

Dr hab. inż. Jerzy Wtorek, prof. nadzw. PG

Katedra Inżynierii Biomedycznej

Pokój 229, tel. 13-84

jerzy.wtorek@eti.pg.gda.pl

Wykład 12

Intensywna opieka medyczna

Wprowadzenie do monitorowania



Elektroniczna aparatura medyczna

Politechnika Gdańska, *Inżynieria Biomedyczna*

- **... Interpretacja dostępnych danych klinicznych w celu rozpoznania obecnego stanu (zagrożeń) lub mogących wystąpić w przyszłości**
- **... Nie jest ograniczone tylko do anestezji**
(zamień: kliniczne dane” na „dane systemowe” i zastosuj do samolotu, fabryki, elektrowni)

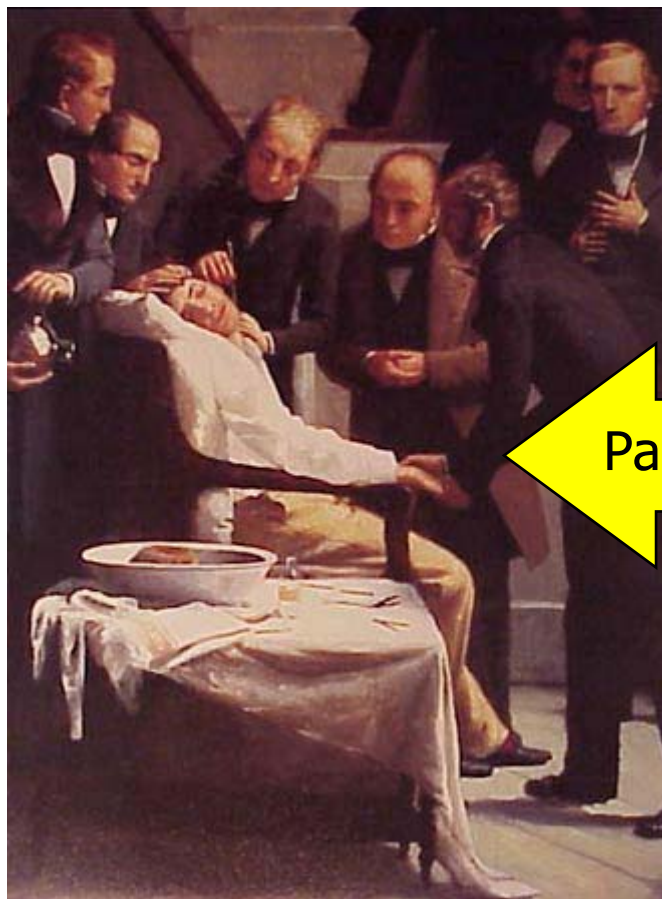
Składa się z:

- **Wielkości mierzonych** (*pomiary fizjologiczne, np. BP, HR*)
- **Wielkości obserwowanych** (*np. obserwacja źrenicy*)
- **Przeciwdziałaniu przewidywanym kłopotom** (*np. planowanie znieczulenia*)
- **Stawianie diagnozy** (*np. jednostronny przepływ powietrza może oznaczać zbyt głęboką intubację*)
- **Planowanie sposobu wyprowadzenia pacjenta z sytuacji zagrażającej** (*np. przyjęcie algorytmu postępowania i jego modyfikacje na podstawie „odpowiedzi” organizmu*)

- **Wzrokowa obserwacja oddechu i ogólnego wyglądu**
- **Pomiar tętna**
- **Ciśnienie krwi (sporadycznie)**



Monitorowanie w przeszłości



Palec na tętnicy

Harvey Williams Cushing (ur. 8 kwietnia 1869, zm. 7 października 1939) – amerykański lekarz, neurochirurg, jeden z twórców neurochirurgii i jej zastosowania w endokrynologii oraz leczeniu nowotworów mózgu.

- **Wymyślił i popularyzował kartę anestezyjologiczną**
- **Rejestrował HR i BP**
- **Podkreślał związek pomiędzy sygnałami życiowymi a zdarzeniami neurochirurgicznymi**
(zwiększone ciśnienie wewnątrzczaszkowe prowadzi do nadciśnienia i bradykardii)



- **Wymagania, standardy, opisane przez narodowe towarzystwa (American Society of Anesthesiologists), CAS (Canadian Anesthesiologists' Society)**
- **Zintegrowane monitory dostępne**
- **Wiele monitorów specjalnego przeznaczenia**
- **Niestety monitory są ciągle na etapie „poprawiania” stąd stwarzają wiele problemów (np. cena, złożoność, pewność, zakłócenia...)**

- **STANDARD I**

Wykwalifikowany personel anestezyjologiczny powinien być obecny w pomieszczeniu podczas przeprowadzania ogólnego znieczulenia, miejscowego i podczas opieki anestezyjologicznej.

