Раздел 3.

Принципы работы системы постоянного мониторинга уровня глюкозы в крови

Метод, применяемый компанией Медтроник для постоянного мониторинга уровня глюкозы в крови, основан на измерении электрического тока на введённом в подкожно-жировую клетчатку сенсоре (электроде). Ток сенсора измеряется каждые пять минут, и концентрация глюкозы в интерстициальной (межклеточной) жидкости вычисляется по формуле:

IG = ISIG x CAL, (1)

где IG – концентрация глюкозы в межклеточной жидкости (в ммоль/л или мг/дл),

ISIG – ток сенсора (в мкА),

CAL- коэффициент калибровки (ммоль/л*мкА)

Поскольку не существует приемлемого прямого способа измерения концентрации глюкозы в межклеточной жидкости, концентрация глюкозы измеряется в капиллярной крови. Эта величина используется для вычисления коэффициента калибровки по формуле (2). Коэффициент калибровки должен определяться не реже, чем 1 раз в 12 часов.

CAL = BG / ISIG, (2)

где BG – концентрация глюкозы в капиллярной крови (ммоль/л или мг/дл),

ISIG – ток сенсора (мкА).

Этот метод основан на следующих допущениях:

Концентрация глюкозы в крови равна концентрации глюкозы в межклеточной жидкости.

Электрический ток сенсора находится в линейной зависимости от концентрации глюкозы в межклеточной жидкости.

Единицы измерения концентрации глюкозы

Единицы измерения концентрации глюкозы в межклеточной жидкости зависят от страны. Используются две основные системы:

- Ммоль/л, соответствующие стандарту международной системы СИ и используемые в большинстве стран Европы.
- Мг/дл, в англоговорящих странах.

В тексте настоящей книги мы в основном будем использовать единицы СИ, приводя также для справки значения в мг/дл. Пересчитать одни единицы в другие можно, воспользовавшись соотношением:

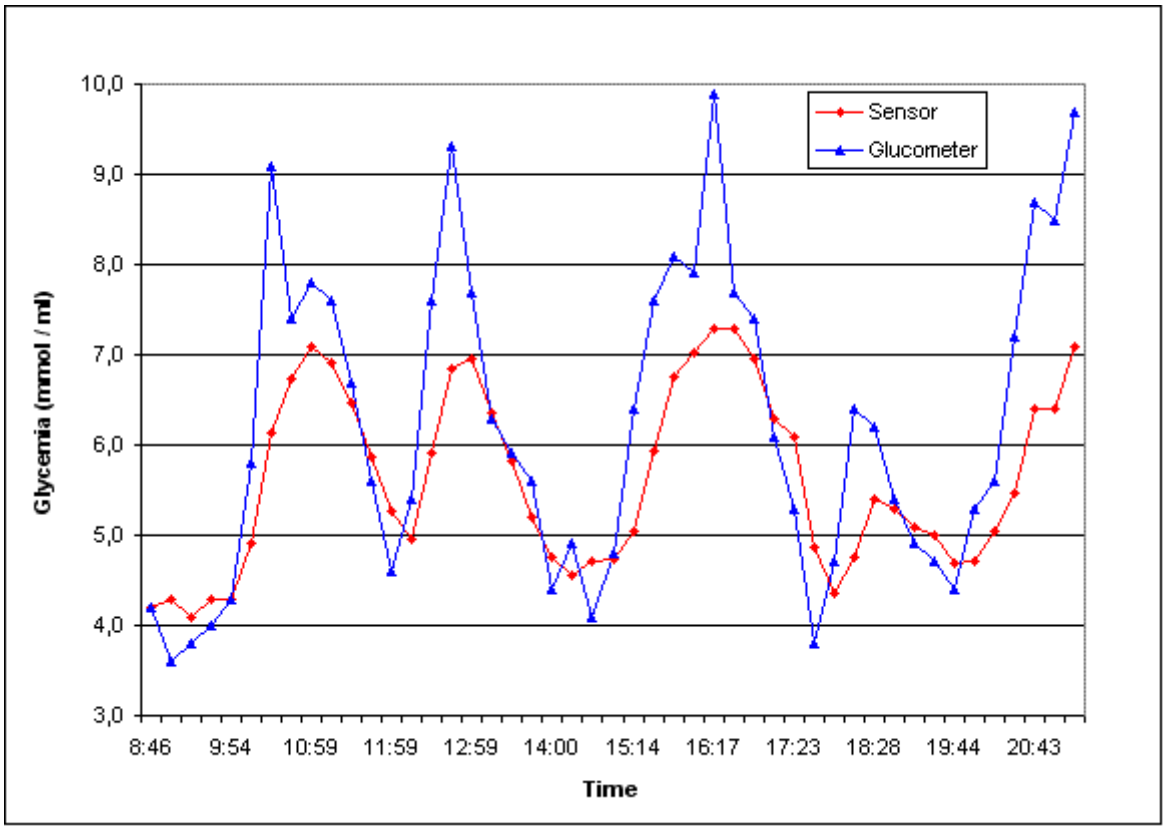
1 ммоль/л = 18 мг/дл.

