WATER AND ELECTROLYTES

Very Important why ?
لانه ال electrolyte الموجودة فيه
بتحدد ال Osmotic pressure و ال acid-base balance
وغيره

Dr. Iman Mansi

ELECTROLYTES

- Are ions capable of carrying an electric charge (cations or anions)
- The dietary requirements for electrolytes vary widely; some need to be Consumed only in small amounts. Others, such as calcium, potassium and Phosphorus, are excreted continuously and must be ingested regularly to Prevent deficiency
- They are involved in many processes:
  - Volume and osmotic pressure (Na, K, Cl)
  - Myocardial rhythm and contractility (K, Mg, Ca)
  - Cofactors in enzyme activation (Mg, Ca, Zn)
  - Regulation of ATPase ion pump (Mg)
  - Acid-base balance (HCO3, K, Cl)
  - Blood coagulation (Ca, Mg)
  - Neuromuscular excitability (K, Ca, Mg)
  - Production and use of ATP from glucose (Mg, PO4)

النساء عندهم fat أكثر من الرجال عشان
هيك احتياجهم لل water اقل

WATER

- In a 70-kg man, the total body water is about 42L (60%), ICF(28L) and ECF (14 L, plasma (3.5 L) and interstitial fluid (10.5L))
- Daily water intake is 1.5-2L
- Women have lower water content than men (more fat)
- Importance of water in human body:
  - Transport nutrient to the cells
  - Determine cell volume by its transport into and out of cells
  - Remove waste products (urine)
  - Body coolant (sweating)

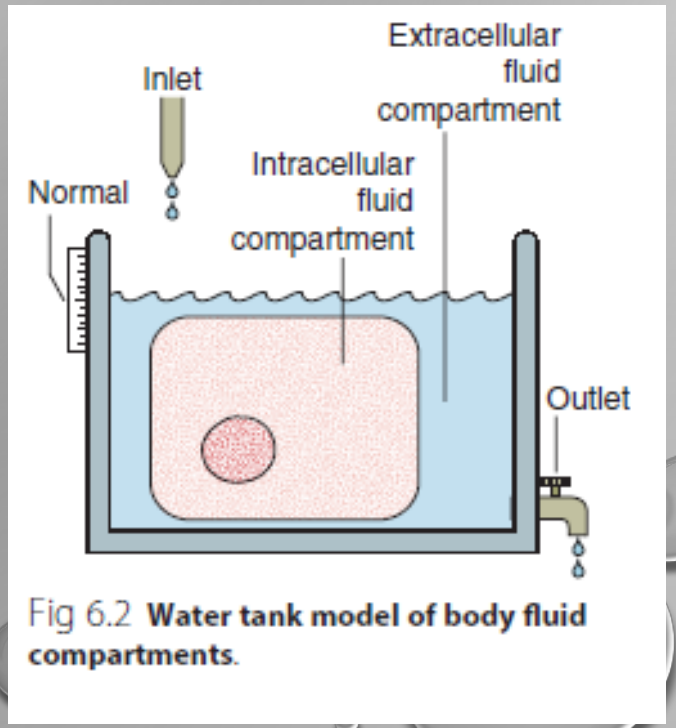

Fig 6.2 **Water tank model of body fluid compartments.**

WATER

- The concentration of ions inside the cells and in plasma is maintained by passive diffusion and active transport through ATPase-dependent ion pump
- Most biological membranes are permeable to water but not ions
- Water and sodium output
  - Kidneys and gastrointestinal tract
  - Sweat and expired air: about 1L daily
- Factors that affect the flow of water across the membrane
  - Ions and proteins at one side of the membrane
  - Blood pressure

CLINICAL FEATURES OF HYDRATION PROBLEMS

Table 6.1 **The principal clinical features of severe hydration disorders**

Feature	Dehydration	Overhydration
Pulse	Increased (Blood volum ↓)	Normal
Blood pressure	Decreased	Normal or increased
Skin turgor	Decreased (الجلد يكون ناشف)	Increased
Eyeballs	Soft/sunken (العيون غاشرة)	Normal
Mucous membranes	Dry	Normal
Urine output	Decreased	May be normal or decreased
Consciousness	Decreased	Decreased

CONTROL OF WATER BALANCE

- Both intake and loss of water are controlled by osmotic gradient across cell membrane in the brain hypothalamic osmoreceptor centre
- These centres control thirst and secretion of antidiuretic hormone (ADH)=AVP (arginine vasopressin hormone)
- Thirst is the major defense mechanism against hyperosmolality and hypernatremia
- Antidiuretic hormone:
  - Is polypeptide with $t_{1/2}$ of 20 min
  - Synthesized by the hypothalamus and secreted by the posterior pituitary
  - 2% increase in osmolality lead to 4 times increase in ADH
  - Low blood pressure and severe hypovolemia stimulate ADH release
  - Stress due to vomiting, nausea and pain may increase ADH secretion
  - ADH act by increasing the reabsorption of water in cortical and medullary collecting tubules

