

【Electrolyte disorder】

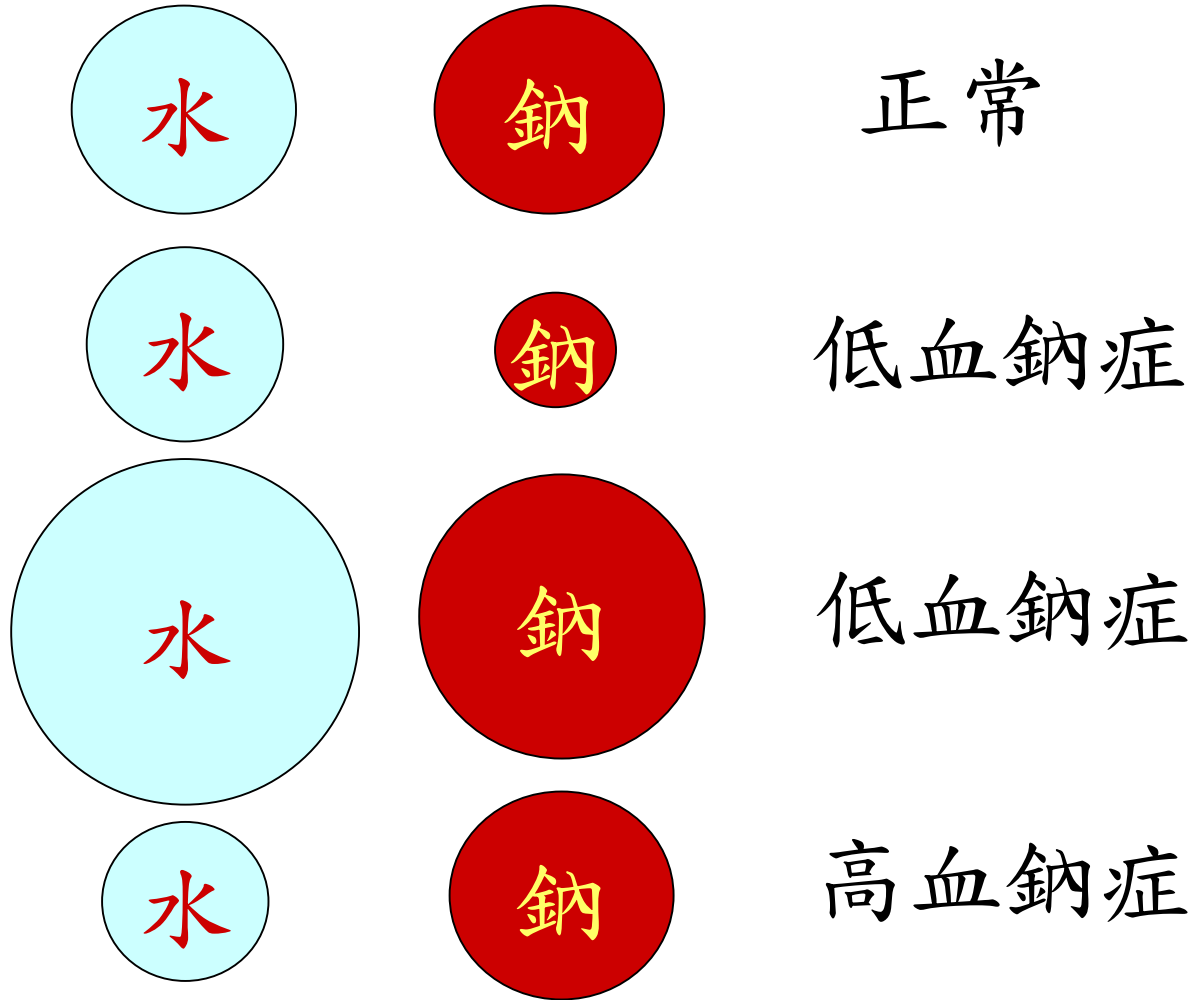
高雄長庚紀念醫院 腎臟內科

Fellow1 吳柏融

【Hyponatremia】

- 定義: $\text{Na} < 135\text{mmol/L}$
- 症狀: 無症狀，嘔吐，頭痛，嗜睡，意識混亂，抽搐，昏迷
- 治療: 先了解水與鈉的關係再治療
- 治療注意事項:
 - 當影響意識狀態或抽搐 → 儘早 correct
 - 不可 correct 過快 → central pontine myelinolysis (osmotic demyelination syndrome)

