

Компенсация сахарного диабета с точки зрения физика.

Ицхак Чайковский,

Кафедра математики, Университет “Бен-Гурион”, Беер-Шева, Негев, Израиль.

chaik@cs.bgu.ac.il

Вся человеческая жизнь связана с затратой энергии, основным источником которой в человеческом организме являются углеводы. Известно, что сложные углеводы разлагаются в пищеварительной системе до простейшего углевода - глюкозы. Глюкоза попадает в кровь и разносится по всему организму. Она продуцирует энергию, попадая в различные клетки. Глюкоза проникает в закрытые клетки благодаря гормону – инсулину, который, попадая в кровь, служит для открывания клетки, в которые должна проникнуть глюкоза. Два процесса, а именно, одновременное попадание глюкозы в кровь и секреция инсулина в поджелудочной железе, и дальнейшее его проникновение в кровь связаны системой обратной связи через человеческий мозг. Синхронизация этих двух процессов производится автоматически в здоровом организме. Ясно, что нарушение в одном из этих процессов должно приводить к сбою в этой системе. В частности, нарушение в секреции инсулина приводит к повышению уровня глюкозы (относительно нормы) в крови, и это нарушение приводит к заболеванию сахарным диабетом. Хорошо понятно, что такое нарушение может быть исправлено искусственно, если применять либо инъекции инсулина (диабет I-го типа), либо с применением сахаропонижающих таблеток и диеты (диабет II-го типа). Этот процесс исправления данного нарушения называют **компенсацией диабета**, производимый самим человеком, напоминает процесс перехода в автоматической системе от автоматического управления к ручному.

На этом пути возникают трудности, связанные с установлением корреляции между параметрами, которые раньше устанавливались автоматически. Какие параметры нужно коррелировать?

В случае сахарного диабета основные из них следующие:

Количество (в граммах) углеводов в принимаемой пище;

Время приема пищи;

Количество вводимого инсулина и время его введения в зависимости от типа инсулина (в случае диабета 1–го типа) и тоже для сахароснижающих таблеток (при диабете 2–го типа).

Контролирующим параметром для правильного установления этих корреляций является измерение количества глюкозы в крови. Вплоть до конца 80–ых годов такого рода задача могла быть грамотно решена только в условиях содержания больного в больнице, поскольку необходимые для компенсации диабета измерения уровня глюкозы в крови не проводились в условиях поликлиники.

В таком случае только врач при всех необходимых действиях мог установить больному режим компенсации. Эта трудоемкая и дорогая задача в этих условиях редко и трудоемко приводила к положительному результату, а именно, к компенсации. Роль диабетика в этом случае сводилась к роли послушного исполнителя указаний врача. Известно, однако, большое число факторов, часто неконтролируемых, которые нарушают установленный режим (в частности, непредвиденные стрессы, наличие антител в организме при инфекционных заболеваниях, наличие веществ, влияющих на активность инсулина, содержащихся в ряде медицинских препаратов и т.д.)

В упомянутые годы контроль таких нарушений не мог быть своевременным (слишком частые посещения лабораторий для анализов практически исключаются). Поэтому неудивительно, что компенсация диабета была в основном случайной и плохо корректируемой. Положение существенно изменяется с появлением домашнего глюкометра, который позволяет в домашних условиях проводить контроль уровня глюкозы в крови. В этом случае коррекция степени компенсации становится задачей,

которую способен решить сам диабетик, однако это возможно только при условии, что диабетик обучен основам теории диабета и понимает все необходимые действия, которые он должен совершить, чтобы скорректировать все необходимые параметры.

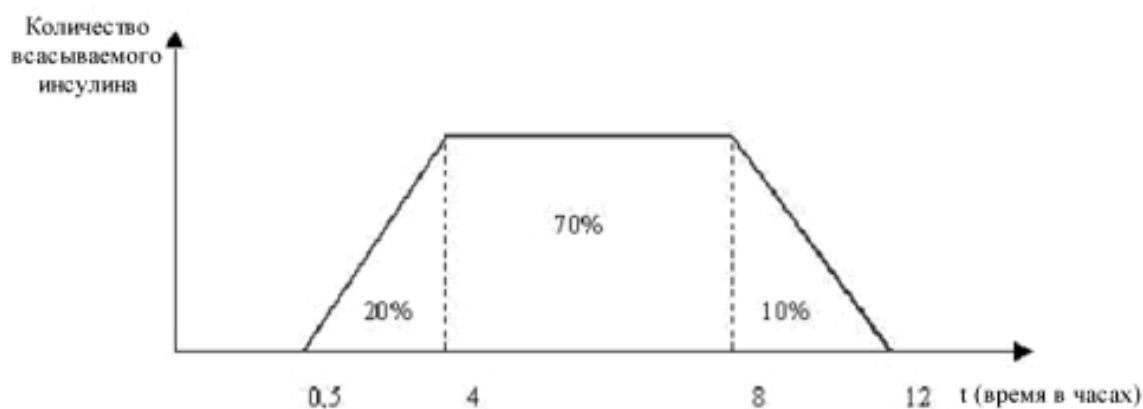
Роль врача в этом случае является стратегической: он обучает диабетика, выбирает тип инсулина или таблеток, и принимает решения в случае осложнений, связанных с другими заболеваниями и требующими медицинских знаний, которыми диабетик не владеет.

