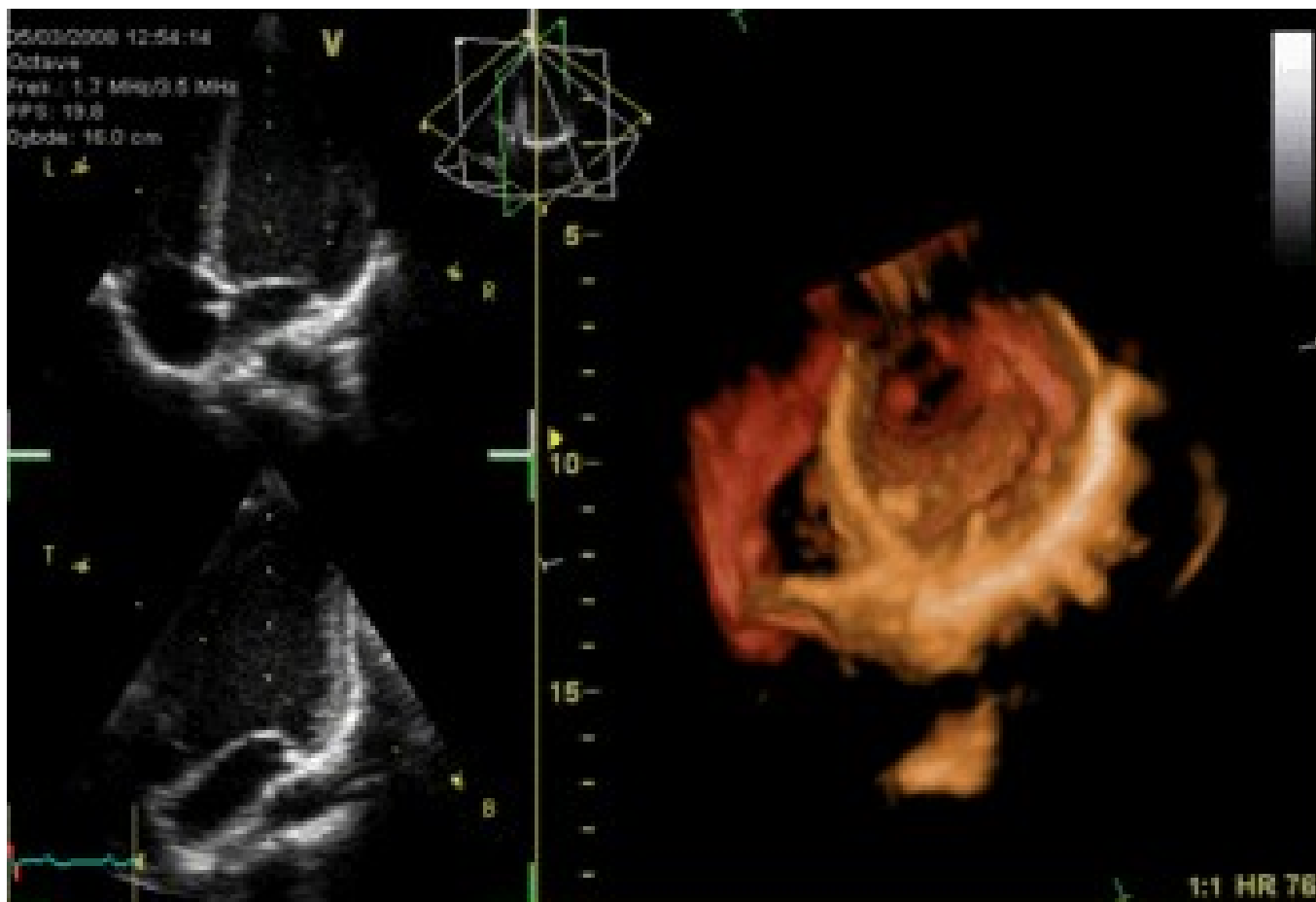




Elektroniczna Aparatura Medyczna 2019

Mateusz Moderhak


Ultrasonografia:



Ultrasonografia:


- metoda diagnostyczna wykorzystująca zjawisko echa powstającego w wyniku odbicia fal ultradźwiękowych od granicy narządów i tkanek;



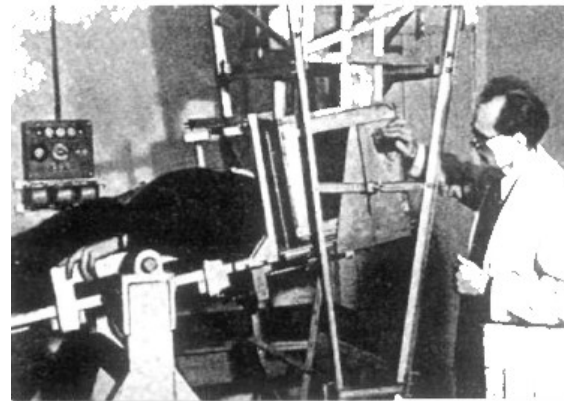
- 
- Wykorzystanie zjawiska odbicia fali ultradźwiękowej na granicy ośrodków o różnych gęstościach pozwala na ocenę wielkości, kształtu i struktury narządów wewnętrznych, a w szczególności różnicowanie zmian o charakterze litym od zmian o charakterze płynowym
 - Do obrazowania wykorzystywana jest część odbita fali w postaci tzw. Powracającego echa, które analizowane jest pod kątem położenia i intensywności


Historia:

- 1822 – Daniel Colladen, fizyk szwajcarski, "podwodnym dzwonem" zbadał prędkość dźwięku w wodach jeziora Genewa. W czasach tych rozpoczęto również pierwsze próby określania map dna oceanu w oparciu o proste metody echa dźwiękowego.
- 1877 - Lord Rayleigh opublikował w Anglii rozprawę naukową "Teoria dźwięku" w której opisał podstawy fizyczne rozchodzenia się fal dźwiękowych.

- 
- 1880 – Bracia: Pierre i Jacques Curie odkryli efekt piezoelektryczny w kryształach kwarcu i tytanianu baru. Były to podwaliny do generowania i odbierania fal ultradźwiękowych o częstotliwościach w MHz.
 - 1914 – 1918 – początek rozwoju ultradźwiękowych urządzeń do nawigacji, pomiaru głębokości i odległości w wodzie – używanych przede wszystkim na łodziach podwodnych.

- 1946 - Karl T. Dussik neurolog - psychiatra z Uniwersytetu Wiedeńskiego po raz pierwszy użył reflektoskopu do wykrywania guzów mózgu. Badania te nie zakończyły się jednoznacznym sukcesem z powodów technicznych, natomiast stały się inspiracją do poszukiwań innych zastosowań reflektoskopu w diagnostyce medycznej.



- 
- 1951 - powstał pierwszy skaner obrazujący badane organy tzw. prezentacji dwuwymiarowej z modulacją jasności
 - 1965 - firma Siemens Medical Systems wyprodukowała pierwszy ultrasonograf czasu rzeczywistego pod nazwą VIDOSON
 - Na przełomie lat 70 i 80 rozwinięto też podstawy matematyczne obróbki sygnałów dopplerowskich co umożliwiło powstanie ultrasonografów ze zobrażowaniem przepływów (FFT i Color Doppler)



Pierwszy dostępny komercyjnie ultradźwiękowy skaner z liniową głowicą elektro-niczną działającą w czasie rzeczywistym .
Firma Aloka, 1976
(Japonia)

W tym samym roku na rynek wszedł aparat firmy Toshiba® SSL-35H.



Właściwości fali ultradźwiękowej:

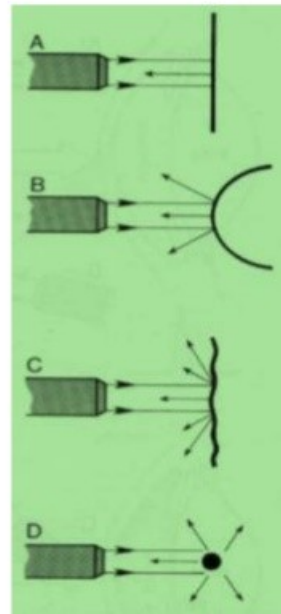
- Częstotliwość: 1 MHz – 30 MHz
- Wymagają elastycznego ośrodka do dobrej propagacji
 - w wodzie i tkankach miękkich przeważają fale podłużne
 - w tkankach twardych (np. w kości) pojawiają się mody poprzeczne
- Kluczowy parametr: impedancja akustyczna ośrodka

Częstotliwości ultradźwiękowe podczas badania różnych narządów^[2]

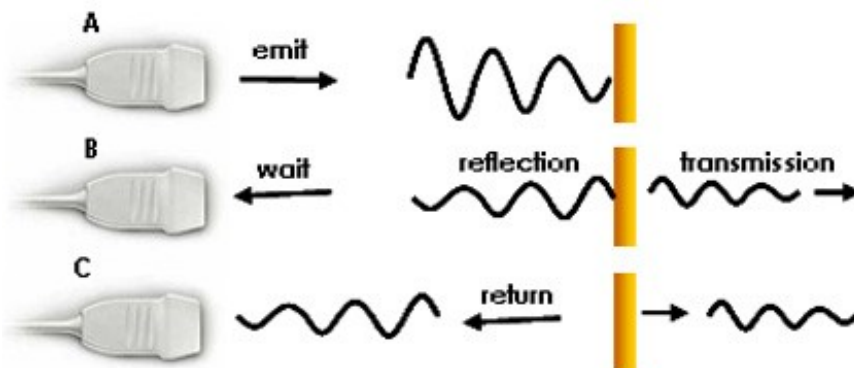
| Częstotliwość [MHz] | Narządy |
|----------------------------|---------------------------------------|
| 2,5 | serce, mózg |
| 3,5 | wątroba, śledziona |
| 5,0 | nerki, trzustka, szkielet |
| 7,5 | tarczycyca, naczynia, endo-sonografia |
| 10 | oko, sutek, jądra, palce |
| 15 | struktury powierzchniowe |
| >20 | wewnątrznaczyniowe, skóra |

Właściwości fali...

