



Universidad Tecnológica  
de Pereira

Facultad  
Ciencias de la Salud

# Líquidos y Electrolitos en Cirugía

Rodolfo A. Cabrales – MD;Mg; PhD  
Profesor Titular Programa de Medicina

Septiembre 17 de 2019

El hombre nace en el Tao

Los peces nacen en el agua,  
el hombre nace en el Tao.

Si los peces, nacidos en el agua,  
buscan la sombra profunda  
del estanque o la alberca,  
todas sus necesidades  
son satisfechas.

Si el hombre, nacido en el Tao,  
se hunde en la profunda sombra  
de la no-acción,  
para olvidar la agresión y las preocupaciones,  
no le falta nada,  
su vida es segura.

Moraleja: "Todo lo que necesita el pez  
es perderse en el agua.

Todo lo que necesita el hombre es perderse  
en el Tao."

# OBJETIVOS

- Revisar y aplicar las bases teóricas de la homeostasis de líquidos y electrolitos en condiciones normales y patológicas.
- Aprender a corregir los déficits de líquidos y electrolitos más frecuentes en el paciente quirúrgico.

# AGUA CORPORAL TOTAL

- La distribución del agua y solutos en los diversos compartimentos del organismo es importante para mantener un estado de equilibrio.
- El equilibrio hidroelectrolítico se mantiene por la acción coordinada de adaptaciones hormonales, renales y vasculares

# AGUA CORPORAL TOTAL

El agua total del organismo comprende el 50 al 60% de la masa corporal.

Depende de:

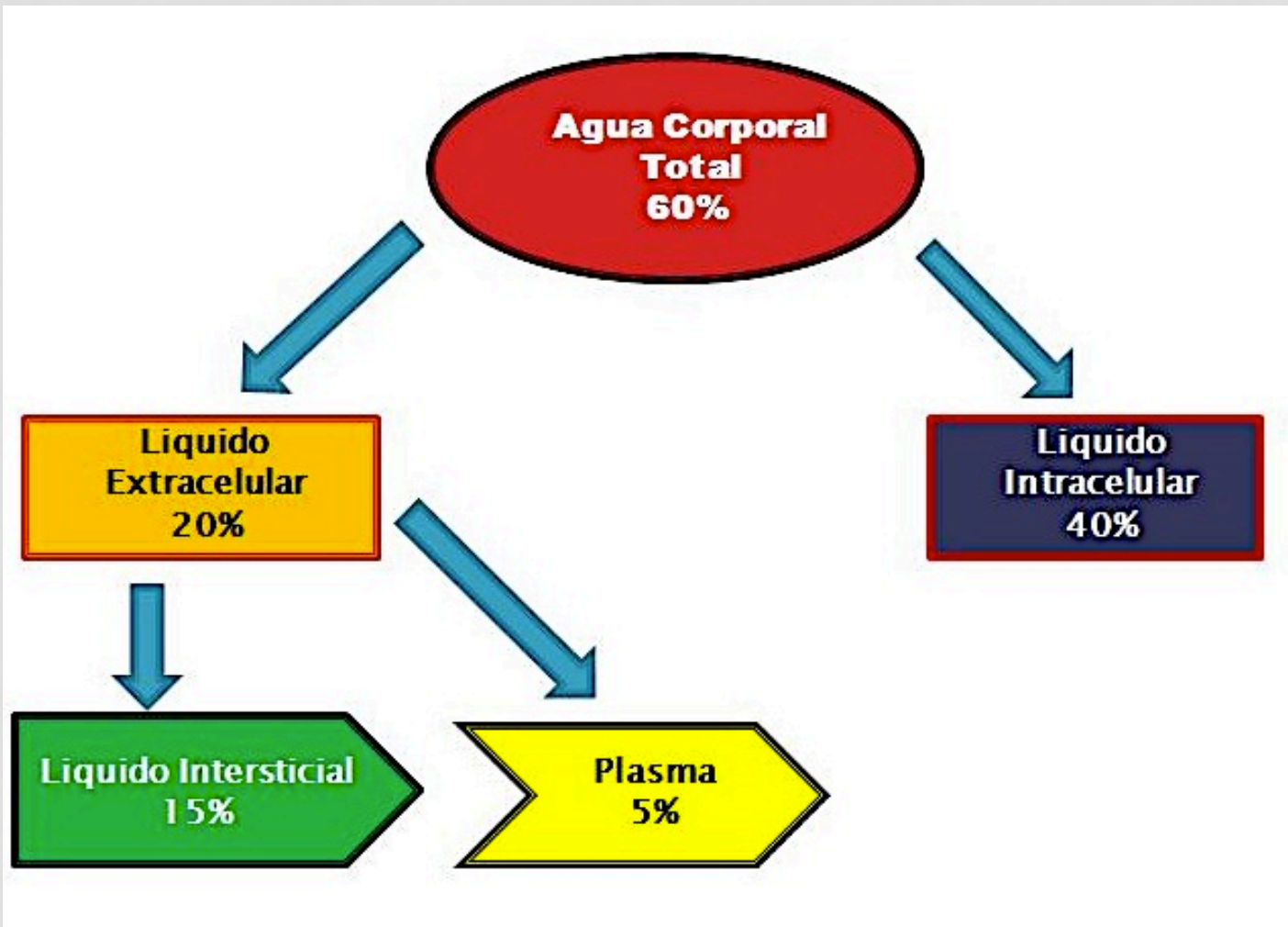
- El género.
- La edad.
- El contenido graso.

