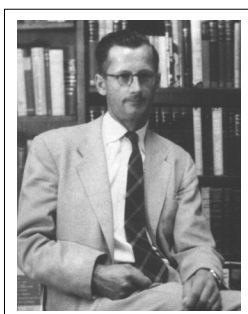


Narodziny skomputeryzowanej elektrokardiografii: Hubert V. Pipberger (1920–1993)

Przedrukowano za zgodą z: *Cardiology Journal* 2007; 14: 420–421



Elektronika medyczna zaczęła się rozwijać pod koniec lat 50. XX wieku, około 15 lat po zakończeniu II wojny światowej. Jednocześnie coraz bardziej oczekiwano, że analiza elektrokardiogramu (EKG) zostanie stopniowo skomputeryzowana. W 1957 roku w Stanach Zjednoczonych w szpitalu Zarządu ds. Weteranów (VA, *Veteran's Administration*) w Waszyngtonie zorganizowano Specjalny Program Badawczy w zakresie Elektronicznego Przetwarzania Danych Medycznych (*Special Research Program for Medical Electronic Data Processing*), którego kierownikiem został niedawny imigrant, dr Hubert V. Pipberger. W 1959 roku w Narodowym Instytucie Zdrowia (NIH, *National Institutes of Health*) utworzono Laboratorium Rozwoju Systemów Medycznych (*Medical Systems Development Laboratory*) i pod kierownictwem dr. Cesara Caceresa podjęto intensywne wysiłki zmierzające do opracowania programu komputerowego do analizy EKG.

Pipberger był przekonany, że zamiast konwencjonalnego 12-odprowadzeniowego EKG metodą z wyboru jest układ trzech odprowadzeń Franka, a zaawansowana analiza statystyczna będzie mieć przewagę nad tradycyjną oceną 12-odprowadzeniowego EKG. Natomiast Caceres i jego zespół skoncentrowali się na tradycyjnej analizie kolejnych 12 odprowadzeń EKG, posługując się konwencjonalnymi kryteriami klinicznymi. Podczas tamtych pionierskich badań w Waszyngtonie panował duch energicznej rywalizacji, a wszystko, czego dokonywano w dziedzinie komputerowej analizy EKG, było fascynującą nowością.

Do końca 1959 roku zespół współpracujący z Pipbergerem zebrał w różnych szpitalach VA prawie 1000 zapisów w trójodprowadzeniowym układzie wektorkardiograficznym XYZ. Brakującym ogniwem był konwerter, który mógłby przekształcać jednocześnie dane z trzech kanałów EKG w cyfrową informację nadającą się do analizy komputerowej.

Takie urządzenie zostało zamówione przez VA w Narodowym Biurze Standardów (*National Bureau of Standards*), które udostępniło także komputer na potrzeby wstępnego badania przeprowadzonego przez zespół Pipbergera.

Grupa Pipbergera przedstawiła pierwszy opis cyfrowego przekształcenia zapisów EKG na konferencji *American Heart Association* w 1959 roku, a następnie w czasopiśmie „*Circulation*” w 1960 roku [1]. W 1961 roku zaprezentowano wyniki wstępnego projektu, którego celem było wykazanie praktycznych możliwości przesiewowej oceny prawidłowych i nieprawidłowych EKG [2]. Ten program klasyfikacji EKG opierał się na koncepcji wektora gradientu komorowego Wilsona, która nie wymagała złożonego wykrywania i pomiarów poszczególnych elementów krzywej EKG. Pełniejszy program do automatycznego wykrywania i pomiarów krzywej EKG został opisany przez Stalmana i Pipbergera w 1961 roku [3]. W tym samym roku obie konkurujące grupy przedstawiły swoje metody analizy EKG na Międzynarodowej Konferencji Elektroniki Medycznej (*International Medical Electronics Conference*), która odbyła się w Nowym Jorku w 1961 roku.

Postęp grupy Caceresa w NIH w dziedzinie wykrywania i pomiarów załamków EKG był powolny i mało efektywny. Początkowo do konwersji sygnału analogowego w cyfrowy wykorzystywano jednokanałowe zapisy EKG na taśmie magnetycznej, przekształcane w zapis na kartach perforowanych w celu wprowadzenia do komputera [4]. W ciągu późniejszych, dziesięcioletnich badań stopniowo osiągnięto postęp, który zaowocował opracowaniem wersji programu ECAN-D. Przetłumaczono go na kilka języków komputerowych i zaadaptowano do różnych komputerów, a Dział Technologii Opieki Zdrowotnej (*Health Care Technology Division*) instytutu opracował system certyfikowania zgodności różnych wersji programu stosowanych przez

nowych użytkowników. Później zaczęły powstawać różne komercyjne wersje programu ECAN.

