



Sekcja
Sygnałów,
Układów
i Systemów
Elektronicznych



Paweł Strumiłło

Analiza sygnału EKG i modelowanie pracy serca



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

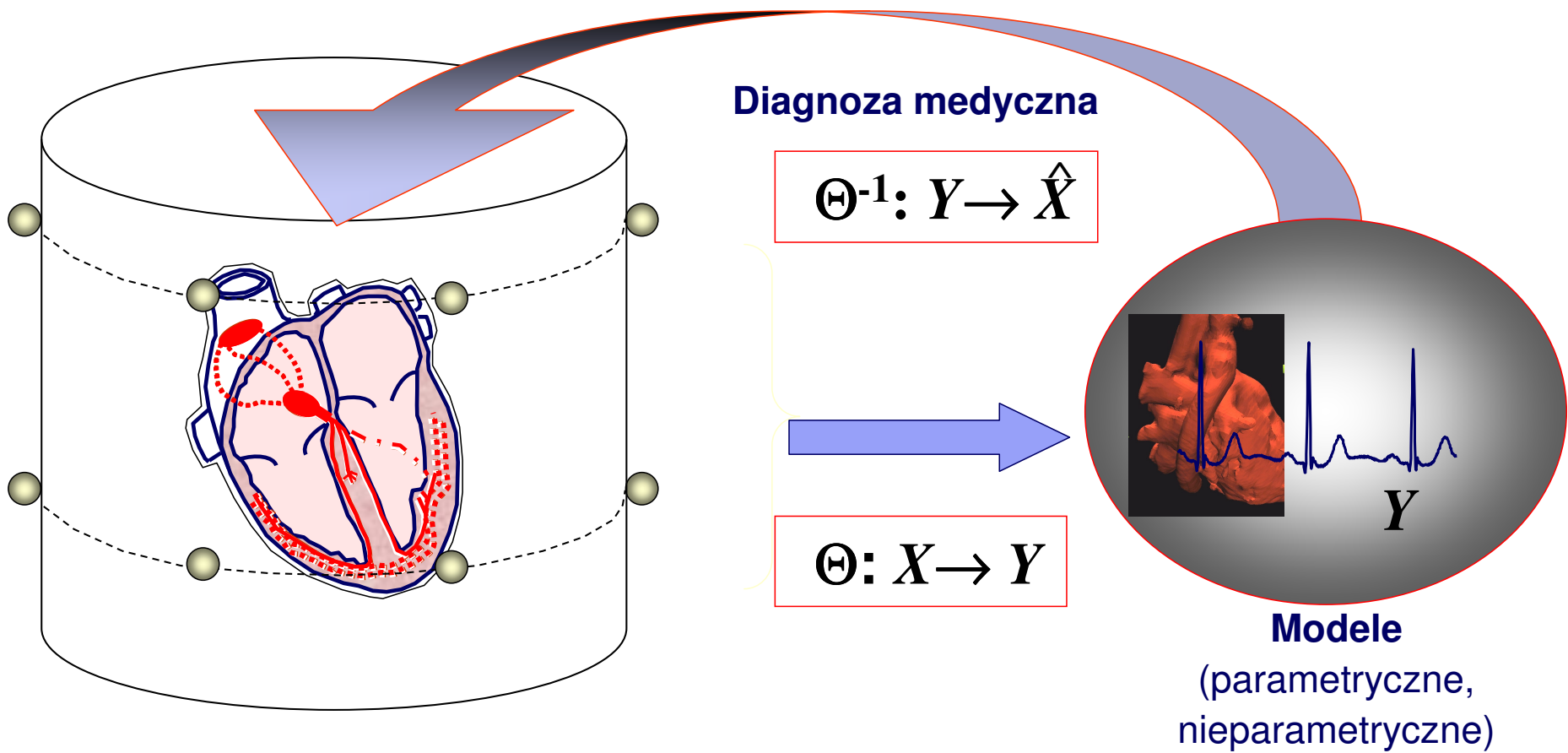
90-924 Łódź, ul. Wólczarska 211/215, bud. B9
tel. 042 636 0065
www.eletel.p.lodz.pl, ie@p.lodz.pl



Diagnoza medyczna - zagadnienie odwrotne

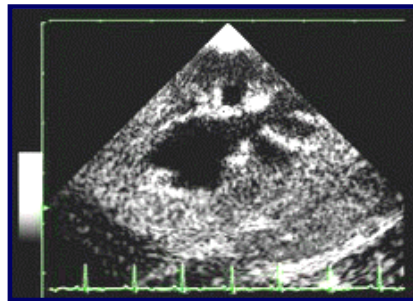
Obiekt badań

Przestrzeń danych i sygnałów

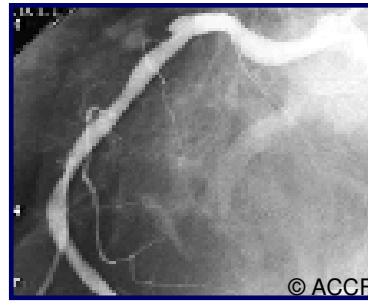




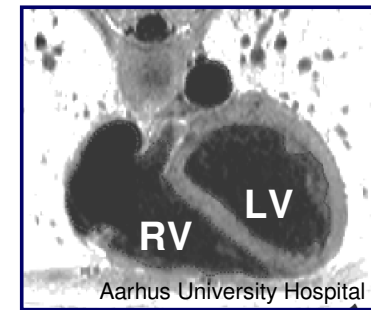
Obrazy i sygnały w diagnostyce serca



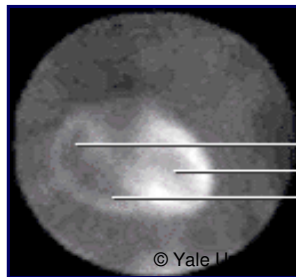
Echokardiografia



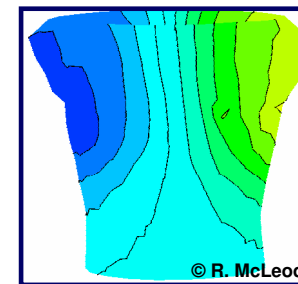
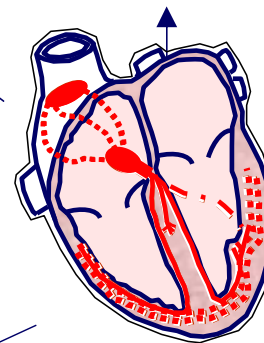
Koronarografia