CONTROL OF WATER BALANCE

هون الـ control بالـ hypothalmus

هون المفروض كم الشخص لازم يشرب ماء

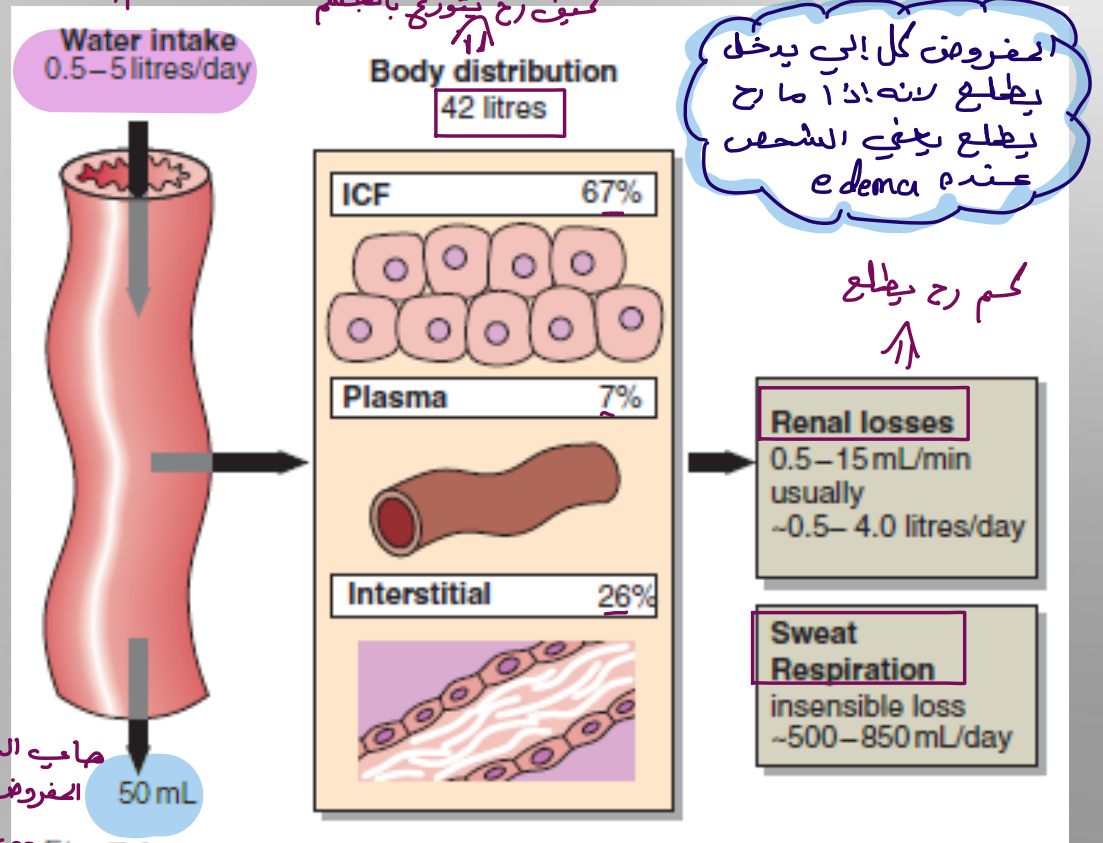

Fig 7.1 **Normal water balance.**

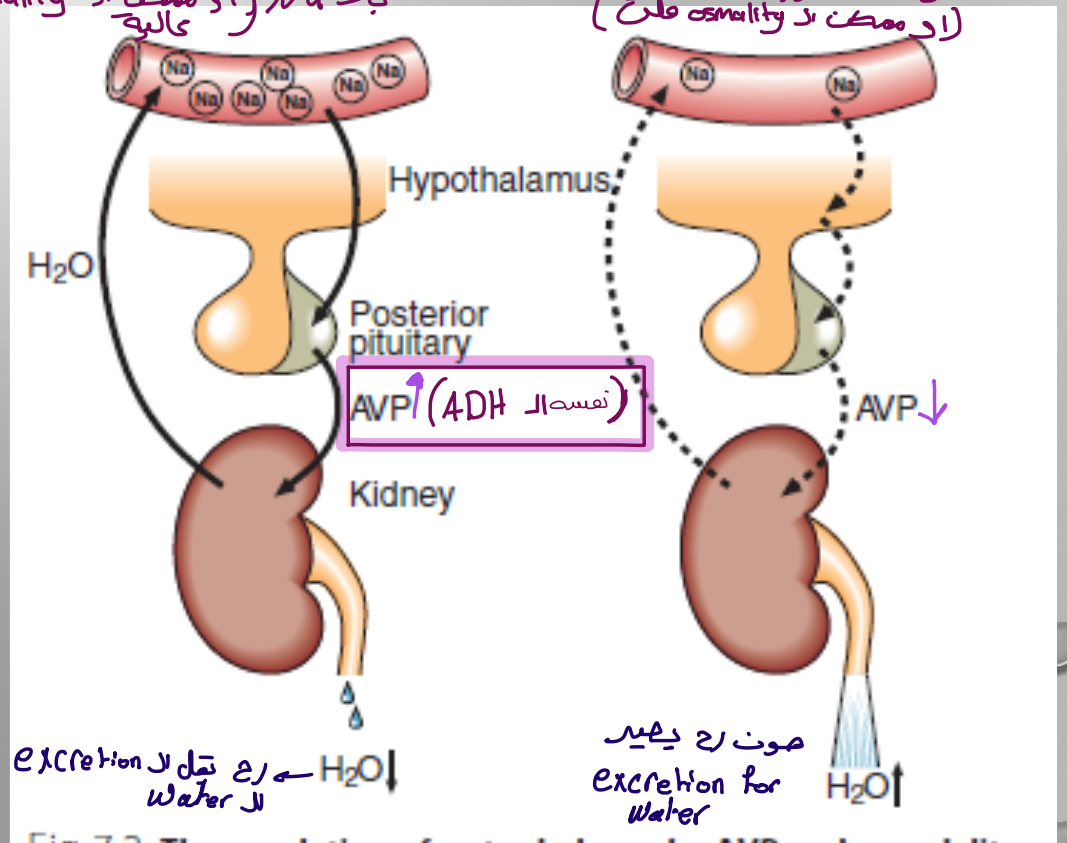

Fig 7.2 **The regulation of water balance by AVP and osmolality.**

CONTROL OF WATER BALANCE

- Hypernatremia rarely occurs in a person with a normal thirst mechanism and access to water, it becomes a concern in:
  - Infants
  - Unconscious patients
  - Anyone who is unable to drink or ask for water.
  - People who are older than 60 where osmotic stimulation of thirst progressively diminished
  - In the older patient with illness and diminished mental status, dehydration becomes increasingly likely example of the effectiveness of thirst in preventing dehydration
- A patient with diabetes insipidus (no ADH) may excrete 10 L of urine daily, but as water intake matches output, plasma sodium remains normal

OSMOLALITY

- Physical property based on the conc. of solutes (in mmol) per kg of solvent (w/w). This affect different properties of solution as:
  - Freezing point depression
  - Vapor pressure decrease
- Increase in osmolality will induce secretion of ADH enzyme while decrease in osmolality will lead to turning off ADH secretion
- Osmolal gap is the difference between the measured osmolality and the calculated osmolality
- Osmolal gap indirectly indicates the presence of osmotically active substances other than sodium, urea, or glucose, such as ethanol, methanol, ethylene glycol, lactate, or β-hydroxybutyrate.

