

Cairan Tubuh

“You might be able to survive for weeks without food, without water you would die in a matter of days”



**AGUSTINA RAHAYU
MAGDALENI**



Sasaran pembelajaran

- Menjelaskan kompartemen cairan tubuh
- Menjelaskan konstituen cairan ekstraseluler dan intraseluler
- Menjelaskan regulasi keseimbangan osmotik dan pertukaran cairan antara intra dan ekstraseluler
- Keseimbangan elektrolit



BERAPA BANYAK CAIRAN TUBUH KITA?

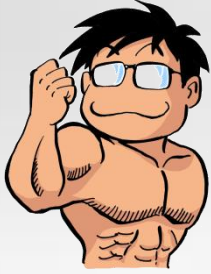
Banyaknya tergantung pada usia, jenis kelamin & kadar lemak tubuh



Bayi
80%



Anak-anak
70%



Dewasa Pria
60%



Dewasa Wanita
55%

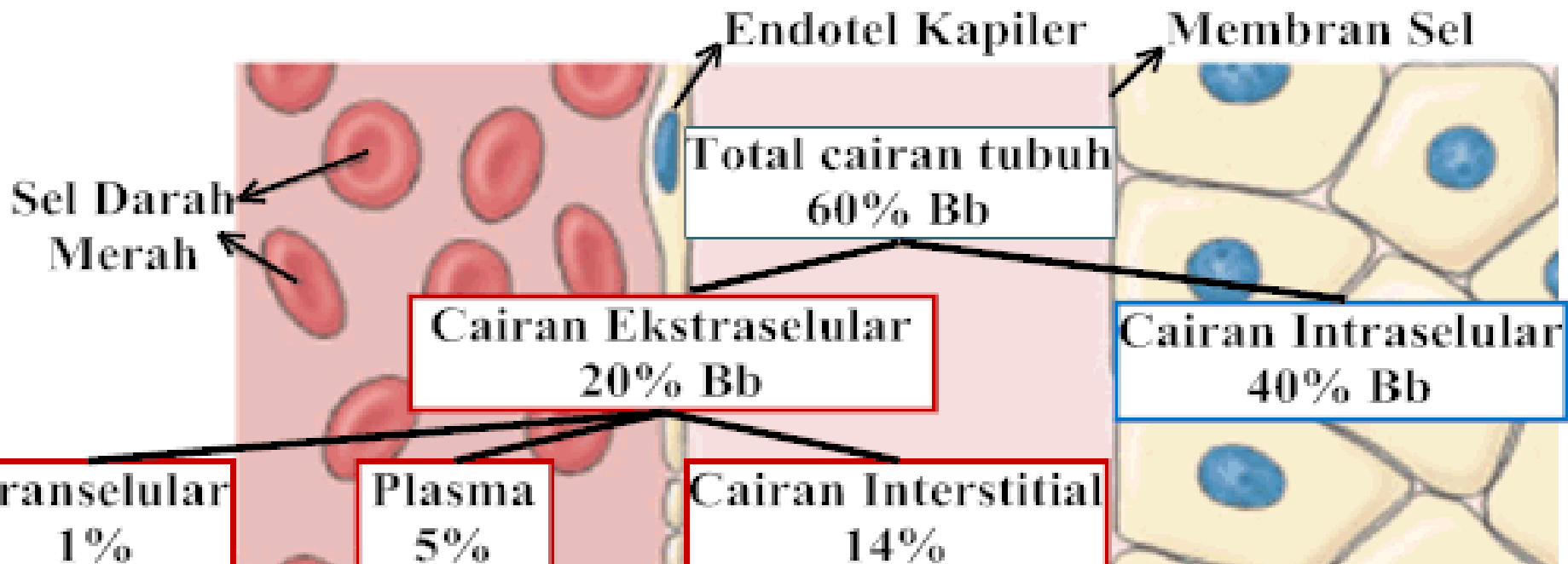


Manula
52%



Kompartemen Cairan Tubuh

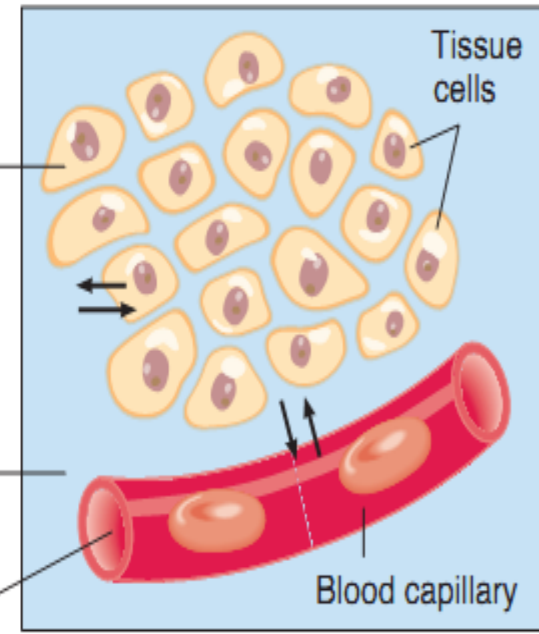
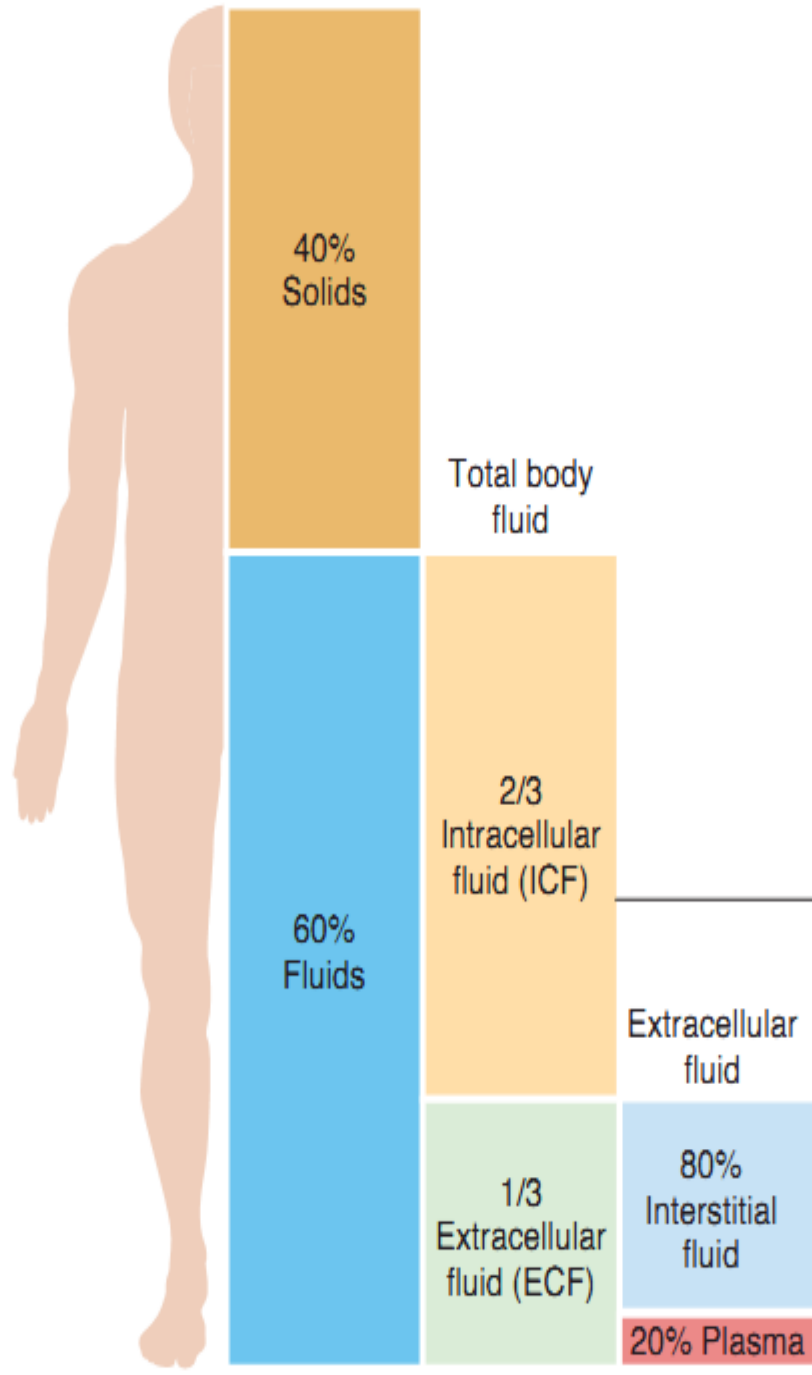
- Total = 40 L (laki-laki dewasa 70 kg), 60% BB
 - Intra sel = 25 L, 40%BB
 - Ekstra sel = 15 L, 20%BB
 - Interstitial = 12 L, 80%CES
 - Plasma = 3 L, 20%CES



Total body mass (female)



Total body mass (male)



▲ TABLE 15-1

Classification of Body Fluid

Compartment	Volume of Fluid (in Liters)	Percentage of Body Fluid	Percentage of Body Weight
Total Body Fluid	42	100	60
Intracellular Fluid (ICF)	28	67	40
Extracellular Fluid (ECF)	14	33	20
Plasma	2.8	6.6 (20% of ECF)	4
Interstitial Fluid	11.2	26.4 (80% of ECF)	16
Lymph	Negligible	Negligible	Negligible
Transcellular Fluid	Negligible	Negligible	Negligible



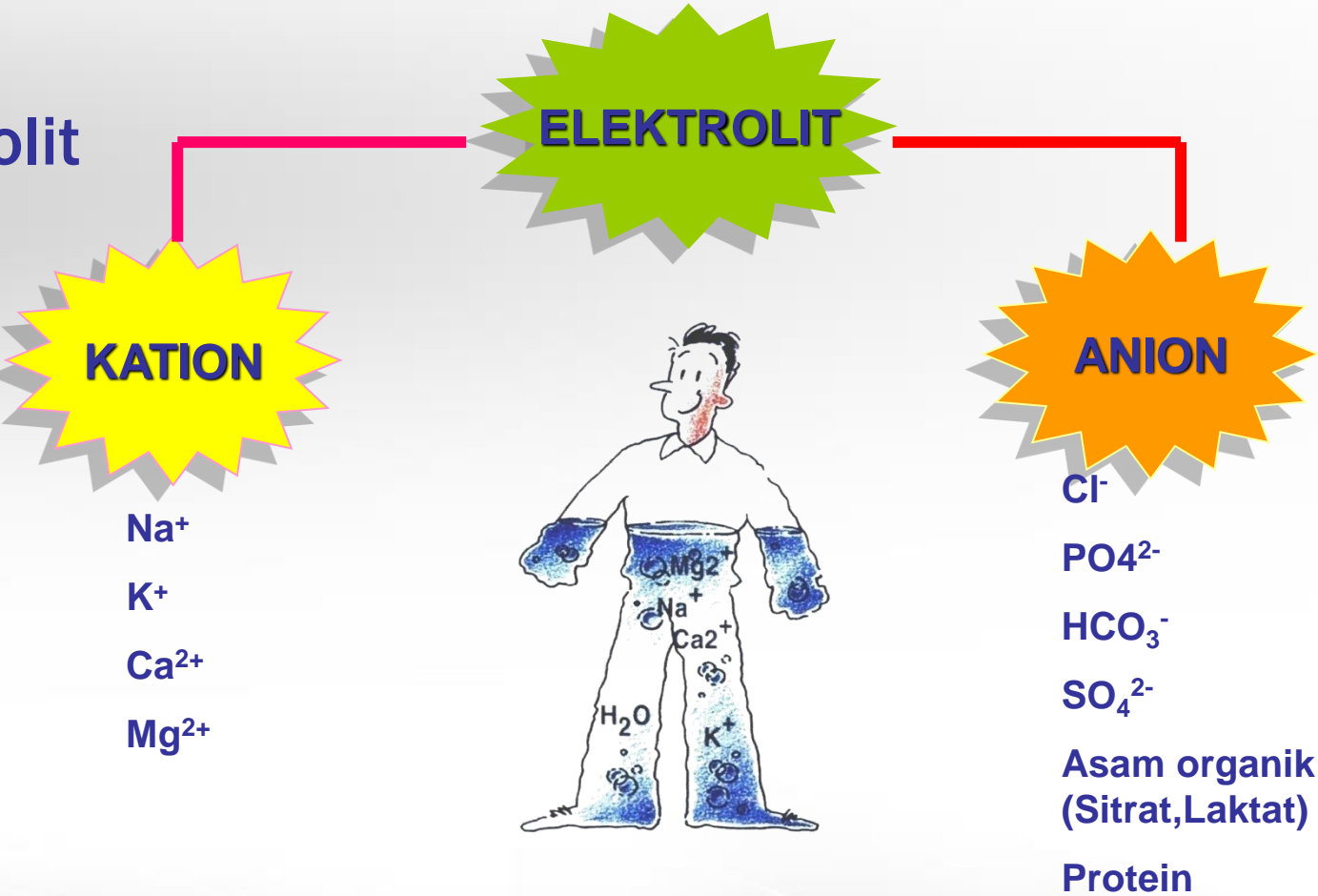
Fungsi Air

- Regulasi suhu
- Pelindung dari benturan
- Lubricant
- Reactant
- Pelarut
- Transport

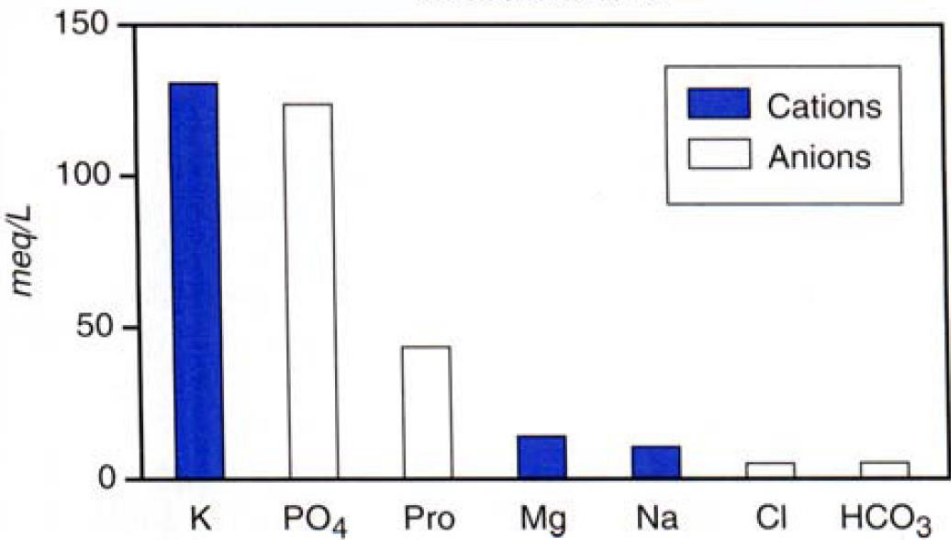


Komposisi Cairan Tubuh

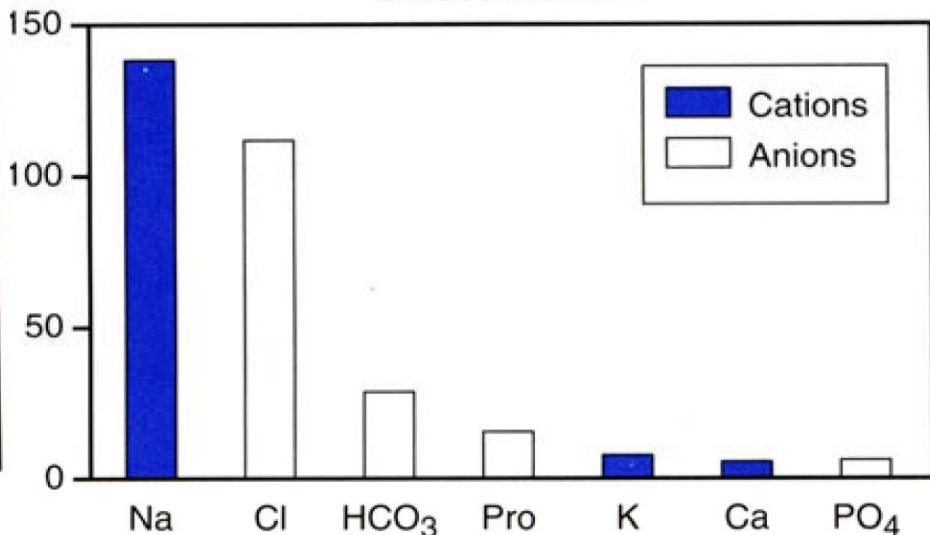
- Elektrolit
- Non elektrolit
 - Urea
 - Glucose
 - O_2 , CO_2