mmol / l	mg / dl	mmol / l	mg / dl
2	36	9.5	171
2.5	45	10	180
3	54	10.5	189
3.5	63	11	198
4	72	11.5	207
4.5	81	12	216
5	90	12.5	225
5.5	99	13	234
6	108	13.5	243
6.5	117	14	252
7	126	14.5	261
7.5	135	15	270
8	144	15.5	279
8.5	153	16	288
9	162	16.5	297

Раздел 5.
Концентрация глюкозы в крови и в межклеточной жидкости

Я провёл несколько измерений, чтобы подробнее ознакомиться с моими гликемическими профилями и определить, насколько точны предположения компании Медтроник, использованные в алгоритме работы сенсора, в моём случае. Измерения проводились в выходные дни, когда я не занимался интенсивной физической работой и мог измерять концентрацию глюкозы в крови каждые 15 минут в помещении с постоянной температурой. Типичные гликемические профили в крови и межклеточной жидкости показаны на рис. 1.

Рис. 1. Сравнение концентрации глюкозы в крови по данным глюкометра и в межклеточной жидкости по данным сенсора



Сравнение показывает, что:

- Концентрация глюкозы в межклеточной жидкости – более стабильная величина, чем содержание глюкозы в капиллярной крови (СК). Минимумы СК ниже, а максимумы выше, чем в межклеточной жидкости. Разница между концентрацией в крови и в межклеточной жидкости зависит от градиента изменения концентрации глюкозы в крови (то есть от того, насколько быстро падает или растёт СК) и от условий, в которых проводится калибровка. Если калибровка проводится при низких значениях СК, то весь график гликемического профиля в межклеточной жидкости сдвигается вниз, разница минимумов становится меньше, а разница максимумов – больше, что показано на рис. 1. Если калибровка проводится на высоких цифрах СК, то график для межклеточной жидкости сдвигается вверх, разница минимумов становится больше, а разница максимумов – меньше [в исходном тексте опечатка, написано «больше»]. Сенсор, использованный для построения рис. 1, был откалиброван в 08:46 в момент, когда СК был равен 4,2 ммоль/л (76 мг/дл). Калибровка на высоких сахарах потенциально опасна из-за этого сдвига. Я стараюсь избегать калибровки на высоких сахарах, а когда это невозможно, повторно калибрую помпу после возвращения СК на нормальный уровень.

- Концентрации в межклеточной жидкости немного запаздывают по сравнению с величинами СК. Это частично может быть объяснено физиологией процесса изменения концентрации глюкозы в теле человека. Кроме того, на это запаздывание влияет и задержка, вносимая самой системой постоянного мониторинга. Подробнее см. раздел «Задержка в работе сенсора».

Раздел 6.
Задержка в работе сенсора

Помпа Парадигм 722 использует некоторый алгоритм сглаживания в процессе вычисления концентрации глюкозы в межклеточной жидкости по величине ISIG в соответствии с формулой (2). Этот алгоритм устраняет случайные выбросы значений, выдаваемых сенсором. В то же время этот алгоритм:

- Слегка занижает высокие значения СК и завышает низкие значения СК.
- Вносит задержку в 5 минут (1 интервал измерения) в демонстрируемый на дисплее график СК по сравнению с величинами, вычисленными по формуле (2).
- Вносит дополнительную задержку в 2-3 минуты, прежде чем показать на дисплее данные о концентрации глюкозы в межклеточной жидкости, вычисленные по текущим значениям ISIG. Эта дополнительная задержка зависит от количества исторических данных о работе данного сенсора, накопленных в памяти помпы.

