

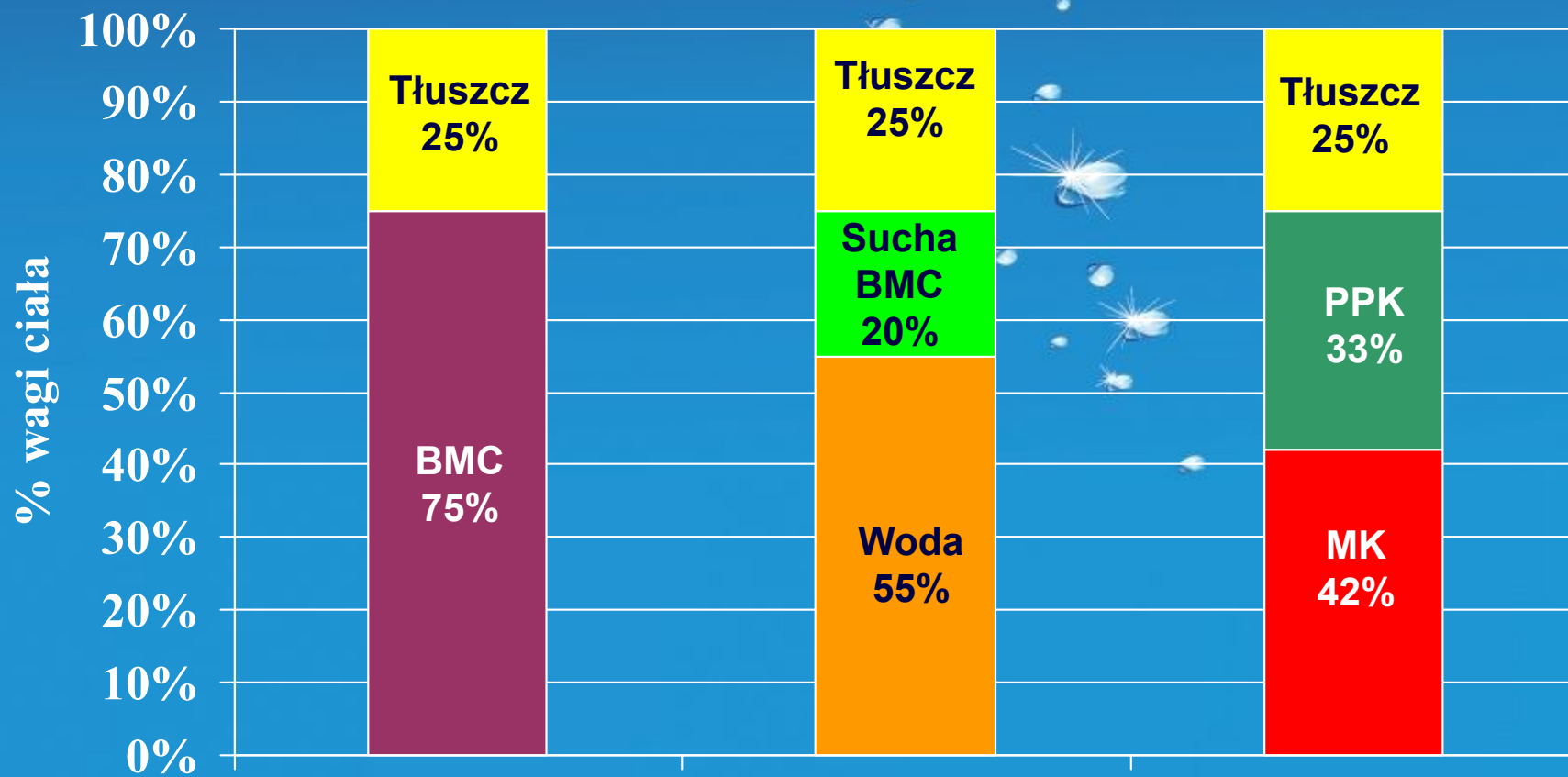
The background features a gradient of blue colors, from light at the top to dark at the bottom. At the top, there are stylized, wavy lines representing water. Below these, a series of bubbles of various sizes are depicted, some with bright, multi-pointed starburst highlights, suggesting light reflecting off the water's surface.

