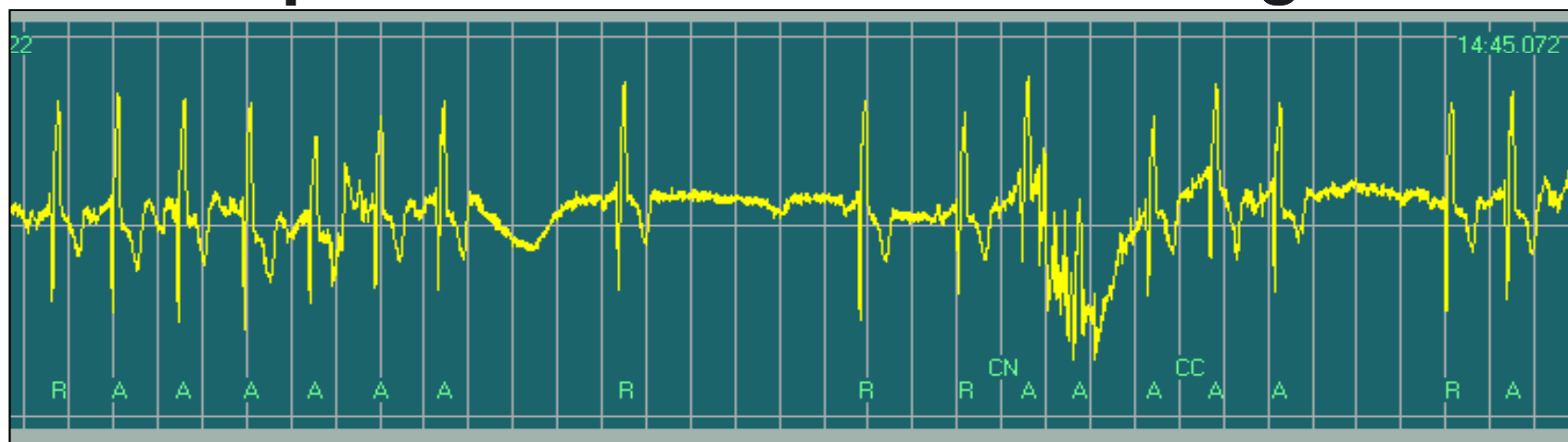
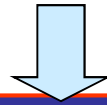


„Wprowadzenie do elektrokardiografii”





electron - kardia - grapho



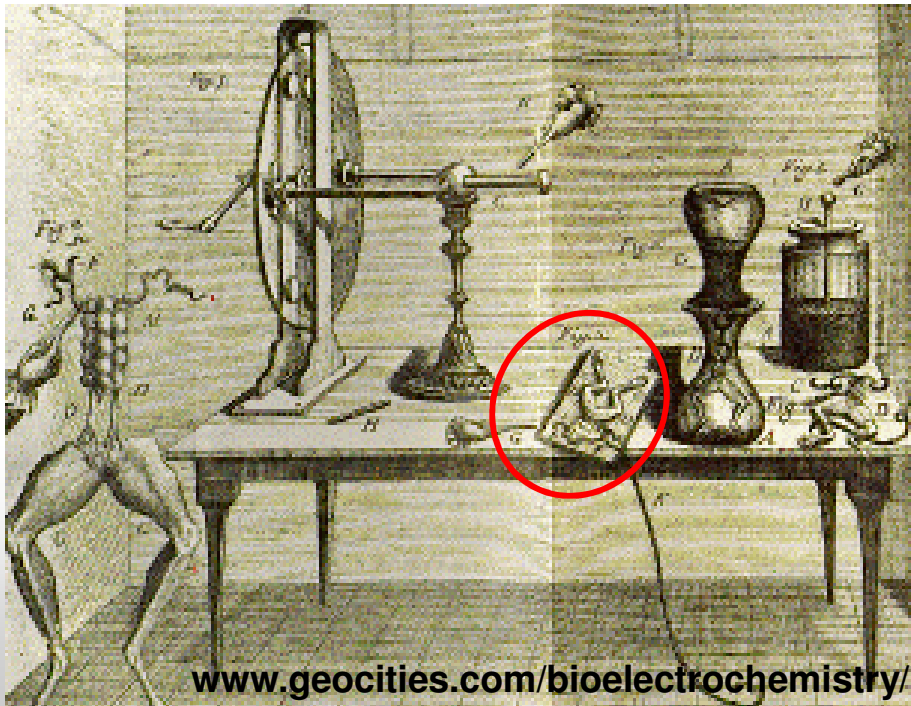
bursztyn - serce - pisać



© The Bakken



Początki elektrofizjologii



Galvani zauważył w 1791 r.
ruch kończyn martwej żaby po
podaniu bodźca elektrycznego



Luigi Galvani
(1737-1798)



Początki elektrofizjologii



Alessandro Volta (1745-1827) – postuluje, że prąd elektryczny występuje tylko w metalach



Carlo Matteucci
w 1842 roku demonstruje istnienie rytmicznych bioprądów w sercu żaby

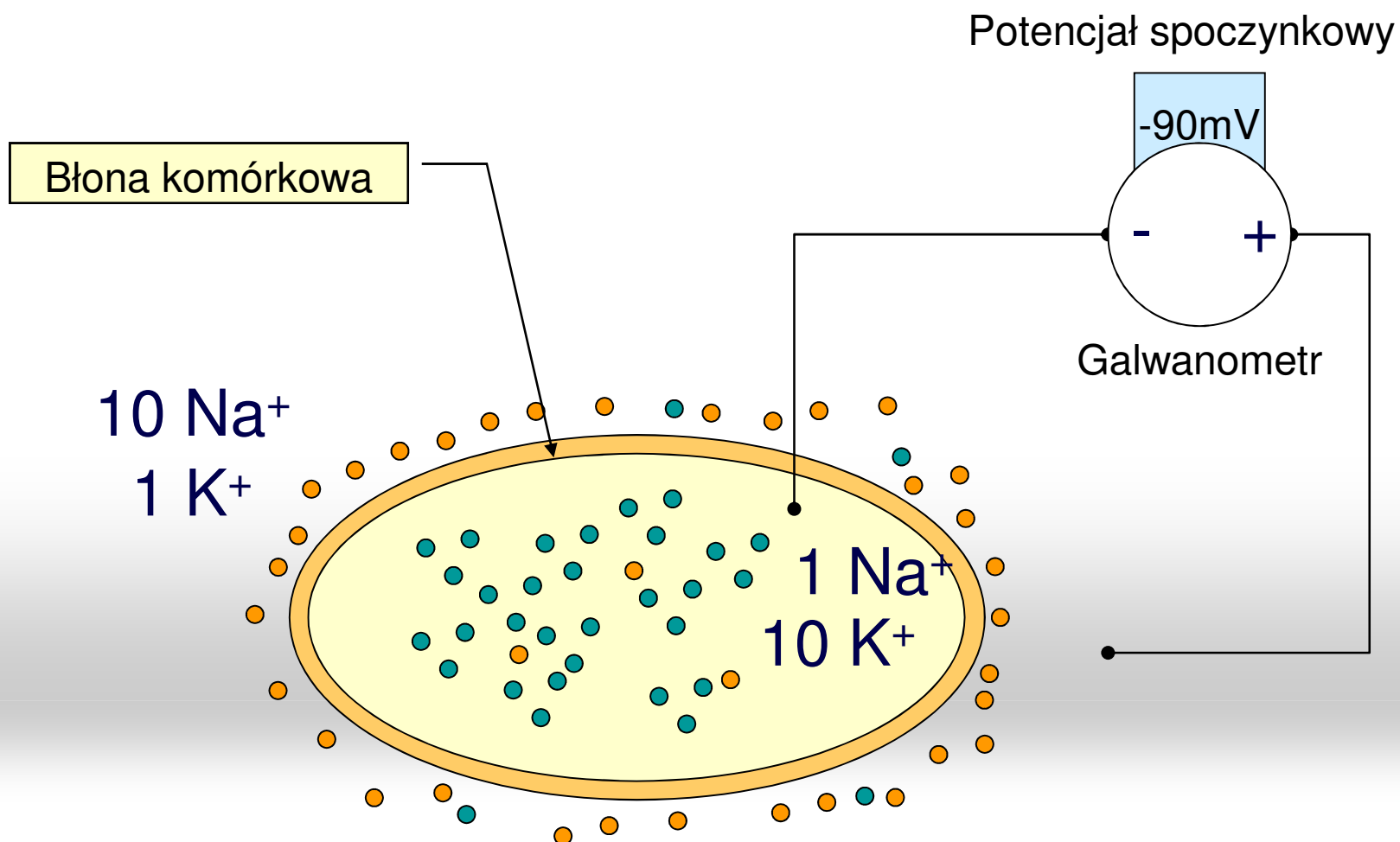


Emil Reymond
w roku 1848 używa pojęcia „potencjał czynnościowy” do opisu pobudzenia elektrycznego komórek



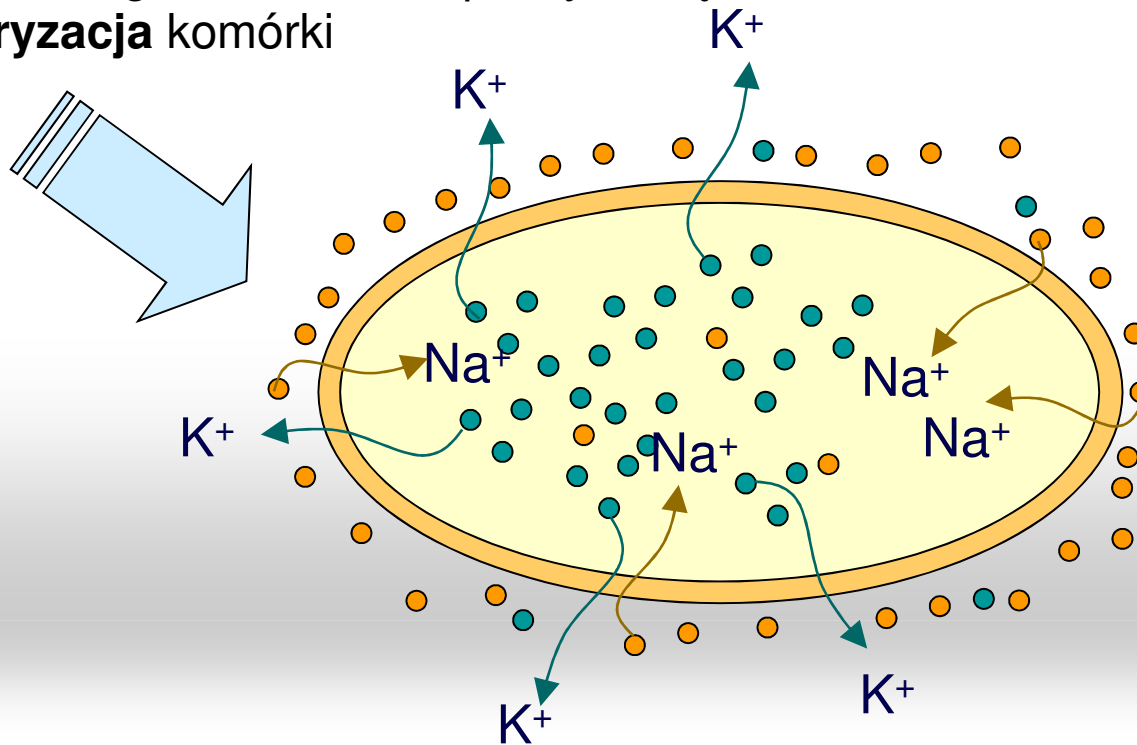


Potencjał spoczynkowy komórki

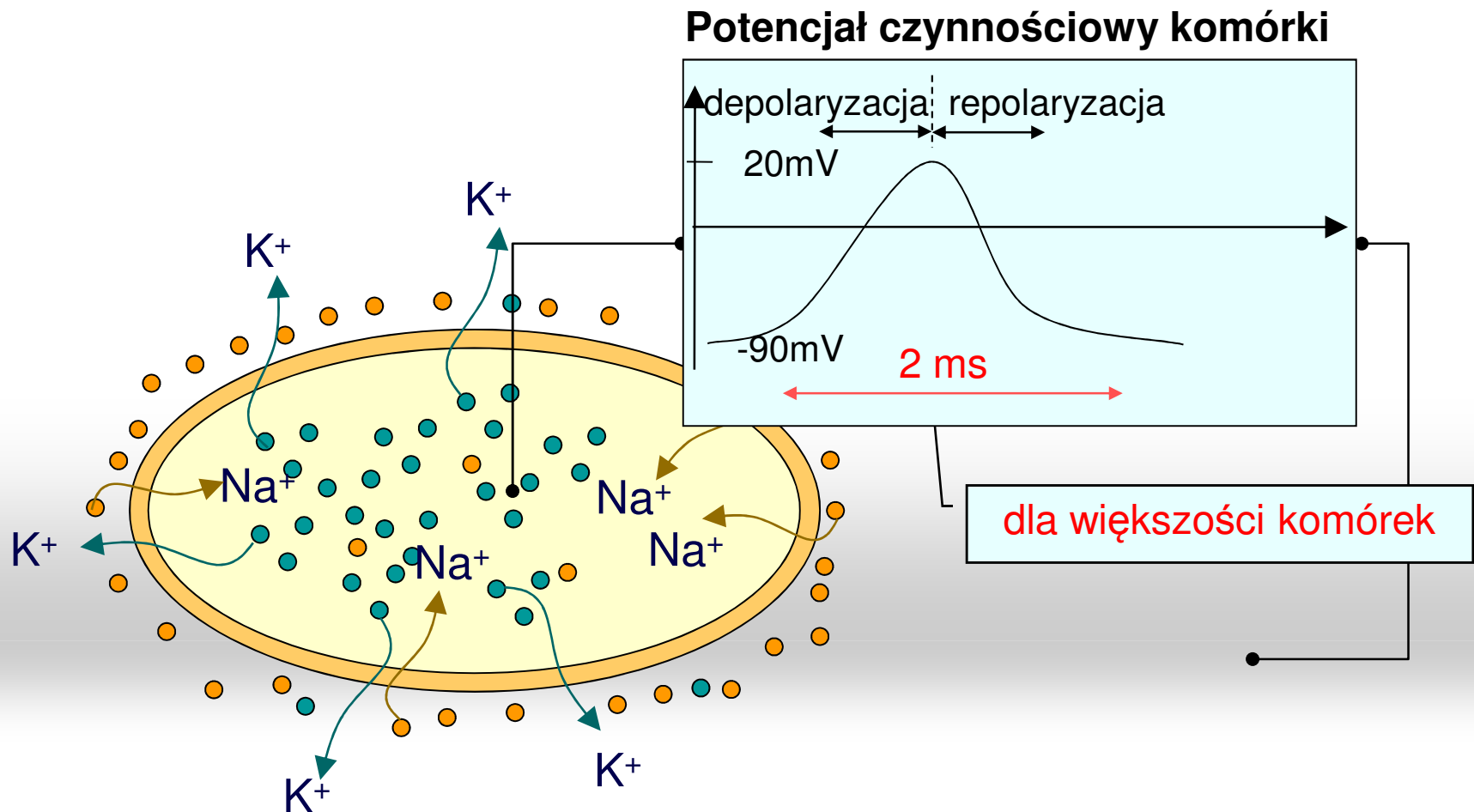


Depolaryzacja komórki

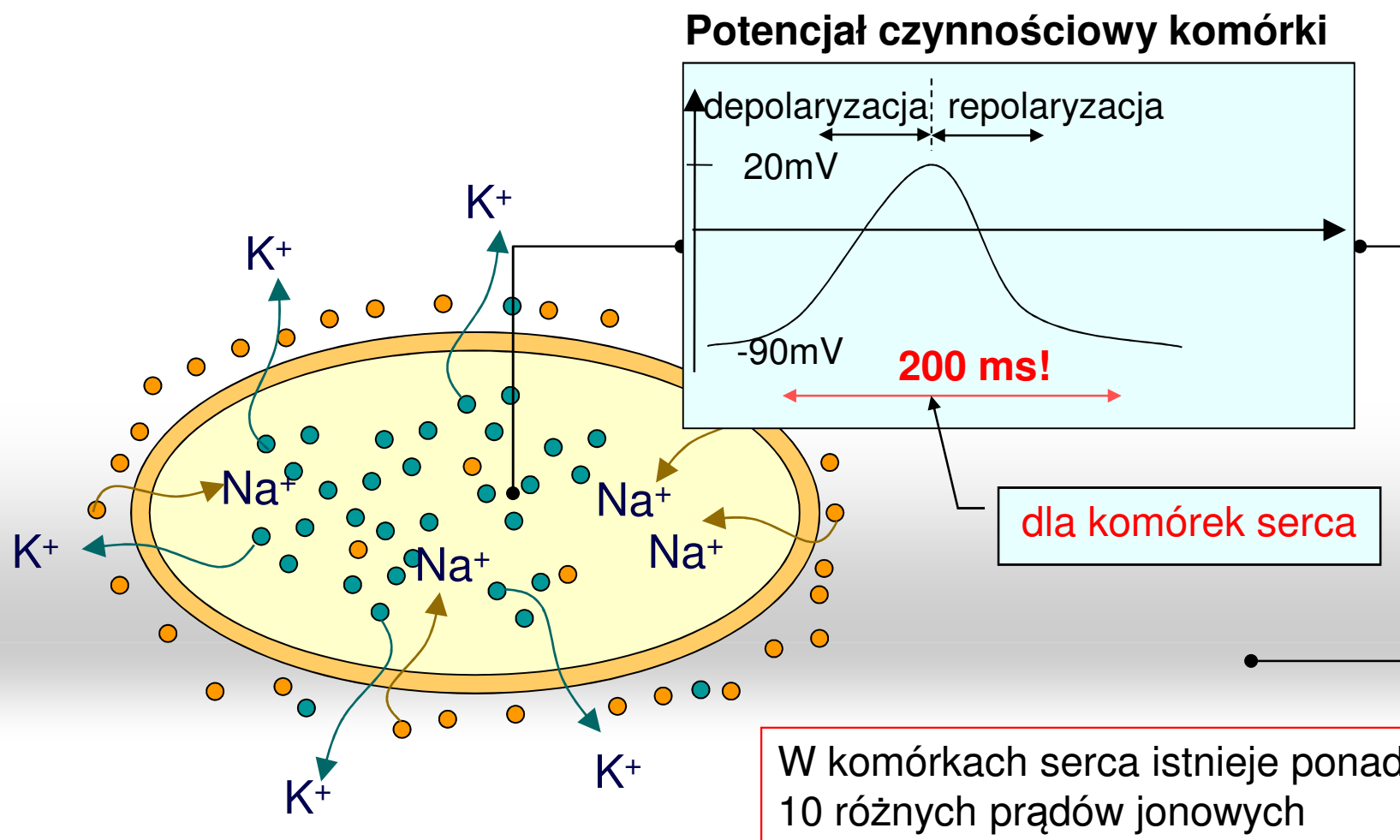
Bodziec elektrochemiczny (n.p. z sąsiedniej komórki) zaburza równowagę potencjału spoczynkowego komórki i rozpoczyna się **depolaryzacja** komórki