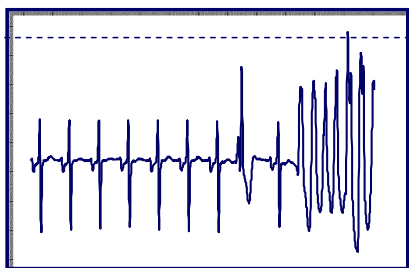
MRI



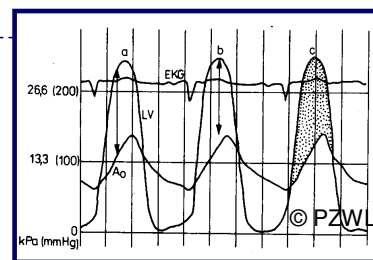
Badania radioizotopowe



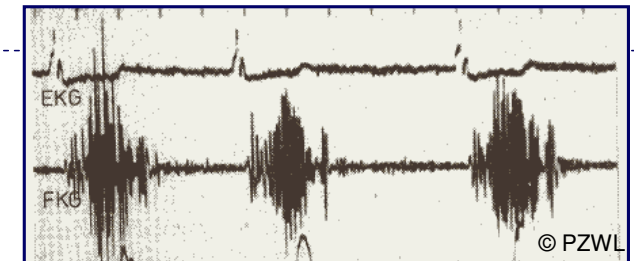
BSM



EKG



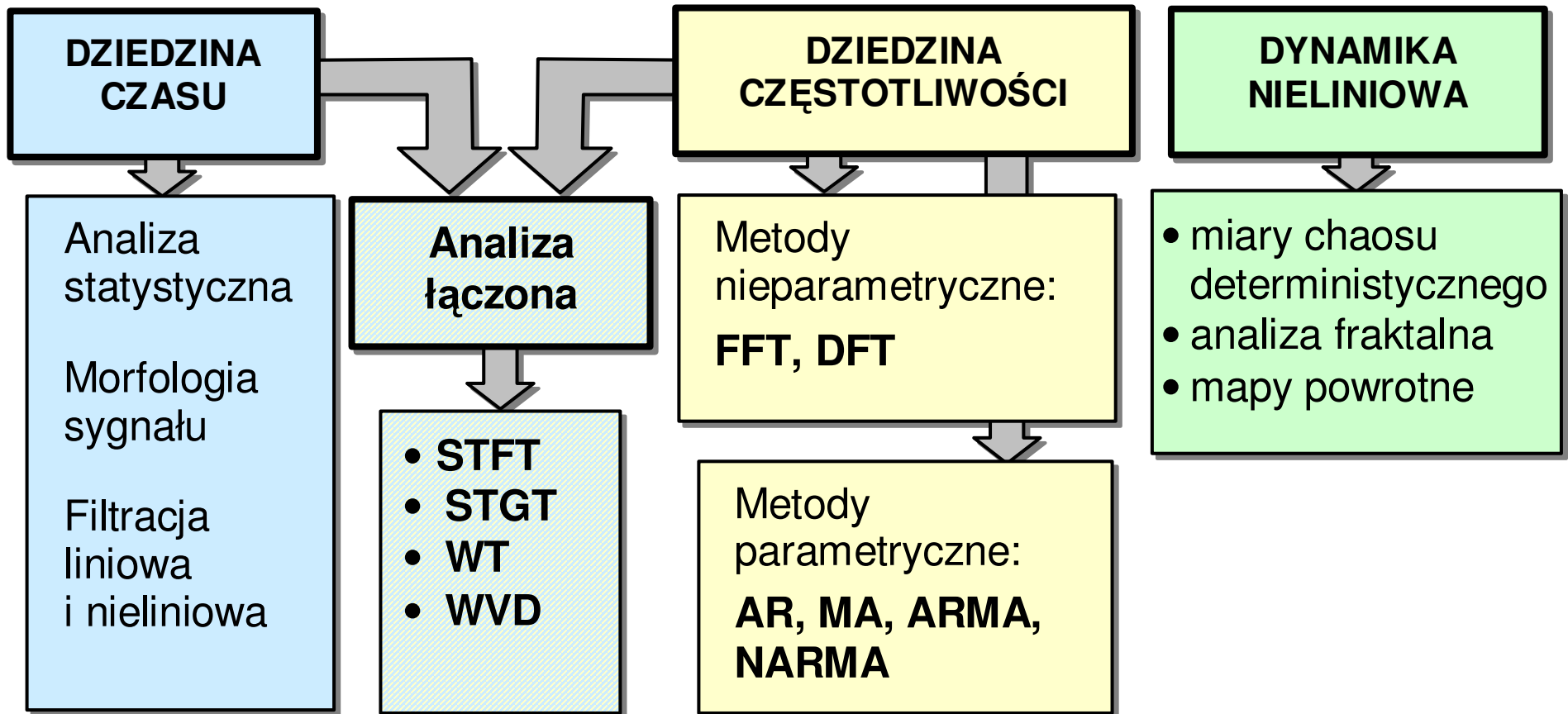
Badania hemodynamiczne



Fonokardiografia

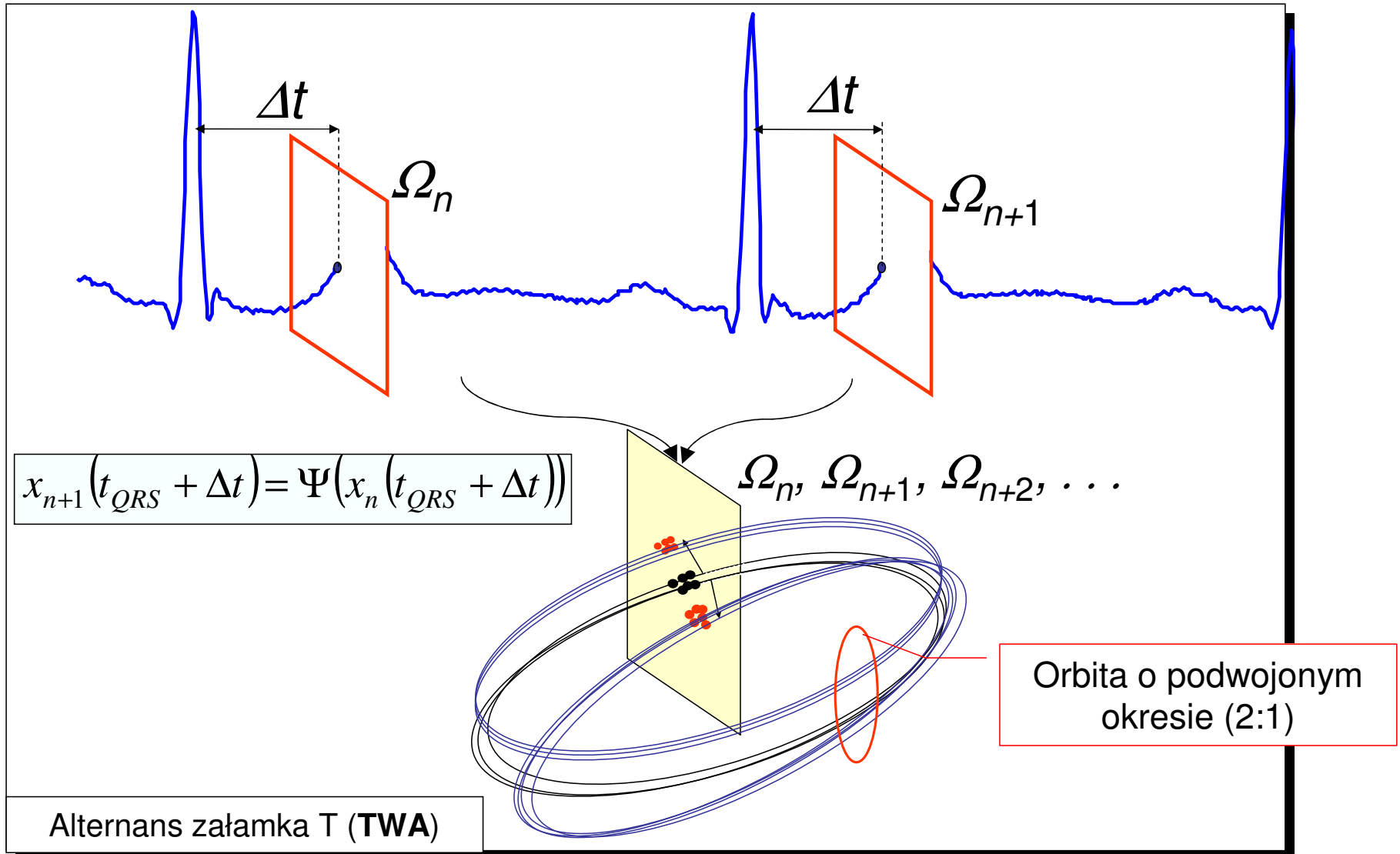


