

Telemedycyna w monitorowaniu cukrzycy

dr inż. Rafał Doniec

Katedra Inżynierii Wiedzy Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach

Początków telemedycyny należy doszukiwać się w momencie, kiedy jeden z pierwszych medyków przekazał informację na temat stanu zdrowia swojego pacjenta pozostałym zainteresowanym. Innymi słowy, gdzie medycyna potrzebuje informacji, tam musi być medium, które tą informację prześle bez zakłóceń.

Informację zbiera się za pomocą danych. Wzrost wymiany danych zawdzięczmy rozwojowi technik transmisji danych, które należy wiązać z rozwojem telemedycyny.

Jak rozwijała się sieć telekomunikacyjna w Polsce? Pierwsze prywatne centrale telefoniczne International Bell Telephone Company powstały w Warszawie w okresie przedwojennym. Jednak pierwsze sieci telekomunikacyjne musiały poczekać znacznie dłużej – do lat powojennych. Formalnie od państwowego przedsiębiorstwa „Polska Poczta, Telegraf i Telefon”, rynek usług i infrastruktury sieciowej został oddzielony dopiero w 1990 roku. Od tego czasu do roku 1998 w Polskiej Telekomunikacji w zakresie gęstości aparatów telefonicznych przypadających na jednego mieszkańca kraju, nic znaczącego nie nastąpiło.

Przełomem okazał się rok 1991, kiedy to Polska uwolniła pierwsze częstotliwości dla sieci komórkowych. Od tego czasu ilość aparatów telefonicznych przypadających na jednego mieszkańca naszego kraju wynosi dziś około 1,34 telefonu na osobę.

Monitorowanie chorych z cukrzycą

Jaką korzyść dla pacjentów z diagnozowaną cukrzycą typu 1, 2 lub inną, miał wzrost liczby telefonów na jednego mieszkańca?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, zastanówmy się, czym jest cukrzyca. Cukrzyca zaliczana jest do chorób cywilizacyjnych, przewlekłych, gdzie ogromne znaczenie ma monitorowanie stanu pacjenta. Na podstawie wcześniejszych długookresowych badań można optymalnie dobrać zakres i sposób leczenia, oraz ocenić postęp rozwoju choroby.

Gdy pojawiła się szansa współpracy Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej Polskiej Akademii Nauk z Instytutem Gastrologii Klinicznej i Chorób Metabolicznych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego uruchomiono pierwsze projekty, pozwalające ciągle monitorować i nadzorować przebieg leczenia na przykład chorych z zespołem stopy cukrzycowej.



Źródło:1. Skomputeryzowany system nadzorowania przebiegu leczenia chorych z zespołem stopy cukrzycowej

(TeleDiaFoS) autorzy: P. Ładyżyński, J.M. Wójcicki, P. Foltyński – PAN IBIB w Warszawie, G. Rosiński, J. Krzymień, B. Mrozikiewicz-Rakowska, K. Migalska-Musiał, W. Karnafel – Instytut Gastrologii Klinicznej i Chorób Metabolicznych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego.

http://books.google.pl/books?id=bzxZkEcLo1kC&pg=PA1049&lpg=PA1049&dq=TeleDiaFoS&source=bl&ots=W_MNyToRdC&sig=nGhyJI6HeXWZumaDbfBI5i3BJ6o&hl=pl&sa=X&ei=fICFVIygBIL1UKqOgpAG&ved=0CDkQ6AEwAg#v=onepage&q=TeleDiaFoS&f=false

