Можно ли снизить энергетическую зависимость человека с диабетом от глюкозы?

Да, можно. Мы наблюдали несколько пациентов с сахарным диабетом 1 типа, начинавших заниматься лечебными аэробными физическими нагрузками в начале заболевания и находившихся годами при норгмогликемии с периодическими отменами дозировок экзогенного инсулина, со снижением антител GAD-65 до нормы. Константин К., 19 лет из Красноярска довёл уровень свое аэробной работоспособности до ежедневной побежки 30-35 км при весе 68-69 кг и потреблении 37-38 ХЕ в сутки и дозе только короткого 0,05-0,06 ед./кг инсулина. Аэробные нагрузки, как известно из спортивной физиологии, убирают из крови любые патологические антитела, в том числе GAD-65.

Что такое Аэробные Единицы (АЕ) и как рассчитать Кае - коэффициент на АЕ?

АЕ - это количество O_2 (кислорода) используемое при

аэробном окислении единицы углеводов (глюкозы) или свободной жирной кислоты (СЖК).

Например, для аэробного окисления одной молекулы глюкозы $C_6 H_{12} O_6$ потребуется шесть молекул кислорода 6 O

2

и получится 6 молекул углекислого газа CO

2

и 6 молекул воды H

2

O с образованием 117 ста семнадцати энергетических молекул аденозинтрифосфата АТФ из аденозиндифосфата АДФ. Из этого школьного уравнения следует, что для «сжигания» 180 г (1 моль) глюкозы требуется 192 г (6 моль) кислорода. Значит для «сжигания» соответственно 10 г =1 ХЕ (0,055555 моль) глюкозы требуется 10,6666 г (0,33333 моль) кислорода. Если при стандартных условиях 1 моль кислорода занимает 22,4 литра, значит для сжигания 1 хлебной единицы (ХЕ) в аэробных условиях без участия инсулина потребуется 7,467 литров чистого кислорода. Так как стандартный воздух содержит в себе кислорода всего 20,95% по объему, то воздуха на 1 ХЕ

потребовалось бы 35,63 литра. Но из нормальной физиологии человека известно, что человек забирает из воздуха далеко не весь кислород. В выдыхаемом воздухе содержится 16,3% кислорода. Несложный расчет показывает, что для «сжигания» 1 ХЕ в аэробных условиях легкие человека должны прогнать через себя 160,57 литра воздуха. Этот показатель мы назвали
«аэробной единицей»
, равной стандартному количеству глюкозы, отнесённому к количеству кислорода или воздуха при стандартных условиях.

1 Аэробная Единица =160,57 литроввоздуха/10 граммовусваиваемых углеводов

1 Аэробная Единица = 7,467 литров кислорода/ 10 граммов усваиваемых углеводов

Таблица зависимости расхода кислорода и коэффициента полезного действия при окислительном фосфорилировании глюкозы и свободных жирных кислот.

Тип био-

химической

реакции

Имя

автора

Количество

молекул

АТФ, из 1

молекулы

глюкозы

Расход

О 2 на

1 Х.Е.

(10 г.),

л или г

Аэробные

Единицы,

А.Е.,

Расход O_2

Мл/1Х.Е.

КПД

Энерго-

образова-

ния, %

Количе-ство

выработ.

энергии,

ккал/ХЕ

1.

Анаэробный

гликолиз в

цитоплазме до

лактата и

пирувата

Путь

Эмбдена-

Меергофа

2
нет
нет

1,709

2,611

2.

Аэробный

гликолиз в

митохондриях

мышц

Цикл сэра Ганса Кребса, 1937

(трикарбоновых кислот)

1 в цикле,

30 всего в дыхательной

цепи

96 г	.

67,2 л	.

1,00

25,64

38,11

3.

Прямое окисление

в цитоплазме

аэробным путём

Пентозный

цикл Отто Варбурга

(эритроциты,

жировая ткань)

117 АТФ из

НАДФ

192 г .

134,4 л .

Расход

12 НАДФ

на 6 глю-

козо-6-фосфатов

100

Синтез

НАДФ

4.

Аэробное

окисление

С.Ж.К.