Metody analizy i modelowania sygnałów



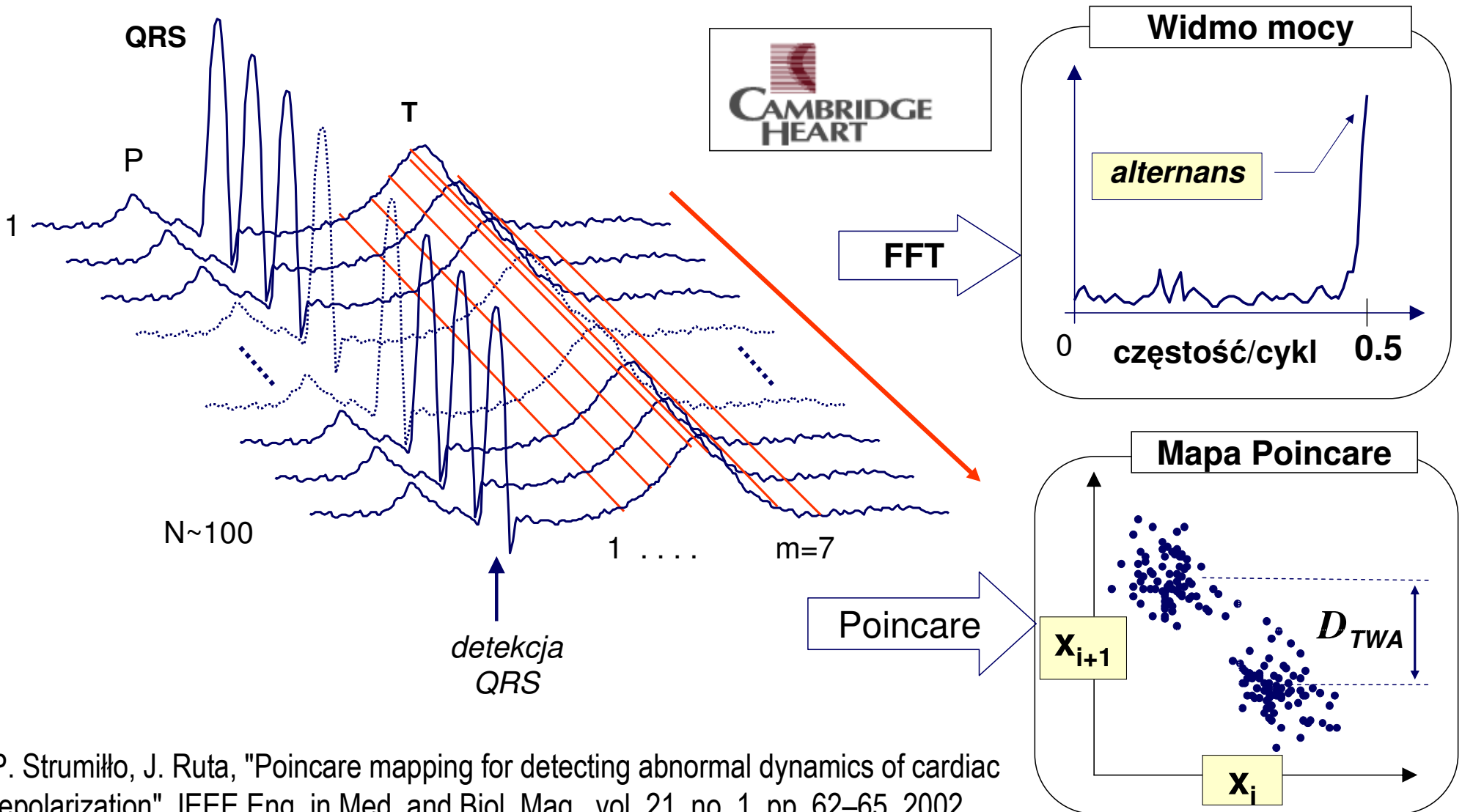


Odwzorowanie Poincaré sygnału EKG





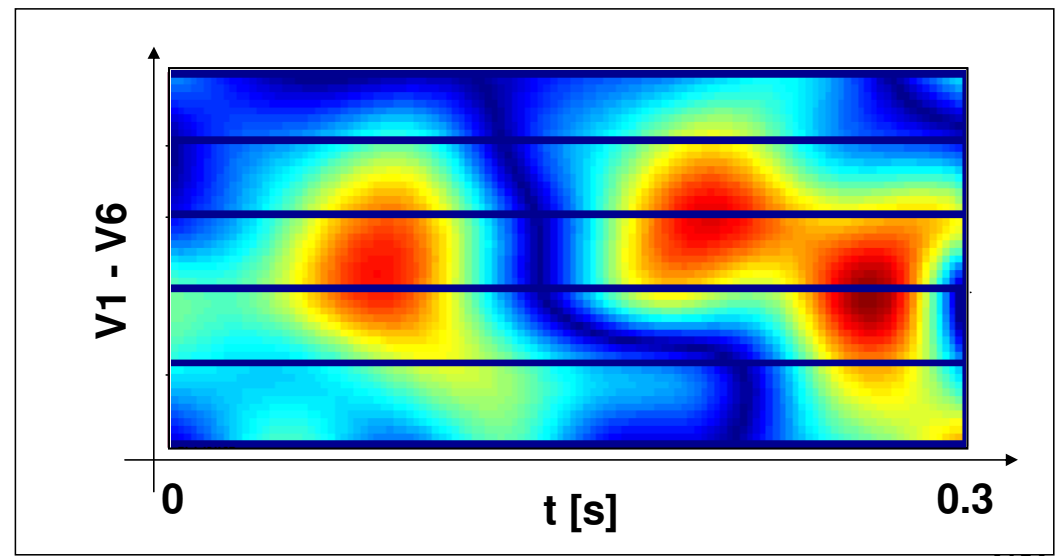
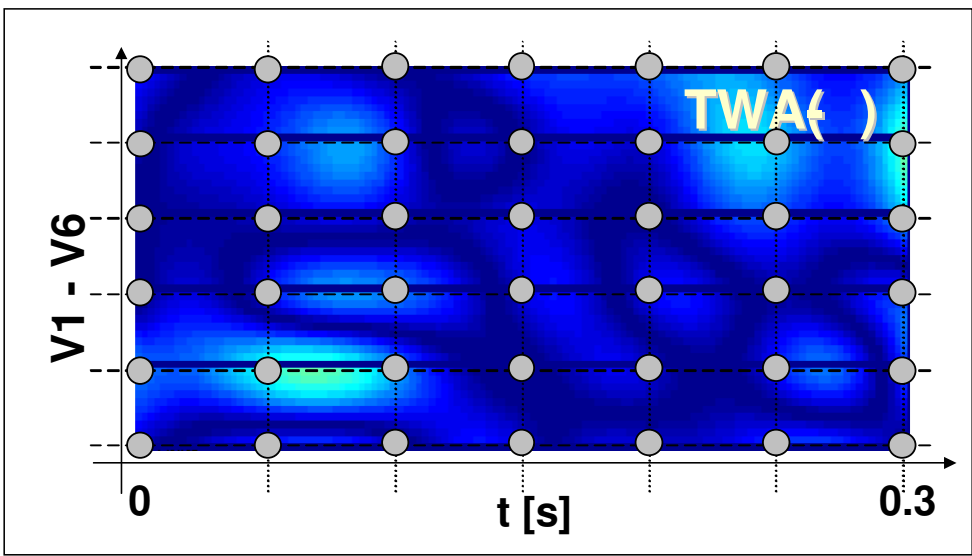
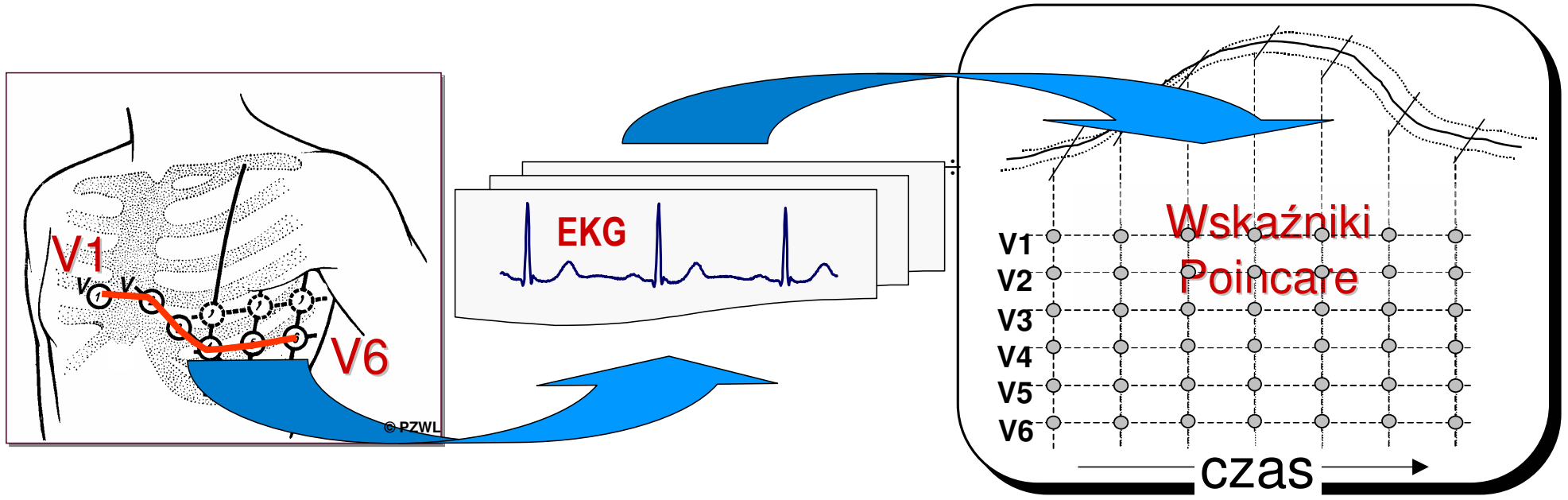
Analiza widmowa i przecięcia Poincaré



