

Tadeusz PAŁKO

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

INSTYTUT INŻYNIERII PRECYZYJNEJ I BIOMEDYCZNEJ

Rozwój techniki medycznej (biopomiary) w Instytucie Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej Politechniki Warszawskiej

prof. dr hab. inż. Tadeusz PAŁKO, prof. zw. PW

Dyrektor Instytutu Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. Jest prezesem Polskiego Komitetu Inżynierii Biomedycznej SEP i członkiem dwóch Komitetów PAN: Fizyki Medycznej i Radiobiologii, a także Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej. Jest również członkiem wielu towarzystw naukowych polskich i międzynarodowych. Jego zainteresowania naukowe obejmują techniki odbioru (sensoryka) i przetwarzania sygnałów biologicznych oraz budowę elektronicznej aparatury medycznej, zwłaszcza z zakresu intensywnej opieki medycznej i pomiarów diagnostycznych (gazometria, pomiary parametrów hemodynamicznych i bioimpedancji).



Streszczenie

W artykule przedstawiono rys historyczny i prowadzone w Instytucie prace naukowo-badawcze z zakresu techniki medycznej, a w szczególności z biopomiarów oraz zarys programu dydaktycznego opracowanego przez ten Instytut dla specjalności Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna.

Abstract

Tradition and research results of scientific works in Institute of Precision and Biomedical Engineering were presented. Also the outline of education program for Biocybernetics and Biomedical Engineering was done.

Rys historyczny

Instytut posiada bardzo dobre tradycje w działalności naukowo-badawczej i kształceniu kadr na poziomie akademickim w zakresie techniki medycznej. Działalność Instytutu w tym zakresie była poprzedzona utworzeniem, w inicjatywy prof. C. Pawłowskiego, prof. J. Kellera i doc. S. Nowosielskiego, specjalności Elektrotechnika Medyczna i Radiologia na Wydziale Elektrycznym w 1946 r. W tym czasie była to pierwsza tego typu specjalność na świecie na poziomie szkolnictwa wyższego. Niemal jednocześnie utworzono podobną specjalność w Londynie. W 1951 r. specjalność ta została przeniesiona do nowo utworzonego Wydziału Łączności (od 1965 r. – Wydziału Elektroniki). W końcu roku 1970, w wyniku reorganizacji, większa część Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych z Wydziału Elektroniki została przeniesiona do nowo powstałego Instytutu Budowy Sprzętu Precyzyjnego i Elektronicznego* jako Zespół Elektronicznej Aparatury Medycznej kierowany przez doc. S. Nowosielskiego. Zespół ten pod kierownictwem doc. G. Pawlickiego od 1974 r. został w 1976 r. przekształcony na Zespół Inżynierii Biomedycznej. Od początku istnienia Instytutu w Zespole tym były prowadzone prace z zakresu stereoskopii rentgenowskiej (doc. S. Nowosielski, mgr inż. J. Siwiński) oraz z zakresu aparatury do badań psychotechnicznych (mgr inż. Barbara Szturma-Burzyńska), a także do monitorowania szpitalnego. Już na początku 1971 r. wpłynęło zamówienie z Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej na 30 szt. kardiotalchomonitorów, wcześniej opracowanych i opatentowanych, przez zespół: mgr inż. T. Pałko, prof. J. Keller, prof. J. Kwoczyński. Zamówienie to zostało w latach