Типичные проявления алгоритма сглаживания данных в периоды нормогликемии, гипогликемии и гипергликемии показаны на рис. 2.

Рис. 2. Задержка в работе сенсора

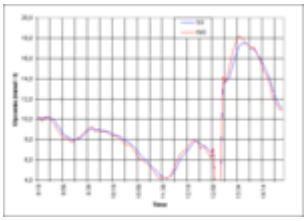


Рис. 2 был создан по результатам записи значений ISIG и показываемых помпой СК. Болюс в обеденное время был задержан для получения состояния гипергликемии.
Особенно важно знать о задержке, вносимой сенсором, во время эпизодов гипогликемии. Эти 7-8 минут задержки (5 минут интервальной задержки и 2-3 минуты для расчёта) – это в моём случае примерно 30-40% времени, необходимого для влияния принятой глюкозы на величину СК в межклеточной жидкости. В гипогликемических эпизодах я всегда смотрю на тренд ISIG, а не на тренд показываемых СК. В момент достижения самого низкого СК в гипогликемии ISIG начинает расти, в то время как показываемый СК всё ещё продолжает падать. Увеличение ISIG в этот момент показывает, что падение СК завершилось, СК начинает возвращаться на нормальный уровень и приёма дополнительных быстроусвояемых углеводов можно не проводить.

Раздел 7.
Поведение свежеустановленного сенсора

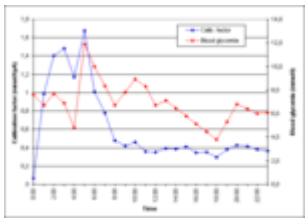
Как только сенсор подключается к трансмиттеру, на него подаётся один или несколько электрических импульсов для его активации. Электрический ток (ISIG) при этих импульсах в 5-10 раз больше, чем ток, генерируемый сенсором в нормальных условиях работы. Импульсы генерируются в течение первого часа после активации сенсора и после них обычно ток сенсора очень мал или равен нулю. Затем ток сенсора растёт, достигая некоторого максимума, падает и стабилизируется.
Предполагается, что ток сенсора (ISIG) линейно зависит от значения СК в межклеточной жидкости в соответствии с формулой (1) и от значения СК в крови в соответствии с формулой (2). Экспериментальная проверка этих зависимостей должна проводиться в условиях постоянного гликемического профиля. Для обеспечения этих условий я решил голодать в течение 2 дней (один день до эксперимента и один день для его проведения) для получения максимально плоского профиля гликемии или хотя бы для устранения резких его скачков.
Типичный ISIG профиль в течение первых 24 часов после установки сенсора показан на рис. 3а. Результаты моего эксперимента показаны на рис. 3б.

Рис. 3а. ISIG свежеустановленного сенсора



Время присоединения сенсора к трансмиттеру и его активации было принято за 00:00. Первое пиковое значение 107,96 мкА было достигнуто в 00:05. Затем ток сенсора упал до нуля в моменты времени 00:25, 00:30, 00:35, и достиг второго максимума 49,51 мкА в 00:40.
Поскольку ток сенсора (ISIG) зависит от величины СК, который довольно сложно поддерживать постоянным, для демонстрации поведения сенсора лучше воспользоваться коэффициентом калибровки. На рис. 3б показаны вычисленные по формуле (2) значения коэффициента калибровки и измеренные глюкометром величины СК.