TEXTURE AND SIZE OF INTERFACE

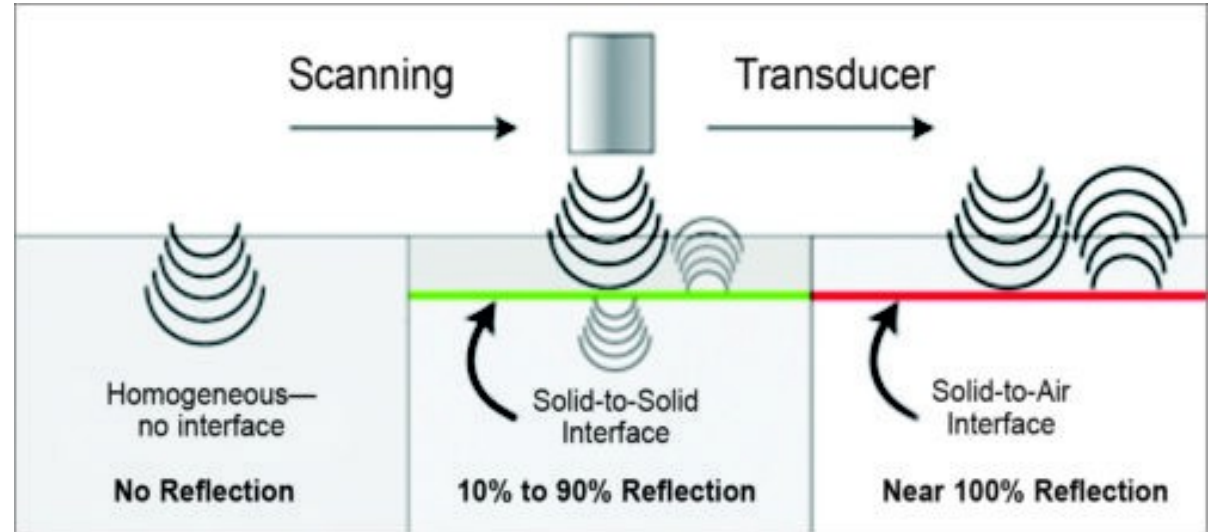


- Smooth surface like retina will give strong reflection
- Smooth and rounded surface scatters the beam
- Coarse surface like ciliary body or membrane with folds tend to scatter the beam without any single strong reflection
- Small interface produces scattering of reflection



Konsekwencje...

$$R = \frac{I_r}{I_0} = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

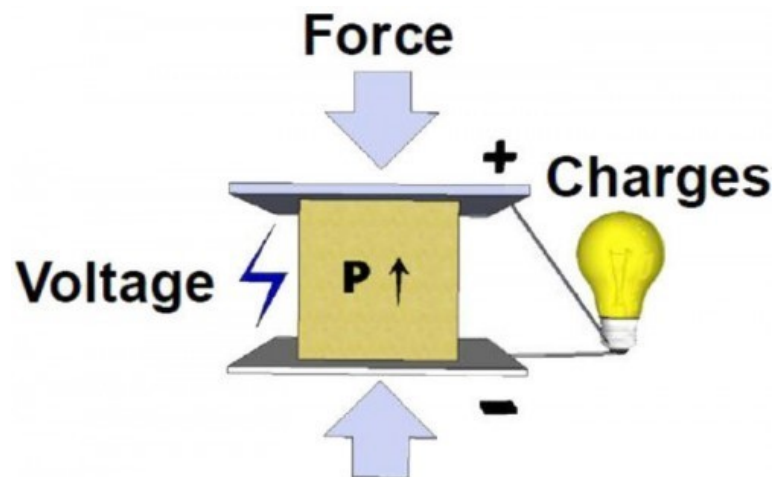


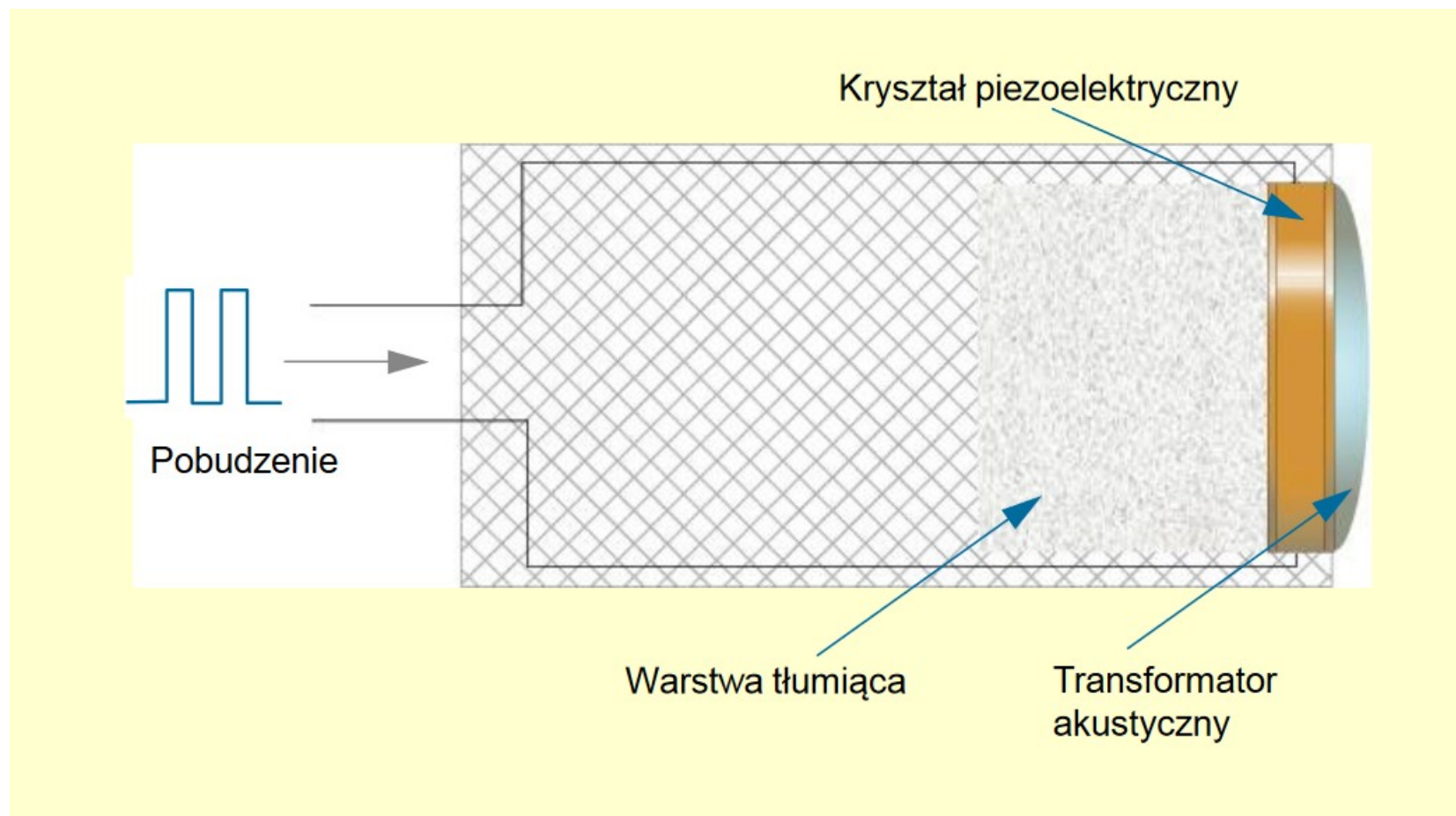
Prędkość c , gęstość ρ i impedancja akustyczna ρc dla wybranych tkanek oraz substancji^[2]

| Ośrodek | Prędkość c [$\frac{m}{s}$] | Gęstość ρ [$\frac{kg}{m^3} * 10^3$] | Impedancja ρc [$\frac{kg}{m^2 * s} * 10^6$] |
|-------------------------|--------------------------------|--|---|
| Tkanka miękka (średnio) | 1540 | 1,06 | 1,63 |
| Mięśnie | 1580-1630 | 1,07 | 1,69-1,74 |
| Krew | 1570 | 1,06 | 1,66 |
| Skóra | 1500 | 1,08 | 1,63 |
| Ścianka naczynia | 1570 | 1,06 | 1,66 |
| Tkanka tłuszczowa | 1450 | 0,92 | 1,38 |
| Nerki | 1550 | 1,04 | 1,62 |
| Mózg | 1540-1560 | 1,03 | 1,55-1,66 |
| Wątroba | 1560 | 1,06 | 1,66 |
| Ciało szkliste oka | 1520 | 1,00 | 1,52 |
| Kość czaszki | 4000 | 1,38-1,81 | 3,775-7,38 |
| Płuca | 650-1180 | 0,3-0,5 | 0,2-0,6 |
| Woda | 1490 | 1,00 | 1,49 |
| Gliceryna | 1920 | 1,30 | 2,50 |
| Powietrze | 330 | 0,0012 | 0,0004 |

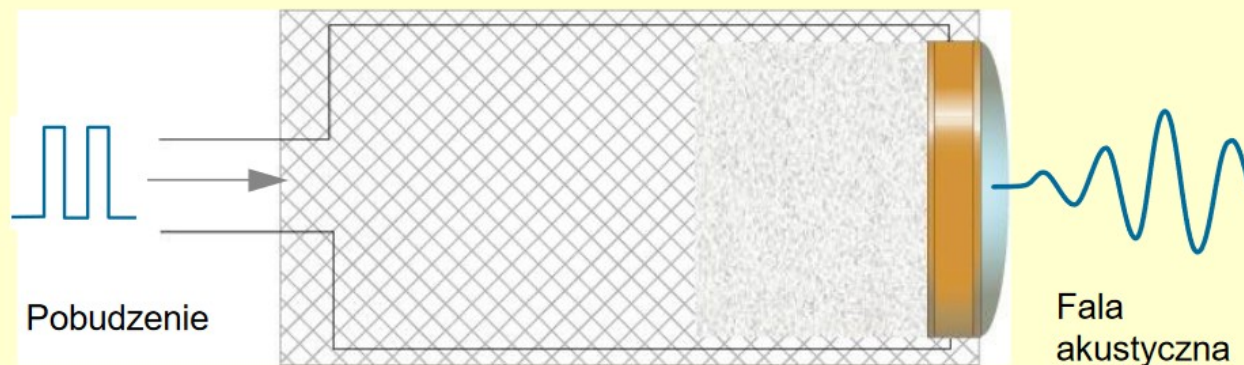
Wytwarzanie fali ultradźwiękowej:

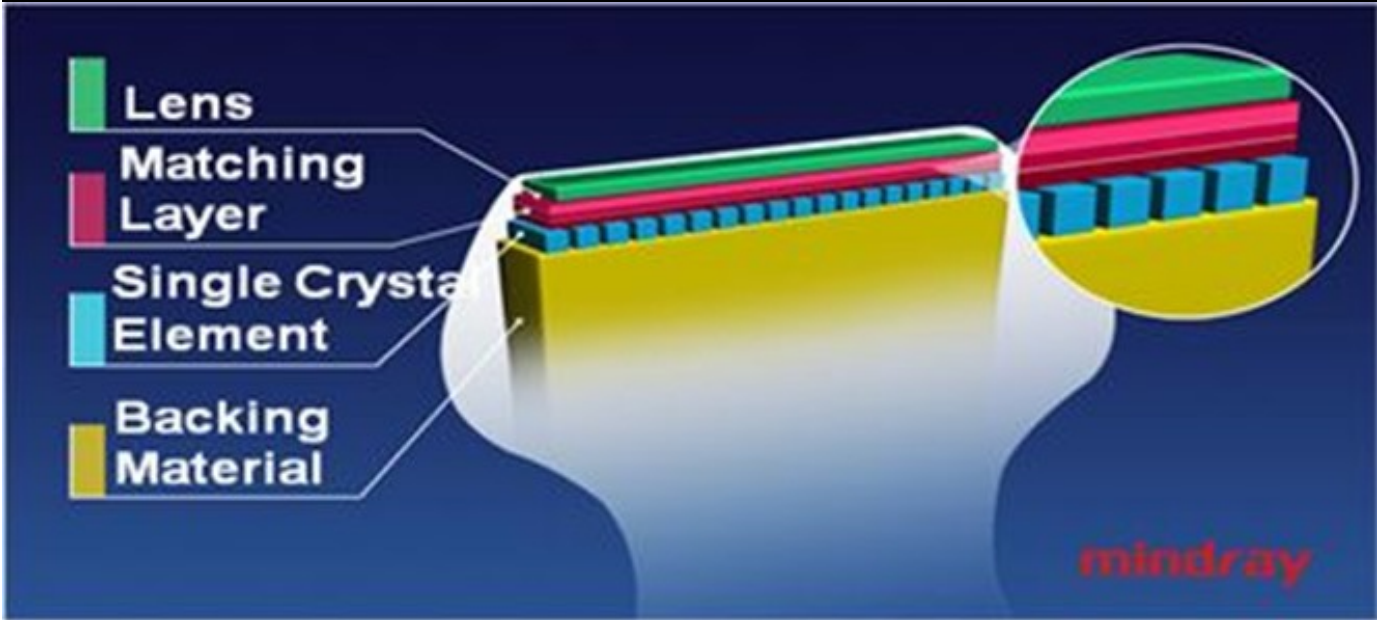
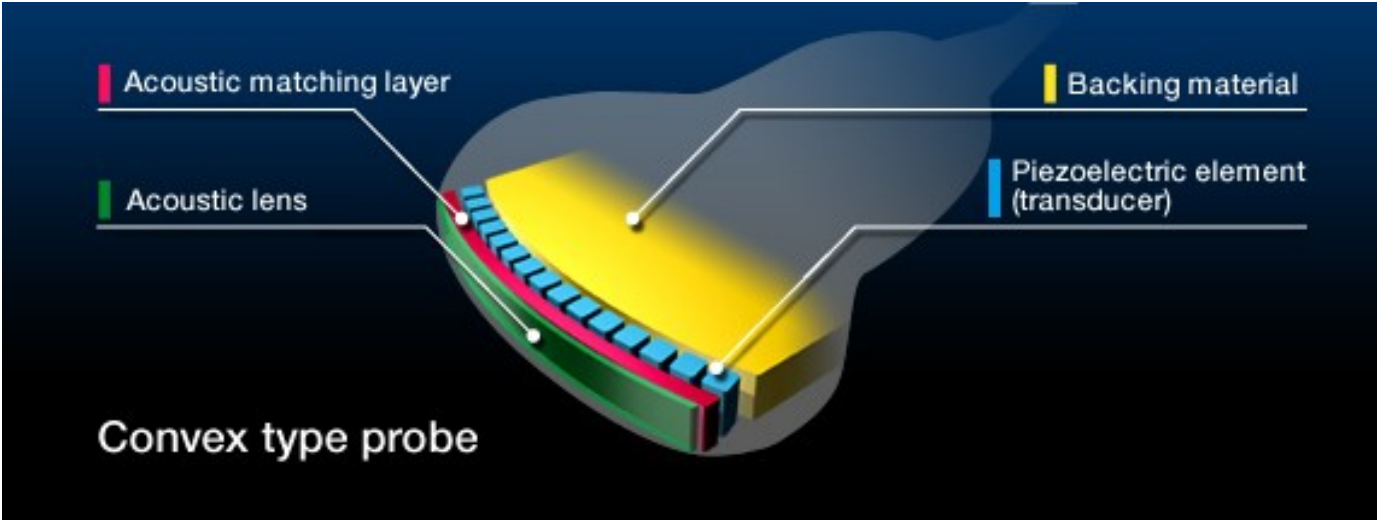
- zjawisko piezoelektryczne: wytwarzanie potencjału elektrycznego przy mechanicznym oddziaływaniu na kryształ
- odwrotne zjawisko piezoelektryczne: bezpośrednie przekształcenie potencjału elektrycznego w drgania mechaniczne