Depolaryzacja komórki

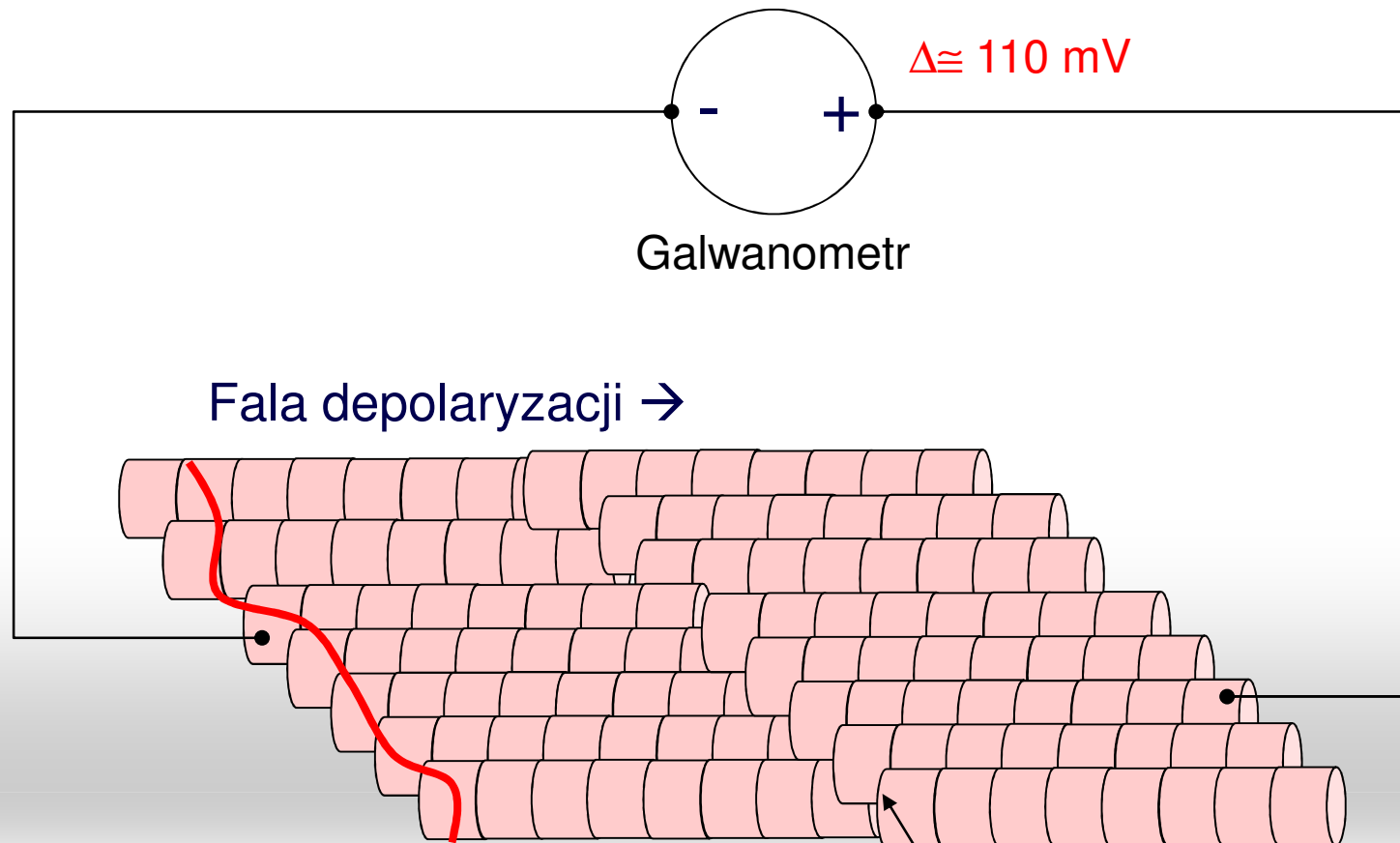


Depolaryzacja komórki





Depolaryzacja tkanki

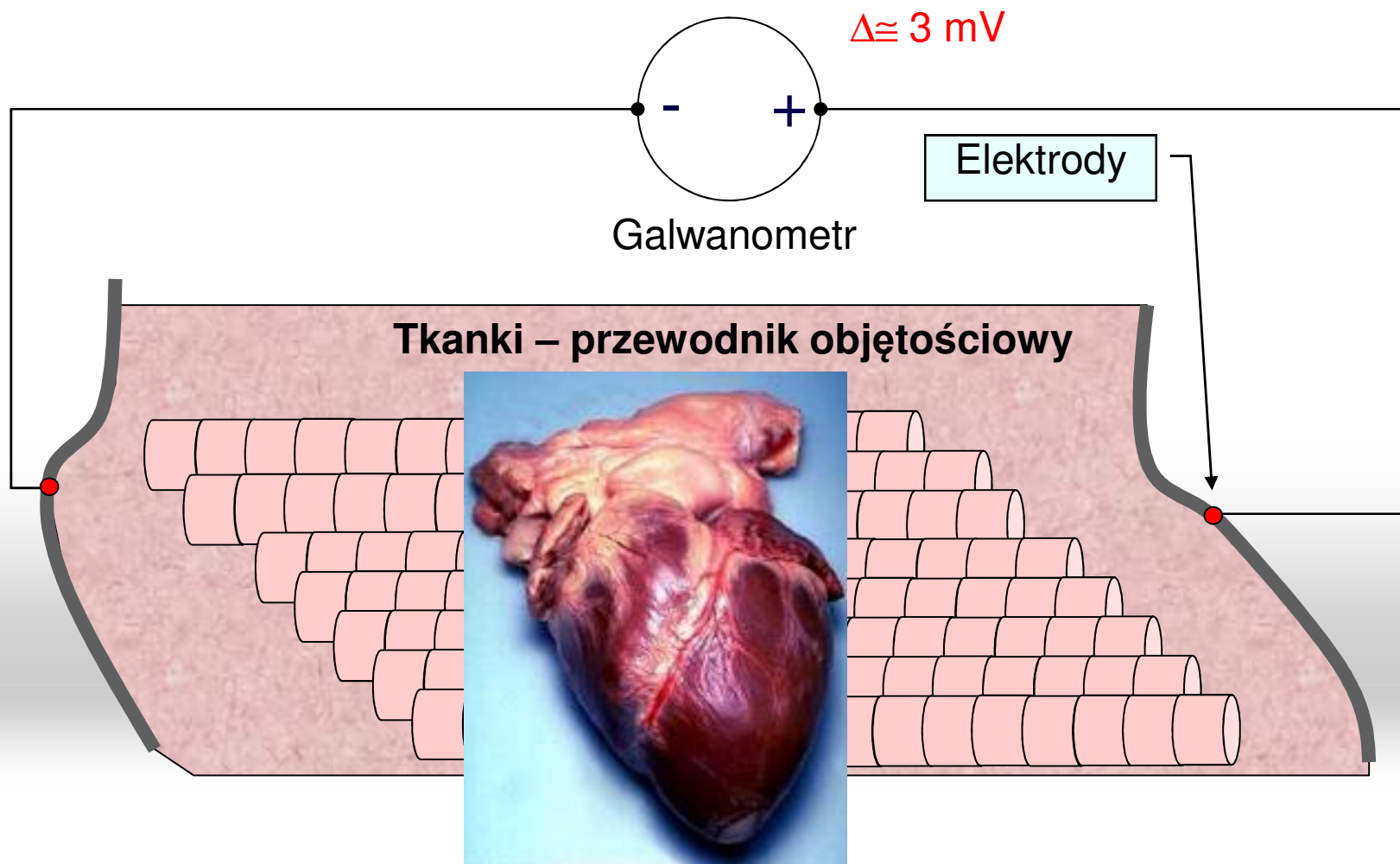


Nie mamy bezpośredniego dostępu do komórek

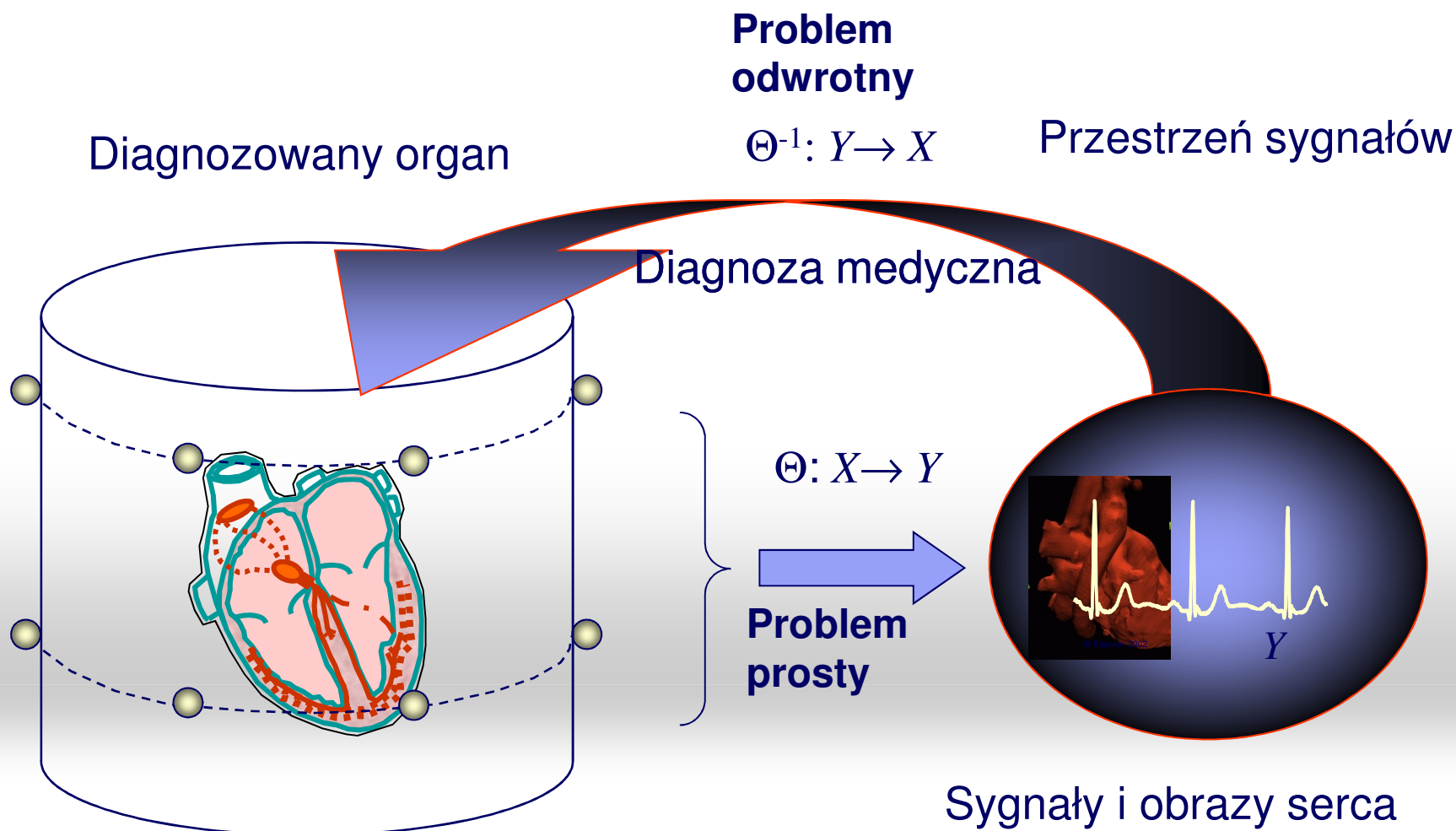
Pojedyncza komórka



Depolaryzacja tkanki

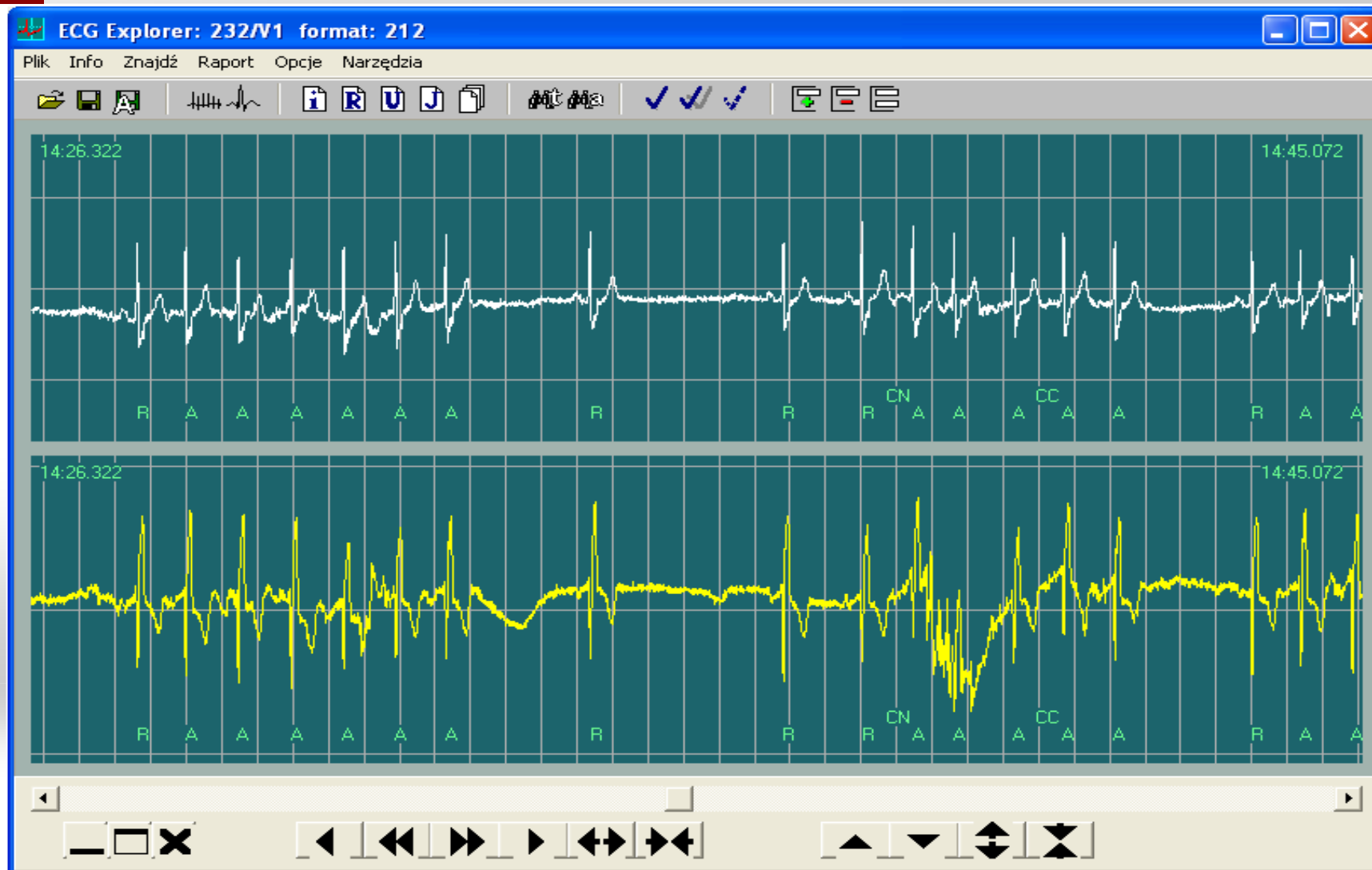


Odwrotny problem elektrokardiografii (diagnoza)



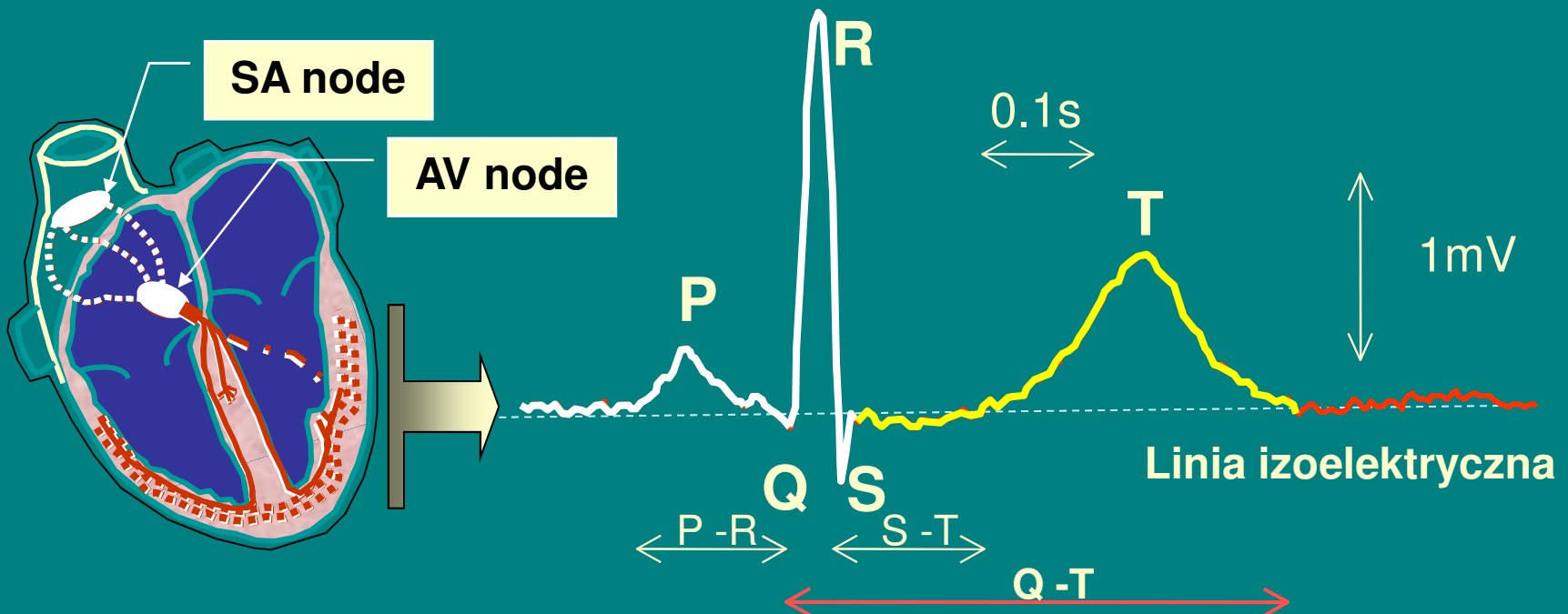


Przykładowe rejestracje EKG



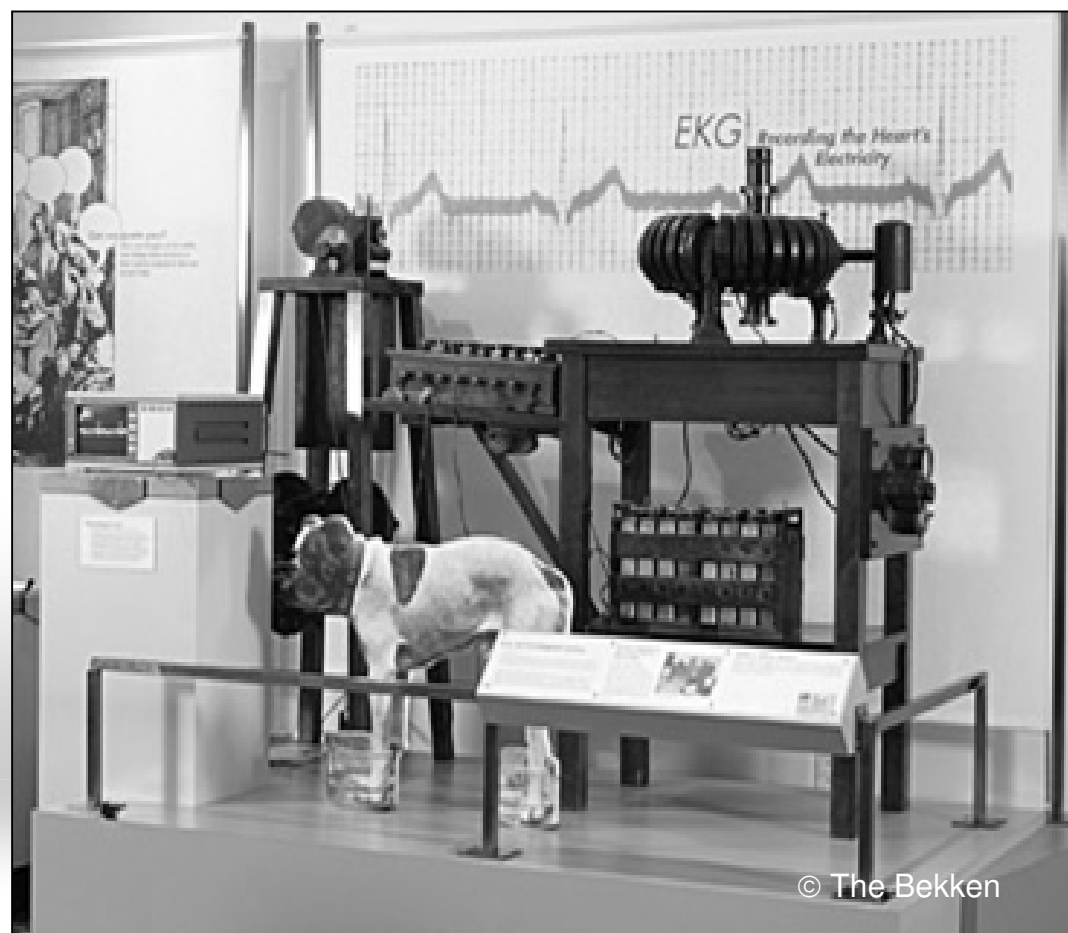
Elektrokardiogram

~7500 litrów dziennie!





Pierwsze rejestracje EKG



D.Waller (1856-1922) i jego rejestrator EKG z 1887 r.