SIGNIFICANCE OF OSMOLALITY

- Because it is the parameter by which the hypothalamus responds
- It affects Na concentration as it represents 90% of osmotic activity in Plasma
- Na concentration is also affected by blood volume

DETERMINATION OF OSMOLALITY

- Osmolality may be measured in serum or urine.
- Plasma use is not recommended because osmotically active substances may be introduced into the specimen from the anticoagulant.
- Samples must be free of particulate matter to obtain accurate results.
- Turbid serum and urine samples should be centrifuged before analysis

اذا اعطاني بالوب mmol/L ما اقسم على 18

DETERMINATION OF OSMOLALITY

- Osmometers are standardized by NaCl solution, then the freezing point of the sample is measured and this is compared to the calculated value as double of serum sodium or according to the following 2 formulas:

$$2\,Na + \frac{glucose\ (mg/dL)}{20} + \frac{BUN\ (mg/dL)}{3}$$

هاي لا تنسوها

$$1.86\,Na + \frac{glucose}{18} + \frac{BUN}{2.8} + 9 \quad \text{(Eq. 15-1)}$$

رح نشتغل على هاي

BUN = blood Urea nitrogen

مثال 8

هاي الوحدة مختلفه عشان هيك لازم اعمل

Na+ = 140 mmol/L

serum osmalaity = 320

gly = 110 mg/dL

BUN = 14 mg/dL

للامانة مافهمت على الدكتورة بالزبط كيف ينحل عشان هيك طلعت الحل من chat gpt

- **Na⁺ = 140 mmol/L**
- **Glucose = 110 mg/dL**
- **BUN = 14 mg/dL**
- **Measured serum osmolality** = 320 mOsm/kg