«Марафонское»

окисление

131 из 1 молекулы пальмитоил-СоА

40,9 г

28,6 л

на 0,055 моль

3,833

111,97

129,99

ккал/

0,055

моль

Для того чтобы нашему читателю было понятно от каких факторов зависят колебания сахара вкрови при выполнении физической нагрузки, откуда организм человека с сахарным диабетом берёт энергию при выполнении физической работы в разных её фазах, мы приводим график зависимости производства энергии митохондриями клеток в зависимости от времени выполнения работы, от поставок кислорода к тканям и от запасов гликогена в печени.

Обычно в мышцах есть небольшой запас аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), универсального энергетического субстрата, образующегося в организме человека при «сгорании» углеводов или жиров (точнее СЖК – свободных жирных кислот – примеч. Ред.). Что бы мы ни съели, энергия пищи неминуемо различными путями преобразуется в энергию АТФ, какая уже может быть использована непосредственно организмом. Что бы мы ни делали: спали, сидели, говорили, жевали, плыли или бежали, дышали или моргали - всегда работают определённыё мышцы, использующие для своего сокращения АТФ. Отдавая энергию АТФ «отдаёт» один фосфорный остаток и превращается в АДФ – аденозиндифосфорную кислоту. АДФ забирая энергию «сжигаемых» углеводов и жиров из пищи опять превращается в АТФ. АТФ постоянно обновляется. За сутки в покое в организме человека синтезируется и расходуется по весу столько же АТФ, сколько он весит сам. Единомоментный же запас АТФ в организме крайне небольшой, основные запасы энергии лежат в гликогене мышц, если масса мышц значительна, и в гликогене печени, если не было предшествующих гипогликемий, не было употребления алкоголя, нет заболеваний печени. После расходования АТФ и гликогена в энергообмен может включаться жир из подкожной клетчатки, если в ткани поступает достаточное количество кислорода. Если кислорода нет или мало, печень начинает превращать белок в аминокислоты, а последние в глюкозу, выбрасывая её в кровь. Мышцы используют тот субстрат, к которому они приспособлены. Если мышцы привыкли работать подолгу, более 40-60 минут в день непрерывно и интенсивно при отсутствии одышки, то они обычно используют для получения энергии и синтеза АТФ энергоёмкие жиры. Если человек аэробно нетренирован, то его мышцы преимущественно используют глюкозу из гликогена, а затем в отсутствие кислорода получают глюкозу из распадающегося белка. Глюкозный путь невыгоден, такой организм сильно зависим от инсулина.

На графике по горизонтальной оси отложено время в минутах от времени старта физической нагрузки. По вертикальной оси отложено количество энергии в ккал, вырабатываемое для синтеза АТФ из различных энергонесущих субстратов. Сплошной линией, уходящей снизу вверх «горбом вверх», показана продукция глюкозы печенью из гликогена, а потом из белка, в случае выполнения нагрузки

при одышке (нехватке кислорода) или после гипогликемии. Эта сплошная кривая уходит вниз, продукция глюкозы печенью прекращается, если в энергетическом обмене начинают активно участвовать жиры, полностью замещающие глюкозу в случае достаточной поставки кислорода к тканям. Аварийная и энергетически невыгодная продукция глюкозы из белка (глюконеогенез) начинается после окончания расходования печёночного гликогена, в случае нехватки кислорода и невозможности привлечения жиров в виде «топлива». Линией из прерывистых чёрточек показана возрастающая роль в энергопоставке жиров (точнее СЖК-свободных жирных кислот) по мере прироста времени выполнения физической работы в условиях достаточности поставок кислорода. Линией состоящей из точек показано снижение продукции собственного инсулина человеком по мере выполнения нагрузки. Горизонтальная линия из длинных прерывистых чёрточек указывает на невысокую поддерживающую базальную концентрацию внешнего инсулина длинного действия. Большой изогнутой буквой «Г» полой стрелкой показан ключевой момент тренировки. Когда заканчивается печёночный гликоген (крахмалоподобное вещество отложенное про запас) дальнейшая поставка энергии может продолжиться из глюкозы вырабатываемой печенью из белка в случае нехватки кислорода, тогда после нагрузки мы обнаружим резкий прирост сахара в крови, так как после прекращения движения мышцы перестают потреблять глюкозу, а печень не прекращает превращать белок в глюкозу. Требуется дополнительная инъекция короткого инсулина, чтобы остановить печёнку. Такая тренировка нам не нужна. В случае правильно подобранной нагрузки без одышки по окончании расходования печёночного гликогена человек не ощущает «кол в правом подреберье», а полностью переходит на топливо в виде свободных жирных кислот СЖК, образовавшихся от распада жира. Возникает ощущение прироста работоспособности. Спортсмены говорят: «Открылось второе дыхание». Второе дыхание – это и есть переключение на другой энергосубстрат.