P. Strumiłło, J. Ruta, "Poincaré mapping for detecting abnormal dynamics of cardiac repolarization", IEEE Eng. in Med. and Biol. Mag., vol. 21, no. 1, pp. 62–65, 2002.

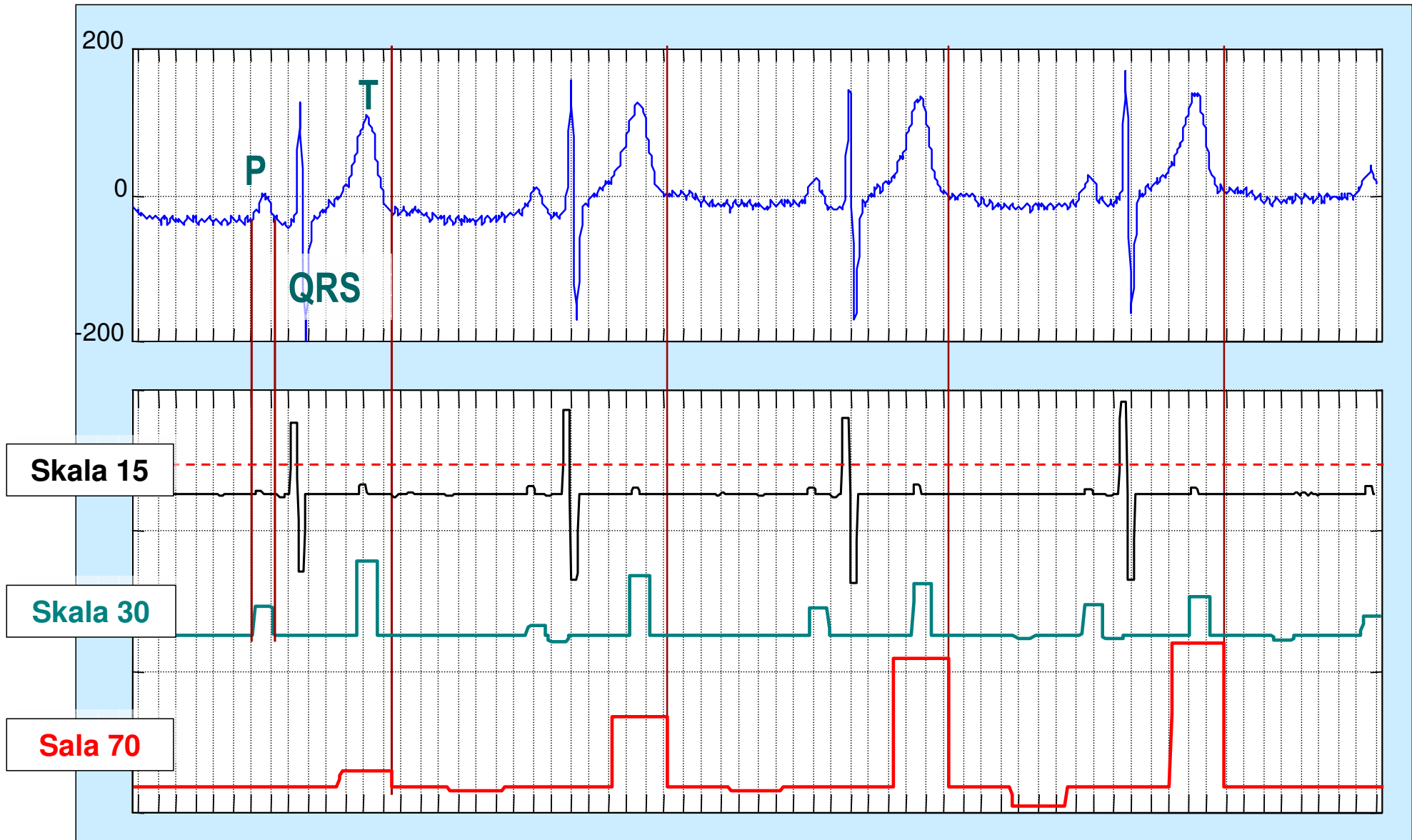


Czasowo-przestrzenna rekonstrukcja zmienności załamka T



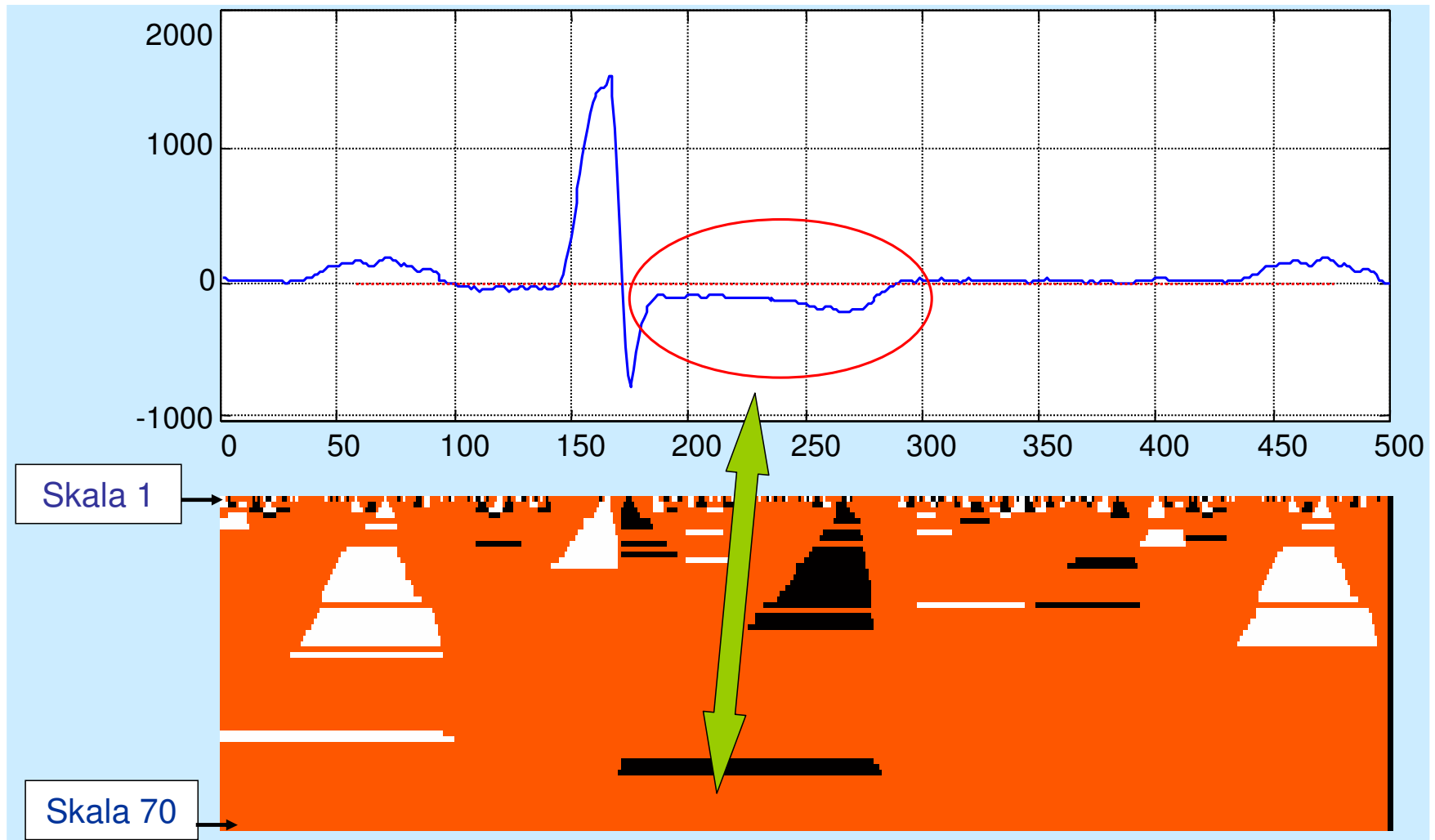