# **BUDOWA USTROJU**

## **Zaburzenia regulacji wodno-elektrolitowej**

2016 (C) III Katedra Chirurgii Ogólnej UJ CM

# Skład ustroju



# Różnice między płciami

- Mężczyźni

- 60% wody

- Kobiety

- 55% wody

# Skład ustroju

- Tlen 61%
- Węgiel 23%
- Wodór 10%
- Azot 2,6%
- Wapń 1,4%
- Fosfor 0,83%
- Potas 0,20%
- Siarka 0,20%
- Sód 0,14%
- Chlor 0,14%
- Magnez 0,027%

## Skład ustroju:

- Masa komórkowa - 42% wagi ciała
- Przestrzeń p/kom - 33% wagi ciała
  - Frakcja stała 8%
    - mineralne składniki kości
    - tkanka łączna
  - Frakcja płynna 25%
    - płyn zewnątrzkomórkowy
    - osocze
- Tłuszcz - 25% wagi ciała

# Dystrybucja płynów ustrojowych

- W celu dokonania prostych obliczeń przyjęto, że objętość płynu przestrzeni zewnątrzkomórkowej wynosi 20% tj ok.14l
  - Osocze 4% ~ ok. 3 litry
  - Płyn śródmiąższowy 16% ~ ok. 11 litrów

3%

4%

16%

k  
r  
w  
i  
n  
k  
i

o  
s  
o  
c  
z  
e

Płyn w przestrzeni pozakomórkowej  
(pozanaczyniowy)

krew 7%

płyn zewnątrzkomórkowy 20%

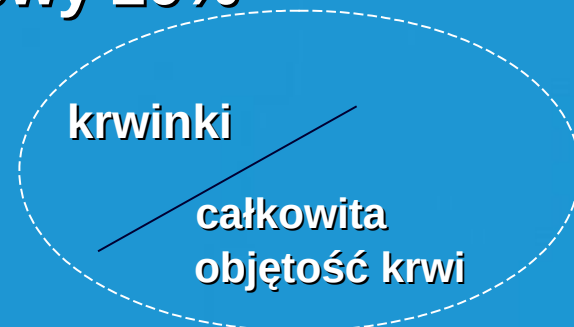
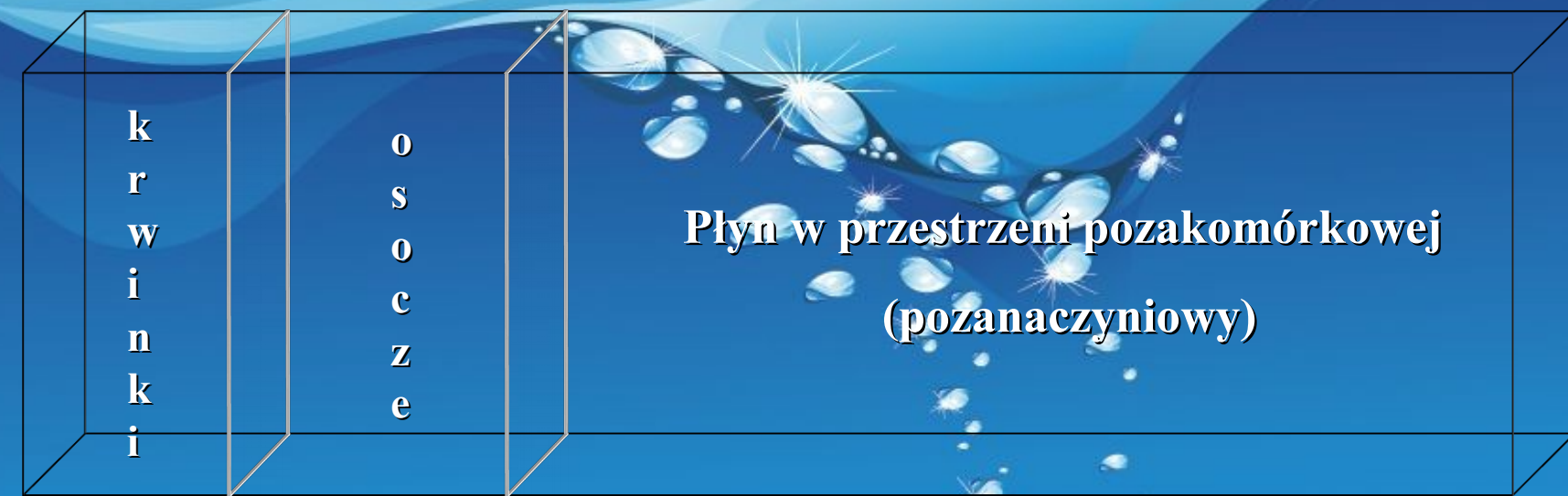
Ht