Esta distribuida entre el EEC y el EIC.

# AGUA CORPORAL TOTAL

Water constitutes approximately 50% to 60% of total body weight. The relationship between total body weight and total body water (TBW) is relatively constant for an individual and is primarily a reflection of body fat. Lean tissues such as muscle and solid organs have higher water content than fat and bone. As a result, young, lean males have a higher proportion of body weight as water than elderly or obese individuals. Deuterium oxide and tritiated water have been used in clinical research to measure TBW by indicator dilution methods. In an average young adult male, TBW accounts for 60% of total body weight, whereas in an average young adult female, it is 50%.<sup>1</sup> The lower percentage of TBW in females correlates with a higher percentage of adipose tissue and lower percentage of muscle mass in most. Estimates of percentage of TBW should be adjusted downward approximately 10% to 20% for obese individuals and upward by 10% for malnourished individuals. The highest percentage of TBW is found in newborns, with approximately 80% of their total body weight comprised of water. This decreases to approximately 65% by 1 year of age and thereafter remains fairly constant.

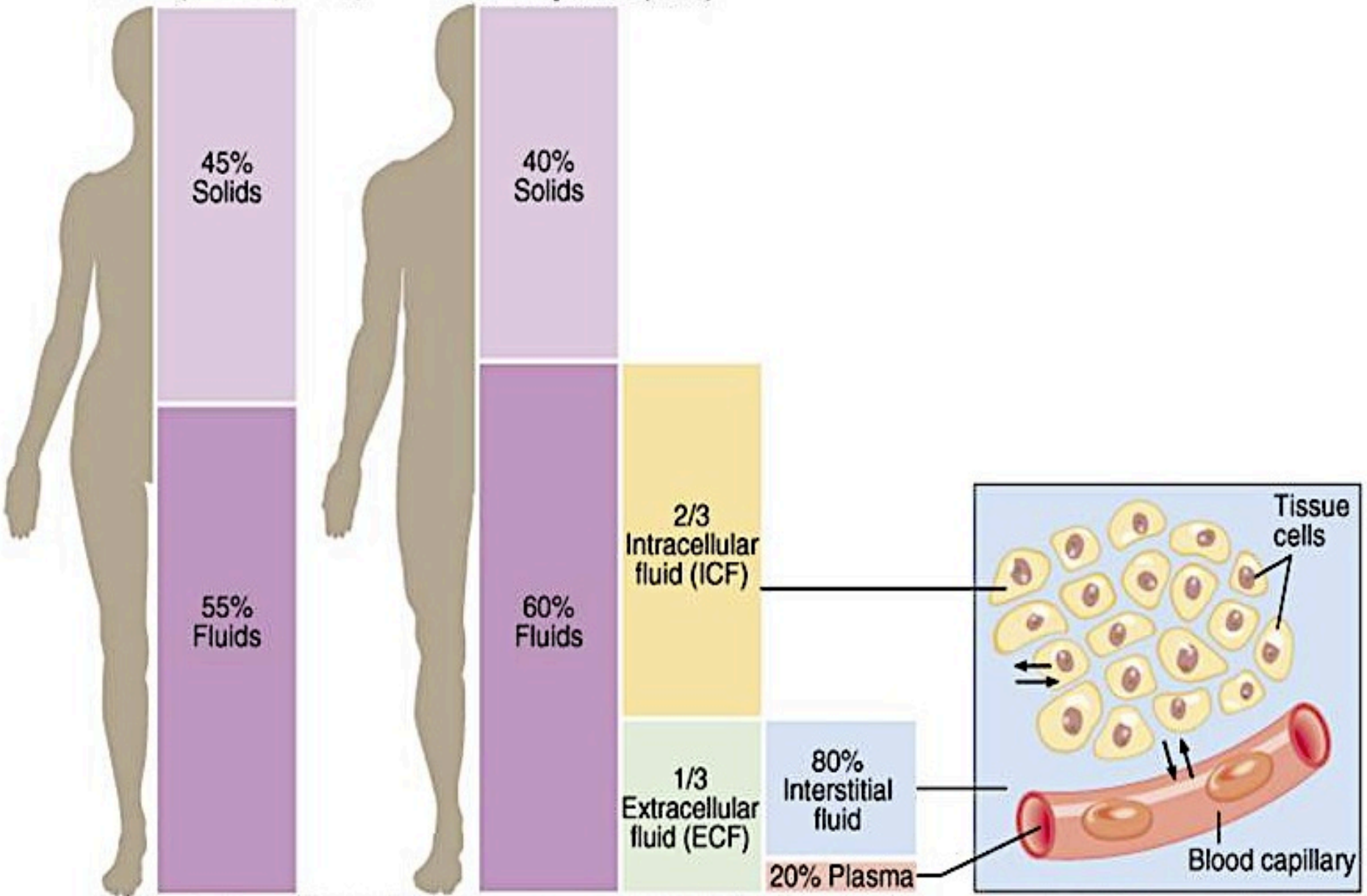
# Distribución del agua corporal





Total body mass (female)

Total body mass (male)



(a) Distribution of body water in an average lean, adult female and male

(b) Exchange of water among body fluid compartments



# AGUA CORPORAL TOTAL

- EL LIC representa el 30-40% del peso (2/3 partes del agua total).

- EL LEC constituye el 20-25% del peso (1/3 parte del agua total). Esta formado por :

El líquido intravascular o plasma (5%), el intersticio (15%) y el agua transcelular (1-3%).