1971-1973 zrealizowane z pełnym powodzeniem. Również w tym czasie opracowano wielokanałowy monitor EKG oparty o raster TV (mgr inż. T. Pałko, mgr inż. J. Siwiński) wdrożony do produkcji w Śląskim Ośrodku Techniki Medycznej w Zabrze. W ramach doktoratu T. Pałko opracował oryginalny i pierwszy w Polsce, system komputerowy do oznaczania rzutu minutowego serca w oparciu o metodę termodylucji, za co uzyskał Nagrodę Ministra Zdrowia I stopnia i następnie drugą nagrodę IV Wydziału PAN. W tym czasie w Instytucie opracowano także aparaturę do pomiarów małych aktywności niskoenergetycznych promieniowania (dr G. Pawlicki, mgr inż. J. Zawanowski), mostek do pomiaru impedancji akustycznej ucha (mgr inż. I. Nowosielski, mgr inż. G. Zawistowski), a następnie aparaturę unikalną do telestimulacji mięśni i nerwów (mgr inż. F. Białokoz, dr T. Koźniowski, doc. G. Pawlicki) wykorzystywaną w Centrum Rehabilitacji w Konstancinie. Za wyniki w pracy nad analizatorem arteriosklerozy zespół: doc. G. Pawlicki, dr J. Siwiński, doc. T. Pałko, mgr inż. K. Kałużyński i inni, uzyskali Nagrodę Ministra Szkolnictwa Wyższego i Nauki I stopnia. Dużym osiągnięciem Zespołu Inżynierii Biomedycznej było opracowanie pod koniec lat 70-tych pod kierunkiem doc. G. Pawlickiego systemu aparaturowego do badań psychologicznych kierowców i kandydatów na kierowców.

Zainicjowane przez dr T. Pałko i dr G. Pawlickiego w 1975 r. pierwsze w kraju prace z zakresu reografii impedancyjnej zaowocowały nowymi opracowaniami metod i urządzeń do badania centralnego, obwodowego i mózgowego krążenia krwi (doc. T. Pałko, doc. G. Pawlicki). W wyniku prac konstrukcyjnych związanych z tą tematyką wykonano szereg reografów na indywidualne zamówienia szpitali i innych placówek ochrony zdrowia wyposażając je w tą specjalistyczną aparaturę (około 40 sztuk różnego rodzaju reografów).

W wyniku prac badawczych z zakresu reografii impedancyjnej wykonano 2 prace habilitacyjne (T. Pałko, G. Pawlicki) i jedną doktorską (J. Węglarz), a także wiele publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych oraz wdrożono 3 patenty zastosowane w produkcji urządzeń. Prace te są kontynuowane do chwili obecnej i uzyskano za nie liczne nagrody (m. in. Polskiego Towarzystwa Fizyki Medycznej, Ministra i Rektora).

Wyodrębniony w Instytucie Zespół Elektroniki zajmował się również elektroniką medyczną od początku jego istnienia tj. od 1970 r. przy wdrażaniu pierwszych modeli kardiotalchomonitorów (mgr inż. T. Pałko, prof. J. Majcher, mgr inż. A. Małecka, Z. Pankiw), a kilka lat później przy wdrażaniu metod i aparatury do pomiarów elektroimpedancji tkanek (dr T. Pałko, G. Pawlicki, mgr inż. J. Czerkwiani). Prowadzono tu również prace z zakresu przetwarzania i transmisji sygnału EKG przez radio i telefon, a także z zakresu elektromagnetycznej metody przepływu krwi (dr J. Kędra, doc. G. Pawlicki). Od kilku ostatnich lat zwłaszcza po objęciu kierownictwa Zakładu Elektroniki Przemysłowej przez prof. T. Pałko (1.02.94 r.) po przekształceniu go w Zakład Elektroniki Medycznej i Przemysłowej (13.06.1996 r.) udział tematyki z zakresu elektroniki medycznej stale jest rozwijany.

Działalność naukowo-badawcza

Obecnie działalność naukowo-badawcza Instytutu w zakresie Inżynierii Biomedycznej jest skoncentrowana na następujących grupach tematycznych:

* w 1992 r. Instytut ten zmienił nazwę na Instytut Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej

Metody i Urządzenia do Pomiaru i Rejestracji Sygnałów Biologicznych:

- przetwarzanie sygnałów elektro i magnetograficznych (EKG, ENG, EEG, MEG)
- badania bioimpedancji (reokardiografia, reoangiografia)
- spektrometria impedancyjna
- analiza widmowa sygnałów biologicznych, zwłaszcza ultradźwiękowych dopplerowskich do diagnostyki naczyń krwionośnych
- biomagnetyzm
- monitorowanie ruchów płodu metodą ultradźwiękową dopplerowską
- gazometria krwi i gazów oddechowych