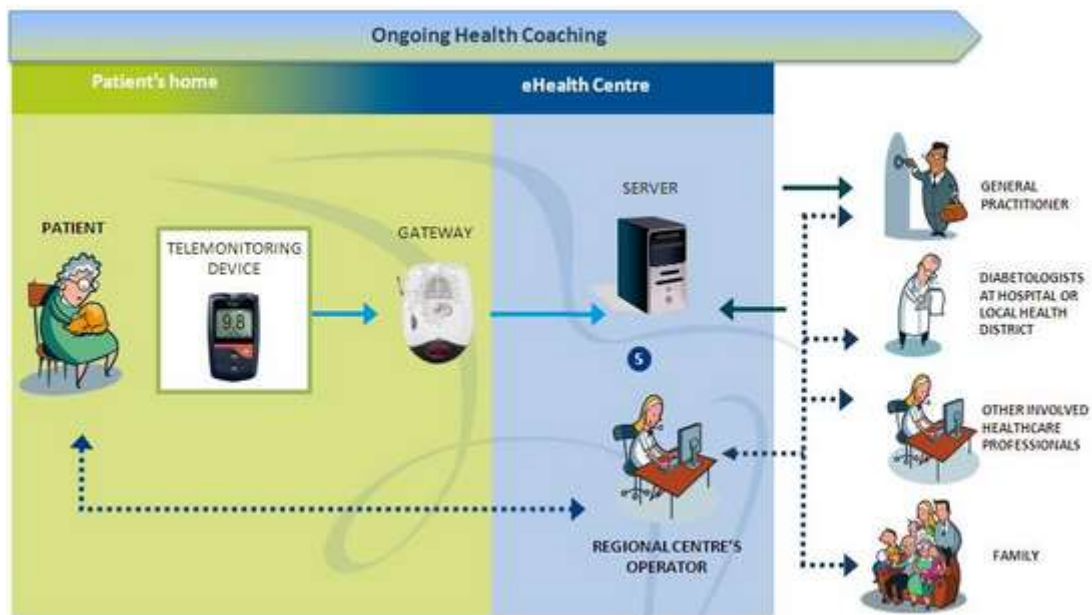
Zespół opracował system wspomaganie diagnozowania cukrzycy na podstawie oceny stopnia zaawansowania ran w zespole stopy cukrzycowej (DFS). Badanie mogło się odbywać zdalnie, ponieważ zdjęcie stopy pacjenta było wykonywane w technice fotografii cyfrowej i za pomocą sieci informatycznej przekazywane do ośrodka medycznego, gdzie wystawiano diagnozę.

Zespół IBIB podejmował również podobne projekty związane z diagnozowaniem zdalnym osób z zdiagnozowaną cukrzycą typu 1 między innymi w ramach projektu: Opracowanie, klinicznej weryfikacji i ocena skuteczności krótkotrwałych zastosowań telemetrycznego systemu wspomagającego prowadzenie intensywnej insulinoterapii w szczególności w leczeniu świeżo wykrytej cukrzycy typu 1 oraz innych typów cukrzycy, opartego na noszonym module teletransmisyjnym. Objętość tego opracowania nie pozwala na wymienienie wszystkich ośrodków akademickich, które zajmowały się projektami wykorzystującymi nowe techniki telekomunikacyjne w odniesieniu do grupowania i zbierania danych medycznych. Metody zdalnego monitorowania pacjenta postrzegane są jako ekonomicznější alternatywa dla pobytu chorego w jednostce opieki medycznej.

Projekt United4Health

W chwili obecnej temat ciągłego monitorowania cukrzycy nadal jest w czołówce zapotrzebowania na tanie badania diagnostyczne. Przykładem jest projekt uruchomiony w 34 jednostkach europejskich i 15 regionach na świecie, którego jednym z celów jest dożywotnie monitorowanie cukrzycy. Do projektu United4Health zostanie docelowo włączonych 13 tysięcy pacjentów. Krajowym beneficjentem programu UNiversal solutions in Telemedicine Deployment for European HEALTH care – United4Health jest Krakowski Szpital Specjalistyczny im Jana Pawła II, a całkowity koszt projektu dla wszystkich partnerów: 10 150 000 euro.

Pilotáže będą prowadzone przez dwa lata i skupią się między innymi na dożywotnim monitorowaniu cukrzycy,



Źródło: Model serwisu monitorującego dla diabetyków w programie United4Health, <http://united4health.eu/diabetes-telehealth-service-model/>

Są to jednak badania obliczone na dużą skalę i firmowane przez duże instytucje, niekoniecznie kierowane do statystycznego pacjenta indywidualnego, a już na pewno nie do potencjalnego pacjenta. Oprócz wielkich programów w polskiej sieci możemy również znaleźć aplikacje, bezpłatne i kierowane do wszystkich, nie tylko do osób z zdiagnozowaną cukrzycą, lecz również do zdrowych osób.