Elementy morfotyczne 2100ml tj.30ml/kg.w.c

Osocze stanowi 2800ml tj.40ml/kg w.c.

krwinki

całkowita  
objętość krwi



# Dobowy bilans płynów

- Utrata 2600ml/dobę
  - przez nerki 1500ml
  - przez płuca i skórę 1000ml
  - z kałem 100ml
- Podaż 2600ml/dobę
  - w pok. stałych i płynnych 2300ml
  - woda endogenna 300ml
- BILANS +/- zerowy



# Zapotrzebowanie dobowe

- Wg wagi
  - $(10 * 100) + (10 * 50) + ((Waga - 20) * 20)$
- Wg BSA
  - $BSA = 0.024265 * Wzrost^{0.3964} * Waga^{0.5378}$
  - $(1500 * BSA)$

**Tabela 1.7 Prawidłowe dobowe utraty i zapotrzebowanie na płyny i elektrolity**

|   | <b>Objętość (ml)</b> | <b>Na<sup>+</sup><br/>(mmol)</b> | <b>K<sup>+</sup><br/>(mmol)</b> |
|---|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Mocz  | 2000                 | 80                               | 60                              |
| Utrata niewidoczna<br>(skóra i układ oddechowy) | 700                  | –                                | –                               |
| Stolec  | 300                  | –                                | 10                              |
| Minus woda metaboliczna                         | 300                  | –                                | –                               |
| <b>Razem</b>                                    | <b>2700</b>          | <b>80</b>                        | <b>70</b>                       |

# Patologiczna utrata płynów

- Gorączka 500ml/1 stopień  $> 37.0$
- Krwawienie z rany
- Dreny
- Przetoki
- Biegunki
- Sekwestracja w III przestrzeni

# Patologiczna utrata płynów

- Nerki: poliuria; po odbarczeniu odpływu; faza poliuryczna po ostrym uszkodzeniu kanalików; ciężkie uszkodzenie nerek
- Inne przyczyny: moczówka prosta; cukrzyca; hipoaldosteronizm
- Brak fizjologicznego czucia pragnienia: uszkodzenia podwzgórza
- Niemożność dostępu do wody: unieruchomienie; zaburzenia świadomości; noworodki
- Zatrzymanie wody: choroby serca; hipoproteinemia; uszkodzenie nerek; marskość wątroby

**Tabela 1.9 Przybliżone objętości dobowe [ml] i stężenia elektrolitów różnych płynów w przewodzie pokarmowym\***

|                                    | <b>Objętość</b> | <b>Na<sup>+</sup></b> | <b>K<sup>+</sup></b> | <b>Cl<sup>-</sup></b> | <b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Osocze                             | –               | 140                   | 5                    | 100                   | 25                                 |
| Sok żołądkowy                      | 2500            | 50                    | 10                   | 80                    | 40                                 |
| Sok jelitowy (górny od-cinek)      | 3000            | 140                   | 10                   | 100                   | 25                                 |
| Żółć i sok trzustkowy              | 1500            | 140                   | 5                    | 80                    | 60                                 |
| Treść z ustabilizowanej ileostomii | 500             | 50                    | 5                    | 20                    | 25                                 |
| Biegunka (zapalna)                 | –               | 110                   | 40                   | 100                   | 40                                 |

\* Jeżeli utrata płynów z przewodu pokarmowego utrzymuje się dłużej niż 2–3 dni, należy regularnie pobierać próbki tego płynu i moczu oraz oznaczać stężenia elektrolitów.