<http://www.asahq.org/publicationsAndServices/standards/02.pdf>

- **STANDARD II**

Podczas anestezji utlenowanie pacjenta, wentylacja, krążenie i temperatura powinny być ciągle mierzone (oceniane).

<http://www.asahq.org/publicationsAndServices/standards/02.pdf>

"Jedynym niezbędnym monitorem jest obecność, w każdym momencie, lekarza lub asystenta od znieczulenia, pod bezpośrednim nadzorem anestezjologa, o odpowiednim treningu i doświadczenia. Mechaniczne i elektroniczne monitory są, w najlepszym razie, pomocne do podniesienia jakości nadzoru. Takie urządzenia wspomaga anestezjologa w zapewnieniu integralności najważniejszych organów, w szczególności adekwatność perfuzji tkanek i dotlenienia. "

- Wymagane są następujące pomiary:
 - Pulsoksymetr
 - Ciśnienie krwi inwazyjnie lub nieinwazyjnie
 - Elektrokardiogram
 - Kapnografia, w przypadku intubowania
 - Monitor gazu specyficzny w zależności od rodzaju substancji użytej w inhalacji

- Następujące pomiary w przypadkach dedykowanych:
 - Aparatura do pomiaru temperatury
 - Obwodowy stymulator nerwów, w przypadku użycia leków blokujących obwód
 - Stetoskop zarówno przedsercowy, przełykowy lub przytchawiczny
 - Odpowiednie oświetlenie w celu wizualizacji eksponowanych części ciała pacjenta.

- Następujący sprzęt powinien być natychmiastowo dostępny:
 - Spirometr do pomiaru objętości życiowej
 - Defibrylator

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dn. 10 listopada 2006 zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej.

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dn. 27 lutego 1998r w sprawie standardów oraz procedur medycznych przy udzielaniu świadczeń zdrowotnych z zakresu anestezjologii i intensywnej terapii w zakładach opieki zdrowotnej.

- Komunikat Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dn. 17 kwietnia 1997 o wytycznych Krajowego Konsultanta Medycznego w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii.

Deklaracja Helsińska o Bezpieczeństwie Pacjenta w Anestezjologii

- **PODSTAWOWE WYMAGANIA**
- 1/ Wszystkie instytucje w Europie udzielające okołooperacyjnej opieki anestezjologicznej powinny spełniać minimalne zalecenia EBA w zakresie monitorowania pacjentów zarówno na sali operacyjnej jak i pooperacyjnej.

Deklaracja Helsińska o Bezpieczeństwie Pacjenta w Anestezjologii

- **PODSTAWOWE WYMAGANIA**
- 2. Wszystkie takie instytucje powinny mieć procedury oraz niezbędne wyposażenie umożliwiające:
 - kontrolę aparatury i leków
 - przedoperacyjną ocenę oraz przygotowanie pacjenta
 - oznakowanie strzykawk
 - przeprowadzenie trudnej intubacji
 - leczenie hipertermii złośliwej
 - leczenie anafilaksji (wstrząsu)
 - leczenie toksyczności znieczulenia miejscowego
 - leczenie masywnego krwotoku
 - kontrolę infekcji
 - opiekę pooperacyjną wraz z uśmierzaniem bólu

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dn. 10 listopada 2006 zmieniające rozporządzenie w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać pod względem fachowym i sanitarnym pomieszczenia i urządzenia zakładu opieki zdrowotnej.

1. Odłączenie
2. Hypowentylacja
3. Intubacja przełyku
4. Intubacja oskrzelowa
5. Niedotlenienie
6. Przedawkowanie gazu znieczulającego
7. Hipowolemia (mała objętość krwi, płynów)
8. Odma płucna
9. Zator powietrzny
10. Hipertermia
11. Zachłyśnięcie - aspiracja
12. Zaburzenie równowagi zasadowo-kwasowej
13. Arytmia serca
14. Przedawkowanie leków

Te zagrożenia ...