1) نحسب osmolarity المحسوبة (الحسابية) بالمُعادلة الشائعة:

$$\text{Osm}_{calc} = 2 \times [\text{Na}^+] + \frac{\text{Glucose (mg/dL)}}{18} + \frac{\text{BUN (mg/dL)}}{2.8}$$

نحسب رقماً رقمًا للتأكد:

- $2 \times [\text{Na}^+] = 2 \times 140 = 280$
- $\frac{110}{18} = 6.111\ldots$ (نكتب 6.11 تقريباً)
- $\frac{14}{2.8} = 5.0$

نجمع: $280 + 6.111\ldots + 5 = 291.111\ldots$

إذن:

$$\text{Osm}_{calc} \approx 291 \text{ mOsm/kg}$$

2) نحسب osmolar gap:

$$\text{Osmolar gap} = \text{Osm}_{measured} - \text{Osm}_{calc} = 320 - 291 = 29 \text{ mO}$$

3) التفسير والنتيجة

- **Osmolar gap ≈ 29 mOsm/kg** — هذا فرق كبير (عادة فرق يُعتبر مهم سريرياً >10–15).
- معنى هذا الفرق: هناك **مُذابات/جزيئات غير محْسوبة** في المصل (unmeasured osmoles) ترفع الأسمولالية الحقيقية مقارنةً بالحسابية.
- **osmolar gap**: تعاطي كحولات سامة أو منتجاتها (إيثانول/ميثانول/إيثيلين غليكول)، مانيتول، بعض أدوية أو عوامل التباين، أو تراكم كيتونات في حالات شديدة (مثلاً كيتواسيدوز) — يجب الربط مع العرض السريري.

NORMAL RANGES

TABLE 15-1 REFERENCE RANGES FOR OSMOLALITY

Serum	275–295 mOsm/kg
Urine (24-h)	300–900 mOsm/kg
Urine/serum ratio	1.0–3.0
Random urine	50–1200 mOsm/kg
Osmolal gap	5–10 mOsm/kg

Electrolytes, Sodium (Na)

- Body contains about 3000 mmol of sodium mainly in ECF

يعني معظم الصوديوم الموجود بالجسم بكون خارج الخلايا نسبة قليلة منه بتكون موجودة بالخلايا

- Sodium daily intake is about 60-150 mmol

اذا كان الي طالع اكثر من الي داخل من الNa رح يصير hyponatremia واذا كان العكس رح يكون hypernatremia

- Sodium balance is regulated by blood flow and aldosterone (hormone secreted by adrenal cortex)

ال aldosteron بعمل retention للصوديوم لما يقل مستواه بالجسم

Electrolytes, Sodium (Na)

- Sodium is the most abundant cation in the ECF (90% of all extracellular cations) and largely determines the osmolality of the plasma.

- Sodium concentration in the ECF is much larger than inside the cells, because a small amount of sodium can diffuse through the cell membrane.

- To prevent equilibrium from occurring, active transport systems, such as ATPase-dependent ion pumps (moves 3 Na out of cell for each 2 K moving into the cell) are present in all cells

هاي الpump برضه تمنع انه يصير equilibrium (يعني انه

في pump بتتحكم بالconc للصوديوم الي هي (+Na+-K) pump رح تطلع
2Naمقابل انها تدخل 3K بس بما انه تركيز الNa برا الخلايا اصلا عالي فهذا يهني
انه aginst conc gradiant يعني رح يكون active transport وهذا يعني بده
ATP

اذا كان الblood volume مرتفع ال ANP رح يزيد
الexcreation لل water والNa

يس اذا كان الblood volume منخفض ال renin
هو الي رح angiotensin aldesteron system
يتحكم (رح يقلل الexcreation للNa)

REGULATION OF SODIUM

حكينا انه اذا ارتفعت الواحد عنده hyperosmolality وتركيز الNa
كان هو الي مرتفع رح يصير ADH release ورح تروح الاوامر
للthirst center عشان الواحد يروح يشرب water

- The plasma sodium concentration depends on: the intake and excretion of water and the renal regulation of sodium
- Three processes are of primary importance:

  (1) The intake of water in response to thirst, as stimulated or suppressed by plasma osmolality
  (2)the excretion of water, largely affected by ADH release in response to changes in either blood volume or osmolality

هي المسؤولة عن excretion
وال reabsorption للصوديوم

  (3) the blood volume status, which affects sodium excretion through aldosterone- angiotensin II and ANP (atrial natriuretic peptide)

- The kidneys have the ability to conserve or excrete large amounts of sodium, depending on the sodium content of the ECF and the blood volume, normally, 60-75% of filtered sodium is reabsorbed in the proximal tubule
- some sodium is reabsorbed in the loop and distal tubules (controlled by aldosterone) exchanged for K in the connecting segment and cortical collecting tubule.