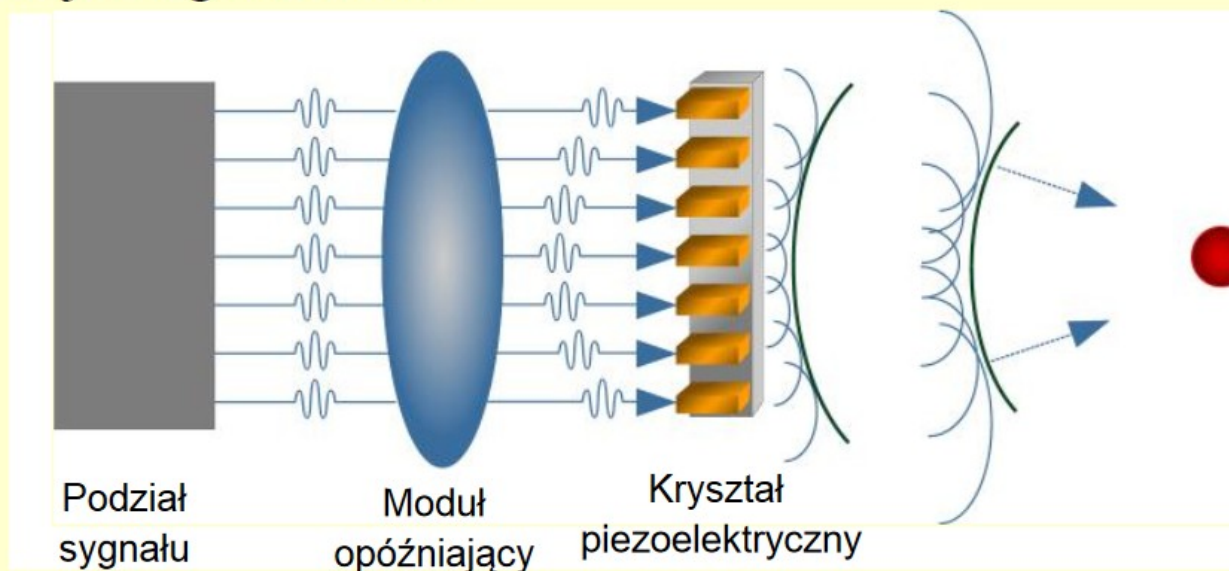
- **Transmisja:** spolaryzowanie kryształu piezoelektrycznego krótkim impulsem pobudza go do drgań gasnących na własnej częstotliwości rezonansowej.
- **Odbiór:** odbita fala akustyczna jest konwertowana przez kryształ piezoelektryczny na falę elektryczną





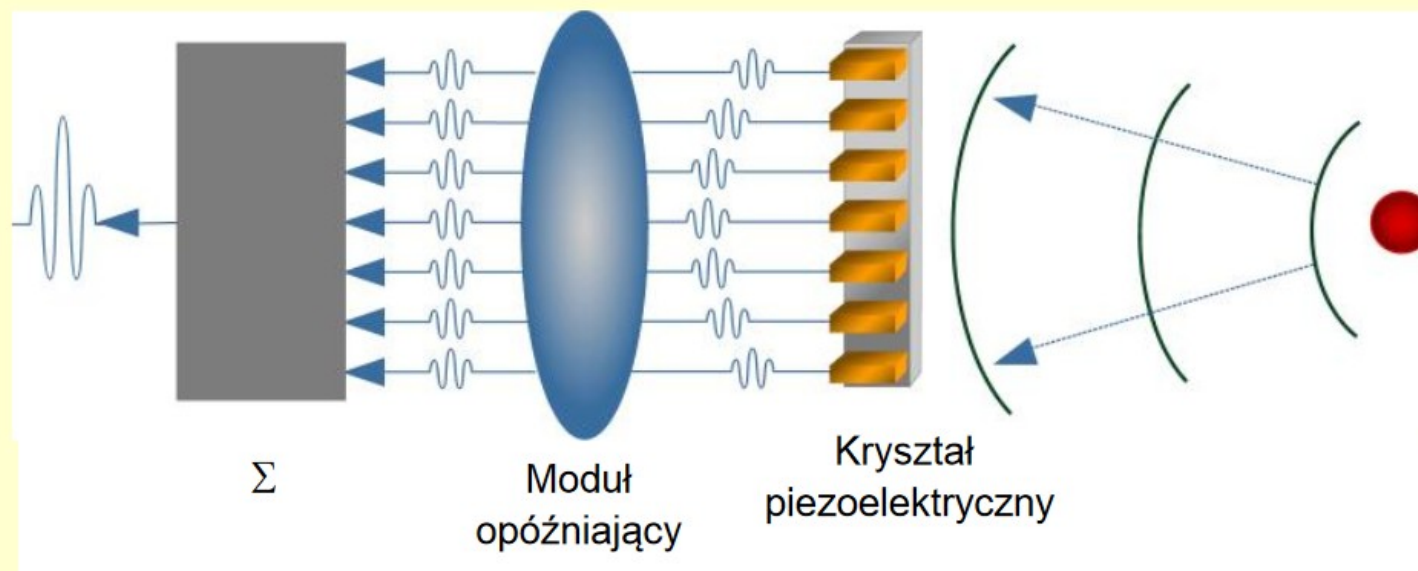
Transmisja sygnału:

- Każdy element kryształu wytwarza oddzielną falę.
- Każdy punkt powierzchni drgającego przetwornika jest źródłem fali kulistej, emitowanej w ośrodku nagłaśnianym.
- Odpowiednie opóźnienia sygnału w grupie elementów kryształu pozwalają na zakrzywienie czoła fali wypadkowej. W ten sposób wiązka jest ogniskowana.





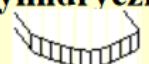


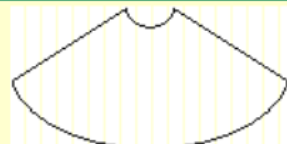
Odbiór sygnału:

- Każdy z elementów kryształu odbiera odbitą próbkę.
- Ze względu na różne drogi przebyte przez falę odbitą od obiektu każdy element kryształu rejestruje ją w innym czasie.
- Moduł opóźniający „wyrównuje” odebrane impulsy.
- W celu rekonstrukcji sygnału próbki są sumowane.



Typy głowic:

TYPY GŁOWIC

| | Mechaniczne | Elektroniczne | |
|----------------------------|--|--|---|
| Typ sondy |  <p>Sektorowa</p> |  <p>Liniowa</p> |  <p>Konweksowe (cylindrczne)</p> |
| Pole widzenia |  |  |  |
| Charakterystyka zastosowań | <p>Mała powierzchnia skanowania; użyteczne do skanowania przestrzeni międzyżebrowych</p> | <p>Skanowanie powierzchniowe; cechą jest skanowanie szerokiego ale bliskiego pole</p> | <p>Skanowanie podźebrowe, gdzie dostęp nie jest ograniczony</p> |
| Zakres ogniskowania | <p>14 - 28mm</p> | <p>26 - 52mm</p> | <p>20 - 160mm w zależności od kąta zakrzywienia</p> |

Głowica sektorowa



Głowica liniowa:



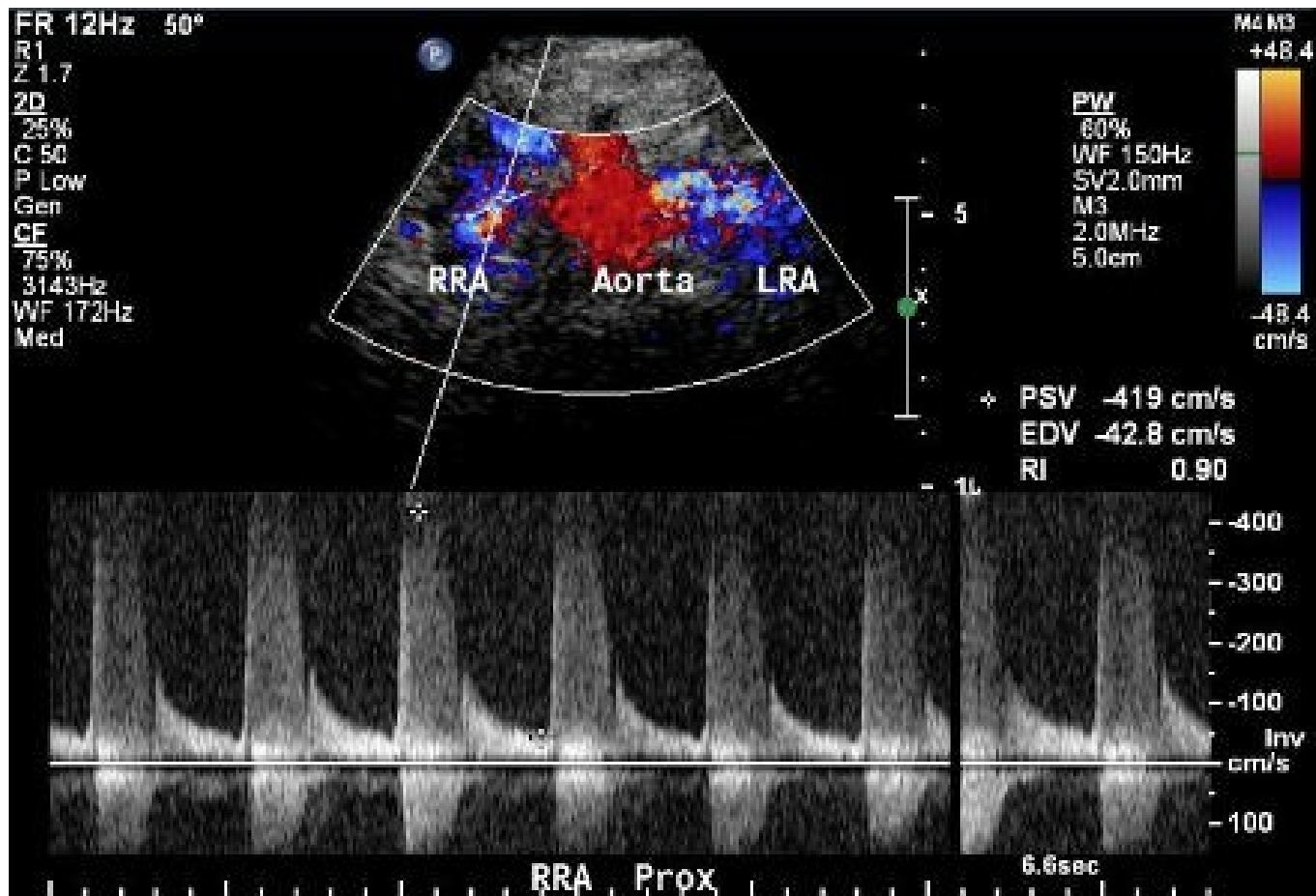
Głowica cylindryczna:



Głowica cylindryczna:



USG doppler:



Rodzaje przepływów

- **ustalony** - przepływ, w którym w każdym punkcie obszaru zajętego przez płyn jego prędkość nie zmienia się. Przy takim założeniu równania opisujące ruch płynu (Naviera-Stokesa i ciągłości przepływu) przybierają prostsze formy.
- **Przepływ laminarny (warstwowy)** - przepływ, w którym płyn przepływa w równoległych warstwach, bez zakłóceń między warstwami. Przepływ tego typu występuje przy odpowiednio małych prędkościach przepływu, które zależą od jego warunków i mechanicznych właściwości płynu. Bezwymiarowym parametrem, na podstawie którego można wnioskować o laminarności przepływu lub występowania turbulencji, jest Liczba Reynoldsa.
- **Przepływ turbulentny** - w płynie występują zmienne w czasie zakłócenia przepływu (np. wiry), zwane łącznie turbulencjami. Prędkość przepływu poszczególnych elementów płynu przestaje wtedy być prostą funkcją ich położenia względem ścian naczyń, czy krawędzi natarcia.

Doppler

Zjawisko Dopplera polega na zmianie częstotliwości odbieranego sygnału, w odniesieniu do nadawanego, gdy dochodzi do odbicia fali od poruszającego się obiektu..

- Dopplerowskie przesunięcie częstotliwości

Częstotliwość nadajnika (źródła)

Prędkość przepływu krwi (~150 cm/s)

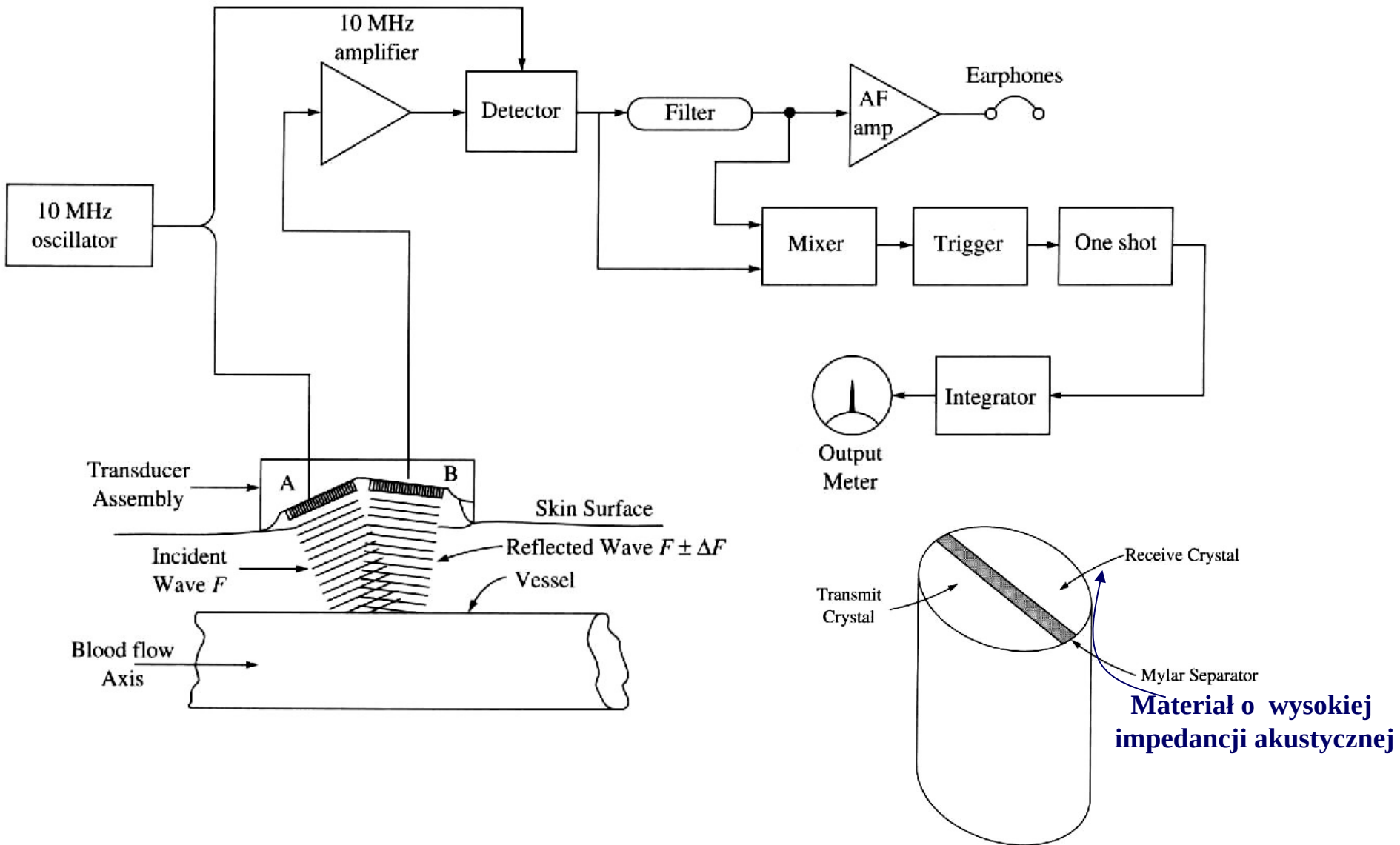
Kąt pomiędzy wiązką, a kierunkiem przepływającej krwi

$f_d = \frac{2 f_o u \cos \theta}{c}$

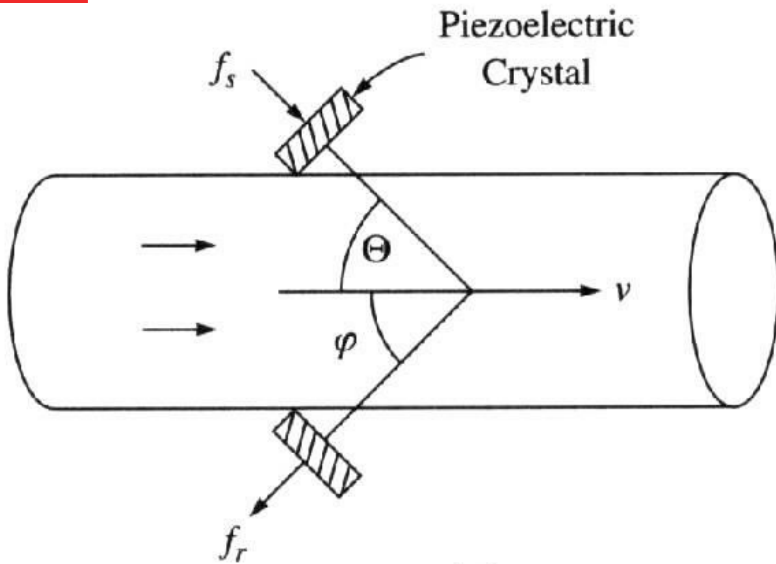
Częstotliwość odbieranej fali

Prędkość dźwięku w krwi (~1500 m/s)