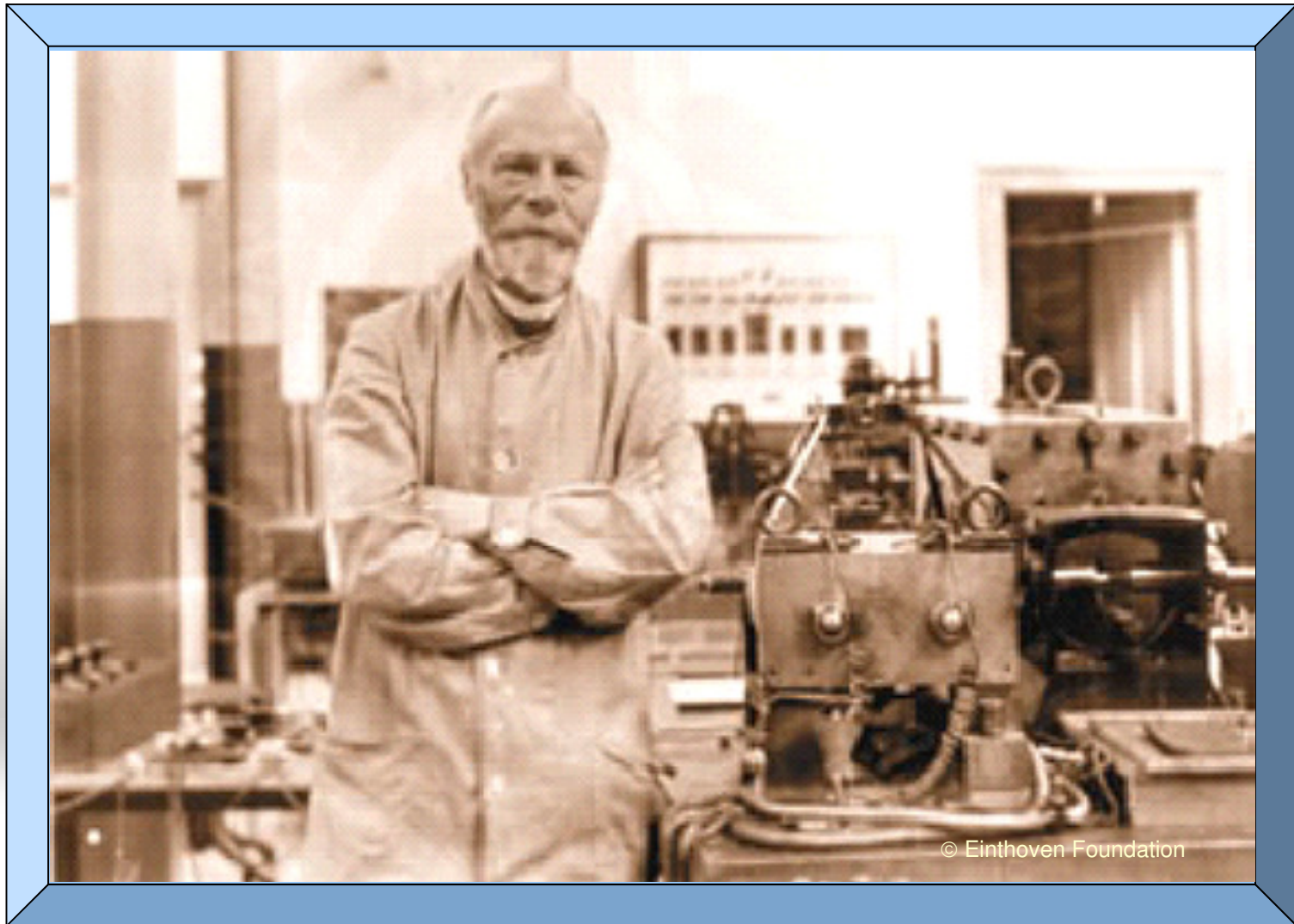


Ojciec nowoczesnej elektrokardiografii

Willem Einthoven (1860-1927)

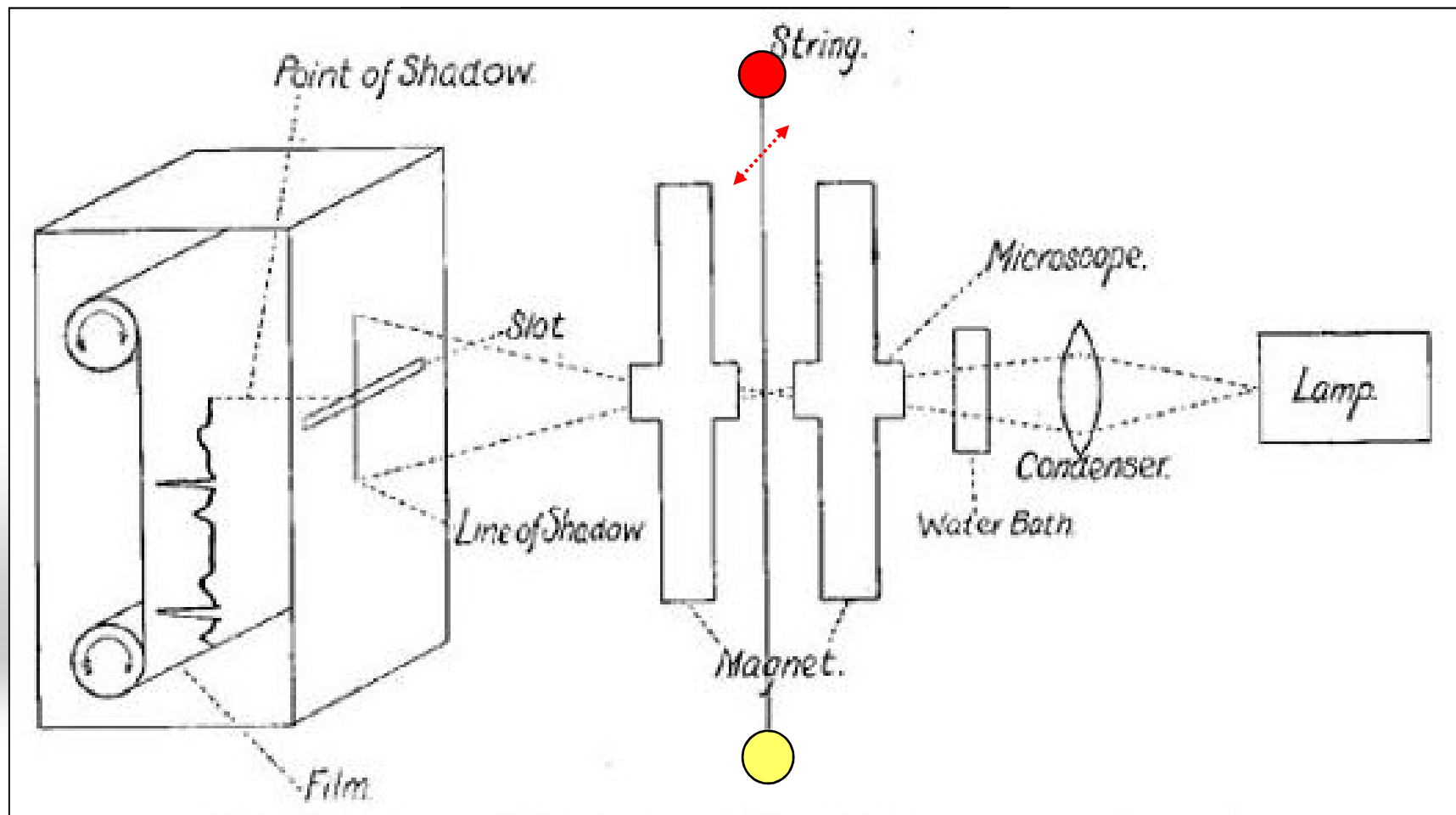
P. Strupko, Elektronika Medyczna, IE, PŁ

15



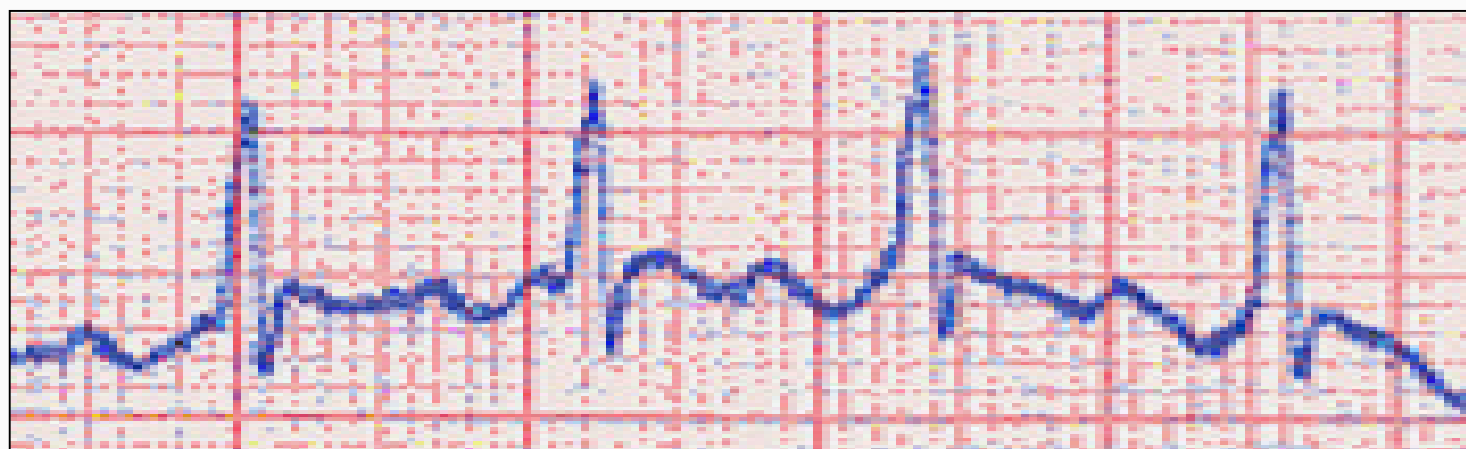
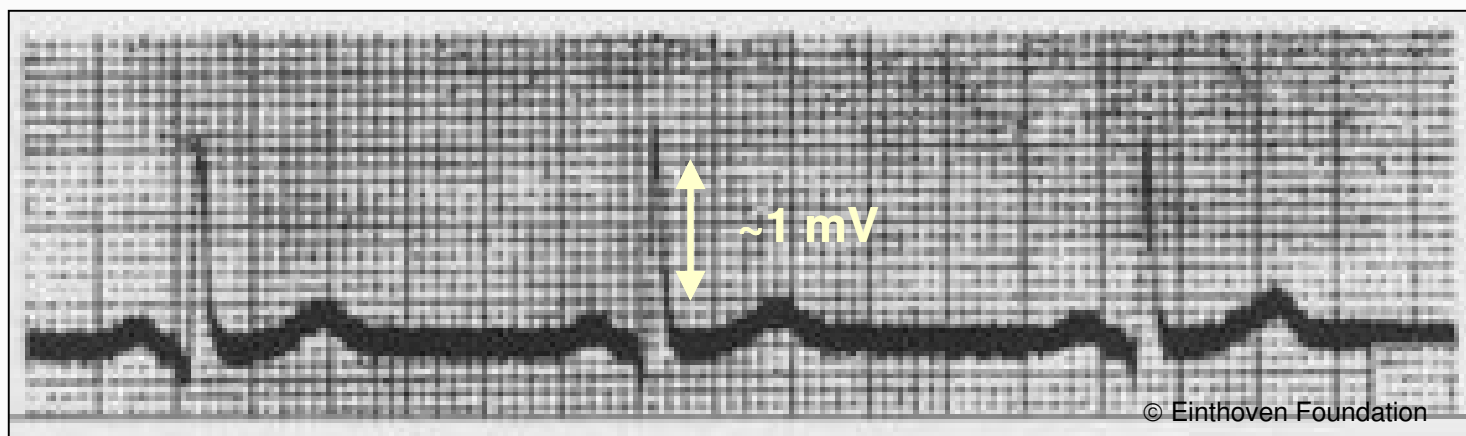


Galwanometr strunowy Einthovena



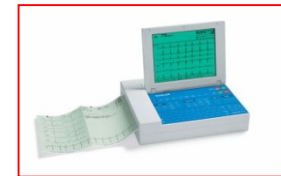
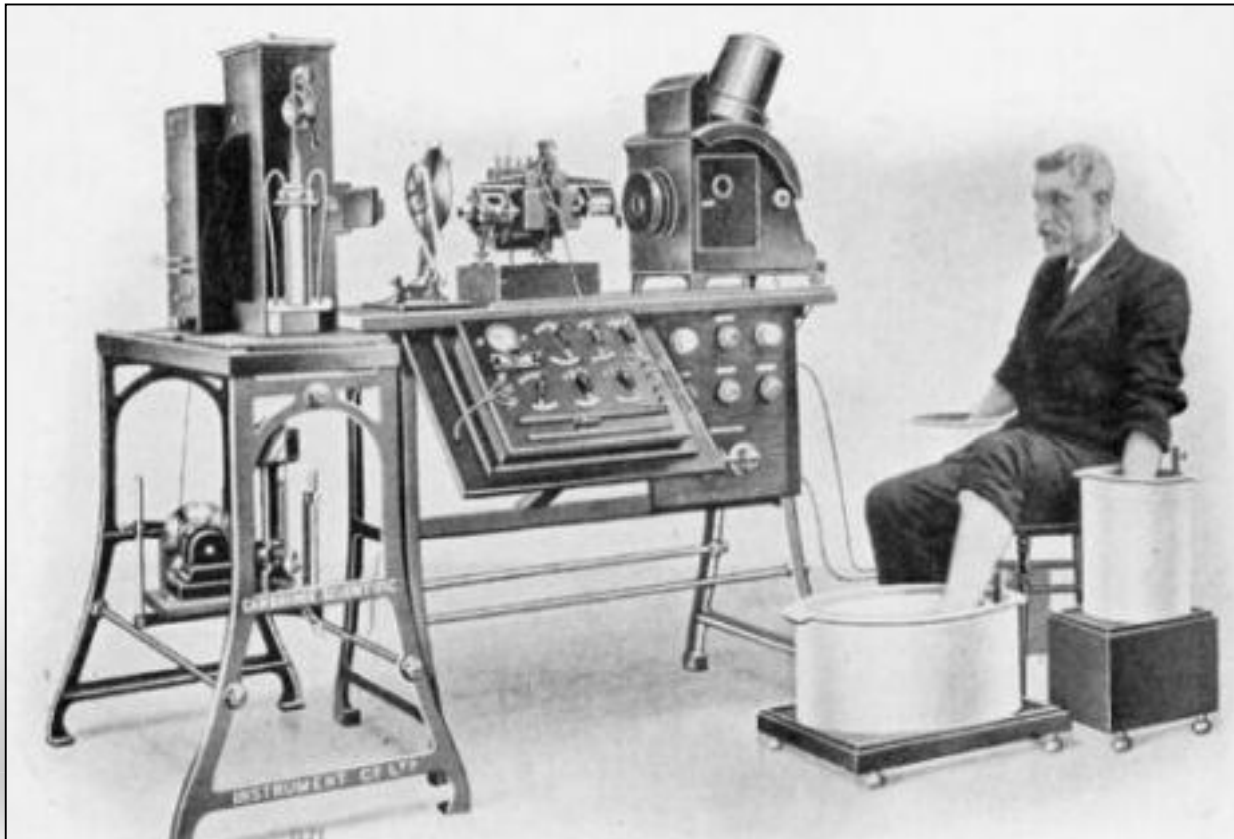


Rejestracje EKG Einthovena





Rejestracje EKG Einthovena – 1903 r.

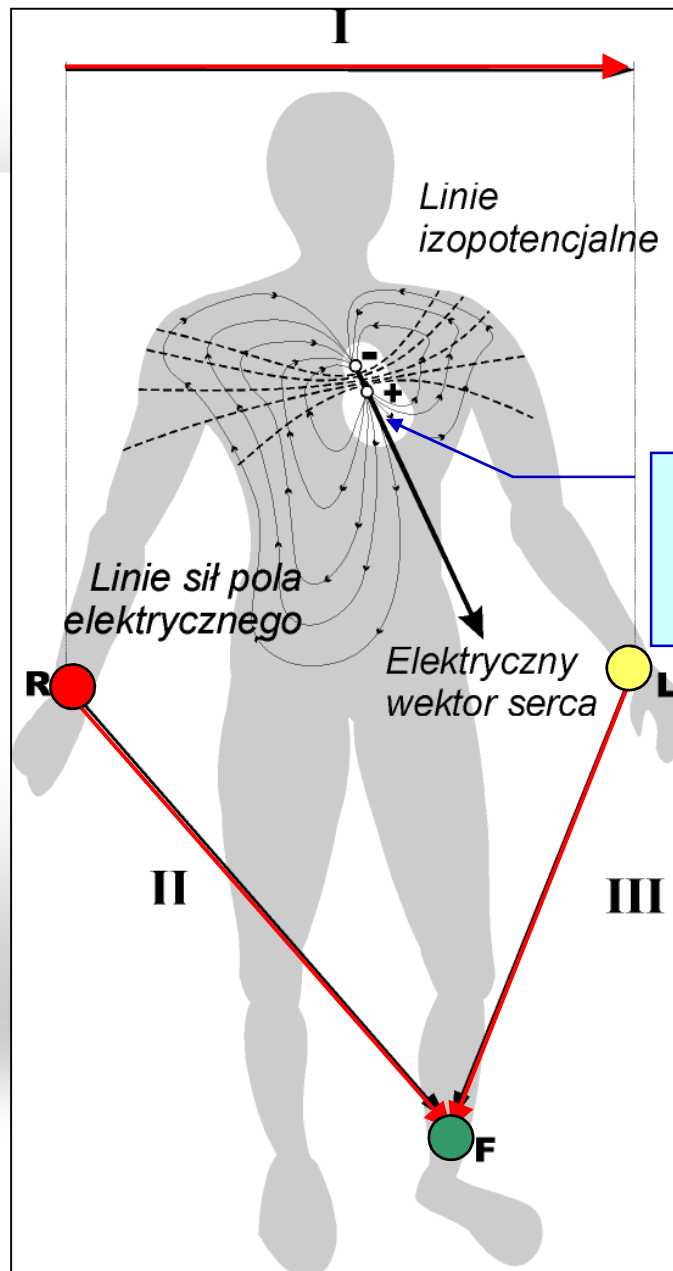


2003

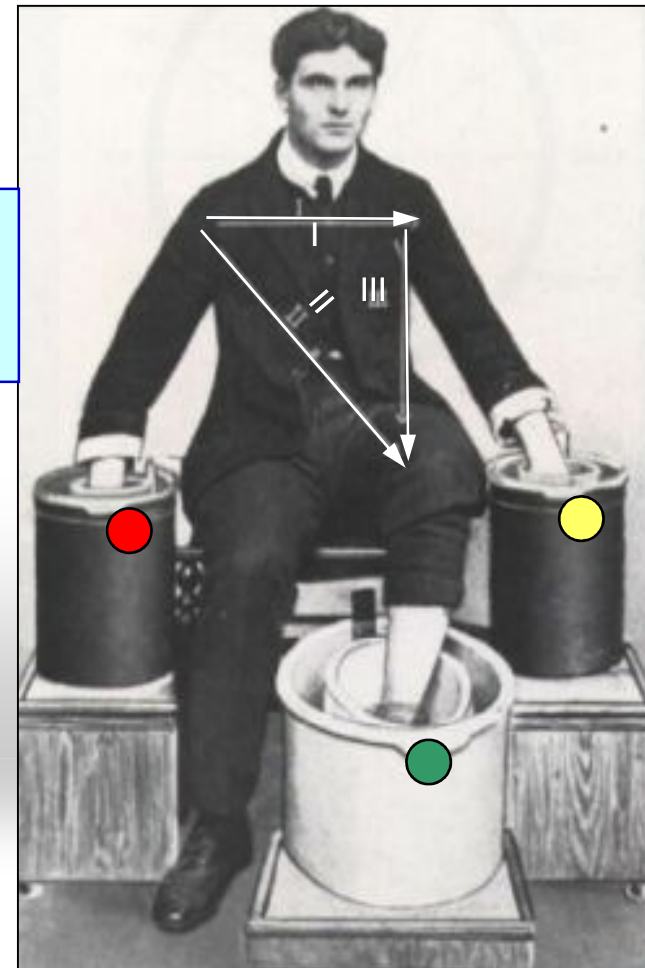
Nagroda Nobla w dziedzinie medycyny w 1924 roku za
„wyjaśnienie mechanizmu elektrokardiogramu”



Trójkąt Einthovena (odprowadzenia kończynowe)

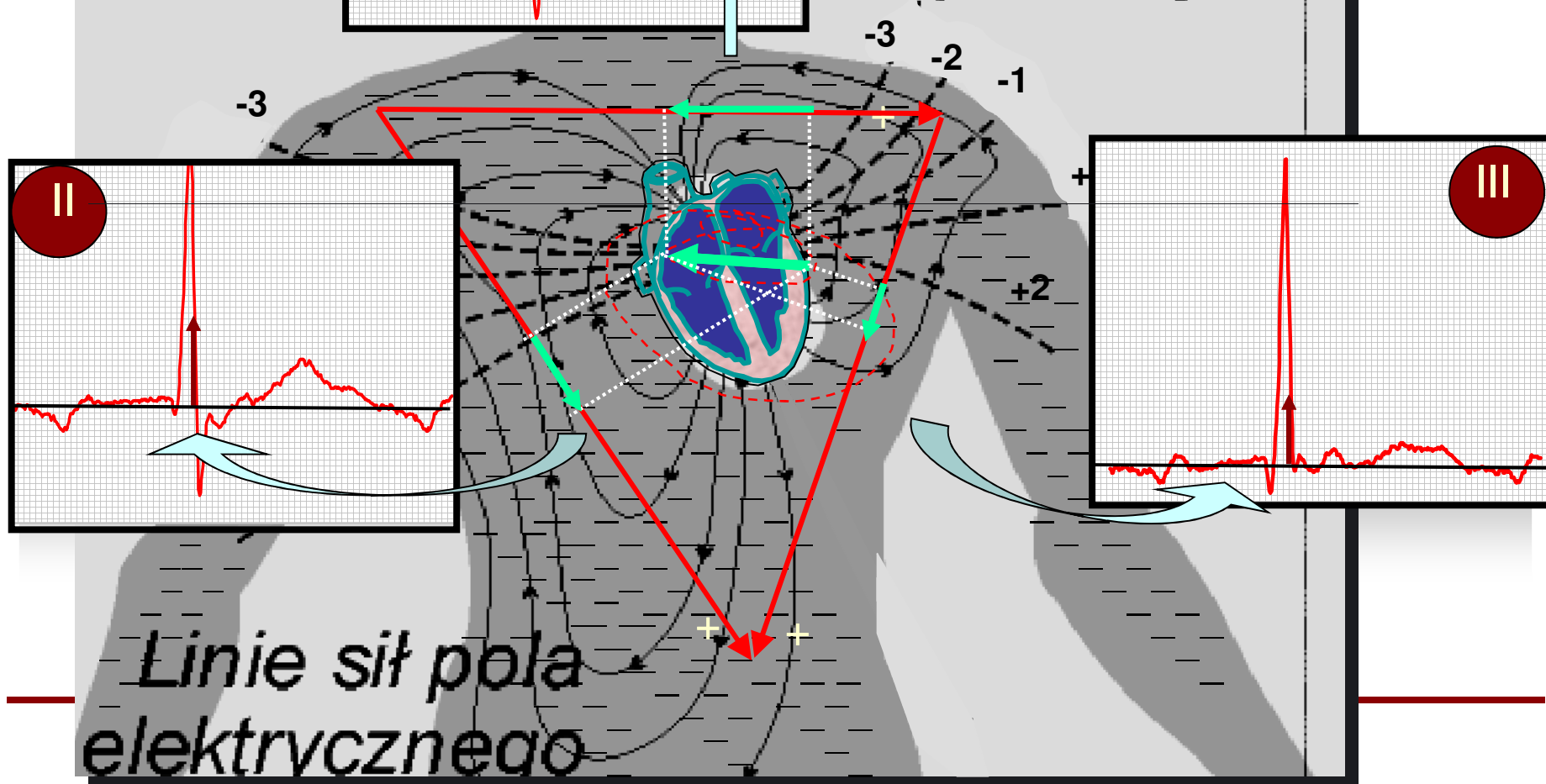


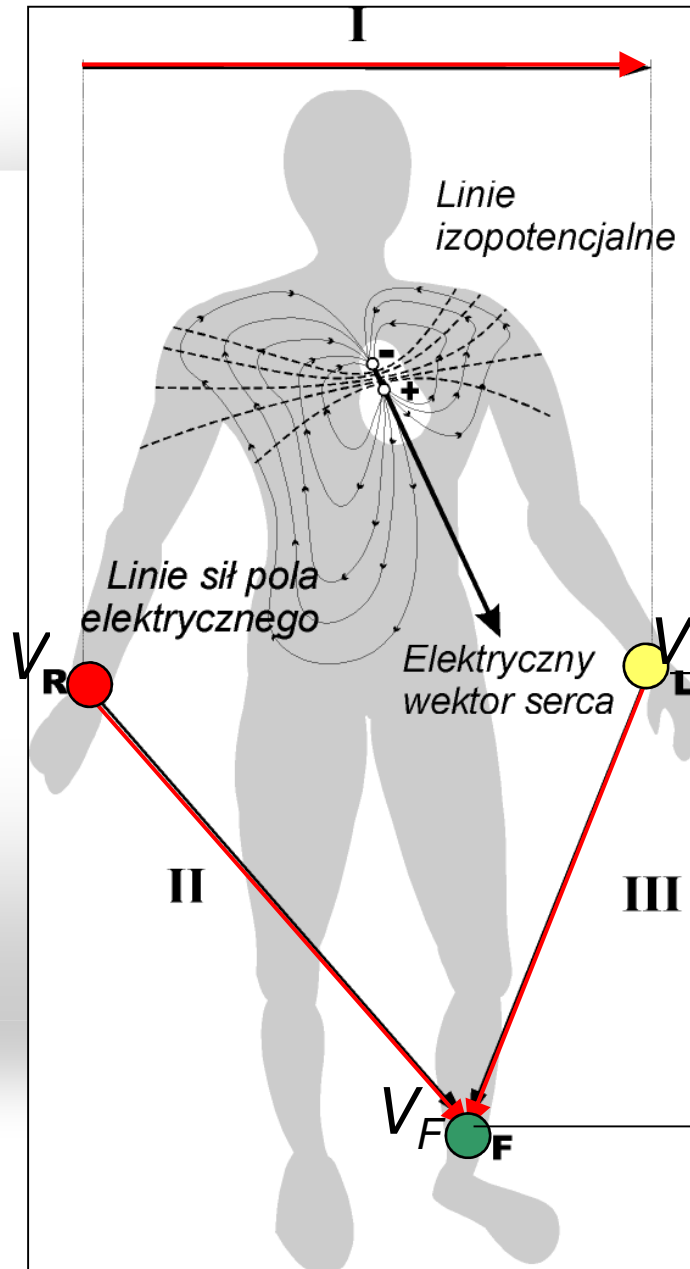
Serce jest
dipolem
elektrycznym





Linie
izopotencjalne



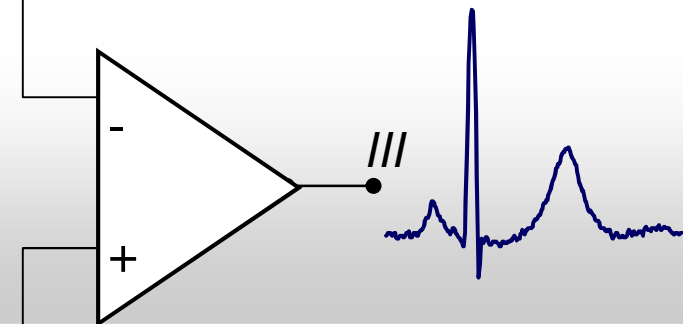


Trójkąt Einthovena
(odprowadzenia kończynowe
- dwubiegunowe)