На горизонтальном отрезке «А» графика в течение первых 20-30 секунд мышцы расходуют ранее накопленный АТФ. Этой энергии хватает разве чтобы встать с кресла и дойти до кроссовок.

Отрезок «Б» показывает время расходования энергии вещества мышц называемого L-карнитином, близкого по функциям к витаминам. У человека карнитин синтезируется из аминокислоты лизин и служит для облегчения перехода свободных жирных кислот внутрь внутриклеточной «печки», вырабатывающей энергию и называемой митохондрией. Карнитин сильно помогает для повшения выносливости человека и для увеличения аэробности нагрузки. Некоторые производители выпускают специальные напитки, содержащие L-карнитин. Такие напитки вы легко можете опознать по наличию Эмблемы РДА на их этикетке. За одну ренировку желательно употребить 0,5 – 1,5 граммов

L-карнитина. Также целесообразно использование препаратов янтарной кислоты или сукцината натрия, например «Янтарита» и препаратов никотинамида, что подробнее описано в главе о физических нагрузках.

Отрезок «В» соответствует расходованию мышцами гликогена, накопленного в состоянии покоя в присутствии в крови инсулина. Запас мышечного гликогена сильно колеблется в зависимости от массы мышц, времени прошедшего от времени последней нагрузки, от насыщенности диеты углеводами, от частоты инсулиновых гипогликемий, от времени суток (с утра в мышцах больше гликогена, перекачанного туда из печени биохимическим циклом Кори при успешном преодолении пациентом «синдрома зари» - примеч. Ред.). Тоническая фаза каждой тренировки способствует увеличению мышечной массы и увеличению запаса мышечного гликогена в периоде восстановления. Обычно отрезок «В» длится 3-5 минут, к концу этого времени тренированный спортсмен может пробежать до 800 м.

На 35-39 минутном отрезке «Г» для синтеза АТФ используется энергия «сгорающего» гликогена печени. Начинать нагрузку при «пустой печени» не очень желательно, потому как биохимики говорят, что «жиры горят в пламени углеводов». Пока не сгорят «дрова» углеводов, не успевает воспламениться энергоёмкий и долгоиграющий «уголь» жиров в энергетической «печке» человека. Поэтому после тренировок нужен приём ХЕ в присутствии внешнего инсулина для восстановления гликогенового запаса печени. В процессе тренировок емкость печени для гликогена растёт, частота и тяжесть инсулиновых гипогликемий падает, отрезок «Г» нагрузки становиться всё длиннее по времени.

В периоде «Д» энергоснабжение в норме осуществляется за счёт распада жиров в присутствии достаточного количества кислорода. Жиры сгорают до воды и углекислого газа. При нехватке кислорода в крови накапливаются продукты неполного сгорания в виде лактата (молочной кислоты) и пирувата (пировиноградной кислоты), что приводит к усталости и ломящим болям в мышцах. У людей с диабетом при ярком энергодефиците даже появляются кетоновые тела, определяемые в моче и в выдыхаемом воздухе. В случае же успешного «переключения на жиры» нагрузка может длится очень долго. Марафонцы пробегают свою дистанцию более чем на 96% на жирах, кстати, бывшие марафонцы не заболевают диабетом. Сложно себе биохимически представить диабет у человека, какой может пробежать марафон. «На жирах» человек единоразово побегает дистанцию, превышающую 300 км, например, как гонцы часки в империи древних инков. Чемпион мира по суточному бегу преодолевает на тренировках дистанцию более 210 км. Нам более года методами телемедицины пришлось наблюдать молодого человека из российского Красноярска, у которого

выявился диабет 1 типа. Но упорство и разум помогли ежедневно осуществлять лыжные или беговые тренировки на дистанциях 20-30 км/сутки с многократными эпизодами отмены экзогенного инсулина на одни-трое суток при абсолютно нормальных физиологических значениях сахара в крови. Аэробная тренированность сохраняется у человека очень долго. Многочисленные случаи успешных тренировок людей с диабетом в Клубе «Прощай, диабет» описаны в другой главе о физических нагрузках.

