнительный прием 1–2 ХЕ быстроусвояемых углеводов, а при гликемии 5,1–7,0 ммоль/л — медленноусвояемых углеводов. Каждому пациенту рекомендовано иметь при себе углеводы в большем количестве, чем обычно: при кратковременной ФА — не менее 4 ХЕ, при длительной — не менее 10 ХЕ [22].

## Коррекция помповой инсулинотерапии на аэробную физическую нагрузку

Несмотря на большое количество исследований, посвященных особенностям коррекции инсулинотерапии на ФН, все рекомендации до сих пор носят лишь общий характер [25]. Как правило, в случае инсулинотерапии посредством шприц-ручек специалисты рекомендуют либо прием дополнительного количества углеводов [20], либо снижение дозы инсулина перед приемом пищи [26]. Особенностью инсулиновой помпы является то, что дозу циркулирующего в организме инсулина можно уменьшить путем снижения базальной скорости подачи инсулина [4, 12], при условии, что ФН возникает вне приема пищи, либо базального и болюсного режимов, когда ФА имеет место в течение 60–180 мин после еды [21].

На сегодняшний день проведен ряд исследований по различным способам коррекции базальной скорости подачи инсулина в ответ на аэробную ФН умеренной интенсивности [4, 12, 15, 21].

Так, в исследовании S. Franc et al. было показано, что снижение базальной скорости подачи инсулина на 80% от исходного в течение 30-минутной аэробной ФН и в последующие 2 ч позволяло эффективнее снизить количество гипогликемических состояний в сравнении с 50% снижением [4]. Данный метод, по утверждению авторов, является промежуточным решением между 50% снижением до и во время ФН, предложенным рядом авторов [12, 27, 28], и остановкой инсулиновой помпы, предлагаемой M.K. Frohnauer и E. Tsalikian et al. [11, 29].

В исследовании S.A. McAuley et al. проводили анализ динамики циркулирующего в крови инсулина, гликемии, а также количества гипогликемических реакций при снижении базальной скорости подачи инсулина на 50% от исходного за 60 мин до ФН, на время 30-минутной ФН, а также в течение 2 ч после ФН. По результатам исследования авторы пришли к выводу, что уменьшение вдвое базальной скорости подачи инсулина за 60 мин до ФН не снижало количество циркулирующего в крови инсулина на момент ее начала. Более того, было отмечено увеличение его концентрации во время ФН. Подобное явление авторы связывают с увеличением скорости абсорбции инсулина из подкожно-жировой клетчатки. Таким образом, у пациентов с исходно низконормальным уровнем гликемии предотвращение развития гипогликемической реакции во время ФА невозможно только за счет снижения базальной скорости подачи инсулина и требует дополнительного приема углеводов и более выраженного снижения уровня базального инсулина [12].

Очевидно, что для достижения лучшей компенсации углеводного обмена в ответ на ФН необходим комплексный подход, включающий в себя как прием дополнительных углеводов, так и коррекцию инсулинотерапии. Так, D.P. Zaharieva и M.C. Riddell на основании многочисленных исследований разработали свои схемы коррекции базального и болюсного инсулина при ФН [21].

В том случае, когда ФН имеет место в течение 60–180 мин после приема пищи, для снижения количества циркулирующего в организме инсулина и, как следствие, профилактики гипогликемии авторы рекомендуют снижение болюсного инсулина согласно алгоритму, представленному в таблице 3.

**Таблица 3.** Начальная коррекция болюсной дозы инсулина в зависимости от интенсивности и длительности физической нагрузки

| Интенсивность физической нагрузки | Длительность физической нагрузки | |
|---|---|---|
| | *30 мин* | *60 мин* |
| Низкая (~25% VO2 max) | -25% | -50% |
| Средняя (~50% VO2 max) | -50% | -75% |
| Высокая (~75% VO2 max) | -75% | – |

Тем не менее в исследовании, на которое опираются авторы [26], испытуемые использовали режим множественных инъекций инсулина. Таким образом, у пациентов на инсулиновой помпе необходимый процент снижения может несколько отличаться от исходного. Более того, некоторым пациентам может потребоваться проведение дальнейшей коррекции в зависимости от показателей углеводного обмена [21].

Для пациентов, планирующих ФН вне действия болюсного инсулина (>4 ч после приема пищи), авторы предлагают придерживаться алгоритма коррекции базальной скорости подачи инсулина, представленного в таблице 4. Снижение уровня базального инсулина рекомендуется проводить за 60–90 мин до начала ФН и на время самой ФН [29–31].