Рис. 3б. Коэффициент калибровки свежеустановленного сенсора



Из рис. 3б видно, что сенсору необходимо примерно 9-11 часов для стабилизации коэффициента калибровки и получения надёжных результатов измерения уровня глюкозы в межклеточной жидкости. Это в целом соответствует моему опыту использования системы постоянного мониторинга значений СК компании Медтроник, который показывает, что результаты измерения уровня глюкозы в межклеточной жидкости ненадёжны в течение первых 12-24 часов после установки нового сенсора. Частично это объясняется алгоритмом работы системы, требующим калибровку через 02:15 и 8:15 после установки нового сенсора. Другой причиной является использование алгоритма сглаживания результатов калибровки.
Как показывает мой опыт, поведение разных сенсоров немного различается. Это может происходить из-за различия в месте установки сенсора, а также краткосрочные изменения степени омывания сенсора межклеточной жидкостью. Я определил, что:

- Время, необходимое для стабилизации сенсора, отличается от случая к случаю. Иногда оно меньше чем 9-11 часов, а иногда больше.
- Время, в течение которого сенсор выдаёт нулевой или очень маленький ток, также различается у разных сенсоров. Иногда оно больше того времени, которое ожидает

алгоритм работы помпы. В этом случае помпа выдаёт сигнал Lost Sensor и прекращает принимать данные с сенсора. Это тем не менее не означает, что сенсор плохой и его надо заменять. Нужно снова запустить сенсор через меню помпы Sensor Start – New Sensor. Мне однажды пришлось два раза подряд перезапускать сенсор таким образом.

- Иногда бывает, что величина ISIG слишком мала во время первой калибровки через 02:15 после активации сенсора. Именно так произошло в ходе эксперимента, показанного на рис. 3а и 3б. Помпа выдала сообщение Calibration error. Это также не означает, что сенсор неисправен, ему просто необходимо дополнительное время для увеличения ISIG. Поскольку показываемые помпой значения СК в межклеточной жидкости крайне ненадёжны в это время, я при калибровке просто ввёл фиктивное значение СК (в ммоль/л), которое численно было немного меньше, чем текущий ISIG (для мг/дл нужно вводить значение чуть меньше, чем ISIG*18). Через 6 часов помпа всё равно запросит новую калибровку, при которой можно будет ввести реальное значение.
- Нельзя полагаться на значения СК, показываемые помпой, в течение первых 12-24 часов с момента введения сенсора. Это может привести к эпизодам гипогликемии или гипергликемии. Пример приведён на рис. 4. В это время лучше использовать контроль СК с применением обычного глюкометра.

Профиль гликемии на рис. 3б показывает, что во время проведения эксперимента скорость введения базального инсулина была больше, чем нужно. Мне пришлось принимать глюкозу в 04:00, 08:00 и 18:00.

Раздел 8.
Срок работы сенсора

В соответствии с указаниями руководства пользователя системы постоянного мониторинга глюкозы CGM компании Медтроник, через 72 часа использования необходимо снять использованный сенсор и заменить его на новый. Алгоритм работы помпы отключает сенсор:

- Через 72 часа использования с выдачей сообщения Sensor End.
- После нескольких калибровок, при которых коэффициент калибровки (то есть отношение СК/ISIG) больше чем 1,11 ммоль/л*мкА (20 мг/дл*мкА) с выдачей сообщения Calibration Error.

Типичное изменение коэффициента калибровки по мере расходования ресурса сенсора показано на рис. 4.



Мой опыт показывает, что ограничение срока службы сенсора до 72 часов является слишком жёстким. Сенсор можно использовать до тех пор, пока он даёт точные результаты. Другими словами, его можно использовать пока калибровочный коэффициент стабилен, а концентрация глюкозы в крови и интерстициальной (межклеточной) жидкости одинаков. Ограничение в 72 часа даже неудобно в реальной жизни. Поскольку в первые 12-24 часа показания сенсора нестабильны, сенсор при ограничении его срока службы в 72 часа работает нестабильно от 17 до 33% своей жизни.
Я обычно использую установленный сенсор в течение 7-9 дней пока коэффициент калибровки стабилен, а его значение меньше 0,6 ммоль/л*мкА (10.8 мг/дл*мкА). Я повторяю процедуру запуска нового сенсора на этом установленном сенсоре дважды. Если трансмиттер не отключался