Обязательными условиями начала выполнения физической нагрузки человеком с сахарным диабетом являются:

1. **Отсутствие в крови высоких концентраций экзогенного (внешнего) инсулина. В норме у здорового человека с 12-14 минуты от начала движения выработка в кровь собственного инсулина полностью прекращается, так как инсулин не нужен для возврата в печень выбрасываемой печёнкой глюкозы. Мышцы забирают в себя глюкозу и сжигают её БЕЗ УЧАСТИЯ ИНСУЛИНА В УСЛОВИЯХ НАГРУЗКИ. Поэтому от инъекции короткого инсулина до начала нагрузки должно проходить не менее двух часов, а лучше более. То есть тренировку лучше проводить ПЕРЕД приёмом ХЕ и инсулина, но НЕ ПОСЛЕ. Внешний инсулин насильственно переводит тренировку в анаэробный режим и заставляет мышечные клетки питаться глюкозой.**

2. **Длинный инсулин не должен быть передозирован. Базальные концентрации внешнего инсулина не должны значимо превышать физиологические. О способах преодоления данной ситуации читайте в разделе, посвящённом синдромам передозировок утреннего и вечернего инсулинов «длинного» действия, включая синдром Сомоджи**

3. **Лечебную тренировку лучше проводить в то время суток, когда в крови находится минимальное количество контринсулярных гормонов, заставляющих печень выбрасывать глюкозу в кровь. В северном полушарии Земли это время с 16.00 до 20.00 солнечного астрономического измерения. Иначе говоря, длительную аэробную нагрузку лучше проводить перед ужином, а с утра делать только разминку, растяжку для предотвращения возможных травм при выполнении вечерней нагрузки.**
4. **Начинать нагрузку следует при сахаре в крови ниже 14 ммольл и выше 4 ммоль/л, что будет свидетельствовать о том, что печень находится в состоянии «покоя» и не производит глюкозу в кровь из белка.**
5. **Фазовость каждой тренировки заключается в разумном и последовательном сочетании разминки (5-15 минут), аэробной фазы (40-60 минут), тонических упражнений (5-10 минут) и заминки (3-7 минут). Методы подбора фаз описаны в следующей главе «Новой диабетологии».**
6. **Интенсивность тренировки должна обеспечивать максимально возможное и**

нарастающее от тренировки к тренировке потребление кислорода тканями. Выполнять нагрузку нужно максимально интенсивно ПРИ ОТСУТСТВИИ ОДЫШКИ. Занимающийся человек при выполнении нагрузки в любой момент должен смочь заговорить или запеть. Выносливость постепенно нарастает. Иногда в начале занятий одышка появляется уже при сжимании и разжимании кистей рук в кулак с десяток раз. С другой стороны мы знакомы с инсулинзависимыми олимпийскими чепионами. Группа португальских подростков с диабетом в сопровождении врача-инструктора совершила восхождение на гору Килиманджаро.

7. **Длительность каждой тренировки должна составлять не менее 40-60 минут. За это время успевает закончиться печёночный гликоген. Далее клетки учатся использовать жир в качестве источника энергии в присутствии кислорода.**

8. **Регулярность тренировок должна быть не менее чётырёх раз в неделю, но собязательными днями отдыха и восстановления. Нужно чтобы каждая следующая тренировка начиналась чуть с более высокого уровня, чем предшествующая. Организм не должен физиологически «забывать» предшествующую нагрузку и возвращаться к прежнему уровню энергетического функционирования за счёт глюкозы. Регулярность и педантичность обеспечивают постепенное изменение всей сердечно-сосудистой системы, увеличивая её способности к поставкам кислорода в ткани. Сами ткани, в особенности мышечная ткань, тоже меняются. Это видно под микроскопом. Это можно измерить биохимическими анализами определяя уровни лактата и пирувата до и после нагрузки. Интерпретация этих измерений подробно описана в другой главе этой книги, посвящённой полностью физическим нагрузкам.**