Metody i Aparatura do Obrazowania Struktur Tkankowych:

- techniki rekonstrukcji i analizy obrazów medycznych
- opracowanie generatorów rtg wielkiej częstotliwości
- aparatura ultradźwiękowa
- metody badania układu nerwowego
- analiza widma promieniowania rtg w celu wykrywania osteoporozy

Inżynieria Rehabilitacyjna:

- instrumentalne metody rehabilitacji
- techniki stymulacji funkcjonalnej mięśni i nerwów

Elektroniczne Systemy Sterowania, Modelowania i Analizy Wybranych Procesów i Sygnałów Biologicznych:

- systemy ekspertowe i sieci neuronowe w analizie sygnałów,
- algorytmy działania elektronicznych systemów sterujących urządzeniami technologicznymi i biomedycznymi, w tym obrazów medycznych
- sensory i systemy przetwarzania sygnałów

Obecnie podstawowe zagadnienia naukowe rozwijane w Instytucie z zakresu inżynierii biomedycznej, a zwłaszcza biopomiarów są następujące:

- pomiary elektrycznych i magnetycznych właściwości tkanek, a w szczególności: reokardiografia, reoencefalografia (rys. 4), spektrometria impedancyjna (rys. 3), oksymetria (rys. 2) i kapnometria krwi i gazów oddechowych, a także magnetometria,
- modelowanie i przetwarzanie sygnałów bioelektrycznych,
- ultradźwiękowa metoda dopplerowska w zastosowaniach medycznych do badania stanu naczyń, a także ruchów płodu
- analiza cech sygnałów biologicznych za pomocą komputerowych systemów ekspertowych i sieci neuronowych,
- rejestracja i analiza sygnałów z wykorzystaniem telematyki,
- metody rekonstrukcji i analizy obrazów struktur tkankowych,
- opracowywanie i badania generatorów rentgenowskich wielkiej częstotliwości małej mocy,
- stymulacja funkcjonalna mięśni i nerwów,
- instrumentalne metody rehabilitacji i terapii,
- modelowanie funkcji systemu nerwowego i hemodynamiki układu krążenia.
- spektrometria NMR w biomedycynie

Tematyka powyższa jest prowadzona i rozwijana w Zakładzie Inżynierii Biomedycznej kierowanym przez prof. Grzegorza Pawlickiego i w Zakładzie Elektroniki Medycznej i Przemysłowej, kierowanym przez prof. Tadeusza Pałko.

Z zakresu elektroniki medycznej rozwijane są w szczególności takie tematy jak zastosowanie sieci neuronalnej w diagnostyce choroby niedokrwiennej serca (grant KBN – dr K. Lewenstein), spektrometria impedancyjna tkanek (grant KBN – prof. T. Pałko, mgr inż. R. Plewiński), gazometria krwi i gazów oddechowych (grant KBN – prof. T. Pałko, dr J. Kędra) badanie właściwości elektrycznych i dielektrycznych tkanek (prof. T. Pałko), techniki obrazowania wielomodalnego (grant rządu szwajcarskiego – kier. mgr inż. K. Mikołajczyk) oraz pomiary ultradźwiękowe do oceny stanu tętnic (grant KBN – dr hab. K. Kałużyński), a także i magnetometria do badania rytmu serca płodu (grant KBN – prof.

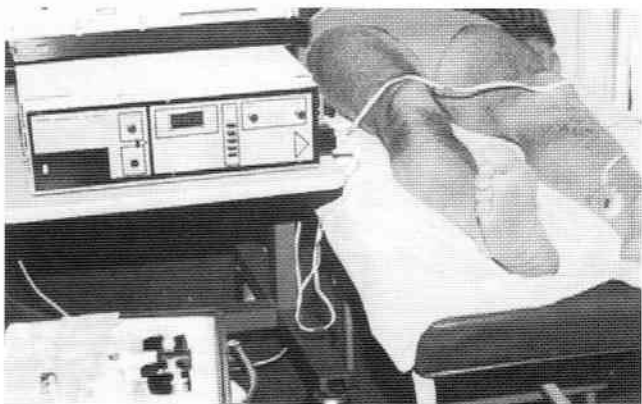
Z. Dunajski) oraz dopplerowska metoda ultradźwiękowa do oceny ruchów płodu (dr hab. K. Kałużyński, prof. T. Pałko, dr F. Afana).