# DISTRIBUCION DEL AGUA CORPORAL TOTAL

% of Total body weight

Volume of TBW

Male (70 kg)

Female (60 kg)

Plasma 5%

Extracellular volume

14,000 mL

10,000 mL

Interstitial fluid 15%

Plasma

3500 mL

2500 mL

Interstitial

10,500 mL

7500 mL

Intracellular volume 40%

Intracellular volume

28,000 mL

20,000 mL

---

42,000 mL

---

30,000 mL

# COMPOSICION QUIMICA DE LOS ESPACIOS

154 mEq/L		154 mEq/L	
CATIONS		ANIONS	
Na <sup>+</sup>	142	Cl <sup>-</sup>	103
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3
		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
K <sup>+</sup>	4	Organic Acids	5
Ca <sup>2+</sup>	5	Protein	16
Mg <sup>2+</sup>	3		

Plasma

153 mEq/L		153 mEq/L	
CATIONS		ANIONS	
Na <sup>+</sup>	144	Cl <sup>-</sup>	114
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	30
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3
		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
K <sup>+</sup>	4	Organic Acids	5
Ca <sup>2+</sup>	3	Protein	1
Mg <sup>2+</sup>	2		

Interstitial fluid

200 mEq/L		200 mEq/L	
CATIONS		ANIONS	
K <sup>+</sup>	150	HPO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	150
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Mg <sup>2+</sup>	40	Protein	40
Na <sup>+</sup>	10		

Intracellular fluid

# AGUA CORPORAL TOTAL

El espacio intracelular se altera por :

- Disturbios en la osmolaridad del espacio extracelular.
- Disturbios en el aporte de requerimientos energéticos.

# EQUILIBRIO HIDROELECTROLITICO

## Osmotic Pressure

The physiologic activity of electrolytes in solution depends on the number of particles per unit volume (millimoles per liter, or mmol/L), the number of electric charges per unit volume (milliequivalents per liter, or mEq/L), and the number of osmotically active ions per unit volume (milliosmoles per liter, or mOsm/L).