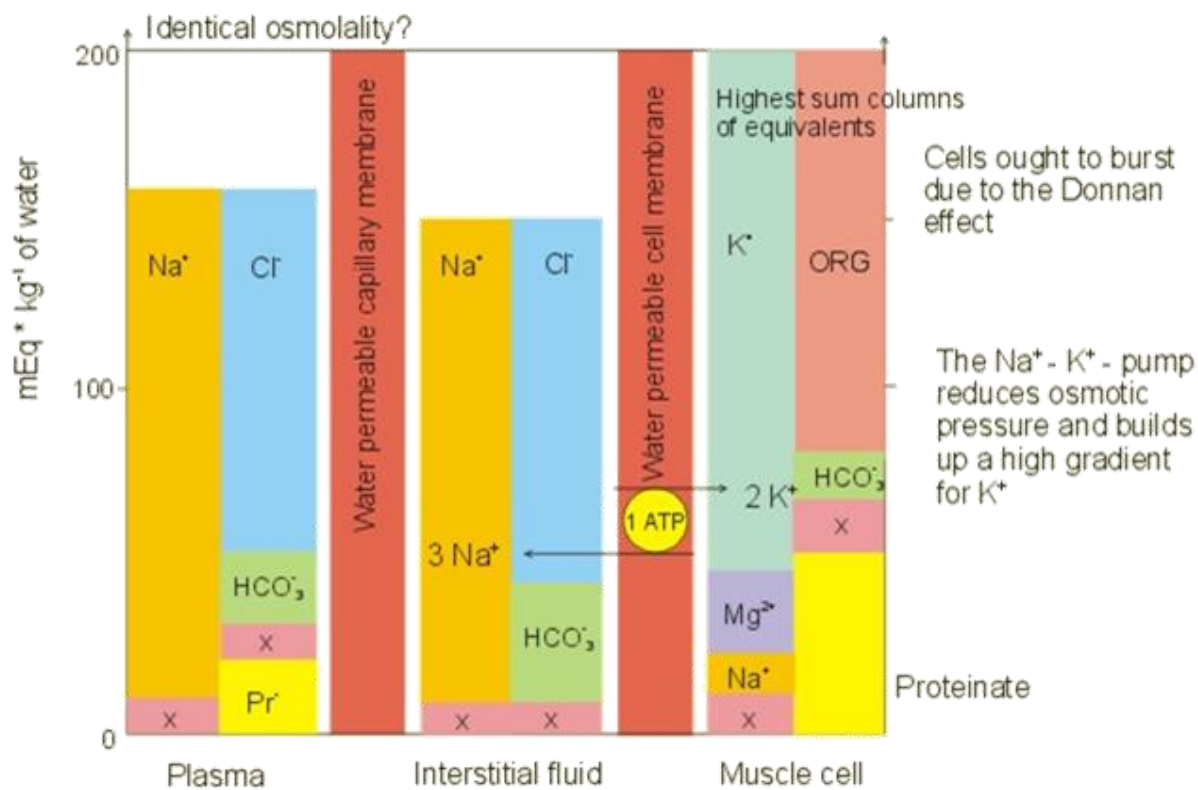
Intracellular ions



Extracellular ions

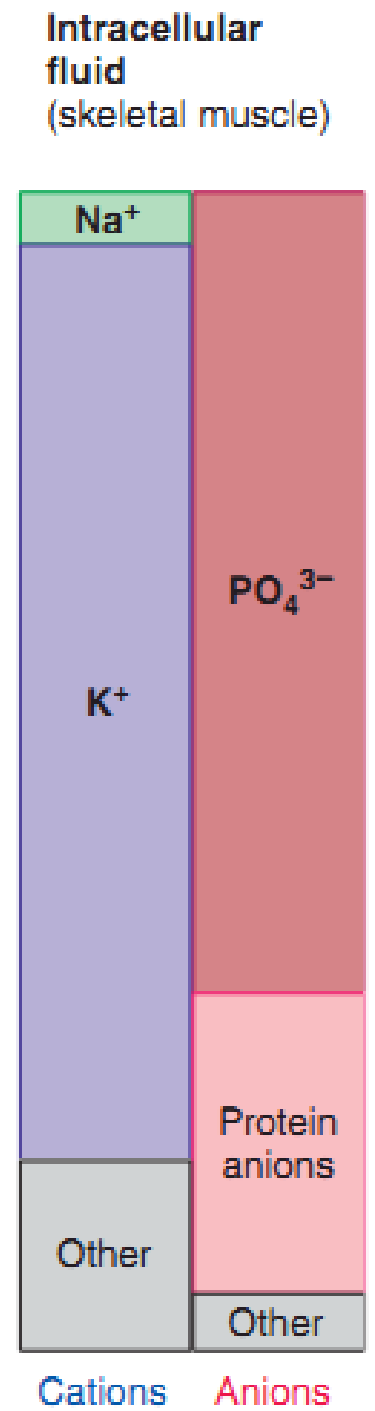
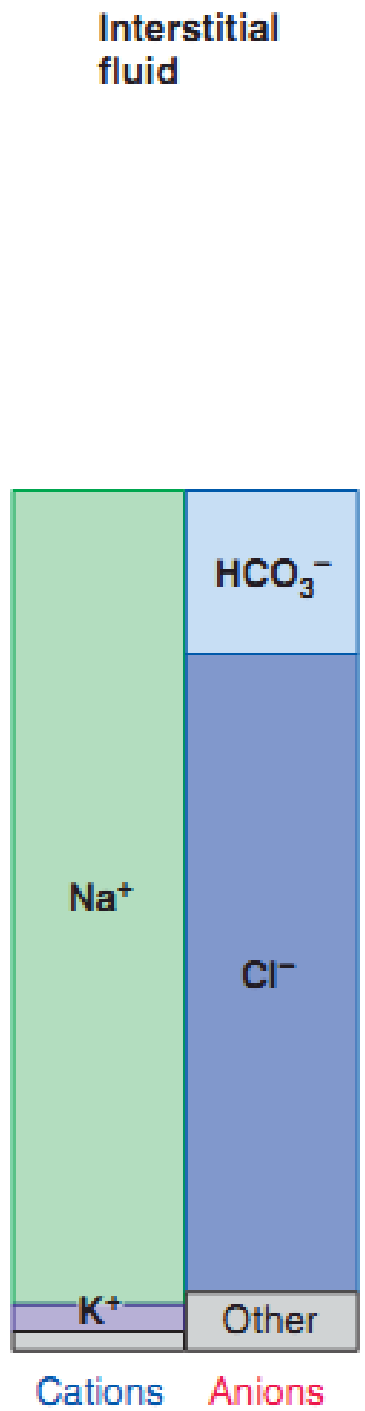
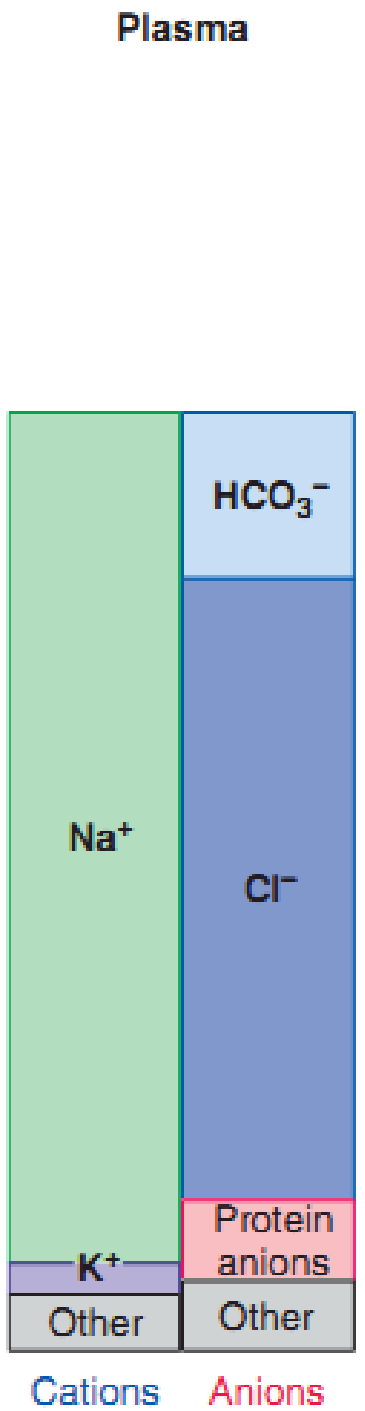
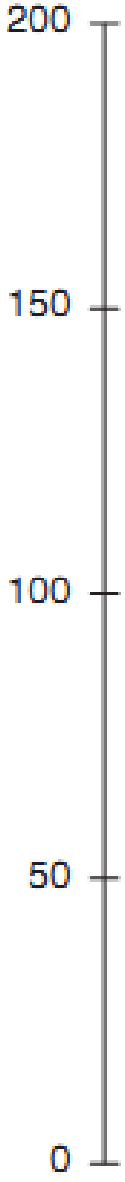


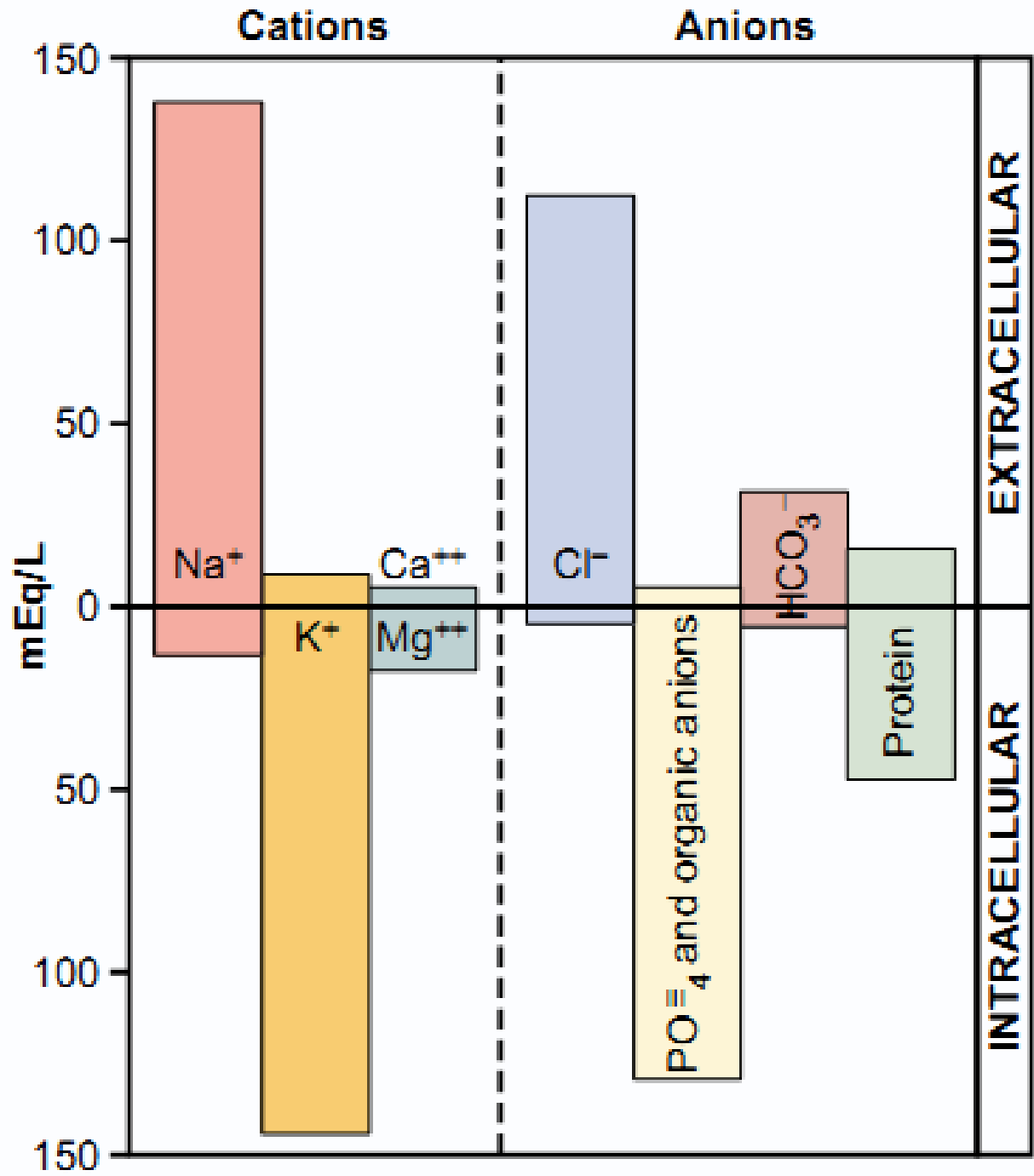
Three Columns With Body Fluid Electrolytes





Milliequivalents per liter of H₂O

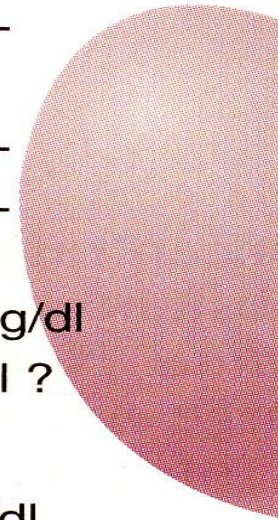




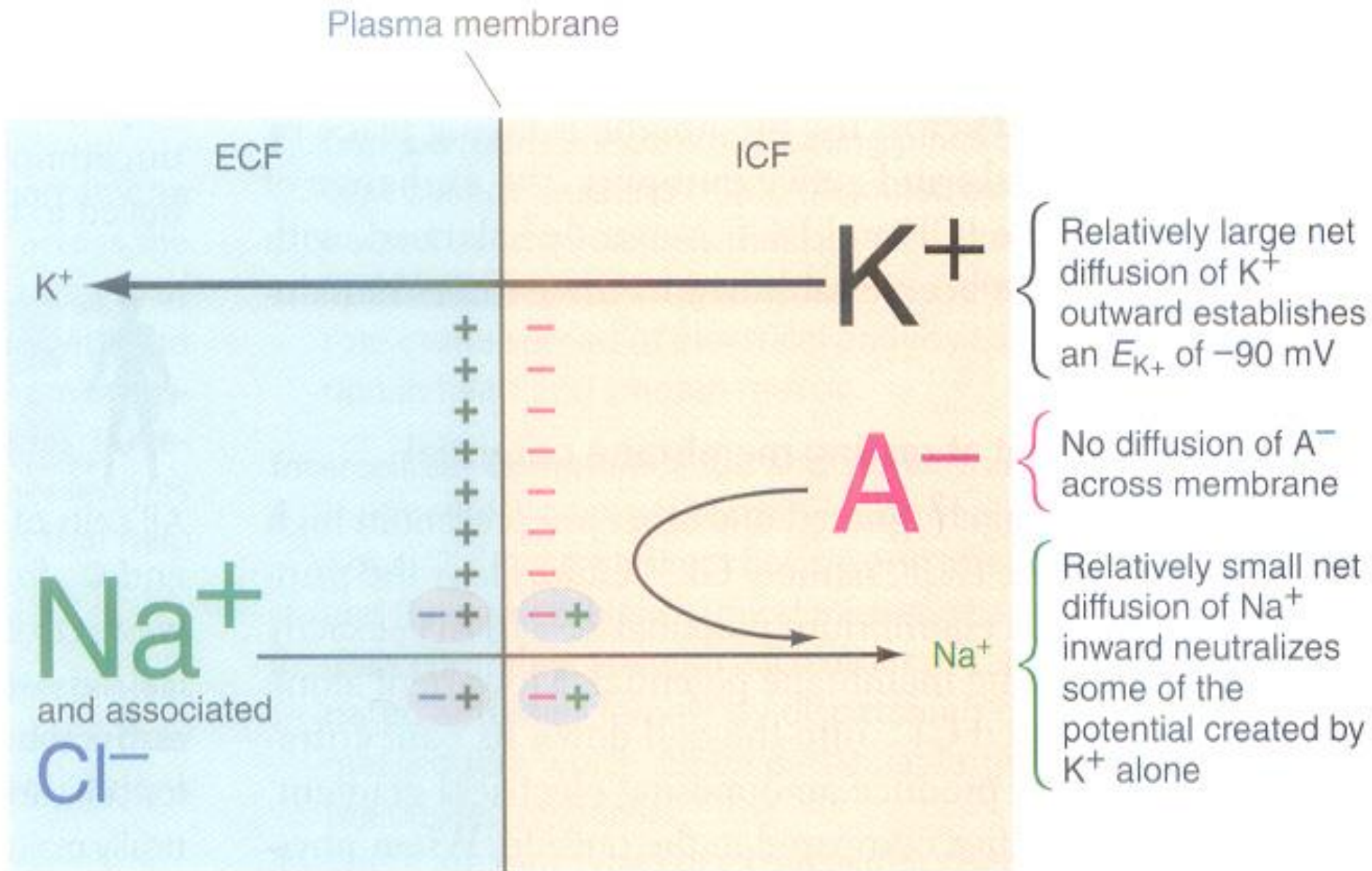
EXTRACELLULAR
FLUID

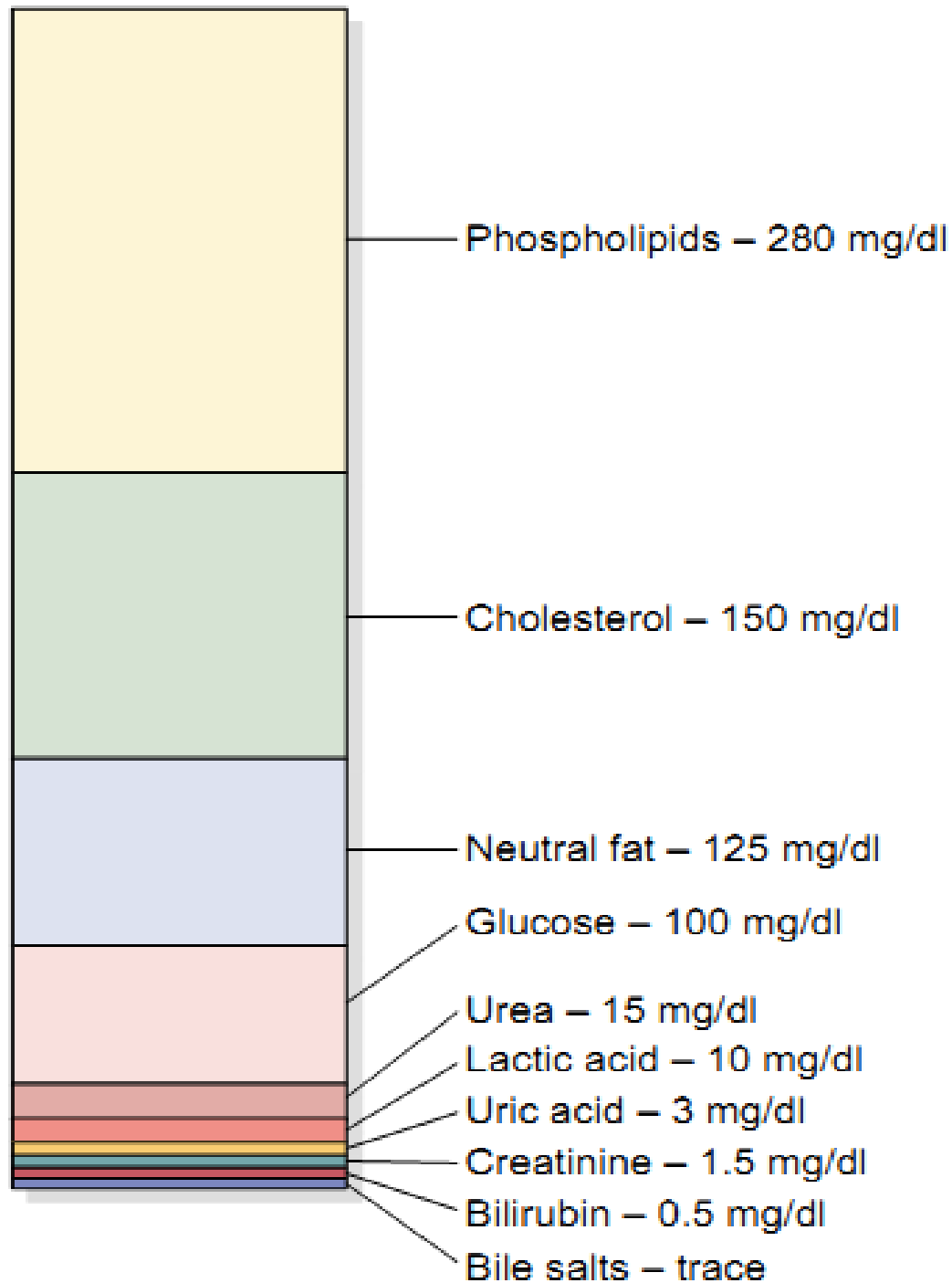
INTRACELLULAR
FLUID

Na ⁺ -----	142 mEq/L -----	10 mEq/L
K ⁺ -----	4 mEq/L -----	140 mEq/L
Ca ⁺⁺ -----	2.4 mEq/L -----	0.0001 mEq/L
Mg ⁺⁺ -----	1.2 mEq/L -----	58 mEq/L
Cl ⁻ -----	103 mEq/L -----	4 mEq/L
HCO ₃ ⁻ -----	28 mEq/L -----	10 mEq/L
Phosphates -----	4 mEq/L -----	75 mEq/L
SO ₄ ⁻ -----	1 mEq/L -----	2 mEq/L
Glucose -----	90 mg/dl -----	0 to 20 mg/dl
Amino acids -----	30 mg/dl -----	200 mg/dl ?
Cholesterol } -----	0.5 g/dl -----	2 to 95 g/dl
Phospholipids } -----		
Neutral fat } -----		
PO ₂ -----	35 mm Hg -----	20 mm Hg ?
PCO ₂ -----	46 mm Hg -----	50 mm Hg ?
pH -----	7.4 -----	7.0
Proteins -----	2 g/dl -----	16 g/dl
	(5 mEq/L)	(40 mEq/L)



POTENTIAL MEMBRAN



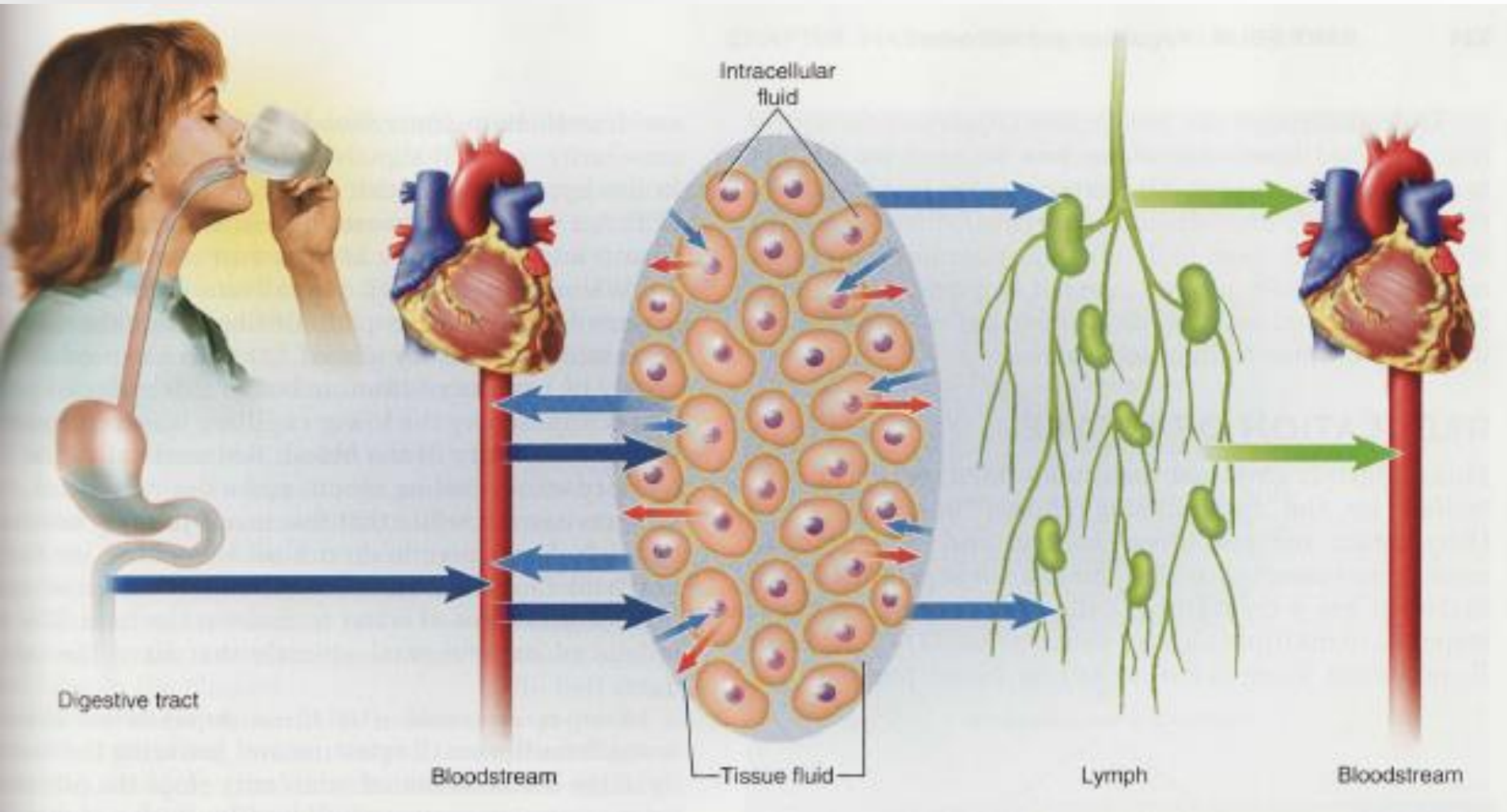


Fungsi Elektrolit

1. Kofaktor enzim : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+}
2. Aksi potensial pada neuron dan sel otot : Na^+ , K^+
3. Sekresi dan kerja hormon, neurotransmitter : Ca^{2+}
4. Kontraksi otot : Ca^{2+}
5. Keseimbangan asam/basa: HCO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- ,
Protein
6. Transport aktif sekunder : Na, K, glukosa
7. **Osmosis** : Na^+ , K^+ , HCO_3^- , HPO_4^- , H_2PO_4^- , Protein