**Таблица 4.** Начальная коррекция базальной скорости подачи инсулина на 60-минутную физическую нагрузку

| Интенсивность | Снижение базальной скорости подачи инсулина, % |
|---|---|
| Низкая (~25% VO2 max) | 30 |
| Средняя (~50% VO2 max) | 50 |
| Высокая (~75% VO2 max) | 90–100 |

Важно отметить, что в представленных рекомендациях учитывается только нагрузка длительностью более 60 мин. При меньшей продолжительности ФА коррекции базального инсулина не требуется, поддержание уровня глюкозы в крови в необходимом диапазоне достигается только за счет дополнительного приема углеводов [32].

## Профилактика развития гипогликемии после физической нагрузки

В течение 24 ч после ФН у пациентов с СД может развиться гипогликемия [10]. Подобное явление связано с увеличением чувствительности тканей к действию инсулина после ФН. При этом, согласно исследованию, проведенному Gomez et al., значительно меньшее количество гипогликемических реакций возникало, если ФН была в утренние часы, в сравнении с занятиями, проведенными в обед. При этом чаще всего гипогликемические реакции возникали в течение 15–24 ч после ФН [10].

С целью профилактики развития гипогликемии после ФН некоторые авторы рекомендуют дополнительное снижение базального инсулина на 50% в течение 2 ч после ФН [4] или на 20% в течение 6 ч в период сна [15].

## Опыт коррекции помповой инсулинотерапии на физическую нагрузку умеренной интенсивности в условиях отделения терапевтической эндокринологии

С учетом отсутствия единого общепринятого алгоритма коррекции базальной скорости подачи инсулина на ФН умеренной интенсивности [4, 12, 15, 21] в отделении терапевтической эндокринологии ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского начато клиническое исследование, посвященное изучению данной проблемы.

### Материал и методы

В исследование были включены пациенты в возрасте 18–45 лет с СД 1 типа длительностью больше 1 года и более 3 мес. находившихся на помповой инсулинотерапии (ПИ). Всем пациентам исходно проводилась оценка базального режима путем ежечасного самоконтроля глюкозы крови в определенном временном интервале.

Не менее чем через 4 ч после приема пищи пациенты приступали к 30-минутной аэробной ФН умеренной интенсивности (50% VO2 max), включавшей в себя занятие на велотренажере. Необходимая для достижения указанной интенсивности ЧСС определялась каждому пациенту индивидуально по формуле Карвонена [24]. Для последующей кластеризации испытуемых по уровню тренированности каждому обследуемому определялся объем максимального поглощенного кислорода (VO2 max, л/мин) непрямым методом по Astrand — Rhyming с использованием степ-платформы [33].

Оценка динамики углеводного обмена проводилась на основании данных непрерывного мониторинга глюкозы крови (система iPro™2, Medtronic, USA), а также данных самоконтроля глюкометром. В дни проведения ФН в целях безопасности пациента самоконтроль глюкозы крови проводится за 1,5 ч до ФН, непосредственно перед ней, сразу после, а также через 1 и 2 ч.

При разработке протокола коррекции базальной скорости подачи инсулина на ФН мы руководствовались представленными ранее исследованиями [4, 12, 21]. Всем пациентам исходно было рекомендовано снижение базальной скорости подачи инсулина на 50% за 1,5 ч до и на время ФН. Пациенты приступали к упражнению при гликемии 6,5–13,0 ммоль/л. При уровне глюкозы крови <6,5 ммоль/л для минимизации последующего влияния углеводов на показатели пациентам был рекомендован прием 1 ХЕ быстроусвояемых углеводов (200 мл сока).

В дальнейшем в зависимости от показателей гликемии пациенты были разделены на 2 группы:

- при снижении гликемии более чем на 1,7 ммоль/л в течение периода ФН в следующий сеанс доза базального инсулина снижается на 80% (временная базальная скорость (ВБС) 20%);
- при отсутствии изменений или при повышении гликемии базальная скорость в следующий сеанс не меняется (ВБС 100%).

Отметим, что для получения наиболее достоверных результатов всем пациентам ФН проводится только в утренние часы, в одно и то же время. При этом последнее введение болюсного инсулина и/или прием пищи, содержащей медленноусвояемые углеводы, должны осуществляться не позднее, чем за 4 ч до начала тестирования. Обязательные условия участия в исследовании — госпитализация в отделение терапевтической эндокринологии МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского и прохождение рутинного обследования, включающего в себя ряд лабораторно-инструментальных показателей, а также осмотры невролога и офтальмолога с оценкой состояния глазного дна. Минимальный интервал между сеансами ФН составляет 24 ч. Всем пациентам проводится оценка динамики углеводного обмена в течение суток после ФН с обязательной фиксацией частоты возникновения гипогликемических реакций.