Detekcja stanów zagrożenia



Elektroniczna aparatura medyczna

Politechnika Gdańska, *Inżynieria Biomedyczna*

- Pulsoksymetr 1,2,3,4,5,8,9,11,14
- Spektrometr masowy 1,2,3,6,9,10,12
- Kapnograf 1,2,3,9,10,12
- Automatyczny pomiar BP 6,7,9,14
- Stetoskop 1,3,4,13
- Spirometr 1,2
- Analizator tlenu 5
- EKG 13
- Pomiar temperatury 10

... można wykryć za pomocą tych monitorów

- **Serce: Ciśnienie krwi, HR, EKG**
- **EKG: rytm (częstość), ST segment (niedotlenienie)**
- **Oddech: ciśnienie, kapnograf, pulsoksymetr, spirometria, kontakt wzrokowy**
- **Temperatura [gardło, przetyk, pacha, tympanalna, itd]**
- **Oddawanie moczu (w przypadku umieszczenia cewnika Foley'a)**
- **Stymulacja nerwu [twarz, ramię] (w użyciu relaksacyjnych leków)**
- **Ciśnienie w rurce dotchawiczej (utrzymywać < 20 cm H₂O)**
- **Osluchiwanie**
- **Wizualny nadzór narzędzi anestezjologicznych i pacjenta**

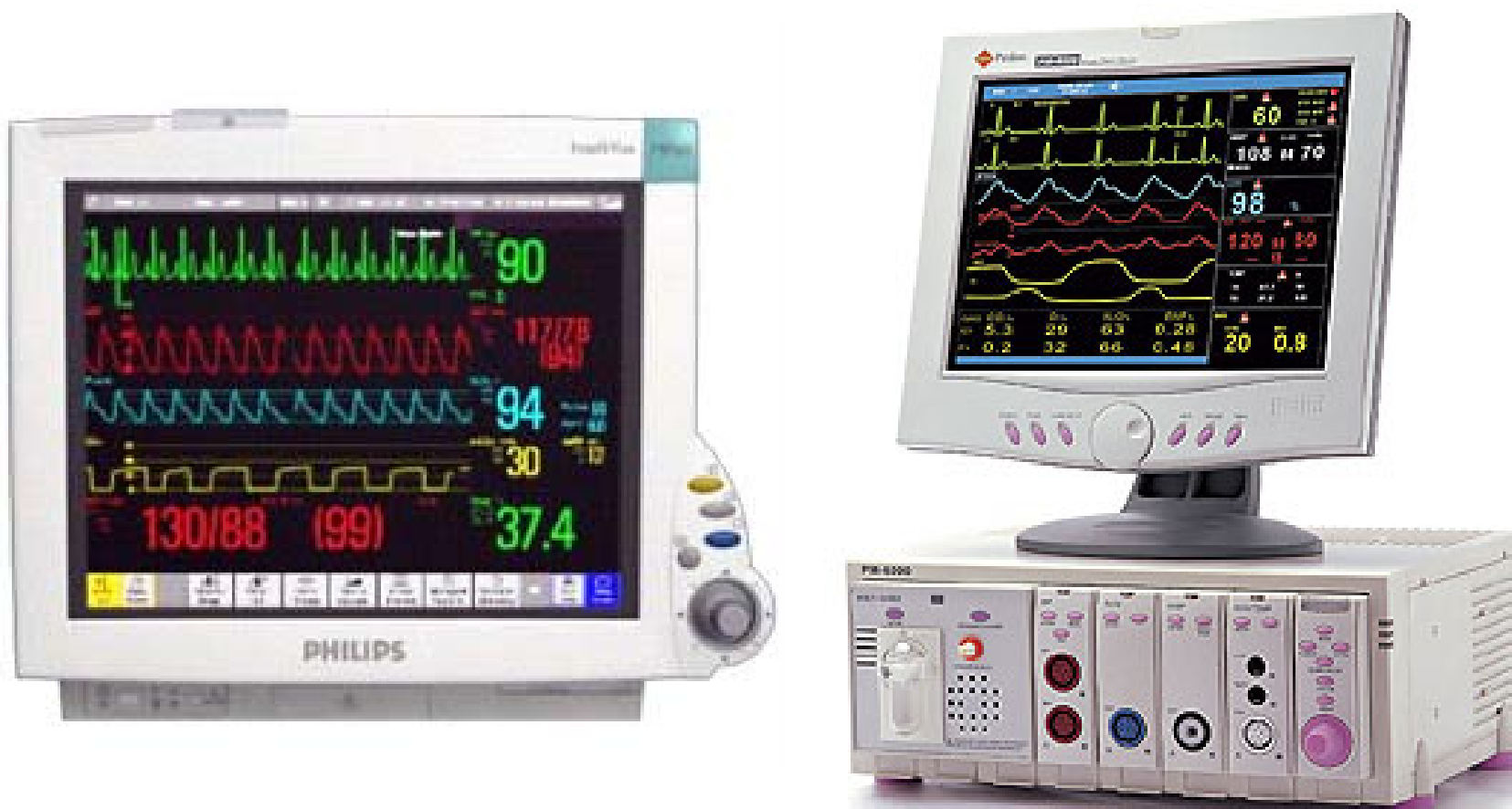
- **Aparat do znieczulania / kontrola wskazań**
- **Liczby i sygnały pacjenta**
- **Krwawienie/koagulacje** (*np. ile razy i w jakich ilościach odsysano krew*)
- **Pocenie/ruchy/grymasy**
- **Jakość wszystkich linii**
- **Bezpieczeństwo - przegląd**
- **Krzywa oddechowa** (*w zależności od sposobu oddychania, np. monitorowanie mięśni oddechowych*)