Shift of Body Fluids Through Different Compartments



Perpindahan Cairan Tubuh

- Perpindahan cairan antara kompartemen interstitial dan plasma berbeda dengan perpindahan cairan antara kompartemen interstitial dan intraseluler
- Air, Ion, bahan terlarut kecil dapat bergerak bebas dari plasma (pembuluh darah) melewati celah endotelial
 - Tekanan hidrostatis kapiler mendorong cairan dari plasma ke interstitial
- Protein di plasma menimbulkan tekanan osmotik koloid atau tekanan onkotik
 - Tekanan onkotik menyebabkan masuknya air (dari interstitial) ke plasma
- Arterial end capillary bed : tek. Hidrostatis > tek.onkotik → cairan ke interstitial
- Venous end capillary bed : tek onkotik > tek.hidrostatik → cairan interstitial ke plasma

Forces at arteriolar end of capillary

- Outward pressure

$$P_c \quad 37$$

$$\pi_{IF} \quad \frac{0}{37}$$

- Inward pressure

$$\pi_p \quad 25$$

$$P_{IF} \quad \frac{1}{26}$$

Net outward pressure of 11 mm Hg = Ultrafiltration pressure

Forces at venular end of capillary

- Outward pressure

$$P_c \quad 17$$

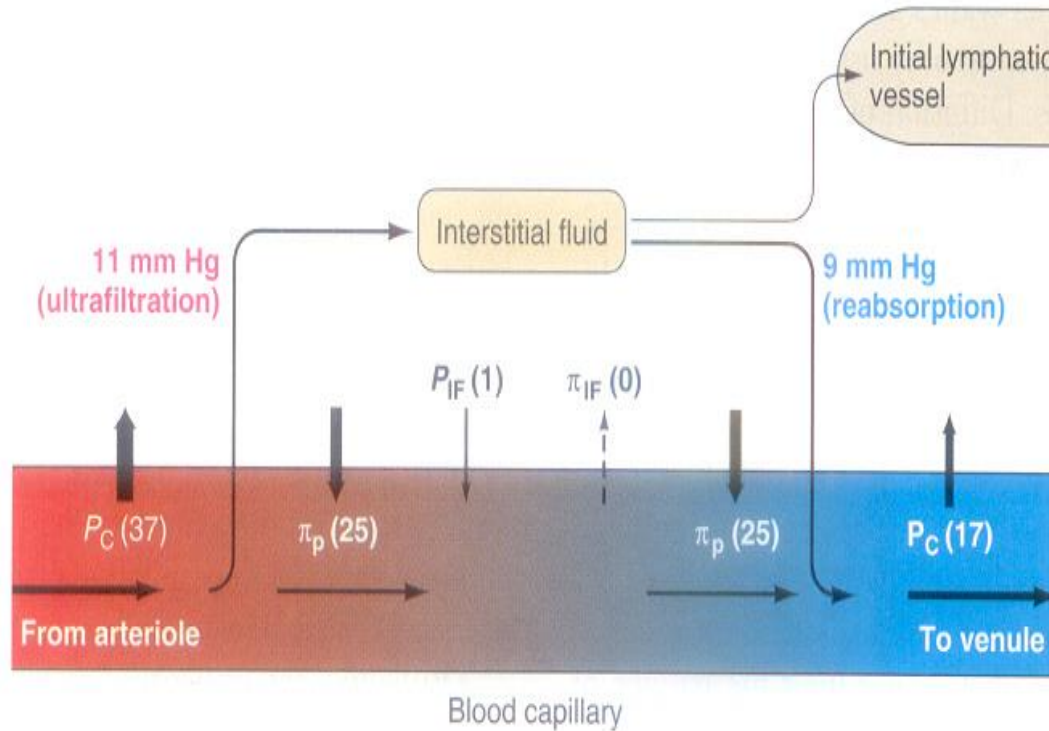
$$\pi_{IF} \quad \frac{0}{17}$$

- Inward pressure

$$\pi_p \quad 25$$

$$P_{IF} \quad \frac{1}{26}$$

Net inward pressure of 9 mm Hg = Reabsorption pressure

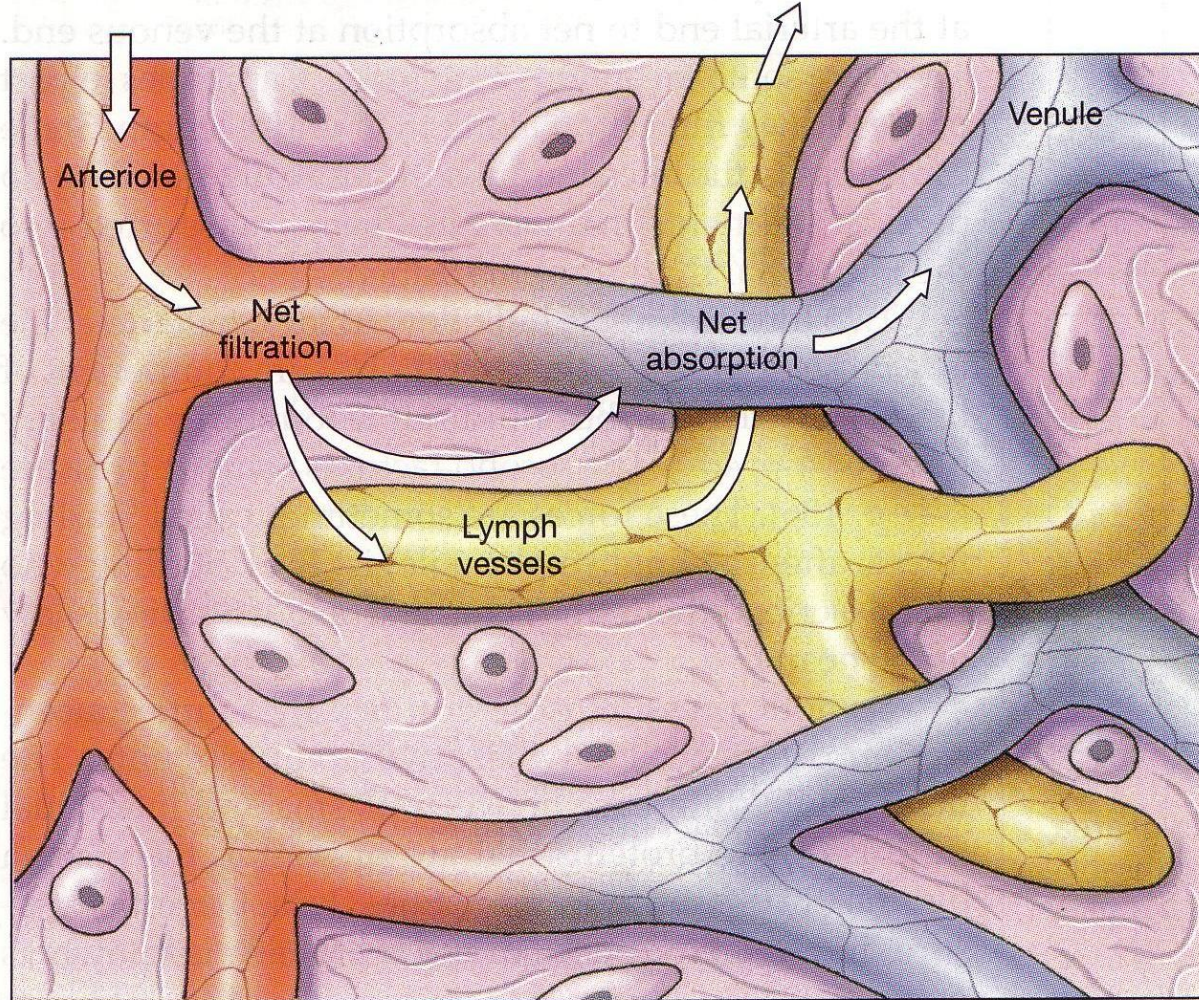


All values are given in mm Hg.

FIGURE 10.24



- **Tidak semua cair intravaskuler masuk kembali ke vena,**
 - sisa dialirkan melalui aliran getah bening
 - akhirnya dimasukkan kembali ke dlm sirkulasi darah.



Gambar 4b. NFT dan Aliran Limfatik

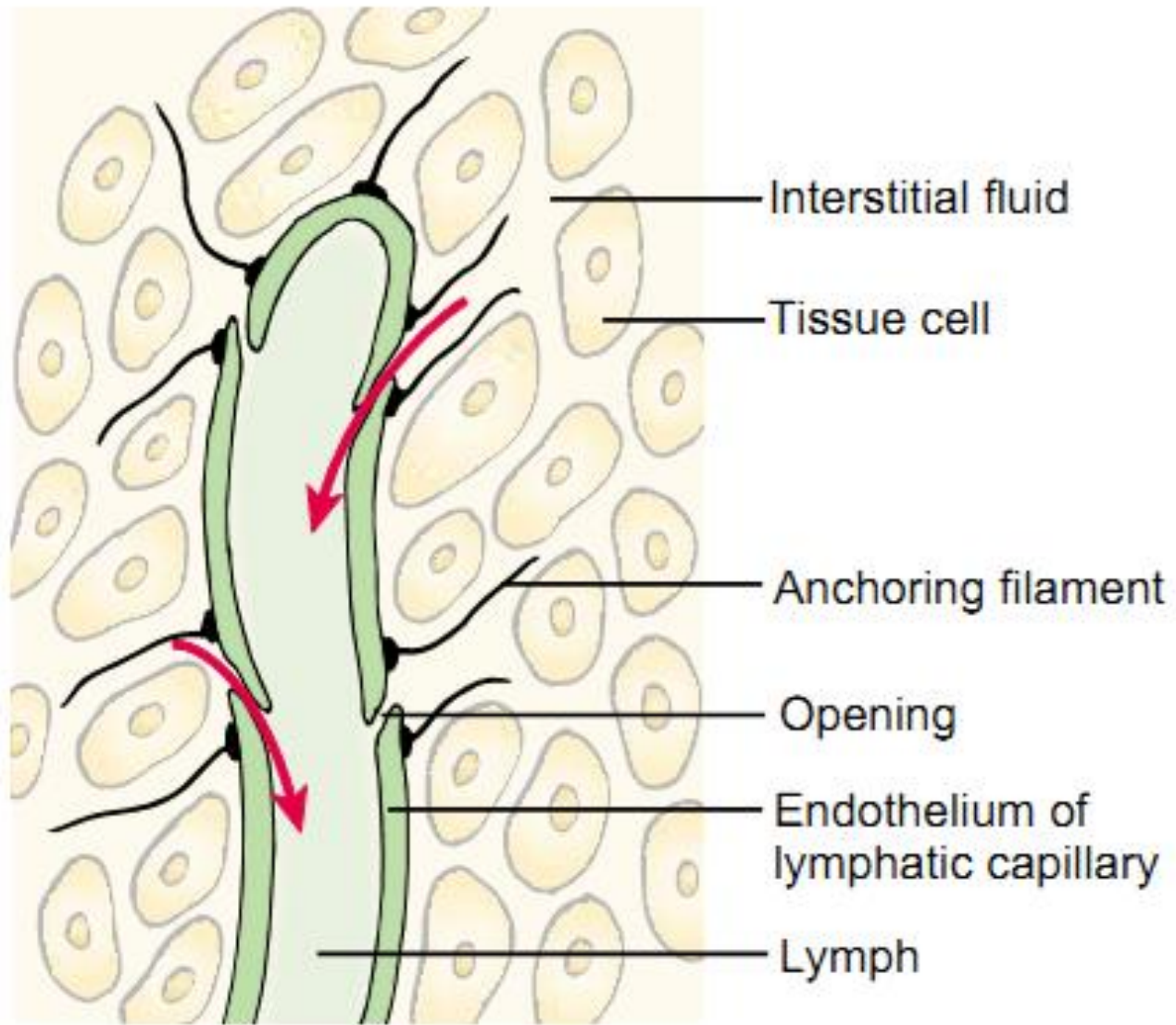
DINAMIKA PERMEABILITAS KAPILER (*STARLING FORCE*) :

1. TEKANAN HIDROSTATIK KAPILER (P_c)
2. TEKANAN HIDROSTATIK INTERSTITIAL (P_{if})
3. TEKANAN OSMOTIK CAIRAN INTRAVASKULER (π_p)
4. TEKANAN OSMOTIK CAIRAN INTERSTITIAL (π_{if})

$$NFP = (P_c - P_{if}) - (\pi_p - \pi_{if})$$

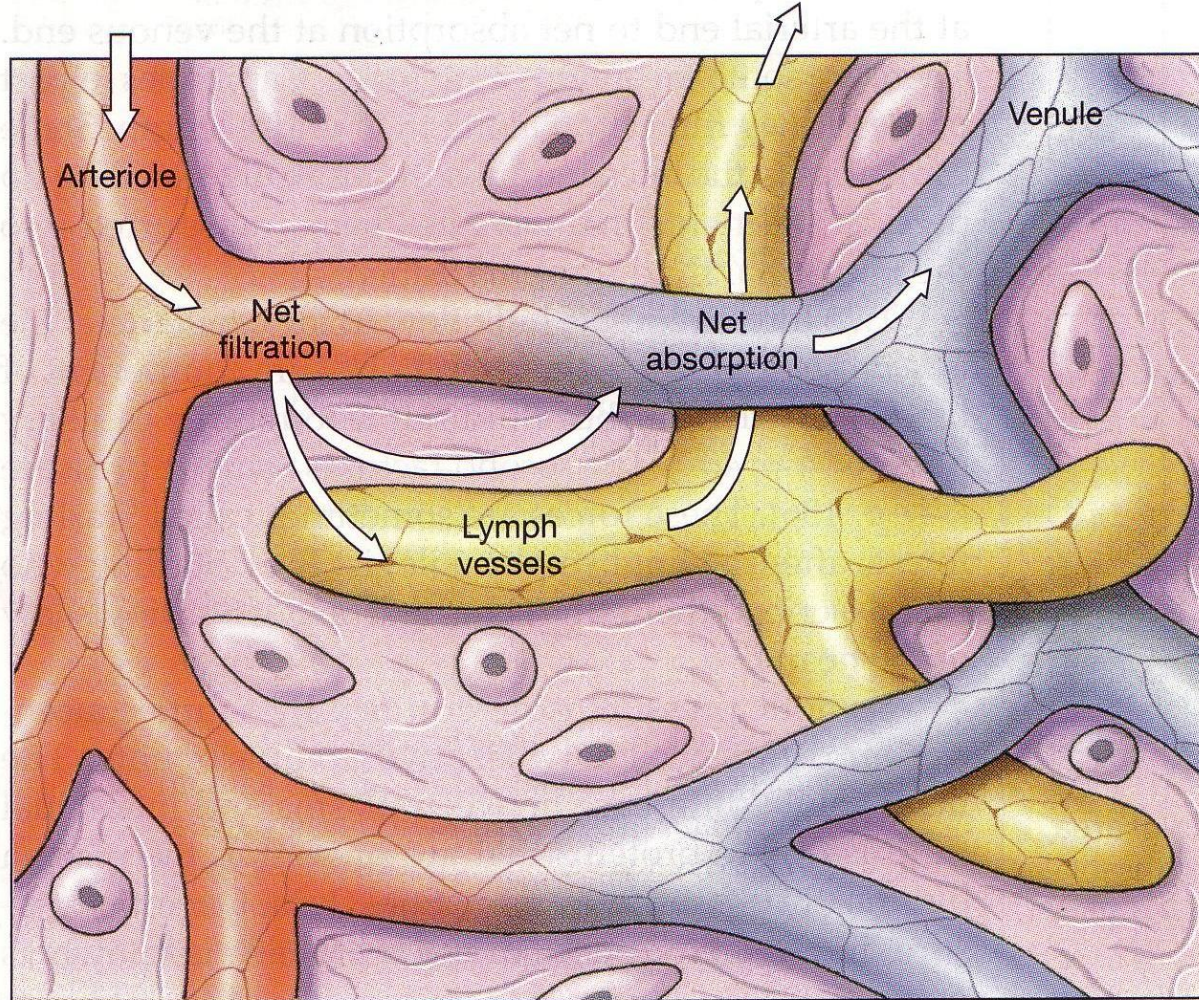
NFP = NET FILTRATION PRESSURE





■ **FIGURE 14-24** ■ Details of a lymphatic capillary.