Tabela 1.8 **Przyczyny utraty płynów u chorych leczonych chirurgicznie**

|                                | <b>Typowa utrata w ciągu 24 godz.</b> | <b>Czynniki wpływające na objętość</b>   |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Utrata niewidoczna             | 700–2000 ml                           | Wzrost utraty w przypadku gorączki, pocenia się, nienawilżony tlen do oddychania   |
| Mocz                           | 1000–2500 ml                          | Zmniejszona produkcja moczu pod wpływem wydzielania aldosteronu i ADH.<br>Wzrost diurezy po podaniu środków moczopędnych |
| Przewód pokarmowy              | 300–1000 ml                           | Wzrost utraty przy niedrożności mechanicznej i odczynowej, przetokach, biegunka  |
| Utrata do trzeciej przestrzeni | 0–4000 ml                             | Wzrost utraty przy większym zakresie zabiegu i urazów tkankowych   |

# Skład osocza krwi

## Kationy:

Na<sup>+</sup> 142  
K<sup>+</sup> 5,0  
Ca<sup>++</sup> 5,0  
Mg<sup>++</sup> 3,0

## Aniony:

Cl<sup>-</sup> 103  
HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 27  
białko 17  
kw. org. 5  
fosforanowy 2  
siarkowy 1

---

155mEq/l

155mEq/l

# Skład płynu wewnątrzkomórkowego

## Kationy:

**K<sup>+</sup> 150**

**Na<sup>+</sup> 21**

**Mg<sup>++</sup> 40**

---

**211mEq/l**

## Aniony:

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 25**

**HPO<sub>4</sub><sup>-</sup> 121**

**białko 55**

**SO<sub>4</sub><sup>-</sup> 10**

---

**211mEq/l**



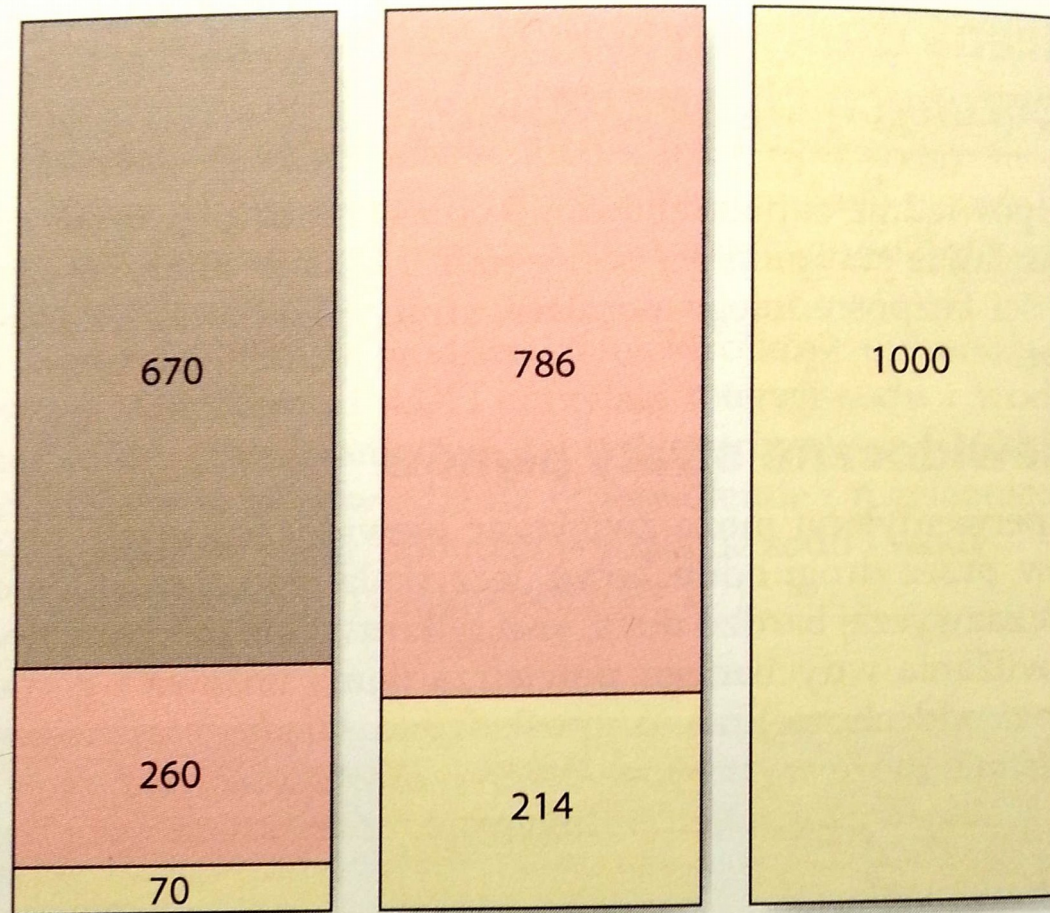


# Płynoterapia

**Tabela 1.10 Skład powszechnie używanych płynów dożylnych**

|   | Na <sup>+</sup><br>(mmol/l) | K <sup>+</sup><br>(mmol/l) | Cl <sup>-</sup><br>(mmol/l) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mmol/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mmol/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mmol/l) | Ciśnienie<br>onkotyczne<br>(mm H <sub>2</sub> O) | Typowy czas<br>półtrwania<br>w osoczu | pH  |
|---|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------------|-----|
| 5% glukoza                                    | –                           | –                          | –                           | –   | –                            | –                            | 0  | –                                     | 4,0 |
| 0,9% NaCl                                     | 154                         | 0                          | 154                         | 0   | 0                            | –                            | 0  | –                                     | 5,0 |
| Płyn Ringera z mleczanami (roztwór Hartmanna) | 131                         | 5                          | 112                         | 29*                                       | 1                            | 1                            | 0  | –                                     | 6,5 |