REGULATION OF SODIUM

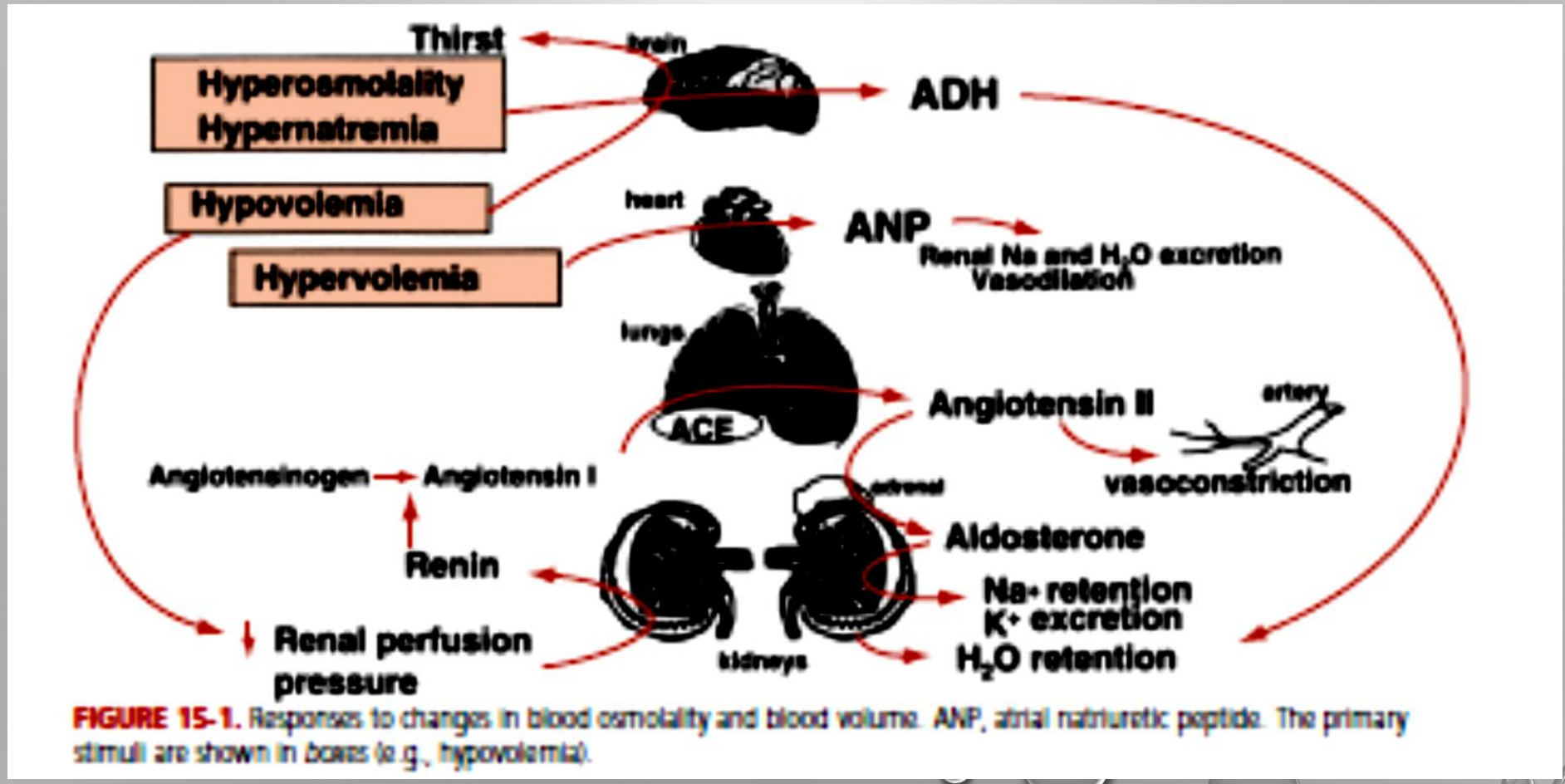

FIGURE 15-1. Responses to changes in blood osmolality and blood volume. ANP, atrial natriuretic peptide. The primary stimuli are shown in *boxes* (e.g., hypovolemia).