鈉離子不平衡-水與鹽的關係



【如何評估低血鈉？】

【第一步】看 **Plasma osmolality**

- 1) Hypotonic (真正的低血鈉)
- 2) Isotonic (假性低血鈉：高血脂、高蛋白、multiple myeloma)
- 3) Hypertonic (假性低血鈉：高血糖 $\uparrow 100\text{mg/dL} \rightarrow \downarrow 2.4\text{mEq/L}$)

【第二步】若是 **Hypotonic**，接著看體內 **Volume** 狀態

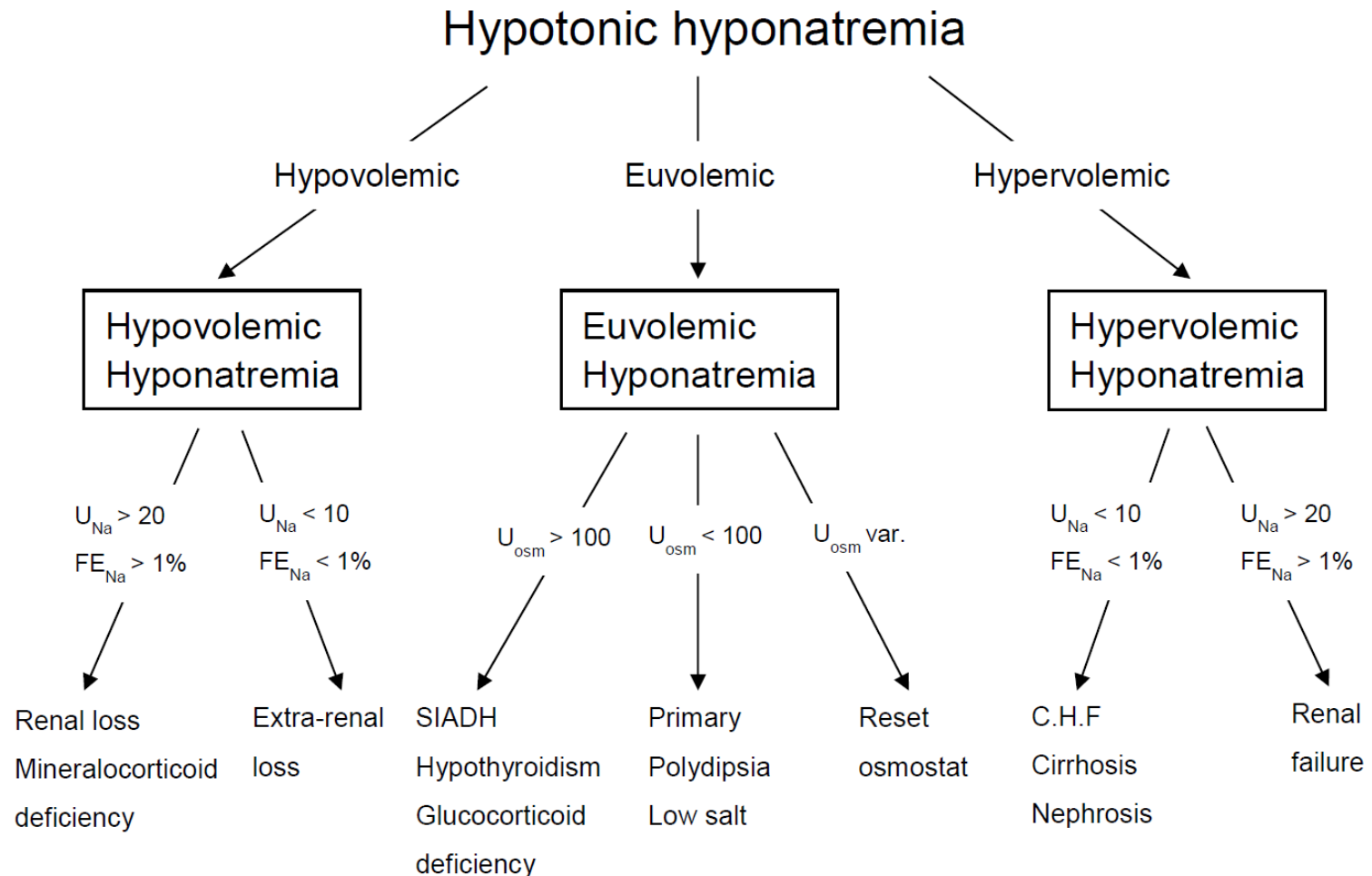
- 1) Hypovolemic
- 2) Euvolemic
- 3) Hypervolemic

