



# Ultrasonografia w Polsce

...„mimo kłopotów służby zdrowia ma się całkiem dobrze”...

Andrzej Nowicki

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, ul. Pawińskiego 5 B, Warszawa 02-106, tel. +48 22 826 98 41, e-mail: anowicki@ippt.pan.pl

Ultrasonografia jest obecnie najczęściej stosowaną i najłatwiej dostępną diagnostyczną techniką obrazowania narządów człowieka. Jest szczególnie istotna w procesie badań przeglądowych mających na celu szybkie wykrywanie zagrożeń we wstępnym okresie rozwoju choroby, a nie tylko w procesie diagnostyki postępów choroby i jej leczenia. Po niespełna czterdziestu latach od pierwszych nieśmiałych zastosowań ultrasonografii wartość sprzedaży aparatury ultrasonograficznej w Europie wyniosła ponad 35% całkowitej wartości sprzedanej aparatury obrazowej. Badania globalnego rynku, prowadzone przez tak renomowane firmy jak *BCC Market Research and Forecasting*, *In Medica-IMS Medical* czy *Global Industry Analysts Inc.*, przewidują dalszą ekspansję rynku sprzętu ultradźwiękowego z dzisiejszych 6-7 miliardów dolarów do nawet 27 miliardów dolarów w 2016 roku. To potężne i wymagające światowe przedsięwzięcie. Jego sukces lub porażka bezpośrednio dotyka każdego z nas – pacjentów oczekujących obiektywnej oceny stanu narządów wewnętrznych.



USG jest nie tylko metodą komplementarną do tradycyjnych technik obrazowania, takich jak rentgenografia, tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny czy radioizotopy. Wśród cech charakterystycznych dla tej technologii należy podkreślić niejonizujący charakter promieniowania ultradźwiękowego i na poziomie współczesnej wiedzy brak jakichkolwiek ubocznych efektów badań. Ultrasonogramy narządów otrzymywane są w czasie rzeczywistym z prędkością kilkudziesięciu obrazów na sekundę, przy czym jednocześnie z obrazem tkanek można rejestrować kolorową „mapę” naczyń krwionośnych i mierzyć w nich prędkość przepływu krwi (Fot. 1).

Zdolność rozróżniania i wykrywania niewielkich zmian w narządach wynosi około milimetra, co



Fot. 1 Prof. A. Nowicki – badanie przepływu krwi w tętnicy szyjnej



stawia USG obok najnowszych osiągnięć tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Nie bez znaczenia są wymiary współczesnych ultrasonografów. Wiele z nich to przenośne urządzenia umożliwiające badania przy łóżku pacjenta. Naturalnie są też ograniczenia. Fale ultradźwiękowe ulegają praktycznie całkowitemu odbiciu na granicy obszarów wypełnionych gazem (płuca, jelita) oraz kości.

W ostatnim dziesięcioleciu nastąpił jakościowy przełom w ultrasonografii i echokardiografii. Pojawiły się nowe technologie szerokopasmowych ultradźwiękowych przetworników obrazujących. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów prawie całkowicie zastąpiło techniki analogowe. Coraz częściej w algorytmie diagnostycznym stosuje się środki kontrastujące pozwalające wyróżnić z obrazowanych narządów obszary z upośledzonym krążeniem. Kontrast bez wątpliwości umożliwia dokładniejszą ocenę ukrwienia mięśnia sercowego. Innym przyszłościowym zastosowaniem badań kontrastowych jest synergistyczne współdziałanie terapeutycznych i diagnostycznych środków kontrastujących wykazujących właściwości „wzmacniające” echogeniczność tkanek i w tym samym czasie będących nośnikiem leków swoistych dla pewnych zmian patologicznych. Ultrasonografia harmoniczna, wykorzystująca nieliniowe właściwości propagacji fali ultradźwiękowej w tkankach, to kolejny przełom technologiczny, który w krótkim, bo zaledwie kilkuletnim okresie, pozwolił obrazować pewne narządy z niespotykaną dotychczas dokładnością. Bez wątpliwości, właśnie obrazowanie harmoniczne i jego pewne mutacje, włączając w to ultrasonografię kodowaną, stanowiąc będzie obszar intensywnych badań naukowych i nowych wdrożeń aparaturowych.

W Polsce, mimo kłopotów służby zdrowia, ultrasonografia ma się całkiem dobrze. Nie do przecenienia jest tu rola, jaką odegrał w rozwoju ultradźwiękowych metod w medycynie Zakład Ultradźwięków IPPT. Badania w tej dziedzinie zostały zainicjowane w początku lat sześćdziesiątych przez prof. Leszka Filipczyńskiego (już nieżyjącego) i w kilka lat później pojawił się pierwszy polski ultrasonograf (Fot. 2). Dało to początek rozwojowi



Fot. 2 Prof. L. Filipczyński przy pierwszym polskim USG (1968 r.)

ultrasonografii w Polsce. Prace nad rozwojem metod ultradźwiękowych w medycynie prowadzono przy współpracy z wieloma klinikami Akademii Medycznych: położnictwa i ginekologii, neurologii i neurochirurgii, oftalmologii, kardiologii i chorób naczyń, laryngologii, urologii, a także z Instytutami Onkologii i Gruźlicy.

