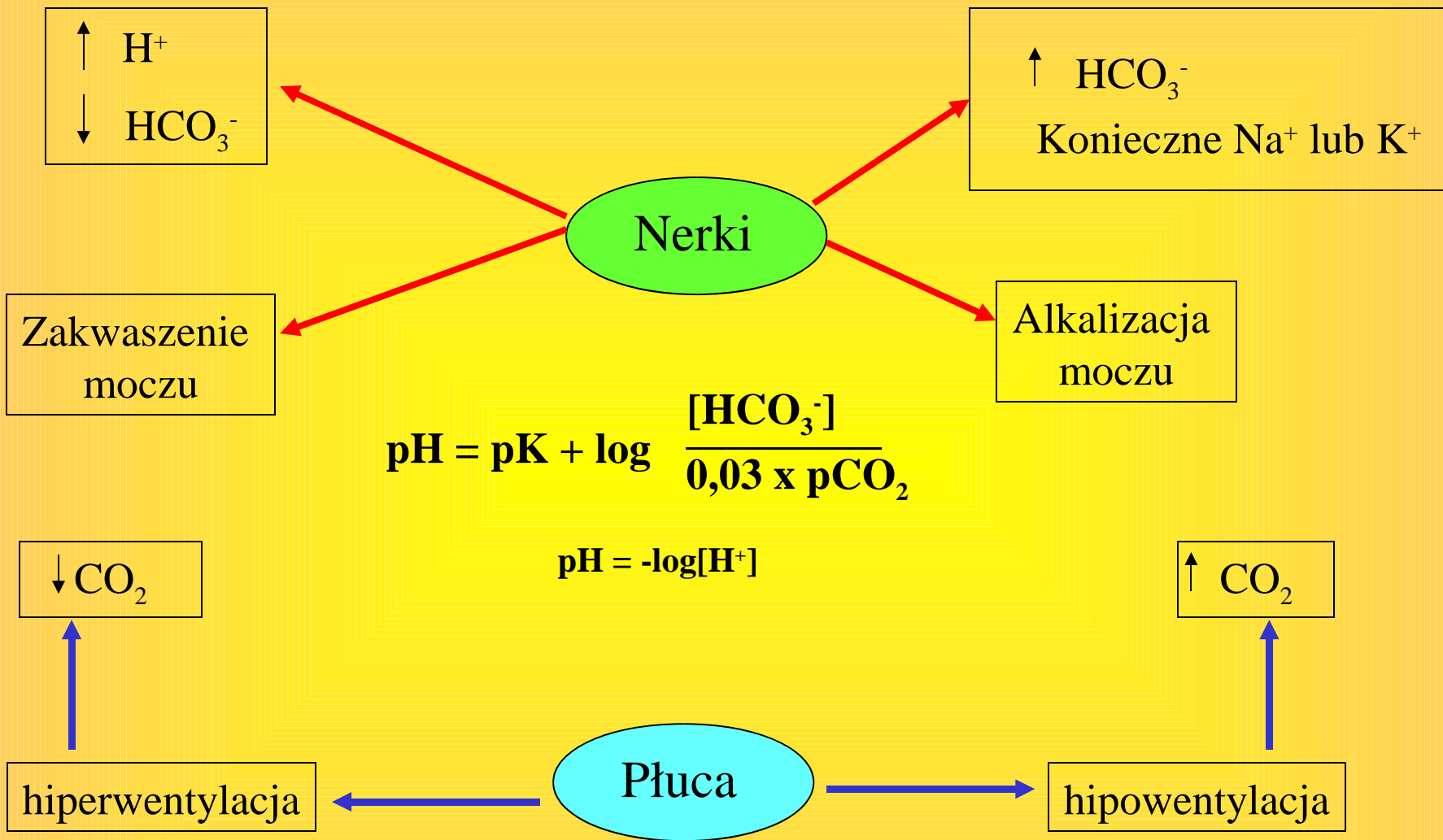


Równowaga kwasowo-zasadowa  
i  
gospodarka wodno-elektrolitowa



Mechanizmy kompensacyjne utrzymujące stabilność metaboliczną

# Układy buforowe organizmu

➤ układy buforowe przestrzeni pozakomórkowej

sekundy

➤ kompensacja oddechowa

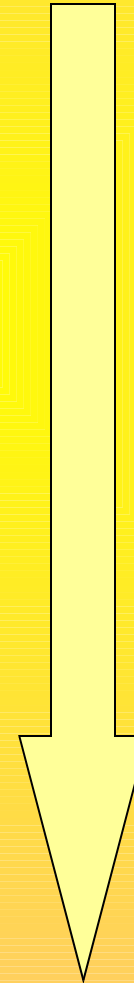
minuty

➤ Śródkomórkowe układy buforujące

godziny

➤ Kompensacja nerkowa

dni