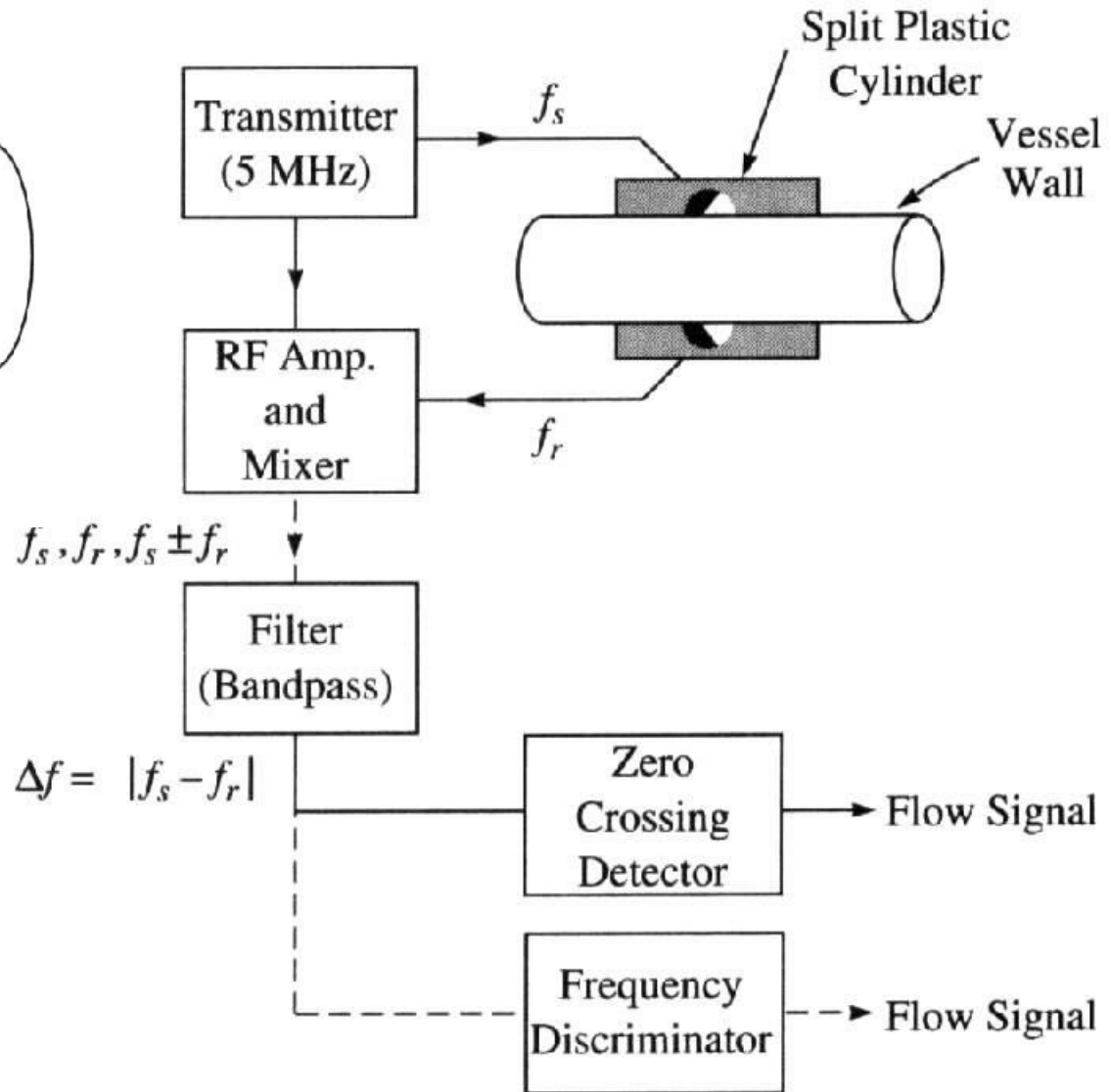
Przeptywomierz ultradźwiękowy



Przeptywomierze ultradźwiękowe



$$\Delta F = \pm f_s (\cos \theta + \cos \phi) \frac{u}{c}$$

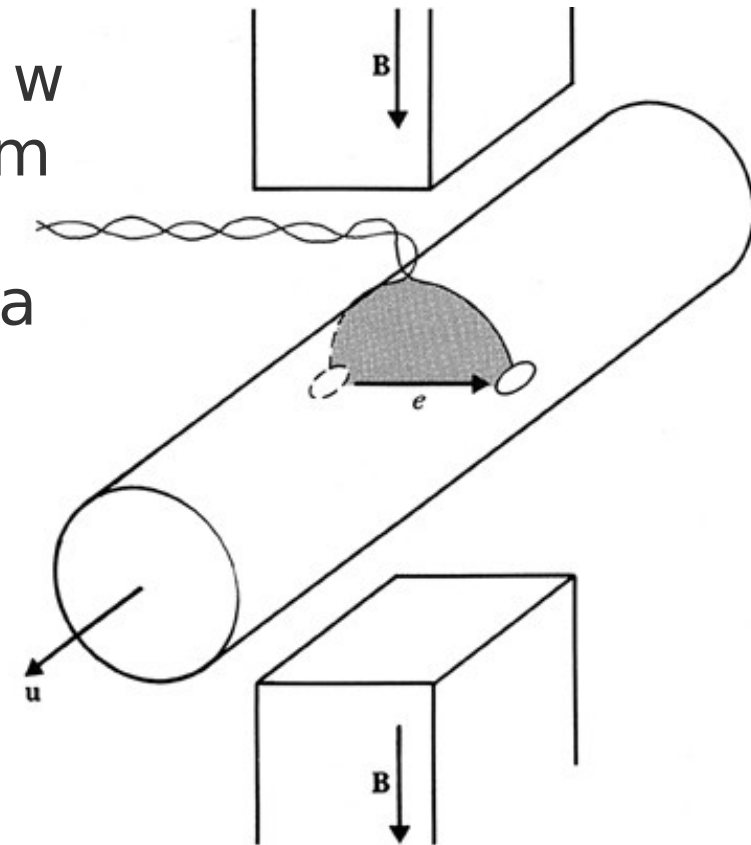


Przepływomierz elektromagnetyczny

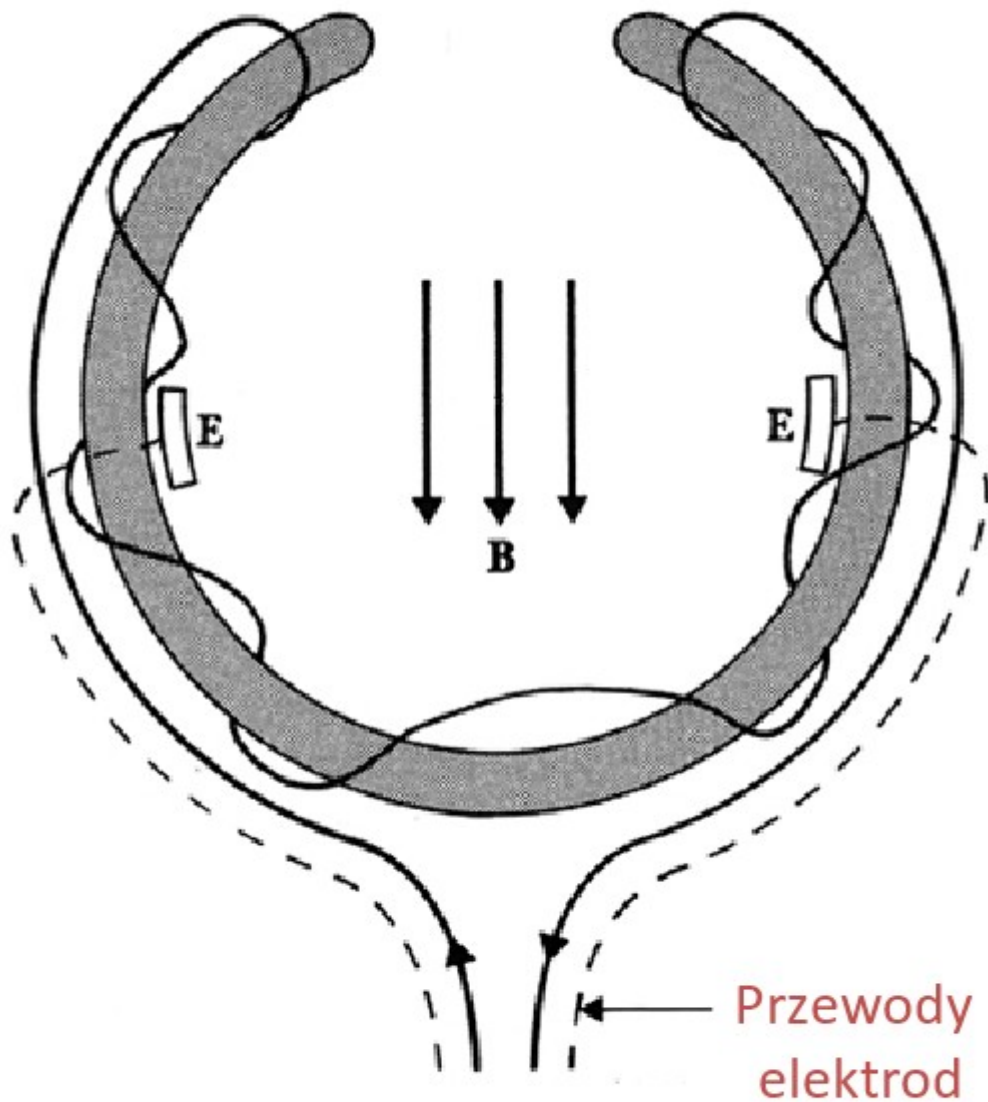
Zgodnie z prawem Faraday'a w poruszającym się przewodniku w jednorodnym polu magnetycznym, lub w stacjonarny przewodniku umieszczonym w zmiennym polu magnetycznym generowana jest siła elektromotoryczna opisana zależnością.

Gdy krew w naczyniu umieszczonym w polu magnetycznym \mathbf{B} płynie z prędkością \mathbf{u} indukowana na elektrodach siła elektromotoryczna e wynosi:

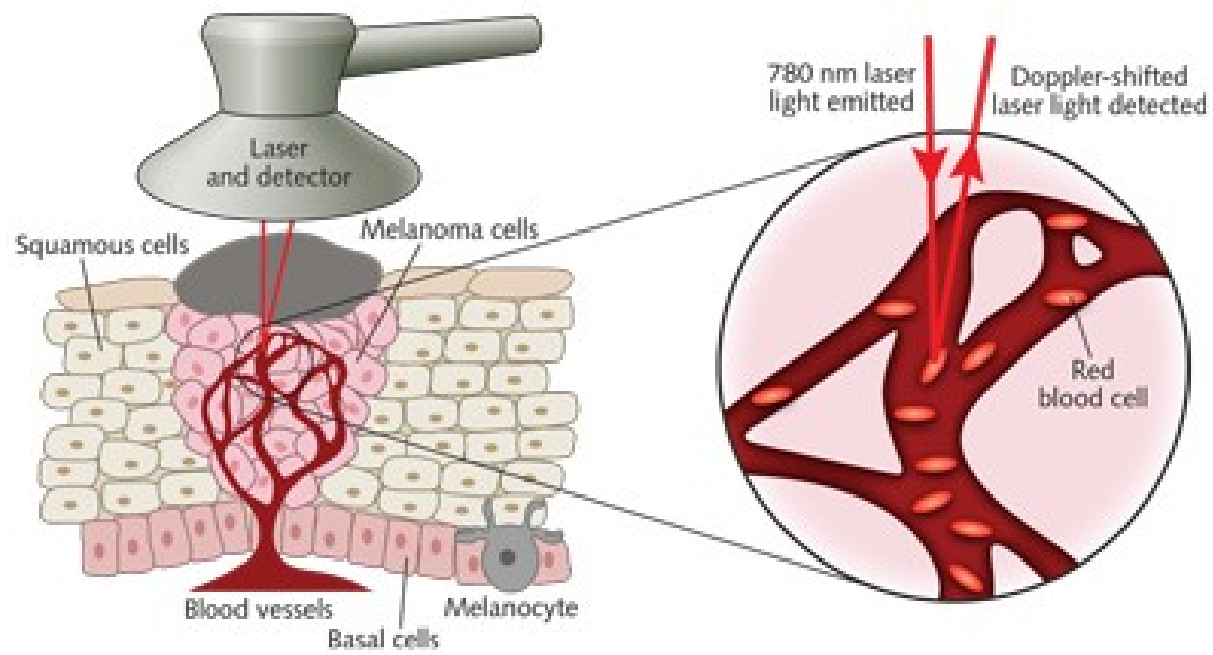
$$e = \int_0^L \mathbf{u} \times \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l}$$