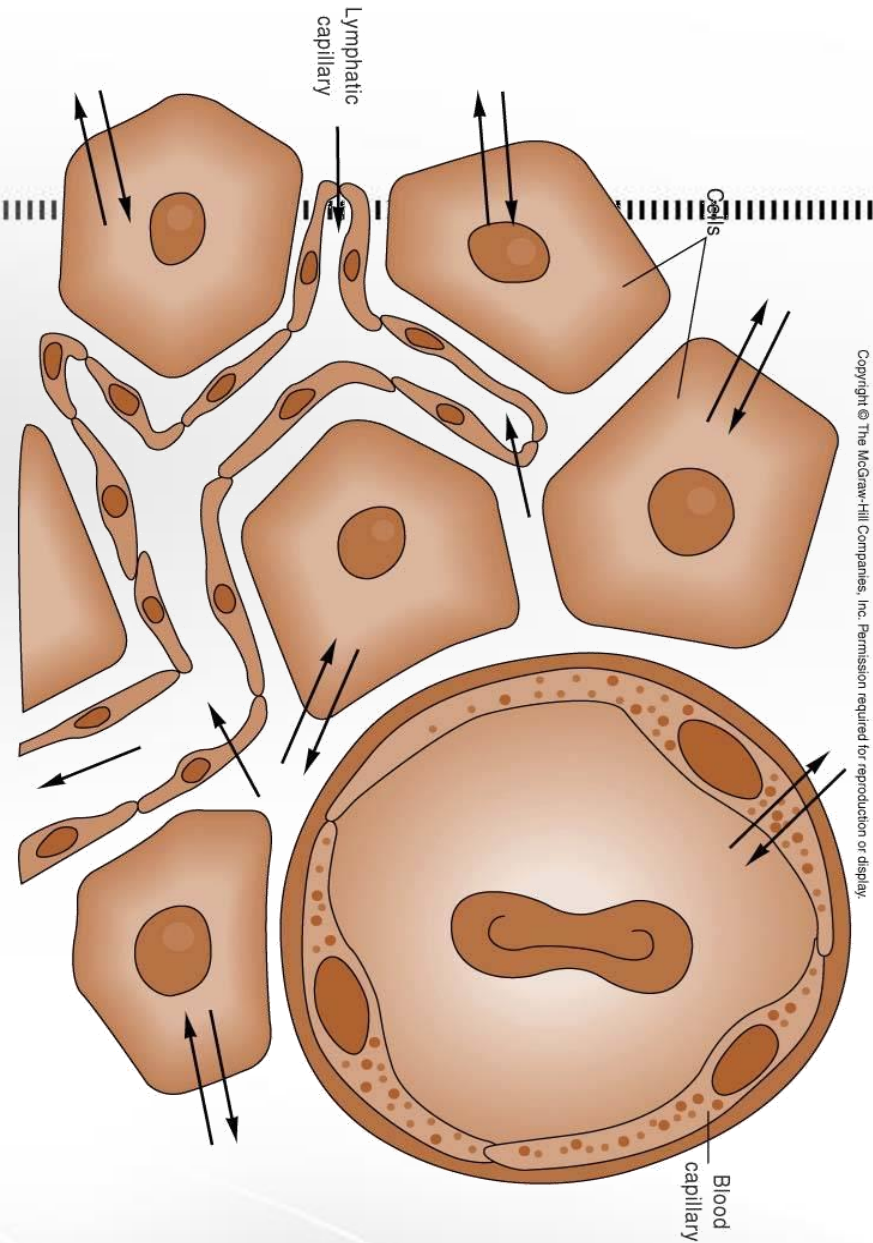
- **Tidak semua cair intravaskuler masuk kembali ke vena,**
- sisa dialirkan melalui aliran getah bening**
- akhirnya dimasukkan kembali ke dlm sirkulasi darah.**



Gambar 4b. NFT dan Aliran Limfatik

Edema

- Akibat gangguan keseimbangan air dan elektrolit
- Penyebab :
 - ↑ tekanan hidrostatik : hipertensi
 - ↑ permeabilitas kapiler : inflamasi
 - ↓ tekanan onkotik : ↓ albumin pada gangguan liver → akumulasi cairan interstitial, ↓ tekanan darah, hambatan aliran darah
 - Obstruksi limfe : pengangkatan limfe

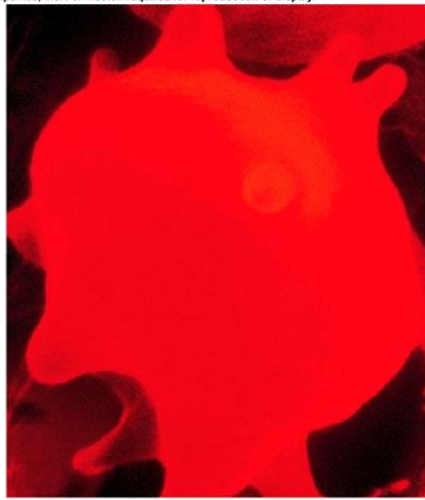


Movement of body fluids

- **Diffusion** – movement of particles down a concentration gradient.
- **Osmosis** – diffusion of water across a selectively permeable membrane
- **Active transport** – movement of particles up a concentration gradient ; requires energy



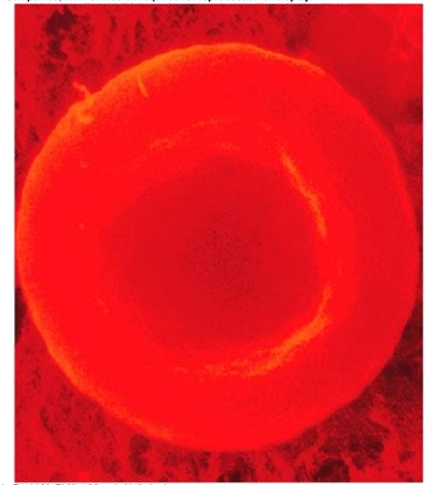
"Where sodium goes, water follows"



Copyright David M. Phillips/Visuals Unlimited

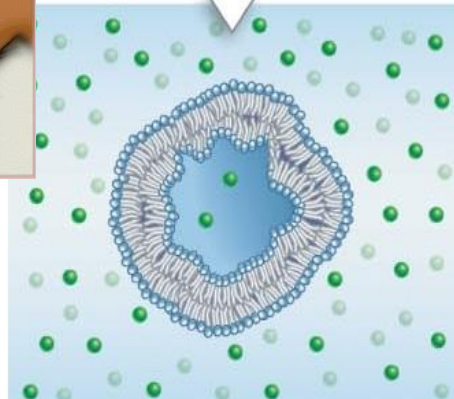
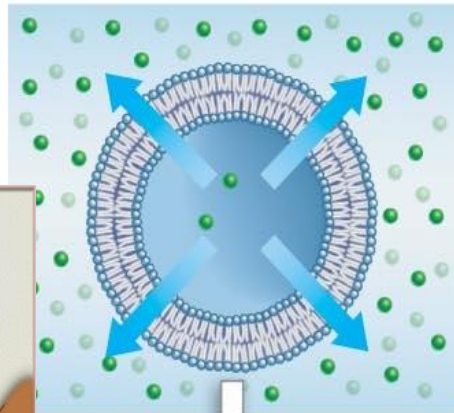
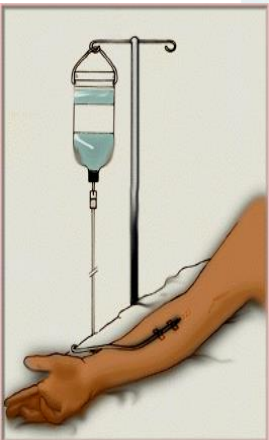


Copyright David M. Phillips/Visuals Unlimited

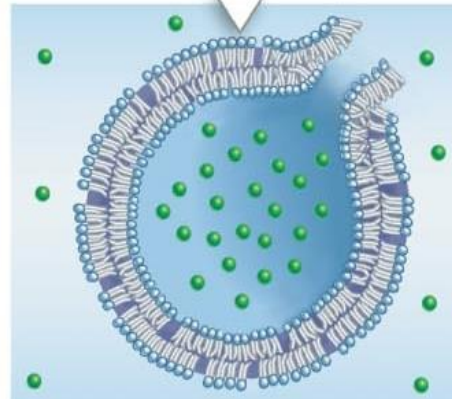
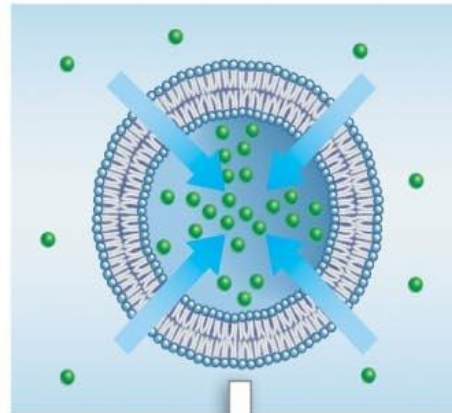


Copyright David M. Phillips/Visuals Unlimited

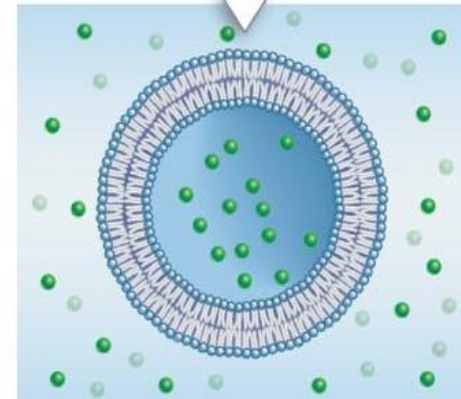
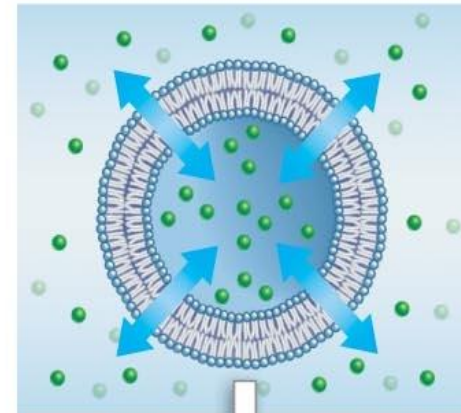
Start with: Hypertonic solution



Hypotonic solution

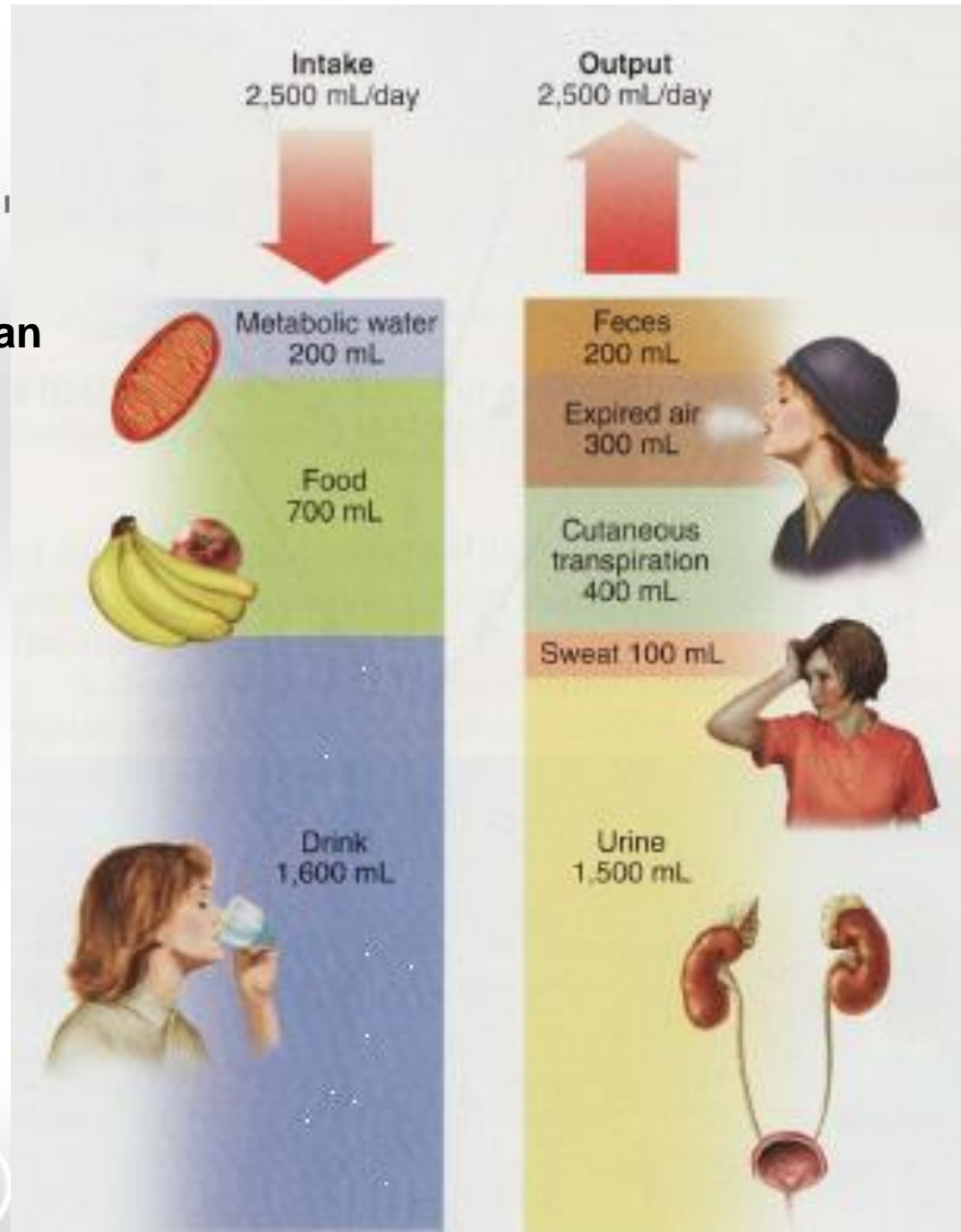


Isotonic solution



KESEIMBANGAN CAIRAN

- **Cairan Masuk:**
 - Minuman (60%) dan makanan (30%)
 - Air metabolik atau oksidasi (10%)
- **Cairan Keluar :**
 - Urine (60%) dan feces (4%)
 - *Insensible losses* (28%), keringat (8%)



Keseimbangan air harian

Pemasukan Air

- Asupan cairan : 1250 ml/hari
- H₂O dalam makanan : 1000 ml/hari
- H₂O yg diproduksi untuk metabolisme : 350 ml/hari

➤ *Total : 2600 ml/hari*

Pengeluaran Air

- Insensible loss : 900 ml/hari
- Keringat : 100 ml/hari
- Tinja : 100 ml/hari
- Urin : 1500 ml/hari

➤ *Total : 2600 ml/hari*





Volume of
water (mL)

2500

2000

1500

1000

500

WATER GAIN

Metabolic water
(200 mL)

Ingested
foods
(700 mL)

Ingested
liquids
(1600 mL)

WATER LOSS

GI tract (100 mL)

Lungs
(300 mL)

Skin
(600 mL)

Kidneys
(1500 mL)



Inputs to internal pool

Input from external environment (through ingestion, inhalation, absorption through body surface, or artificial injection)

Metabolically produced by body

(Inside body)

Storage depots within body (no function other than storage)

Internal pool (extracellular fluid concentration) of a substance

Reversible incorporation into more complex molecular structures (fulfills a specific function)



Outputs from internal pool

Excretion to external environment (through kidneys, lungs, digestive tract, or body surface, e.g., sweat, tears, sloughed skin)

Metabolically consumed in body (irretrievably altered)



Gangguan Keseimbangan Cairan

	Water and Solute	Water Only
Gain	Hipervolemia	Over hydration
 Loss	Hipovolemia	Dehydration

Mekanisme Pengaturan Keseimbangan Cairan Tubuh

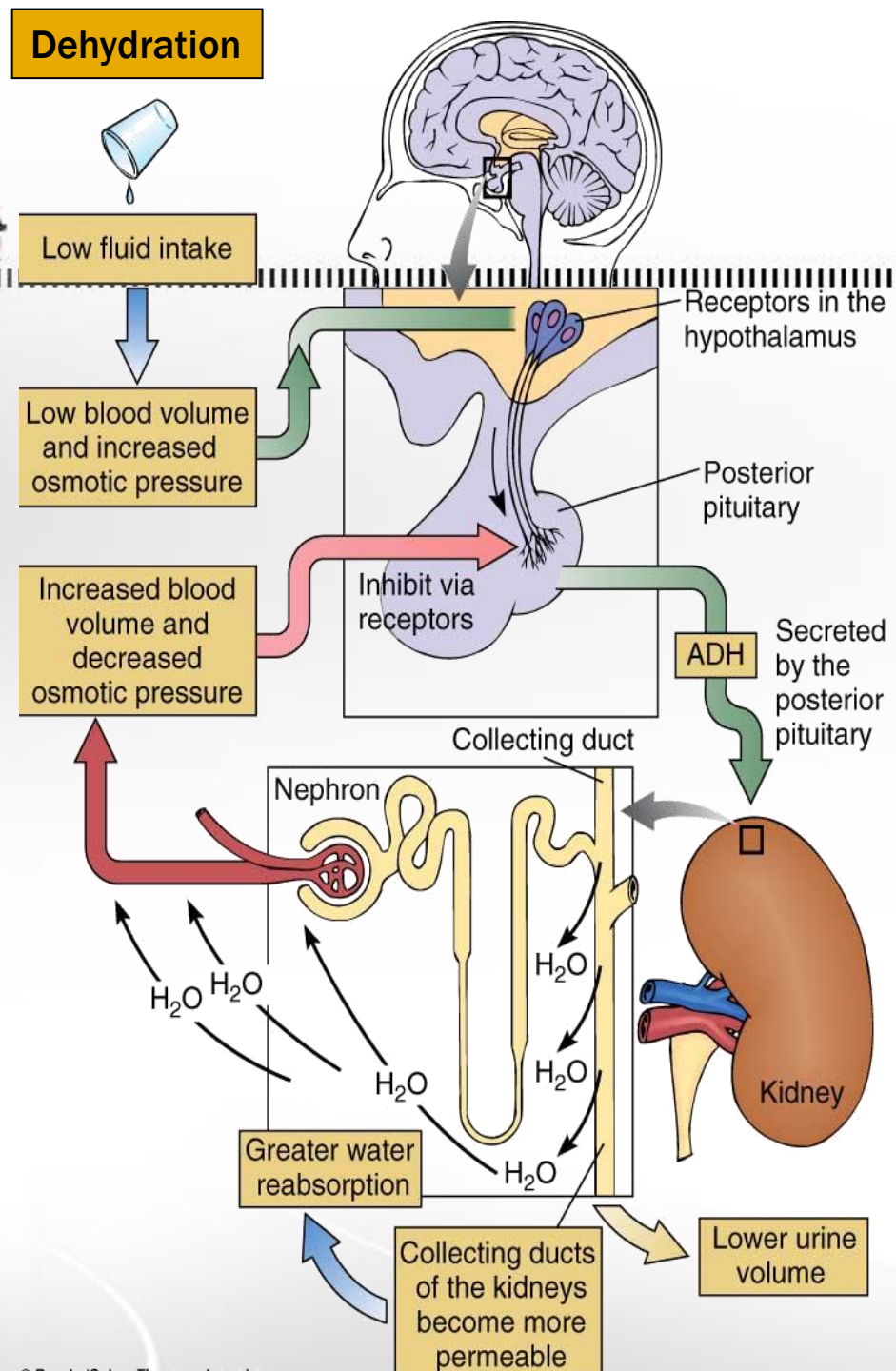
- Antidiuretic Hormon (ADH)
- Thirst mechanism
- Aldosteron
- Sympathetic Nervous System

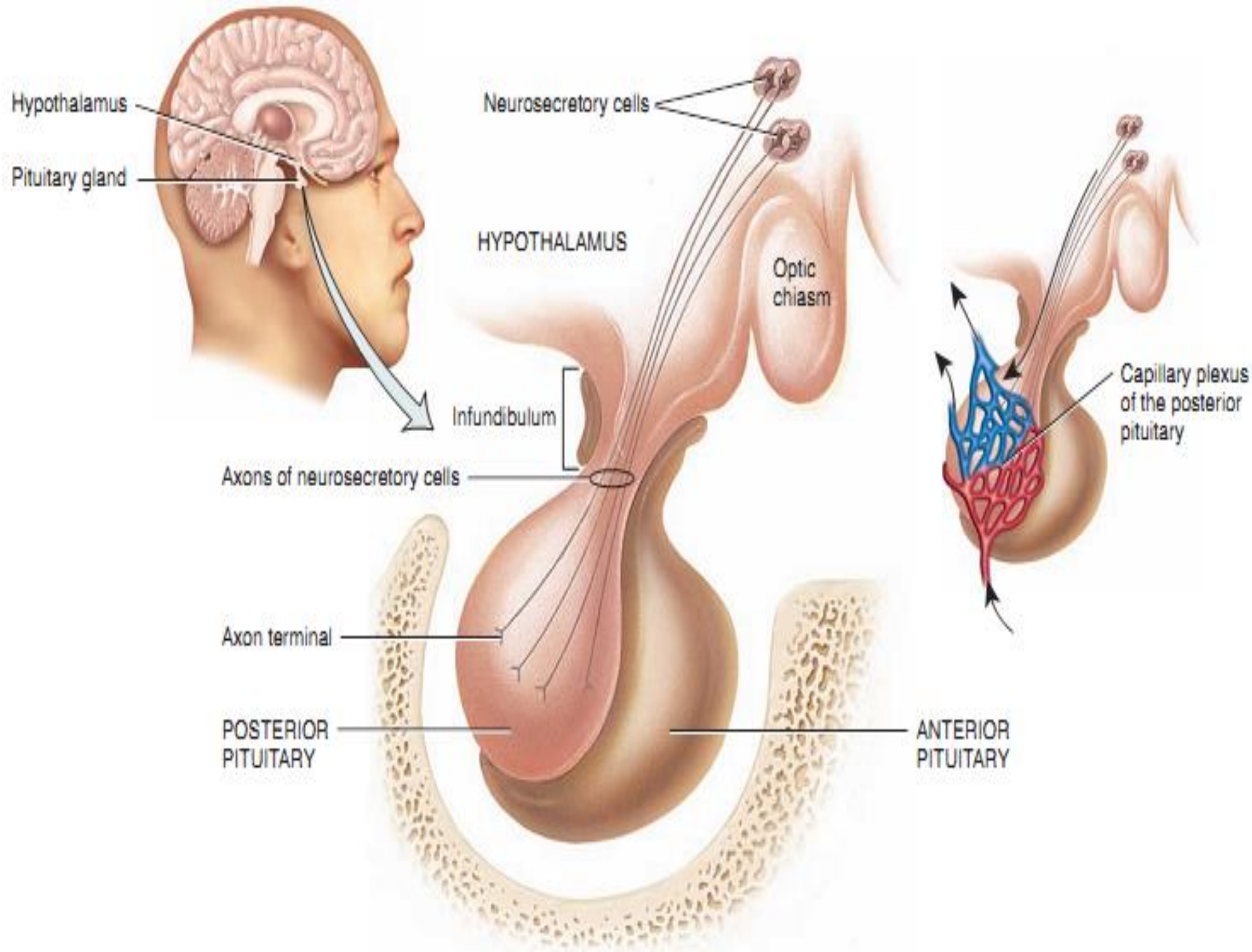


Hydration and Dehydration

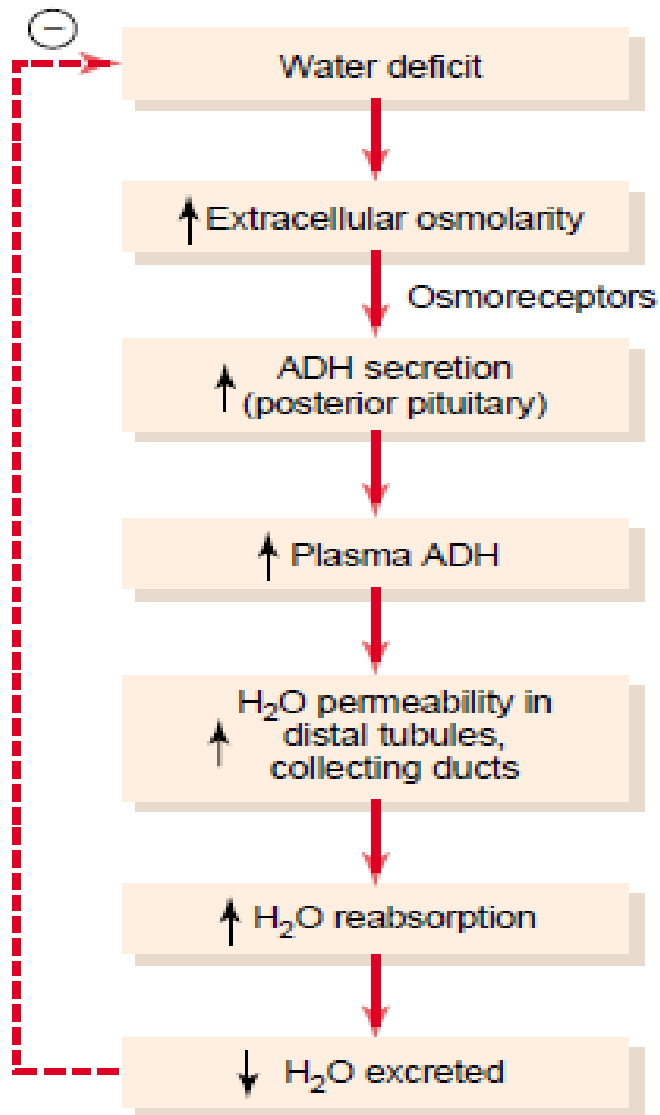


- \uparrow osmolalitas plasma \rightarrow osmoreseptor di hipotalamus \rightarrow hipofise posterior sekresi ADH \rightarrow DCT & DC ginjal (permiabel thd air) \rightarrow reabsorpsi air
 - Volume plasma \blacktriangle
 - Osmolaritas plasma \blacktriangledown
 - Volume urine \blacktriangledown
 - Osmolaritas urine \blacktriangle