# Zasady buforujące krwi:

- Dwuwęglany 20
- Białczany 17
- Hemoglobina 5
- Fosforany 3

---

45 mEq/l

## Badanie równowagi kwasowo-zasadowej:

- pH
- pO<sub>2</sub>
- pCO<sub>2</sub>
- Akt HCO<sub>3</sub>
- Stand HCO<sub>3</sub> (100% SO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub> 40 mmHg)
- BE – base excess

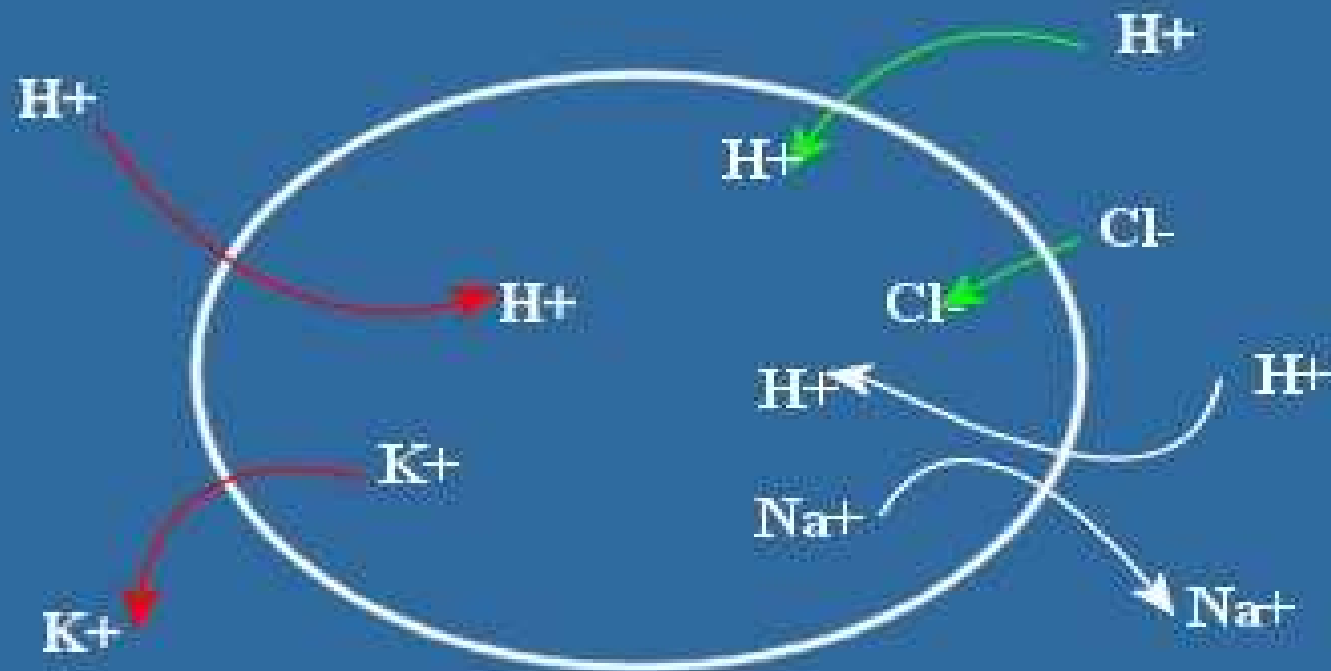
## Wartości prawidłowe (we krwi tętniczej)