- **Ciśnienie manualnie**
- **Tętno (*palec na tętnicy*)**
- **Stetoskop (*serce i oddech*)**
- **Nadzór worka oddechowego (*spontanicznie oddychający pacjent*)**
- **Zwracaj uwagę na krzywą oddechową**
- **Zwracaj uwagę na niepożądane ruchy**
- **Obserwuj twarz pacjenta**
 - *kolor OK?*
 - *pocenie?*
 - *źrenice*

Aparaty do znieczulania

Elektroniczna aparatura medyczna

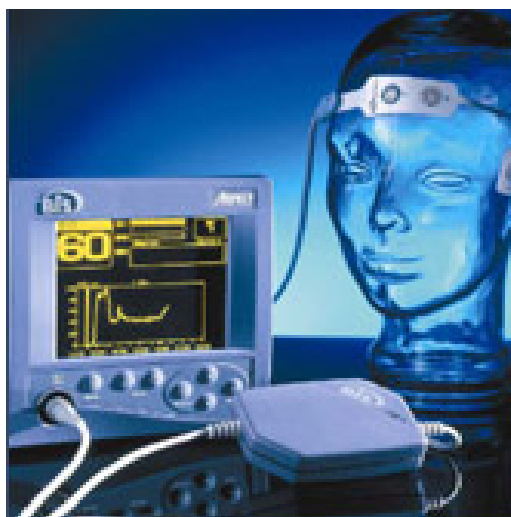




Przykłady monitorów wieloparametrowych



Echokardiografia
przezprzełykowa



Monitor głębokości
anestezji



Monitor potencjałów wywołanych

Specjalizowane monitory

- **Tętnica płucna (Swan Ganz)**
- **Echokardiografia przez-przełykowa**
- **Ciśnienie wewnątrzczaszkowe**
- **Elektrofizjologiczny monitoring CNS**
- **Monitoring funkcji nerek (indeksy)**
- **Monitoring krzepliwości krwi (e.g. ACT)**
- **Monitoring równowagi kwasowo-zasadowej (ABGs)**
- **Monitoring głębokości anestezji**

- **Cel:** Alarmy służą do zwracania uwagi obsługi , że pewne parametry lub ich kombinacje są poza ustawionym (przyjętym) zakresem
- **Uzasadnieni:** rozpoznana ograniczona uwaga u ludzi nawet w sprzyjających warunkach

Model koncepcyjny

- **Oś I - Przepływ powietrza/oddychanie**
- **Oś II - Krążenie (objętości)**
- **Oś III - Głębokość anestezji**
- **Oś IV - Neurologiczna**
- **Oś V - Zwiotczenie (relaksacja) mięśni**
- **Oś VI - Temperatura**
- **Oś VII - Elektrolity**
- **Oś VIII - Krzepliwość krwi**

- **Poprawne położenie rurki dotchawiczej**
- **Pomiar ciśnienia**
- **Spadki ciśnień**
- **Utlenowanie**
- **Wentylacja**
- **Spirometria**
- **Biomechanika płuc**
- **Monitorowanie składu gazu**
- **Kliniczne:** *(świsty, trzaski, równy wlot powietrza, kolor, krzywa oddechowa (szybkość, rytm, głębokość itp.)*

- **Rzut serca**
- **Ciśnienia wejściowe (CVP, LAP)**
- **Ciśnienia wyjściowe (BP, PAP)**
- **Stymulator: częstość, przewodzenie**
- **Kurczliwość serca**
- **Rezystancja naczyń (SVR, PVR)**
- **Wewnątrzsercowe przecieki**

- **Symptomy i oznaki** (np. zapalenia, pocenie, stan psychiczny)
- **Palec na pulsie** (częstość, rytm, moc pulsu)
- **Osluchiwanie** (rytm, szmery, dodatkowe dźwięki)
- **Elektrokardiogram: częstość, rytm, niedotlenienie**
- **Pulsoksymetr: częstość, kształt fali, rytm, wartość utlenowania**
- **Ciśnienie krwi: mankietowa, oscylometryczna, inwazyjnie**
- **Objętości: metody techniczne**