لما احكي انه الurin concantrated يعني انه
الosmolality للurin عالية
بس لما احكي انه diluted يعني الosmolality
الurin قليلة

CAUSES OF HYPERNATREMIA

- Excess water loss — الحالة الاولى انه بخسر سوائل كثير ليش؟
  - Diabetes insipidus — السكري الكاذب حكينا عنه فوق
  - Renal tubular disorder — مشاكل بالtubule فبصير في مشاكل بالreabsorption
  - Prolonged diarrhea
  - Profuse sweating — التعرق بشكل كبير
  - Severe burns
- Decreased water intake — الحالة الثانية انه الشخص ما بشرب سوائل كثير اصلا
  - Older persons — حكينا انه الosmoreceptor عندهم ضعيفة فما
  - Infants — حكينا انهم ما بقدرو يطلبو انهم يشربو ماء
  - Mental impairment — بكون عندهم مشاكل عقلية زي الزهايمر ما بتذكر انه يشرب ماء مثلا
- Increased intake or retention
  - Hyperaldosteronism — اذا كان في ارتفاع بالaldesteron نتيجة مشكلة بالadrenal gland رح يزيد اصوديوم retention
  - Sodium bicarbonate excess — الناس الي بكون عندهم acidosis نعطيهم NaHCO3 عشان نعدل الحموضة الزائدة عندهم ولانه بعطي مع bicarbonat صوديوم رح يصير hypernatremia
  - Dialysis fluid excess