【第三步】搭配其他檢驗數據來做鑑別診斷

檢驗：Na (B)、Cr (B)、Na (U)、Cr (U)、Osm (U)、T4、TSH、
Cortisol、Aldosterone

【Hypotonic Hyponatremia】

定調：真正的低血鈉



【Hypovolemic】

Renal loss : ($UNa > 20$ 、 $FENa > 1\%$)

- 1) Diuretics
- 2) Mineralocorticoid deficiency

Extra-renal loss : ($UNa < 10$ 、 $FENa < 1\%$)

- 1) GI loss (Vomiting 、 Diarrhea)
- 2) Skin loss (Sweating 、 Burn)
- 3) Shift to third space (Pancreatitis)

【Euvolemic】

SIADH : (定調 : **ADH** 分泌太多) ($U_{osm} > 100$)

- 1) **Malignancy** : Lung (small cell cancer) 、 Brain 、 GI 、 GU 、 Lymphoma 、 Leukemia 、 Thymoma 、 Mesothelioma
- 2) **Pulmonary** : Pneumonia 、 Asthma 、 COPD 、 Pneumothorax
- 3) **CNS** : Trauma 、 Stroke 、 Hemorrhage 、 Infection 、 Hydrocephalus
- 4) Drugs : **Antipsychotics** 、 **Antidepressant** 、 C/T 、 Vasopressin 、 DDAVP
- 5) Miscellaneous : Pain 、 Nausea 、 Post-operation

【Euvolemic】

內分泌問題： ($U_{osm} > 100$)

- 1) Glucocorticoid deficiency (Co-secretion of ADH & CRH)
- 2) Hypothyroidism (Decreased cardiac output
Increased ADH secretion)

Primary polydipsia ($U_{osm} < 100$)

【Hypervolemic】

Congestive heart failure ($UNa < 10$ 、 $FENa < 1\%$)

Liver cirrhosis ($UNa < 10$ 、 $FENa < 1\%$)

Nephrotic syndrome ($UNa < 10$ 、 $FENa < 1\%$)

Renal failure ($UNa > 20$ 、 $FENa > 1\%$)

【治療】

假性低血鈉：治療根本原因

真正的低血鈉（Hypotonic hyponatremia）

【Hypervolemic】

治療：限水限鹽、給利尿劑（Lasix）

【Hypovolemic】

治療：補水、給低張到等張氯化鈉溶液

【Euvolemic】

治療：

1) 無症狀：限水即可

【治療】

2) 有症狀：考慮給高張氯化鈉溶液（3% NaCl），矯正速度24小時不可超過6~8 mEq/L，矯正太快或過度矯正可能會發生橋腦去髓鞘化（Central pontine myelinolysis, CPM），症狀有意識狀態改變、全身無力、聲音沙啞、吞嚥困難等。