	<b>Niemowlęta</b>	<b>Wiek szkolny</b>
<b>PaO<sub>2</sub></b>	> 75	> 85
<b>pH</b>	7,32 – 7,45	7,35 – 7,45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	25 – 43	35 - 45
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	15 – 24	21 - 27
<b>BE</b>	(-6,6) – (-0,2)	(-2,5) – (2,5)

# Kwasica metaboliczna

- **Nieprawidłowa produkcja silnych kwasów:**
  - ketokwasy: cukrzyca, głódzenie, zatrucie salicylanami
  - kwas mlekowy: zaburzenia perfuzji tkanek, hipoksja
- **Utrata zasad buforujących:**
  - z jelita cienkiego (biegunka)
  - nerkowa kwasica cewkowa

# KWASICA NIEODDECHOWA



[ $K^+$ ] rośnie o 1 mEq/l gdy pH spada o 0,01



# Kwasica metaboliczna

- Ujemny BE
- Hiperwentylacja – mechanizm kompensacyjny
- Leczenie: leczenie leżącego u jej podłoża zaburzenia
- Stosowanie dwuwęglanów – 8,4%  $\text{NaHCO}_3$  :

$$\text{mEq } 8,4\% \text{ NaHCO}_3 = 0,3 \times \text{mc (kg)} \times \text{BE}$$

Tylko w przypadku ciężkiej kwasicy:

$$\text{pH} < 7,1$$

$$[\text{HCO}_3^-] < 7,25$$

## Podaż $\text{NaHCO}_3$ kontrowersyjna:

- u chorych z nieprawidłową perfuzją obwodową – wzrost  $\text{CO}_2$  ( w warunkach prawidłowych nadmiar usuwany przez płuca) – nasilenie kwasicy wewnątrzkomórkowej
- Roztwór hiperosmolarny (przesunięcie płynu zewnątrzkomórkowego)
- Poszukiwanie nowych związków: Carbicarb – mieszanina węgla dwusodowego i dwuwęgla sodowego) – wzrost zewnątrzkomórkowego  $\text{HCO}_3^-$  i jednoczesne zużycie  $\text{CO}_2$
- Łagodna lub umiarkowana kwasica – wzrost produkcji i zużycia mleczanów – zwiększona produkcja energetyczna w mięśniu serca i wątrobie – działanie korzystne dla niedokrwionych tkanek

# Jony osocza krwi

**Kationy**

**153 mEq/l**

**Aniony**

**153 mEq/l**



**Luka anionowa:** różnicowanie kwasicy metabolicznej związanej z nadprodukcją silnych kwasów

$$\text{luka anionowa} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$$

### Wzrost:

- Ketoacidosis
- Hipokaliemia
- Hipokalcemia
- Mocznicza
- Zatrucie metanolem
- Leczenie: dużymi dawkami karbenicyliny lub penicyliny

### Zmniejszenie:

- Hipoalbuminemia
- Przewodnienie
- Hiperkalemia
- Hiperkalcemia
- Zatrucie solami litu