The concentration of electrolytes usually is expressed in terms of the chemical combining activity, or equivalents. An equivalent of an ion is its atomic weight expressed in grams divided by the valence:

Equivalent = atomic weight (g)/valence

# OSMOLARIDAD PLASMÁTICA

$$\text{Osmolaridad Plasmática} = 2 \text{ Na} + \frac{\text{Glucosa}}{18} + \frac{\text{Nitrógeno ureico}}{2.8}$$

# CAMBIOS EN EL AGUA CORPORAL

El espacio extracelular se afecta por cambios en:

- La presión hidrostática.
- La presión oncótica
- Por cambios en la permeabilidad del endotelio vascular (v.g sepsis)



# CAMBIOS EN EL AGUA CORPORAL

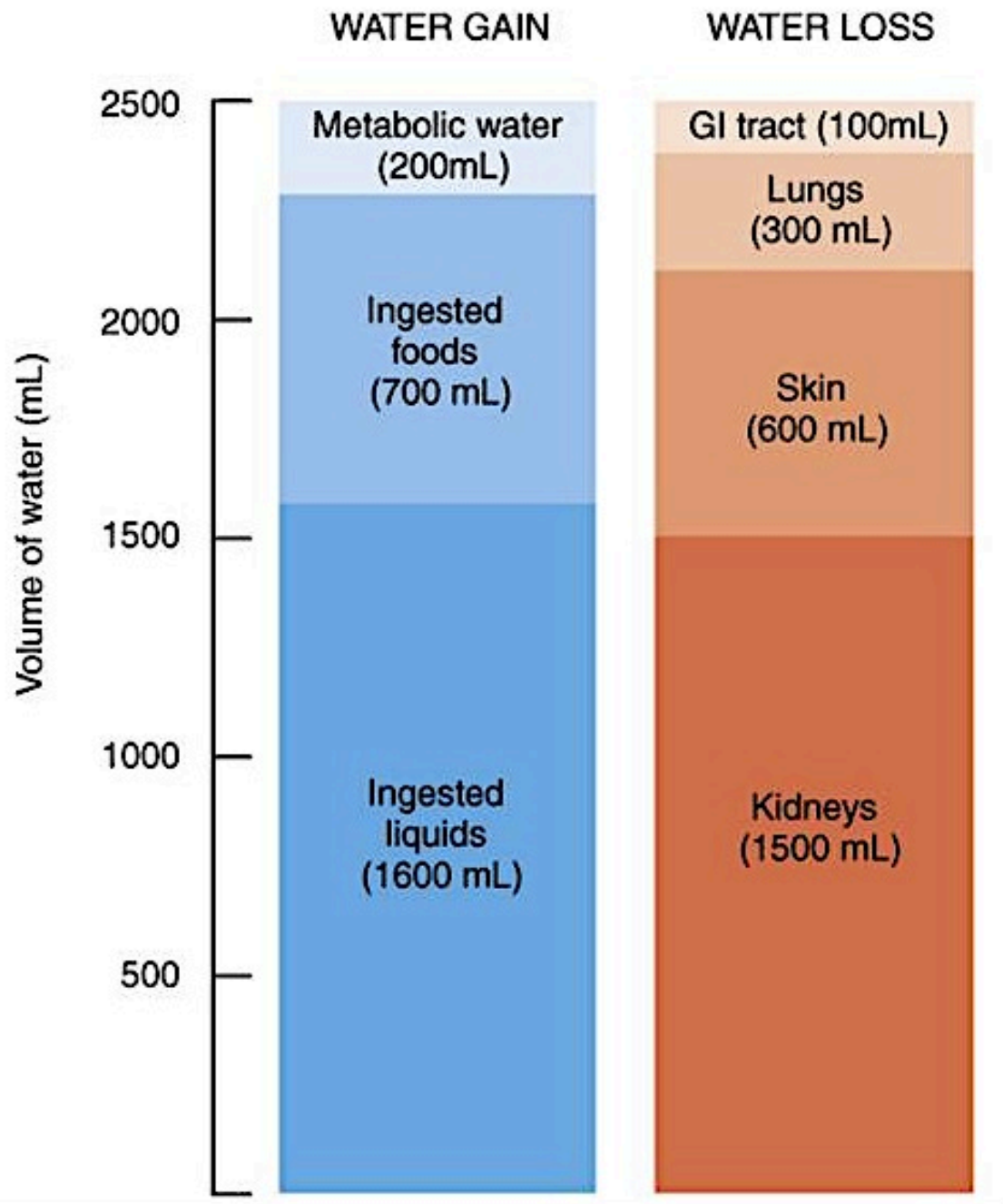
El volumen del LEC varía en el paciente críticamente enfermo :

- Por secuestro y acúmulo de líquidos en espacios potenciales, como el pleural, pericárdico e intraperitoneal.