| Haemaccel (żelatyna sukcyńlowana)             | 145                         | 5,1                        | 145                         | 0   | 6,25                         | –                            | 370  | 5 godz.                               | 7,4 |
| Gelofusine (żelatyna poliżelowana)            | 154                         | 0,4                        | 125                         | 0   | 0,4                          | 0,4                          | 465  | 4 godz.                               | 7,4 |
| Hetastarch                                    | 154                         | 0                          | 154                         | 0   | 0                            | –                            | 310  | 17 dni                                | 5,5 |
| Albuminy ludzkie 4,5%                         | 150                         | 0                          | 120                         | 0   | 0                            | –                            | 275  | –                                     | 7,4 |

\* Mleczany zawarte w płynie Ringera są szybko metabolizowane w wątrobie, przy czym powstają jony wodorowęglanowe. Wodorowęglanów nie można bezpośrednio dodawać do roztworów, gdyż są nietrwałe (mają skłonność do wytrącania się).



• 5% glukoza

• 0,9% NaCl  
• Mleczan Ringera  
• Roztwór  
Hartmanna

• 4,5% albuminy  
• Polisacharydy  
• Gelofusine  
• Haemacell

- Objętość wewnątrznaczyniowa
- Objętość pozakomórkowa
- Płyn wewnątrzkomórkowy

**Ryc. 1.6** Dystrybucja różnych płynów w przedziałach płynowych organizmu 30–60 min po szybkim przetoczeniu dożylnym 1000 ml płynu

# Hiponatremia

- Przesunięcie wody z komórki: hipoglikemia, mannitol
- Przesunięcie sodu do komórki: utrata potasu
- Zatrzymanie wody: zespół nieadekwatnej sekrecji ADH (SIADH)-ADH (guzy nowotworowe płuc, trzustki, prostaty; obrażenia i uszkodzenia płuc; obrażenia i uszkodzenia mózgu; stres, emocje, wymioty, karbamezepina, klofibrat, vinkrystyna, chlorpropamid, narkotyki); obrzęki pochodzenia kardiogennego
- Straty sodu: nerki, przewód pokarmowy, skóra
- Nadmierne przyjmowanie wody: polidypsia
- Utrata do III przestrzeni oraz przez skórę

# Hipernatremia

- Normalny poziom Na
  - Nadmierna utrata wody (moczówka prosta)
- Obniżony poziom Na
  - woda i sód wydalane normalnie a utrata wody > niż utrata sodu  $H_2O > Na$
  - Diureza osmotyczna, intensywne pocenie się, biegunka
- Podwyższony poziom Na całkowitego
  - W postaciach przewlekłych z zatrzymaniem sodu przez nerki

# Wyrównywanie natremii

- Hiponatremia w normo/hiperwolemii
  - Przewlekła
    - Zmniejszenie podaży wody
  - Ostra
    - Podawanie 0,9% NaCl, ew. ostrożnie hipertoniczne r-y NaCl (3%)
- Hiponatremia w hipowolemii
  - Podawanie 0,9% NaCl tak, by wzrost stężenia sodu w osoczu zwiększał się nie szybciej niż 0,5mmol/godz