## Zasadowica metaboliczna

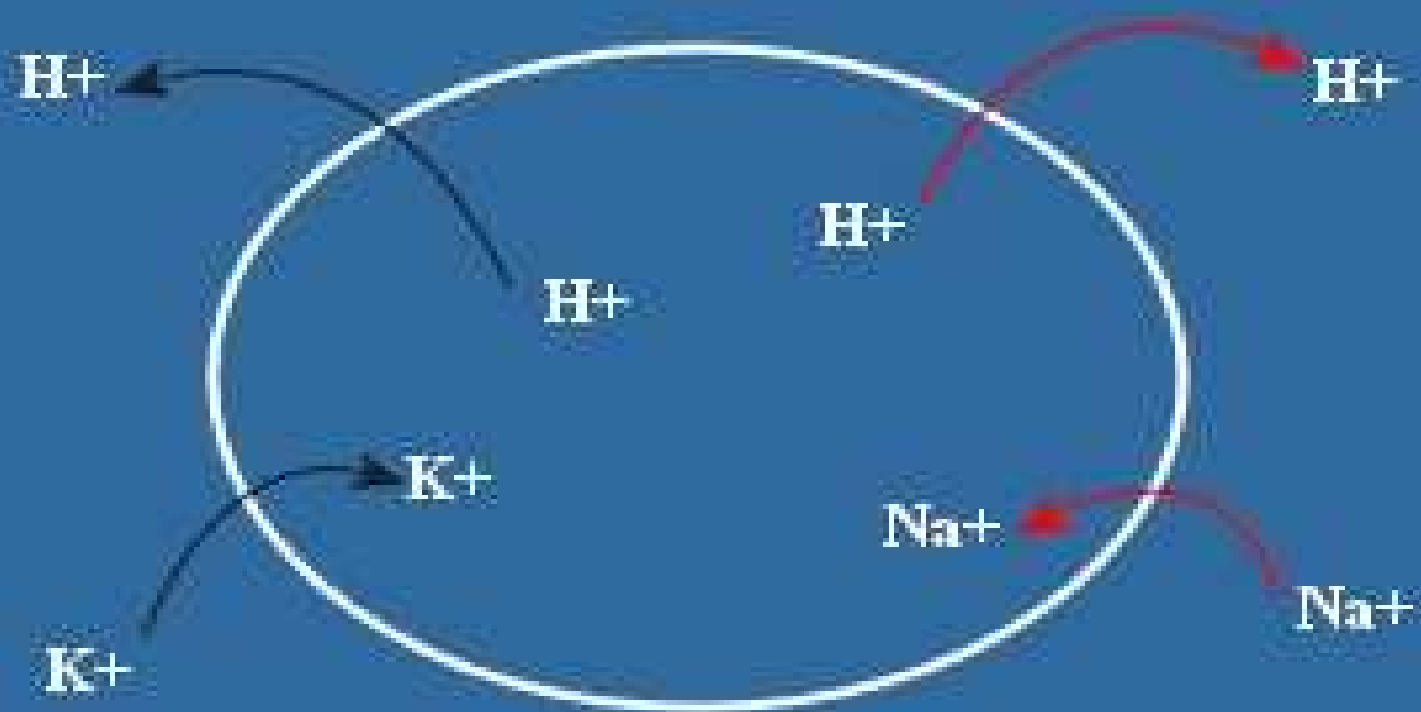
### Wzrost zasad buforujących lub utrata silnych kwasów:

- Pylorostenozja
- Przewlekła biegunka, biegunka chlorkowa
- Stosowanie diuretyków: utrata potasu
- Jatrogena

Zmniejszenie objętości płynu zewnątrzkomórkowego –  
wzrost reabsorpcji  $\text{Na}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$  w cewce bliższej, w cewce  
dalszej reabsorpcja  $\text{Na}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$  zależna od  
mineralokortykoidów

Leczenie: leczenie przyczyny, stosowanie jonów  $\text{Cl}^-$

# ZASADOWICA NIEODDECHOWA



## Kwasica oddechowa:

Zaburzenia wentylacji pęcherzykowej –

**wzrost  $\text{CO}_2$**

- obturacja górnych, dolnych dróg oddechowych, zaburzenia stosunku wentylacja/perfuzja

Leczenie  $\text{HCO}_3^-$  – NIESKUTECZNE:



## Zasadowica oddechowa:

### ↓ CO<sub>2</sub> – hiperwentylacja

- stymulacja OUN (meningitis, encephalitis)
- Histeria
- Salicylizm

Objawy: parestezje, mrowienie w kończynach, mdłości, palpacje, omdlenie



## W.K. 6/12 biegunka chlorowa

---

● pO <sub>2</sub>	78 mmHg
● pH	7,51
● pCO <sub>2</sub>	44 mmHg
● HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> akt.	36 mEq/l
● HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> st.	35 mEq/l
● BE	12,0 mEq/l

## A.K. 6/12 Enterocolitis ac.

---

● pO <sub>2</sub>	98 mmHg
● pH	7,19
● pCO <sub>2</sub>	15 mmHg
● HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> akt.	6,0 mEq/l
● HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> st.	9,7 mEq/l
● BE	-21,8 mEq/l