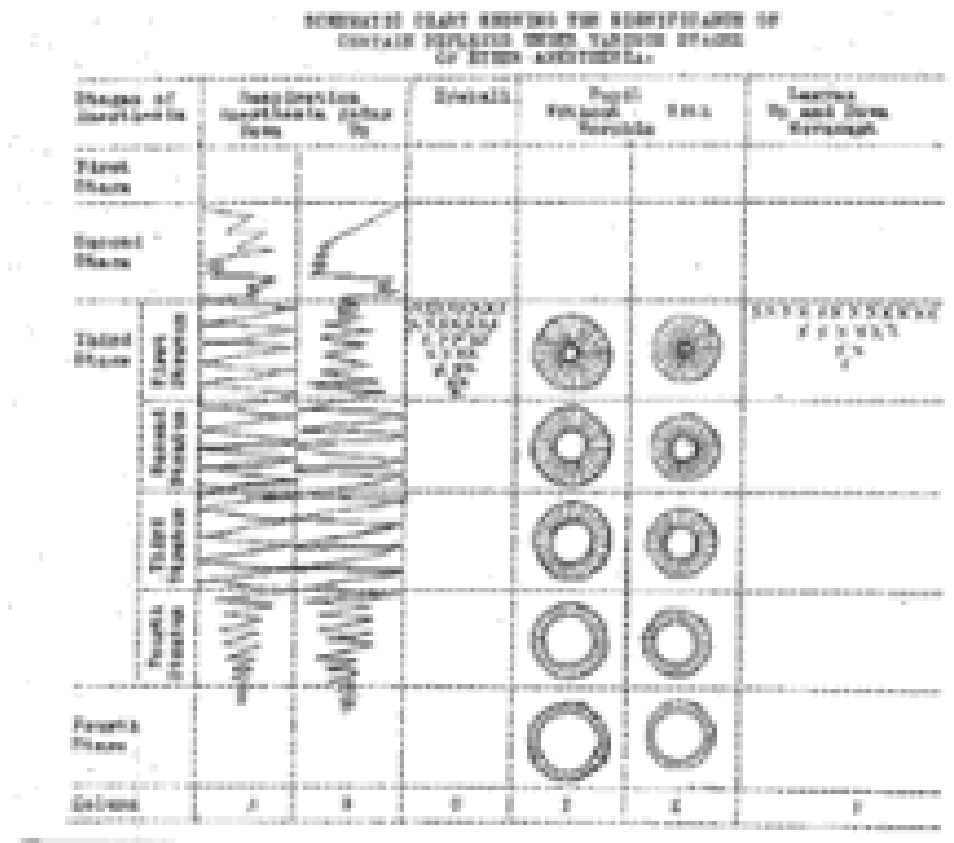
- **Znaki kliniczne**

- *oczy*
- *oddech*
- *serce*
- *CNS*

- **EEG**

- **EMG mięśni twarzy**

- **Skurcze przętyku (nieaktualne)**

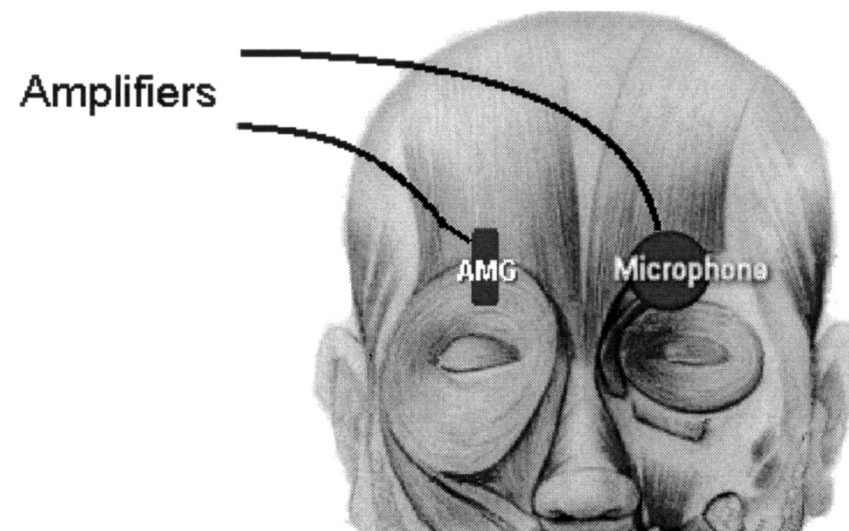


- **Kliniczne:** odczuwanie, odruchy,
- **Elektroencefalografia:** zapis EEG, analiza spektralna, analiza czasowo-spektralna
- **Potencjały wywołane (*szczególnie somatosensoryczne EPs*)**
- **Monitorowanie zatorów żylnych**
- **Ciśnienie wewnątrzczaszkowe (ICP)**
- **Doppler przezczaszkowy, prędkość przepływu, itp**

