

Tomasz Łęcki
Wydział Chemii

Normalne życie

Pani syn choruje na cukrzycę – powiedziała Pani doktor beznamiętnie, przy okazji wpisując numer 238 w kartę młodego pacjenta. Beznamiętnie - myśli mama - Dlaczego powiedziała to tak bezuczuciowo? Ach numer 238, a to dopiero początek lutego. Jeszcze tydzień termu byliśmy w górach na feriach. Wtedy już było widać, że z synem jest coś nie tak, no, ale cukrzyca? Cały czas pilnuję co je, nie jest gruby, biega za piłką jak inne dzieciaki, dlaczego On?

Syn musi zostać w szpitalu na dwa tygodnie. Trzeba wyregulować chorobę i ustawić plan leczenia. Proszę się nie przejmować, z cukrzycą ludzie prowadzą Normalne Życie. Jak może być do jasnej cholery normalne?! – przebiega przez myśl mamie.

Tak zaczęła się moja historia z cukrzycą. Ogólnie miałem wtedy 7 lat i lepiej pamiętam widok z okna oraz permanentne badania, zwłaszcza te, które wiązały się z nakłuwaniem, wkuwaniem czy innym aplikowaniem igieł lub drenów niż obawami czym będzie dla mnie Normalne Życie. Oczywiście własne przygody i przemyślenia nie są tematem przewodnim niniejszej pracy. Mimo to, cukrzyca, czy raczej jej leczenie jest szalenie związane z prawem Gordon'a Moor'a, czy ogólniej mówiąc, postępem technologicznym.

Cukrzyca typu I to choroba autoimmunologiczna, czyli organizm traktuje własne komórki ciała jako zagrożenie i z powodzeniem zaczyna je zwalczać. Można to nazwać autoagresją organizmu. W przypadku cukrzycy typu I organizm niszczy komórki typu β trzustki, efektem jest całkowicie zaprzestanie produkcji hormonu – insuliny. Jest to związek chemiczny, który umożliwia transport cukrów prostych z krwi do komórki. Warto zaznaczyć, że komórka nie pozyskuje tylko energii z metabolizmu cukrów (dokładniej – katabolizm), ale także z tłuszczu. Oznacza to, że człowiek nie umiera na skutek braku insuliny w organizmie (sytuacja odwrotna jest szalenie niebezpieczna dla życia). Jednak produktami rozkładu tłuszczu są aldehydy lub ketony. Powodują one zatrucie organizmu, prowadząc m.in. do kwasicy ketonowej czy w ekstremalnych sytuacjach – śpiączki cukrzycowej. Źle prowadzona cukrzyca powoduje powstawanie powikłań (cukrzycowych), do których zalicza się m.in.: neuropatię czy angiopatię. Jest to odpowiednio: uszkodzenie nerwów lub uszkodzenie naczyń krwionośnych.

Zapobieganie powikłaniom w cukrzycy służy odpowiednia kontrola przebiegu choroby. Tutaj właśnie następuje spotkanie technologii, która jest związana z Normalnym Życiem.

Pomiar cukru

Pierwszym parametrem, który wymaga stałej kontroli jest stężenie cukru we krwi. Nie powinno ono być zbyt małe, ale także niezbyt duże. W tym celu najczęściej wykorzystuje się urządzenia, glukometry oraz dołączone do nich „paski”. Taki układ jest biosensorem z dołączonym urządzeniem sterującym. Pasek zawiera enzymy, które łącząc się z glukozą zawartą we krwi powoduje albo zajście reakcji redoks albo zmianę konformacji enzymu. Zmiany te wpływają na przepływ ładunku przez „pasek”, a powiązanie wartości przepływającego ładunku z poziomem stężenia glukozy we krwi odbywa się w glukometrze. Jak widać, zasada działania tego urządzenia nie jest skomplikowana. Problem pojawia się w tak zwanym Normalnym Życiu. Aby znać poziom cukru trzeba nakłuć palec i użyć paska, od 8

do 12 razy dziennie. Żartobliwie można uznać, że poziom cukru jest skwantowany. Zawsze wiemy, że jakiś stężenie glukozy we krwi jest, ale tylko w trakcie pomiaru wiemy względnie (błąd pomiaru) dokładnie, jakie jest to stężenie. Tu pojawia się drugi problem, wiemy jaki mamy „cukier” tylko wtedy, kiedy go zmierzymy.

Obecnie rozwój technologii pozwolił ten problem częściowo rozwiązać, acz niestety są to dopiero początki rozwoju tego typu technologii. Występują obecnie systemy, które pozwalają już na całodobowy pomiar cukru. Może on się odbywać na zasadzie podobnej do pasków, czyli urządzenie (sensor) podpięte do ciała mierzy cukier w pewnym ustalonym interwale czasowym. Wyniki są zapisywane na karcie pamięci, którą można czytać glukometrem bądź telefonem z zainstalowanym, odpowiednim, oprogramowaniem. Jest to system monitorowania glikemii *flesh*, a urządzenie nazywa się *Free Style Libre*.

Kolejny system to ciągły system monitorowania glikemii. Tutaj technologia umożliwiła permanentny pomiar cukru, który jest automatycznie przesyłany do stacji odbiorczej, może to być glukometr bądź *smartphone* z aplikacją. Jednym z takich systemów jest *Minimed Medtronic Enlite*. Sensor trzeba stosunkowo często wymieniać, ponieważ działa maksymalnie do 6 dni.