Kaskada filtrów medianowych





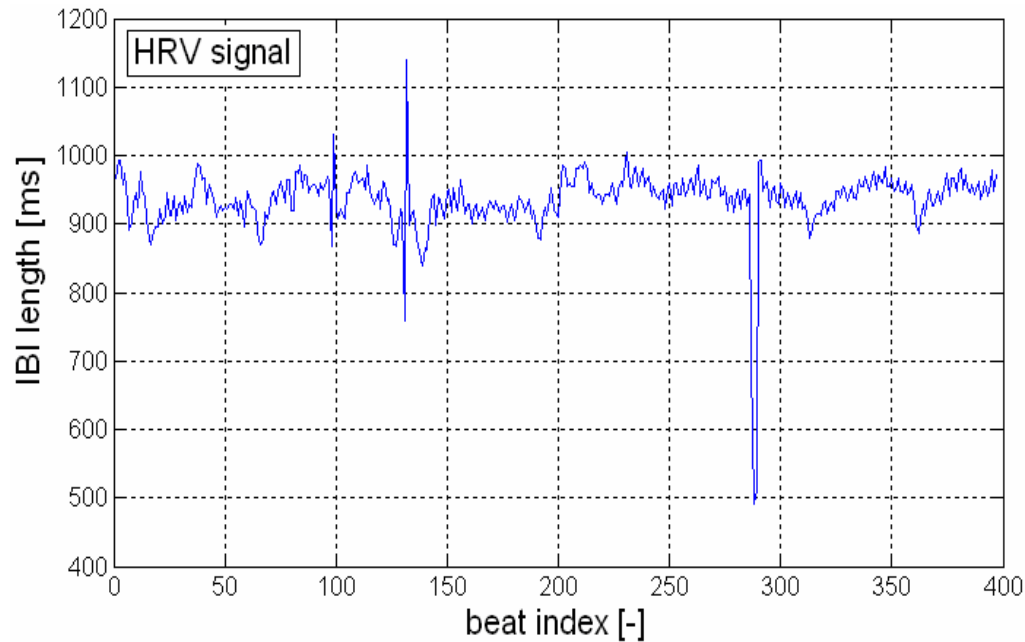
Detekcja obniżenia odcinka ST-T



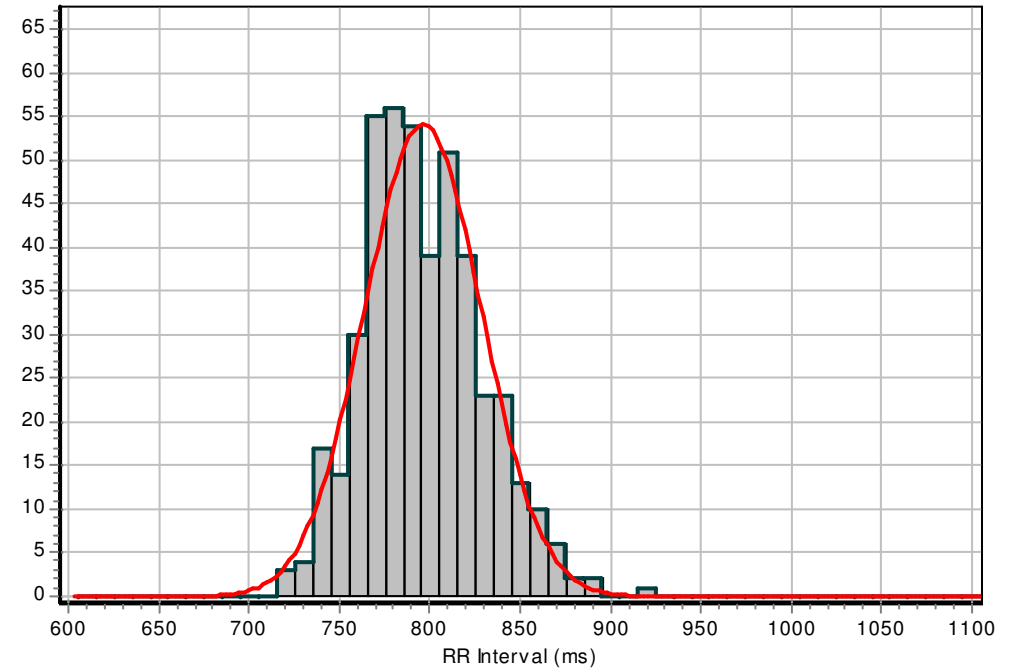
P. Strumiłło, "Nested median filtering for detecting T-wave offset in ECGs", Electronics Letters, 4th July 2002, vol. 38, no. 14, pp. 682–683.