# Hipokaliemia

- Obniżona podaż
- Zwiększone wydalanie: pierwotny i wtórny hiperaldosteronizm, leczenie sterydami, diuretyki, uszkodzenie kanalików nerkowych
- Przewód pokarmowy: wymioty, biegunki
- Przesunięcie do komórki: insulina, beta-adrenergiki, aldosteron
- Alkaloza

# Hiperkaliemia

- Nadmierna podaż droga doustną lub dożylną
- Przesunięcie z komórki: kwasica, niedobór insuliny, beta-blokery, stymulatory alfa-adrenergiczne, glukagon
- Rozpad komórki: rabdomioliza, hemoliza, oparzenie, rozpad guzów neo pod wpływem leczenia, sukcylocholina
- Niewydolność nadnerczy
- Niewydolność nerek



## Uzupełnianie potasu

- Niedobór potasu w osoczu  $1\text{mmol/L}$  oznacza rzeczywisty niedobór ok.  $200\text{mmol K}^+$  w organizmie
- Preferowana droga doustna/przez zgłębnik
- Dożylnie ok.  $60\text{mmol KCl}$  w  $1000\text{ml}$  płynu iv
- Większe stężenia przez CVC

# Obniżanie hiperkaliemii

- Furosemid?
- 5% Glukoza iv z insuliną krótkodziałającą (500ml 5% glukozy + 4j insuliny)
- Żywnice jonowymienne

# Ciężka hiperkaliemia $>7\text{mmol/L}$

- Monitorowanie EKG
- 10ml 10% glukonolaktozianu wapnia przez 3min iv
- 50ml 50% glukozy + 10j insuliny iv, następnie wlew 10% glukozy iv 50-100ml/h
- Salbutamol w nebulizacjach
- Żywyce jonowymienne po/pr
- Dializy



# Równowaga kwasowo-zasadowa



|                         | Ostre |                  |                               | Przewlekłe |                  |                               |
|-------------------------|-------|------------------|-------------------------------|------------|------------------|-------------------------------|
|                         | pH    | PCO <sub>2</sub> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | pH         | PCO <sub>2</sub> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
| kwasicza oddechowa      | ↓↓    | ↑↑               | N                             | ↓          | ↑↑               | ↑                             |
| zasadowica oddechowa    | ↑↑    | ↓↓               | N                             | ↑          | ↓↓               | ↓                             |
| kwasicza metaboliczna   | ↓↓    | N                | ↓↓                            | ↓          | ↓                | ↓                             |
| zasadowica metaboliczna | ↑↑    | N                | ↑↑                            | ↑          | ↑                | ↑                             |

N – wartości w normie

# Kwasica metaboliczna

| Przyczyna  | Rozpoznanie  | Leczenie   |
|--|--|--|
| <b>przerwa anionowa zwiększona</b>   |  |  |
| niewydolność nerek   | zwiększone stężenie kreatyniny   | podawanie wodorowęglanów, dializy  |
| kwasica mleczanowa   | zwiększone stężenie mleczanów w upośledzeniu perfuzji tkanek lub w niewydolności wątroby | przywrócenie prawidłowego utlenowania tkanek   |
| cukrzycowa kwasica ketonowa, głódzenie   | zwiększone stężenie ciał ketonowych i glukozy  | uzupełnienie niedoboru płynów i elektrolitów i zastosowanie insuliny   |
| zatrucia (salicylanami, alkoholem metylowym, glikolem etylenowym, paraldehydem, toluenem)                          | badania toksykologiczne  | zwiększenie wydalania (przez nerki lub poprzez dializy)  |
| <b>przerwa anionowa prawidłowa</b>   |  |  |
| utrata przez przewód pokarmowy (biegunka, odsysanie treści z dwunastnicy, przetoka, zespolenie moczowodowo-esicze) | małe stężenie wodorowęglanów (w połączeniu z obrazem klinicznym)                         | uzupełnienie niedoboru płynu pozakomórkowego i elektrolitów  |
| cewkowa kwasica nerkowa typu proksymalnego, acetazolamid   | wykluczenie innych przyczyn obecności $\text{HCO}_3^-$ w moczu, pH moczu $>6$            | zaprzeszanie stosowania acetazolamidu  |
| wlewy 0,9% roztworu NaCl   | zwiększone stężenie chlorków   | zaprzeszanie przetaczania roztworów NaCl i ograniczenie ogólnej podaży NaCl w płynach  |
| kwasica nerkowa cewkowa typu dystalnego, stosowanie leków moczopędnych   | nieadekwatne pH moczu ( $>6$ )   | podanie $\text{HCO}_3^-$ i zaprzestać stosowania leków moczopędnych  |
| podawanie chlorku amonu, hiperalimentacja  | stosowanie $\text{NH}_4\text{Cl}$ lub całkowitego żywienia pozajelitowego                | zwiększenie stężenia octanów w mieszance stosowanej do całkowitego żywienia pozajelitowego i zaprzestać podawania $\text{NH}_4\text{Cl}$ |