$$I = V_L - V_R$$

$$II = V_F - V_R$$

$$III = V_F - V_L$$

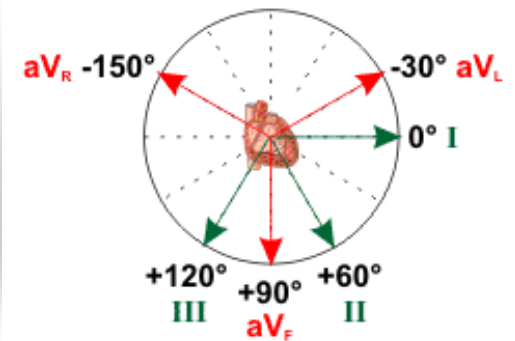
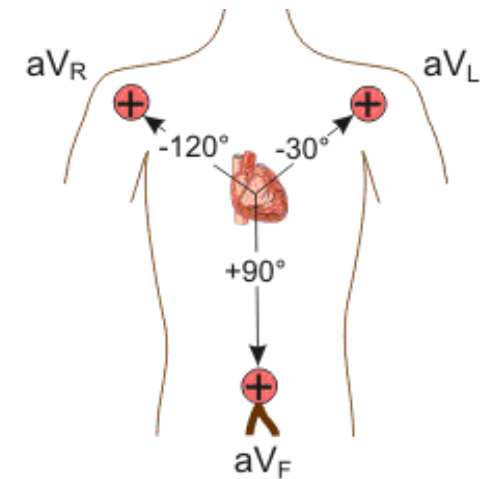
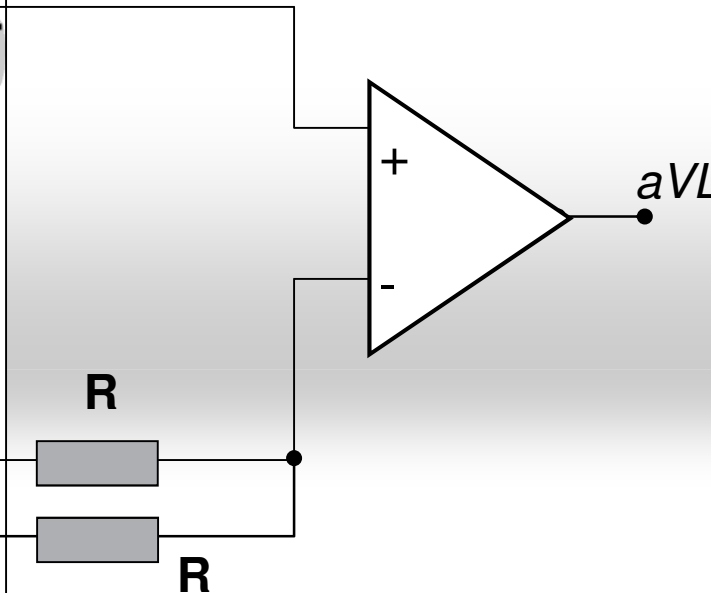
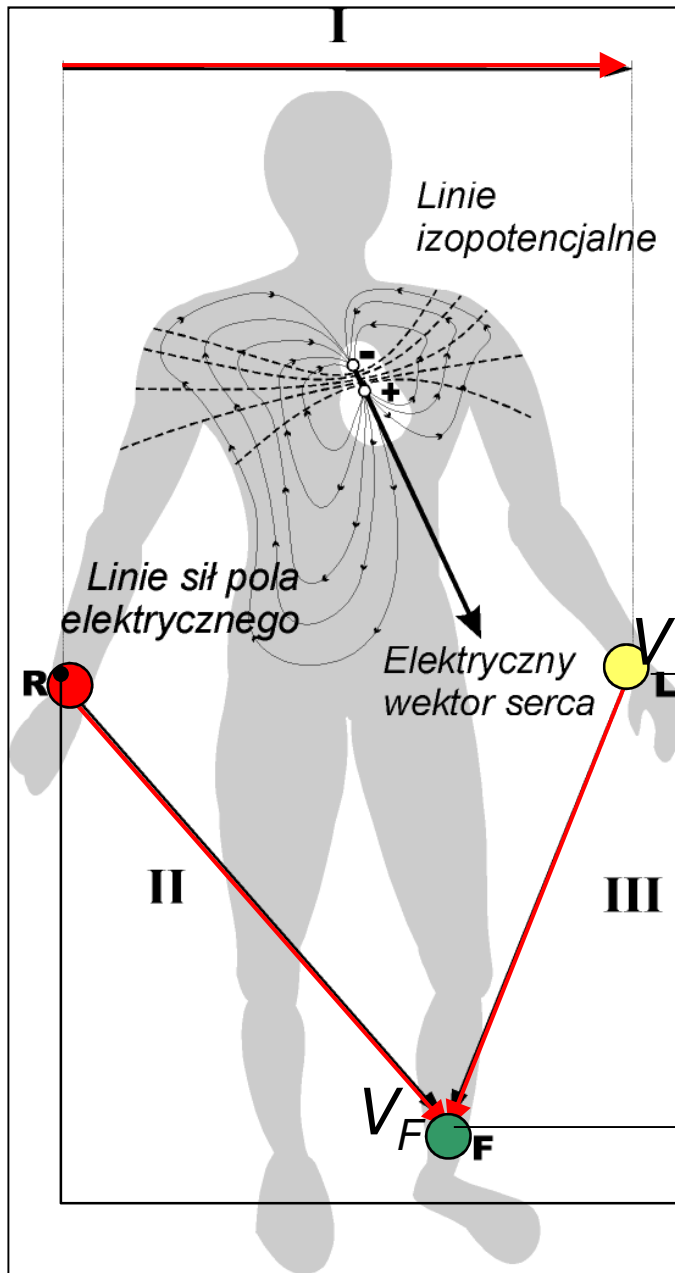


Odprowadzenia kończynowe jednobiegunowe

$$aVR = V_R - (V_F + V_L)/2$$

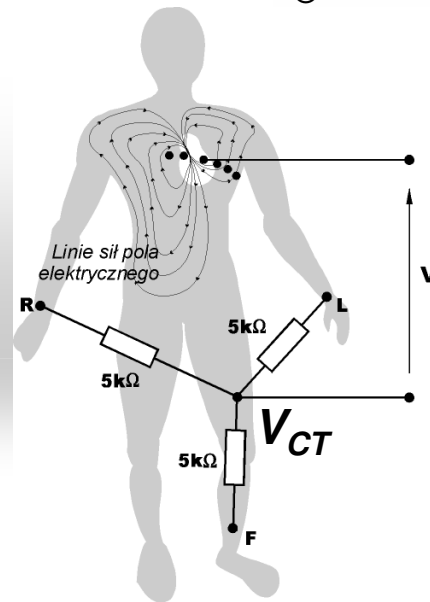
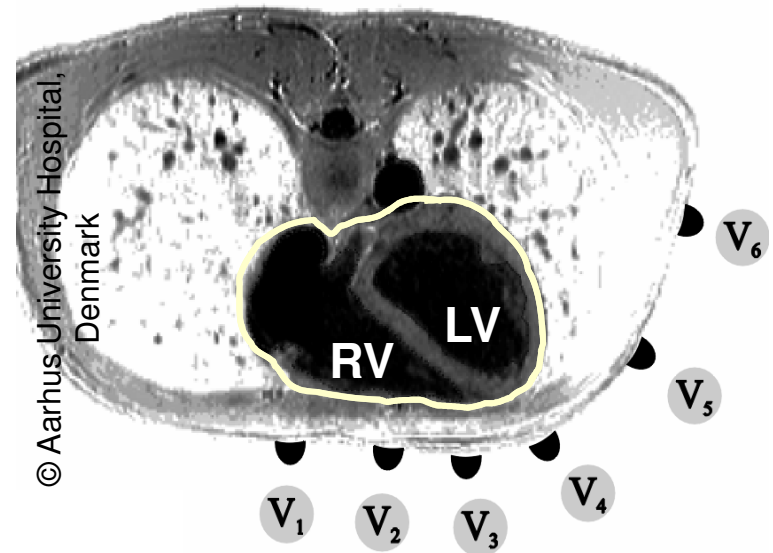
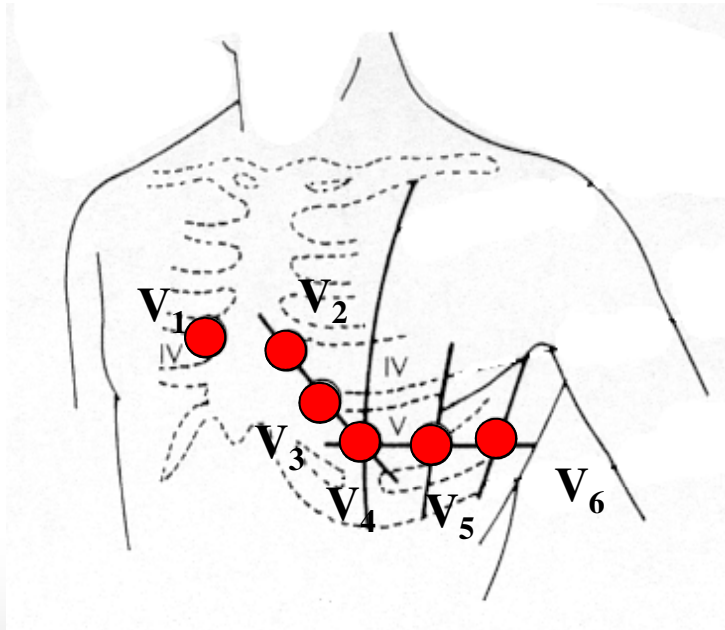
$$aVL = V_L - (V_R + V_F)/2$$

$$aVF = V_F - (V_R + V_L)/2$$





Odprowadzenie przedsercowe



$$V_j = V_{Vj} - V_{CT}$$

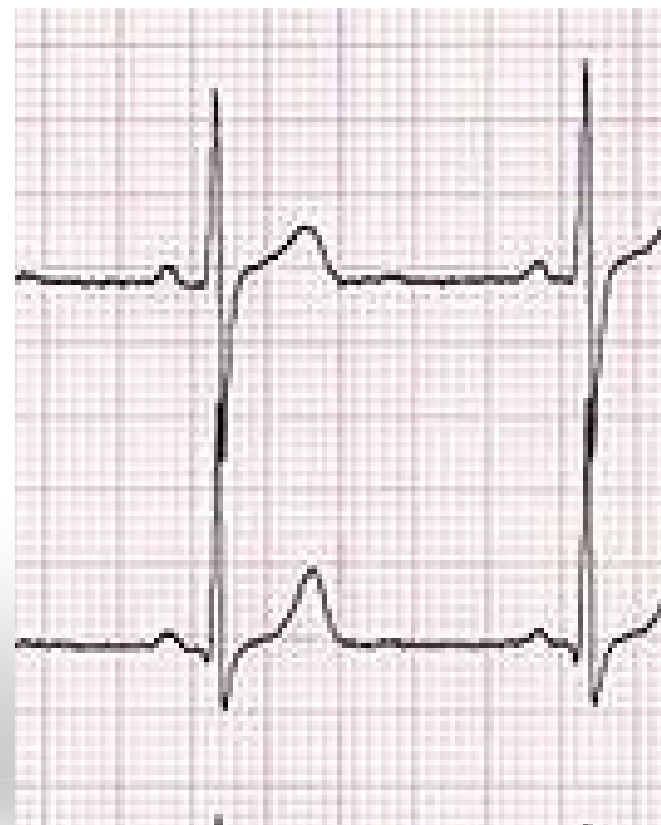
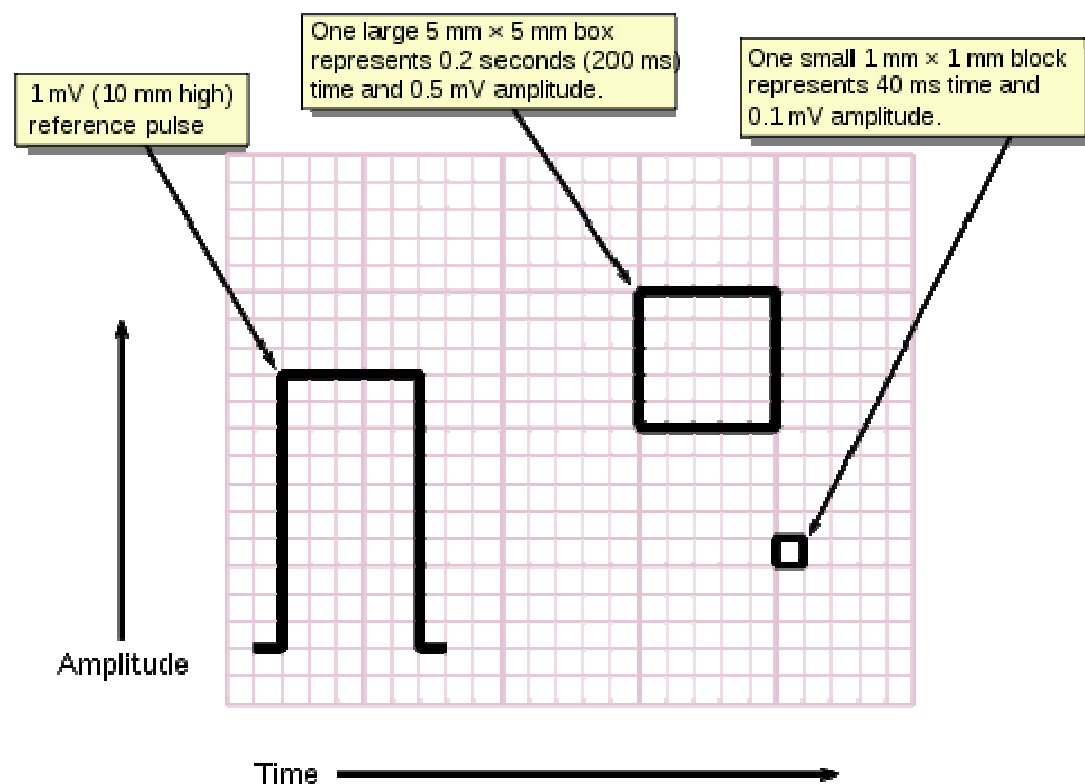
where:

$$j = \{1, 2, \dots, 6\}$$

$$V_{CT} = (V_L + V_R + V_F) / 3$$



Papier elektrokardiograficzny

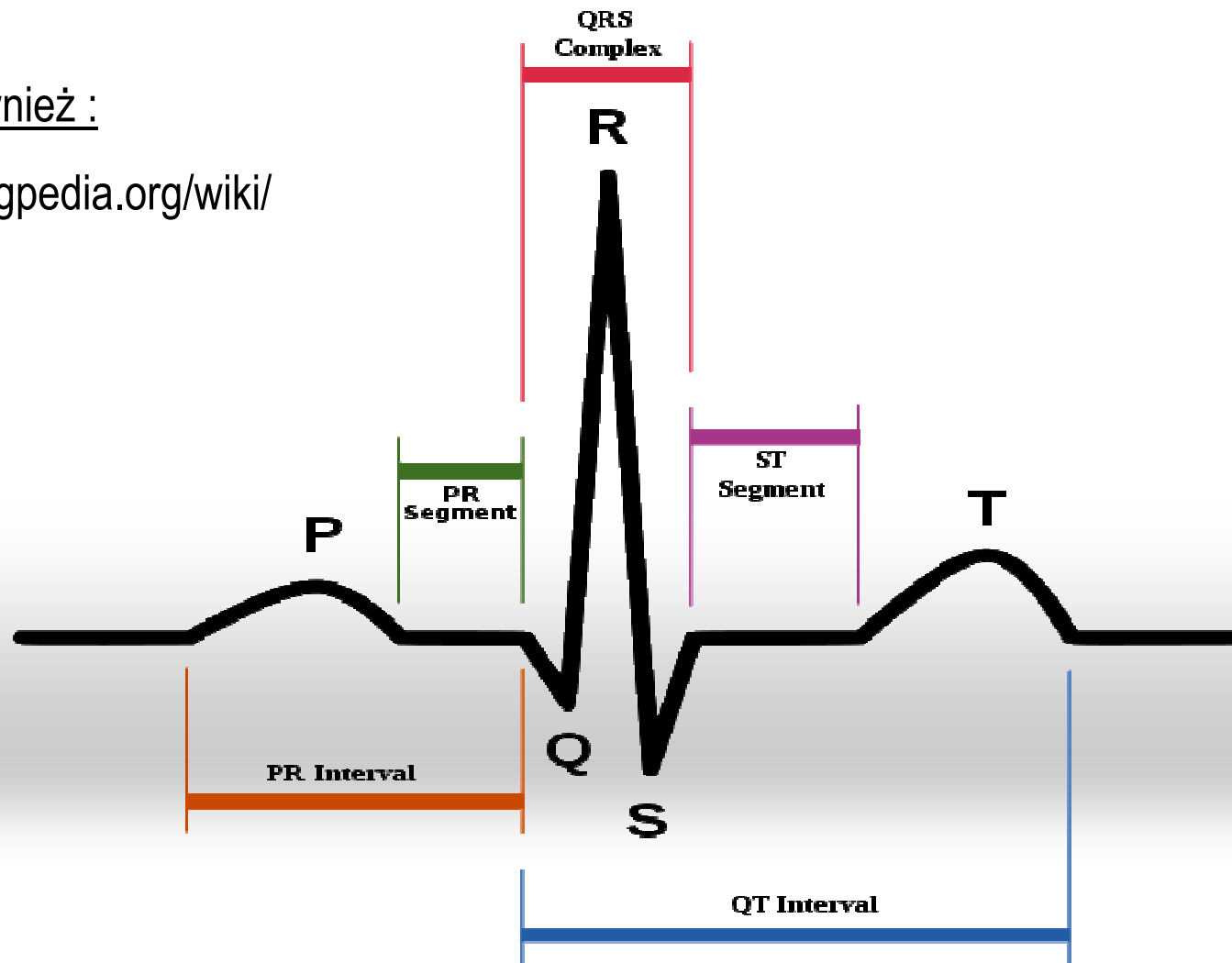




Krzywa EKG - interwały i segmenty

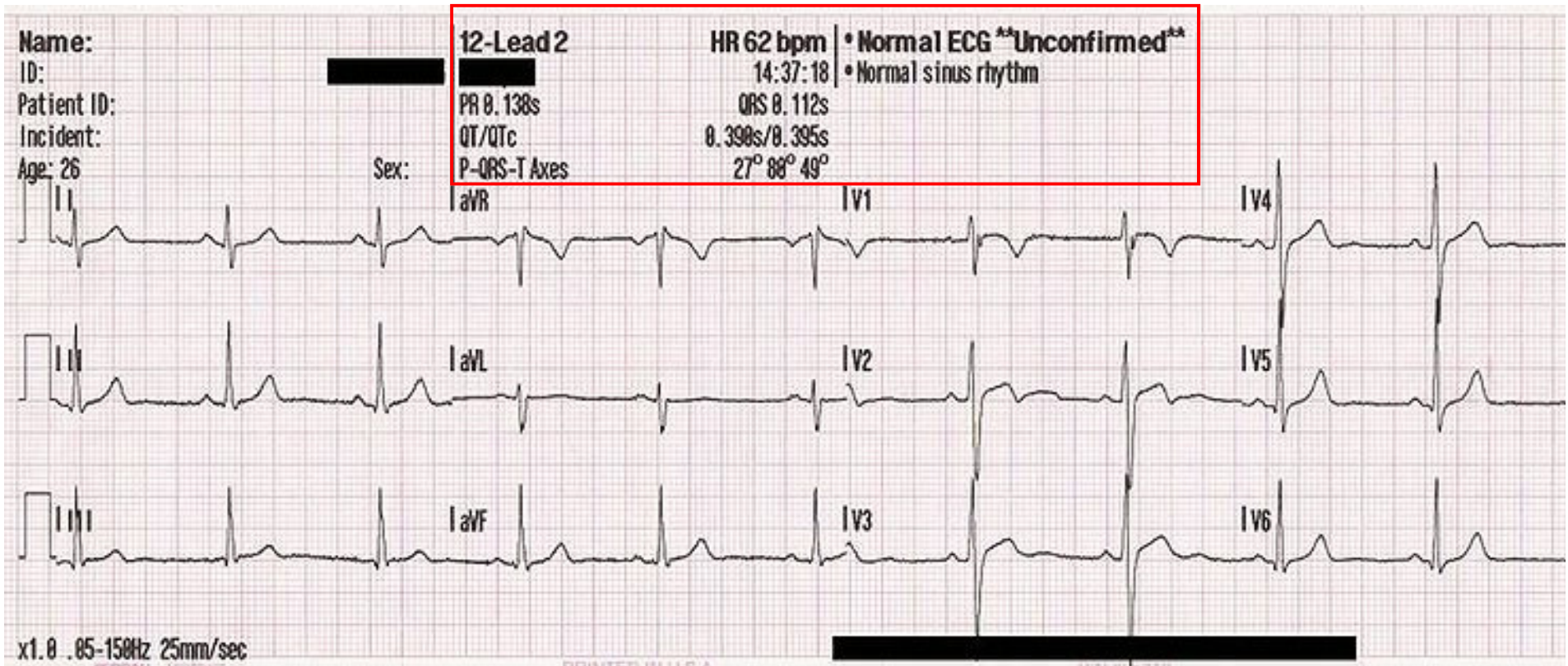
Zobacz również :