от сенсора, то его калибровка потребуется через 15 минут после старта, если же он отсоединялся (например для подзарядки батареи), то через 2 часа 15 минут. В отличие от нового сенсора в этом случае не возникает начальной нестабильности показаний сенсора в первые часы его работы. Повышение СК до значения 14.7 ммоль/л (см. рис. 4) показывает, что может произойти, если бездумно вводить показания глюкометра при калибровке в первые часы работы нового сенсора. Помпа была откалибрована в 02:36 01.02.2008 через 2 часа 15 минут после установки нового сенсора. Значение СК в момент калибровки было 2,9 ммоль/л (52 мг/дл), что определило значение калибровочного коэффициента 0,32 ммоль/л*мкА (5.8 мг/дл*мкА). После этого калибровочный коэффициент начал расти и достиг значения 0,54 ммоль/л*мкА (9,8 мг/дл*мкА) в 07:42. Помпа несколько раз выдавала предупреждения о низком уровне СК в интервале от 02:36 до 05:06. Я не стал проверять эти сообщения с использованием глюкометра, а просто перекусил для повышения СК. В 07:42 помпа показывала значение 8,8 ммоль/л (158 мг/дл), но при проверке глюкометром реальное значение СК оказалось 14.7 ммоль/л (264 мг/дл).

Раздел 9.
Калибровка

Система постоянного мониторинга глюкозы крови компании Медтроник, встроенная в помпу Парадигм 722, требует калибровки, то есть ввода информации о результатах измерения СК глюкометром. Она проводится:

- Через 2 часа 15 минут после активации сенсора. До этой калибровки невозможно ввести значения СК. Значения концентрации глюкозы в межклеточной жидкости не выводятся на дисплей до проведения этой калибровки.
- Через 6 часов после калибровки, описанной выше. Значения СК могут быть введены раньше наступления этого срока. Если значения СК при калибровке не введено в течение этих 6 часов, то помпа перестаёт показывать концентрацию глюкозы в межклеточной жидкости.
- Через каждые 12 часов по завершении калибровок, описанных выше.

Значение СК может вводиться раньше, чем наступит срок очередной калибровки. Если в течение 12 часов значение СК не введено, помпа перестаёт показывать результаты измерения сенсором на дисплее. Алгоритм калибровки учитывает при вычислении концентрации глюкозы в межклеточной жидкости результаты трёх последних измерений ISIG и введённого при калибровке значения СК. Новый коэффициент калибровки вычисляется в течение чуть менее 15 минут, следующих за введением величины СК, измеренной глюкометром.
Требование введения значения СК каждые 12 часов является слишком жёстким. Оно основано на понятном желании учесть изменения в коэффициенте калибровки как можно раньше. Однако в реальной жизни такой подход оказывается неудобным в связи с тем, что коэффициент калибровки зависит от следующих факторов, действующих в момент калибровки:

- Величины СК
- Направления и скорости изменения (то есть тренда) ISIG
- Условий измерения СК.

Поэтому было бы лучше увеличить этот интервал на пару часов. Для обеспечения надёжных вычислений коэффициента калибровки и предсказуемого поведения системы мониторинга важно измерять СК в те моменты, когда он является стабильным и находится в рамках нормогликемического диапазона. В моём случае эти условия обычно выполняются утром сразу после просыпания и вечером перед тем, как я ложусь спать. Интервал между этими точками составляет 16 и 8 часов. Кроме того, при измерении СК глюкометром вне дома, когда слишком жарко или слишком холодно, труднее обеспечить надёжные результаты измерения.
В тех случаях, когда мне необходимо искусственно растянуть 12-часовой период без измерения СК

на некоторое время, я использую следующую формулу для расчёта СК, который необходимо ввести в помпу.

СК = 2*СК(текущий момент времени) – СК (10 минут назад) (3),

где СК(текущий момент времени) считывается с помпы для текущего момента времени, а СК (10 минут назад) считывается из памяти помпы для момента за 10 минут до текущего.
Я установил, что применение этой формулы практически не вносит разрывов в профиль СК, измеренный помпой. Безусловным требованием тем не менее является проведение нормальной калибровки по показаниям глюкометра немедленно по получении условий для надёжной калибровки.