Na uwagę zasługuje fakt, że w tym czasie badania takie prowadzone były tylko w kilku laboratoriach USA, Wielkiej Brytanii, Holandii i Niemiec, szczególnie w zakresie obrazowania w położnictwie, kardiologii, okulistyce i bezpieczeństwa badań. W końcu lat siedemdziesiątych zainicjowano badania nad technikami dopplerowskimi w diagnostyce układu krążenia.

W 1976 roku staraniem lekarzy współpracujących z Zespołem z IPPT powstała przy Polskim Towarzystwie Lekarskim Sekcja „Ultradźwięki w Medycynie i Biologii”, która działała do 1980 roku. Działalność ta stworzyła podwaliny powstania Polskiego Towarzystwa Ultrasonograficznego, liczącego obecnie ponad 1500 członków.

Badacze objawiają zwykle skłonność do jednostronnego upodobania (kierując się chyba fałszywie interpretacją łacińskiej maksy *Spiritus Flat Ubi Vult*) bądź to w kierunku badań czysto teoretycznych, nie zważając na zastosowania lub nawet je lekceważąc, bądź też w kierunku dociekań ze względu na określone zastosowania. Zakład Ultradźwięków zawsze cechowała równowaga pomiędzy badaniami teoretycznymi i ich aspektem aplikacyjnym. Po latach traktowania interakcji pomiędzy wiązkami ultradźwiękowymi i tkanką biologiczną jedynie w zakresie bardzo małych ciśnień akustycznych i w kategoriach podobnych do geometrycznej optyki promieniowej rozwijamy intensywnie badania nad zjawiskami nieliniowymi towarzyszącymi propagacji fal w tkankach. Oznacza to, że równania falowe, rozwiązywane zazwyczaj numerycznie, uwzględniają nieliniaryzowane równania sił, a więc z udziałem obu pochodnych prędkości ruchu cieczy, lokalnej i konwekcyjnej. Badane są lokalne zmiany prędkości fal w zależności od chwilowej, lokalnej gęstości tkanek, zmiennej w funkcji ciśnienia akustycznego.

Ważne pole badań dotyczy ziarnistego „tła” obrazów ultradźwiękowych – konsekwencji dyfrakcyjnych właściwości rozpraszających fale na lokalnych zmianach impedancji akustycznej tkanek. W ziarnie obrazowym bowiem ukryta jest informacja o lokalnej strukturze tkanki, różnej dla tkanek zdrowych i zmienionych patologicznie. Sygnał ziarna jest blisko 2 razy większy od szumu akustycznego, co pozwala na badanie jego właściwości statystycznych. W tkankach „zdrowych” rozkład ziarna jest bliski rozkładowi Rayleigha, podczas gdy w tkankach zmienionych patologicznie znacznie od niego odbiega.

Kolejnym kierunkiem rozwoju diagnostyki ultradźwiękowej jest elastografia – obejmująca obrazowanie różnic w lepkosprężystych właściwościach tkanek. Przewidywane zastosowania to sonomografia, ze szczególnym naciskiem na różnicowanie cyst i zmian „twardych” oraz wczesna diagnostyka złośliwych i łagodnych przerostów prostaty. Nasze widzenie propagacji fal w tkankach, a więc w ośrodkach o właściwościach akustycznych bliskich wodzie, ulega jakościowej i ilościowej zmianie. Dotychczasowe obrazowanie



wykorzystywało jedynie sprężyste fale podłużne, przyjmując, że moduł ścinania  $\mu$  w tkankach jest równy zeru, a więc pomijając całkowicie fale ścinania. W rezultacie moduł Younga  $E$  był pomijany. Moduły sprężystości dla fal podłużnych są znacznie mniejsze, do 6 rzędów wielkości, od modułów ścinania w tych samych tkankach. Pomimo tego możliwe jest generowanie niewielkich fal poprzecznych, wprowadzając do tkanek ultradźwięki o większych natężeniach wywołujących znaczne siły promieniowania. Nowe techniki transmisji i odbioru fal ultradźwiękowych, wykorzystujące apertury syntetyczne pozwalają obecnie obrazować narządy z bardzo dużą szybkością, kilkunastu tysięcy obrazów na sekundę. Dzięki temu możliwe jest śledzenie prędkości przemieszczania się niewielkich energetycznie fal ścinania i wyznaczanie modułu Younga w tkankach miękkich.