- **Oznaki kliniczne +/- stymulator**
- **Mechanomiografia**
- **Elektromiografia**
- **Metody piezoelektryczne**
- **Inne**

Relaksacja mięśni

Elektroniczna aparatura medyczna



Fonomiografia

- Detekcja skurczu mięśnia za pomocą mikrofonu
- Na etapie badań

Cel/uzasadnienie

- Wykrywanie/zapobieganie hypotermii
- Monitorowanie akceptowalnej hypotermii
- CPB - monitorowania schładzania/podgrzewania

Miejsca pomiaru

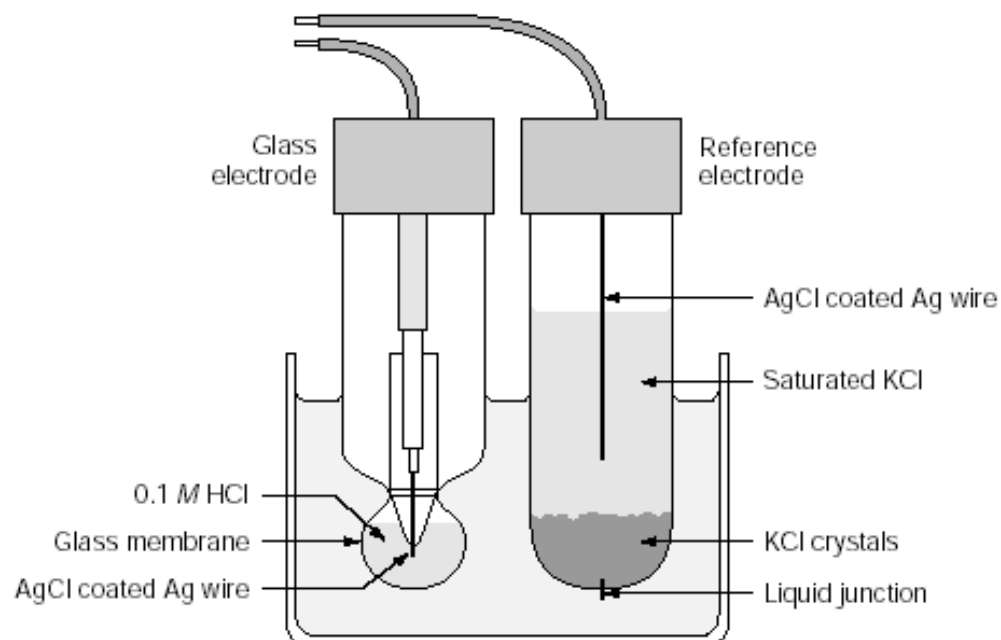
- Przetyk
- Nosogardziel
- Pacha
- Odbyt
- Pęcherz

- **Równowaga płynów**
- **Cukier**
- **Elektrolity**
- **Zasadowość/kwasowość**
- **Stan odżywienia**

- $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ (tak naprawdę jest inna)
 - H^+ - proton
 - Zakres 0 - 14
 - Jeżeli $[\text{H}^+]$ jest wysokie to roztwór jest kwasem; $\text{pH} < 7$
 - If $[\text{H}^+]$ jest małe to roztwór jest zasadą; $\text{pH} > 7$
-
- Cząsteczki wody (H_2O) ulegają samorzutnej auto-dysocjacji, co prowadzi do powstawania jonów H_3O^+ i OH^- : $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$
 - Reakcja ta jest odwracalna. Stężenie jonów H_3O^+ w czystej wodzie w temp. 25°C wynosi 10^{-7} mol/l, a stąd jej $\text{pH} = -\log(10^{-7}) = 7$.
 - W czystej wodzie stężenie jonów wodorowych i wodorotlenowych jest takie samo, woda (czysta) ma odczyn obojętny (pH wynosi 7).
 - W roztworach o $\text{pH} < 7$ stężenie jonów wodorowych jest większe niż wodorotlenowych i roztwory takie mają odczyn kwasowy
 - W roztworach o $\text{pH} > 7$ większe jest stężenie jonów wodorotlenowych, więc roztwory takie mają odczyn zasadowy.