Niestety obecne systemy nie są idealne. Problemem jest stabilność i powtarzalność pomiarów w czasie, zwłaszcza, przy gwałtownych zmianach cukru we krwi. Drugim problemem jest zasilanie sensora, najlepiej jak by działał jak najdłużej, z drugiej strony, rozmiar sensora nie może być zbyt duży aby mógłby być wykorzystywany komfortowo. Obecnie najczęściej stosowane systemy znajdują się na skórze (*Enlite*, *FSL*), ale mogą być także pod skórą (*Eversense*). Wykonuje się jedno nakłucie (wbicie drenu) od 6 dni (*Enlite*), 14 dni (*Free Style Libre*) do nawet 3 miesięcy (*Eversense*). Tutaj pojawia się problem stabilności; dużo łatwiej zmienić niedziałający sensor na skórze w stosunku do takiego znajdującego się pod skórą. Kolejnym problemem jest cena, bowiem są to systemy na które trzeba miesięcznie wydawać od 550 zł (*FSL*) do nawet 1600 zł (*Eversense*). Oczywiście są to ceny bez urządzeń sterujących. Warto również zwrócić uwagę, że koszty te są nierefundowane w Polsce dla osób powyżej 26 roku życia. Oznacza to, że technologia, która już jest dostępna komercyjnie nadal nie znajduje się w powszechnym użyciu. Pomimo tego, że znacząco poprawia tzw. Normalne Życie.

Podawanie insuliny

Najbardziej znanym i najczęściej stosowanym systemem jest pen, czyli strzykawką wielokrotnego użycia do podawania insuliny. Zaletą urządzenia jest cena, nie jest to drogie. Najczęściej dołączony przez producenta insuliny. Wadą jest to, że insulina podawana jest znowu w sposób „skwantowany”, nie jest to normalna sytuacja dla organizmu, gdzie insulina jest produkowana ciągle. M.in. dlatego stosuje się insuliny szybko i długo działające. Insulina działa od 10 – 20 minut do ok. 5h dla krótko działającej i od 2h, aż do 24h dla długo działającej. Odpowiednie połączenie dawek obu insulin, powoduje, że ciągle w organizmie powinno znajdować się jej odpowiednie stężenie.

Natomiast już od dawna stosowana jest pompa insulinowa (np. *Medtronic Minimed*), która działa na zasadzie ciągłego podawania insuliny bazowej oraz nastrzyku większej dawki insuliny w momencie większego zapotrzebowania na insulinę. Urządzenie trzeba jednak zaprogramować tak, aby podać jakąkolwiek insulinę. Oznacza to, że ciągle trzeba znać poziom cukru i reagować zawsze na wszelkie jego wahania. Z drugiej strony, dren (wkłucie) wymienia się raz na 3 dni, a nie nakłuwają się ciała co kilka godzin jak w przypadku penów. Największą wadą jest także cena tych urządzeń: od 10 tysięcy (*Accu Check Spirit*) do 25

tysięcy (*Minimed 640G*). Niestety te systemy także nie są refundowane w Polsce dla ludzi powyżej 26 roku życia. Ponownie jest to krok wstecz w stronę Normalnego Życia.

Przyszłość już w domu

Obecnie są już stosowane systemy, które są połączone. Czyli pomiar cukru jest wysyłany do pompy insulinowej, gdzie można bezpośrednio zaprogramować bolusa (dawka insuliny). Najnowsze systemy same przestają podawać insulinę w momencie spadku stężenia cukru we krwi. Mimo to, rola osoby sterującej urządzeniem jest wciąż niezbędna. Nie wspominając już o cenie takich systemów.

Normalne Życie

Najlepszym wyjściem z sytuacji ze strony chorego by była pompa insulinowa, która samoczynnie dobiera dawkę do zapotrzebowania organizmu przy ciągłej kontroli stężenia glukozy we krwi. Tutaj jest obecnie największe pole do odkryć dla nauki. Jak wspominałem wyżej, wszystkie komponenty „sztucznej trzustki” obecnie znajdują się już w użyciu. Najtrudniejszym elementem, jest takie zaprogramowanie urządzenia, aby mogło działać bezpiecznie, stabilnie, długo i powtarzalnie z każdym indywidualnym pacjentem. Obecnie dostępne możliwości techniczne są zbyt niskie. Najlepszym wyjściem byłoby napisanie samouczącego się oprogramowania, które mogłoby efektywnie kontrolować chorobę. Stworzenie takiego programu jest jak najbardziej możliwe, jednak nie ma obecnie możliwości na urządzenie mobilne, na którym ten program mógłby działać. Oczywiście, zastosowanie komputera kwantowego w pompie insulinowej jest raczej bez sensu, ale już łatwiej sobie wyobrazić wysyłanie danych do chmury, gdzie są one obliczane przez duże lepsze układy obliczeniowe. Takie rozwiązanie też nie jest idealne. Powstaje problem błyskawicznej łączności, a tym samym natychmiastowej reakcji systemu. Warto zwrócić uwagę, że znaczącą rolę odgrywa także wielkość urządzenia, czyli m.in. miniaturyzacja wszelkich układów scalonych. Obecnie snuje się także nadzieję, że mogła by być to pompa znajdująca się wewnątrz organizmu – jednak i to jest problematyczne z powodu wymieniania źródła energii, łączności czy reakcji organizmu na urządzenie.

Oznacza to, że określenie Normalne Życie ciągle jest wyzwaniem dla naukowców z bardzo wielu różnych dyscyplin. Mimo to, warto o nie walczyć.