В чем состоит процесс компенсации?

Необходимо «вручную» проделать те действия, которые ранее проводились автоматически.

Необходимо совместить время поступления глюкозы из пищи в кровь и время поступления инсулина в кровь. Для этого необходимо знать для каждого употребляемого в пищу продукта время разложения углеводов, входящих в него, до глюкозы. Этот параметр до настоящего времени является, в основном, известным только специалистам в области биохимии и пищеварения и, по существу, не приводится в различных руководствах для неспециалистов. Без знания этого параметра невозможно грамотно провести компенсацию или, например, правильно вести себя в случае гипогликемии. Известно, что при приближении гипогликемии (она развивается в течении нескольких минут) необходимо съесть быстро усваиваемые углеводы (например, белый сахар или сладкие соки). Глюкоза из этих продуктов попадает в кровь сразу или в течение нескольких минут. Однако же, такие же углеводы содержатся, например, в шоколаде, но, как известно, разлагаются до глюкозы в течении 30-ти минут из-за присутствия жира в этом продукте. Незнание этого факта в случае гипогликемии может привести к тяжелым последствиям. Известно также, что важным фактором, влияющим на разложение углеводов, является наличие клетчатки в продукте. Именно с этим связаны рекомендации для диабетиков употреблять в пищу продукты с высоким содержанием клетчатки. Эти соображения необходимо принимать во внимание при составлении таблиц, в которых дается содержание углеводов в продуктах. Необходимо ввести в них графу, в которой указано также приблизительно время разложения углеводов в этих продуктах до глюкозы.

Необходимо знание времени поступления инсулина в кровь, т.е., кинетика всасывания инсулина в кровь. Кинетическая кривая представляет собой кривую зависимости количества всасываемого инсулина от времени. Как правило, она известна производителям инсулина. В настоящее время эта кривая не приводится во вкладыше к упаковке инсулина, что, на мой взгляд, представляется неграмотным. Без знания кинетической кривой невозможно провести процедуру компенсации. Эта кривая обычно имеет вид:



В процентах в каждой области кривой указано количество всасываемого инсулина в зависимости от количества вводимых единиц инсулина. Эта кривая является наиболее существенной для диабетика из всего того, что написано в этом вкладыше. Отмечу, что ни один диабетик не читает и не пользуется той обширной информацией (важной только для узких специалистов), которая изложена в настоящее время в этом вкладыше.

Необходимо определить, какое количество углеводов содержится в продуктах, употребляемых при данном приеме пищи.

Нужно рассчитать число единиц инсулина, необходимых для компенсации того количества углеводов, которое было употреблено с пищей. Этот расчет невозможен, если диабетик не знает, какое количество углеводов компенсирует одна единица инсулина. Назовем это число коэффициентом компенсации $K = 1 / M$, где M – количество углеводов, компенсируемых одной единицей инсулина. Величина K определяется с помощью глюкометра.

Процедура определения:

- определяется глюкоза крови натощак;
- определяется число углеводов при данном приеме пищи и одновременно делается инъекция инсулина;
- через три часа снова измеряется глюкоза в крови. Предполагается, что за это время все углеводы разложились до глюкозы и попали в кровь. По кинетической кривой определяется количество инсулина, которое попало в кровь за это время - Q ,

$$K = X / Q$$

Этот коэффициент и используется в дальнейшем.

Конечно, необходимо проделать такого рода эксперименты несколько раз и получить среднее значение коэффициента из всех этих экспериментов. Это значение в дальнейшем используется во всех расчетах доз инсулина, необходимых для компенсации того количества углеводов, которое употребляется за время действия этой дозы.

Мы считаем, что все приемы компенсации, описанные здесь, отражают один общий принцип, а именно: согласование параметров пищи и инсулина. Такое согласование предполагает, что время всасывания глюкозы в кровь приблизительно совпадает со временем всасывания инсулина, и количество всасываемого инсулина достаточно для компенсации глюкозы, всасываемой в кровь. В этом случае мы добиваемся того же эффекта, который в здоровом организме совершается автоматически. Явление, описанное здесь, можно назвать компенсационным диабетическим резонансом (КДР) по аналогии с явлением резонанса в колебательных процессах. Вспомним, что в случае колебаний с собственной частотой W_0 под действием периодической силы с частотой W максимальная амплитуда колебаний достигается, когда $W = W_0$. Это явление называется резонансом. В случае, когда W и W_0 сильно отличаются, невозможно добиться существенного увеличения амплитуды, даже при больших величинах вынуждающей силы.