高血鈉降低鈉速度太快是會導致cerebral edema

【治療】

@ 如何計算矯正多少鈉離子？

$$\Delta [Na] \text{ per 1L infusate} = ([Na] \text{ infusate} - [Na] \text{ serum}) / (TBW + 1)$$

TBW：

$$\text{男} = BW \times 0.6 \quad (\text{老人} \times 0.5)$$

$$\text{女} = BW \times 0.5 \quad (\text{老人} \times 0.45)$$

《補充》不同濃度的生理食鹽水所含的鈉離子量：

$$\text{- 3\% NaCl} = 513 \text{ mEq/L} \quad (\text{高張})$$

$$\text{- 0.9\% NaCl} = 154 \text{ mEq/L} \quad (\text{等張})$$

【Hypernatremia】

- 定義: $\text{Na} > 145\text{mmol/L}$
- 原因:
 - ✓ 水喝少 or 流失太多
 - ✓ 鈉太多: NaHCO_3 , hypertonic solution, N/S 給太多
- 症狀: 躁動、嗜睡、抽搐、昏迷
- 治療注意事項:
 - ✓ 根據原因，不可矯正過快
 - ✓ $[\text{Na}]$ 下降 $< 12\text{mmol/L/day}$

【水喝少】

- 無法喝水：嬰兒、中風病人、意識不清、ICU on ventilator 病人
- Primary hypodipsia: 口渴中樞受損(下視丘滲透壓受器)
 - Granulomatous disease
 - Vascular occlusion
 - Tumor

【水流失】

- Extra-renal loss ($U_{osm} > 800$) :
 - 皮膚流失：burn, fever
 - 胃腸道流失：diarrhea，吸收不良，瀉劑(lactulose)
 - 呼吸道
- Renal loss ($U_{osm} < 800$) :
 - Osmotic diuresis: hyperglycemia, mannitol
 - 尿崩症：
 - CDI: ADH deficiency
 - NDI: ADH resistance

【補太多】

- 鈉給太多
 - DKA or HHS 給太多 normal saline hydration
 - 給太多 hypertonic saline (3% saline)
 - 給太多 NaHCO_3 (如急救時)

【治療】

- 太快：腦水腫、抽搐及其它腦部傷害
- ✓ $Water\ deficit = 0.5\ (or\ 0.6) \times lean\ body\ weight \times (Na - 140) / 140$
- ✓ Water deficit should be corrected slowly over at least 48–72 hours