## M.T. 6 l. bóle brzucha

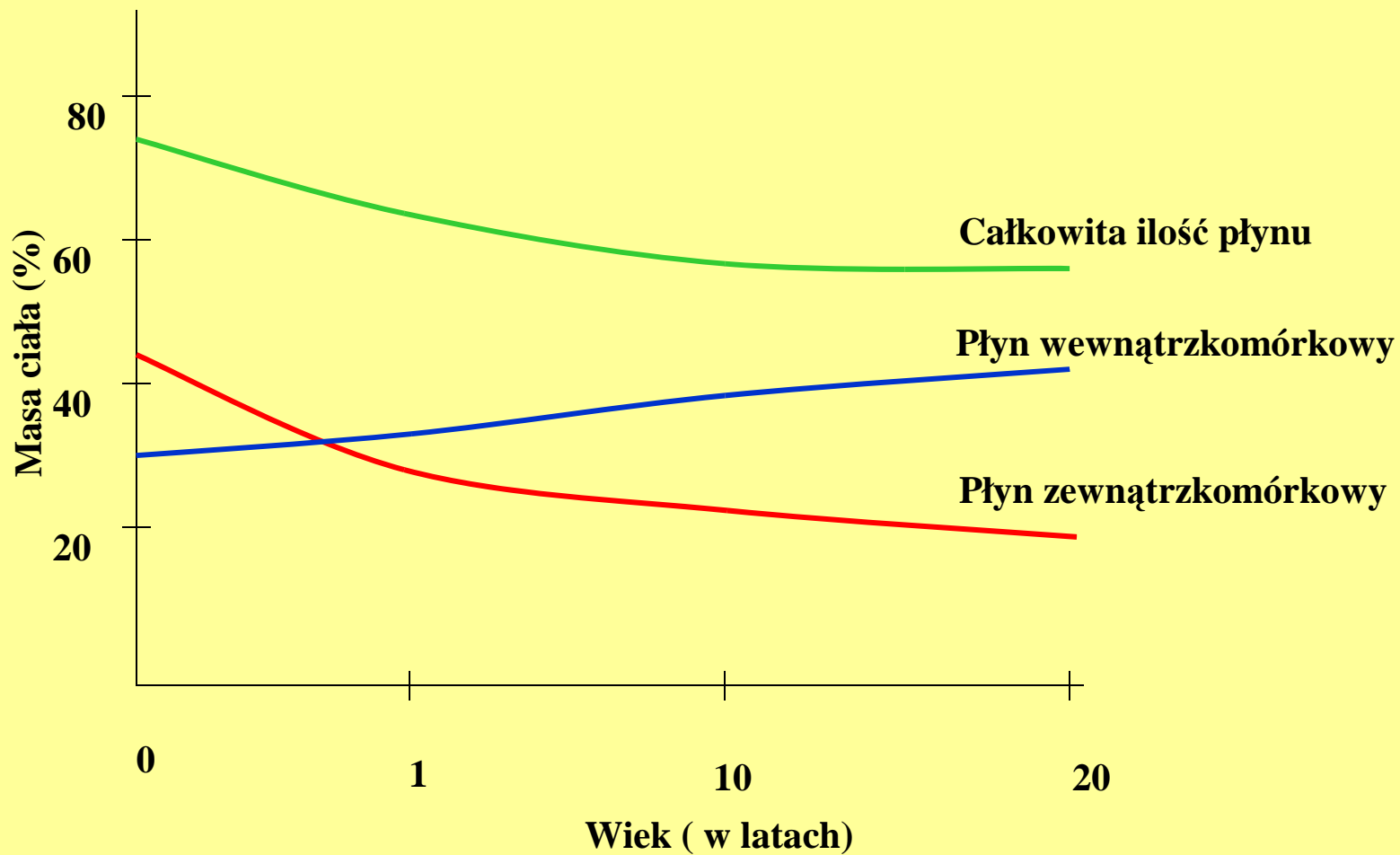
---

◆ $pO_2$	105 mmHg
◆ pH	7,48
◆ $pCO_2$	25 mmHg
◆ $HCO_3^-$ akt.	19,5 mEq/l
◆ $HCO_3^-$ st.	23,5 mEq/l
◆ BE	-0,4 mEq/l