Elektroda szklana i referencyjna

Standardowa metoda pomiarowa pomiaru pH wykorzystuje elektrodę szklaną i referencyjną



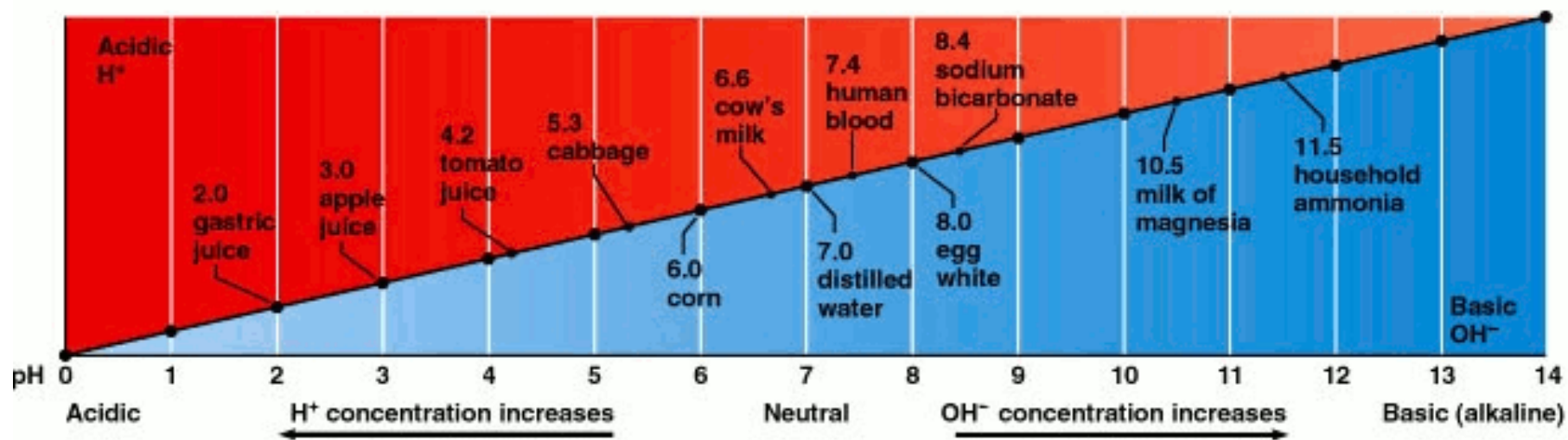
Budowa elektrody szklanej i referencyjnej Ag-AgCl

Napięcie opisane jest zależnością:

$$\begin{aligned}\psi &= \text{const} + \frac{kT}{q} \ln[H^+] \\ &= \text{const} + 25.7 \times 10^{-3} \ln 10 \log[H^+] \\ &= \text{const} - 0.0592 \text{ pH}\end{aligned}$$

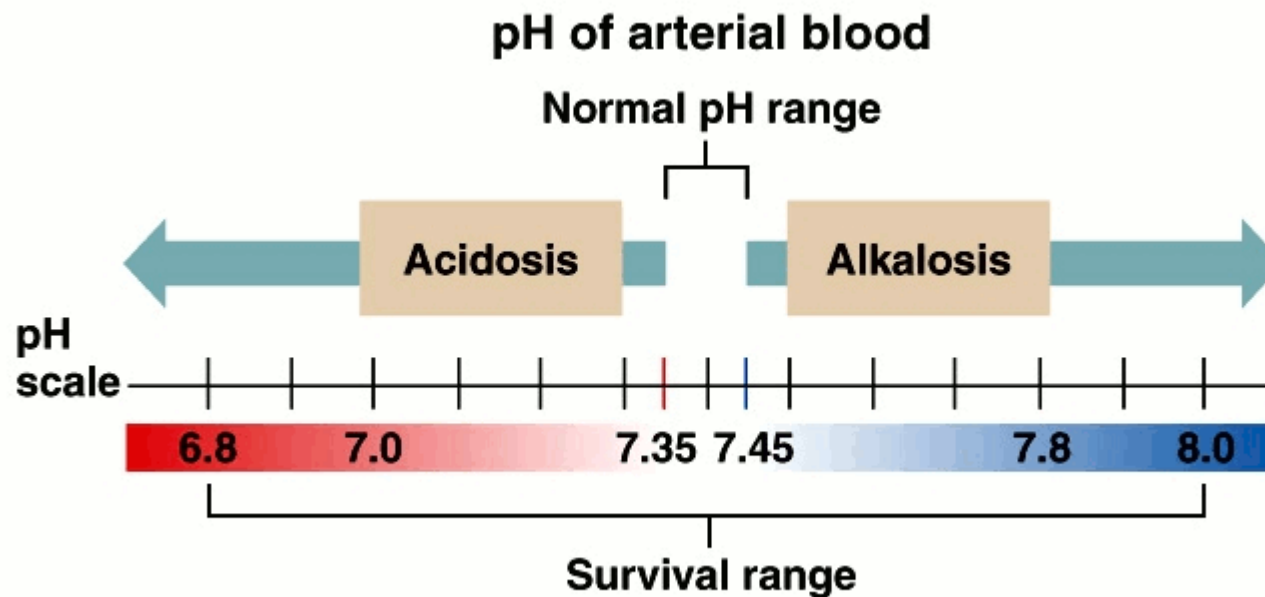
gdzie k – stała Boltzmana,
 T – temperatura bezwzględna,
 q – ładunek elektronu

pH - przykłady



- Poziom pH jest ściśle kontrolowany
- Płyn pozakomórkowy = 7.4
- Krew = 7.35 – 7.45
- < 6.8 lub > 8.0 śmierć
- Aksidoza (kwasica) poniżej 7.35
- Alkaloza (zasadowica) powyżej 7.45