Wśród tematyki na styku ultrasonografii, instrumentacji klinicznej i informatyki w Zakładzie Ultradźwięków rozwijamy szczególnie następujące tematy:

- **Ultradźwiękowa diagnostyka kości** – w ramach badań wyznaczane są takie parametry kości, jak współczynnik opisujący zależność tłumienia od częstotliwości i prędkość dźwięku. Jednocześnie prowadzone są intensywnie badania nad wykorzystaniem informacji zawartej w fali rozproszonej w kości gąbczastej i zjawisku dyspersji prędkości fali w kości. Wielkości te zależą od mikroarchitektury kości gąbczastej i są związane z procesem osteoporozy,
- **Ultrasonografia o zwiększonym zakresie penetracji wykorzystująca transmisję kodowaną ze specyficzną sygnaturą oraz apertury syntetyczne,**
- **Akustyka nieliniowa i obrazowanie harmoniczne** – oparta na wykorzystaniu wyższych harmonicznych powstających samoistnie na skutek nieliniowej propagacji impulsów ultradźwiękowych o wystarczająco dużych amplitudach – pozwalające polepszyć jakość uzyskiwanych ultrasonogramów, zwiększyć ich kontrast oraz zmniejszyć artefakty,
- **Przezskórny pomiar hematokrytu** przy wykorzystaniu dopplerowskiej techniki impulsowej i badaniu tłumienia fal w przekroju poprzecznym naczyń krwionośnych,
- **Ultrasonografia wielkiej częstotliwości do badań zmian w skórze** – z rozdzielczością około kilkudziesięciu mikrometrów dzięki zastosowaniu wiązek skanujących o częstotliwościach powyżej 30 MHz i nowych przetworników piezoelektrycznych typu *thick films* o szerokim paśmie przenoszenia.

Kilka lat temu rozszerzyliśmy pole badań o aktywne ultradźwięki. Zjawisko sonoporacji polega na chwilowej „modulacji” porowatości błony komórkowej zwiększającej wychwytywanie przez komórkę cząstek o małej i dużej masie cząsteczkowej. Dużo uwagi poświęca się obecnie również ekspresji genów i zjawisku transfekcji, a więc wprowadzaniu obcego DNA lub RNA do komórki. Efekty kawitacyjne mogą wspomagać przyswajanie leków dzięki bezpośredniemu generowaniu w tkankach mikropęcherzyków lub lokalnemu niszczeniu mikropęcherzyków wypełnionych lekiem.

Efekty termiczne są wykorzystywane w różny sposób. Niewielkie podwyższenie temperatury powyżej 37°C wpływa na

lokalną perfuzję krwi. Lokalna hipertermia w granicach nieprzekraczających 48°C spowalnia podział komórek. Szybkie, kilkusekundowe podniesienie temperatury powyżej 50-56°C prowadzi do śmierci komórki. Ultradźwięki generujące tak znaczny wzrost temperatury nazywane są ogniskowanymi ultradźwiękami o dużych natężeniach HIFU (*High Intensity Focused Ultrasound*).

Ultrasonografia i badania dotyczące jej rozwoju wynikają z zapotrzebowania na coraz lepszą, szybszą i powszechnie dostępną metodę diagnostyki wielu chorób. Jednak nawet najlepszy sprzęt i algorytmy badawcze nie są w stanie zastąpić edukacji lekarzy wykorzystujących najnowsze osiągnięcia technologii medycznych. Ultrasonografia dotyczy wszystkich specjalności medycznych. W Polsce, według szacunków przeprowadzonych przez Polskie Towarzystwo Ultrasonograficzne, około 8-10% lekarzy (ponad 10 tysięcy) wszystkich specjalności wykonuje badania ultrasonograficzne. Rocznie przeprowadza się ich kilkanaście milionów. Od pewnego czasu obserwuje się rozwój ultrasonografii weterynaryjnej. Ponad 500 lekarzy tej weterynarii codziennie przeprowadza badania małych i dużych zwierząt oraz prowadzi systematyczną kontrolę ultrasonograficzną w hodowlach zarodowych. Polskie Towarzystwo Ultrasonograficzne prowadzi ustawiczną edukację ultrasonograficzną na terenie Polski. Ponad 1500 lekarzy posiada aktualne certyfikaty potwierdzające umiejętność wykonywania badań USG, 250 pracowni otrzymało certyfikat PTU, a w szkoleniach prowadzonych przez PTU wzięło udział ponad 20 000 lekarzy.<sup>8</sup>

reklama

## TESTY SPECJALISTYCZNE APARATURY RENTGENOWSKIEJ



**LABORATORIUM DOZYMETRII  
INDYWIDUALNEJ I ŚRODOWISKOWEJ**

ul. Radzikowskiego 152      tel.: 12 662 80 81  
31-342 Kraków              fax: 12 662 81 58  
e-mail: [rtg@ifj.edu.pl](mailto:rtg@ifj.edu.pl)              <http://rtg.ifj.edu.pl>