Szereg czasowy zmienności rytmu serca (HRV)



Histogram of SINGLE.RRI from 0 to 351 s



Sygnal niestacjonarny, okres próbkowania ~1s



Szereg czasowy zmienności rytmu serca (HRV)

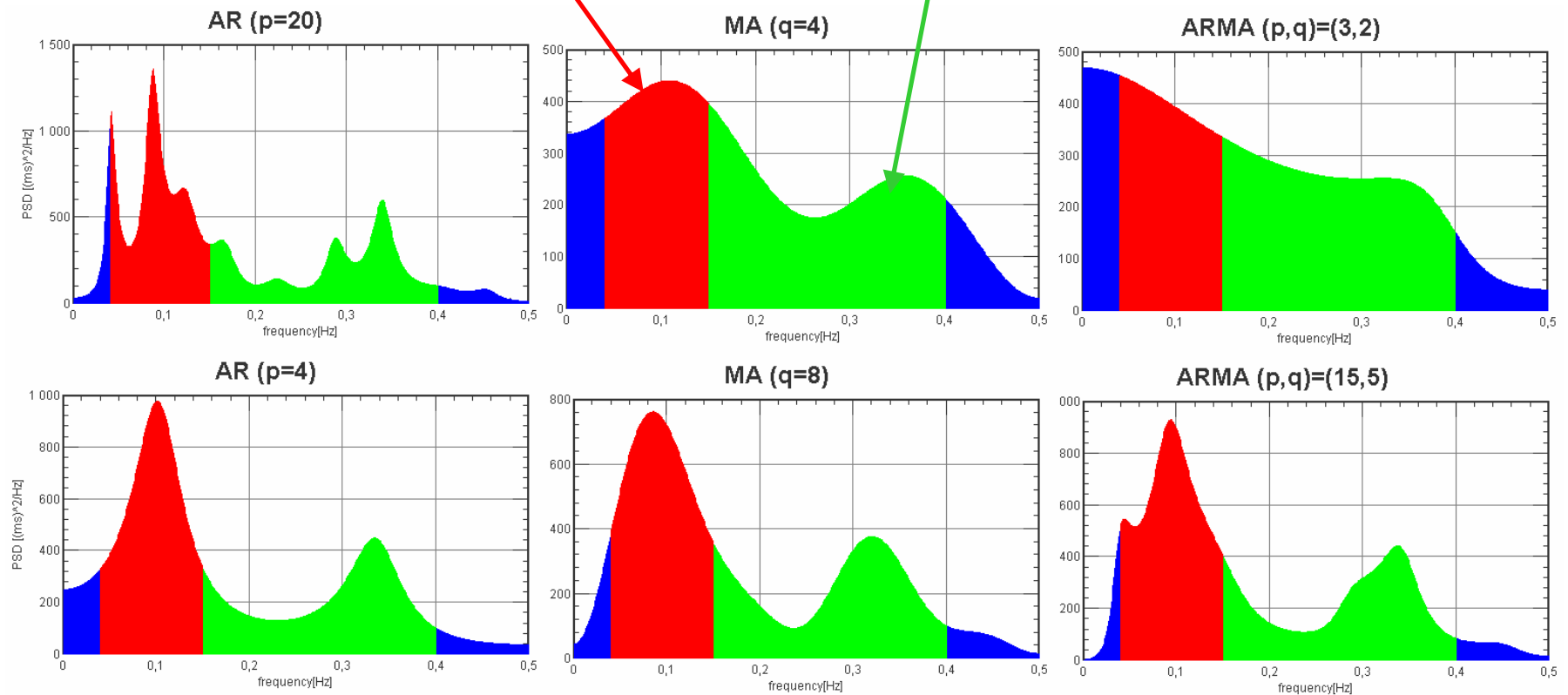
„Mała częstotliwość” (LF):

- aktywność układu wegetatywnego
- receptory ciśnienia krwi
- pozycja ciała, głowy
- stres, wysiłek psychiczny i fizyczny

LF/HF

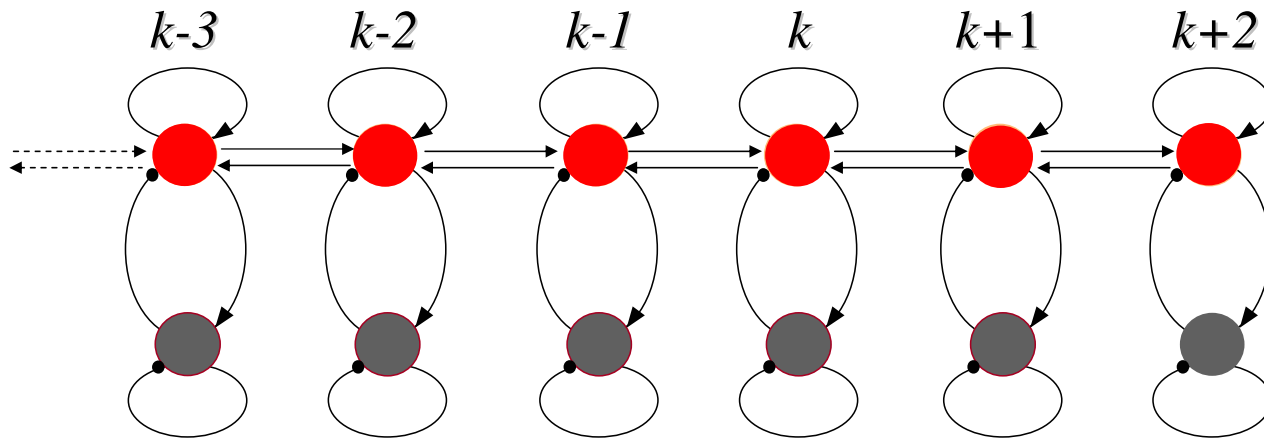
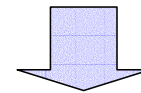
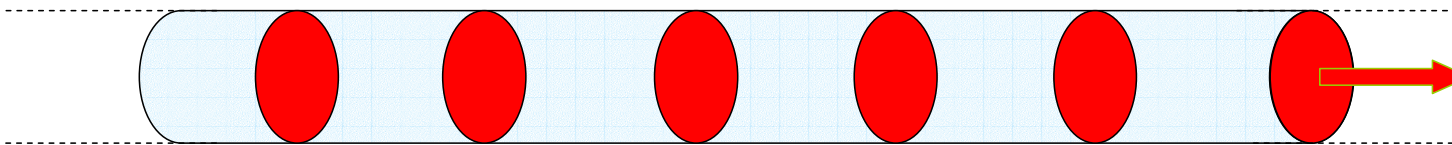
„duża częstotliwość” (HF):