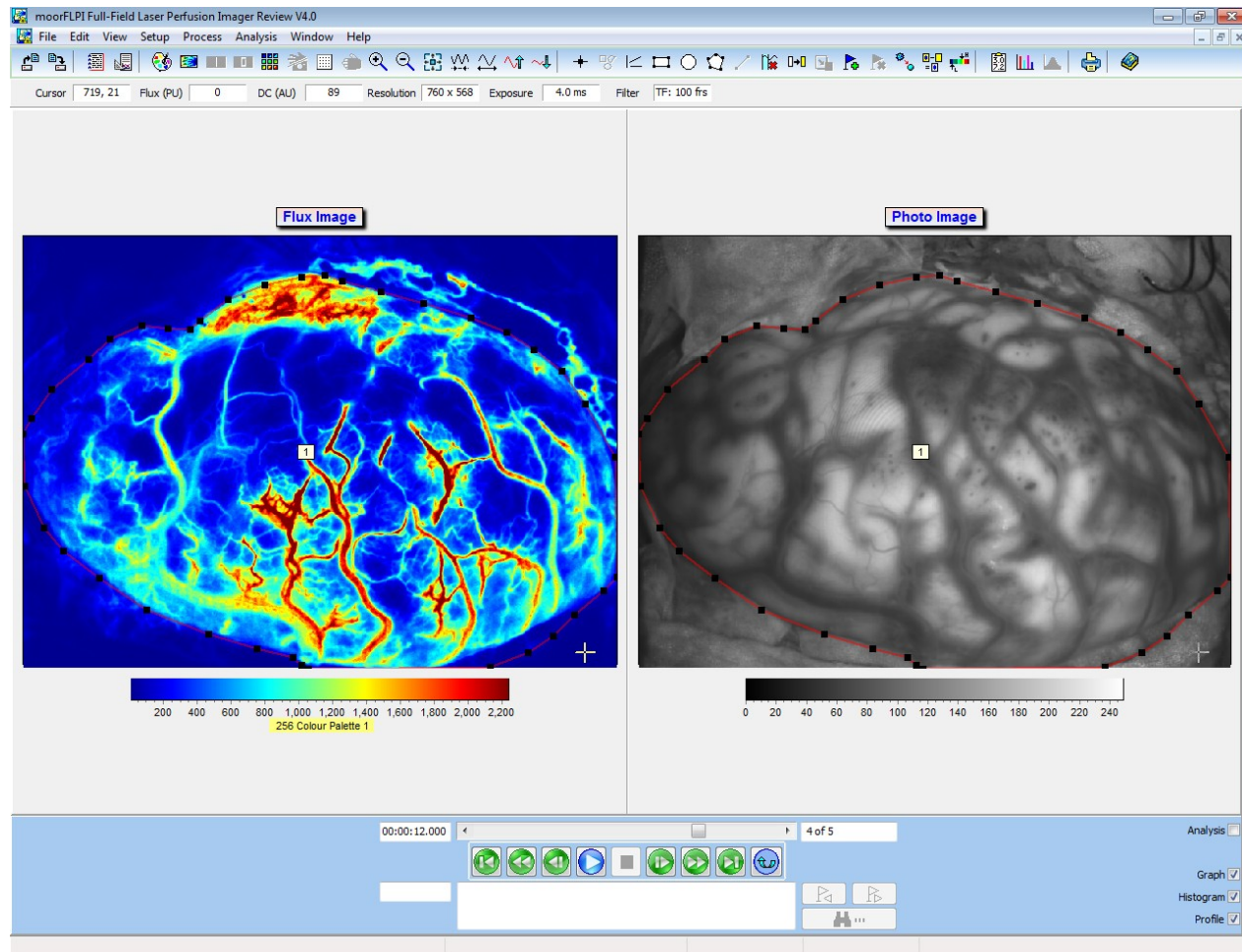


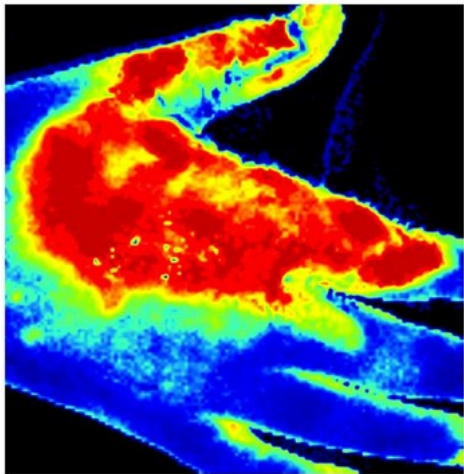
Dla jednorodnego B i jednorodnego profilu prędkości \mathbf{u} indukowana emf wynosi $e = BLu$.



- Dostępne w dużym zakresie rozmiarów, co 1 mm
od 1 ~ 24 mm średnica naczynia
- Czujnik do indywidualnego użycia kosztuje 500\$
- Ciasno dopasowany do naczynia w rozkurczu
- Wykorzystywany do przepływu tętniczego, bowiem żyły w rozkurczu „zapadają” się i tracą kontakt z elektrodami
- Pomiar jest inwazyjny, wymaga wypreparowania naczynia!!!
- Zaleca to pomiar chwilowy, a nie uśredniony!








Ciśnienie krwi





Ciśnienie tętnicze (ang. blood pressure, BP) – ciśnienie wywierane przez krew na ścianki tętnic, przy czym rozumie się pod tą nazwą ciśnienie w największych tętnicach, np. w tętnicy w ramieniu. Jest ono wyższe niż ciśnienie krwi wywierane na ścianki żył.

Typowe ciśnienie tętnicze

- Dorosły:
 - 120 mm Hg – ciśn. skurczowe (SYS – Systole)
 - 80 mm Hg – ciśn. rozkurczowe (DIA – Diastole)
- Noworodek (do 28. dnia życia):
 - 102 mm Hg – ciśn. skurczowe (SYS – Systole)
 - 55 mm Hg – ciśn. rozkurczowe (DIA – Diastole)
- Dziecko (1.–8. rok życia):
 - 110 mm Hg – ciśn. skurczowe (SYS – Systole)

Nadciśnienie:

- przewlekłe choroby nerek,
- nadciśnienie naczyniowonerkowe,
- hiperaldosteronizm pierwotny, zwany inaczej zespołem Conna.
- zespół Cushinga
- guz chromochłonny
- obturacyjny bezdech senny,
- koarktacja aorty

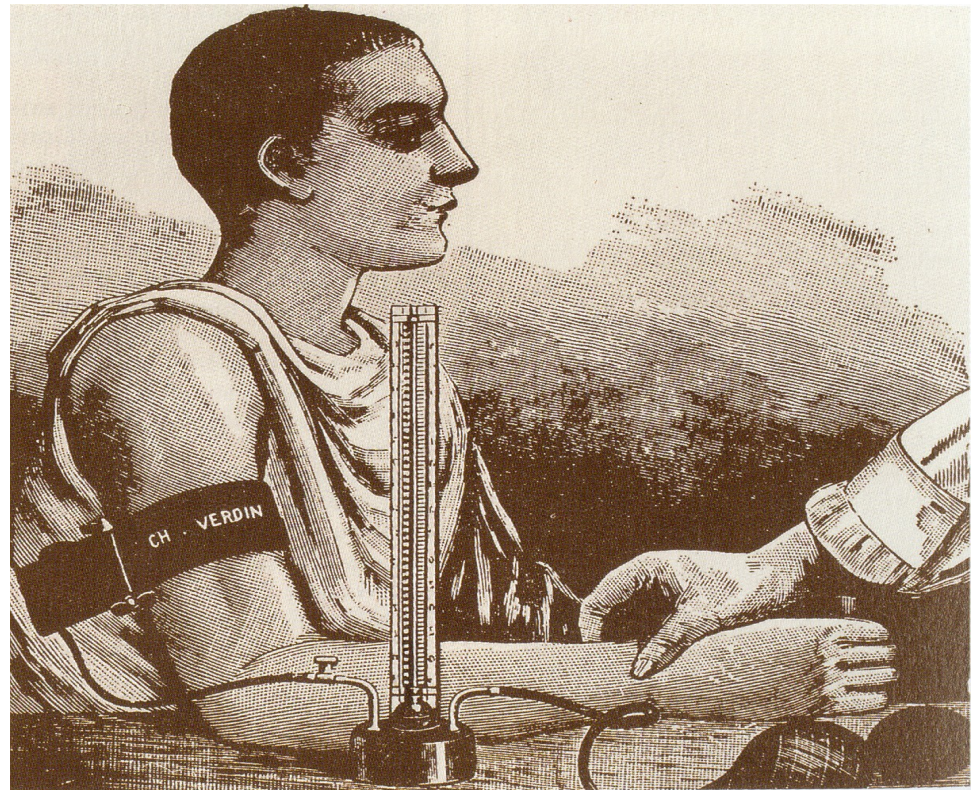
Historia: metoda krwawa

- Brytyjski duchowny Stephen Hales 1677-1761 jako pierwszy dokonuje dokładnego pomiaru krwi na zwierzęciu
- 1706r. pierwsze próby na psach, doświadczenie na żywej klaczy



POMIAR BEZKRWAWY

Asystent kliniki medycznej w Turynie Scipione Riva-Rocci 1863-1937



Przyrząd do pomiaru ciśnienia krwi, skonstruowany przez Riva-Rocci; metoda pośredniego pomiaru była opublikowana w 1896 r.

Metoda Korotkowa:

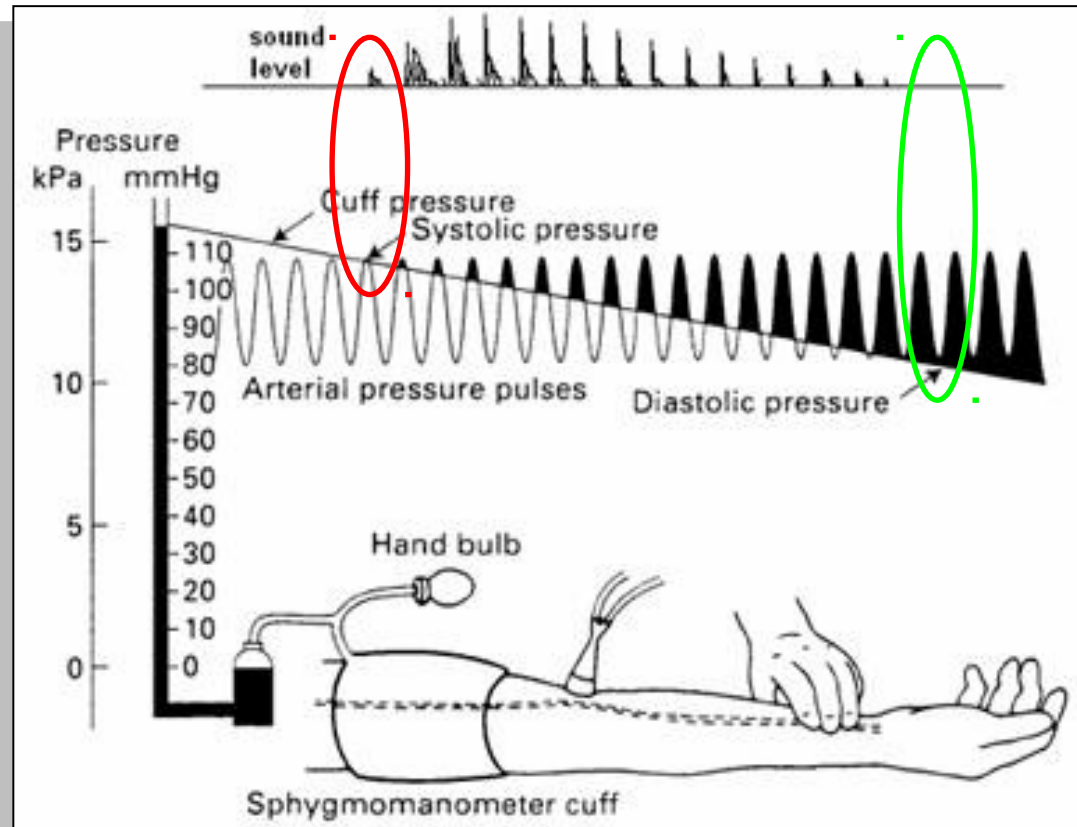
Rosyjski lekarz wojskowy
Mikołaj Korotkow (1874 -
1920)

wprowadza do pomiaru
ciśnienia krwi stetoskop
„Szmery Korotkowa” Tony



Metody mankietowe:



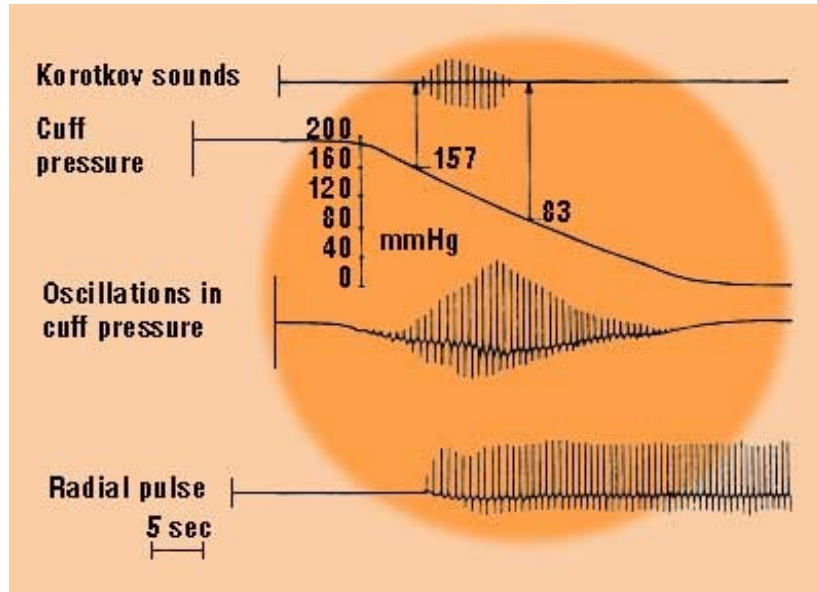


Fala tętna propagująca wzdłuż tętnicy ramieniowej generuje dźwięki Korotkowa

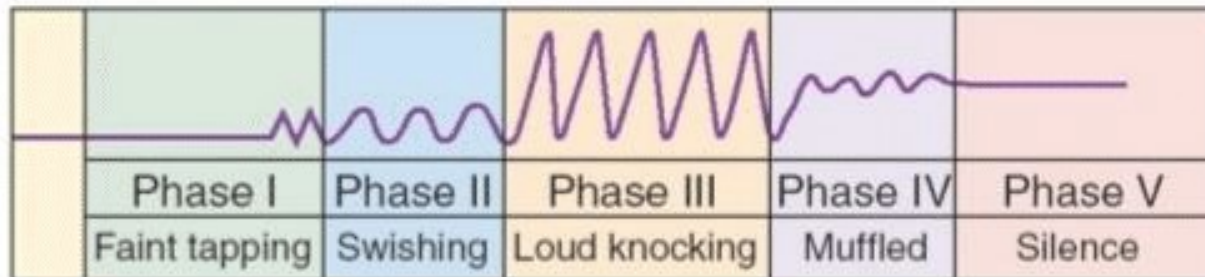
Wyróżnia się pięć faz, które pozwalają określić SP i DP

Dźwięki Korotkowa są wykrywane za pomocą stetoskopu lub mikrofonu (pomiar automatyczny)

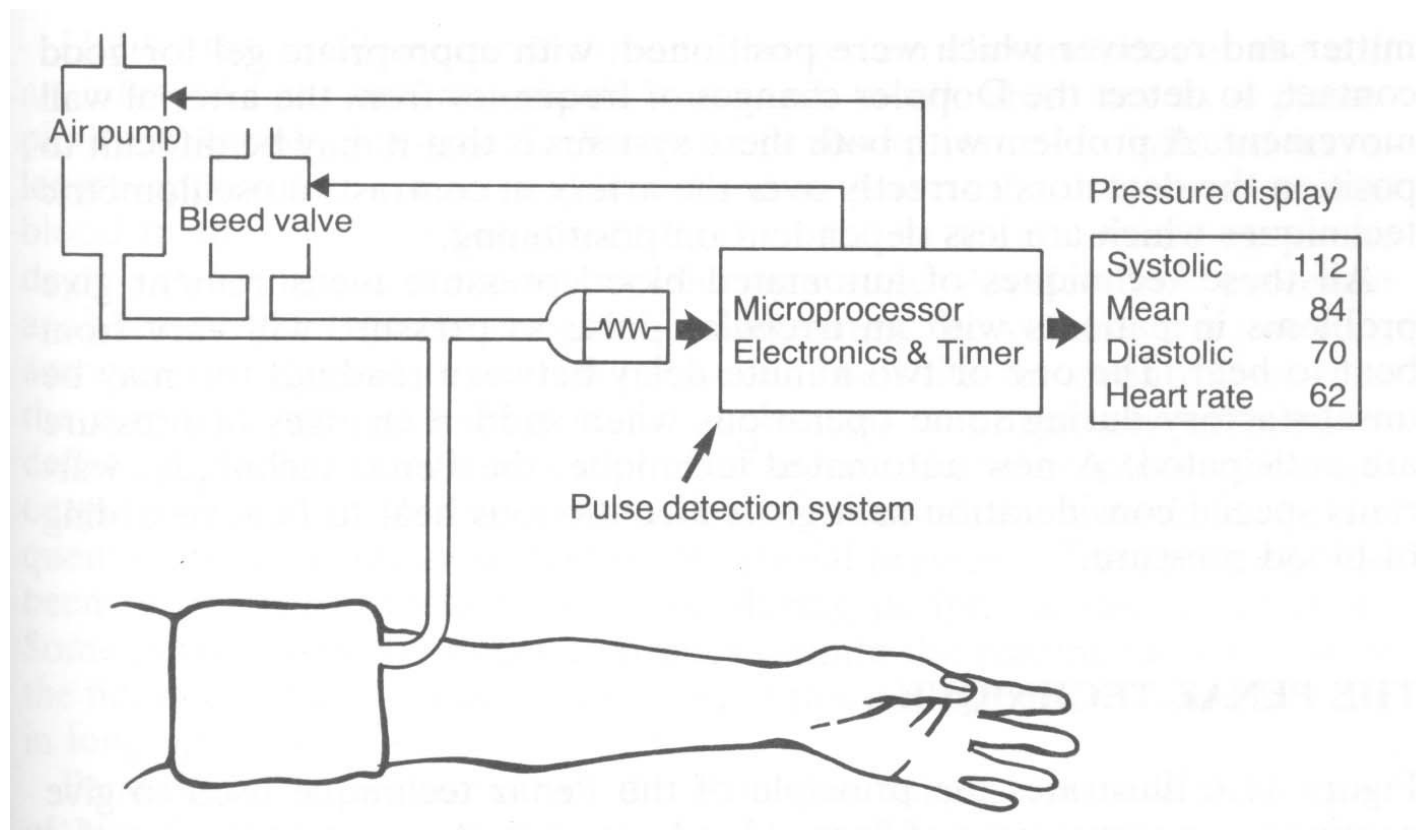
Zakres częstotliwości 20-300Hz
 Dokładność ± 2 mmHg (SP)
 i ± 4 mmHg (DP)



150 mm Hg → 120 mm Hg → 80 mm Hg → 0 mm Hg



Miernik automatyczny

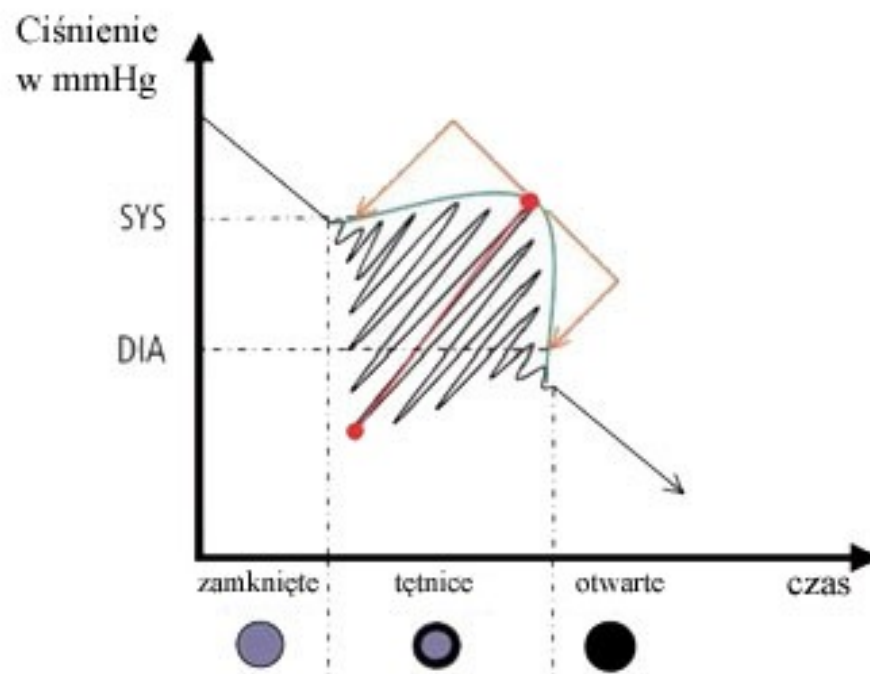


Metoda oscylometryczna

- Aparaty wykorzystujące metodę oscylometryczną używają elektronicznego czujnika ciśnienia z numerycznym odczytem ciśnienia.
- W większości przypadków mankiet jest napełniany i opróżniany przy pomocy obsługiwanej elektrycznie pompki i zaworu, które mogą być umocowane na nadgarstku (uniesionym do wysokości serca), lub ramieniu.
-

Metoda oscylometryczna

- Mankiet pompowany jest do uzyskania ciśnienia przekraczającego wartość ciśnienia skurczowego, a następnie ciśnienie spada do wartości poniżej ciśnienia rozkurczowego.
- Kiedy obecny jest (ale ograniczony) przepływ krwi, ciśnienie w mankiecie będzie różnić się okresowo, synchronicznie w stosunku do cyklicznego rozszerzenia i zwężenia tętnicy ramiennej.
- Wartości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego obliczane są z danych pierwotnych przy użyciu algorytmu.



- Wszystkie oscylacje będą zarejestrowane
- Oznaczona jest najwyższa fala tętna
- Obwiednia zostanie zarejestrowana
- W oparciu o najwyższy punkt obwiedni, przy użyciu algorytmu obliczane są SYS i DIA

Metoda ultradźwiękowa

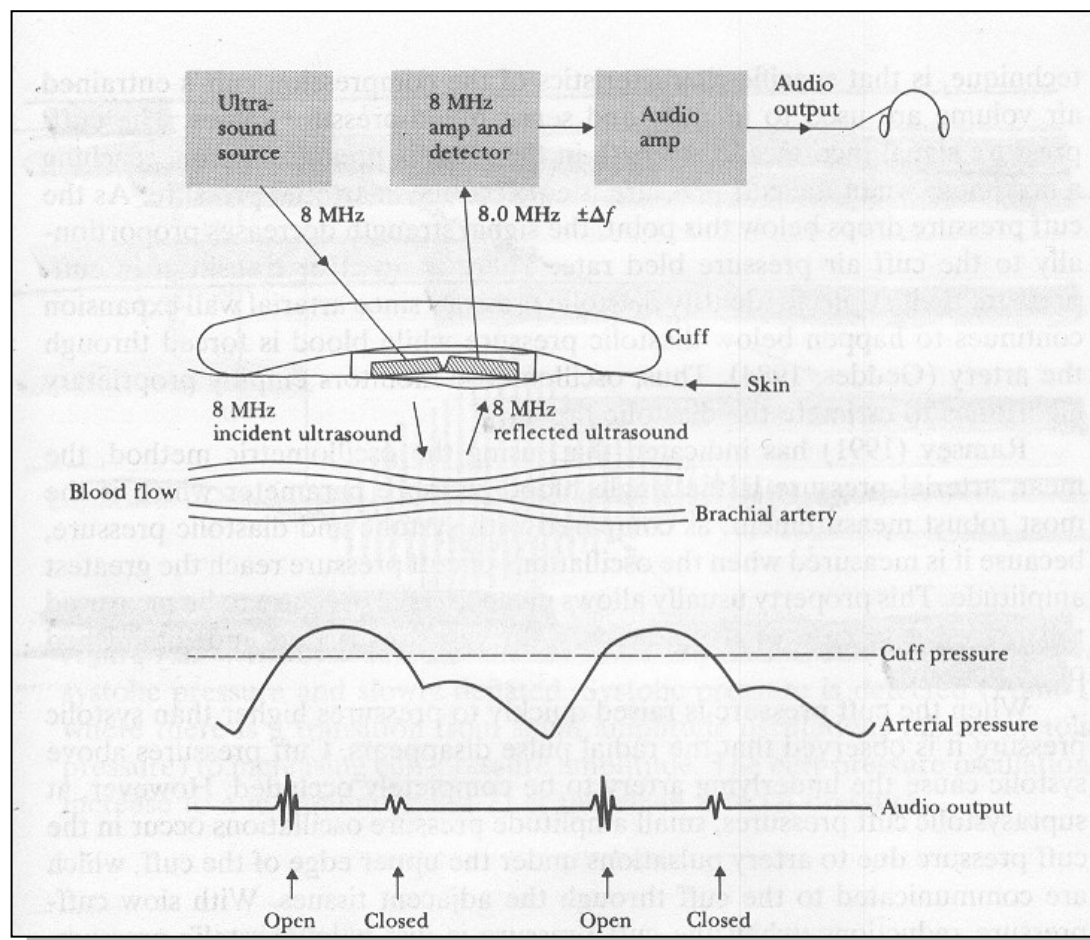
Pomiar przezskórny (z powierzchni), czujnik Dopplera.