<http://en.ecgpedia.org/wiki/>



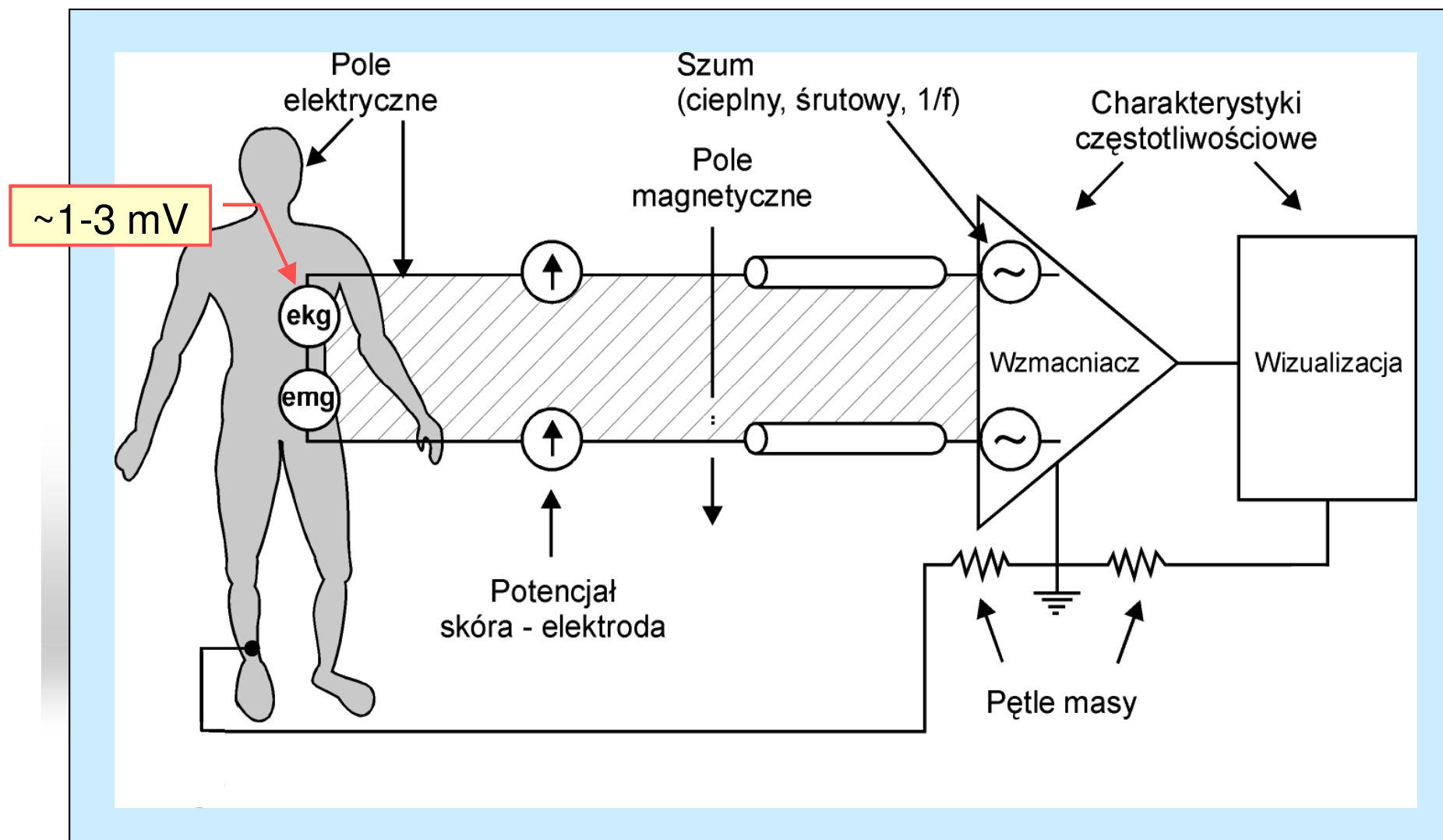


12 kanałowy zapis EKG - przykład



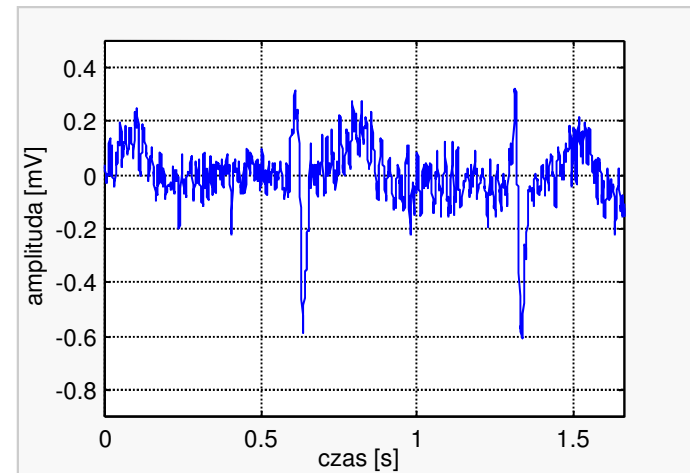
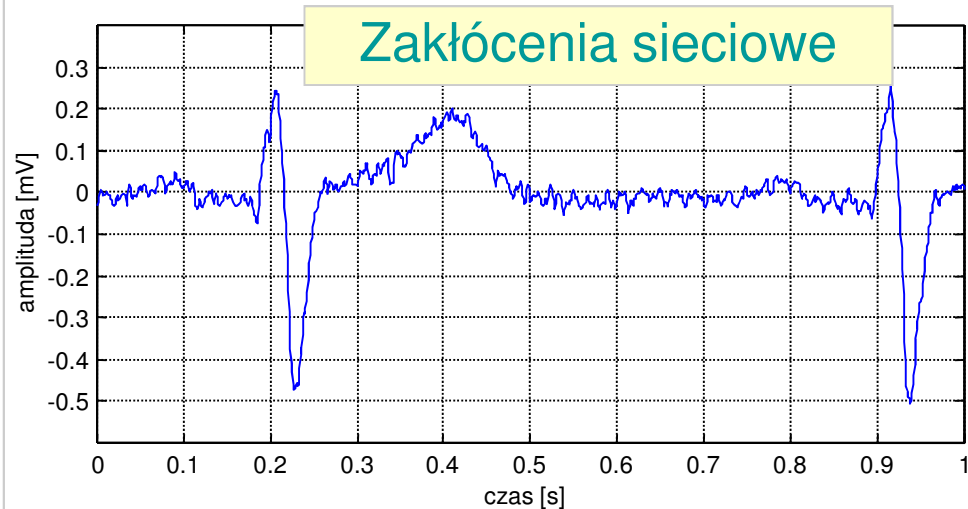
$$QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR(sec)}} \quad - \text{Interwał QT uwzględniający szybkość rytmu serca (zakres prawidłowy <0.3, 0.44>)}$$

Rejestracja EKG – źródła zakłóceń

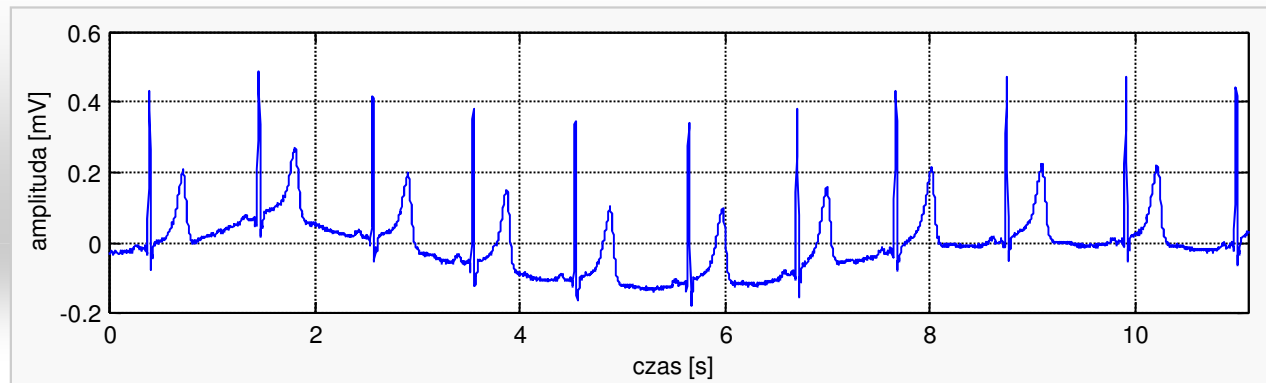




Przykłady zakłóceń EKG



Zakłócenia mięśniowe



Zakłócenia wolnozmiennne – tzw. pływanie linii



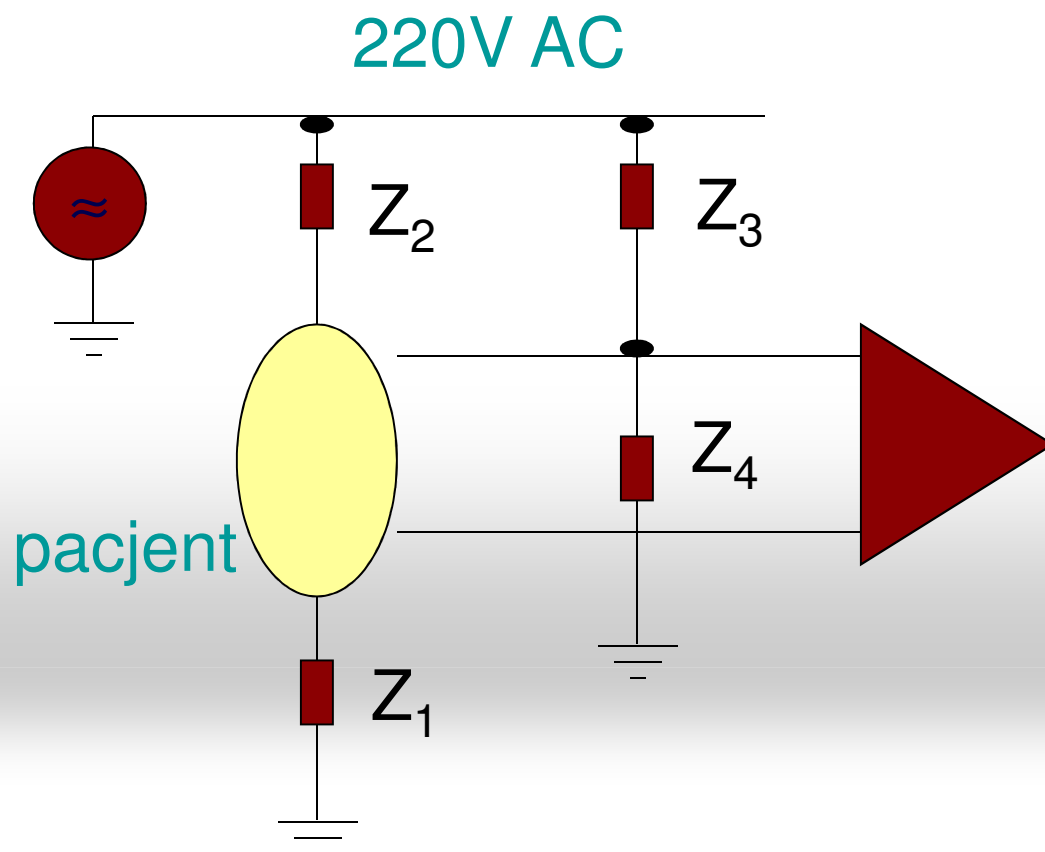
Zakłócenia sieci energetycznej

- Dominujące zakłócenie (pole bliskie)

$$\lambda/2\pi = 1000\text{km @ } 50\text{Hz}$$

- Pole elektryczne
- Pole magnetyczne

Zakłócenia - pole elektryczne

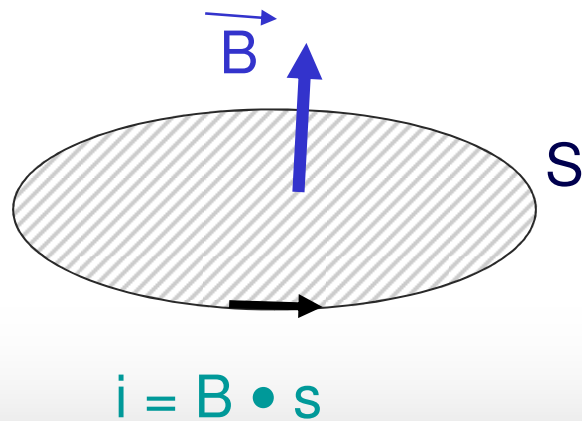


Ekranowanie

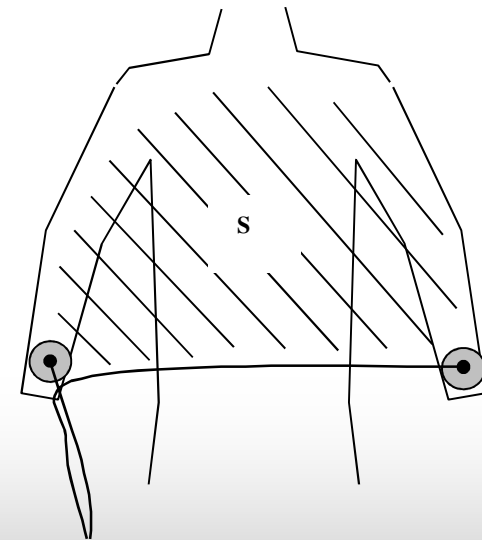
- przewodów pacjenta
- części wejściowej