- Solution
 - Hypotonic solution: glucose water (D5W), half saline

- Hormone therapy for CDI (DDAVP)
- Thiazide for NDI; 找病因/治療高血鈣或鋰鹽中毒

【Hyperkalemia】

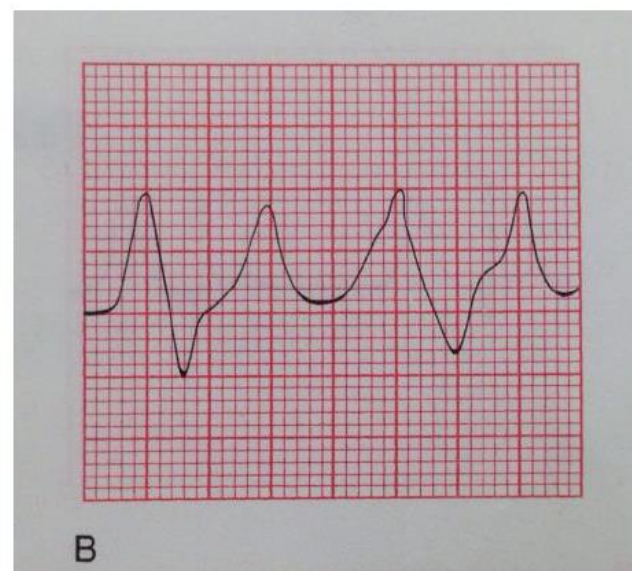
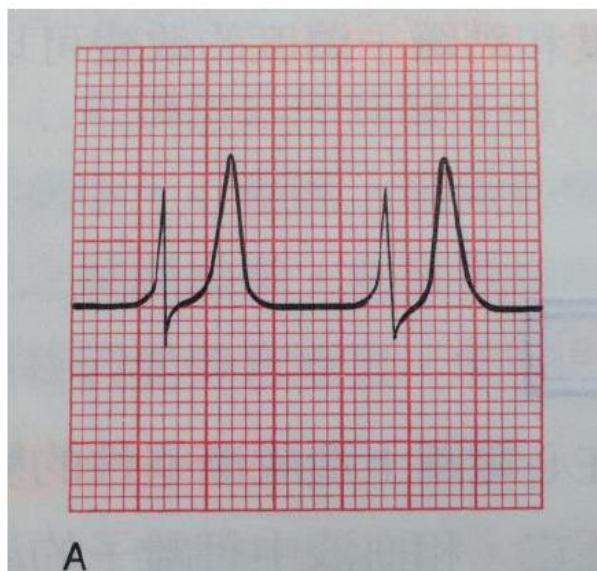
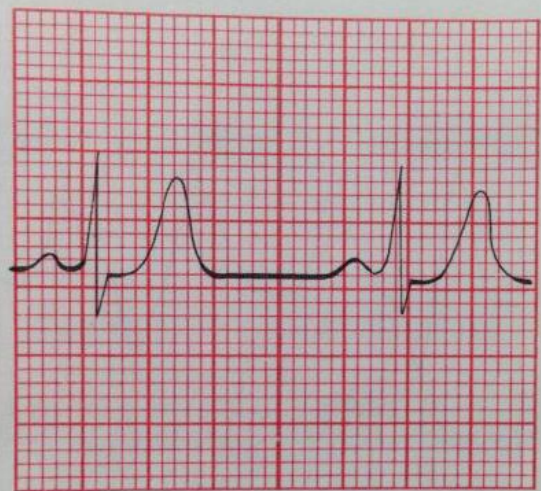
- 定義: $K^+ > 5.3\text{mmol/L}$
- 表現: 肌肉無力、換氣過低、心律不整
- 原因: 吃太多; 排不掉; trans-cellular shifting
 - 腎衰竭
 - Tumorlysis or rhabdomyolysis
 - 藥物副作用 (ACEI, Aldactone, NSAID, succinylcholine)
 - 內分泌問題
 - Metabolic acidosis

【心電圖表現】

漸進性的心電圖變化：

- 1) Diffuse peaked T wave (tenting T wave)
- 2) PR prolong
- 3) P wave 消失 (atrial standstill)
- 4) QRS widening
- 5) Sine wave pattern (逐漸變寬的QRS波和T波融合所形成)
- 6) VF or PEA

不一定漸漸出現，可突然出現VF/cardiac arrest



【重症病人的高血鉀】

#增加鉀離子的產生

- 外來：輸血
- 內生：GI bleeding, crushing injury, rhabdomyolysis, burn, cytotoxic drug, cell lysis, tumor lysis syndrome, 大範圍開刀

Trans-cellular shifting: acidosis, β -blocker及digitalis的使用

#減低排除：急性腎衰竭、obstructive uropathy、hypovolemia、ACEI及保鉀型利尿劑

【高血鉀的治療】

輕度(5-6mEq/L)：

- Diuretics: furosemide-1mg/Kg IV
- Resin: Kayexalate 15-30g oral or 50g enema
- Dialysis: HD or PD

中度(6-7mEq/L):加上 cell shifting agent

- NaHCO₃: 50mEq IV 5min
- 50g glucose + RI 10 U, 15-30 min
- Albuteral 10-20 mg nebulized 15 min(單獨用效果差)