## A.M. 6/12 Enterocolitis ac.

---

◆ pO <sub>2</sub>	82 mmHg
◆ pH	7,01
◆ pCO <sub>2</sub>	20 mmHg
◆ HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> akt.	? mEq/l
◆ HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> st.	7,6,7 mEq/l
◆ BE	< -22 mEq/l



**Rozmieszczenie wody w organizmie w zależności od wieku**

## Regulacja objętości płynu zewnątrzkomórkowego:

- Uczucie pragnienia – wpływa na ilość przyjmowanych płynów
- Aldosteron – wpływa na nerkową reapsorpcję  $\text{Na}^+$  - wzrost objętości ECF
- ADH – hormon antydiuretyczny – reguluje objętość moczu

## Zapotrzebowanie na płyny i elektrolity u dzieci

### **PŁYNY:**

3 – 10 kg: 100 ml/kg

11 – 20 kg: 1000 ml+ 50 ml/kg > 10 kg

> 20 kg: 1500 ml+ 20ml/kg > 20 kg

### **ELEKTROLITY:**

Na – 3 mEq/kg

K – 2 mEq/kg

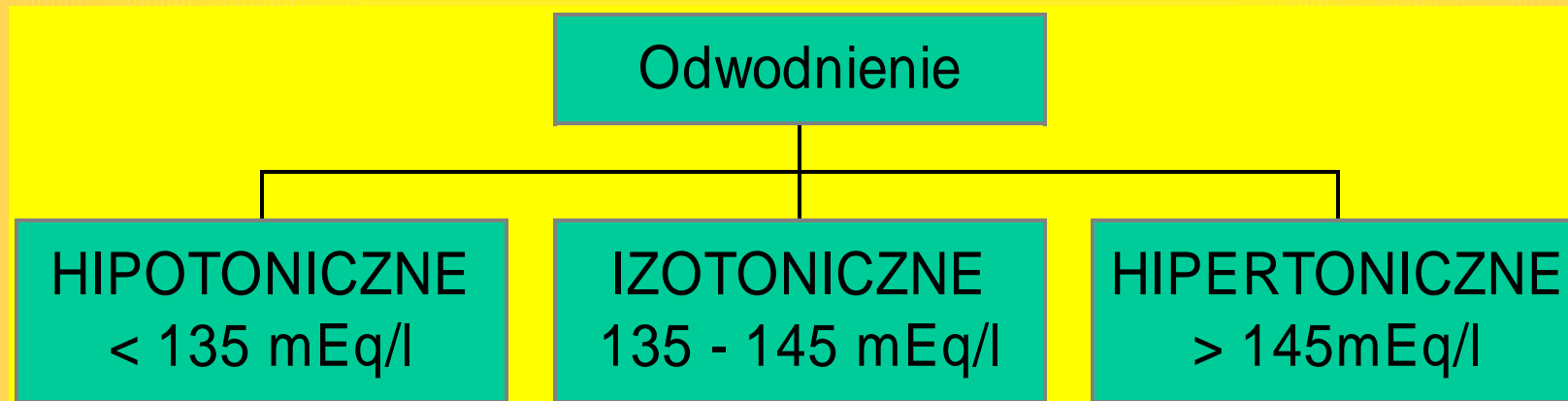
Cl – 5 mEq/kg

## Odwodnienie: objawy kliniczne

	Stopień odwodnienia		
Objawy kliniczne	Łagodne	Średnie	Ciężkie
Utrata masy ciała	3 – 5%	8 – 10%	12 – 15%
<b>Skóra:</b>			
Napięcie	W normie	Obniżone	Znacznie obniżone
Kolor	W normie	Błada	Znacznie obniżone
Śluzówki	Suche	Suche	Szare, lepkie
<b>Hemodynamiczne:</b>			
Tętno	W normie	W normie	Tachykardia
Ciśnienie	W normie	W normie	Obniżone
Perfuzja	W normie	W normie	Zaburzona
Diureza	Łagodna oliguria	Oliguria	Anuria
Łzy	Obecne	Zmniejszenie	Nieobecne