Mierzony jest ruch ścianek naczyń w różnym obciążeniu

Naczynia otwierają i zamykają dla każdego uderzenia serca gdy zachodzi warunek

$$DP < P_{\text{cuff}} < SP$$

Częstotliwość nadawana (8 MHz) i odbierana $8\text{MHz} \pm 40\text{--}500\text{ Hz}$. Różnica jest proporcjonalna do prędkości ruchu ściany naczynia i krwi.



Tonometria

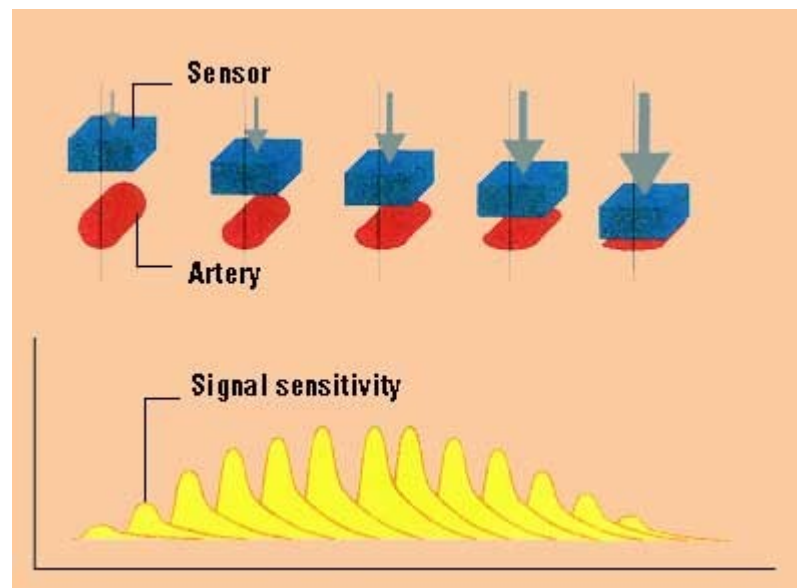
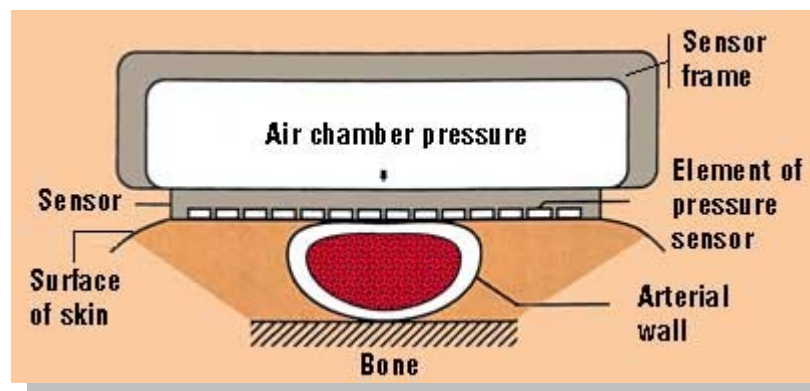
Liniowa matryca czujników jest dociskana do naczynia powierzchniowego a z drugiej strony będącej w kontakcie z kością (tętnica promieniowa).

Używa się matrycy sensorów, tak aby jeden z nich był umieszczony bezpośrednio nad naczyniem.

Gdy naczynie jest częściowo domknięte ciśnienie zewnętrzne jest równe ciśnieniu wewnątrz naczynia.

Ciśnienie (docisk) jest zwiększane w sposób ciągły i wykonywany jest pomiar dla naczynia w połowie domkniętego.

Konieczna kalibracja osobnicza.





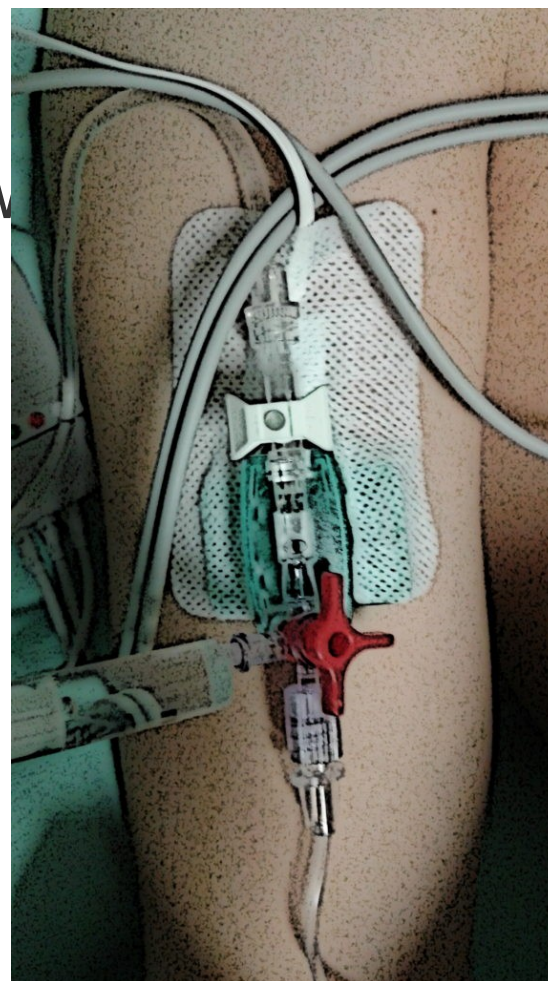
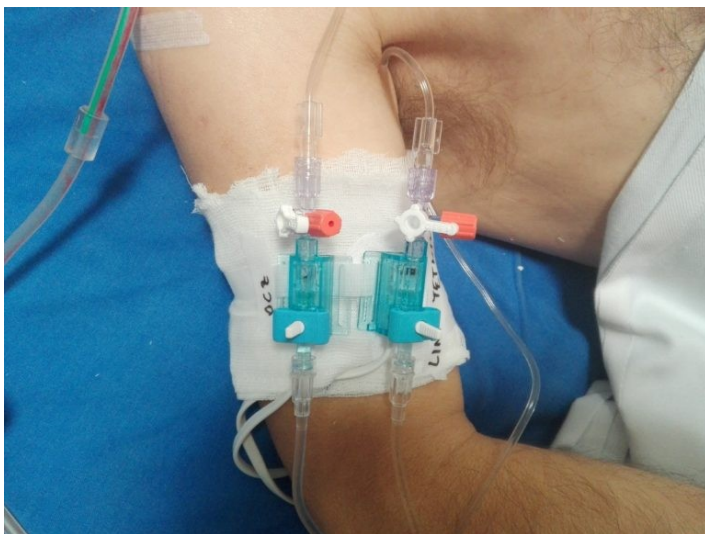
Pomiar inwazyjny

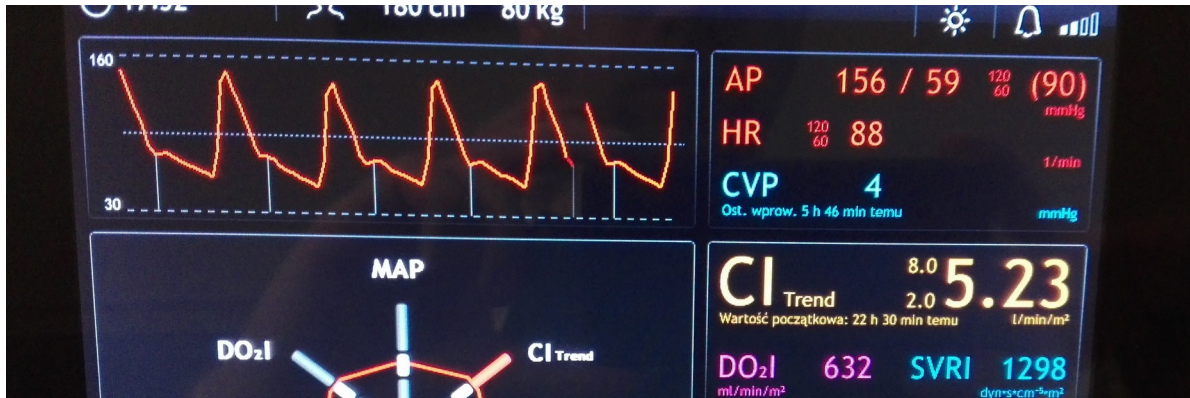


- Pomiar inwazyjny ciśnienia tętniczego (invasive blood pressure - IBP, tzw. „pomiar krwawy ciśnienia tętniczego”) za pomocą cewnika tętniczego (w tętnicy promieniowej lub udowej) i użyciu linii naczyniowej wypełnionej płynem połączonej z przetwornikiem wydaje się najdokładniejszą metodą.
- IBP pozwala na obserwacje czynności hemodynamicznej serca w czasie rzeczywistym, co skutkuje możliwością natychmiastowej interwencji i odpowiednim sterowaniem wartościami ciśnienia za pomocą leków.

Pomiar inwazyjny

- Metoda tego pomiaru polega na umieszczeniu cewnika w naczyniu tętniczym. Kaniule umieszcza się zazwyczaj w świetle tętnicy promieniowej lub udowej. Dzięki temu rejestruje się krzywą ciśnienia z każdego uderzenia mięśnia sercowego.





- Ważne jest, aby w układzie nie znajdowały się pęcherzyki powietrza albo skrzepy krwi, co może wpływać na wiarygodność pomiaru.
- Należy pamiętać, że przygotowując zestaw należy dokonać początkowej kalibracji poprzez zerowanie pomiaru (punktem zero jest poziom linia pachowa środkowa pacjenta).



Opisz zjawisko potencjału czynnościowego

Opisz zespół QRS

W jaki sposób rozchodzi się pobudzenie elektryczne w sercu

Wymień rodzaje klas urządzeń elektrycznych

Co to jest dotyk pośredni/ bezpośredni

Podaj wartość napięcia bezpiecznego w zależności od warunków bezpieczeństwa dla AC i DC

Przeanalizuj sytuację na rysunku i wskaż potencjalne zagrożenia

Wskaż mechanizmy pasywne w zjawisku pot. Czynnościowego

Wskaż mechanizm aktywny w zjawisku pot. Czynnościowego

Co to jest potencjał równowagi błony komórkowej?

Co to jest „odprowadzenie” EKG?

Co to są odprowadzenia Einthovena (kasyczne), do czego służy lewa noga?

Co to są odprowadzenia wzmacnione?

Parametry sygnału EKG/EMG/EEG (amplitudy napięć i widmo)

W jaki sposób wyznacza się obwiednię sygnału EMG?



Rodzaje fal mózgowych i ich znaczenie

Dany jest układ do pomiaru EKG – opisz funkcję poszczególnych bloków

Wymień i opisz metody mankietowego pomiaru ciśnienia krwi

Do czego służy żel w badaniu USG?

Wyjaśnij pojęcie CMRR



Dziękuję za uwagę