### Результаты и обсуждение

На данном этапе исследования была сформирована группа больных для статистического анализа, поэтому ниже представлены клинические примеры коррекции ПИ у пациентов с СД 1 типа на ФН умеренной интенсивности (табл. 5).

*Клинический случай 1*. Больная Т., 30 лет. СД 1 типа в течение 5 лет, переведена на ПИ 2 года назад. Регулярно занимается аэробными упражнениями, а также лыжным спортом. На фоне ФН часто отмечает легкие гипогликемические состояния, купирующиеся приемом 1–2 ХЕ быстроусвояемых углеводов. Динамика гликемии исходно и на фоне двух сеансов ФН представлена на рисунках 4–6.

**Таблица 5.** Некоторые клинические параметры больных сахарным диабетом 1 типа

| Параметр | Значение | |
|---|---|---|
| | *Больная Т.* | *Больная Н.* |
| ИМТ, кг/м² | 24,5 | 23,6 |
| HbA1c, % | 7,6 | 7,3 |
| СКФ по CKD-EPI, мл/мин | 83 | 86 |
| VO2 max, л/мин | 2,4 | 2,2 |

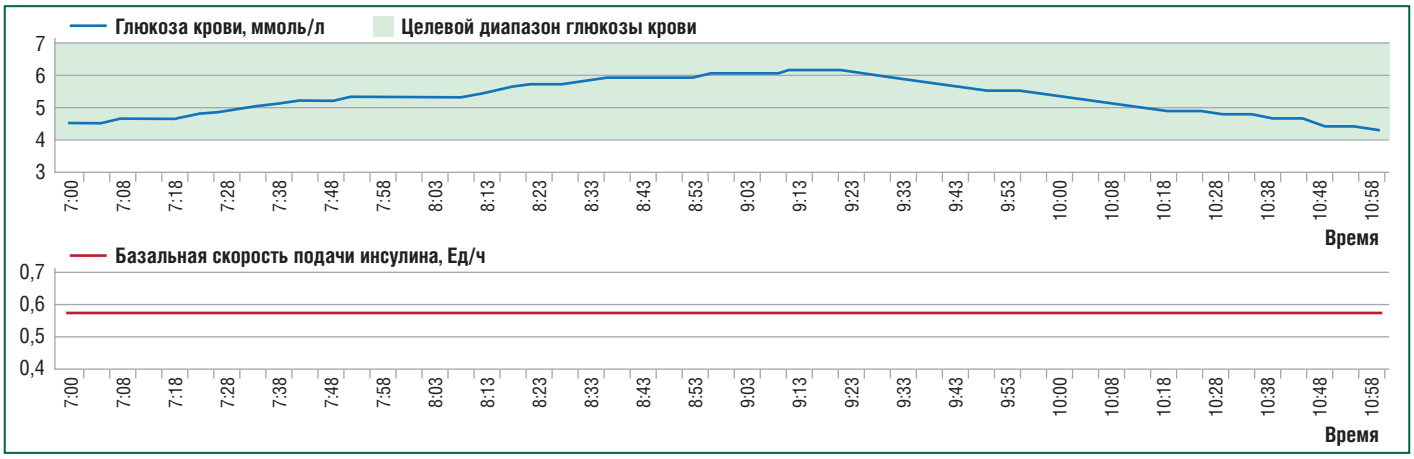


**Рис. 4.** Исходная динамика гликемии у пациентки Т. по данным непрерывного мониторинга гликемии

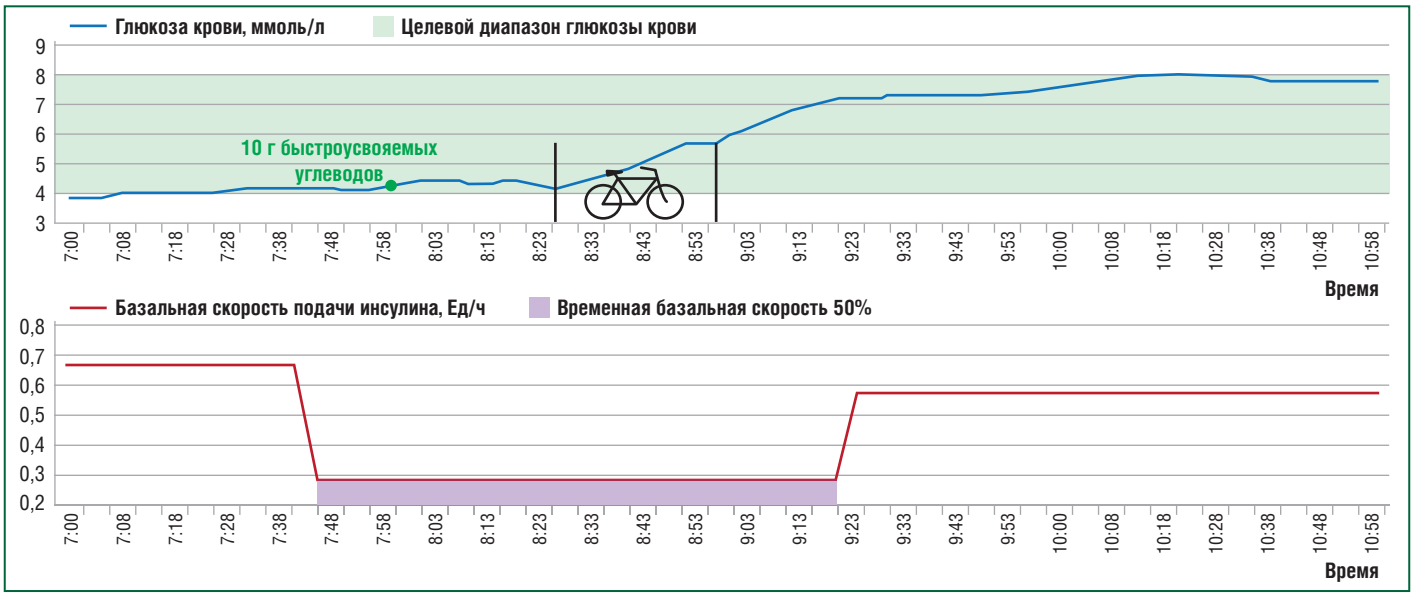


**Рис. 5.** Динамика гликемии на фоне физической нагрузки у пациентки Т. (временная базальная скорость 50%)

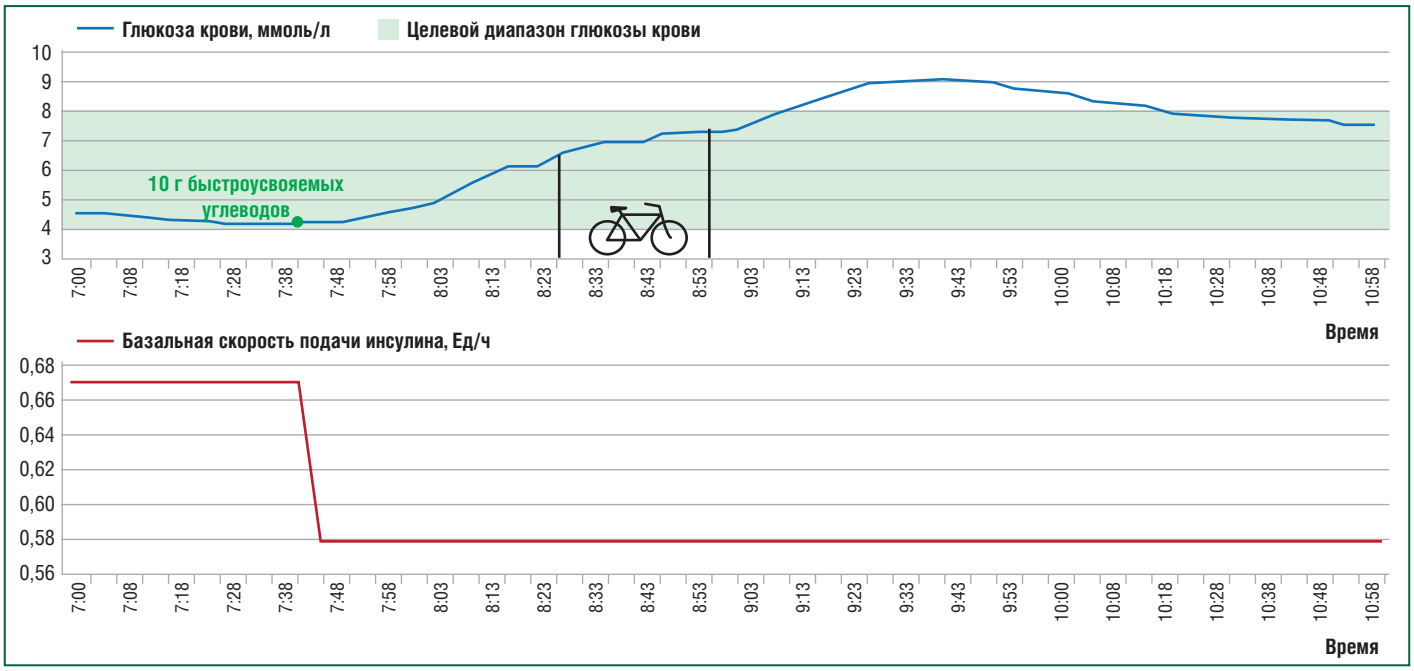


**Рис. 6.** Динамика гликемии на фоне физической нагрузки у пациентки Т., базальная скорость подачи инсулина не изменялась