# CAMBIOS EN EL AGUA CORPORAL

## **DEFICIT PREVIO**

Es la cantidad de agua y electrólitos perdidos antes de comenzar la reposición.



**NECESIDADES  
BASALES**

+

**DEFICIT PREVIO  
O  
INTRAOPERATORIO**

- **Ayuno**
- **Expansión de volumen intravascular compensatorio**
- **Reposición por evaporación y trauma intraoperatorio**
- **Pérdidas del tracto gastrointestinal previas o intra-operatorias**
- **Sangrado previo o intraoperatorio**

# ALTERACIONES EN EL BALANCE DE LIQUIDOS

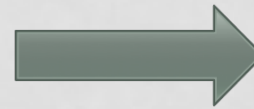
be low, typically  $<20$  mEq/L. Serum sodium concentration does not necessarily reflect volume status and therefore may be high, normal, or low when a volume deficit is present. The most common cause of volume deficit in surgical patients is a loss of GI fluids (Table 3-3) from nasogastric suction, vomiting, diarrhea, or enterocutaneous fistula. In addition, sequestration secondary to soft tissue injuries, burns, and intra-abdominal processes such as peritonitis, obstruction, or prolonged surgery can also lead to massive volume deficits.

<b>Secreción / Pérdidas por:</b>	<b>ml/dí</b>	<b>Na mEq/L</b>	<b>K mEq/L</b>	<b>Cl mEq/L</b>	<b>HCO<sub>3</sub> mEq/L</b>
<b>Saliva</b>	<b>1500</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
<b>Jugo Gástrico</b>	<b>1500</b>	<b>60</b>	<b>10</b>	<b>130</b>	<b>---</b>
<b>Sonda NG</b>	<b>-----</b>	<b>140</b>	<b>5</b>	<b>80</b>	<b>---</b>
<b>Duodenal</b>	<b>1500</b>	<b>140</b>	<b>5</b>	<b>75</b>	<b>10</b>
<b>Pancreático</b>	<b>800</b>	<b>145</b>	<b>5</b>	<b>75</b>	<b>115</b>
<b>Bilis- Sonda "T"</b>	<b>800</b>	<b>140</b>	<b>5</b>	<b>104</b>	<b>30</b>
<b>Ileon</b>	<b>3000</b>	<b>130</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>30</b>
<b>Colon</b>	<b>100</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>---</b>
<b>Sudor</b>	<b>-----</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Diarrea</b>	<b>-----</b>	<b>50</b>	<b>5</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Quemaduras</b>	<b>1500</b>	<b>140</b>	<b>5</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Orina</b>	<b>---</b>	<b>120</b>	<b>40</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Heces</b>	<b>200</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

# AGUA CORPORAL TOTAL

DHT LEVE

Mucosas secas

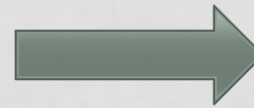


2 %

DHT MODERADA

Oliguria

Taquicardia

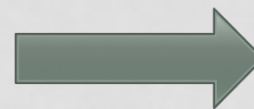


5 %

DHT SEVERA

Hipotensión

Pérdida de conciencia



10 %



## Requerimientos basales de líquidos y electrolitos

<b><math>H_2O</math></b>	<b><math>Na</math></b>	<b><math>K</math></b>	<b><math>Cl</math></b>	<b><i>Kcalorías (Cal)</i></b>
<b>35 - 45 ml/kg/ Día</b>	<b>2 mEq/Kg/ Día</b>	<b>1 mEq/Kg/ Día</b>	<b>3 mEq/Kg/ Día</b>	<b>30-35 Cal/Kg/ Día</b>

## Composición de las soluciones más comunes

<b>Solución</b>	<b>Na mEq/L</b>	<b>K mEq/L</b>	<b>Ca mEq/L</b>	<b>Mg mEq/L</b>	<b>Cl mEq/L</b>	<b>HCO<sub>3</sub> mEq/L</b>	<b>Osmolaridad mOsm/l</b>
<b>Plasma</b>	<b>140</b>	<b>4,5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>25</b>	<b>280-310</b>
<b>SSN al 0,9%</b>	<b>154</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>154</b>	<b>---</b>	<b>308</b>
<b>Ringer Normal</b>	<b>145</b>	<b>5,5</b>	<b>6,8</b>	<b>---</b>	<b>157</b>	<b>---</b>	<b>---</b>
<b>Ringer Lactato</b>	<b>142</b>	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>	<b>---</b>	<b>114</b>	<b>28</b>	<b>---</b>

# HIPONATREMIA

$\text{Na-Cl-HCO}_3 = 90\%$  solutos del EEC.