重度(>7meq/L):再加上CaCl₂ (10%, 2-5 min)

【治療】

治療方式	作用時間	機轉
Calcium gluconate	幾分鐘內	穩固細胞膜電位，避免心律不整
Glucose + RI	15~30 分鐘	短暫作用，使鉀離子進入細胞內
Sodium bicarbonate (Jusomine)	15~30 分鐘	短暫作用，使鉀離子進入細胞內
Diuretics (Lasix、Thiazide)	30 分鐘	使體內鉀離子總量下降
β 2-agonist	30~90 分鐘	使鉀離子進入細胞內
Kalimate (陽離子交換樹脂)	1~2 小時	在腸道中以鈉離子和鉀離子交換，使體內鉀離子總量下降
Hemodialysis (血液透析)	幾分鐘內	使體內鉀離子總量下降

【Hypokalemia】

- # 體內約98%的鉀離子儲存在細胞內。胞內是鉀離子的倉庫，目的是維持血中鉀離子濃度恆定。所以，若抽血發現低血鉀，可推知細胞內鉀離子已相當缺乏。
- # 血清鉀離子濃度每下降1 mmol/L，代表體內鉀離子缺乏200~400 mmol/L。
- # 影響血鉀濃度的三個面向：
 - 1) 細胞膜內外轉移 (Trans-cellular shift)
 - 2) 腸胃道流失 (Extra-renal loss)
 - 3) 腎臟流失 (Renal loss)