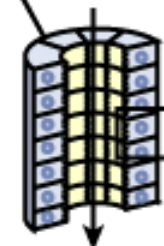




ADH merupakan salah satu factor memengaruhi reabsorpsi air



Cross-section of kidney tubule



Filtrate 300 mOsm

Collecting tubule lumen

Collecting duct cell

Medullary interstitial fluid

Vasa recta

600 mOsm

600 mOsm

700 mOsm

H₂O

H₂O

H₂O

H₂O

Exocytosis of vesicles

Storage vesicles

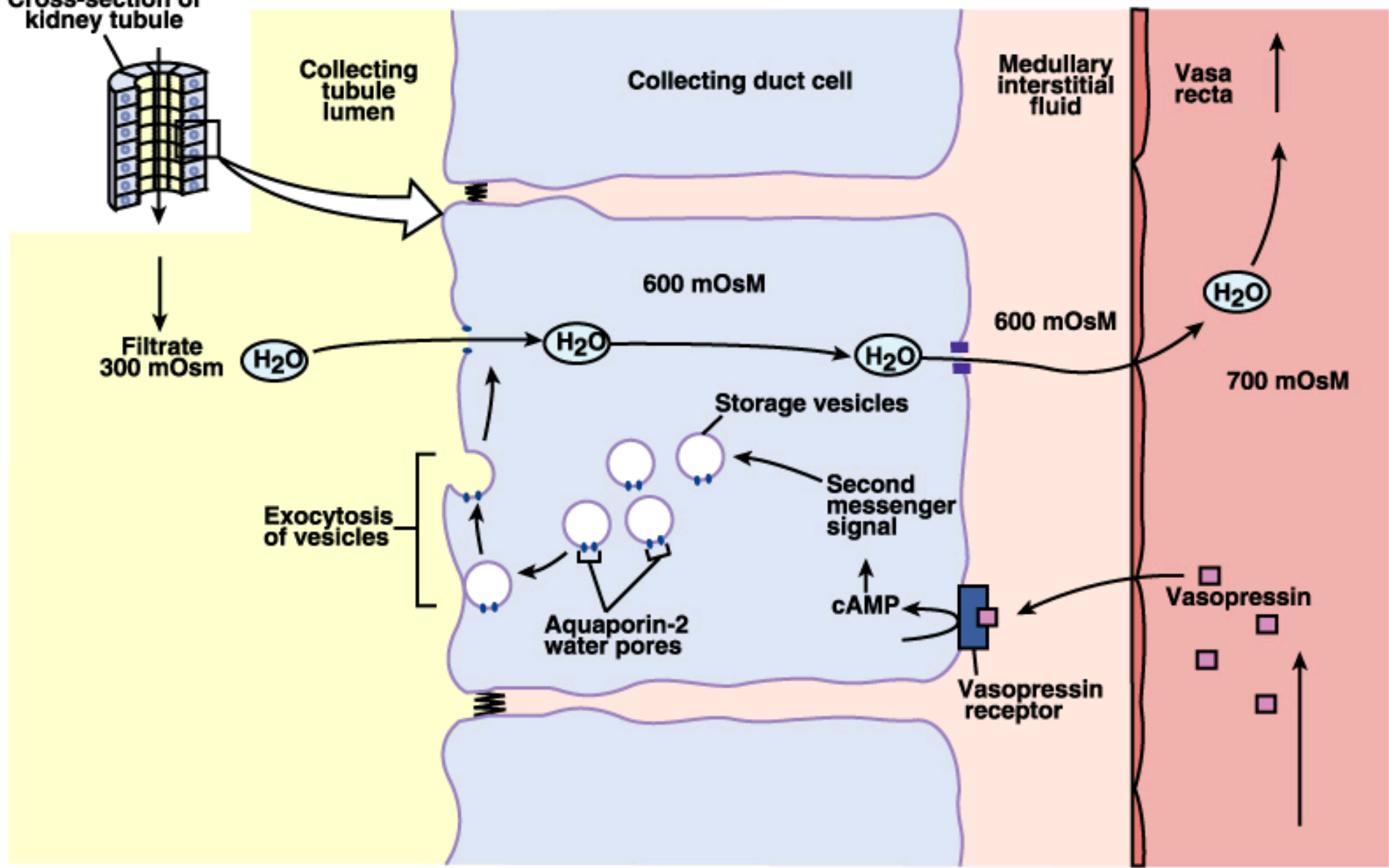
Second messenger signal

cAMP

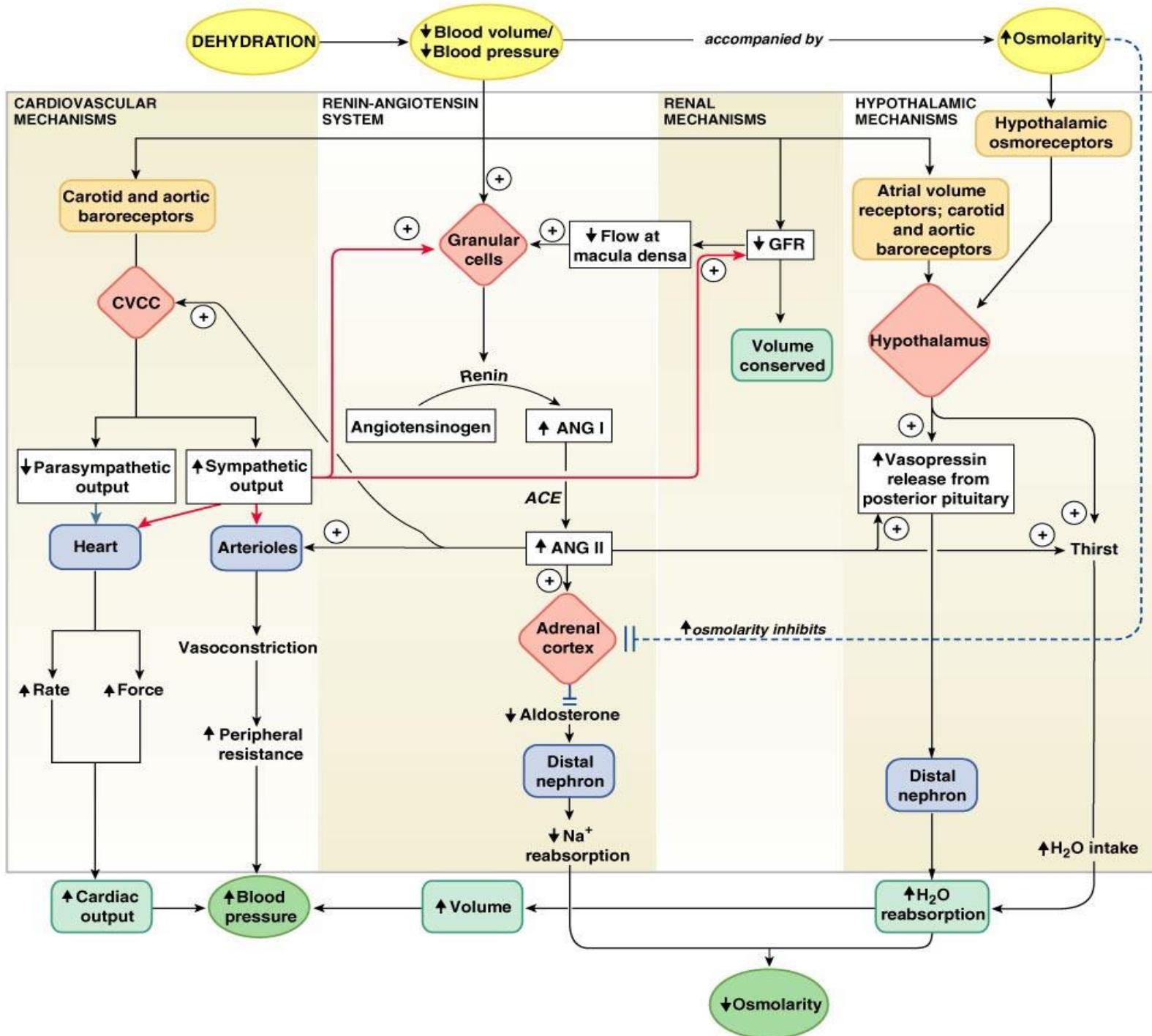
Aquaporin-2 water pores

Vasopressin receptor

Vasopressin

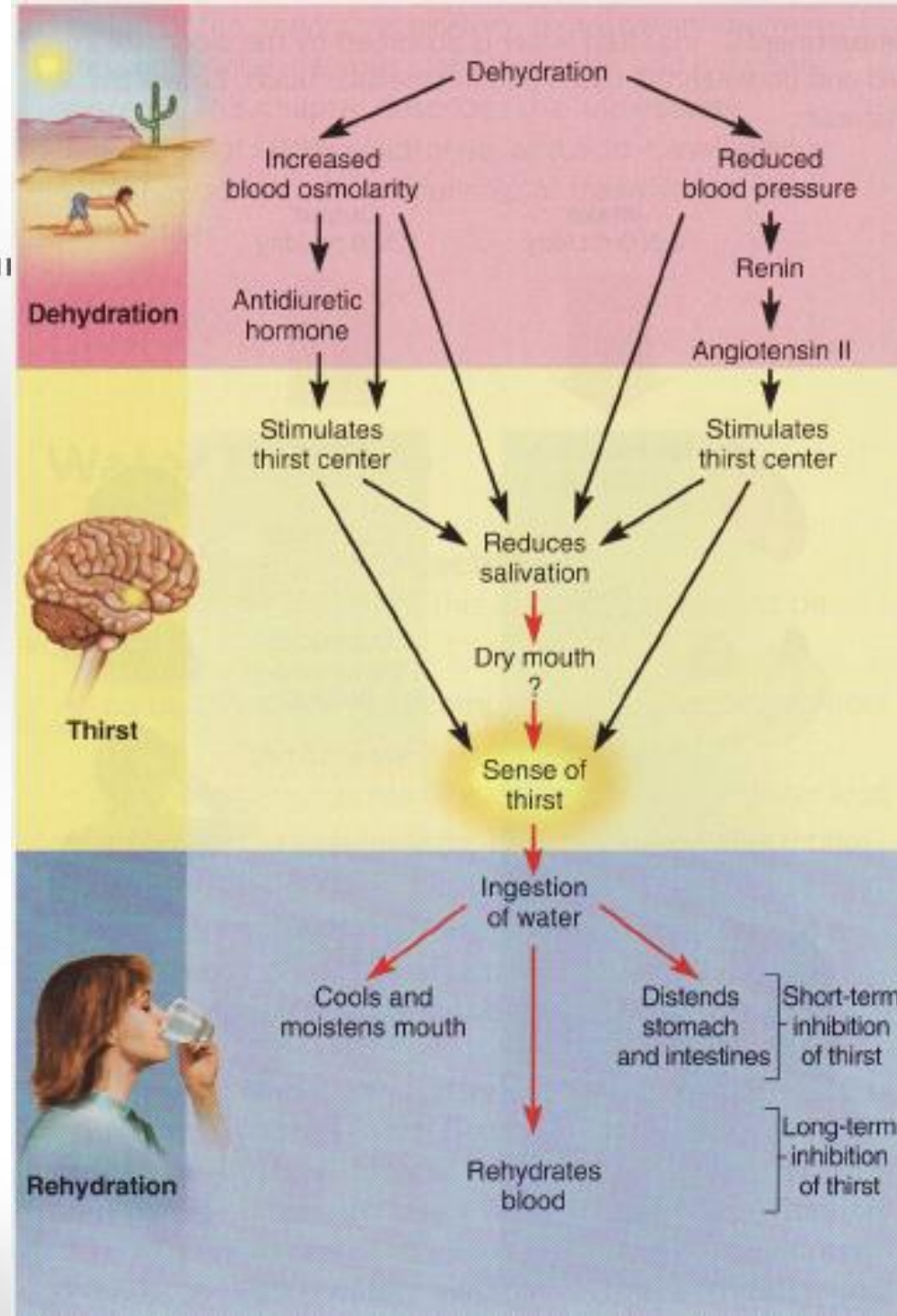


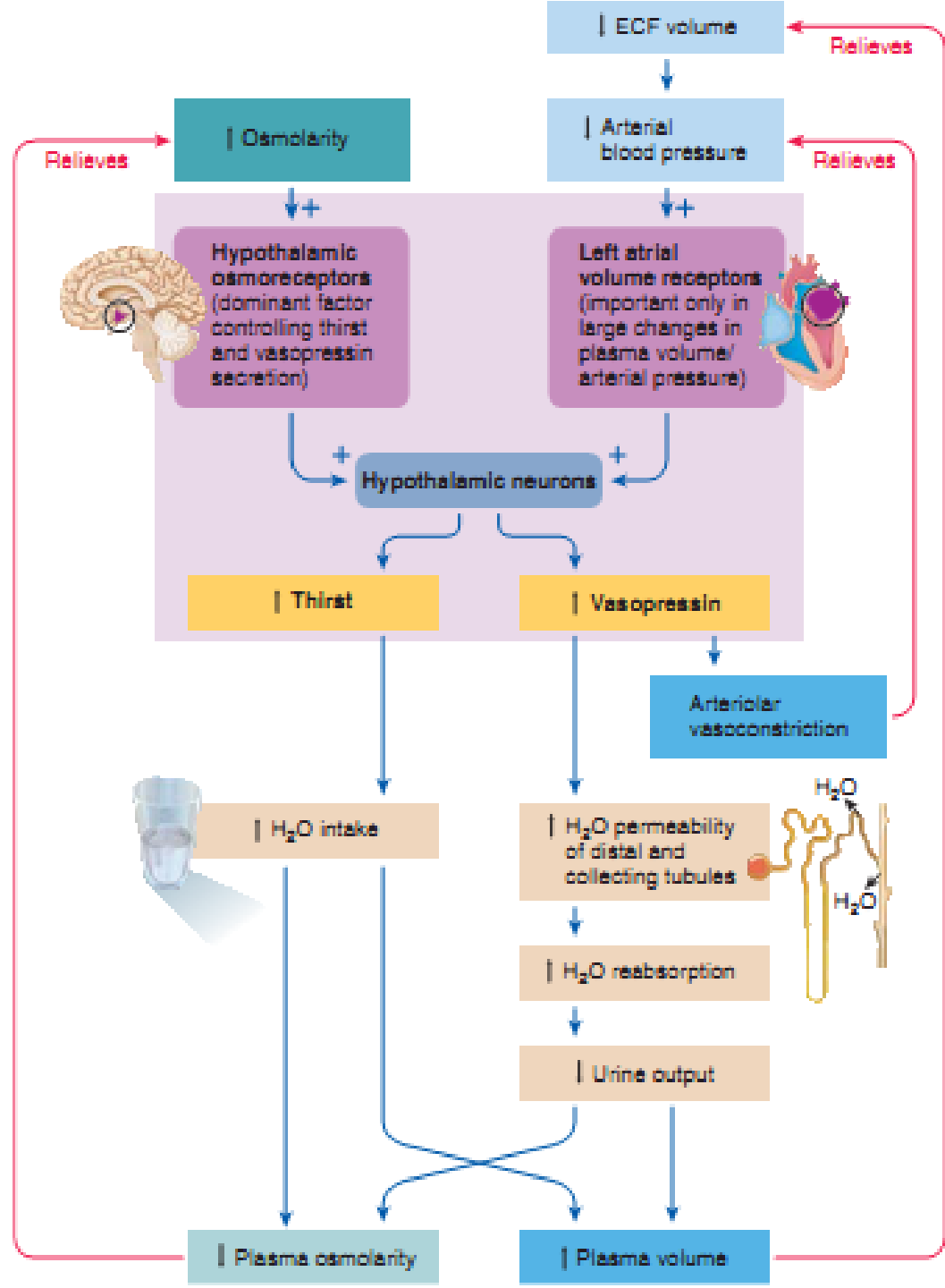
HOMEOSTASIS: SEVERE DEHYDRATION



Mekanisme Haus

- Mulut dan faring kering → pusat haus hipotalamus
- ↑ osmolalitas plasma → osmoreseptor hipotalamus
- ↓ volume & tekanan darah → renin → angiotensin II → pusat haus hipotalamus





Kontrol Pemasukan Air oleh Rasa Haus

Rasa haus: sensasi subjektif yang mendorong menelan H₂O. Pusat haus terletak di hipotalamus dekat dengan sel penghasil vasopressin. Sekresi vasopressin dan rasa haus umumnya dipicu secara bersamaan.