DiabLab

Rozwiązaniem, z którego może skorzystać, każdy zainteresowany zdrowy czy chory, jest DiabLab, niezależna inicjatywa naukowo-badawcza.



Źródło: DiabLab - system do zbierania codziennych pomiarów glukozy i ciśnienia we krwi. <http://virtualnet.com.pl/diab.html>

DiabLab to system pozwalający na zapis i monitorowanie podstawowych parametrów krwi w tym glukozy oraz ciśnienia i wagi. Od strony funkcjonalnej główny nacisk położono, na zapewnienie zainteresowanemu lub pacjentowi dostępu do internetowego dziennika przez 24 godziny i siedem dni w tygodniu z dowolnego miejsca na świecie, przy założeniu, że dysponuje w dowolnej formie dostępem do internetu.

Bardzo ważnym aspektem wystawienia pewnej diagnozy jest ciągły monitoring, zgodnie z założeniem, że im więcej pozyskanych danych, tym większa niezawodność rokowań na temat stanu zdrowia. Zarządzanie informacją osobistą jest dziedziną, która rozwija się bardzo dynamicznie, a ta jej część poświęcona danym medycznym, zdecydowanie przyczynia się do zebrania wiedzy na temat przebiegu leczenia chorób. Prowadząc zapisy w tradycyjnym dzienniczku samokontroli czy w systemie komputerowym, nie mamy co prawda wpływu na powtarzalność wyników, ponieważ nawet dokładnie przeprowadzone testy nie gwarantują powtarzalnych wyników pomiaru glukozy we krwi. Jednak komputerowe wersje oprócz archiwizacji danych, pozwolą na wiele dodatkowych funkcjonalności, takich jak prezentacja

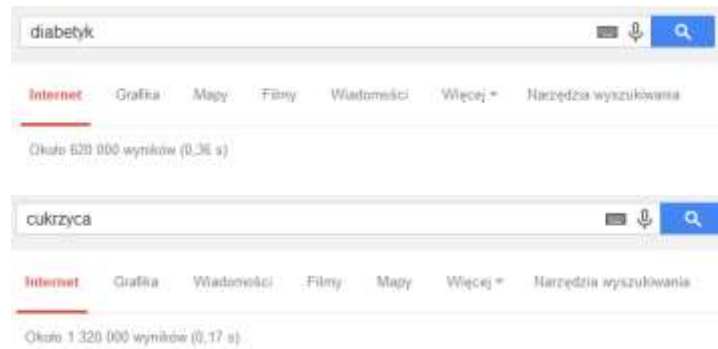
graficzna wyników, wnioskowanie, predykcja lub przypominanie o konieczności wykonania pomiaru. Ważną cechą systemów elektronicznych jest również to, by witryna internetowa przeznaczona do gromadzenia pomiarów była prosta i czytelna dla osoby z niej korzystającej, stąd w większości aplikacji monitorujących rezygnacja z trybu graficznego na rzecz tekstowego. Ponadto obecne przeglądarki internetowe oferują w standardzie narzędzia poprawiające komfort pracy i czytelność przeglądanych stron. Na przykład funkcjonalność pozwalająca na powiększenie rozmiaru czcionki przeglądanej strony serwisu www lub wyświetleniu strony na urządzeniach mobilnych, np. telefonie komórkowym.

Dzięki stronie DiabLab, zainteresowana kontrolą swego stanu zdrowia osoba, otrzymuje dostęp do własnych, wcześniej zapisanych danych medycznych lub zapisuje wskazania dobowe poziomu cukru we krwi, ciśnienia, wagi i inne. Zasady działania zostały tak ustalone, by nie sprawiały trudności w korzystaniu z systemu, a potencjalny, statystyczny użytkownik nie był narażony na koszty, dlatego opracowany system informatyczny wymaga od użytkownika dostępu do sieci internet z urządzeń obsługujących standardowe przeglądarki internetowe, urządzenia pomiarowe np. glukometru, wagi czy ciśnieniomierza. Za ich pomocą może w domowym zaciszu monitorować i zbierać historię swojego stanu zdrowia i – w razie potrzeby – w odpowiednim czasie wyniki przedstawić lekarzowi do diagnozy. W innej aplikacji umieszczonej w serwisie www, w ramach płatnego, komercyjnego abonamentu, dodatkowo możemy otrzymać analizę wyników, kalkulator i dietę z zestawem zalecanych posiłków dla diabetyka.

