Fluid and Electrolytes Imbalance

Thitinat D.

Introduction

- Extracellular fluid: Na^+ (major), K^+, Ca^{2+}, Cl^-, HCO_3^-
- Intracellular fluid: K^+ (major)
- Na^+ เป็นตัวสำคัญทำให้เกิด osmotic pressure ระหว่าง extracellular และ intracellular fluid compartment
- ค่าปกติของ Plasma osmolality: 290-310 mOsm/L

Plasma osmolality = 2Na + glucose/18 + BUN/2.8

Introduction

- เพศชายมีปริมาณสารน้ำในร่างกายคิดเป็น 60% ของน้ำหนักตัว
- เพศหญิงมีปริมาณสารน้ำ 50% ของน้ำหนักตัว
- Body fluid ในร่างกายจะกระจายไม่เท่ากันในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
- Intracellular fluid compartment 40% ของน้ำหนักตัว
  - Interstitial compartment 15%
  - Intravascular compartment 5%
- Extracellular compartment 20% ของน้ำหนักตัว

Introduction

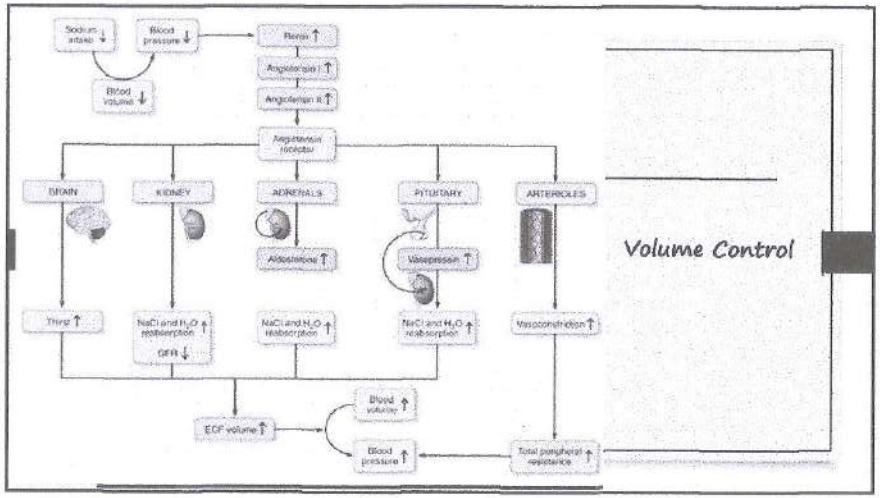
- **Osmoticity:**
  - จำนวน particle ที่ถูกละลายอยู่ในสารละลายนั้น ๆ ว่ามีจำนวนมากน้อยแค่ไหน
  - เช่นมี NaCl ละลายอยู่ 150 mmol แตกตัวได้ Na^+ 150 + Cl^- 150 ดังนั้นมี Osmoticity 300 mOsm/L
- **Tonicity:**
  - การเปลี่ยนแปลงของน้ำที่มีผลต่อ cell เช่น เอาเม็ดเลือดแดงไปแช่อยู่ในสารละลาย hypotonic solution น้ำก็จะ diffuse เข้า cell ทำให้ cell มี volume มากขึ้น

Osmoregulation

- ควบคุม *osmolarity* โดยมี *osmoreceptor cell* อยู่ใน *hypothalamus* ซึ่งจะ *detect* การเปลี่ยนแปลงของ *plasma osmolarity*
- เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแค่ 1-2% กลไกนี้จะทำงานโดยเมื่อถูกกระตุ้นจะมีการหิวน้ำ และกระตุ้นการหลั่ง ADH ออกมา
- ADH ยังถูกกระตุ้นด้วยการเปลี่ยนแปลงของ *volume* อีกด้วย โดยถ้า *volume contraction* ประมาณ 10-20% ADH จะถูกกระตุ้นให้หลั่งออกมาก
- สรุป: จะเกิด *Osmoregulation* ถ้า *increase osmolarity* จะไปกระตุ้น *osmolarity receptor*