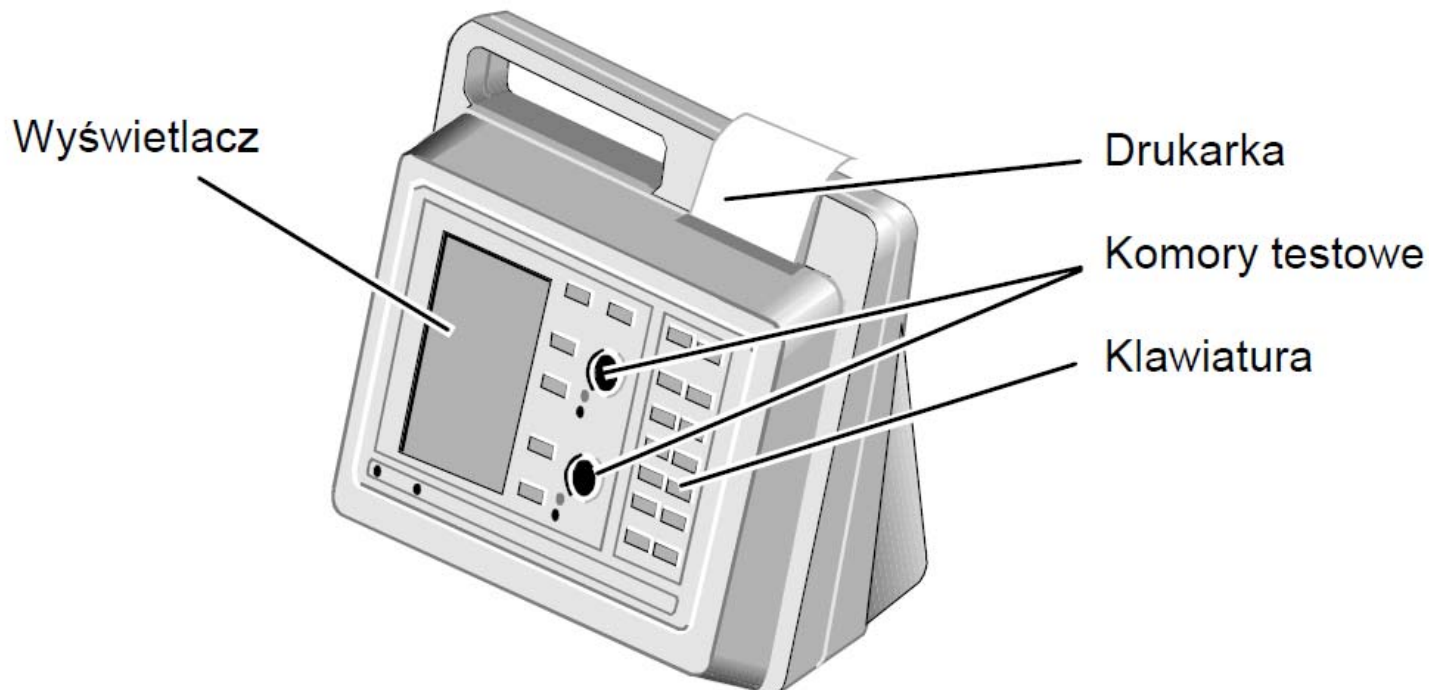
pH organizmu człowieka



- **Oznaki kliniczne**
- **Liczba płytek**
- **Czas krzepnięcia**

Krzepliwość krwi

Elektroniczna aparatura medyczna



Próbki testowe zawierają odczynniki do konkretnych testów i precyzyjny magnes. Natychmiast po umieszczeniu materiału w probówce, operator naciska przycisk START, Probówka z badanym materiałem jest wstrząsana, Probówka jest umieszczana przez operatora w komorze testowej, Jest automatycznie obracana z regulowaną prędkością i inkubowana w temperaturze $37\text{ °C} \pm 1,0\text{ °C}$.

W momencie pojawienia się skrzepliny dochodzi do ruchu magnesu

I to na tyle