Раздел 10.
Безопасный диапазон контроля СК

Одним из важных инструментов для предотвращения гипогликемических эпизодов является установка нижнего предела СК для сенсора. Я начал использование этого параметра со значений 3,5 ммоль/л (63 мг/дл), так как хотел обеспечить наилучший контроль за своим СД. Я предположил, что вполне достаточно добавить 0,4 ммоль/л (7 мг/дл) к величине 3.1 ммоль/л (56 мг/дл), которая считается началом гипогликемии. Однако у меня стали происходить сильные гипогликемии и я попытался найти объяснение этому факту. После проведения анализа того, как функционирует система мониторинга и с какими процессами в организме она связана, я пришёл к необходимости постепенного повышения нижнего предела СК для сенсора. В предыдущих разделах я описал основные факторы, влияющие на разницу в концентрации глюкозы в крои и в межклеточной жидкости. Кратко повторю их здесь в порядке убывания значимости:

- Более высокая стабильность значении СК в межклеточной жидкости по сравнению с капиллярной кровью. Этот фактор может вносить разницу до 1.5 ммоль/л (27 мг/дл).
- Время, необходимое для усвоения организмом сахаров и транспортировки их в кровь и в межклеточную жидкость. В моём случае это время доходит до 20-30 минут. Если, к примеру, значение СК в капиллярной крови падает со скоростью 0,3 ммоль/л (5.4 мг/дл) каждые пять минут, то за это время указанная разница составит 1.2-1.8 ммоль/л (22-32 мг/дл).
- Флуктуации (случайные изменения) коэффициента калибровки
- Точность глюкометра, используемого для калибровки. Это особенно важно при использовании глюкометра при экстремальных температурах, отличных от комнатной.
- Задержка в работе сенсора.
- Изменения проводимости межклеточной жидкости из-за долгого пребывания в холодной или жаркой среде (например, в горах или в бане).

Существует простой способ проверки, правильно ли установлен нижний предел СК для сенсора и позволяет ли эта установка избежать появления гипогликемий. При достижении уровнем СК в межклеточной жидкости установленного нижнего предела и подаче помпой сигнала Low glucose необходимо принять быстрые углеводы и несколько раз с небольшими интервалами измерить СК глюкометром. Если показания глюкометра упадут ниже 3.1 ммоль/л (56 мг/дл), то нижний предел установлен слишком низко и должен быть увеличен. Этот тест необходимо повторить несколько раз для того, чтобы удостовериться, что вы нашли нужную вам величину нижнего предела.
В настоящий момент мой нижний предел установлен в 5,5 ммоль/л (99 мг/дл) в обычное время и в 6 ммоль/л (108 мг/дл) во время повышенной физической активности. Верхний предел у меня установлен в 9 ммоль/л (162 мг/дл).

Поскольку мы тоже теперь с сенсором, не могу скрывать от общественности найденный мною сегодня пост.

Источник
http://forums.childrenwithdiabetes.com/showthread.php?t=20347
Ниже следует мой вольный перевод с небольшими комментариями.

Калибровка сенсора и использование ISIG

Проблема неточных показаний сенсора постоянного мониторинга глюкозы (CGM-сенсора) уже поднималась много раз. Это сообщение имеет целью объяснить, как эффективно калибровать CGM-сенсор для получения приемлемой в целом точности. Также рассматривается, что такое показатель ISIG и как можно использовать его для оценки точности калибровки.

Калибровка

Когда вы калибруете CGM-сенсор, вы сообщаете ему текущий уровень сахара в крови. CGM-сенсор сравнивает введённую величину СК и величину тока, выдаваемую сенсором (и известную как ISIG). Предположим, вы вводите СК, равный 6,6 ммоль/л. ISIG сенсора в этот момент , например, равен 13,2. С этого момента CGM-сенсор «знает», что текущее отношение СК к ISIG составляет 6,6/13,2=0,5, и с этого момента все последующие значения Isig будут умножаться на 0,5 для вычисления показываемого на дисплее СК. Пусть, например, через 10 минут величина ISIG составит 14. Показываемый на дисплее СК увеличится до 7.0.

Плохие калибровки происходят в основном по следующим причинам:
1. При неточном измерении СК глюкометром (например, из-за плохо вымытых рук).
2. При очень высоких или очень низких значениях СК. Величина ISIG при таких значениях вычисляется неправильно.
3. При быстром изменении СК. В этом случае та величина СК, которую вы вводите, сопоставляется более раннему значению ISIG, обрабатываемому сенсором с некоторой задержкой.
4. Сенсор в конце срока своей работы. В этот период чувствительность сенсора убывает с каждым часом работы и отношение СК к ISIG нестабильно. Калибровка такого сенсора может быть относительно точной всего несколько часов.