Osmoregulation

- ทำให้เกิดการกระหายน้ำ (*thirst*)
- ทำให้มี ADH *secretion* เกิด *water reabsorption* ทำให้ *urine osmolarity* เพิ่มขึ้น และ *plasma osmolarity* ลดลงในที่สุด
- *ADH level* ประมาณ *5 pg* จะทำให้ *renal collecting tubule* สามารถดูดน้ำกลับโดย *maximum* ของ *urine osmolarity 1200 mOsm/kg*



Volume Control

Sign and Symptoms of ECF deficit

System	Sign and symptoms
Cardiac	Tachycardia orthostasis/hypotension collapsed neck vein
Renal	Oliguria,Azotemia
GI	Ileus
Generalized	Weight loss,Decreased skin turgor

Sign and Symptoms of volume excess

System	Signs and symptom
Cardiac	Increase CO,murmur Increase CVP Distened neck vein
Pulmonary	Pulmonary edema
GI	Bowel edema
Generalized	Weight gain,peripheral edema

Sodium homeostasis

- Na^+เป็น Cation หลักใน Extracellular fluid (ECF) มีความสำคัญในการควบคุมสารน้ำในร่างกาย

1. Total body sodium

- หมายถึงปริมาณ Na^+ ทั้งหมดที่มีอยู่ในร่างกาย ส่วนใหญ่จะอยู่ใน ECF
- Na^+ เป็นส่วนประกอบหลักตัวหนึ่งของ osmotic pressure ของ ECF
- จะบ่งบอกถึง extracellular volume

Sodium homeostasis

2. Serum Sodium level (concentration)

- คือสัดส่วนระหว่าง Na^+ และ free water ใน serum
- $[Na^+]$ สามารถวัดได้จากห้อง Lab ค่าปกติอยู่ที่ 135-145 mEq/L
- ภาวะปกติร่างกายต้องการ 1-2 mEq/kg/day
- $[Na^+]$ = Total body sodium / ECF volume
- $[Na^+]$ ไม่ได้บอกว่ามี Na^+ เท่าไร แต่บอกว่า relative กับสารน้ำเป็นเท่าไร

Hyponatremia

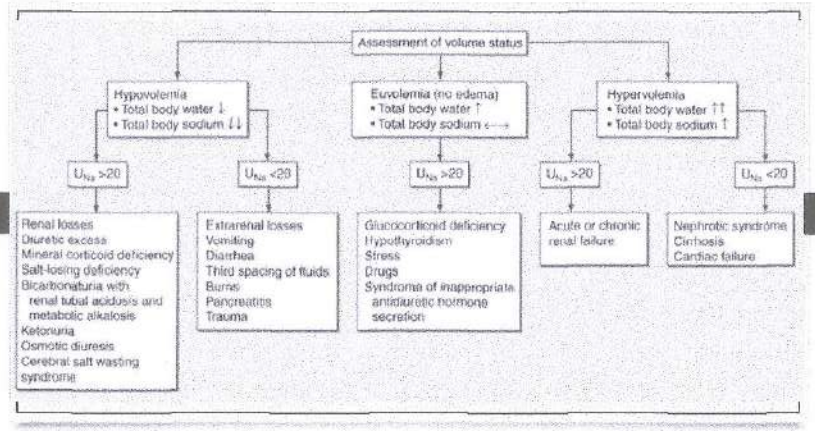
- คือภาวะที่มี $[Na^+] < 135$ mEq/L
- Severe hyponatremia คือภาวะที่มี $[Na^+] < 125$ mEq/L
- เกิดจากภาวะที่มีน้ำเกิน เมื่อเทียบกับปริมาณ Na^+ ในร่างกาย (ซึ่งอาจจะมีค่าน้อยกว่าปกติ มีค่าปกติ หรือ มากกว่าปกติก็ได้)
- มักเกิดจากไตไม่สามารถขับน้ำส่วนเกินออกจากร่างกายได้ สาเหตุส่วนน้อย เกิดจากมีการดื่มน้ำมากเกินไป โดยที่ไตสามารถขับน้ำได้ปกติ หรือเกือบปกติ