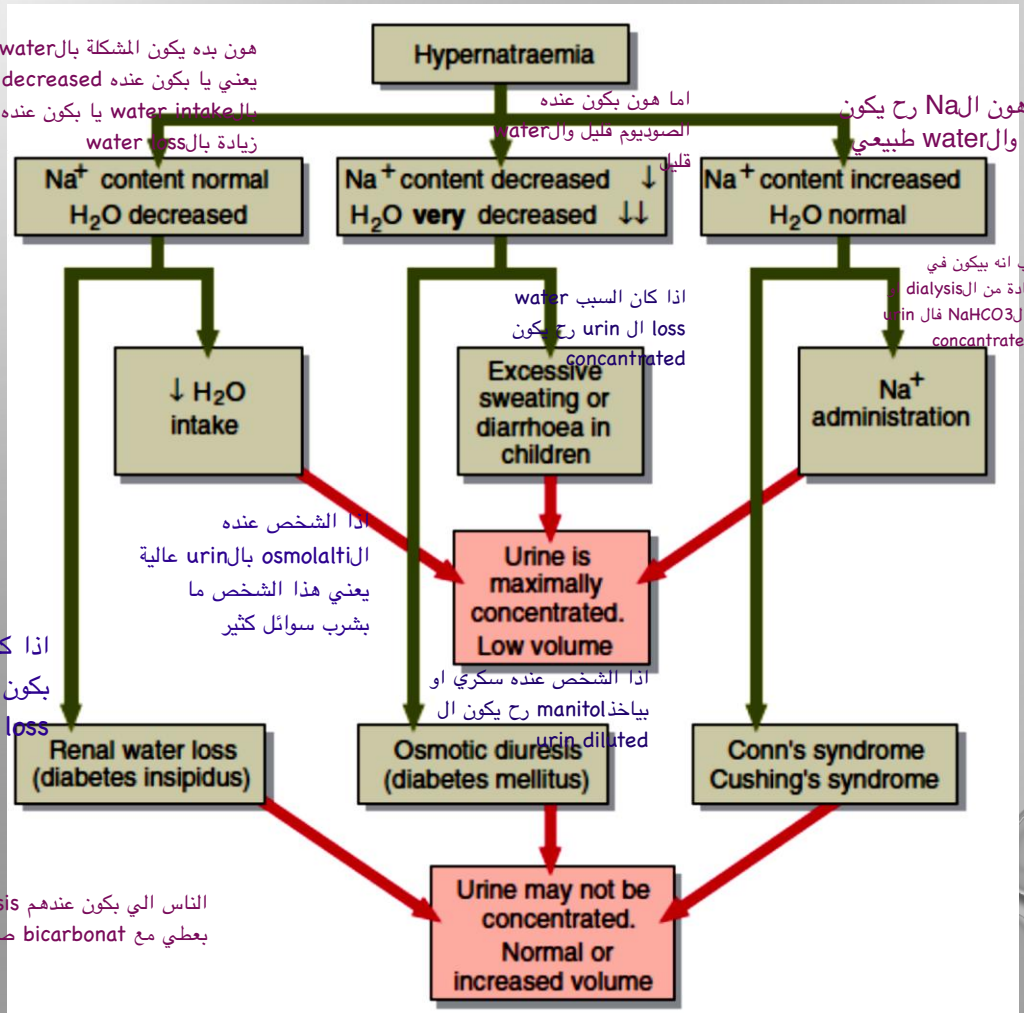

Fig 10.1 **The causes of hypernatraemia.**

HYPERNATREMIA (150 MMOL/L) RELATED TO URINE OSMOLALITY

- Urine osmolality <300 mosm/kg
  - Diabetes insipidus (impaired secretion of ADH respond to ADH) or kidneys cannot
- Urine osmolality 300-700 mosm/kg
  - Partial defect in ADH release or response to ADH
  - Osmotic diuresis شي بطلع وبطلع الwater معه زي ال Glucose وهو الي بزيد الosmolality
- Urine osmolality >700 mosm/kg
  - Loss of thirst
  - Insensible loss of water (breathing, skin)
  - GI loss of hypotonic fluid
  - Excess intake of sodium

SYMPTOMS OF HYPERNATREMIA

- Involve the central nervous system (CNS) hyperosmolar state which include: as a result of the
  - Altered mental status
  - Lethargy
  - Irritability
  - Restlessness.
  - Seizures
  - Muscle twitching, hyperreflexes
  - Fever, nausea or vomiting
  - Difficult respiration, and increased thirst.
- Serum sodium of more than 160 mmol/L is associated with a mortality rate of 60-75%

هاي الاعراض ما رح تبين على الواحد الا اذا كان
الconc للNa اعلى من 150mmol/l

اذا كان اعلى من 160mmol/l رح تزيد

هاي يعني انقباضات بالعضل؟ نفسها بس بأماكن معينة

العضلة بتصير تنبض

TREATMENT OF HYPERNATREMIA

اذا الواحد اجى على الطوارئ عنده hypernatremia شو اعمله؟
لازم ادور المسبب بهاي المشكله وبعد هيك بحلها مثلا الواحد عنده diarrhea
بروح بعالجها وهيك بحل المشكله

- Treatment is directed at correction of the underlying condition that caused the water depletion or sodium retention.

- The speed of correction depends on the rate with which the condition developed

اذا كان الارتفاع كثير كبير زي ما حكينا بالسلايد السابق ممكن يكون بي خطر على حياته فساعتها بعالج المسبب بهاي المشكلة (underlying condition) وبنفس الوقت بخفض الNa conc فاذا كان عنده نقص سوائل بعطيه سوائل بس ما بتكون normal saline (isotonic solution) بستخدم dextrose (hypotonic solution) وبكون الdifution rate slow

- Hypernatremia must be corrected gradually because too rapid a correction of serious hypernatremia (>160 mmol/L) can induce cerebral edema and death. The maximal rate should be 0.5 mmol/L per hour

اذا كان الrate اعلى من 0.5mmol/l per hour ممكن يأدي الى الcerebral edema وبالتالي وفاته

HYPONATREMIA

- Hyponatremia is defined as a serum or plasma level <135 mmol/L.

المفروض انه اذا نزل عن ال135 يعتبر
hyponatremia بس اذا نزل عن ال130
هون رح يسبب مشاكل صحية للشخص

- Levels below 130 mmol/l are clinically significant.

- Hyponatremia can be assessed by the cause for the decrease or with the osmolality level.

CAUSES OF HYPONATREMIA

بكون في خسارة للصوديوم ممكن تكون الخسارة بالurin فهيك
بتكون نسبة الNa بال urin عالية واحيانا الخسارة بتكون بأماكن
ثانية من الGiمثلا زي diarrhea
مثلا

- Increase sodium loss
  - Hypoadrenalism حكينا انه aldesteron بعمل retention للصوديم فاذا ما صار افراز للaldesteron مارح يعمل retention ورح يصير Na excreation
  - Potassium deficiency (exchange in kidney) الaldeseron رح يحاول يعدل الconc للK فبصير يعمل Naexcreation بمقابل انه ال k يصير اله retention
  - Diuretic use (thiazide) هذول بعملو hypo لكثير من الelectrolyte
  - Ketonuria (sodium lost with ketones) →

1. **الكيتونات تخرج مع الصوديوم في البول:**
   - الكيتونات (مثل acetoacetate و β-hydroxybutyrate) هي أنيونات سالبة.
   - لما الكلى تطرحها، لازم توازنها بشحنات موجبة (مثل Na^+ أو K^+).
   - لذلك، يخرج **الصوديوم مع الكيتونات** → يفقد الجسم Na^+ في البول.