Следовательно, применение следующих принципов позволит обеспечить качественную калибровку.
1. Перед измерением СК глюкометром тщательно вымойте руки и высушите их полотенцем. Это важно и при обычном измерении СК, но особенно – при использовании этого измерения для калибровки сенсора.
2. По возможности не используйте значения СК ниже 3,8 ммоль/л и выше 7,6 ммоль/л для калибровки.
3. Проводите калибровку при условии, что предыдущие показания сенсора на графике были относительно плоскими. За последние полчаса.
4. Никогда не калибруйте сенсор сразу после еды. Значения СК начинают быстро расти уже по истечении 15 минут с момента начала еды.
5. Никогда не ешьте сразу после калибровки. Алгоритм работы сенсора подразумевает, что ваш СК после калибровки будет относительно неизменным хотя бы 15 минут. Другими словами, по возможности не ешьте в течение 15 минут до калибровки и в течение 15 минут после неё.
Если вам пришлось откалибровать сенсор в неудачное время из-за истечения срока действия предыдущей калибровки, измерьте СК снова, как только он стабилизируется, и снова откалибруйте сенсор.

ISIG

ISIG (сокращение английских слов Insterstitial Signal – сигнал межклеточной жидкости) – это электрическая характеристика сенсора, в теории линейно пропорциональная СК. На практике однако такая линейная пропорциональность обеспечена лишь в ограниченном интервале СК. Именно по этой причине рекомендуется проводить калибровку в диапазоне 3,8 – 7,6 ммоль/л. Калибровка при значениях СК 2,7 или 16 ммоль/л не может быть линейно экстраполирована, когда СК находятся в нормальном диапазоне.

ISIG предоставляет собой дополнительный инструмент для оценки точности каждой калибровки. В устройстве Minimed Guardian показания ISIG могут быть прочитаны после двойного нажатия на клавишу Esc. У других устройств также должна быть некоторая последовательность нажатий на клавиши для чтения показателя ISIG.

Чтобы использовать ISIG для улучшения точности калибровки:
1. При каждой калибровке считайте показания ISIG и вычислите отношение СК/ISIG. Например, вы можете получить, что обычное [для данного сенсора в определённом интервале времени] отношение составит 1,2 или 0,7.
2. В течение срока работы сенсора это отношение будет оставаться относительно стабильным, слегка изменяясь от калибровки к калибровке (именно по этой причине мы и вынуждены калибровать сенсор). Однако, если ваш сенсор начал работу при величине отношения, скажем, 0,7, то все значения отношения будут недалеко от этой величины.
3. Если во время очередной калибровки вы видите, что значение отношения СК/ISIG существенно отличается от определённой ранее величины, это может быть показателем того, что с сенсором что-то не так. Например, при обычном для данного сенсора отношении 0.7 при очередной калибровке вы получаете отношение 0,25. Это подозрительная калибровка, необходимо проверить, хорошо ли установлен сенсор, не было ли сильного давления на сенсор (например, во сне), не заканчивается ли обычный срок работы сенсора.
4. Ещё одно объяснение необычного значения отношений СК/ISIG – сахар крови начал быстро изменяться в момент проведения калибровки. [Не вводя новое значение СК], посмотрите на поведение СК на графике. Если вы увидите быстрое изменение, проведите калибровку после стабилизации СК.
5. Если вы получили значительно отличающуюся величину отношения СК/ISIG, не торопитесь делать вывод, что сенсор «врёт». Это может быть ошибочное измерение СК глюкометром из-за грязных рук. Всегда в таких случаях повторяйте измерение, тщательно вымыв и высушив руки. Не используйте такие значения для калибровки до тех пор, пока вы не уверены, что значение измерено глюкометром правильно.
Всегда существует вероятность того, что сенсор всё же показывает неправильно и вы можете получить гипогликемию или гипергликемию. Однако с использованием сенсора такие эпизоды происходят не чаще, чем при измерении СК глюкометром. Важно соблюдать описанные выше принципы правильной калибровки, и при анализе результатов сенсора думать головой. Количество неверных показаний сенсора может быть значительно уменьшено при использовании вышеописанных способов. Дополнительную информацию (на англ. языке) можно получить по адресу: http://www.myparadigm.eu/