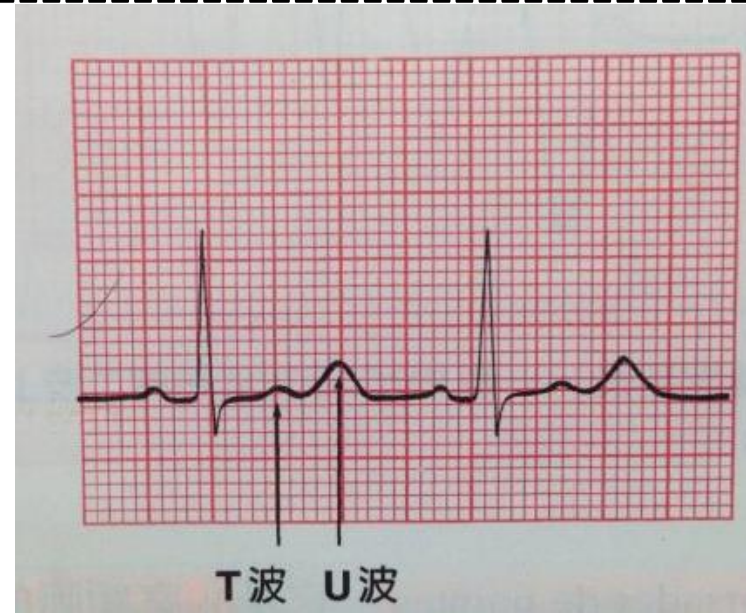
【臨床症狀與心電圖變化】

【臨床症狀】

全身虛弱、肌肉無力、腸胃蠕動變慢（嘔吐、便秘）、癱瘓（Paralysis）、肌肉痙攣、心律不整、更容易造成毛地黃中毒

【心電圖表現】

ST段降低、T波變平、U波出現
QT prolong (severe) 、 VT/VF



【如何評估低血鉀？】

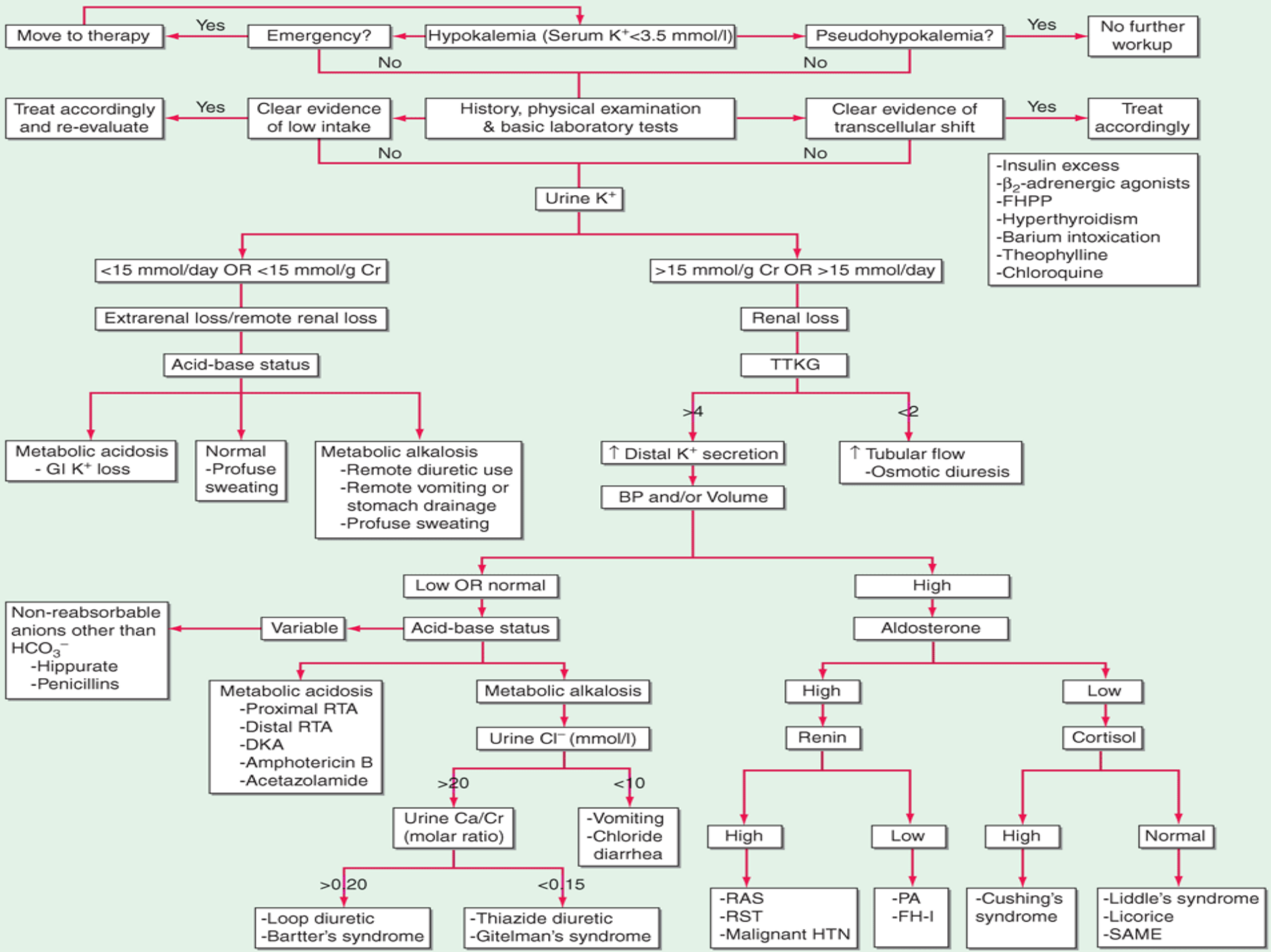
【第一步】先找出是否有**Transcellular shift**的因素

鹼中毒、Insulin、 β -agonist、甲狀腺機能亢進

【第二步】區別是**Extra-renal loss**或**Renal loss**

# <i>Extra-renal loss (GI loss)</i>	# <i>Renal loss :</i>
UK < 15 mEq/L (尿鉀濃度)	UK > 15 mEq/L (尿鉀濃度)
UK < 25 mEq/day (每天尿鉀總量)	UK > 30 mEq/day (每天尿鉀總量)
TTKG < 3	TTKG > 7