Podsumowując, dzięki danym, które zebrano w postaci elektronicznej, łatwiej sięgnąć do narzędzi statystycznych i przyjrzeć się przebiegowi choroby. Dla naukowców jest to niezbędny element budowania doświadczenia i wiedzy przy podejmowaniu kolejnego kroku w starciu z chorobą.

Dostęp do informacji

Innym zagadnieniem, o którym nie możemy zapomnieć, jest dostęp do informacji na temat cukrzycy. W chwili obecnej jeśli wpisujemy w wyszukiwarkę słowo „diabetyk” otrzymamy linki do około 620 tys. stron w internecie. Wpisując słowo „cukrzyca”, znajdziemy w sieci nawet dwa razy więcej informacji.



Uświadamia to nam, jak ogromny zasób informacji dotyczący tej choroby został zgromadzony. Niestety nie wszystkie informacje są wiarygodne lub warte polecenia. Jednak sama idea dzielenia się swoją wiedzą i doświadczeniem, poprzez strony domowe, portale blogi, jest bardzo dobrym sposobem na oswojenie się z objawami i przebiegiem choroby. Ważne jest by czerpać wiedzę i informację z umiarem i rozsądkiem na temat choroby z tak bogatego w informację narzędzia jakim jest Internet.

Na świecie, podobnie jak w Polsce, doceniono możliwości jakie daje współczesna telekomunikacja, dlatego znajdziemy wiele interesujących rozwiązań wspomagających rozpoznawanie i leczenie cukrzycy. Jednym z głównych nurtów jest podjęcie próby zamodelowania pracy trzustki lub samego układu insulina – glukoza. Wyniki badań zbliżyć nas mają do idei zastąpienia ludzkiego organu systemem, który automatycznie będzie realizował zapotrzebowanie na insulinę i glukozę, a w przyszłości pozwoli zaprojektować i wykonać sztuczną trzustkę,

Historia związana z próbami zamodelowania układu, została opisana w wielu publikacjach, znane są modele liniowe i nieliniowe wspomagające decyzję uzupełnienia zapotrzebowania organizmu na insulinę bądź glukozę. Modele przygotowane na podstawie badań mniejszej lub większej próby osób kierowane do wyselekcjonowanej grupy pacjentów.

Program AIDA

Jednak najstarszą inicjatywą, która tworzy modele układu insulina – glukoza jest AIDA, to darmowy program komputerowy, który umożliwi interaktywną symulację insuliny w osoczu, jak i symulację profili glikemii.

AIDA Model

Click on the numbers on the man figure below to see the individual organ functions

The AIDA model assumes a patient completely lacking endogenous insulin secretion (i.e. an insulin dependent diabetic patient). It contains a single intracellular glucose compartment into which glucose enters via both intestinal absorption and hepatic glucose production. Glucose enters the portal circulation via first order absorption from the gut, the rate of gastric emptying which provides the glucose flux into the small intestine being controlled by a complex process maintaining a relatively constant glucose supply to the gut during carbohydrate absorption. Glucose is removed from the intracellular space by insulin independent glucose utilization in the central nervous system (CNS) and red blood cells (RBC) as well as by insulin dependent glucose utilization in the liver and periphery. Hepatic and peripheral handling of glucose in the model are dealt with separately, the net hepatic glucose balance (NHGB) being computed as the sum of gluconeogenesis, glycogen breakdown and glycogen synthesis; data derived for different blood glucose and insulin levels from measurements in the medical literature. Glucose excretion from the intracellular space takes place above the renal threshold of glucose (RTG) as a function of the creatinine clearance rate (CCR). The only insulin input into the model comes from the absorption site following subcutaneous injection, the pharmacokinetics of insulin absorption being derived from descriptions of that process in the literature. The model contains separate compartments for plasma and 'active' insulin, the latter being responsible for glycaemic control while insulin is removed from the former by hepatic degradation. Insulin affects the NHGB characterized by a low sensitivity parameter, S_1 , as well as enhancing peripheral glucose utilization described by a peripheral sensitivity parameter, S_2 .