# Odwodnienie



Molalność osocza =  $([Na] + 5) \times 2 \text{ mmol/l}$

## Utrata płynów i elektrolitów – odwodnienie średnie i ciężkie

Typ odwodnienia	H <sub>2</sub> O (ml/kg)	Na <sup>+</sup> mEq/kg	K <sup>+</sup> mEq/kg	Cl <sup>-</sup> i HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mEq/kg
Izotoniczne	100 – 150	8 – 10	8 – 10	16 – 20
Hipotoniczne	50 – 100	10 – 14	10 – 14	20 – 28
Hipertoniczne	120 – 180	2 – 5	2 – 5	4 - 10

# Odwodnienie izotoniczne:

- Płyny doustne
- Płyny parenteralne:
  - odwodnienie znacznego stopnia
  - Zaburzenia świadomości
  - Wymioty po każdej próbie pojenia
  - Znaczne wzdęcie, niedrożność porażenna
  - Małe niemowlęta

# Odwodnienie izotoniczne

- wypełnienie łożyska naczyniowego: 10 – 20 ml/kg w ciągu 1 godziny
- Uzupelnienie deficytu + pokrycie stałego zapotrzebowania:  $\frac{1}{2}$  w ciągu pierwszych 8 godzin,  $\frac{1}{2}$  w ciągu 16 godzin
- Uzupelnienie strat bieżących

Uwaga: wzrost temp o 1<sup>st</sup>.C powoduje wzrost zapotrzebowania na płyny o 12%

# Odwodnienie hipotoniczne:

## **Ryzyko obrzęku mózgu:**

Objawy : apatia, mdłości, wymioty, zaburzenia świadomości, drgawki, zgon

Leczenie: płyny izotoniczne

Uzupełnienie deficytu: 12 – 15 meqNa/dobę +  
zapotrzebowanie podstawowe – 3mEq/dobę

Wzrost Na nie większy niż 10 mEq/dobę

## **Hiponatremia objawowa:** 3% NaCl

deficyt Na =  $125 - [\text{Na aktualne}] \times \text{mc} \times 0,6$  w ciągu 4 godzin

# Odwodnienie hipotoniczne



# Odwodnienie hipertoniczne:

Hipernatremia → toniczności krwi → ADH

**Hipernatremia pozakomórkowa**- wyjście wody z komórek – zmniejszenie rozmiarów komórek – przerwanie pajęczynówki: wylewy

Hipernatremia > 160 mEq/l

- następstwa z OUN
- 10% śmiertelność

**Leczenie:** płyny izotoniczne, korekta nie większa niż 10 – 12mEq/dobę,

**4ml H<sub>2</sub>O zmniejszenie stężenia Na w surowicy o 1mEq/l**

znaczna hipernatremia: albuminy 5% - 10ml/kg mc

Powikłania leczenia: obrzęk mózgu

# POTAS

- Hipokaliemia  $< 3,5$  mEq/l

Apatia, osłabienie siły mięśniowej, parestezje, tężyczka, niedrożność porażenna

EKG: obniżenie fali T, obecność fali U, obniżenie ST

Zaburzenia rytmu:  
tachykardia – migotanie komór

- Hiperkaliemia  $> 5,5$  mEq/l

Osłabienie siły mięśniowej, porażenia, parestezje

EKG: wysoki, wąski T, wydłużenie PR, szeroki QRS

Zaburzenia rytmu:

bradykardia zatokowa, blok przedsionkowo-komorowy, asystolia



# POTAS

- **Hipokaliemia**

- podaż doustna
- Podaż dożylna:

nie przekraczać  
0,5mEq/kg/h

- **Hiperkaliemia:**

- Calcium iv: szybkie działanie
- $\text{NaHCO}_3$
- Glukoza z insuliną
- Żywnice jonowymienne
- Hemodializa