- aktywność nerwu błędnego
- arytmia oddechowa



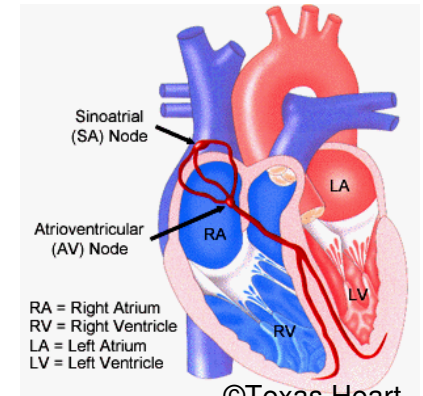


Łańcuch sprzężonych oscylatorów – model systemu bodźcotwórczego



warstwa pobudzająca

warstwa hamująca



©Texas Heart Institute

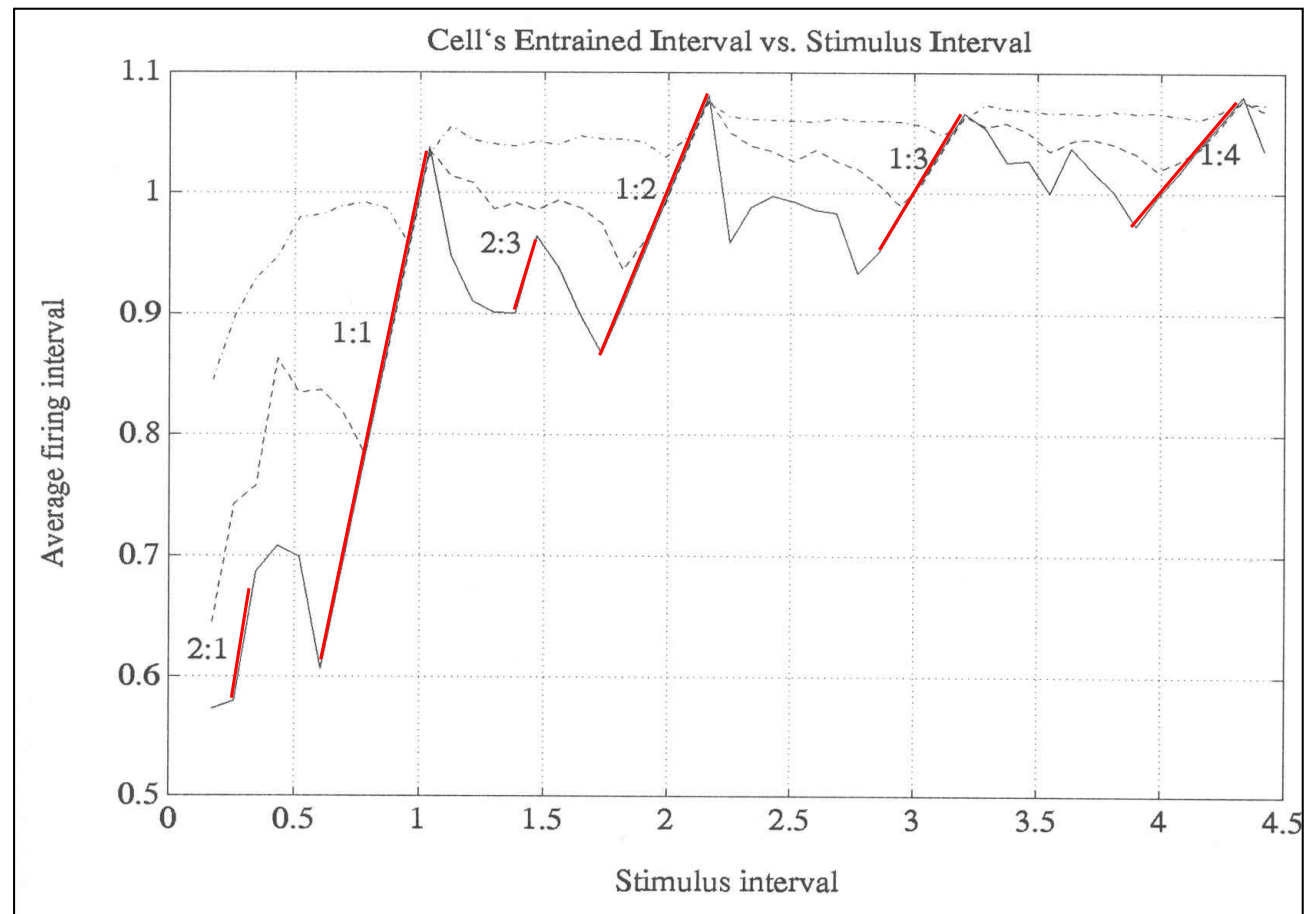
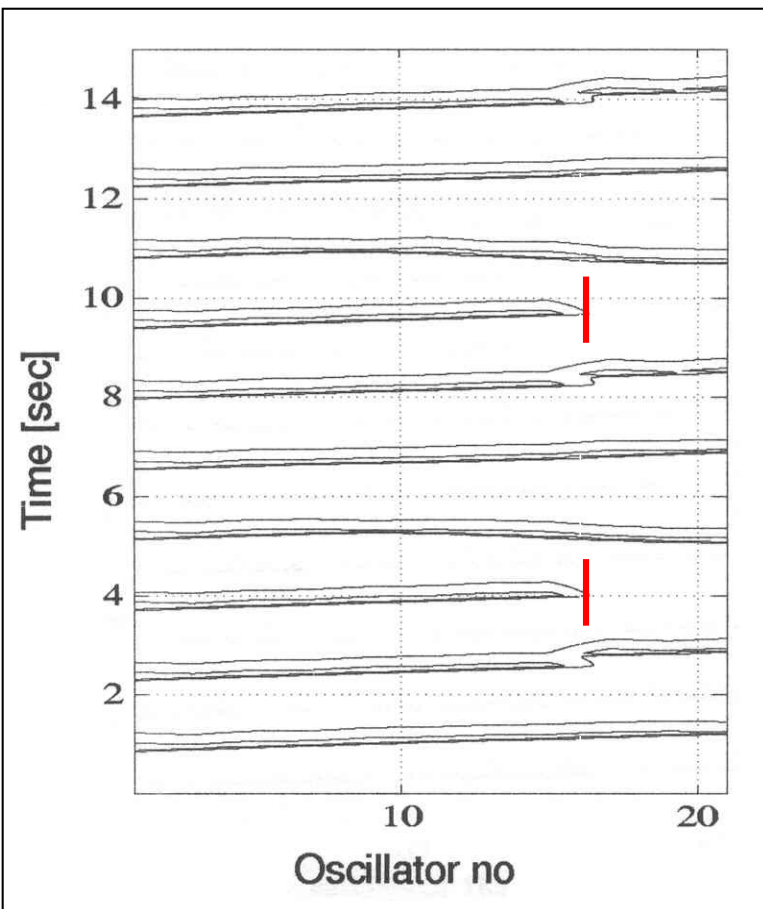
funkcja odpowiedzi fazowej

Równanie fazowe:

$$\frac{d\varphi_j}{dt} = \omega_j + V_{jk} \Delta_j(\varphi_j - \varphi_k)$$



Synchronizacja sprzężonych oscylatorów



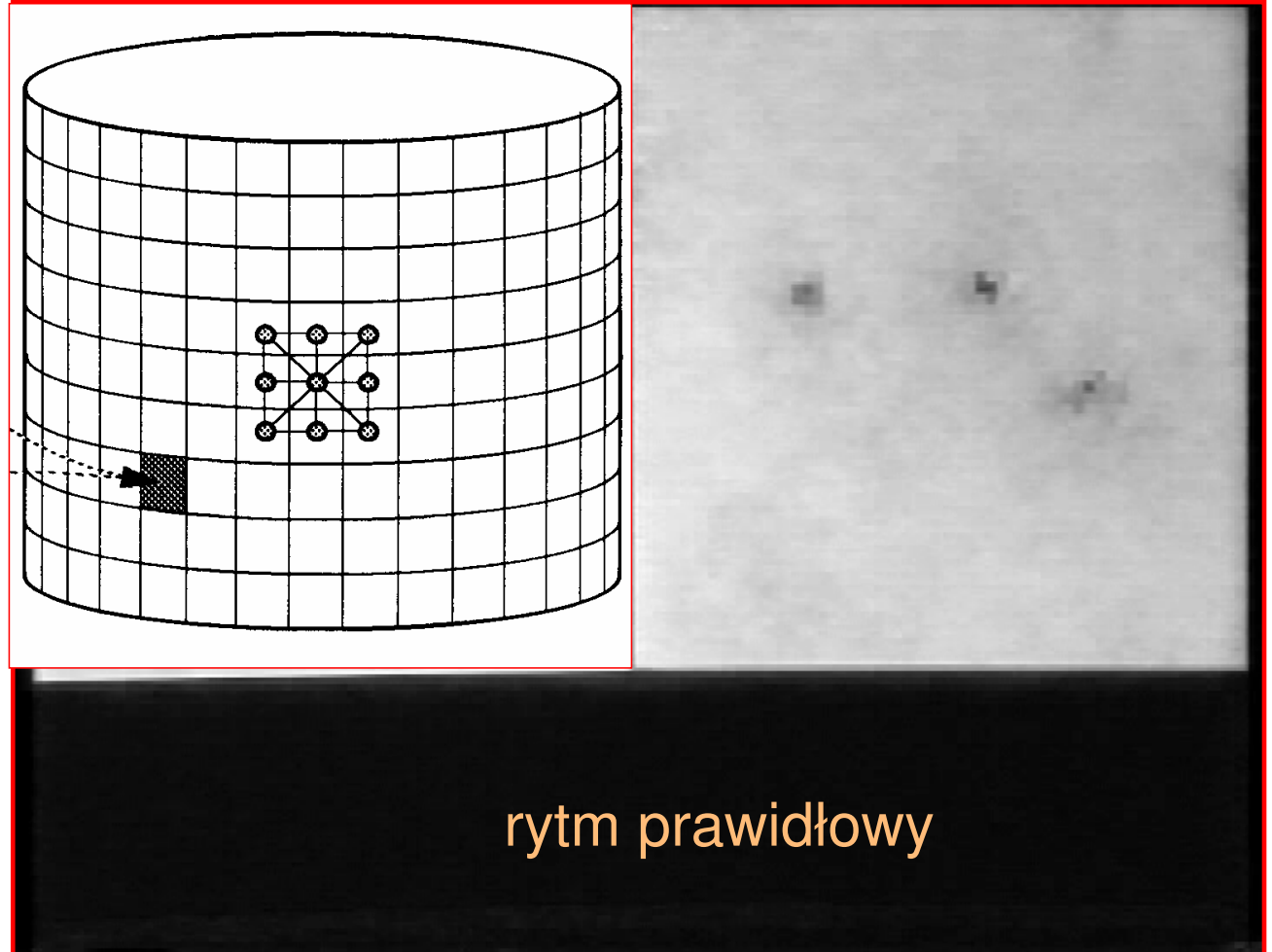
P. Strumillo, M. Strzelecki, "Application of coupled neural oscillators for image texture segmentation and biological rhythms modelling", International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, vol.16, No.4., 2006, pp. 101-111