145 mEq-L. Existe hiponatremia con valores menores a 135 mmol/l.

- El Na se mantiene por transporte ATPasa.
- El equilibrio se logra por el balance del Na existente y las pérdidas renales y extrarenales.

# Hyponatremia

Volume status

Normal

Hyperglycemia

High

Increased intake

Low

Decreased sodium intake

Postoperative ADH secretion

↑ Plasma lipids/proteins

GI losses

Drugs

SIADH

Renal losses

Water intoxication

Diuretics

Diuretics

Primary renal disease

# Hiponatremia

## **CAUSAS NO RENALES**

- Vómito-diarrea
- Tercer espacio.
- Sepsis, peritonitis, pancreatitis.
- Ileo, heridas, quemaduras, drenes.

# Corrección de la Hiponatremia

- Tratar la causa
- Déficit de Na=  $(135 - \text{Na sérico}) \times \text{Kg} \times 0.6$
- Reponer la mitad en 8 h y la otra mitad en las 16 horas siguientes.
- Generalmente se repone con Solución salina normal (SSN).

# Hypernatremia

Volume status

High

Normal

Low

Iatrogenic sodium administration

Nonrenal water loss

Nonrenal water loss

Mineralocorticoid excess

Skin

Skin

Aldosteronism

GI

GI

Cushing's disease

Renal water loss

Renal water loss

Congenital adrenal hyperplasia

Renal disease

Renal (tubular) disease

Diuretics

Osmotic diuretics

Diabetes insipidus

Diabetes insipidus

Adrenal failure



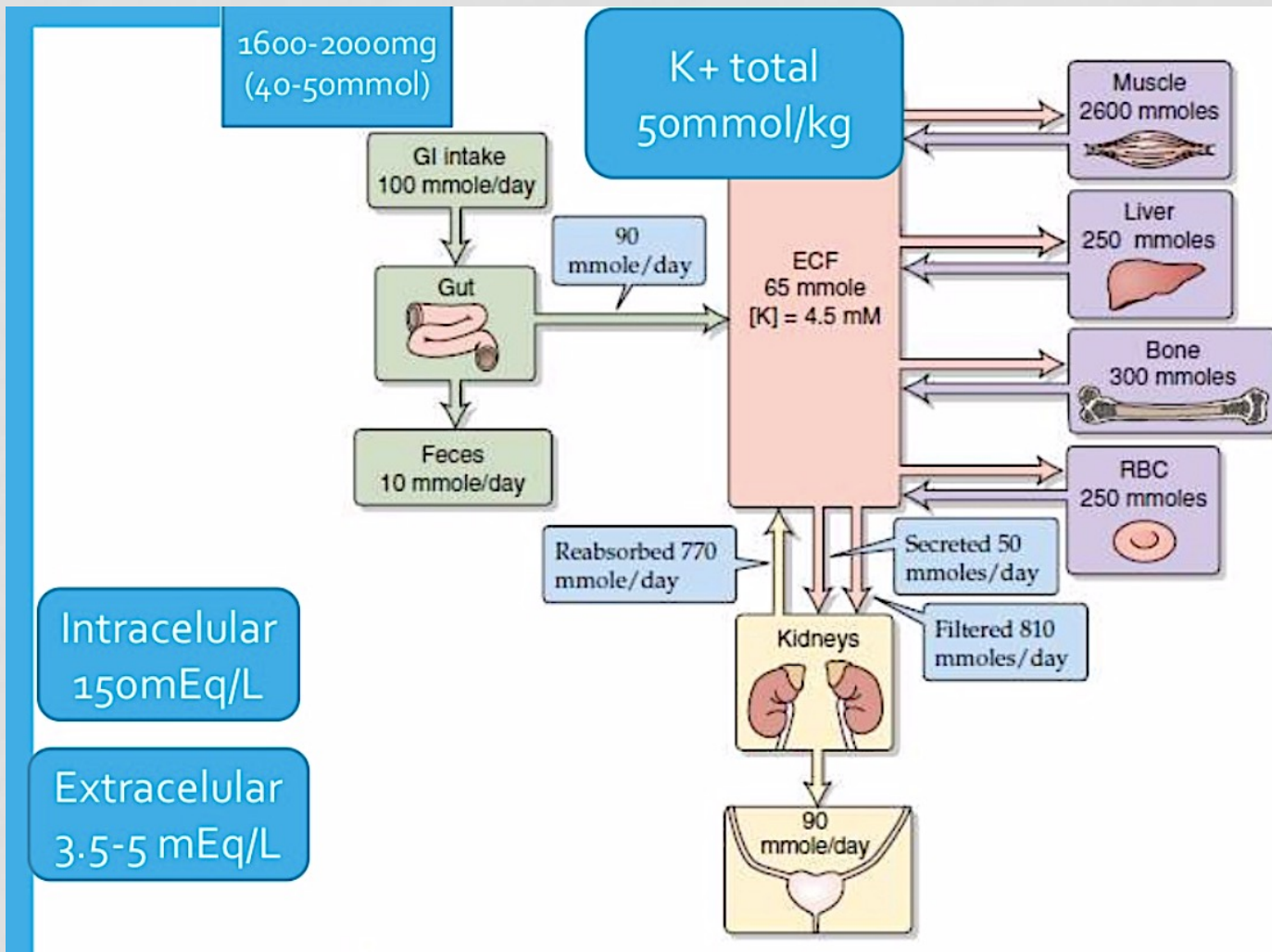
# POTASIO

- Cation intracelular más abundante : 150mEq/L  
Extracelular: 3,5 a 5 mEq/L
- Relación entre K [ IC ] y [ EC ] potencial eléctrico en reposo.
- Regulación IC de proteínas, ácidos nucleicos, glucógeno, y manejo renal de electrolitos e hidrogeniones.