Również w trzecim Zakładzie Technologii Wytwarzania Precyzyjnych i Elektronicznych kierowanym przez prof. Z. Drozda prowadzone są aktualnie dwie prace badawczo-konstrukcyjne z zakresu aparatury medycznej. W ramach tych prac skonstruowano perymetr do pomiaru pola widzenia ludzkiego oka dla celów diagnostyki okulistycznej, głównie do wykrywania skutków jaskry (dr J. Orzechowski i mgr W. Łukasik) oraz stereotaktyczny manipulator do usprawniania operacji (rys. 1) wykonywanych metodą laparoskopową wewnątrz jamy brzusznej (dr B. Kurella, prof. T. Pałko, dr Z. Siwkiewicz).



Rys. 1. Stereotaktyczny manipulator w trakcie wykonywania operacji metodą laparoskopową, wewnątrz jamy brzusznej.

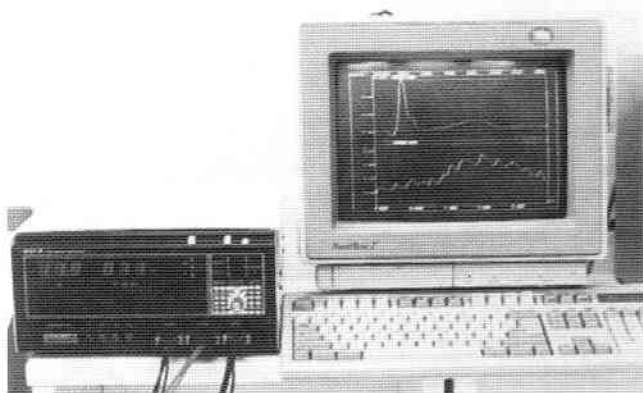
Najważniejsze osiągnięcia praktyczne Instytutu w ostatnim dziesięcioleciu, polegające na opracowaniu, wykonywaniu i wdrożeniu do praktyki medycznej oryginalnych i nowoczesnych urządzeń do pomiarów medycznych są następujące:



Rys. 2. Oksymetr do nieinwazyjnego pomiaru prężności tlenu w krwi tętniczej w czasie badania niedokrwionej kończyny pacjenta

- 1) oryginalna konstrukcja czujnika (patent) i układu elektronicznego do nieinwazyjnego pomiaru prężności tlenu w krwi tętniczej – oksymetr pO_2 (1991-1994 r.) – seria 5 szt. urządzeń na indywidualne zamówienie placówek ochrony zdrowia,

- 2) oryginalna konstrukcja pulsoksymetru do nieinwazyjnego pomiaru saturacji tlenowej krwi tętnicznej metodą fotoelektryczną, przeznaczona do użytku w salach operacyjnych i do intensywnej opieki medycznej (1994-1997),
- 3) konstrukcja pierwszego polskiego specjalizowanego spektrometru impedancyjnego do pomiaru impedancji zespolonej (moduł i kat przesunięcia fazowego) dla wybranych obszarów tkankowych lub segmentów ciała w zakresie częstotliwości 1,25-200 kHz, przeznaczonego do badań podstawowych (biologia komórkowa, biotechnologie) i do prac klinicznych (1995-1997) oraz opracowanie oryginalnej metody badania widmowych charakterystyk impedancyjnych izolowanych serc szczura odżywianych płynem Krebsa z regulowanym poziomem jego utlenowania (1996-1998),



Rys. 3. Pierwszy polski spektrometr impedancyjny do badań właściwości elektrycznych tkanek

- 4) konstrukcja ultradźwiękowego systemu pomiarowego do oceny aktywności ruchowej płodu z nowatorską metodą analizy sygnału (1997-2000).