9. **Комплайнс или психическая готовность и добровольность тренировок. Человек получит успех от тренировок в случае осознанного и радостного подхода к делу физической тренировки, как к основному делу. Если ребёнок говорит: «Из-за этого велотренажёра я не посмотрел мультфильмы» или, если взрослый полный мужчина стоя на бегущей дорожке думает: «Сейчас добегу ещё пять минут и пойду выпью пивка»,- то тренировки ни у одного, ни у другого результата не дадут. Нужно пройти психотерапевтический курс, возможен курс семейнойпсихотерапии.**

Практический расчёт сахароснижающего действия аэробной физической нагрузки приведен в конце данной главы с использованием понятия Коэффициент аэробной единицы (Кае).

Цели и задачи проведения лечебной физической тренировки:

**1. Стратегической целью проведения лечебных аэробных тренировок является пе рестройка мышечной и других тканей
, особенно свойств их митохондрий, приобретающих способность использовать преимущественно энергию свободных жирных кислот, а не глюкозы. Изменение уровня энергообеспечения значимо снижает зависимость организма от инсулина. **

Объективизация статуса: газоанализ при дозированной физической нагрузке с ЭКГ, микроскопия митохондрий в биоптате мышечной ткани.

1. **1. Первоочередной задачей для достижения цели будет увеличение транспорта кислорода
к энергопотребляющим тканям: увеличение жизненной ёмкости легких, наращивание амплитуды экскурсии диафрагмы и межрёберных мышц, улучшение проницаемости мембран альвеол и эритроцитов для кислорода, прирост массы гемоглобина при снижении относительного количества нефункционального (гликированного) гемоглобина, увеличение ударного объема сердца при снижении частоты пульса в покое, снижение диастолического кровяного давления вплоть до эффекта «бесконечного диастолического тона» для большего отдыха сердца в диастоле, увеличение мощности и количества производимой в «аэробном коридоре» работы при пульсе до 140 ударов в минуту, увеличение гликолитической ёмкости печени и мышц.**

2. **Объективизация статуса производится путём измерения жизненной ёмкости лёгких, дыхательного объёма вдоха, резервного объема выдоха, частоты дыхания в покое и при пульсе 140 ударов в минуту, лёгочной ветиляции в покое и при работе. Измеряется напряжение кислорода в артериальной и в венозной крови, коэффициент утилизации кислорода, абсолютное и относительное содержание гемоглобина и гликированного гемоглобина в крови,
пульс в покое
,
артериальное давление
в покое и при пульсе 140 ударов в минуту. Полезно фиксировать количество потребляемых углеводов по отношению к дозе короткого инсулина (среднесуточный коэффициент на хлебную единицу).**