Pipberger współpracował ze znanym statystykiem, Jerome Cornfieldem, projektując wielogrupowy system klasyfikacji oparty na tak zwanej analizie Bayesa, w której wykorzystuje się prawdopodobieństwo choroby przed testem w celu optymalizacji dokładności klasyfikacji. Kiedy wykazano praktyczne możliwości wykorzystywania tej metody do różnicowania między stanem prawidłowym a przerostem lewej komory [5], zaczęto rozbudowywać bibliotekę udokumentowanych klinicznie zapisów EKG. Następnie wybrano ponad 2300 zapisów jako tak zwany zestaw rozwojowy, obejmujący 7 kategorii diagnostycznych (uwzględniając również przeciążenie przedsionków i bloki odnogi pęczka Hisa z zawałem serca lub bez niego). Pipberger nazwał końcowy produkt „programem do analizy EKG drugiej generacji” [6]. Układy logiczne dokonujące analizy statystycznej wykorzystywały łącznie 66 pomiarów, a prawdopodobieństwa przed testem wybierano głównie na podstawie oszacowanej częstości występowania każdego z 7 stanów klinicznych w populacji pacjentów w danej sytuacji klinicznej.

Wysiłki podejmowane przez tych pionierów zainspirowały kilka innych grup badaczy w Stanach Zjednoczonych i innych krajach do opracowania programów do analizy EKG, opartych na wykorzystaniu 12-odprowadzeniowego EKG lub odprowadzeń wektorkardiograficznych bądź też kombinacji układów trójodprowadzeniowego i 12-odprowadzeniowego.

Ostatecznie ani program ECAN, ani program opracowany przez VA nie zyskały popularności w praktyce klinicznej. Metoda Pipbergera nie przyjęła się, ponieważ kardiolodzy nie zaakceptowali diagnostycznej klasyfikacji EKG opartej na zasadach teorii Bayesa. Również odrowadzenie Z w układzie Franka nie zyskało popularności ze względu na odwróconą polaryzację w stosunku do konwencjonalnych odrowadzeń V1 i V2. Natomiast podejście do analizy 12-odprowadzeniowego EKG zastosowane w programie ECAN było skazane na porażkę, ponieważ analiza każdego odrowadzenia oddzielnie przez obwody logiczne stwarzała problemy nie do rozwiązania. W 1978 roku programy VA i ECAN wykorzystywano do oceny tylko niewielkiej części wszystkich przetwarzanych komputerowo zapisów EKG.

Jakie znaczenie mają więc badania prowadzone przez Pipbergera i jaki jest jego wkład w rozwój skomputeryzowanej analizy EKG? Być może najistotniejsze jest to, że Pipberger był orędownikiem obiektywnej oceny dokładności diagnostycznej klasyfikowania EKG oraz porównywania różnych programów klasyfikacyjnych. Zdał sobie wcześniej sprawę z tego, że oprócz oceny dokładności pomiaru załamek EKG i wykrywania zaburzeń rytmu dokładność klasyfikacji EKG trzeba oceniać głównie za pomocą odpowiednio dużych bibliotek testowych, z przypadkami testowymi wybieranymi na podstawie danych niezależnych od EKG.

Ponadto Pipberger wywarł znaczny — wczesny i długotrwały — wpływ na krajowe i międzynarodowe starania mające na celu standaryzację komputerowej oceny EKG, a także na doskonalenie profesjonalnych standardów w zakresie interpretacji EKG.

Wreszcie, dzięki Pipbergerowi rzeczywiście zaczęto interesować się komputerową oceną EKG za pomocą narzędzi zaawansowanej inżynierii biomedycznej i technologii obliczeniowej, co pozwoliło udoskonalić przetwarzanie sygnału EKG i klasyfikację elektrokardiogramów.

Piśmiennictwo

1. Pipberger H.V., Freis E.D., Taback L., Mason H.L. Preparation of electrocardiographic data for analysis by digital electronic computer. *Circulation* 1960; 21: 413–418.
2. Pipberger H.V., Arms R.J., Stallman P.W. Automatic screening of normal and abnormal electrocardiograms by means of digital electronic computer. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1961; 106: 130–132.
3. Stallman F.W., Pipberger H.V. Automatic recognition of electrocardiographic waves by digital computer. *Circ. Res.* 1961; 9: 1138–1143.
4. Rikli A.E., Tolles W.E., Steinberg C.A. i wsp. Computer analysis of electrocardiographic measurements. *Circulation* 1961; 24: 643–649.
5. Klingeman J., Pipberger H.V. Computer classification of electrocardiograms. *Comp. Biomed. Res.* 1967; 1: 17.
6. Pipberger H.V., McCaugham D., Littman D. i wsp. Clinical application of a second generation electrocardiographic computer program. *Am. J. Cardiol.* 1975; 35: 597–608.

*Penti M. Rautaharju, MD, PhD
Wake Forest University School of Medicine
Winston-Salem, Północna Karolina, USA
e-mail: penttir@bellsouth.net*