Rys. 4. Reoencefalograf REG2 opracowany w Instytucie Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej Politechniki Warszawskiej.

Powyższe urządzenia i metody badań klinicznych były opracowane w ścisłej współpracy z placówkami medycznymi, a w szczególności z Centrum Medycznym Kształcenia Podyplomowego i z Akademią Medyczną w Warszawie oraz z Instytutem Kardiologii w Aninie.

Dydaktyka

W Instytucie szkolenie studentów przebiega w dwóch specjalnościach:

- Inżynieria Sprzętu Precyzyjnego i Elektronicznego
- Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna

Dla specjalności Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna po opanowaniu przedmiotów podstawowych Wydziału Mechatroniki (około 200 godz.) opartych na podstawach matematyki, mechaniki, fizyki, elektroniki, informatyki, automatyki i metrologii charakterystycznymi przedmiotami specjalnościowymi są takie przedmioty jak: radiologia, biomechanika, fizykomedyczne podstawy inżynierii biomedycznej, informatyka medyczna, urządzenia elektromedyczne, urządzenia intensywnego nadzoru szpitalnego oraz elektronika medyczna (łącznie wykłady i laboratoria specjalnościowe około 1000 godz.).

Poza wymienionymi przedmiotami specjalnościowymi Instytut prowadzi także zajęcia dla całego Wydziału z technologii elementów i urządzeń precyzyjnych oraz Podstaw elektroniki i Sieci neuronalnych. Prowadzone są także kursy specjalistyczne i szkolenia podyplomowe oraz zajęcia na Studium Doktoranckim Wydziału Mechatronika. Programy kształcenia są dostosowywane do aktualnych wymagań i trendów światowych, a w szczególności do standardów Unii Europejskiej.

W Instytucie w ciągu 30 lat jego działalności wypromowano około 700 absolwentów na poziomie magisterskim, 20 doktorów z zakresu inżynierii biomedycznej. Absolwenci tej dyscypliny, a zwłaszcza doktorzy są poszukiwanymi specjalistami zatrudnianymi w instytutach naukowych w placówkach ochrony zdrowia, a także w przemyśle medycznym.

Struktura i kadra

W skład Instytutu wchodzi trzy zakłady naukowo-badawcze: 1) Elektroniki Medycznej i Przemysłowej 2) Inżynierii Biomedycznej oraz 3) Technologii Wyrobów Precyzyjnych i Elektronicznych. W skład kadry wiodącej wchodzi 3 profesorów tytularnych, 4 doktorów habilitowanych, w tym jeden na stanowisku profesora nadzwyczajnego Politechniki Warszawskiej oraz 18 doktorów na stanowiskach adiunktów lub starszych wykładowców i 20 doktorantów. Kadre pomocniczą stanowią dodatkowe 22 osoby. W pozostałych trzech Instytutach Wydziału Mechatroniki również są zatrudnieni profesorowie i inni pracownicy naukowo-dydaktyczni zajmujący się zagadnieniami techniki medycznej. Łączny potencjał kadrowy omawianego Instytutu wspomagany przez inne instytuty Wydziałowe Mechatroniki umożliwił, jako pierwszemu i na razie jedyemu w 1996 r. prawa doktoryzowania w dyscyplinie Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna.

LITERATURA

- [1] Z. DROZD, T. PAŁKO: Instytut Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej. Mechatronika wczoraj i dziś. *35 lecie Wydziału, Oficyna Wydawnicza PW Warszawa 1997, 52-61.*
- [2] T. PAŁKO: Systemy i programy kształcenia w zakresie inżynierii biomedycznej. *I Krakowskie Warsztaty Inżynierii Medycznej. Referaty. Kraków 18-19.05.2000, 105-110.*
- [3] W.G. PAWLICKI, T. PAŁKO: Rola techniki w medycynie i kształcenie kadr. *Mat. Konf. „Potrzeby służby zdrowia w zakresie techniki medycznej”. Warszawa, 26-27.03.1990, 41, 1-10.*