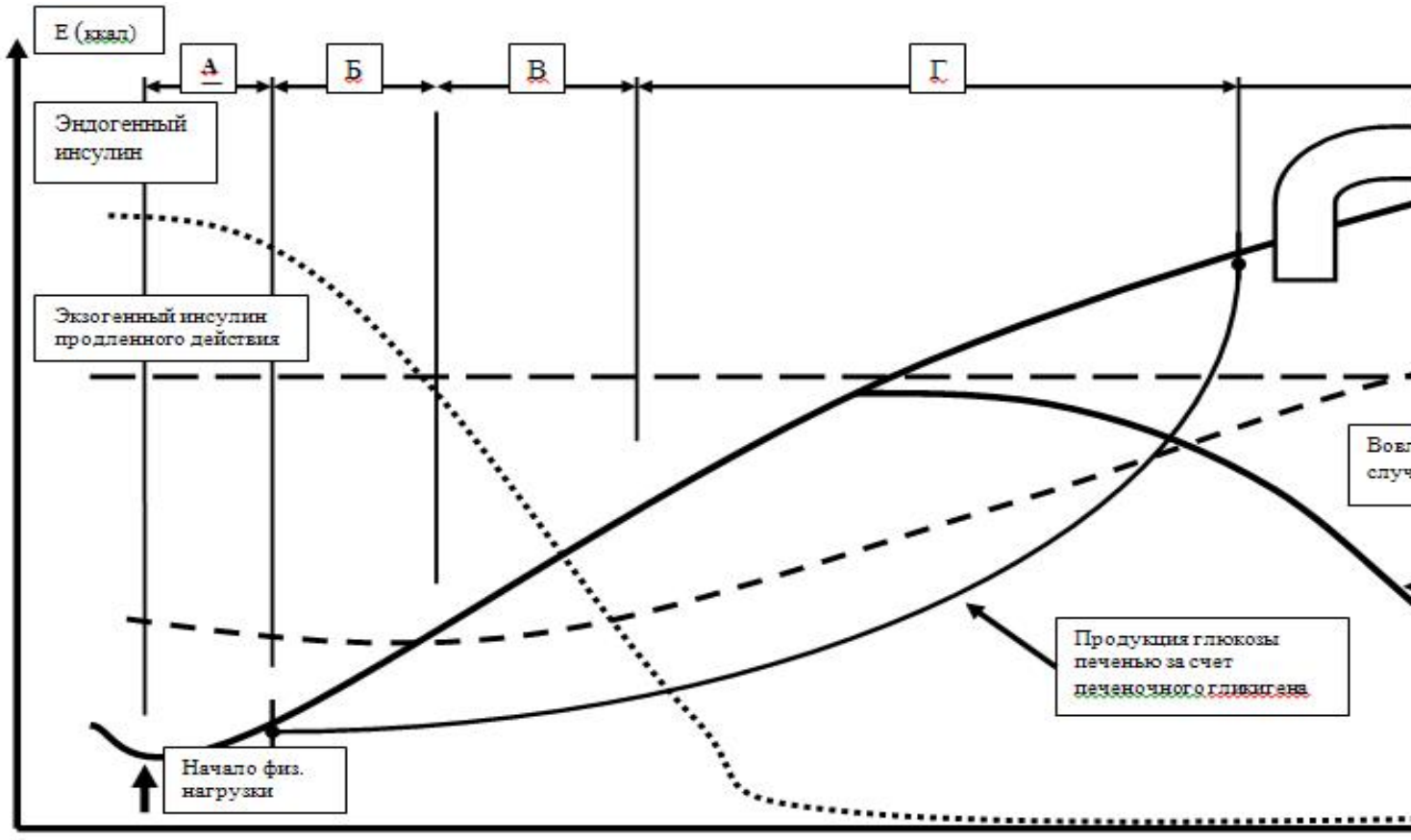
3.

4. **3. Следующей задачей выступает снижение массы жировой ткани при**

возможном сохранении прежнего веса тела или при его снижении за счёт относительного увеличения массы мышц. Эта структурная перестройка тела сглаживает проявления синдрома Ривена: при снижении инсулинорезистентности (нечувствительности к инсулину жира) глюкоза откладывается в печени и в мышцах в виде гликогена,а не в жировой ткани.

4. Меняется окружение, друзья, поведенческие ориентировки человека, занимающегося оздоровительными физическими тренировками. Важно создать пациенту позитивную точку отсчёта в будущем, какую нужно постоянно отодвигать дальше и выше по мере приближения к ней, но не до уровня разочарования. Образно говоря, если мы вешаем морковку на удочке перед осликом везущим тележку, то при усталости ослика надо отдать морковку, а уж затем повесить новую. Полезным может оказаться обучение пациента методикам NLP (нейролингвистическое программирование – прим. редактора), психологических самозащит, релаксации.

Объективизация статуса целесообразна психологическим тестированием (MMPI, тест Лири, тест Люшера и другие). Значимым достижением можно считать изменеие взаимоотношений «врач-пациент» от схемы «родитель-ребёнок» к схеме «партнёр-партнёр» с переживанием всех драматических стадий этого перехода. Управление психоэмоциональными и психосоциального аспектов жизни с диабетом возможно при помощи методик описанных в главах «Философские проблемы социальной адаптации человека с сахарным диабетом».



Виртуозная (использование