# POTASIO

The average dietary intake of potassium is approximately 50 to 100 mEq/d, which in the absence of hypokalemia is excreted primarily in the urine. Extracellular potassium is maintained within a narrow range, principally by renal excretion of potassium, which can range from 10 to 700 mEq/d. Although only 2% of the total body potassium ( $4.5 \text{ mEq/L} \times 14 \text{ L} = 63 \text{ mEq}$ ) is located within the extracellular compartment, this small amount is critical to cardiac and neuromuscular function; thus, even minor changes can have major effects on cardiac activity. The intracellular and extracellular distribution of potassium is influenced by a number of factors, including surgical stress, injury, acidosis, and tissue catabolism.







# POTASIO



# POTASIO

- Determina el contenido total corporal
- Equilibrio entre ingesta : 1-2 mEq/K/día
- Excreción: orina 90%, M fecal: 10%
- Túbulo proximal ( 90%) y colector lo reabsorben y secretan

# Hipokalemia

- Equilibrio ácido básico: Acidosis:   $H^+$  a la célula y sale K :  [K] sérica
- C/ cambio  de 0,1 U en pH:  K en 1 mEq/L
- Bomba NaK ATPasa: sale Na y entra K
- Insulina: entra K a la célula, modulado por hígado   [K] sérica

# Hipokalemia

K sérico < 3,5 mEq/L

- La disminución en 1 mEq/L : pérdida del 10-30% del K corporal
- Anormalidad electrolítica más frecuente
- Bien tolerada en pacientes sanos
- Interfiere con formación y propagación del impulso y contracción muscular

# Hipokalemia

## Manifestaciones Clínicas

Leve : 3- 3,5 mEq/L es asintomática.

- Neuromuscular: hiporeflexia, íleo , parálisis y rabdomiólisis
- Cardiovascular: Aumento PM en reposo, duración de P de acción y periodo refractario
- Renal: Alteración estructural y funcional
- Metabolismo: proteínas y GH e insulina