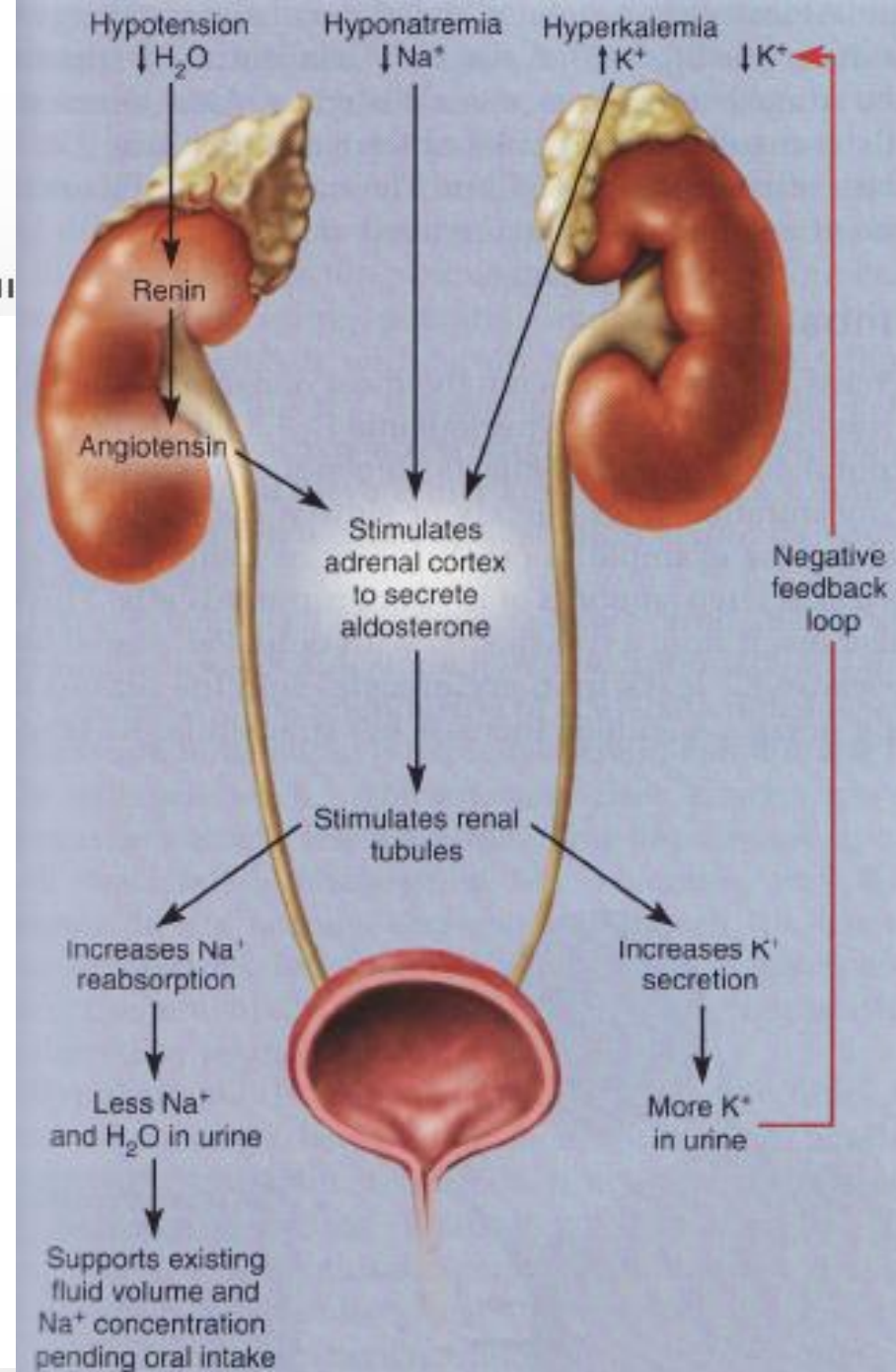


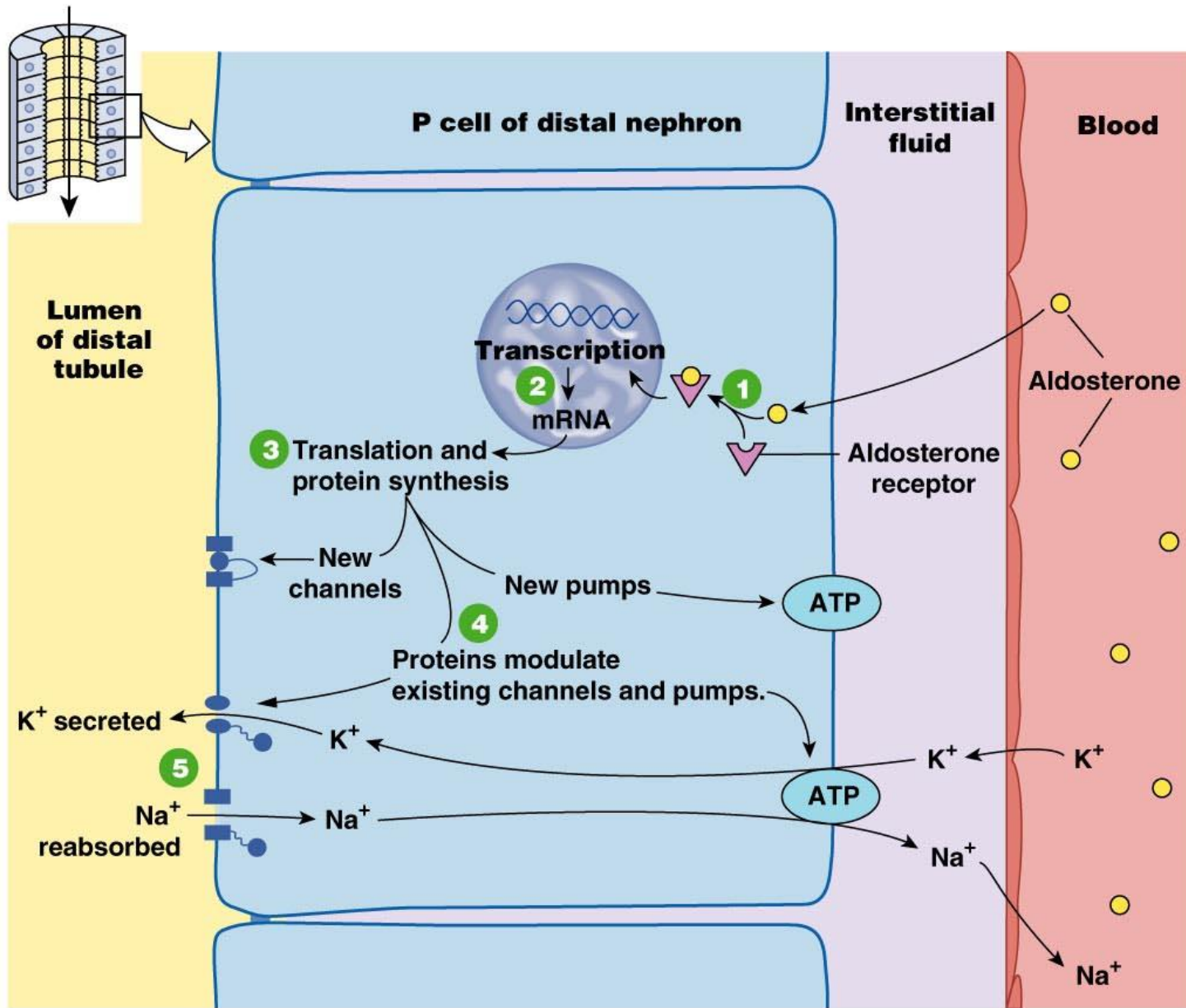
Peran Osmoreseptor Hipotalamus

↑ osmolaritas (H₂O terlalu sedikit) → sekresi vasopressin dan rasa haus ditambahkan → reabsorpsi H₂O di tubulus distal dan koligenes → pengeluaran urin berkurang & H₂O dihemat → asupan H₂O secara bersamaan dirangsang

Peranan Aldosteron

- Hypovolemia \rightarrow \downarrow Tekanan darah \rightarrow sel JG \rightarrow renin
- Angiotensin II \rightarrow cortex adrenal \rightarrow aldosteron \rightarrow DCT & DC \rightarrow Na^+/K^+ ATPase activity \uparrow \rightarrow K^+ secretion \uparrow , Reabsorpsi Na & air \uparrow \leftarrow stabilisasi volume & tekanan darah hingga air dikonsumsi

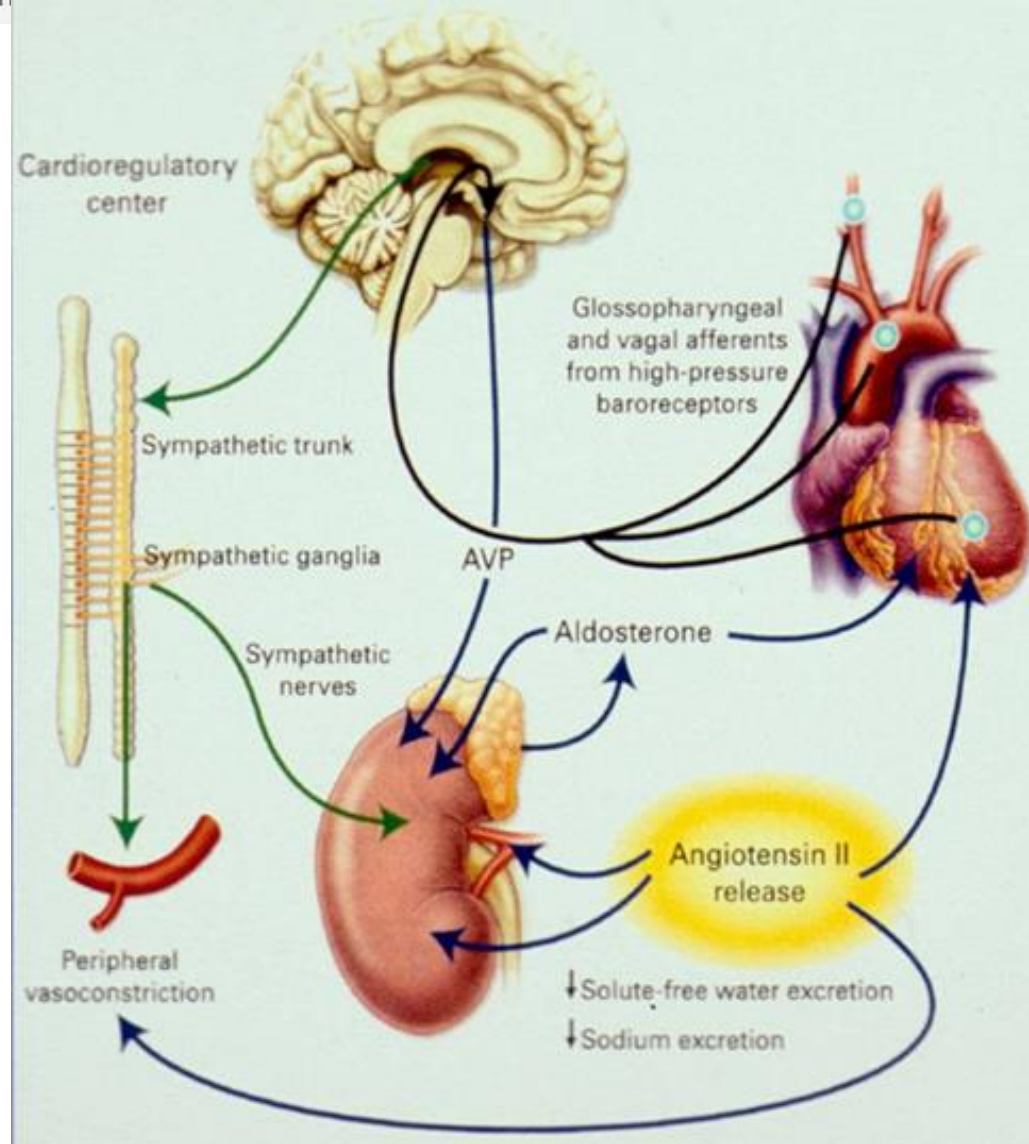




- 1** Aldosterone combines with a cytoplasmic receptor.
- 2** Hormone-receptor complex initiates transcription in the nucleus.
- 3** New protein channels and pumps are made.
- 4** Aldosterone-induced proteins modify existing proteins.
- 5** Result is increased Na⁺ reabsorption and K⁺ secretion.

Sympathetic Nervous System

- Hypovolemia \rightarrow \downarrow TD
 \rightarrow baroreseptor di arcus aorta, arteri karotis \rightarrow batang otak
 \rightarrow \uparrow impuls simpatis ke ginjal
 - Kontriksi arteriol \rightarrow \downarrow GFR \rightarrow \downarrow urine
 - Renin \rightarrow aldosteron \rightarrow \uparrow reabsorpsi Na
- Intake cairan \rightarrow \downarrow stimulasi baroreseptor



Summary of Factors That Maintain Body Water Balance

FACTOR	MECHANISM	EFFECT
Thirst center in hypothalamus	Stimulates desire to drink fluids.	Water gained if thirst is quenched.
Angiotensin II	Stimulates secretion of aldosterone.	Reduces loss of water in urine.
Aldosterone	By promoting urinary reabsorption of Na^+ and Cl^- , increases water reabsorption via osmosis.	Reduces loss of water in urine.
Atrial natriuretic peptide (ANP)	Promotes natriuresis, elevated urinary excretion of Na^+ (and Cl^-), accompanied by water.	Increases loss of water in urine.
Antidiuretic hormone (ADH), also known as vasopressin	Promotes insertion of water-channel proteins (aquaporin-2) into apical membranes of principal cells in collecting ducts of kidneys. As a result, water permeability of these cells increases and more water is reabsorbed.	Reduces loss of water in urine.



Peran Reseptor Volume Atrium-Kiri

→ memantau tekanan darah yang mengalir yang mencerminkan volume CES.

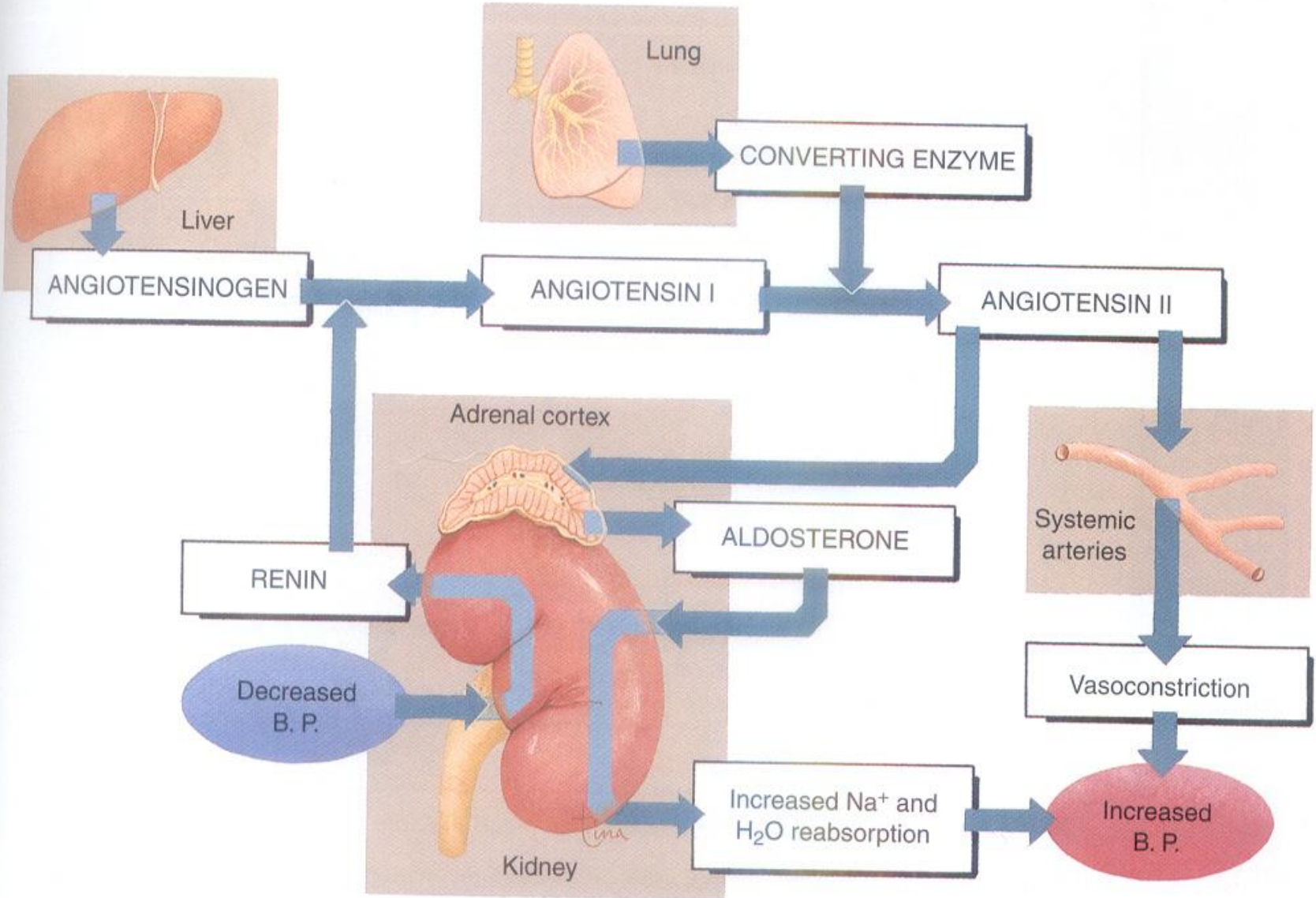
Tekanan darah arteri & volume CES/plasma ↑, rasa haus dan sekresi vasopressin dihambat. Penekanan asupan H₂O, disertai oleh eliminasi kelebihan volume CES/plasma melalui urin → memulihkan tekanan darah kembali normal



Peran Angiotensin II

angiotensin II → merangsang sekresi aldosteron + bekerja langsung pada otak untuk menimbulkan rasa haus dan merangsang vasopressin untuk meningkatkan reabsorpsi H₂O di ginjal

volume CES → memicu sistem rennin-angiotensin-aldosteron



Overview of Movement Across Membranes

ENERGY REQUIREMENTS

Requires no energy other than that of molecular motion

Diffusion

Simple diffusion

Facilitated diffusion

Molecule goes through lipid bilayer

Secondary active transport

Mediated transport requires a membrane protein

Requires energy from ATP

Primary active transport

creates concentration gradient for

Endocytosis

Exocytosis

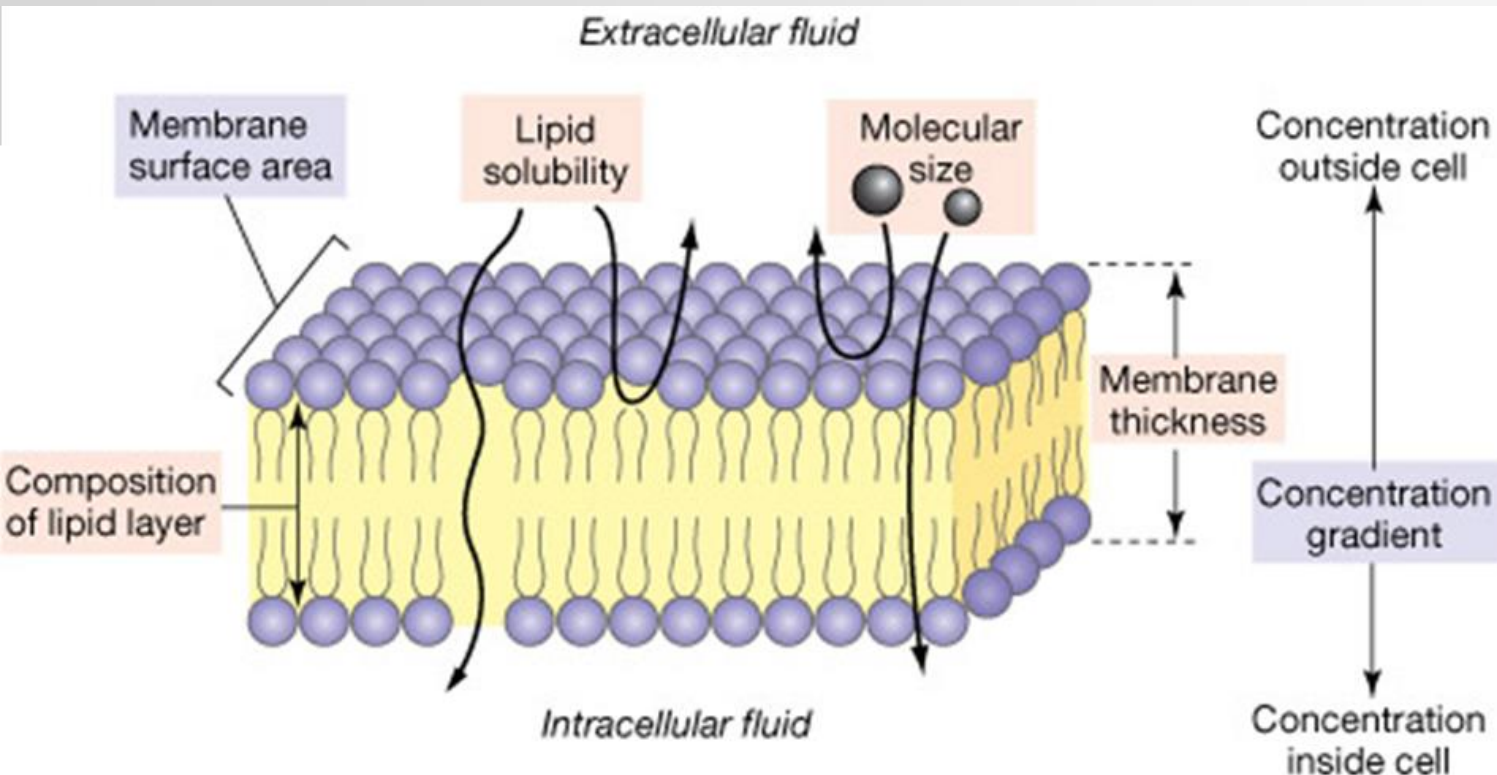
Phagocytosis

Uses a membrane-bound vesicle

PHYSICAL REQUIREMENTS

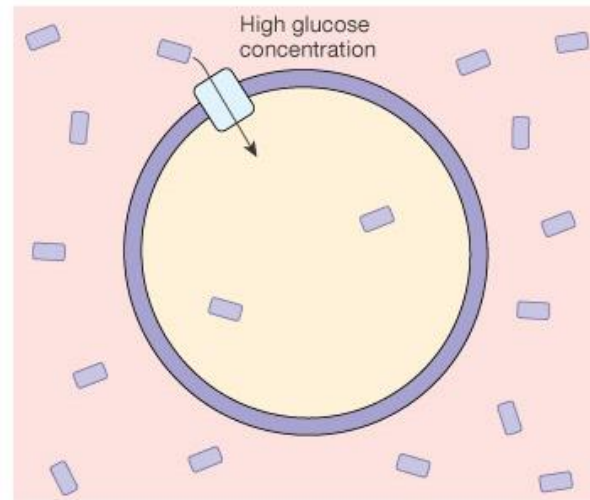
Diffusion

- Passive & down a concentration gradient
- Stops at equilibrium
- Rate factors: membrane, temperature, distance, & size