【第三步】若是**Renal loss**，再細分原因



【Trans-cellular shift】

1) H^+-K^+ 離子通道

鹼中毒 (Alkalosis) : 抑制 K^+ 出細胞，造成低鉀

2) Na^+-K^+ ATPase 離子通道

Insulin : 會刺激 Na^+-K^+ ATPase 離子通道

(ex : DKA病患大量使用Insulin)

β -agonist : 也會刺激 Na^+-K^+ ATPase 離子通道

(ex : Asthma或COPD病患使用 β -agonist)

【Trans-cellular shift】

Thyrotoxicosis periodic paralysis, TPP：甲狀腺素也會刺激 Na^+/K^+ ATPase離子通道，造成低血鉀

（病人可能一早上起來發現四肢無力，未經鉀離子補充，下午鉀離子就會shift出細胞，無力就會改善。治療甲狀腺機能亢進，症狀就會改善。）

Hypokalemia periodic paralysis, HPP：先天性的鈣離子通道異常，藉由未明機制導致陣發性的鉀離子shift入細胞，造成四肢無力，但較少造成呼吸肌無力。（病患常有家族史，常於20歲前發病）

【Extra-renal loss】

原因：

上消化道阻塞 → 嘔吐、NG tube 流失 → 鉀離子

及氫離子流失 → hypovolemia、alkalosis →

catecholamine 及 aldosterone ↑ → ↑Na 及 HCO_3^-

的重吸收 → ↑鉀離子流失

Diarrhea、Laxative abuse、Villous adenoma

【腎臟流失（Renal loss）】

【第一類】血壓偏高

Aldosterone 分泌增加：

1) Primary hyperaldosteronism（Renin低、Aldosterone高）

- Conn's syndrome

2) Secondary hyperaldosteronism（Renin高、Aldosterone高）

- RAS/Renin-secreting tumor

與*Aldosterone*無關：

1) Liddle's syndrome：集尿管的Na離子通道過度表現，使Na離子再吸收增加，K離子分泌增加

2) Apparent Mineralocorticoid Excess（AME）

3) Licorice（甘草）

【腎臟流失 (Renal loss)】

【第二類】血壓正常或偏低

若合併酸中毒：

- 1) DKA
- 2) RTA type I (Distal) : H⁺分泌減少
- 3) RTA type II (Proximal) : HCO₃⁻再吸收減少
- 4) Amphotericin B

若合併鹼中毒：

- 1) 使用利尿劑 (Lasix、Thiazide)
- 2) Bartter's syndrome
- 3) Gitelman's syndrome

Bartter's syndrome**Gitelman's syndrome**

機轉

亨利氏環上升支的 $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-2Cl}^-$ 離子通道失能
(相當於使用 Lasix 的情況)

遠曲小管的 $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ 離子通道失能
(相當於使用 Thiazide 的情況)

共同特徵

低血鉀、低血鎂、鹼中毒
正常或偏低的血壓

低血鉀、低血鎂、鹼中毒
正常或偏低的血壓

鑑別方法

高尿鈣 (低血鈣)

低尿鈣 (高血鈣)、低血鎂較嚴重

治療

補充鉀離子、鎂離子
高劑量 Spironolactone
NSAID 效果佳

補充鉀離子、鎂離子
高劑量 Spironolactone
NSAID 效果不佳

【低血鉀的治療】

- 減少流失及補充富含鉀離子的水果：奇異果、香蕉、楊桃
- 經常監測
- **<2mEq/L需緊急處理**
- 血鉀↓1mEq/L須補充200-400 mEq K⁺
- 心律不整或鉀離子<2.5mEq/L→IV K⁺
 - 速度:<20mEq/hr
 - 嚴重時，濃度**<40mEq/L(週邊line)**、<60mEq/L in CVP,
- 心跳休止或VT,VF
 - 2mEq/min→10mEq/5-10min



電解質 極速滲透 再造身心