  - Salt losing nephropathy (with some renal tubular disorders)

- **These factors will increase the conc. of Na in urine to >20 mmol/L**
  - Prolong vomiting or diarrhea
  - Severe burns

- Increased water retention ممكن نقصان الconc of Na يصير بسبب زيادة الwater retention
  - Renal failure
  - Nephrotic syndrome
  - Hepatic cirrhosis
  - Congestive heart failure

رح احطلكم الشرح من chat gpt بالسلايد الجاي

🧠 **هناك حالتان:**

✅ **1. في الحالة الطبيعية:**

• الألدوستيرون يعيد امتصاص **صوديوم وماء بنسبة متقاربة**.
➡️ النتيجة: **ما بصير hyponatremia** (يبقى التركيز طبيعي).
لأن الماء والصوديوم يدخلان معًا بنفس النسبة تقريبًا.

⚠️ **2. في بعض الحالات المرضية:**

إذا كان في **احتباس ماء أكثر من الصوديوم**، ممكن يصير:

> **Dilutional hyponatremia**

يعني تركيز الصوديوم في الدم يقل لأن الماء زاد أكثر منه.

🩺 أمثلة:

- **Heart failure** (فشل القلب)
- **Cirrhosis** (تليف الكبد)
- **SIADH** (زيادة إفراز الهرمون المضاد لإدرار البول ADH)

في هذه الحالات، الجسم يحتفظ بالماء **بشكل مفرط** (بسبب ADH أو ضعف الدوران)، أكثر من الصوديوم، فبالتالي **الصوديوم ينخفض بالتركيز**.

CAUSES OF HYPONATREMIA

- Water imbalance

- Excess water intake (polydipsia, increased thirst): may cause mild or severe hyponatremia if water intake was chronic. In a normal individual, excess intake will not affect Na levels.

زيادة افراز الADH oroduction فرح زيادة بالwater retention ووهيك رح
يعمل dilution للصوديوم وهيك رح يعمل hyponatremia

- SIADH causes an increase in water retention because of increased ADH production which is associated with pulmonary disease, malignancies, CNS disorders, infections.

الشرح بالسلايد الجاي

- Pseudohyponatremia by measuring Na using indirect ISE (which dilutes sample prior to analysis), in a patient with hyperproteinemia or hyperlipidemia.

🧠 أولاً: المعنى العام

الكلام يشرح سبب حدوث الـ **pseudohyponatremia (نقص الصوديوم الكاذب)**
وهو مرتبط بطريقة قياس الصوديوم في المختبر.

⚙️ التوضيح خطوة بخطوة:

1. **ISE = Ion-Selective Electrode**
   - هذا هو الجهاز الذي يُستخدم في المختبر لقياس تركيز الصوديوم (Na^+).
2. **Indirect ISE** يعني أن العينة **يتم تخفيفها (diluted)** قبل القياس.
   أي: الجهاز لا يقيس البلازما كما هي، بل يضيف إليها محلول لتخفيفها أولًا.
3. لما يكون المريض عنده:
   - **Hyperproteinemia** = زيادة البروتين في الدم
   - **Hyperlipidemia** = زيادة الدهون في الدم

   فإن نسبة **الماء في البلازما تقل** لأن الدهون والبروتينات تأخذ حيزًا من حجم البلازما.
4. الجهاز (indirect ISE الـ) **يفترض أن الماء دائمًا يشكّل نسبة ثابتة من البلازما (حوالي 93%)**،
   لكن في هذه الحالة الماء الفعلي أقل، فبالتالي عند التخفيف **يبدو الصوديوم أقل مما هو عليه فعليًا**.

💡 النتيجة:

> يظهر في التحليل أن الصوديوم منخفض (hyponatremia)،
> لكنه في الحقيقة طبيعي.
> لذلك يُسمى **pseudohyponatremia** = "نقص صوديوم كاذب".

🧪 ملاحظة مهمة:

إذا استخدمنا جهاز **Direct ISE** (الذي لا يخفف العينة قبل القياس)،
فستظهر النتيجة **طبيعية**، لأن الصوديوم يُقاس مباشرة في الجزء المائي من البلازما فقط.

Type your text

🔁 خلاصة الجملة:

> في المرضى الذين عندهم **ارتفاع الدهون أو البروتينات**،
> جهاز قياس الصوديوم من نوع **indirect ISE** (الذي يخفف العينة)
> قد يعطي قراءة منخفضة كاذبة للصوديوم = **pseudohyponatremia**.