Сравнивая этот эффект с эффектом компенсации, можно отметить: при выполнении тех условий компенсации, которые были описаны выше, а именно, совпадение времени всасывания глюкозы и инсулина в кровь, а также, всасывание в это время количеств инсулина, потребных для компенсации глюкозы, попавшей в кровь, эффект компенсации максимален. Если же время всасывания глюкозы и инсулина не согласованы и не согласованы количества глюкозы и инсулина, то не достигается необходимая компенсация как при малых так и при больших дозах инсулина. Последнее равносильно выходу из резонанса и не достижение эффекта компенсации.

Понятие КДР, введенное нами выше, имеет смысл именно в случае, когда компенсация проводится «вручную» и не имеет физического смысла в здоровом организме, когда все эти операции, которые необходимы для достижения КДР, проходят в автоматическом режиме.

Операция достижения КДР с появлением домашнего глюкометра становится доступной каждому диабетику. Как уже отмечалось, для этого необходимо наладить обучение диабетиков по специальной программе. В рамках этой программы диабетик должен узнать: свойства инсулинов, сахаропонижающих таблеток, свойства продуктов, все приемы самоконтроля. Мне известно, что обучение диабетиков, которое сегодня существует, дает весьма скудные сведения по этим вопросам и охватывает незначительное число диабетиков. Особенно плохо поставлено обучение диабетиков, страдающих диабетом II-го типа. А именно этот тип диабета широко распространен и им страдают люди возраста 55+. При диабете II-го типа сложнее осуществлять компенсацию диабета, поскольку есть сложная проблема подбора таблеток: большинство таблеток обладают противопоказаниями для других болезней, которыми страдают люди этого возраста. Особенно важна также диета при этом типе диабета и, следовательно, необходимы хорошие знания свойств продуктов.

В общем случае, если не удастся компенсировать диабет, то развиваются очень тяжелые осложнения, которые проявляются не сразу. И, возможно, диабетик не ощущает заметно этих осложнений 5-10 и более лет, поскольку при диабете ничего не болит. В этом смысле нарушения компенсации действуют как фактор, который не ощущается органами чувств. Это можно сравнить с действием радиации, которая не имеет ни запаха, ни вкуса, не видима глазом, а проявляется только спустя некоторое время в виде различных заболеваний. Отметим, что в массовом масштабе достижение КДР становится возможным только после появления в последние десятилетия индивидуального глюкометра. Я думаю, что появление этого прибора является революционным событием в жизни диабетиков, подобно открытию инсулина и сахароснижающих таблеток. Это событие можно сравнить с появлением в 70-ых годах прошлого века персонального компьютера, который дал возможность каждому пользователю РС стать хозяином той задачи, которую он намерен решить с помощью компьютера. Для этого пользователь должен получить необходимые знания. До появления РС, когда в 40-х годах появились первые вычислительные машины, пользователь выходил со своей задачей к машине только через профессионального программиста и был оторван, следовательно, от того инструмента, которым он пользовался.

Говоря о проблемах компенсации диабета в настоящее время, мы не упоминаем тех фактов, которые, возможно, через 10-15 лет сделают ненужным предлагаемое здесь «ручное управление» диабетом. Т.е., мы не говорим о разрабатываемом сейчас подходе по внедрению стволовых клеток в поджелудочную железу и восстановлению естественной секреции инсулина. В этом случае отпадает необходимость в знаниях о КДР, как не знает этого человек, не страдающий диабетом. Но пока в мире в развитых странах примерно 6-8% населения страдают диабетом. Я думаю, развиваемые здесь идеи еще весьма актуальны. Особенно, если учесть, что несмотря на громадные затраты государства на проблему лечения диабета весьма велики (например, в США в 2002 году затрачено порядка \$70 млрд. на лечение около 17 млн. Диабетиков), уровень компенсации диабетиков не более 20% от всего числа. Я считаю, что этот низкий показатель является в большой степени следствием не учета такого существенного фактора, как активное участие самого диабетика в процессе компенсации.

Что я предлагаю:

Массовое и квалифицированное обучение диабетиков всем приемам компенсации диабета;

Перестроить характер взаимоотношений врача и диабетика. При этом, обученный диабетик должен стать активным участником в процессе компенсации и уметь принимать квалифицированное решение во всех непредвиденных случаях отклонений от режима компенсации. За врачом остается, в основном, функция стратегических решений.

Каждого диабетика необходимо снабдить:

индивидуальным глюкометром,
таблицами со свойствами пищевых продуктов с обязательным указанием для каждого из них времени разложения углеводов из этих продуктов до глюкозы, таблицами содержания данного продукта в одной ХЕ, кинетическими кривыми для каждого вида инсулина и сахаропонижающих таблеток.

На мой взгляд, эти меры в настоящее время могут максимально способствовать наиболее эффективному установлению режима компенсации диабета.

Март 2005