Alternative graphical representation of the AIDA model can be accessed [here](#) and [here](#)

Źródło: Graficzna prezentacja modelu AIDA. <http://www.2aida.net/aida/index.shtml>

Początkowo opracowany jako program w języku Pascal do instalowania na komputerach osobistych, w roku 1991 został zaktualizowany i wzmocniony obliczeniowo, a następnie od 1996 roku, udostępniony bezpłatnie w sieci internet. Program, który jest ciągle aktualizowany, przeszedł wiele zmian od czasu pierwszej premiery w internecie. W tym czasie ponad 2,5 mln wizyt było zarejestrowanych na stronach AIDA, pobrano ponad 400 tysięcy kopii programu. Dzięki AIDA wykonano do chwili obecnej 645 tys. symulacji układu insulina – glukoza. Program dedykowany jest jako narzędzie edukacyjne i może być użyteczne dla lekarza, pielęgniarki, farmaceuty, ale również osób, które chcą pogłębić wiedzę na temat patofizjologii cukrzycy.

Telefon komórkowy

Wiele przykładów zastosowania telemedycyny na potrzeby diabetologii zostało tu pominięte. Jednak nie można pominąć aplikacji, które wykorzystują telefon komórkowy w procesie monitorowania, diagnostyki i alarmowania o konieczności wezwania pomocy. Telefon komórkowy stał się obecnie urządzeniem powszechnego użytkowania, które zawsze, albo prawie zawsze mamy przy sobie.

Aplikacja E911 opracowana przez naukowców Uniwersytetu Kalifornijskiego w Santa Barbara automatycznie połączy się z numerem 911 amerykańskiego pogotowia medycznego i poinformuje o zagrożeniu życia, następnie udziałem aplikacji GoogleMaps, wskaże miejsce na mapie, gdzie wymagana pomoc powinna zostać

skierowana. Podobne rozwiązania oferuje teraz wielu operatorów telekomunikacyjnych, w ramach swoich dodatkowych usług.

Nieco inną funkcjonalność oferuje DIABTel system z lat 90 opracowany przez zespół politechniki madryckiej, będący uzupełnieniem szpitalnej opieki nad osobami z stwierdzoną cukrzycą typu 1. Początkowo opracowany na telekomunikacyjnej sieci stacjonarnej, po ewaluacji dostosowany do obsługi telefonów komórkowych, do których obecnie dostęp jest łatwiejszy.

Przyszłość telemedycyny w diabetologii

Przy obecnym stwierdzonym wzroście zachorowań na zespół zaburzeń metabolicznych, według prognoz International Diabetes Federation w roku 2035 na cukrzycę będzie cierpieć co dziesiąta osoba na świecie. Duże koncerny z Doliny Krzemowej zauważyły możliwości rynku i już teraz inwestują w aplikacje i rozwiązania, które teraz lub w przyszłości wejdą do powszechnego systemu monitorowania poziomu glukozy we krwi i nie tylko we krwi.

Firma Apple zaproponowała rozwiązanie iBGStar® – urządzenie współpracujące z aplikacją iBGStar® Diabetes Manager na iPhone, iPada i jest dostarczone do sklepu internetowego iTunes przez firmę Sanofi.