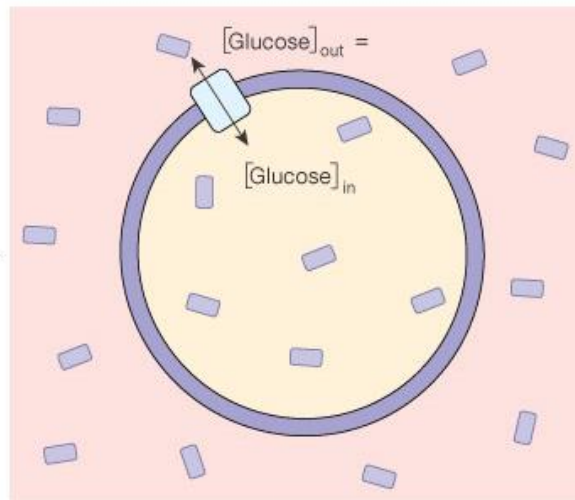
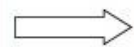


Facilitated Diffusion

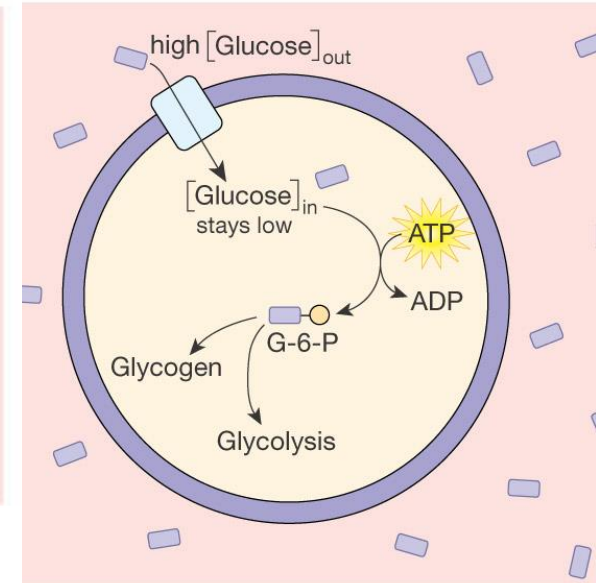
- Uses transport proteins
- Passive Diffusion to Equilibrium



Facilitated diffusion brings glucose into the cell down its concentration gradient.

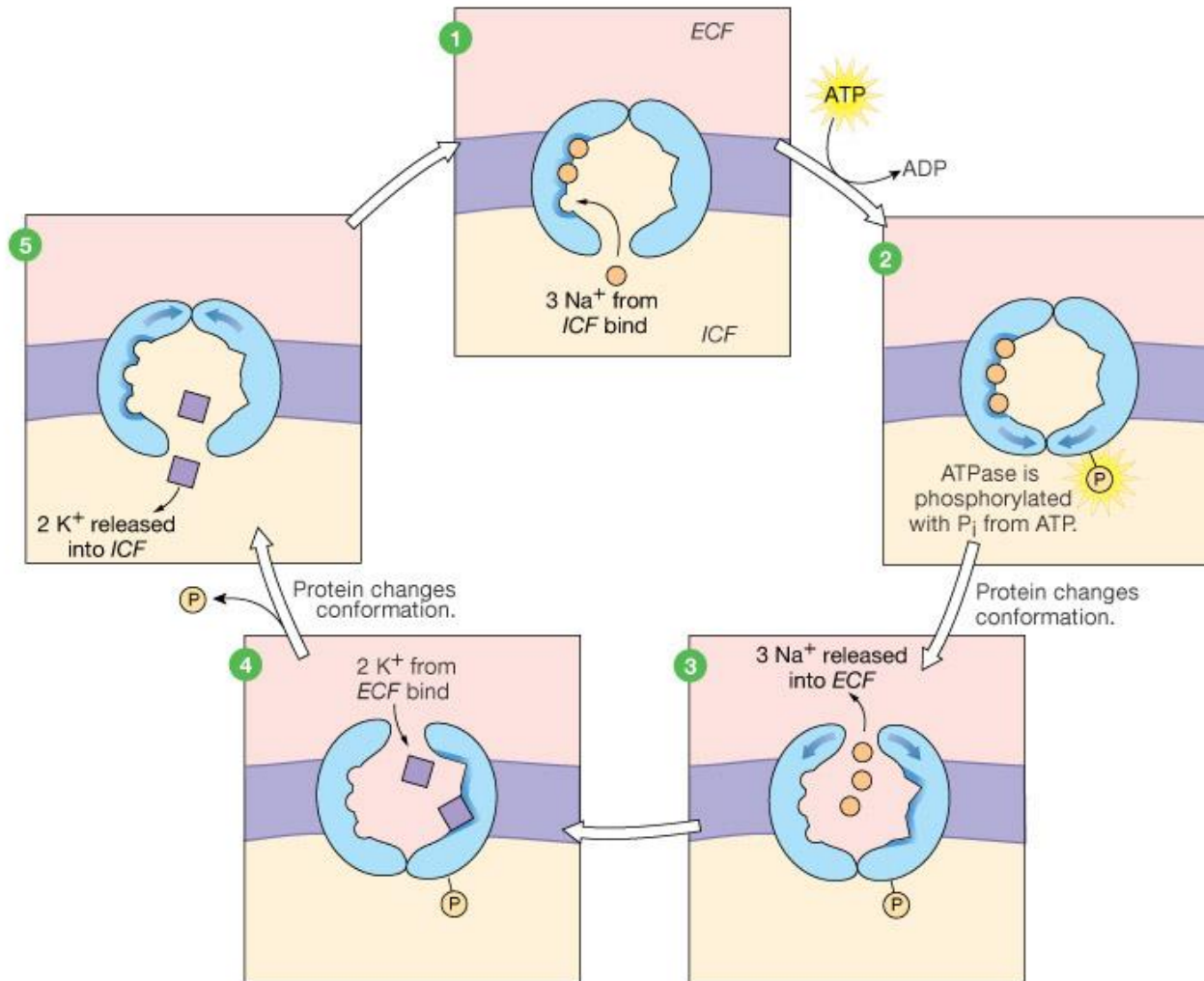


Diffusion stops at equilibrium, when the glucose concentration inside and outside the cell is equal.



Primary Active Transport: Pumps Products

- Uses ATP to move products
- Up a concentration gradient



Secondary Active Transport: Uses Kinetic Energy of [ion]

- Co transports
- [Ion] restored
 - using ATP

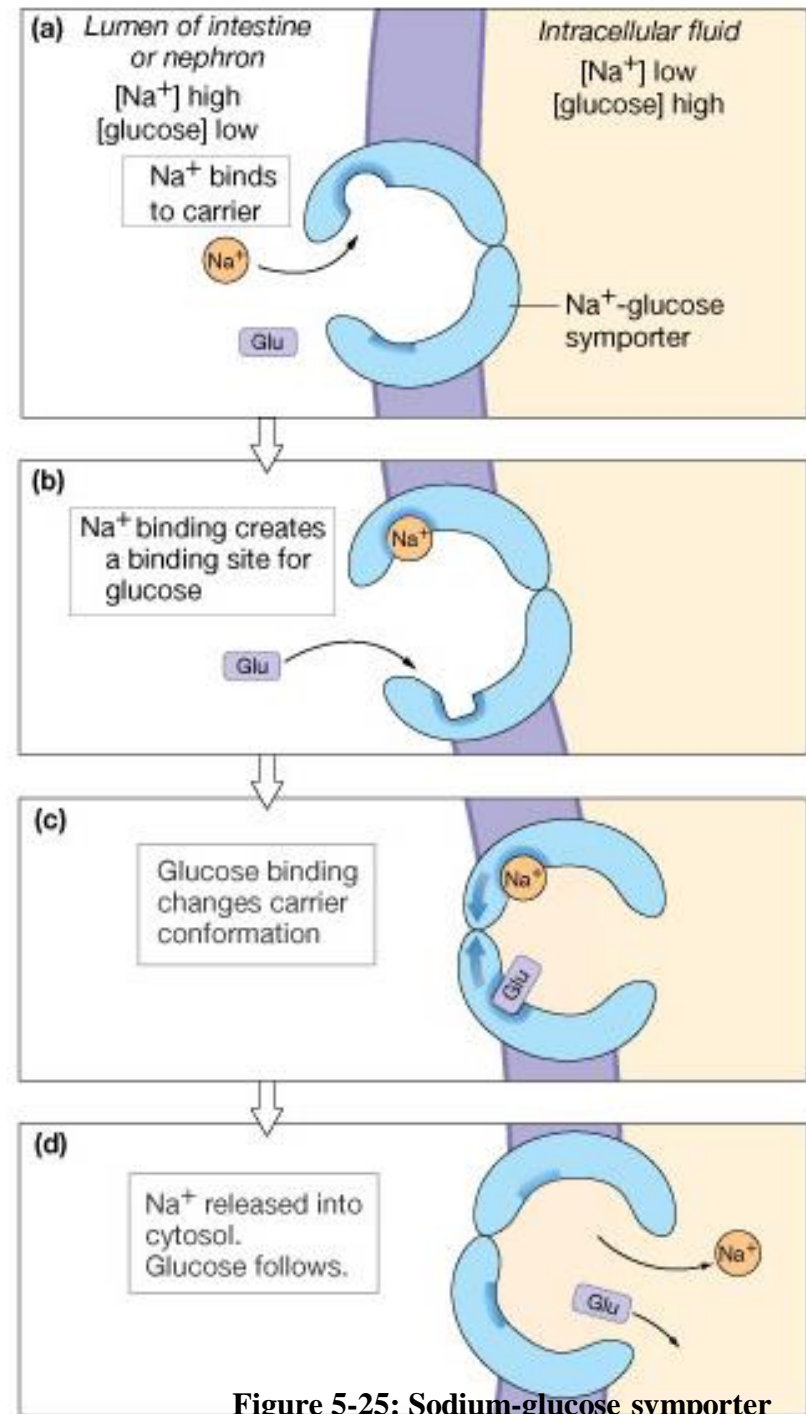


Figure 5-25: Sodium-glucose symporter

Vesicles in Membrane Transport

- Move particles , Large molecules
- Phagosome, Phagocytes
- Endocytosis and Exocytosis: VacuoleTransport
 - Pinocytosis: non-selective
 - Receptor mediated: specific substrate



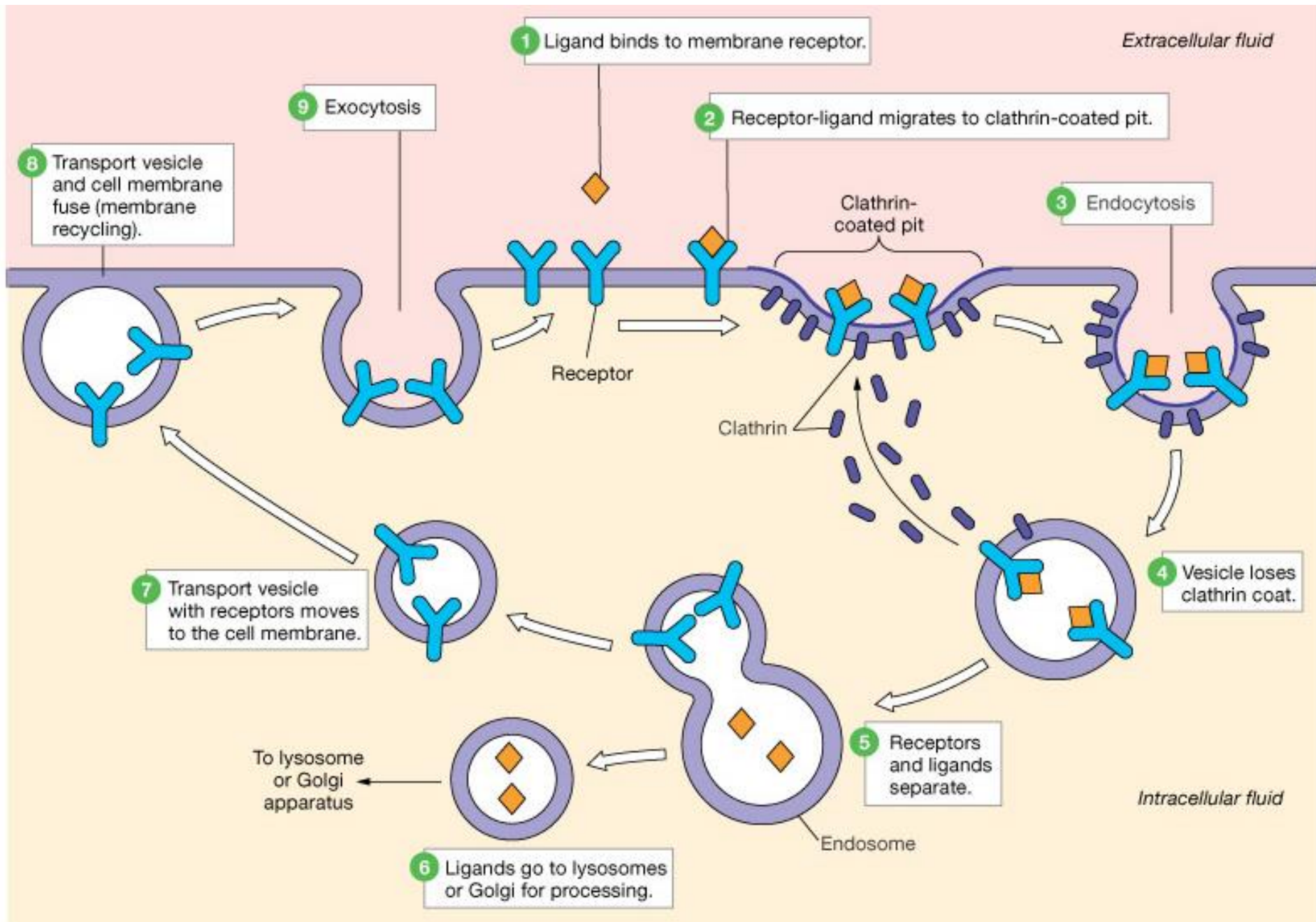
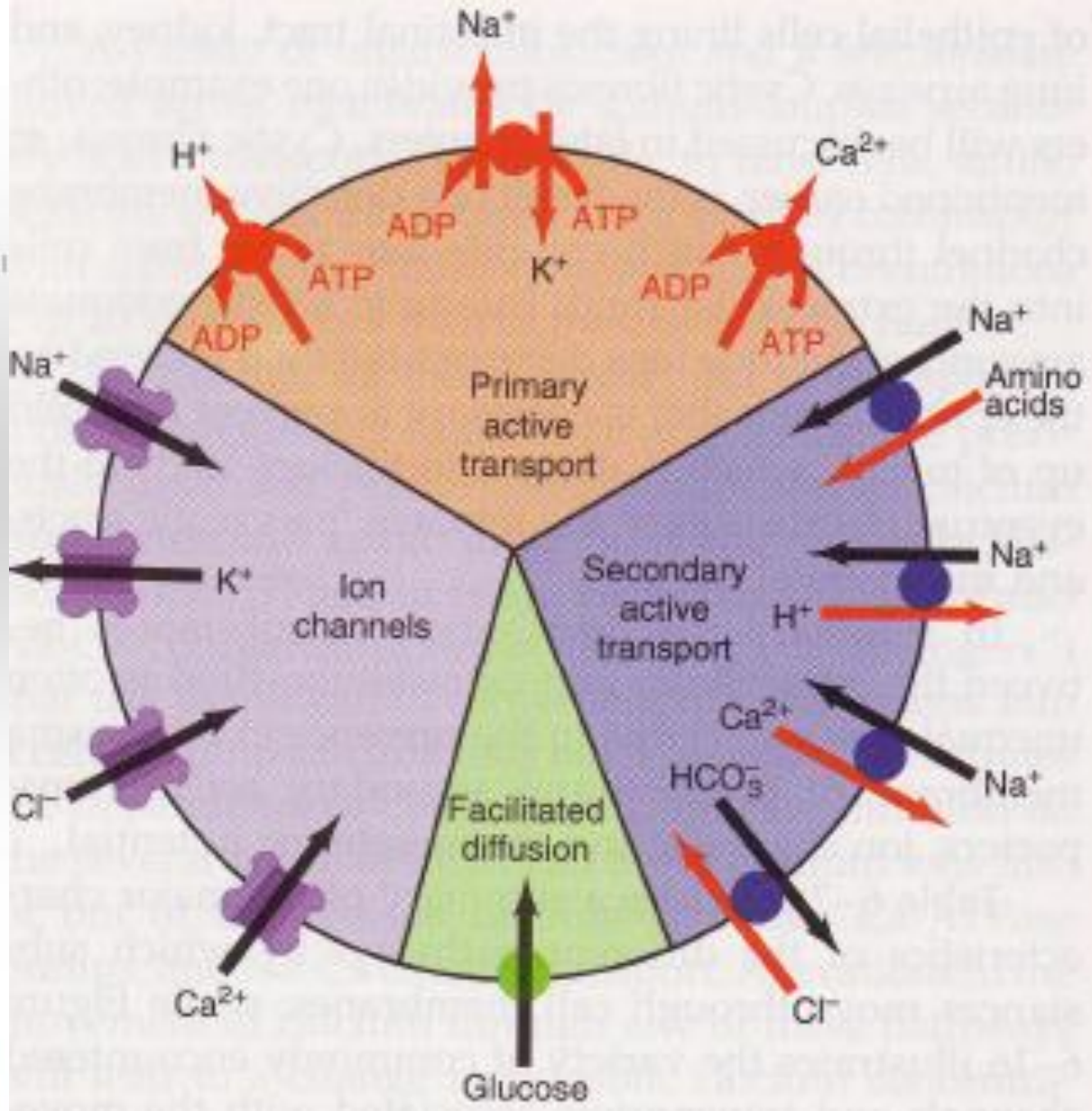