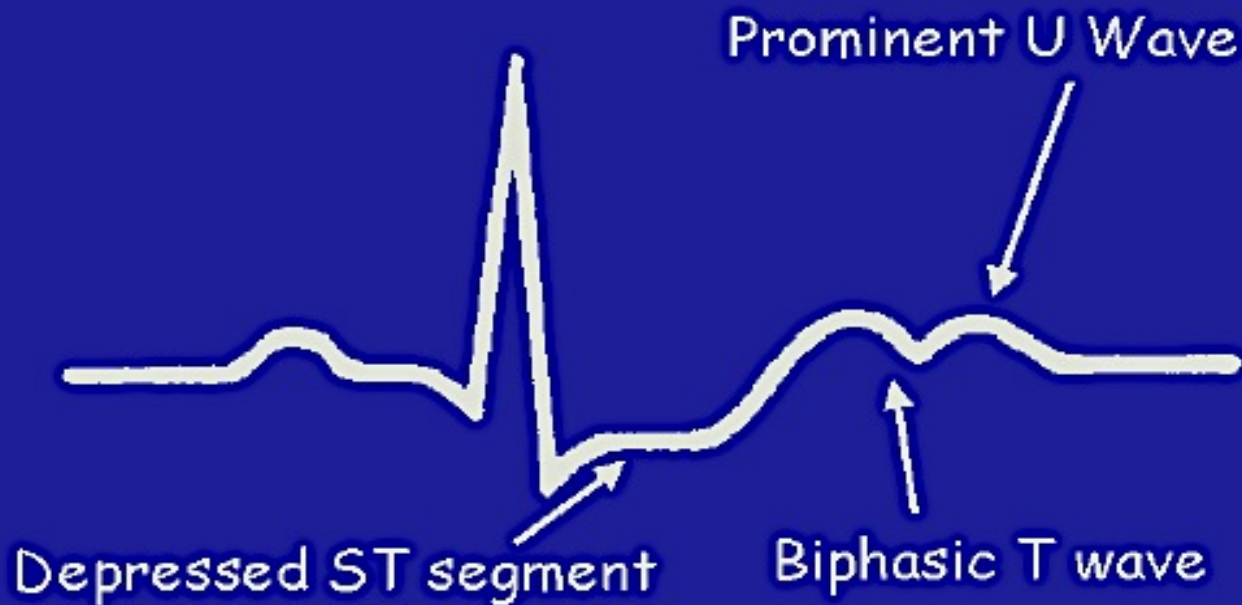


# ALTERACIONES DEL EKG

- $< 3$  mEq/L: onda T plana, depresión ST, ondas U
- $< 2,5$  mEq/L: onda U prominente, inversión onda T, PR y QT prolongado, QRS ensanchado

# Hypokalemia

## ECG Pattern of Hypokalemia



# HIPOKALEMIA

## Tratamiento

- Corregir causa de base
- No bolos
- Infusión 20 mEq/L-40mEq/L en SSN,
- Monitoreo EKG, control K c/4 horas
- Pérdida crónica: 3-5 mEq/K/día VO
- Refractaria : Corregir Mg, se requiere para que entre K a célula

# HIPOKALEMIA

- Calcule el KCT : 50 meq/Kg en Hombres  
40 meq/Kg en Mujeres
- Calcule el déficit:  
3.0 a 3.5 : 5% de déficit  
2.5 a 2.9 : 10% de déficit  
Menor a 2.5 : 15% de déficit.
- Calcule los requerimientos basales: 1  
meq/Kg/día
- Administre la mitad en 24 horas y la segunda mitad en las 48 horas siguientes

# HIPOKALEMIA

Hombre de 60 Kg., Potasio 2.6

1.  $60 \times 50 : 3000$  meq de KCT

2. 2.6 es el 10% del KCT : 300 meq.

3. K basal: 60 meq/día

Total a reponer 360 meq: 180 meq /día para 24 horas, 180 meq al segundo día.

## KEY POINTS

1. Proper management of fluid and electrolytes facilitates crucial homeostasis that allows cardiovascular perfusion, organ system function, and cellular mechanisms to respond to surgical illness.
2. Knowledge of the compartmentalization of body fluids forms the basis for understanding pathologic shifts in these fluid spaces in disease states. Although difficult to quantify, a deficiency in the functional extracellular fluid compartment often requires resuscitation with isotonic fluids in surgical and trauma patients.
3. Alterations in the concentration of serum sodium have profound effects on cellular function due to water shifts between the intracellular and extracellular spaces.
4. Different rates of compensation between respiratory and metabolic components of acid-base homeostasis require frequent laboratory reassessment during therapy.
5. Although active investigation continues, alternative resuscitation fluids have limited clinical utility, other than the correction of specific electrolyte abnormalities.
6. Most acute surgical illnesses are accompanied by some degree of volume loss or redistribution. Consequently, isotonic fluid administration is the most common initial intravenous fluid strategy, while attention is being given to alterations in concentration and composition.
7. Some surgical patients with neurologic illness, malnutrition, acute renal failure, or cancer require special attention to well-defined, disease-specific abnormalities in fluid and electrolyte status.