Из рисунка 4 видно, что базальная скорость подачи инсулина у больной подобрана адекватно, т. к. до завтрака уровень глюкозы крови устойчиво находится в целевом диапазоне значений. При снижении базальной скорости подачи инсулина на 50% отмечалось повышение уровня глюкозы крови (рис. 5), что свидетельствует о недостаточной дозе базального инсулина для поддержания целевого показателя гликемии.

В следующий сеанс базальная скорость не изменялась (рис. 6). При этом также отмечено повышение уровня глюкозы крови, что, возможно, было следствием высокого уровня тренированности пациентки и более интенсивного использования жиров в качестве энергетического субстрата. Отметим, что в течение 24 ч после ФН не было зафиксировано отсроченных гипогликемических реакций. Таким образом, наблюдаемая в данном случае динамика глюкозы крови подтверждает утверждение G. Scheiner [32] о том, что ФН длительностью менее 60 мин не оказывают существенного влияния на показатели углеводного обмена и коррекции инсулинотерапии не требуют.

*Клинический случай 2.* Больная Н., 27 лет. СД 1 типа в течение 20 лет, переведена на ПИ 3 года назад. Ее клинические параметры представлены в таблице 5. Ведет малоподвижный образ жизни, спортом не занимается. Отмечает частые гипогликемические состояния во время длительных прогулок, купирующиеся приемом 1–2 ХЕ быстроусвояемых углеводов

На рисунке 7 представлена динамика углеводного обмена в необходимом нам временном интервале. При этом видно, что базальная скорость подачи инсулина подобрана адекватно. Снижение базальной скорости подачи инсулина на 50% за 1,5 ч до и на время ФН привело к снижению уровня глюкозы крови до 3,8 ммоль/л (рис. 8) и развитию симптомов гипогликемии (выраженное чувство голода, дрожь, потливость). В связи с этим тест с ФН был остановлен, гипогликемия купирована. Так как в первом тесте, несмотря на 50% снижение базального режима, ФН привела к понижению уровня глюкозы крови, для профилактики гипогликемической реакции во время второго сеанса ФН была использована схема, предложенная S. Franc et al. [4] с модификациями (рис. 9). За 1,5 ч до и на время ФН скорость подачи базального инсулина была снижена на 80%. Несмотря на это, у больной вновь возникли симптомы гипогликемии, уровень глюкозы крови при самоконтроле — 1,8 ммоль/л.