Zakłócenia - pole magnetyczne

Zjawisko



Minimalizacja pola przekroju

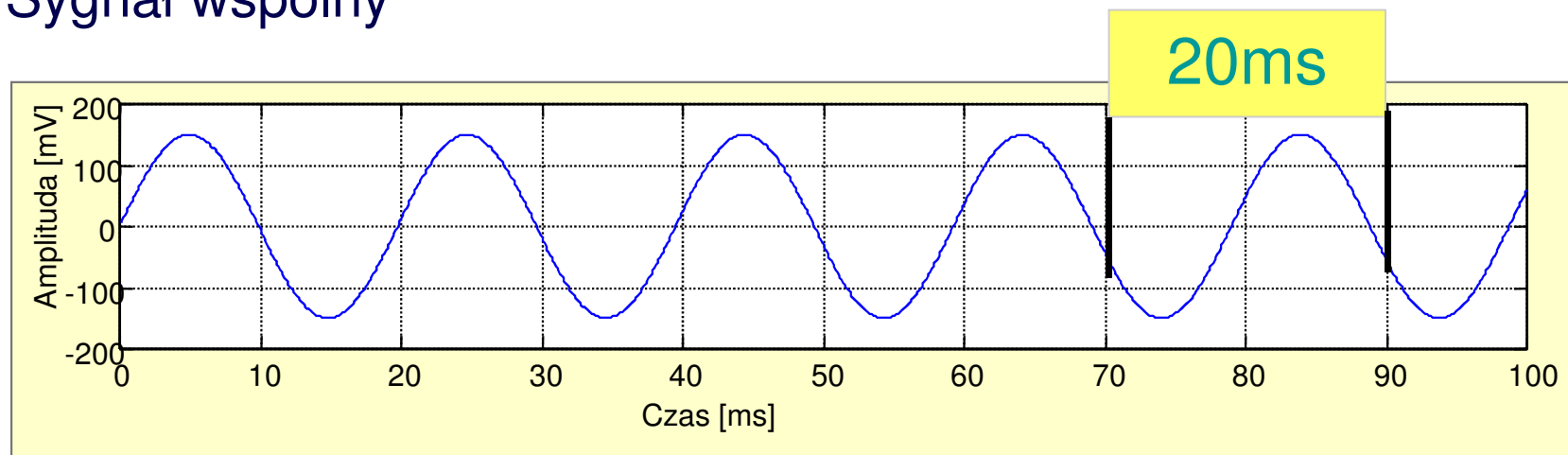


Pole przekroju
podczas pomiaru

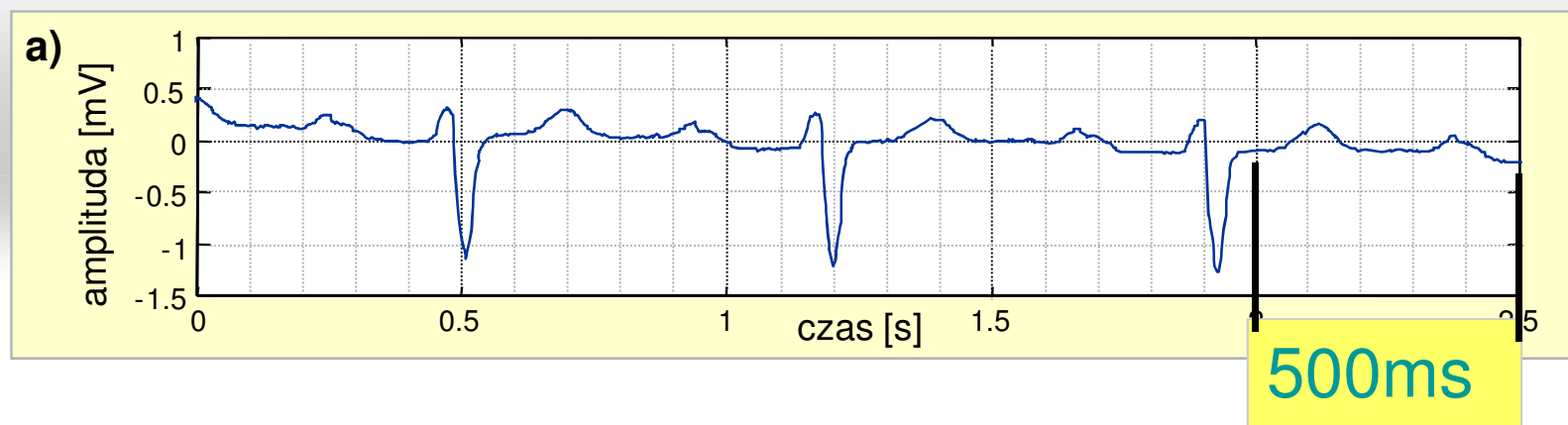


Zakłócenia sieci

Sygnał wspólny

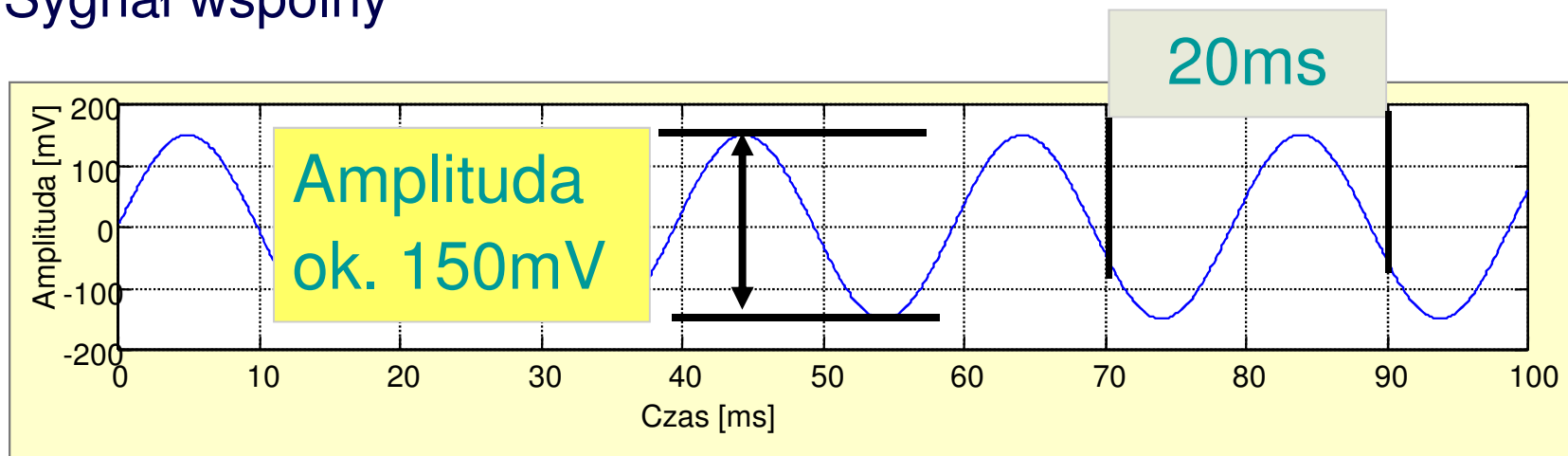


Sygnał różnicowy

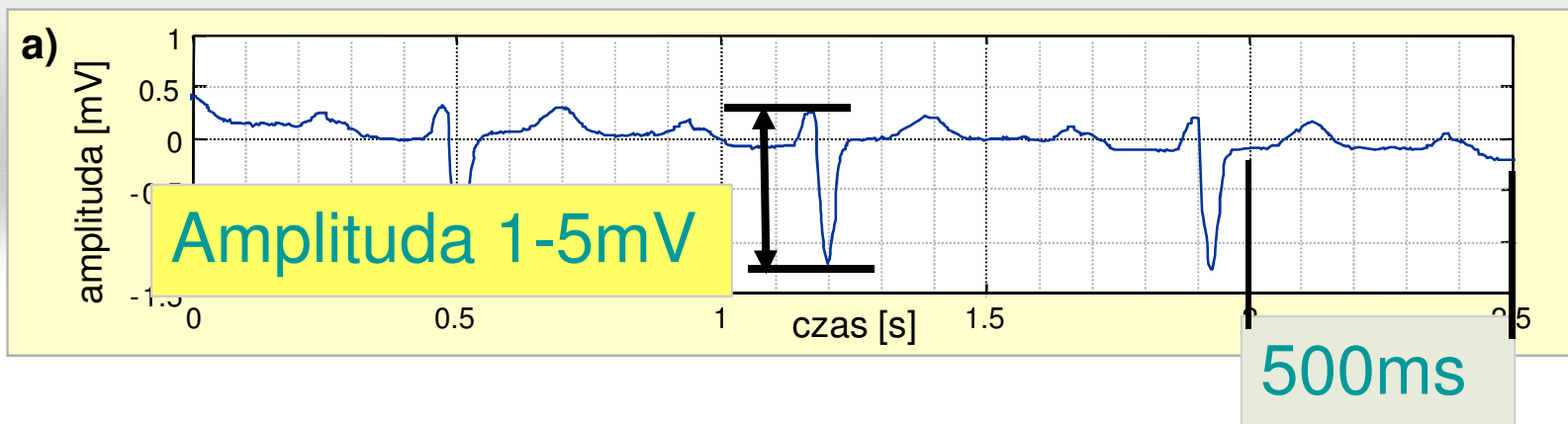


Zakłócenia sieci

Sygnał wspólny

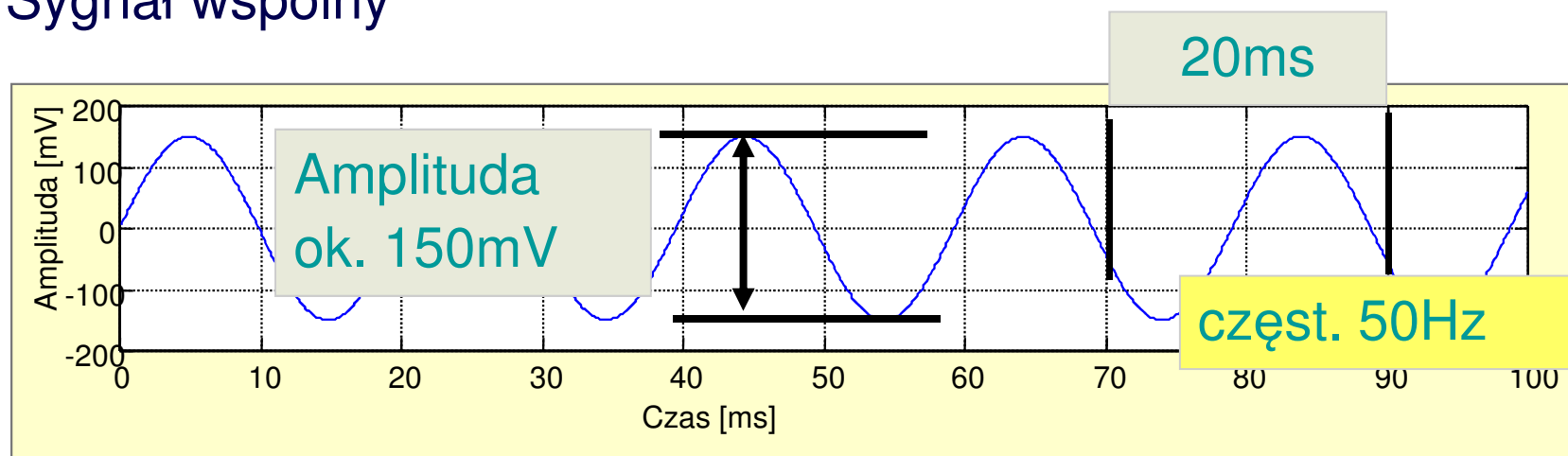


Sygnał różnicowy

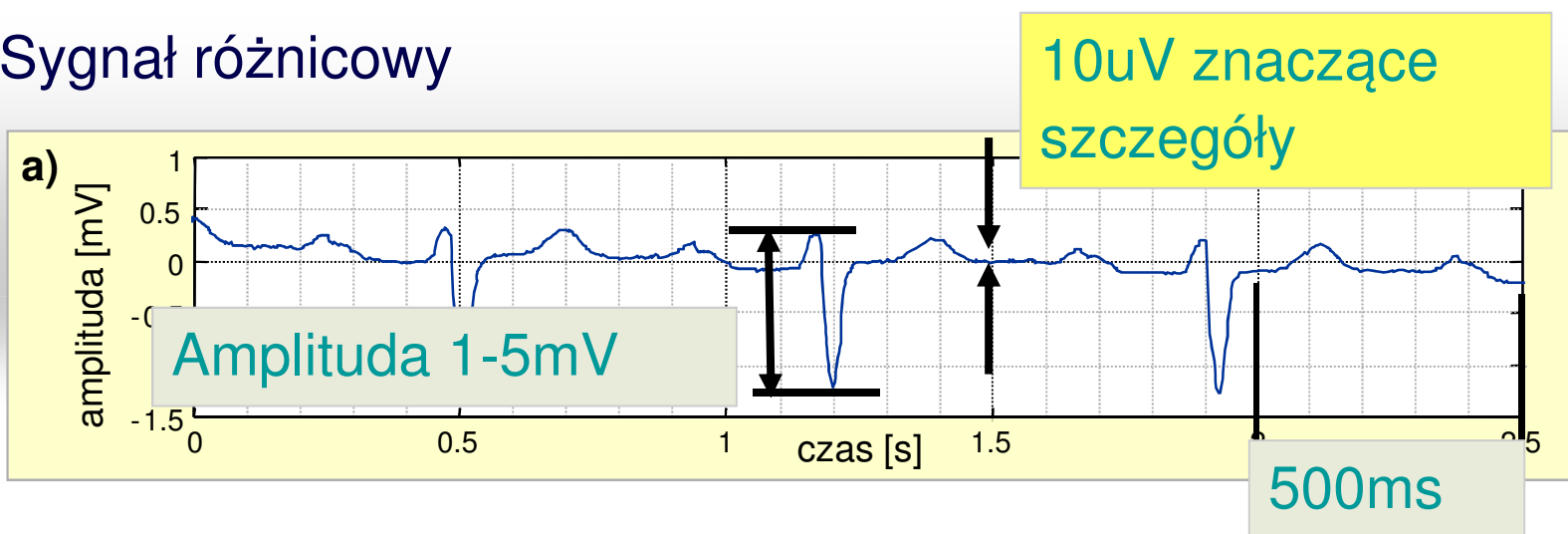


Zakłócenia sieci

Sygnał wspólny

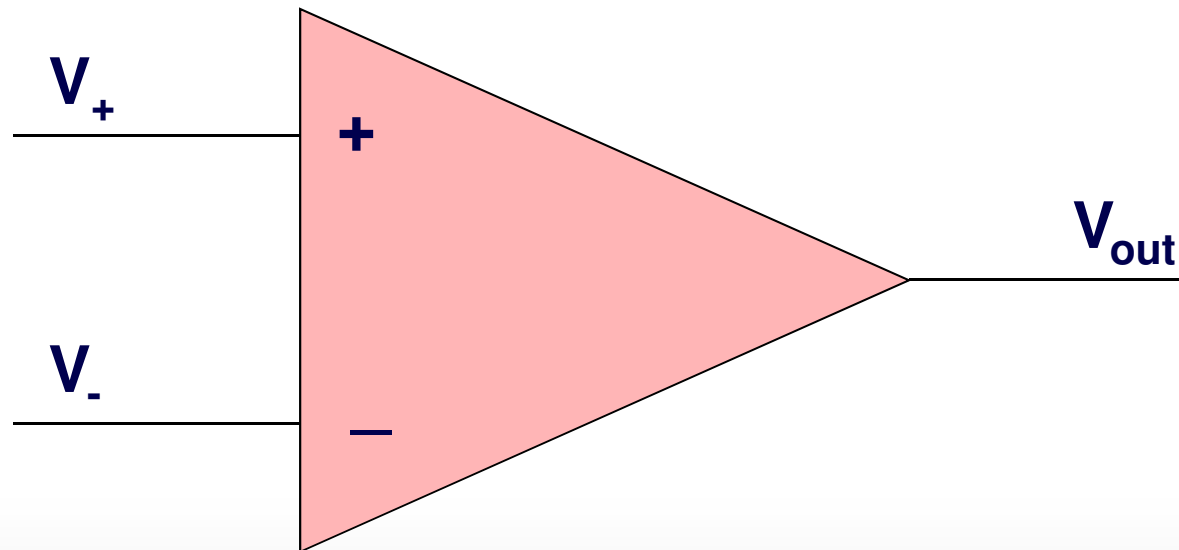


Sygnał różnicowy





Rzeczywisty wzmacniacz pomiarowy



$$V_{out} = k_u(V_+ - V_-) + CMRR(V_+ + V_-)$$

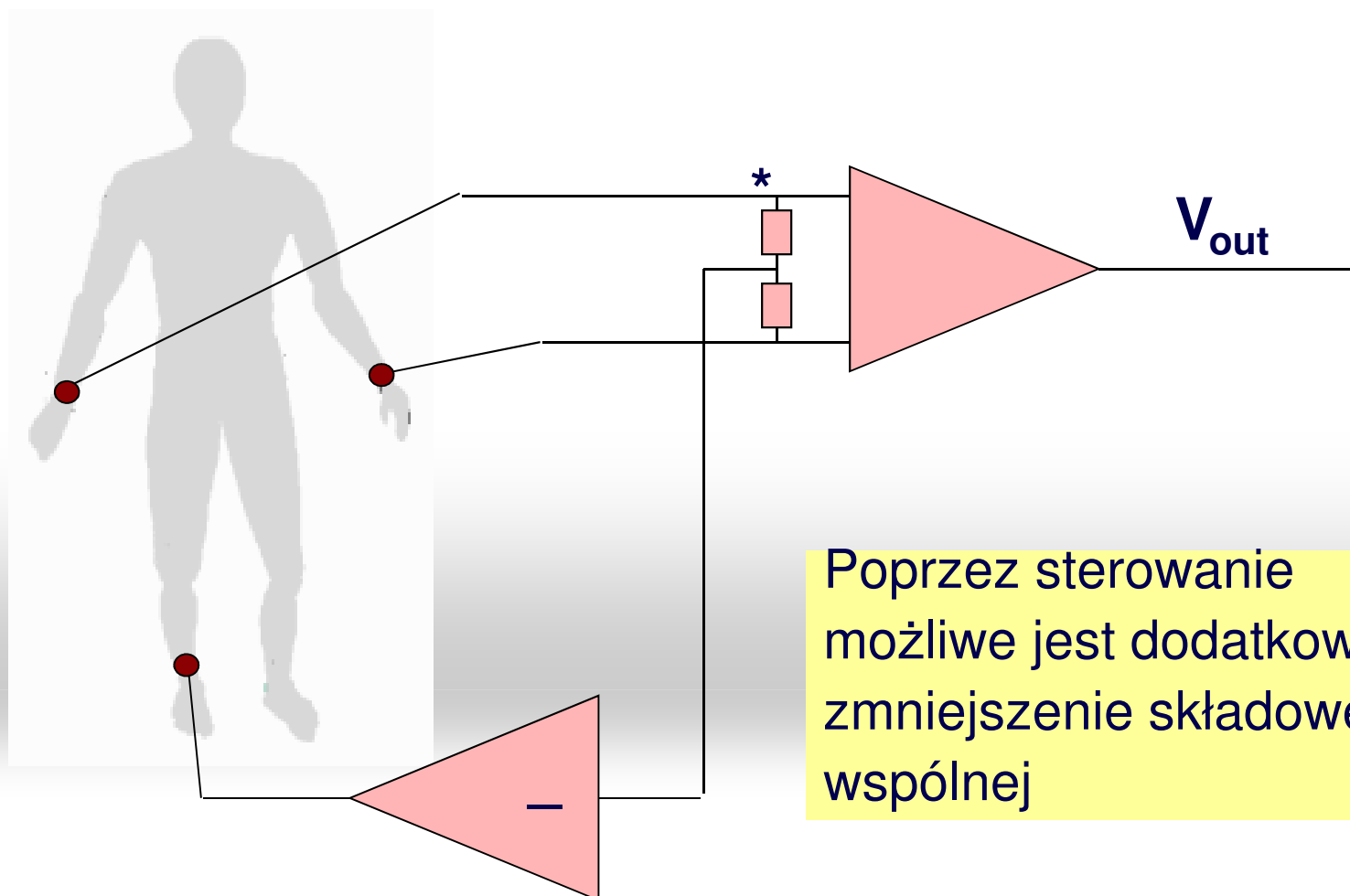
CMRR – [*ang. common mode rejection ratio*]

Współczynnik tłumienia składowej wspólnej

$$CMRR = 10e^{-5} - 10e^{-6}$$



Sterowanie „prawej nogi”





Bezpieczeństwo podczas pomiarów

Zagrożenia

- Kontakt urządzeń elektrycznych z pacjentem
- Mała rezystancja przejścia (specjalizowane elektrody z żelazem)
- Możliwość uszkodzenia urządzenia

Nawet uszkodzone urządzenie nie powinno stanowić zagrożenia dla pacjenta!



Bezpieczeństwo podczas pomiarów

Wymagania

- dopuszczalny prąd podczas normalnej pracy 0.1mA
- dopuszczalny prąd podczas awarii pojedynczego elementu 1mA
- szczegółowe przepisy dotyczące ochrony przeciwporażeniowej oraz normy dotyczące aparatury biomedycznej

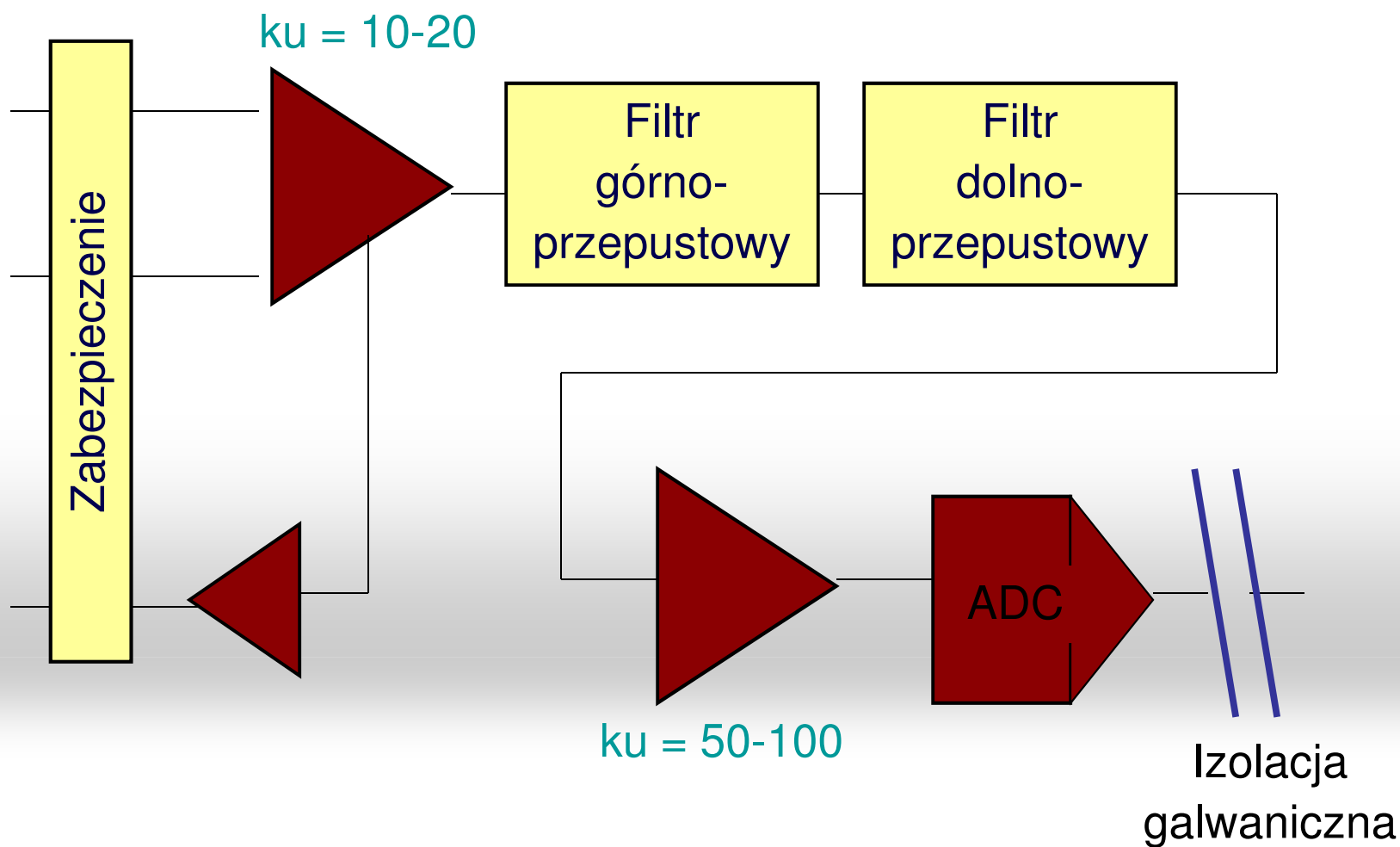


Stosowane środki bezpieczeństwa

- Izolacja galwaniczna
 - transoptory (sygnał analogowy, cyfrowy)
 - wzmacniacze izolacyjne
 - przetwornice DC-DC (zasilanie)
 - ograniczenie prądu pacjenta
(rezystory szeregowe na wejściu)
 - małe napięcie zasilania (3V, 6V)
 - zasilanie bateryjne (urządzenia przenośne)
- brak elementów przewodzących, do których mógłby się dotknąć pacjent



Aparat pomiarowy EKG





Zaburzenia w pracy serca - arytmie

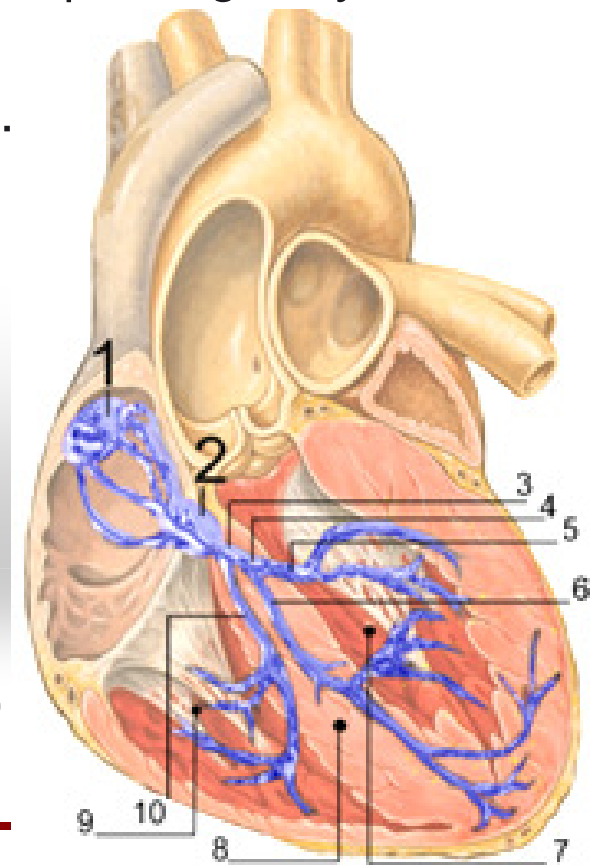
Zaburzenia w pracy serca nazywamy **arytmiami**.