Hyponatremia

- อาการส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทที่ผิดปกติ และถ้ามี $[Na^+]$ ลดลงมากหรือรวดเร็ว จะมีอาการ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ตะคริว ซึมลง และชักได้
- การให้สารน้ำที่เป็น *Hypotonic hyponatremia* เข้าสู่สมอง จะทำให้เกิดภาวะสมองบวมได้ เพราะกะโหลกศีรษะเป็นตัวจำกัดการขยายตัวของสมอง ทำให้มีความดันในกะโหลกสูงขึ้น มีความเสี่ยงในการเกิด *brain injury*
- ค่าที่ได้จากห้อง *Lab* ต้องนำมาคำนวณ *serum osmolarity* ก่อนจึงจะประเมินได้ว่าเป็น *hyponatremia* จริงหรือไม่

Hyponatremia

- *Hypertonic (> 295) → Hyperglycemia, monitol, glyceral*
- *Isotonic (280-295) → Elevated lipid and protein*
- *Hypotonic (< 280) → True hyponatremia*
- ถ้าเป็น *true hyponatremia* จริงต้องดู *volume status*



Hyponatremia

- *Hypovolemia:* น้ำขาดจริง เช่น *diarrhea* แต่ขาด Na^+ มากกว่า พอนำมาเทียบหาความสัมพันธ์แล้ว น้ำจึงเกิน
- *Euvolumia:* Na^+ เท่าเดิม แต่น้ำมากขึ้น เช่น *SIADH hypothyroid*
- *Hypervolumia:* น้ำมากขึ้นมากกว่า Na^+ ที่มากขึ้น เช่น *CHF, cirrhosis, renal failure*

Hyponatremia: Treatment

- ถ้าผู้ป่วยชัก ให้จัดการเรื่องชักก่อน
- ให้ Bolus 3% NaCl (hypertonic) 100 mL (2 mL/kg; max 100 mL) over 10 mins
- Goal: 1.5 mEq/L/hr for first 3–4 hrs until symptom resolved
- Increase by no more than 10 mEq/L in first 24 hrs
- Increase by no more than 18 mEq/L in first 48 hrs.
- ถ้าไม่มีอาการ → oral fluid restriction (first step) no more than 1500 mL/day

Hyponatremia: Treatment

- Sodium deficit = Total body water x (desired Na – actual Na)
- Total body water = BW x corrected factor
- Corrected factor:
  - Pediatric = 0.6
  - Non-elderly male = 0.6
  - Non-elderly female = 0.5
  - Elderly male = 0.5
  - Elderly female = 0.45

Hyponatremia: Treatment

สูตรคำนวณ

1. Change in serum Na $= \dfrac{\text{infusate Na - serum Na}}{\text{Total body water + 1}}$

2. Change in serum Na $= \dfrac{(\text{infusate Na + infusate K}) - \text{serum Na}}{\text{Total body water + 1}}$

Hyponatremia: Treatment

Infusate	Infusate Na+ (mmol/L)	ECF Distribution %
5% NaCl in water	855	100
3% NaCl in water	513	100
0.9% NaCl in water	154	100
Ringer's lactate solution	30	97
0.45% NaCl in water	77	73
0.2% NaCl in 5% dextrose in water	34	55
5% dextrose in water	0	40

Hypernatremia: Causes

- คือภาวะที่มี [Na+] > 145 mEq/L
- Severe hypernatremia > 160 mEq/L
- สาเหตุ:
  - excess sodium intake,
  - concentrated formula,
  - salt ingestion (sea water, accidental),
  - Hypertonic IV fluid,
  - sodium bicarbonate,
  - blood product

Hypernatremia: Causes

- สาเหตุ:
  - Increase free water losses
    - Renal: DI, diuretics, tubular disorders
    - GI: diarrhea, vomiting, colostomy/ileostomy
    - Insensible: fever, tachypnea, burns
  - Decrease free water intake
  - Ineffective breastfeeding
  - Poor access to water
  - Blunted thirst mechanism
  - Fluid restriction

Hypernatremia: Sings & Symptoms

- อาการส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทผิดปกติ เช่นซึมลง อ่อนแรง ชัก coma
- ถ้าน้ำน้อย brain volume ลดลง สุดท้ายจะมีการ rupture ของ cerebral vein ได้