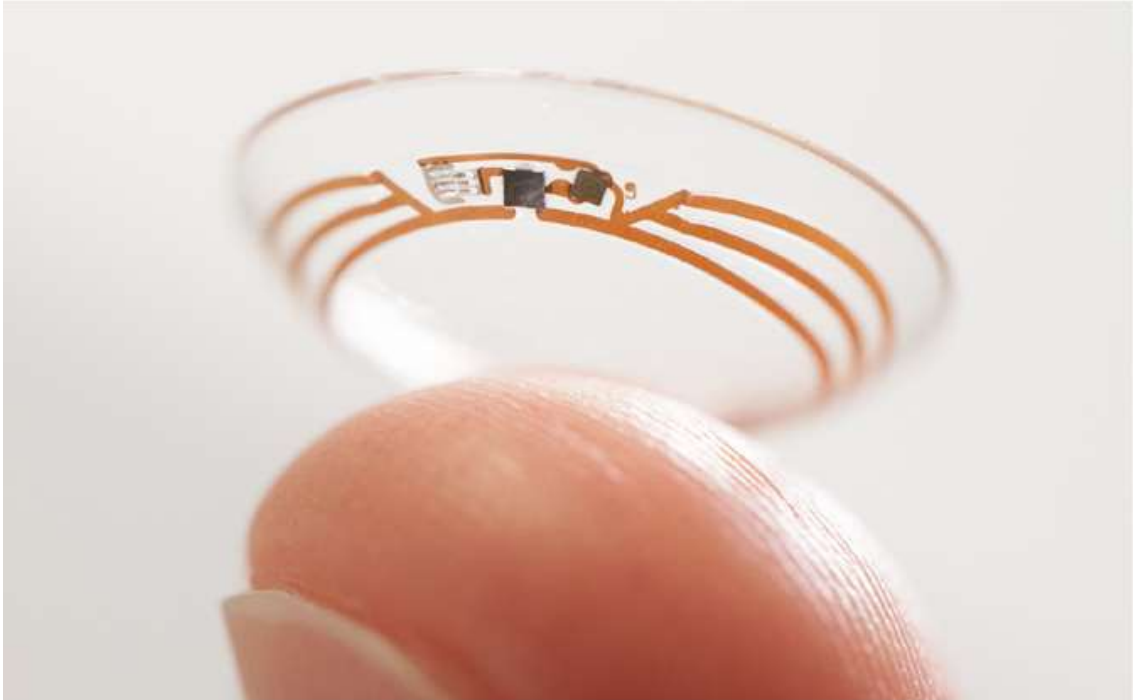


Źródło: iBGStar®, dołączany do iPhonea <http://www.ibgstar.us/>

Konkurencja z Doliny Krzemowej idzie dalej. Do tej pory większość systemów mierzących poziom glukozy było związanych z koniecznością iniekcji ciała i pobrania próbki z krwi. Od dawna było również wiadomo, że informację na temat stężenia glukozy w organizmie można uzyskać bez konieczności nakłuwania. Rozwiązania te

promowały wcześniej mniejsze lub większe firmy, ale teraz temat podjęły korporacje nie związane do tej pory z medycyną, ale rynkiem IT.

Firma Google niedawno ogłosiła, że testuje soczewki kontaktowe, które pozwalają mierzyć poziom glukozy we łzach. Prototyp wymaga jednak jeszcze dopracowania. Pomiędzy dwiema warstwami tworzywa, z którego wykonano soczewki, znajduje się bezprzewodowy układ łączności oraz zminiaturyzowane czujniki. Firma deklaruje, że soczewki mają dokonywać pomiaru co sekundę.



Źródło: Gogle. Soczewki kontaktowe Google zmierzają poziom glukozy

Potentatowi IT jednak bardziej, chodzi o dołączone do soczewki oprogramowanie, dzięki któremu użytkownik byłby na bieżąco informowany o swoich parametrach życiowych, na przykład za pośrednictwem smartfonu.

„Według cytowanych przez BBC źródeł wzrost tego sektora wyniesie w najbliższych pięciu latach od 10 do 50 miliardów dolarów. Na przykład podczas Consumer Electronics Show (CES) w Las Vegas, zademonstrowany został gadżet o nazwie Sensible Baby. Przyczepiony do ubranka niemowlęcia, monitoruje jego temperaturę, ruchy (w postaci wykresu) i ułożenie (na brzuszku czy na plecach). W razie problemów wysyła sygnał do smartfonu. Pojawiły się także zegarki, mogące śledzić tętno czy temperaturę skóry, a firma Sony opatentowała «inteligentną perukę», która rejestrowałaby dane dotyczące temperatury, tętna i ciśnienia tętniczego.” (źródło: PAP).

Pozostaje nam zatem śledzić zmiany. Zapisywanie pomiarów w papierowej wersji dzienniczka samokontroli raczej odchodzi w zapomnienie razem z pokoleniem, które przyzwyczało się do takiej formy. To spostrzeżenie dotyczy również drugiej strony – lekarzy, którzy coraz chętniej sięgają po narzędzia pozwalające na wspomaganie ich decyzji dotyczącej diagnozy lub uzupełnienie ścieżki leczenia.