Arytmie można dzielić względem ich umiejscowienia w sercu:

- Przedsionki (migotanie i trzepotanie przedsionków, patologiczny stymulator)
- Węzeł przedsionkowo-komorowy (tachykardia, ...)
- Komory serca (przedwczesny skurcz komorowy, migotanie komór, węzły ektopowe)

Bloki przewodzenia:

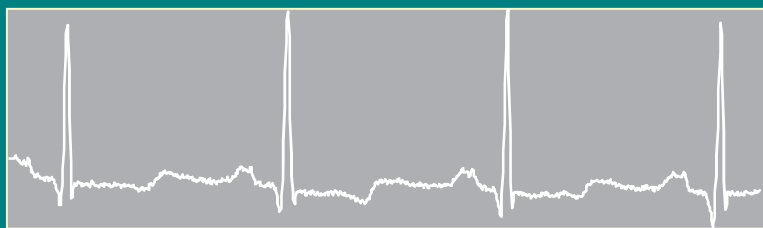
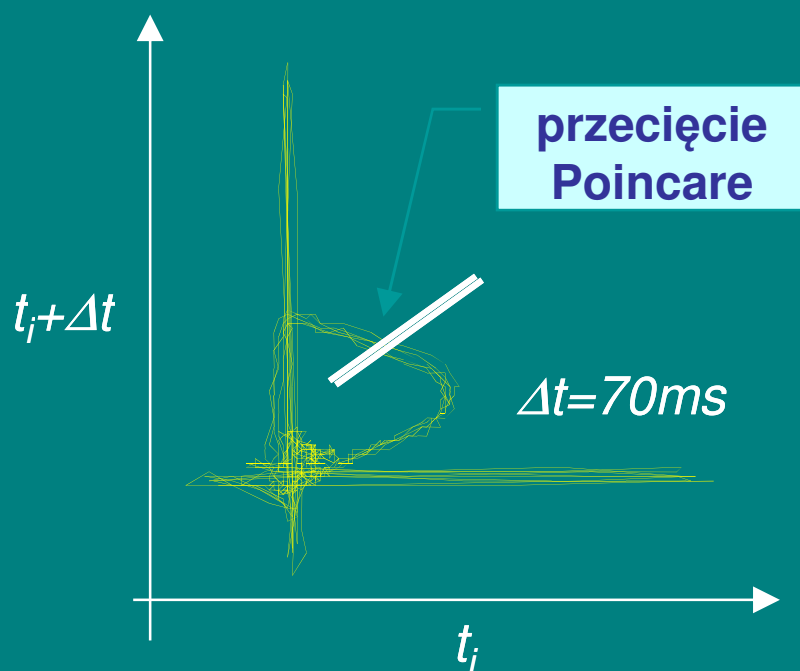
- Pierwszego stopnia (w przedsionkach)
- Drugiego stopnia (między przedsionkami i komorami)
- Trzeciego stopnia (w komorach, e.g. bloki gałęzi)



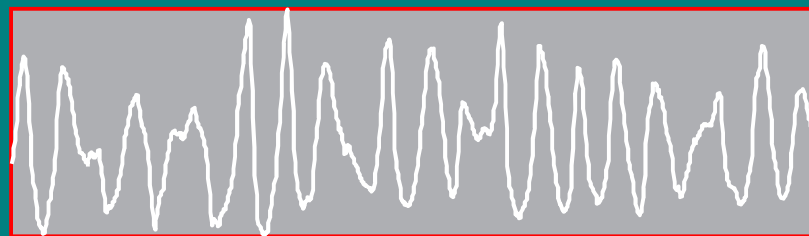
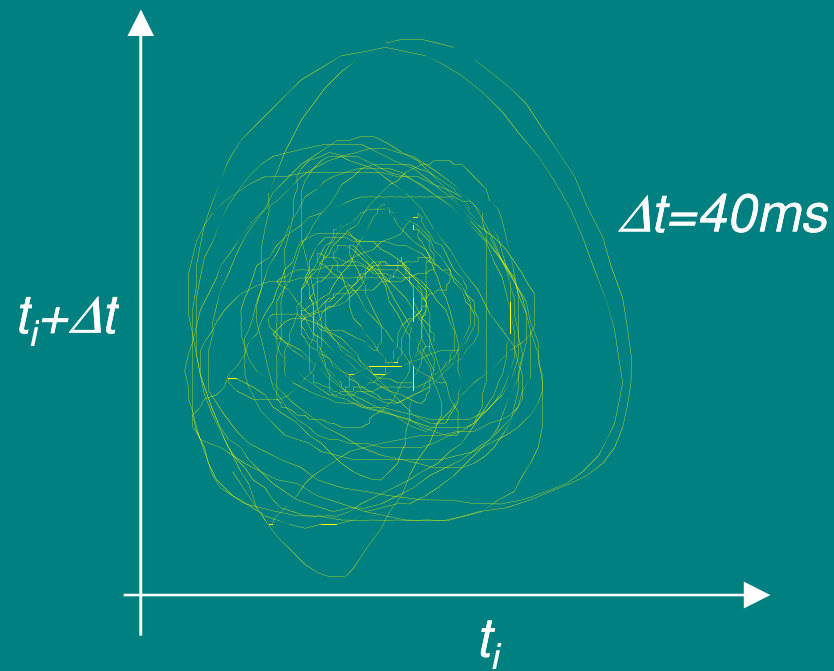


Trajektorie fazowe utworzone z sygnału EKG

Rytm prawidłowy

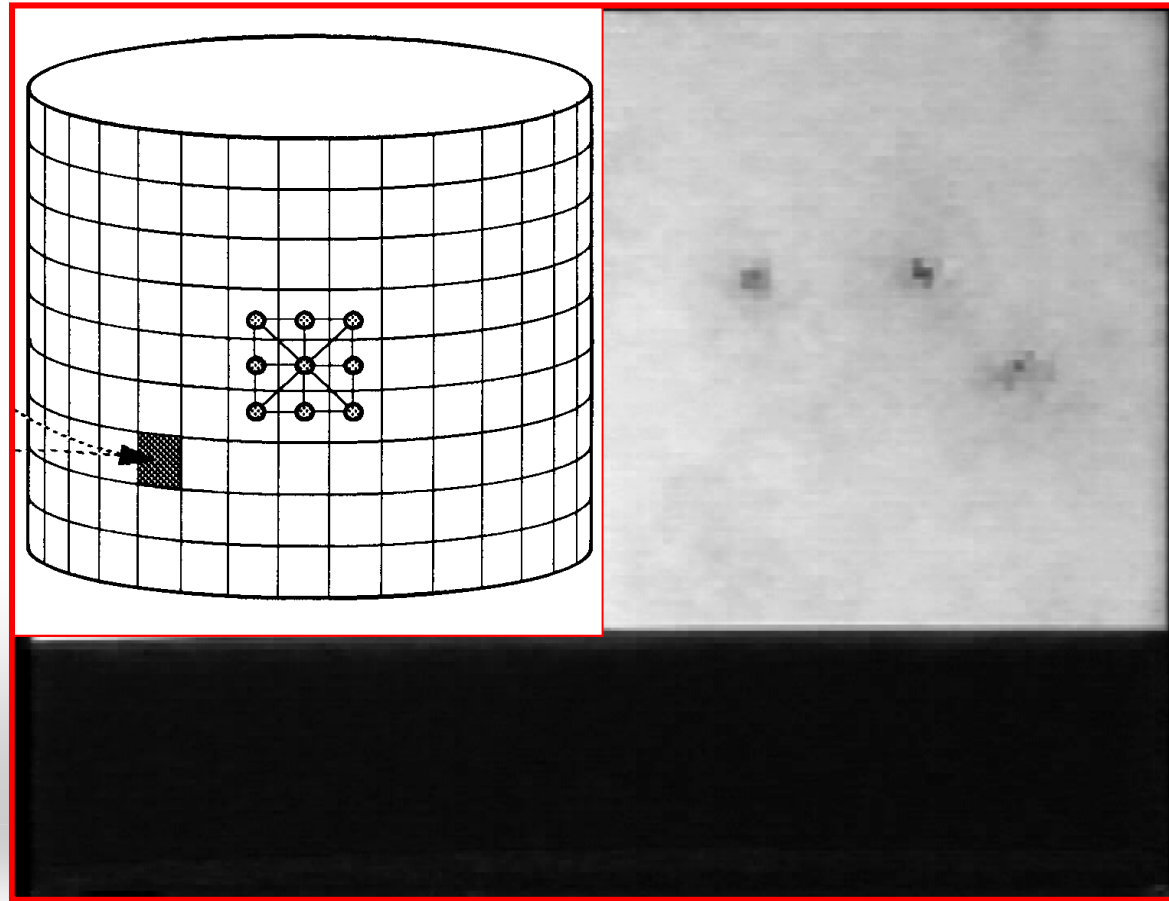


Migotanie komór serca





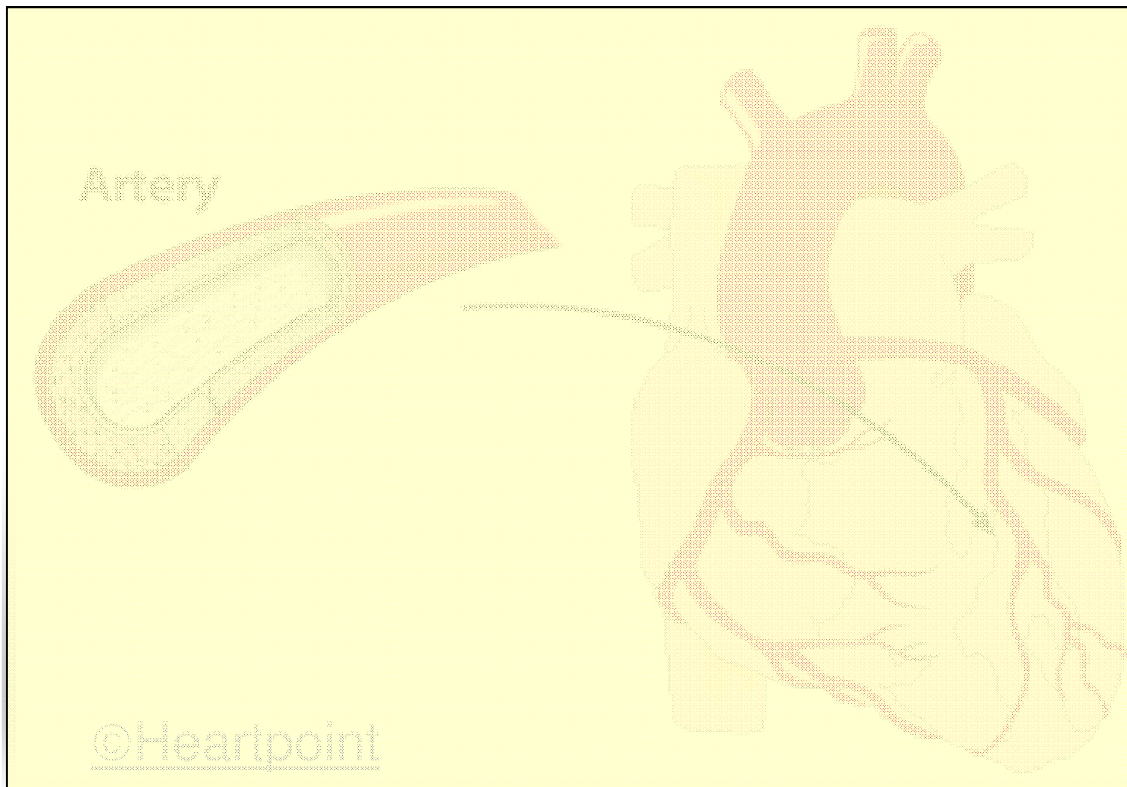
Model pobudzenia elektrycznego tkanki mięśniowej serca



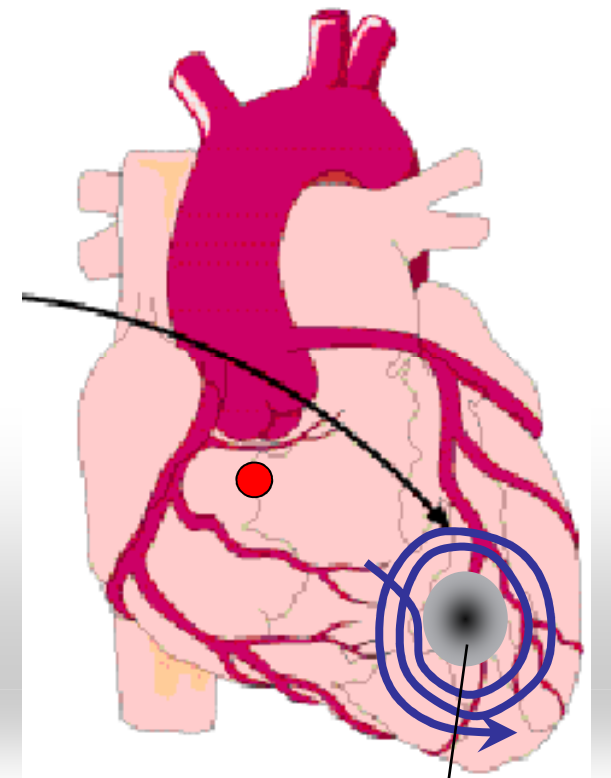
Rytm normalny



Skutki niedokrwienie mięśnia sercowego – atak serca



100 000 ataków serca rocznie w Polsce!



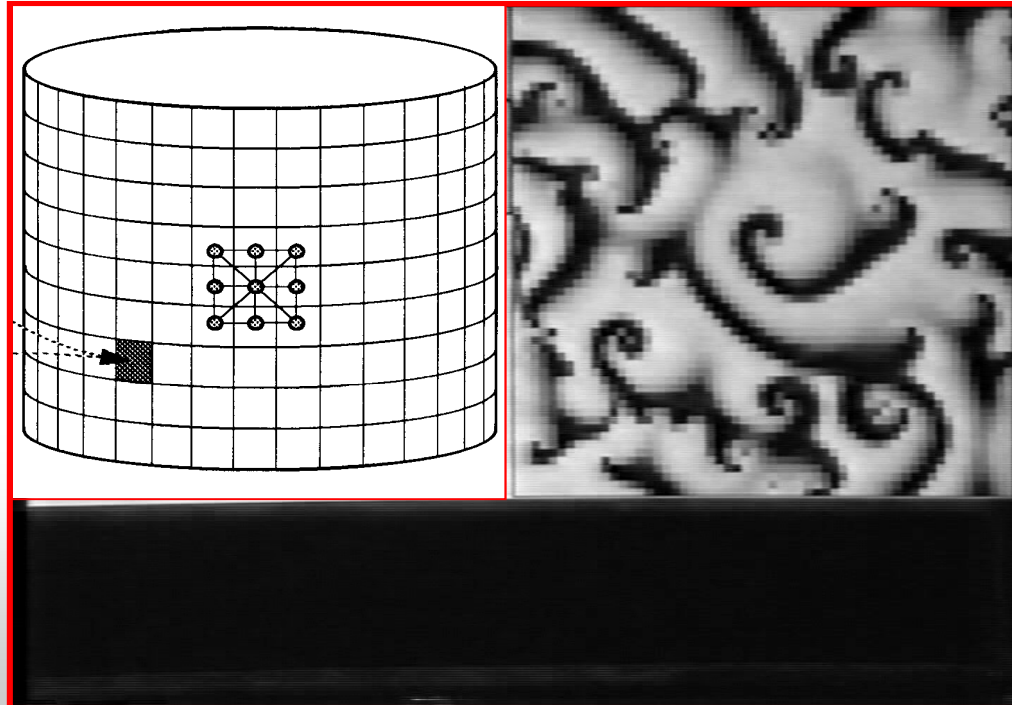
**Obszar
niedokrwienia**



Migotanie komór – atak serca

P. Strumiłło, Elektronika Medyczna, IE, PŁ

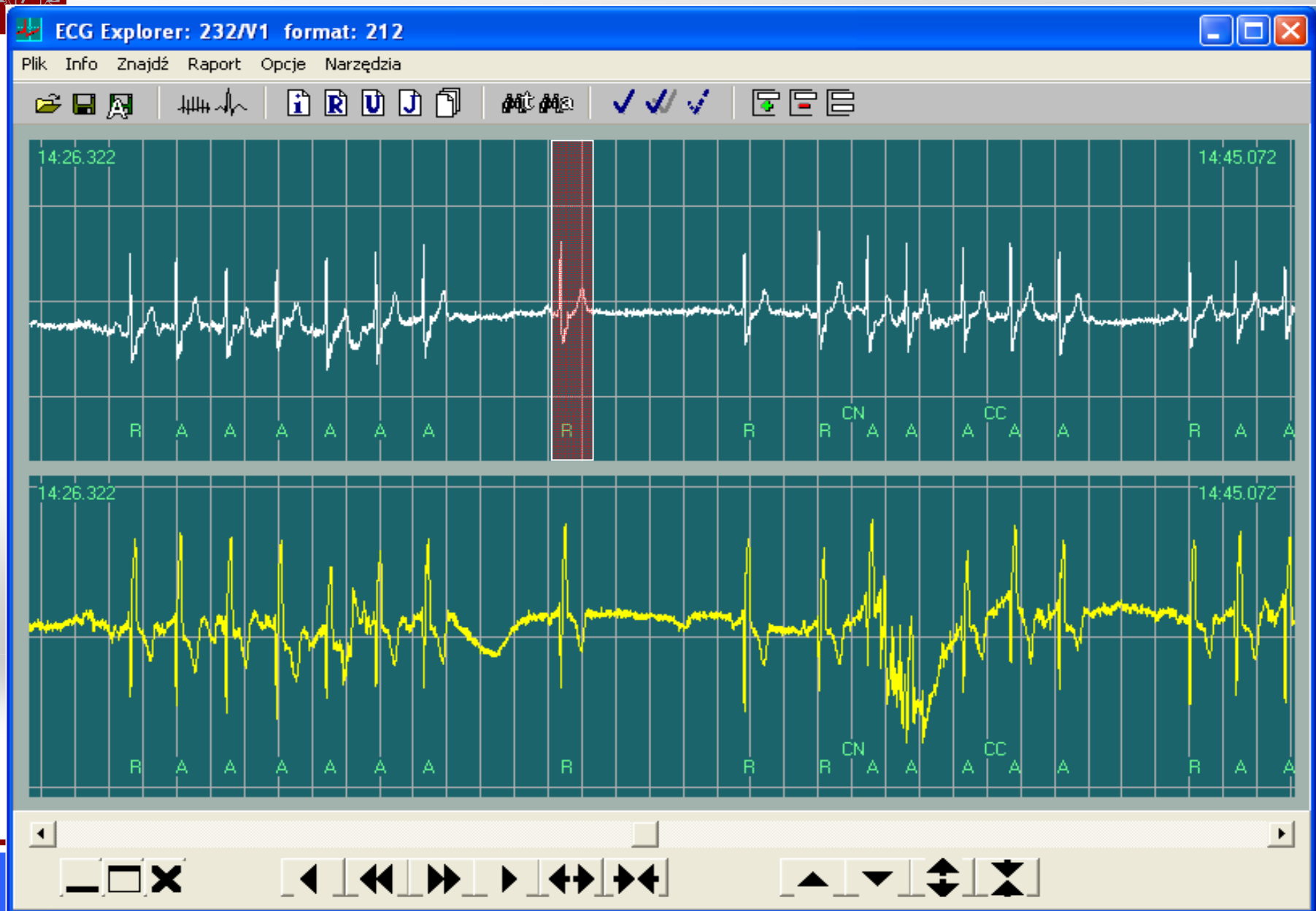
45



Migotanie komór



MIT-BIH Explorer demo



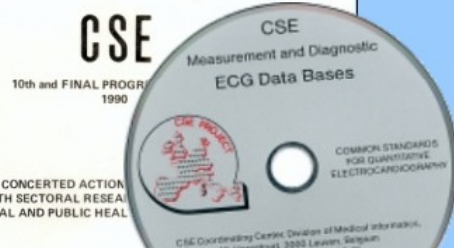


„Wytwarzanie sygnału EKG na podstawie zapisów cyfrowych – „sztuczny pacjent”

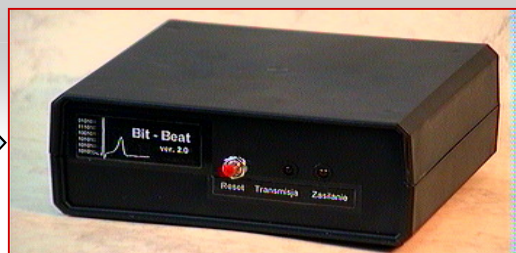
P. Strumiłło, Elektronika Medyczna, IE, PŁ

47

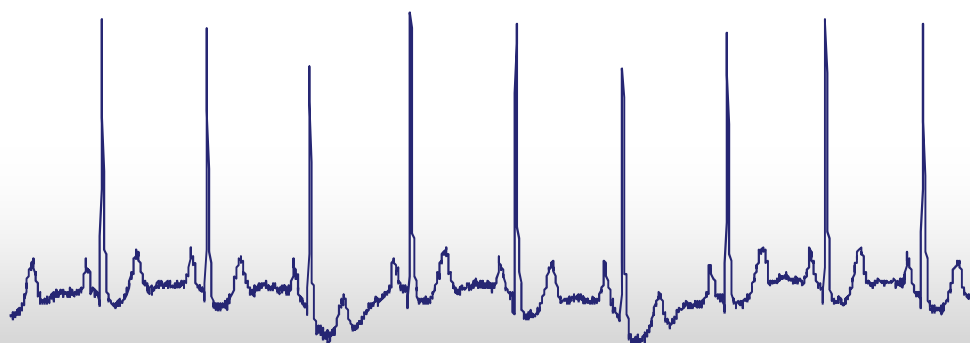
**Zapisy cyfrowe
sygnałów EKG**



...100110011010...