Hypernatremia: Treatment

- [Na+] should not be lowered by > 12 mEq/L in 24 hrs
- Over correction can lead to cerebral edema which can lead to encephalopathy, seizures or death
- Unstable patients: correct [Na] by 8-15 mEq/L > first 8 hrs
- Stable patients: no > 0.5 mEq/L/hr and correct by 8-15 mEq/L/day
- Typical fluid given in form of D5W
- การให้สารน้ำควรเริ่มให้ทางปาก หรือ feeding tube ควรให้เป็น hypotonic fluid
- หลังจากเลือกชนิดของสารละลายที่ใช้ได้ ต้องคำนวณอตราการให้สารละลายด้วย

Hypernatremia: Treatment

สูตรคำนวณ

1. Change in serum Na $= \frac{\text{infusate Na - serum Na}}{\text{Total body water + 1}}$

2. Change in serum Na $= \frac{\text{(infusate Na + infusate K) - serum Na}}{\text{Total body water + 1}}$

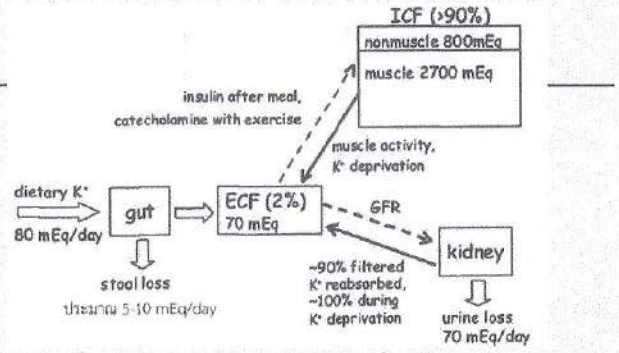
Hypernatremia: Treatment

Infusate	Infusate Na+ (mmol/L)	ECF Distribution %
5% dextrose in water	0	40
0.2% NaCl in 5% dextrose in water	34	55
0.45% NaCl in water	77	73
Ringer's lactate solution	130	97
0.9% NaCl in water	154	100

Potassium homeostasis

- ปกติเป็น intracellular electrolyte ประมาณ 2% ที่ circulated อยู่ใน extracellular fluid
- มีผลต่อ cardiac และ neuromuscular function
- ปกติ consumption 50-100 mmol/day โดยที่ 90% excrete ทาง urine 10-700 mEq/day

Potassium Homeostasis



Potassium homeostasis

- หลัง *absorb* ส่วนหนึ่งจะอยู่ที่ *extracellular fluid* และส่วนใหญ่ถูกเก็บไว้ภายใน *cell*
- ส่วนใหญ่ถูกขับออกทางไตเป็นหลัก ถ้า *renal function* ไม่ดี จะมีการเพิ่ม *colonic excretion* ขึ้นมาแทน
- *Internal potassium balance* คือการ *distribution* ของ *potassium* ระหว่างภายใน *cell* กับภายนอก *cell*
- *External potassium balance* คือ การควบคุมการขับ *potassium* ออก ซึ่งเป็นหน้าที่หลักของไต

Internal Potassium Balance

Potassium shift out of cell	Potassium shift into cell
Insulin deficeincy	Insulin
B adrenergic antagonist	B adrenergic agonist
Alpha adrenergic agonist	Alpha adrenergic antagonist
Metabolic acidosis	Metabolic alkalosis
Hyperosmolarity	Hypoosmolarity
Cell lysis	
Excercise	

Hyper-vs Hypokalemia: Causes

Hyperkalemia	Hypokalemia
Increase intake -potassium supplementation blood transfusion cell destruction hemolysis,rhabdomyolysis	Inadequate intake -dietary -potassium free IV fluid
Increase release metabolic acidosis rapid raised of ECF osmolality	Excessive potassium secretion -GI losses -renal losses
Impair excretion potassium sparing diuretics renal failure	Redistribution into ICF -metabolic alkalosis -medications

Hyper-vs Hypokalemia: Signs & Symptoms

System	Hyperkalemia	Hypokalemia
GI	Nausea/vomiting Colic Diarrhea	Ileus Constipation
Neuromuscular	Weakness,paralysis Respiratory failure	Decrease reflexs Weakness Lethargy
Cardiovascular	Arrhythmia >VF EKG:peaked T wave Flattened p wave Profong QRS complex Deep s wave	Hypotension,arrhythmia EKG:flattened T wave Depressed ST segment Prominent U wave Prolonged QT interval