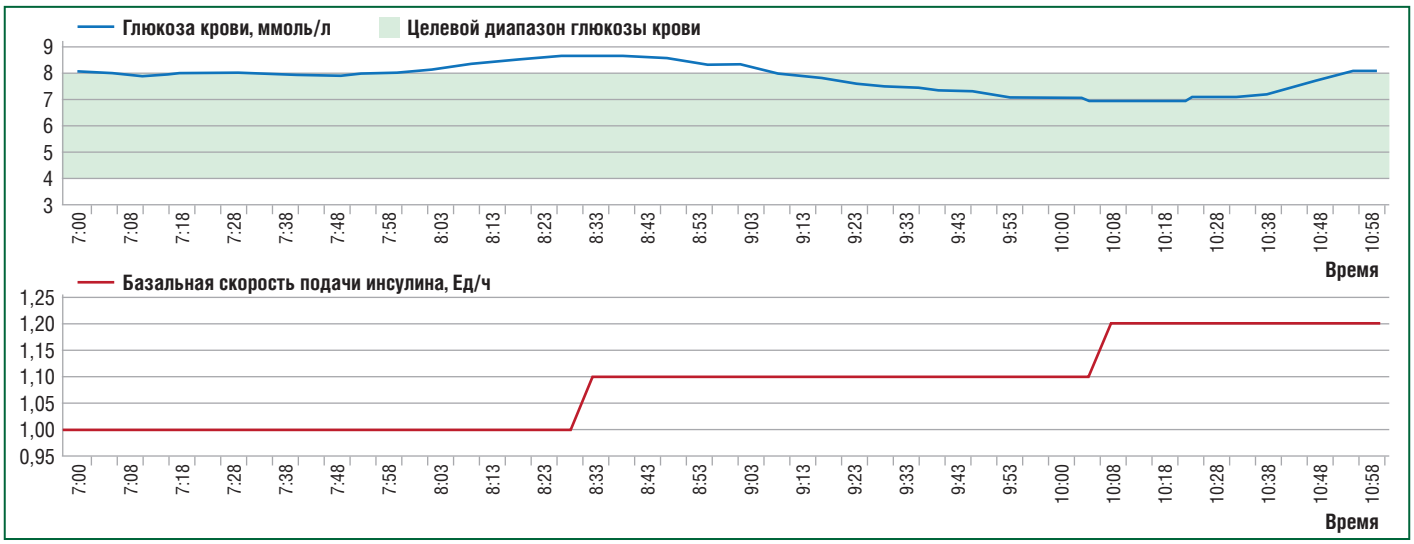


**Рис. 7.** Исходная динамика гликемии у пациентки Н. по данным непрерывного мониторинга гликемии

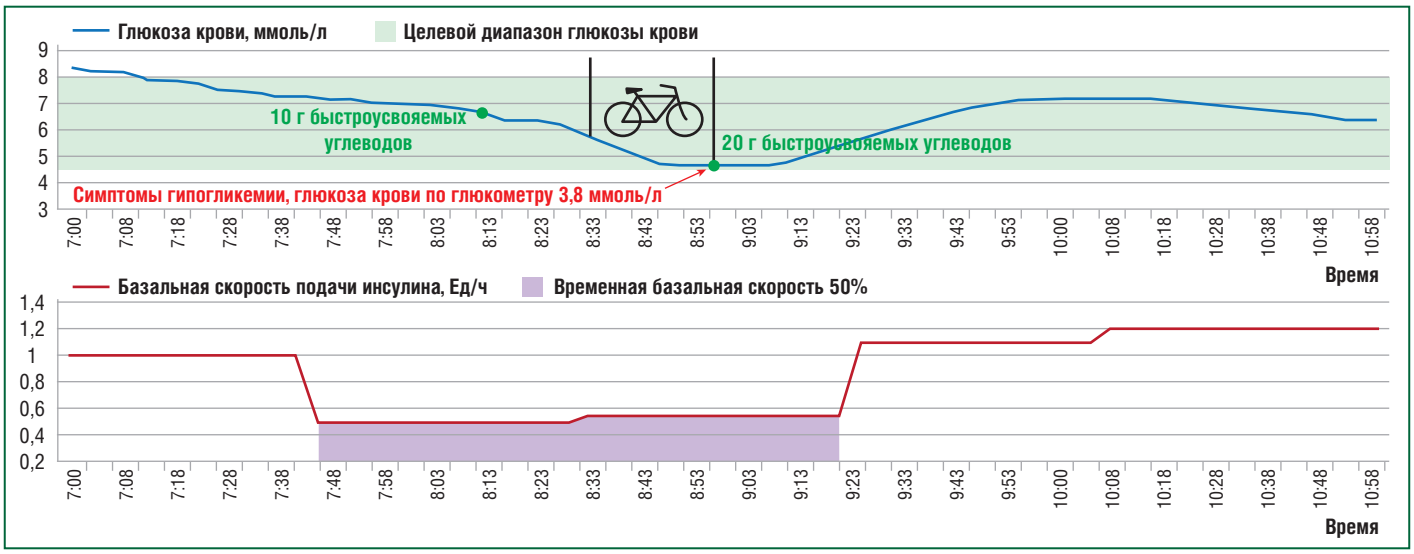


**Рис. 8.** Динамика гликемии на фоне физической нагрузки у пациентки Н. (временная базальная скорость 50%)

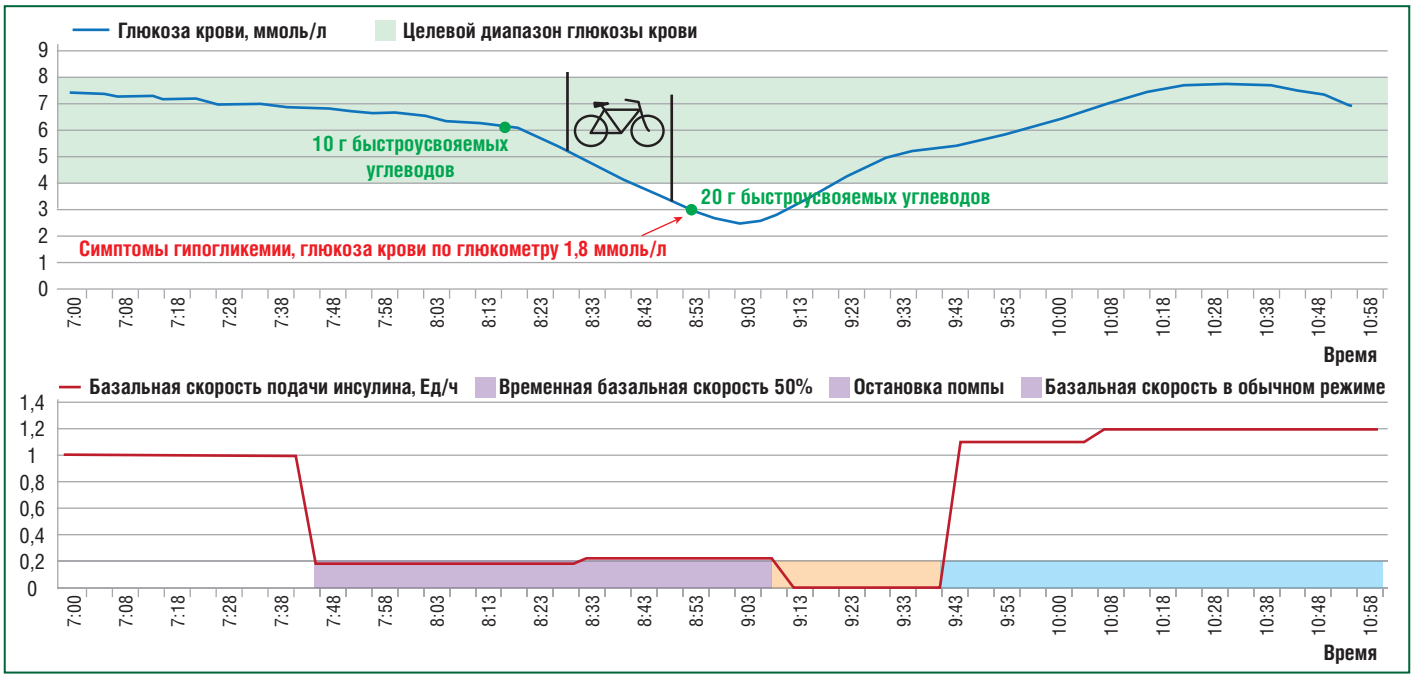


**Рис. 9.** Динамика гликемии на фоне физической нагрузки у пациентки Н. (временная базальная скорость 20%)

Тест был прекращен, работа помпы остановлена. После купирования эпизода гипогликемии (гликемия при самоконтроле через 15 мин 4,2 ммоль/л) проведен запуск помпы в прежнем режиме. Подобные изменения могут быть связаны с длительным течением СД, а также низким уровнем толерантности пациентки к ФН.

## Заключение

Очевидно, что необходимая во время ФН доза инсулина должна быть индивидуально подобрана пациенту эмпирическим путем. Существует множество различных подходов к профилактике гипогликемий, различающихся по длительности и выраженности снижения дозы инсулина [4, 12, 15, 21, 34–38]. Тем не менее практикующему врачу необходимо четко понимать, с чего следует начать коррекцию ПИ пациенту, планирующему какую-либо ФА. С учетом представленных в настоящем обзоре исследований на начальном этапе наиболее целесообразными, на наш взгляд, являются схемы, предложенные в таблицах 3 и 4. Однако для массового внедрения рекомендаций по коррекции ПИ на ФН в российскую клиническую практику необходимы дальнейшие исследования.