System wykonany dla ITAM Zabrze



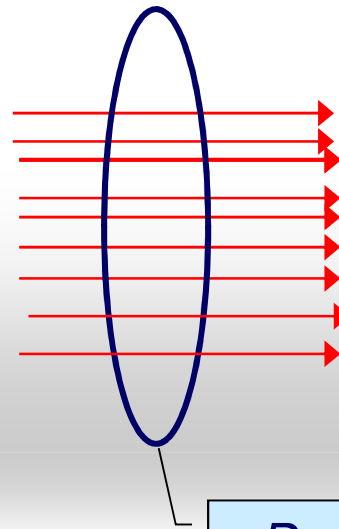
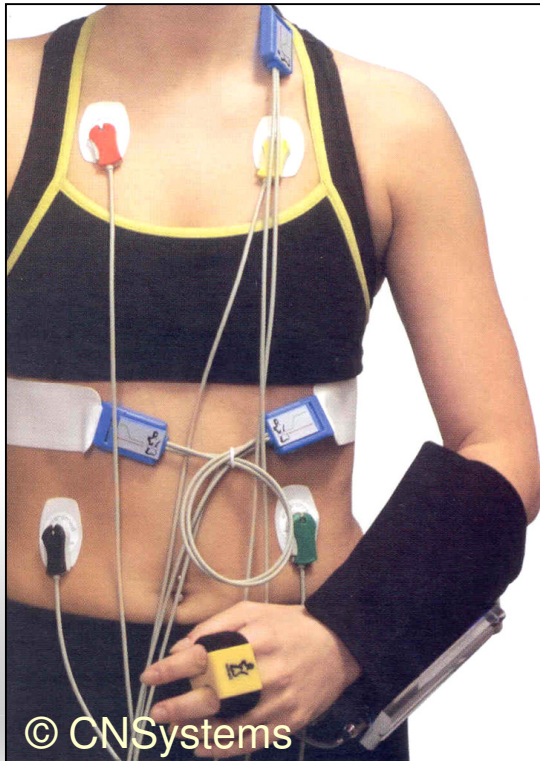
Analogowy sygnał EKG



Wielokanałowe EKG – duża liczba przewodów

P. Strumiłło, Elektronika Medyczna, IE, PŁ

48



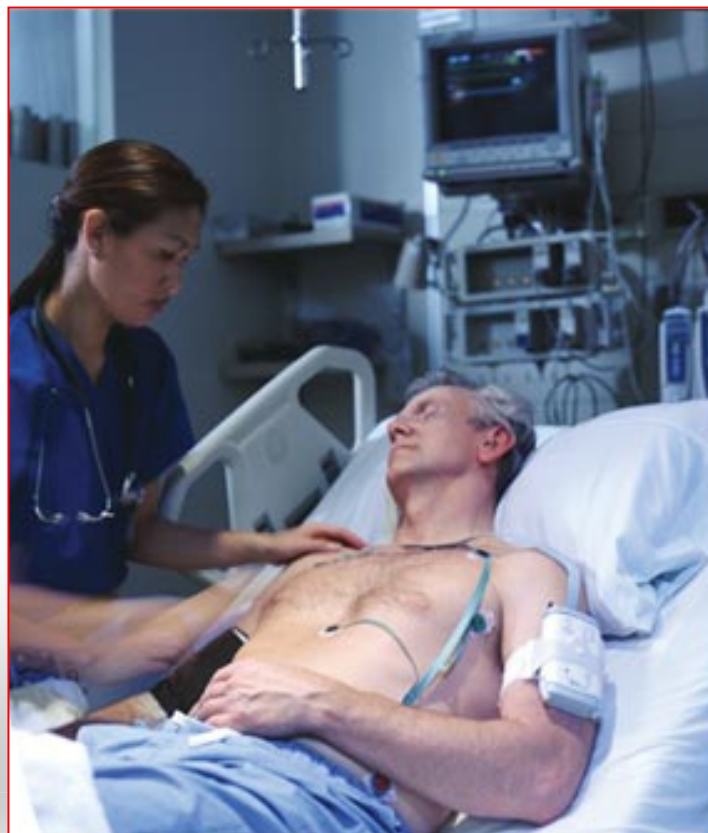
*Duża liczba
przewodów*



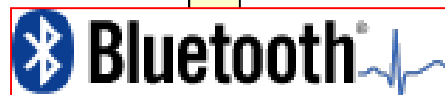
©Schiller



Bezprzewodowa rejestracja EKG



Transeiver stacji bazowej



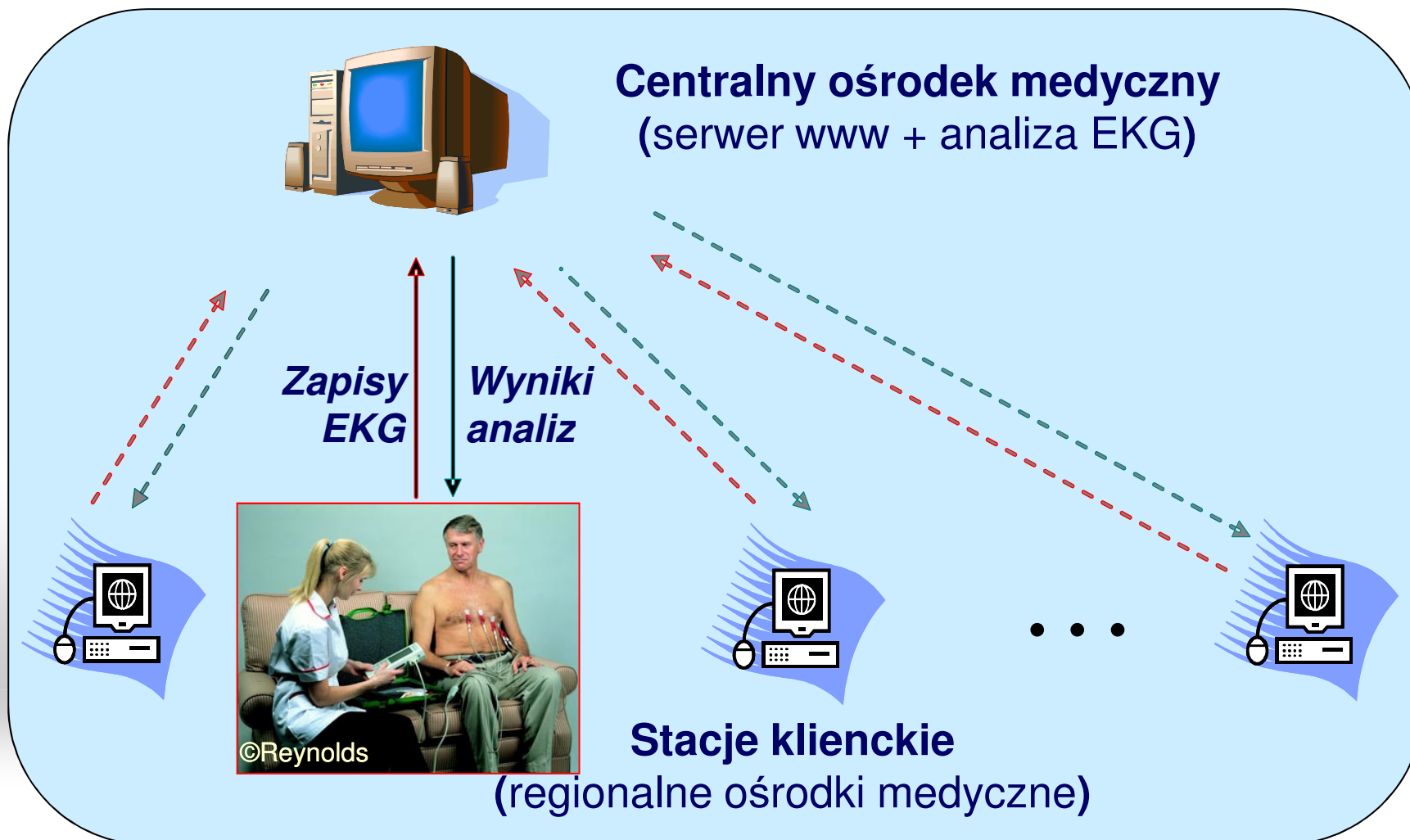
Transeiver pacjenta

Jednorazowe elektrody



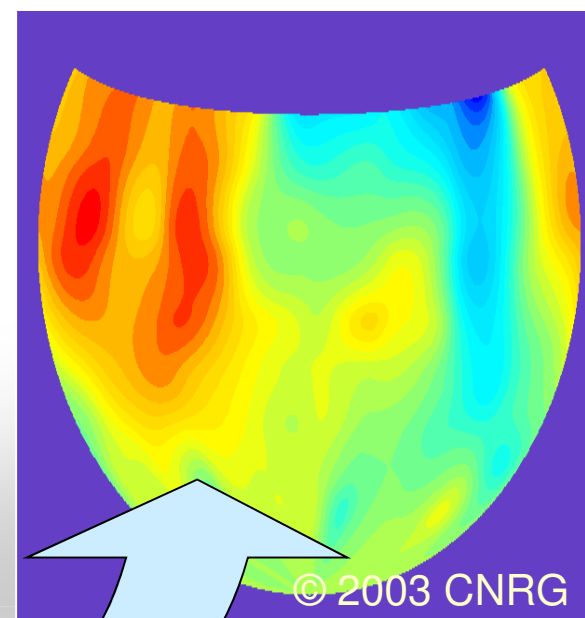
System LifeSync© ECG

System telekardiologiczny



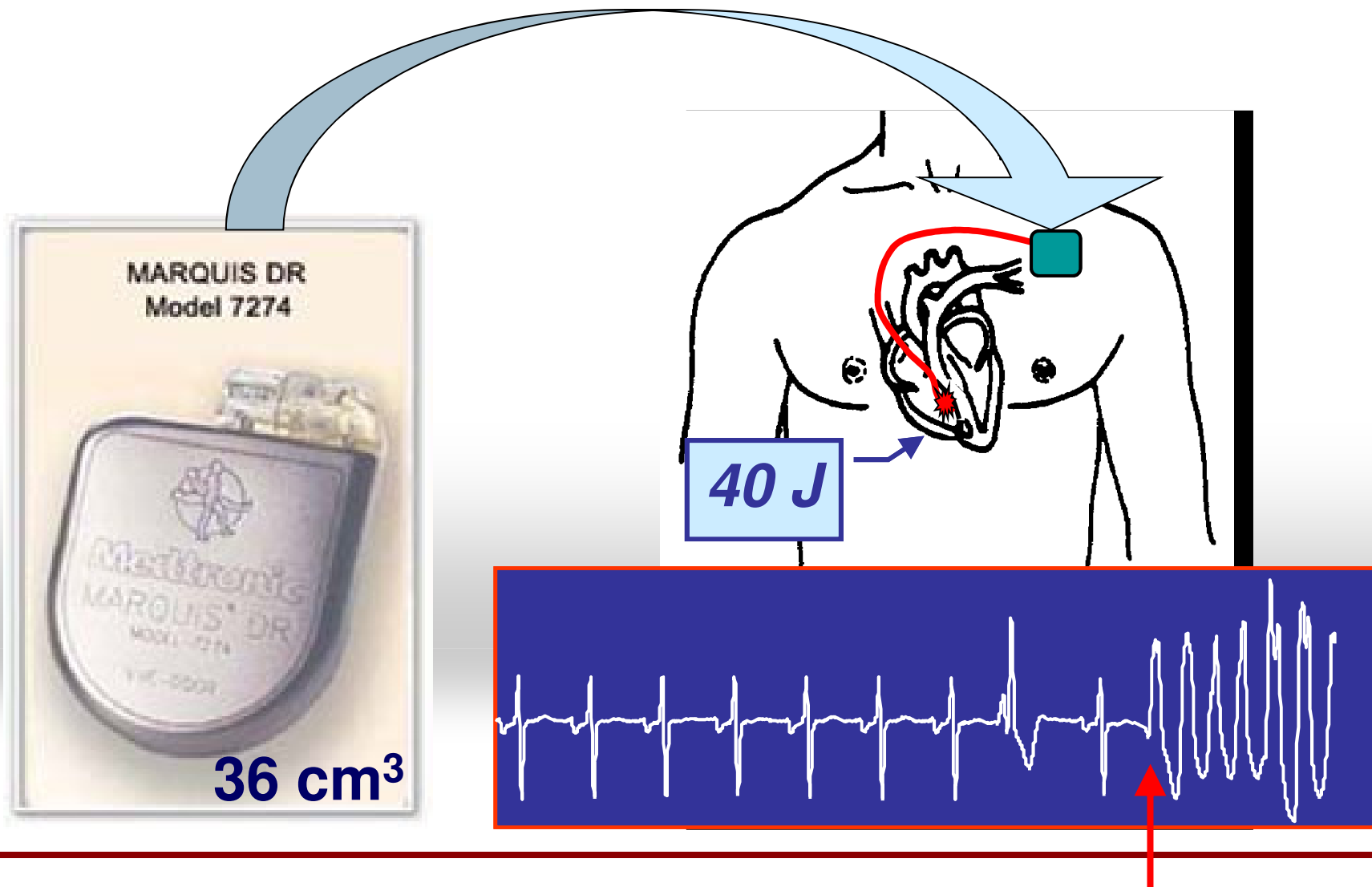


Mapa czynności elektrycznej serca





Implantowany defibrylator

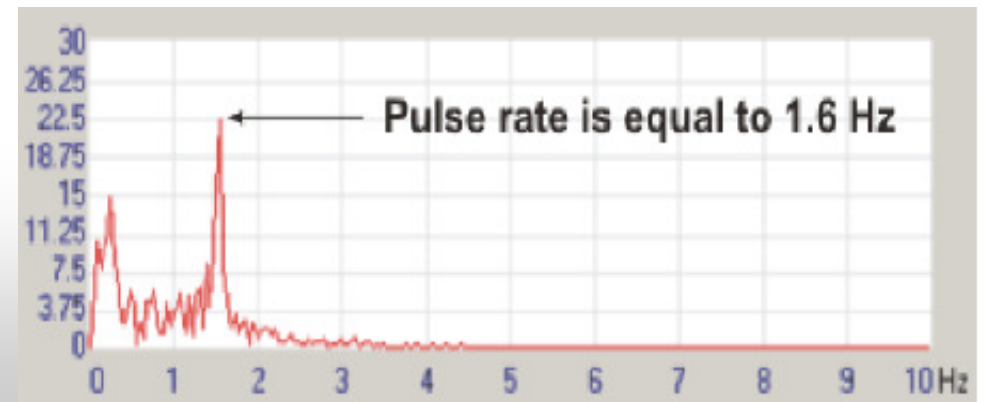
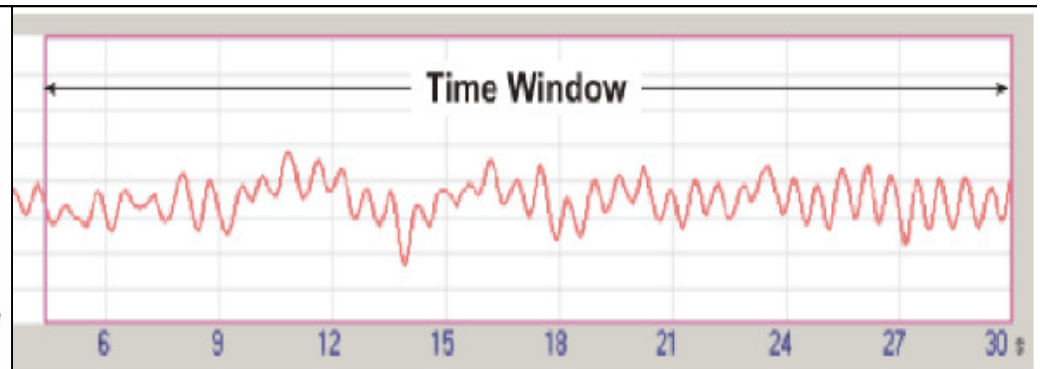
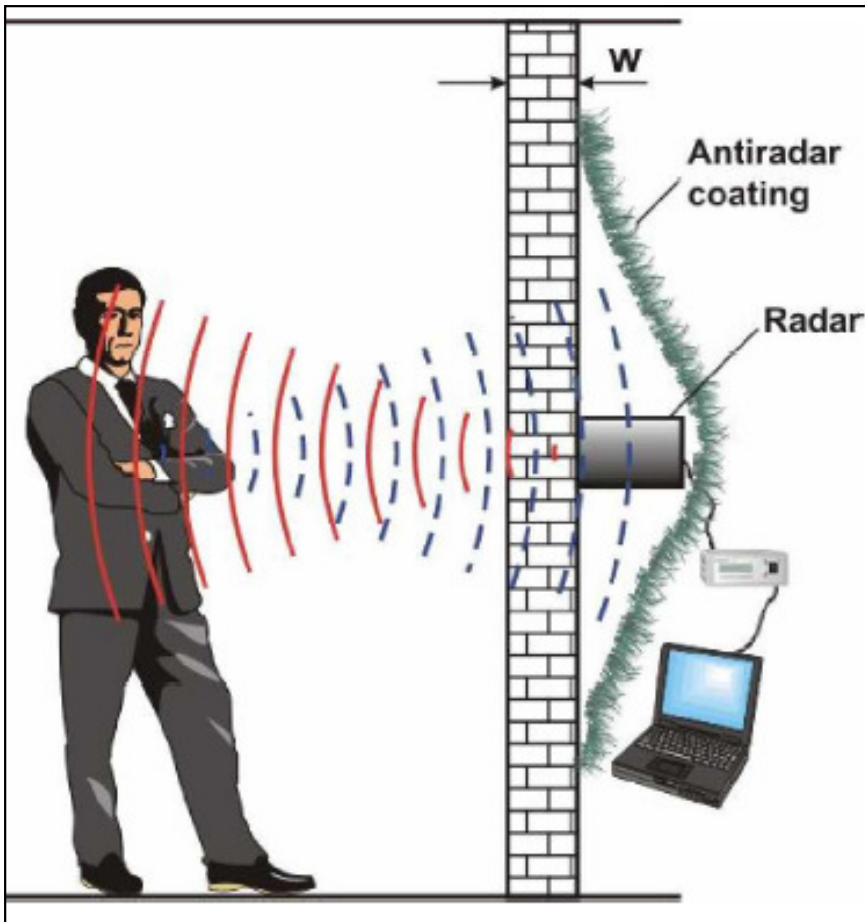




Zdalna detekcja rytmu serca za pomocą radaru

P. Strumiłło, Elektronika Medyczna, IE, PŁ

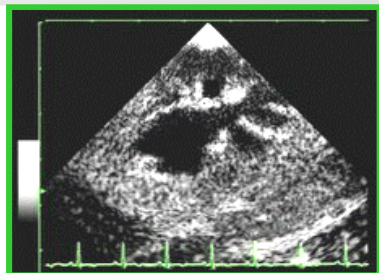
53



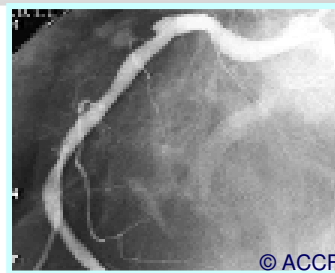
**Detection of Human Breathing and
Heartbeat by Remote Radar**
S. Ivashov, V. Razevig, A. Sheyko, I. Vasilyev
Remote Sensing Laboratory, RUSSIA



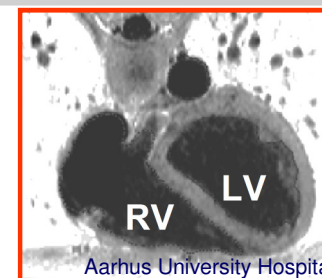
Metody diagnostyczne w kardiologii



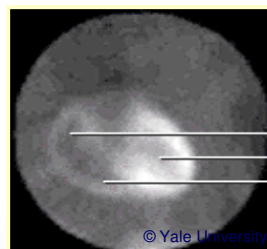
Echokardiografia



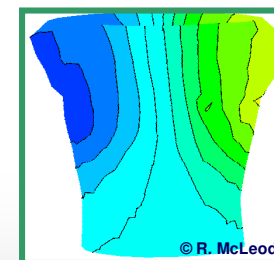
Koronarografia



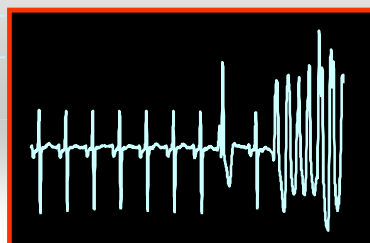
MRI



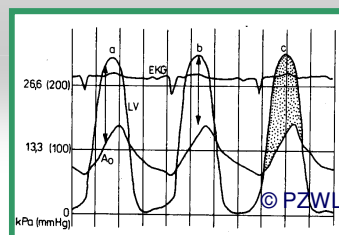
Badania radioizotopowe



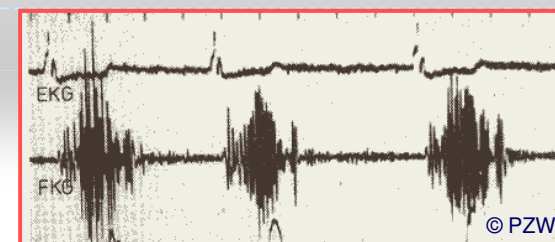
BSM



EKG – zapis aktywności elektrycznej serca



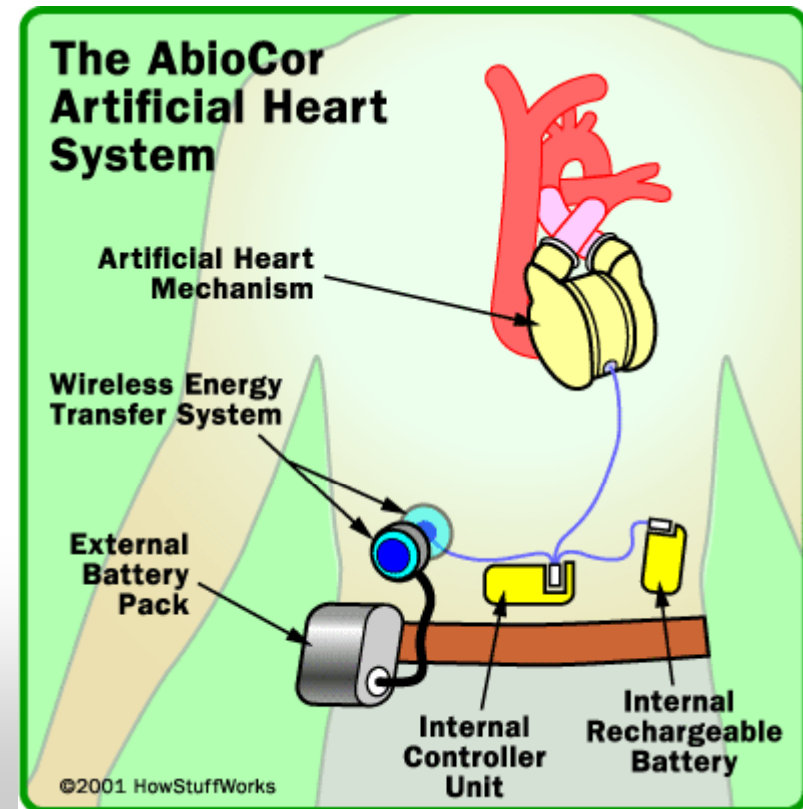
Badania hemodynamiczne



Fonokardiografia



Sztuczne serce



polskie sztuczne serce

<http://www.sztuczneserce.pl/>