# Zasadowica metaboliczna

| Przyczyna  | Stężenie chlorków w moczu                                 | Leczenie   |
|--|---|--|
| wymioty, odsysanie treści żołądkowej, biegunka z dużą utratą chlorków                        | minimalne   | uzupełnienie niedoboru płynu pozakomórkowego, chlorków i potasu            |
| stosowanie leków moczopędnych  | minimalne (po zaprzestaniu stosowania leków moczopędnych) | uzupełnienie niedoboru płynu pozakomórkowego, chlorków i potasu            |
| nadmiar mineralokortykoidów (zespół Cushinga, hiperaldosteronizm, egzogenna podaż steroidów) | duże (> 15 mEq/l)   | leczenie przyczyny, zastosowanie spironolaktonu, uzupełnić niedobór potasu |
| podaż związków zasadowych (cytryniany, leczenie żywieniowe, zespół mleczno-alkaliczny)       | duże (> 15 mEq/l)   | przeciwdziałanie przyczynie  |
| hipokalemia  | duże (> 15 mEq/l)   | uzupełnienie niedoboru potasu  |

# Kwasica oddechowa

| Przyczyna   | Przykłady  | Leczenie   |
|---|--|--|
| zahamowanie ośrodka oddechowego                         | stosowanie leków (opioidy, środki znieczulenia ogólnego), tlenoterapia chorych z przewlekłą hiperkapnią, obrażenia OUN, nagłe zatrzymanie krążenia   | odstawienie leku lub podanie antagonisty; wentylacja mechaniczna |
| choroby mięśni oddechowych lub ściany klatki piersiowej | osłabienie mięśni (miastenia, wirusowe zapalenie rogów przednich rdzenia kręgowego [ <i>poliomyelitis</i> ], stwardnienie rozsiane)<br>choroba Guillaina, Barrégo i Strohla, porażenia, drgawki<br>chorobliwa otyłość<br>wiotka klatka piersiowa<br>odma opłucnowa<br>restrykcyjna niewydolność oddechowa w przebiegu zwłóknienia płuc | leczenie choroby podstawowej; wentylacja mechaniczna             |
| zaburzenia wymiany gazowej                              | astma, POChP<br>obrzęk płuc<br>idiopatyczne zwłóknienie płuc (zespół Hammana i Richa)  | leczenie choroby podstawowej; wentylacja mechaniczna             |
| zatorowość płucna                                       |  | leczenie trombolityczne; wentylacja mechaniczna                  |



# Zasadowica oddechowa

| Przyczyna                             | Przykłady  | Leczenie   |
|---------------------------------------|--|--|
| hipoksemia                            | choroby płuc (np. zapalenie płuc, zatorowość płucna), przebywanie na dużej wysokości, wady wrodzone serca (przeciek prawo-lewy), zastoinowa niewydolność serca | przywrócenie prawidłowego utlenowania i wdrożenie leczenia przyczynowego |
| choroby OUN                           | krwotok podpajęczynówkowy  | leczenie przyczynowe   |
| hiperwentylacja psychogenna           |  | leczenie przyczynowe   |
| zatrucie salicylanami (wczesny okres) |  | leczenie przyczynowe   |
| stan hipermetabolizmu                 | gorączka, tyreotoksykoza, ciąża  | leczenie przyczynowe   |
| wentylacja wspomagana                 |  | konieczna zmiana parametrów wentylacji                                   |
| sepsa                                 |  | leczenie przyczynowe   |
| wysiłek fizyczny                      |  |  |