Model pobudzenia elektrycznego tkanki serca

Równanie reakcji-dyfuzji:

$$\begin{cases} \frac{\partial x_e}{\partial t} = D_1 \nabla^2 x_e + f(x_e, x_i) \\ \frac{\partial x_i}{\partial t} = D_2 \nabla^2 x_i + g(x_e, x_i) \end{cases}$$

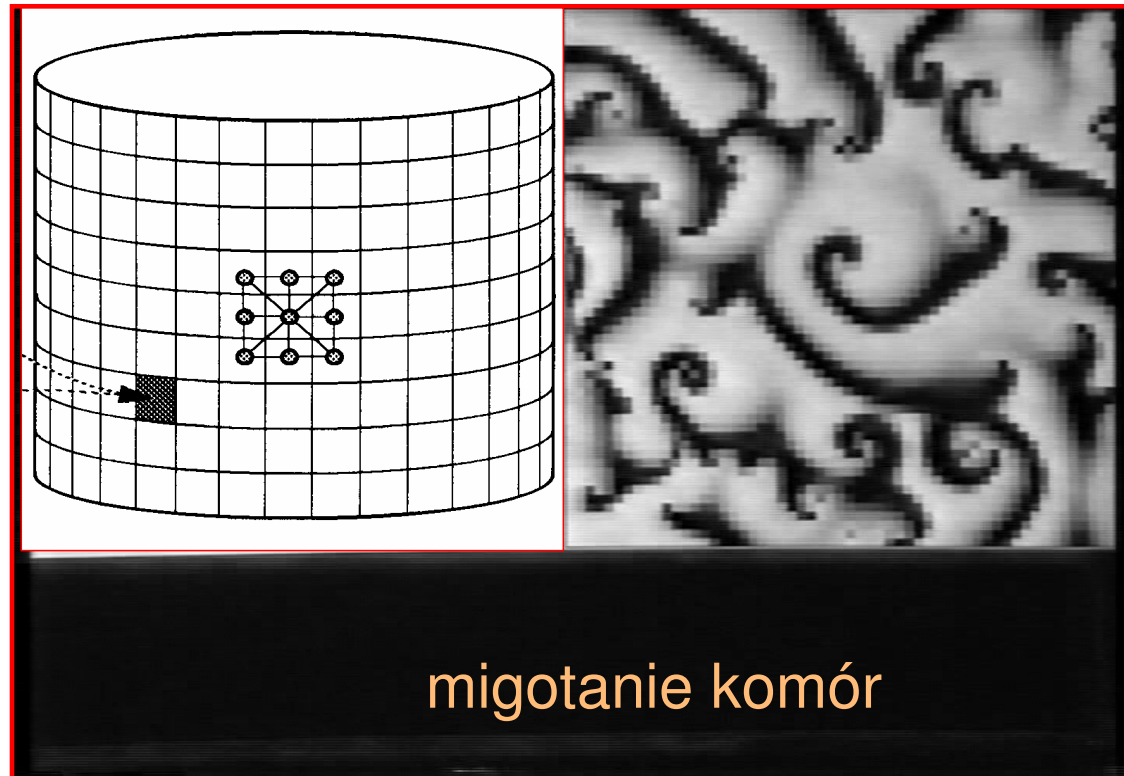




Migotanie komór – atak serca

Równanie reakcji-dyfuzji:

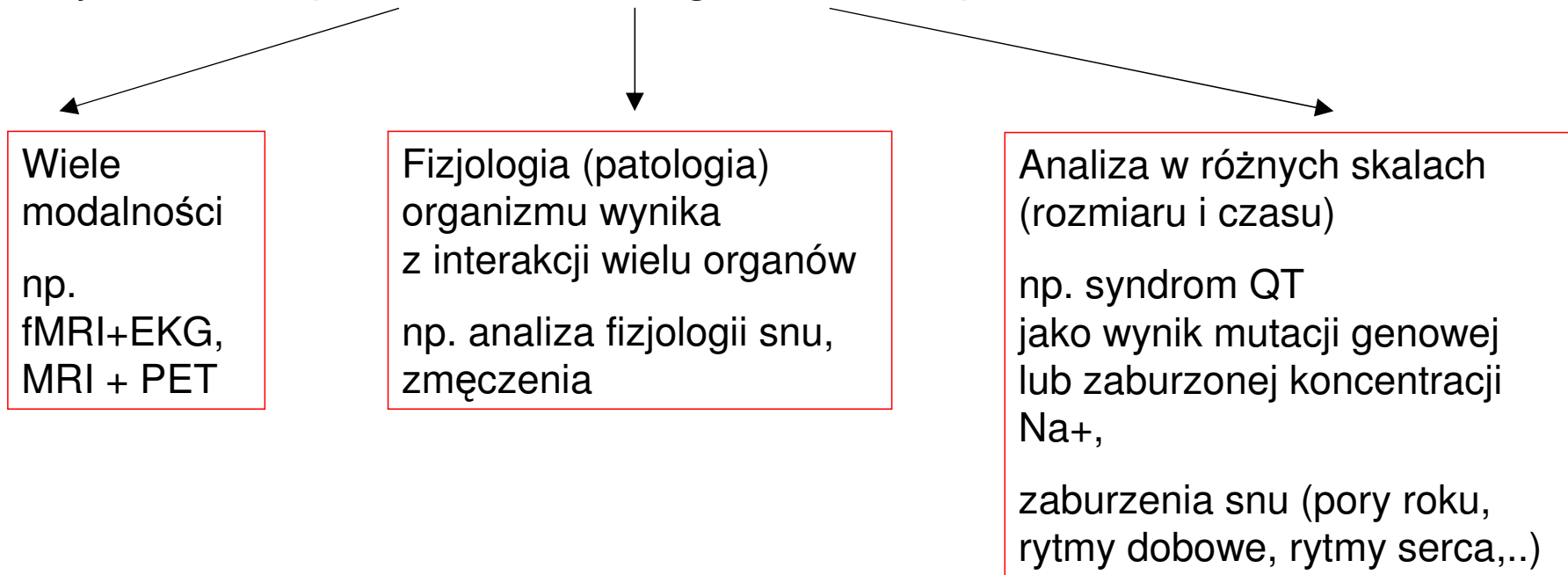
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial x_e}{\partial t} = D_1 \nabla^2 x_e + f(x_e, x_i) \\ \frac{\partial x_i}{\partial t} = D_2 \nabla^2 x_i + g(x_e, x_i) \end{array} \right.$$





Wnioski

- Renesans elektrokardiografii
[P. Macfarlane: "Renaissance in electrocardiography", The Lancet, 1999]
- Podejście - **MMM (Multivariate Multiorgan Multiscale)**



Potrzeba budowania interdyscyplinarnych zespołów badaczy