### *Литература*

1. The world health report, 2002: Reducing Risks, Promoting Healthy Life. Geneva, World Health Organization; 2002.
2. Centers for Disease Control and Prevention. 2007 CDC US physical activity statistics. (Electronic resource). URL: https://www.cdc.gov/nchs/data/hus/hus07.pdf (access date: 22.02.2019).
3. Centers for Disease Control and Prevention. NHANES 2008: state indicator report on physical activity, 2010 behavioral indicators. (Electronic resource). URL: https://www.cdc.gov/physicalactivity/downloads/PA_State_Indicator_Report_2010.pdf (access date: 22.02.2019).
4. Franc S., Daoudi A., Pochat A. et al. Insulin-based strategies to prevent hypoglycaemia during and after exercise in adult patients with type 1 diabetes on pump therapy: the DIABRASPORT randomized study. Diabetes, Obesity and Metabolism. 2015;17:1150–1157.
5. Kavookjian J., Elswick B.M., Whetsel T. Interventions for being active among individuals with diabetes: a systematic review of the literature. Diabetes Educ. 2007;33:962–988.
6. Li G., Zhang P., Wang J. et al. The long term effects of lifestyle interventions to prevent diabetes in the China Da Qing Diabetes Prevention Study a 20-year follow-up study. Lancet. 2008;371:1783–1789.
7. Look AHEAD Research Group. Long-term effects of a lifestyle intervention on weight and cardiovascular risk factors in individuals with type 2 diabetes mellitus. Arch Intern Med. 2010;170:1566–1575.
8. Shiroma E.J., Lee I–Min. Physical activity and cardiovascular health: lessons learned from epidemiological studies across age, gender, and race/ethnicity. Circulation. 2010;122:743–752
9. Al Khalifah R.A., Suppère C. et al. Association of aerobic fitness level with exercise-induced hypoglycaemia in Type 1 diabetes. Diabet Med. Dec. 2016;33(12):1686–1690.
10. Gomez A.M., Gomez C., Aschner P. et al. Effects of Performing Morning Versus Afternoon Exercise on Glycemic Control and Hypoglycemia Frequency in Type 1 Diabetes Patients on Sensor-Augmented Insulin Pump Therapy. Journal of Diabetes Science and Technology. 2015;9(3):619–624.
11. Frohnauer M.K. Adjustment of basal lispro insulin in CSII to minimize glycemic fluctuations caused by exercise. Diabetes Res Clin Pract. 2000;50:80.
12. McAuley S.A., Horshburgh J.C., Ward G.M. et al. Insulin pump basal adjustment for exercise in type 1 diabetes: a randomised crossover study. Diabetologia. 2016;59:1636–1644.
13. Perkins B.A., Riddell M.C. Type 1 diabetes and exercise: using the insulin pump to maximum advantage. Can J Diabetes. 2006;30:72–79.
14. Riddell M.C., Bar-Or O., Ayub B.V. et al. Glucose ingestion matched with total carbohydrate utilization attenuates hypoglycemia during exercise in adolescents with IDDM. Int J Sport Nutr. 1999;9(1):24–34.
15. Taplin C.E., Cobry E., Messer L. et al. Preventing post-exercise nocturnal hypoglycemia in children with type 1 diabetes. J Pediatr. 2010;157:784–788.
16. Galassetti P., Riddell M.C. Exercise and Type 1 Diabetes (T1DM). Comprehensive Physiology. 2013;3:1309–1336.
17. Кулиненков О.С., Лапшин И.А. Биохимия в практике спорта. М.: Спорт; 2018. [Kulinenkov O.S. Lapshin I.A. Biochemistry in sport practice. M.: Sport; 2018 (in Russ.)].
18. Ranallo R.F., Rhodes E.C. Lipid metabolism during exercises. Sports Med. 1998;26:29.
19. Patel H. et al. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. World Journal of Cardiology. 2017;9(2):134–138.
20. Riddell M.C., Zaharieva D.P. et al. Exercise and the Development of the Artificial Pancreas: One of the More Difficult Series of Hurdles. J Diabetes Sci Technol. 2015; 9 (6):1217–1226.
21. Zaharieva D.P., Riddell M.C. Prevention of Exercise-Associated Dysglycemia: A Case Study–Based Approach. NUTRITION FYI. 2015;28(1):55–62.
22. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / под ред. Дедова И.И., Шестаковой М.В., Майорова А.Ю. 8-й выпуск. М.: УП ПРИНТ; 2017. [Standards of specialized diabetes care. Ed Dedov I.I. Shestakova M.V., Mayorov A.Y. 8th ed. M.: UP PRINT; 2017 (in Russ.)].
23. Colberg S.R. Key points from the Updated Guidelines on Exercise and Diabetes. Frontiers in Endocrinology. 2017;8:1–7. DOI: 10.3389/fendo.2017.00033.
24. Miller W.C., Wallace J.P., Eggert K.E. Predicting max HR and the HR-VO2 relationship for exercise prescription in obesity. Med Sci Sports Exerc. 1993;25:1077–1081.
25. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes — 2018. Diabetes Care. 2018;41:1.
26. Rabasa-Lhoret R., Bourque J., Ducros F., Chiasson J.L. Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities and durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal-bolus insulin regimen (ultralente-lispro). Diabetes Care. 2001;24:625–630.

*Полный список литературы Вы можете найти на сайте http://www.rmj.ru*