Figure 5-28: Receptor-mediated endocytosis and exocytosis

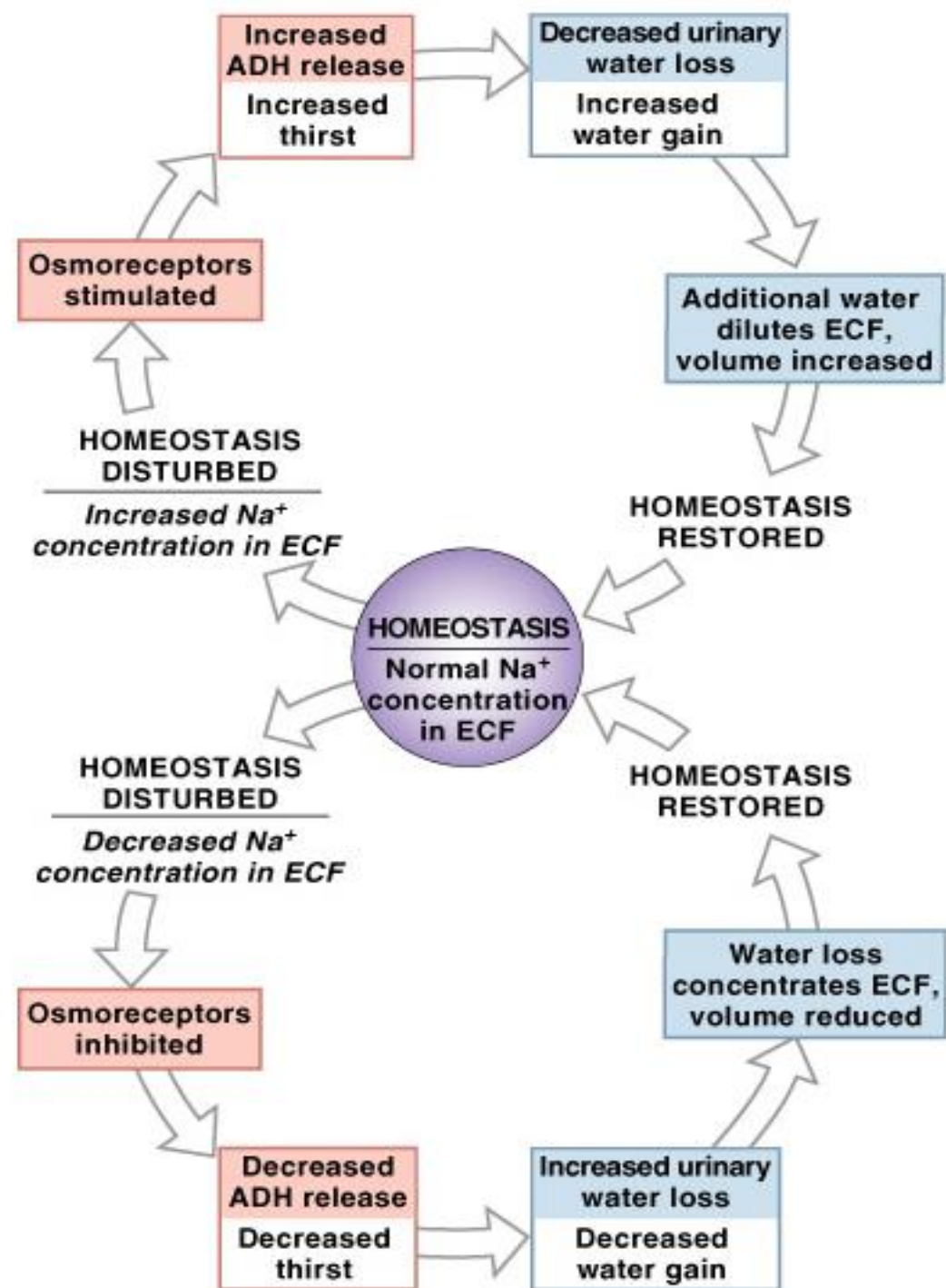


Movement of different solutes across cell membrane



Keseimbangan Elektrolit

- Sodium memegang posisi sentral dalam cairan dan keseimbangan Elektrolit
- 90-95% zat terlarut di dalam CES (kation terbesar CES)
- kontribusi 280 mOsm dari 300 mOsm konsentrasi zat terlarut di CES
- satu-satunya kation yang menimbulkan tekanan osmotik



Regulasi Keseimbangan Na⁺

- 65% sodium di dalam filtrat direabsorpsi di PCT; 25% di Ansa Henle
- Kadar normal 136 – 145 mEq/L
- Dipengaruhi oleh :
 - ADH meningkatkan absorpsi air di DCT
 - Aldosteron meningkatkan reabsorpsi Na di DCT
 - ANP (respon dari regangan atrium $\leftarrow \uparrow$ TD) meningkatkan eksresi Na dan air, menghambat produksi angiotensi II
 - **Estrogen**, meningkatkan reabsorpsi NaCl di ginjal
 - **Progesteron**, menurunkan reabsorpsi sodium
 - Glukokortikoid \rightarrow meningkatkan reabsorpsi Na \rightarrow edema

Regulasi Keseimbangan Na⁺

- Perubahan kadar sodium plasma mempengaruhi:
 - Regulasi air : volume plasma, tekanan darah, vol. CIS dan interstisiil
 - Konduksi impuls saraf dan kontraksi otot
- Hipernatremia : \uparrow Na plasma \rightarrow Na masuk ke interstitial diikuti air \rightarrow \uparrow Na interstitial \rightarrow sel krenasi
- Hiponatremia \rightarrow \downarrow Na plasma \rightarrow sel membengkak
- Penyebab hipernatremia :
 - \uparrow keluarnya air tanpa Na⁺ (\uparrow keringat)
 - \uparrow intake Na⁺ tanpa air
- Gejala dehidrasi & disfungsi sistem saraf non spesifik : pusing, letargi, kejang, \uparrow
- \uparrow Na plasma \rightarrow haus, urine \downarrow

Fluid Volume Regulation and Na⁺ Concentrations Low & High Volume

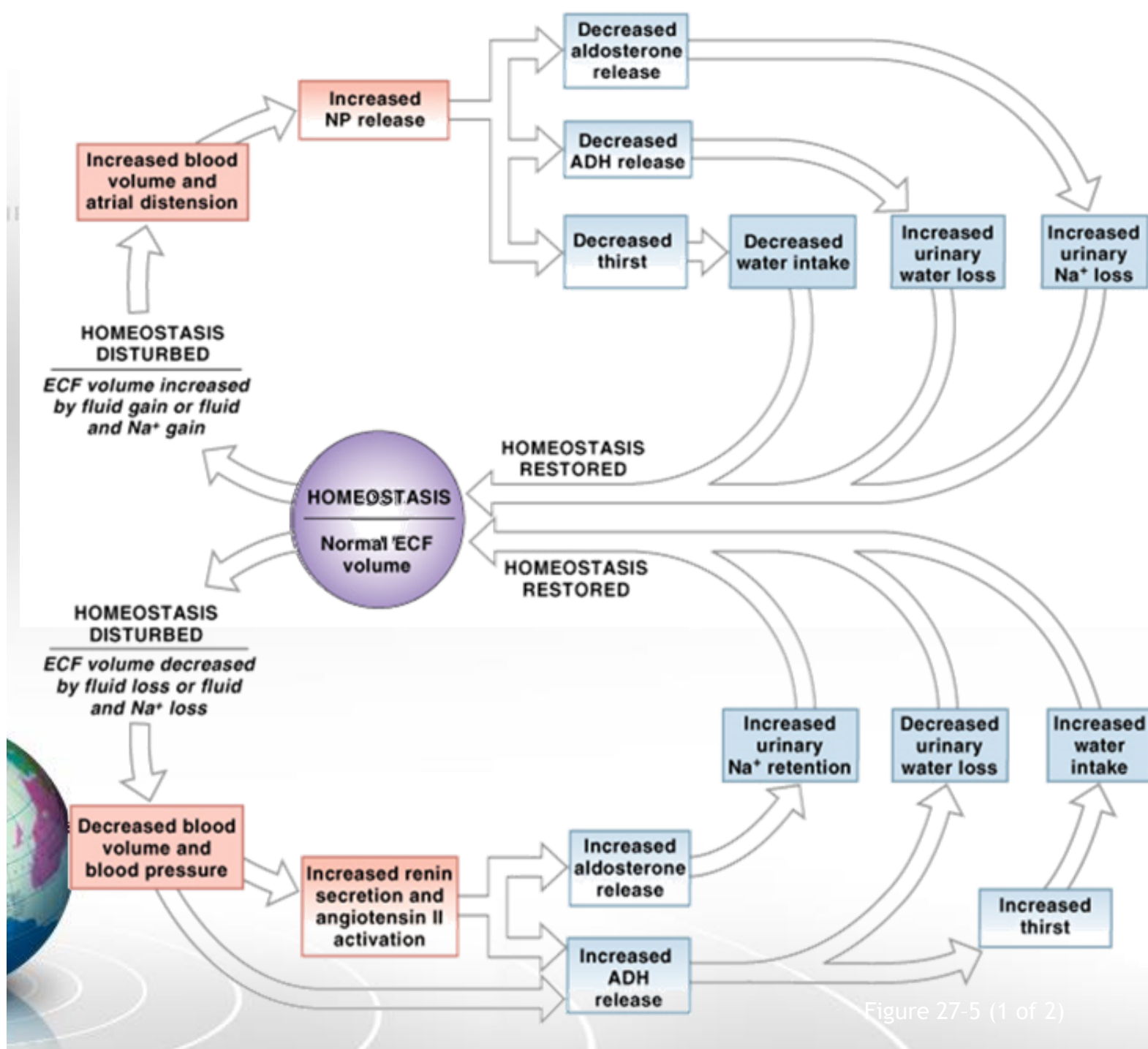
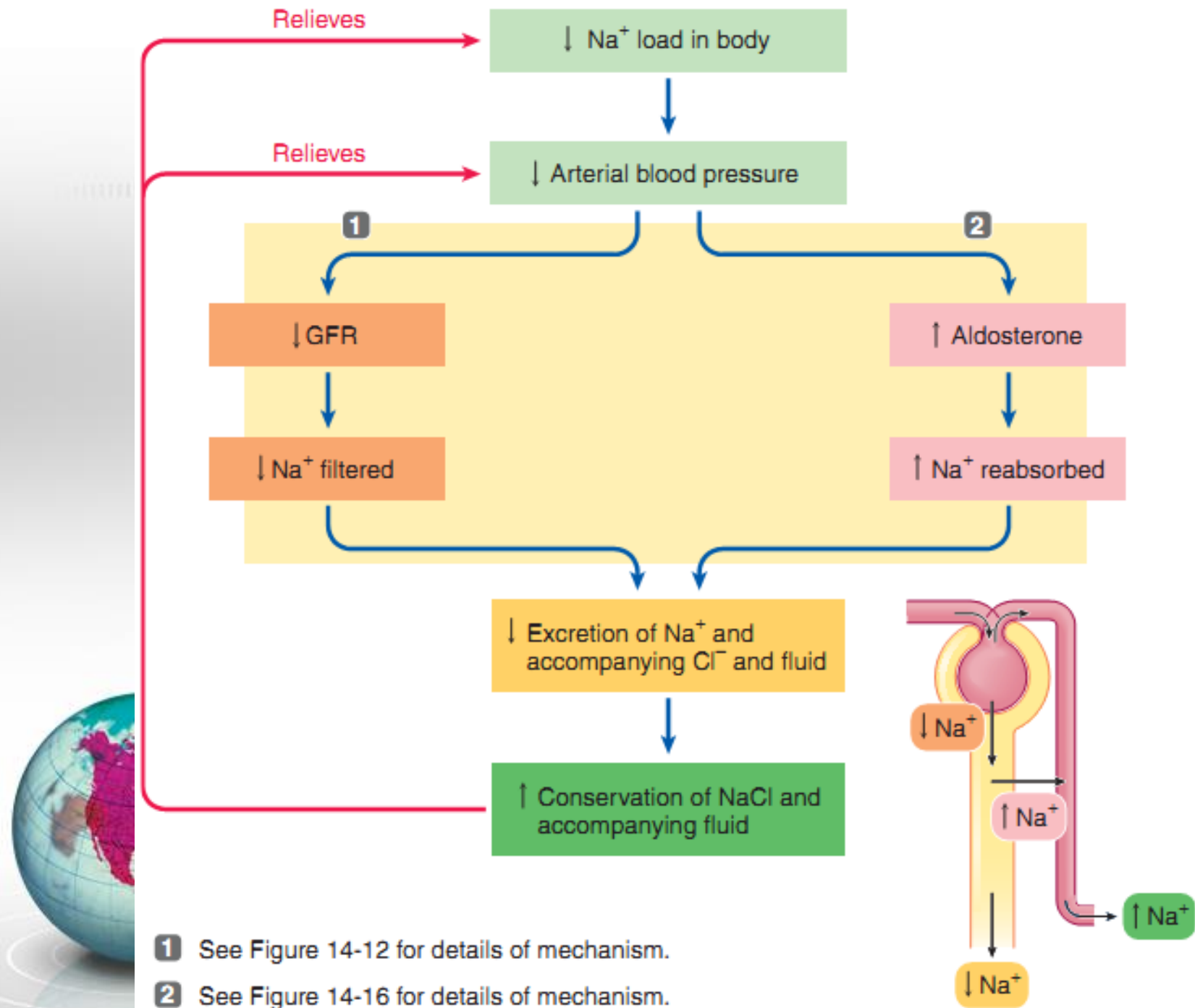
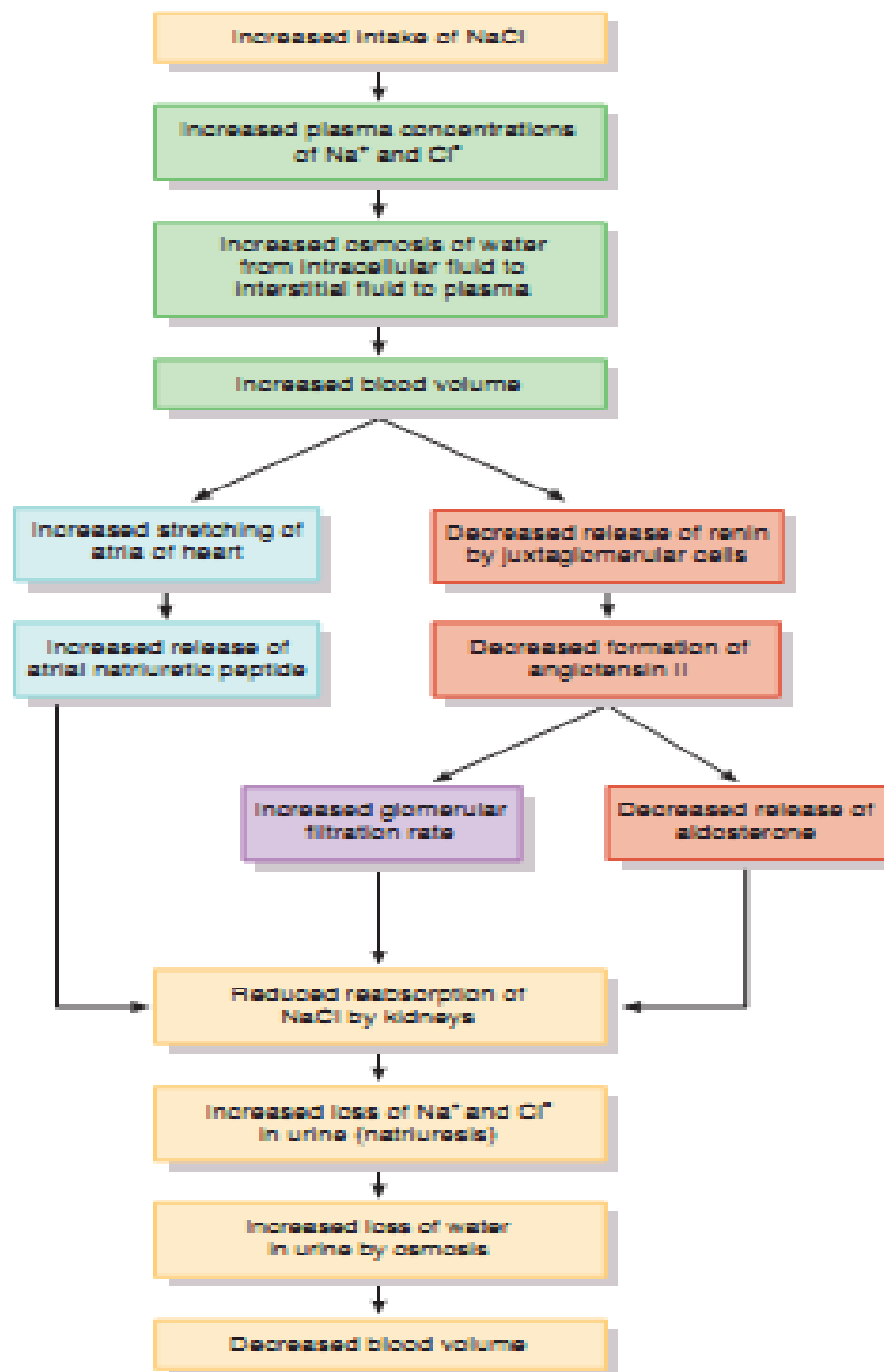


Figure 27-5 (1 of 2)





Excessive blood loss, sweating, vomiting, or diarrhea coupled with intake of plain water



Decreased Na^+ concentration of interstitial fluid and plasma (hyponatremia)



Decreased osmolarity of interstitial fluid and plasma



Osmosis of water from interstitial fluid into intracellular fluid



Water intoxication (cells swell)



Convulsions, coma, and possible death



Kontrol Jumlah Na^+ yang difiltrasi melalui pengaturan GFR



Jumlah Na^+ yang difiltrasi = konsentrasi Na^+ plasma x GFR

Kontrol GFR menyesuaikan jumlah Na^+ yang difiltrasi setiap menit. GFR secara sengaja diubah untuk mengubah jumlah garam dan cairan yang difiltrasi sebagai bagian dari respons refleksi baroreseptor umum untuk mengubah tekanan darah.



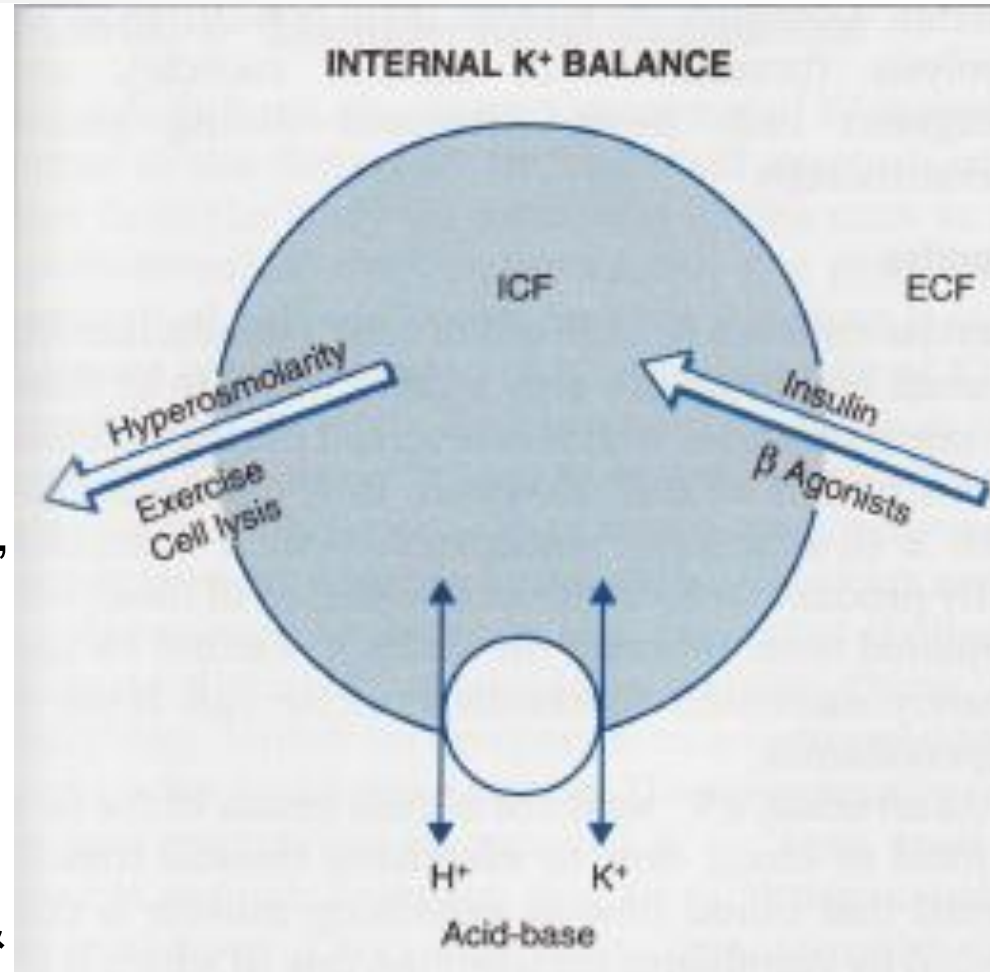
Kontrol Jumlah Na^+ yang direabsorpsi melalui sistem Renin-Angiotensin-Aldosteron

Faktor utama yang mengontrol tingkat reabsorpsi Na^+ di tubulus distalis dan saluran pengumpul adalah system rennin-angiotensin-aldosteron yang sangat kuat → mendorong reabsorpsi Na^+ dan dengan demikian retensi Na^+ → meningkatkan retensi osmotik H_2O → menyebabkan ekspansi volume plasma + tekanan darah arteri.



Regulasi Keseimbangan K^+

- Kadar plasma 3,5 – 5 mEq/L
- Terutama intraseluler, kadar ekstraseluler dari diet dan intraseluler (membran sel lebih permeable terhadap $K > Na$)
- Bertanggung jawab terhadap volume intraseluler (osmosis)
 - $\uparrow K^+$ CES \rightarrow sel membengkak, muatan intrasel menjadi lebih negatif $\rightarrow \downarrow$ potensial membran istirahat, konduksi impuls saraf, kontraksi otot, irama jantung
 - $\downarrow K^+$ CES \rightarrow hyperpolarisasi & “no responsiveness”

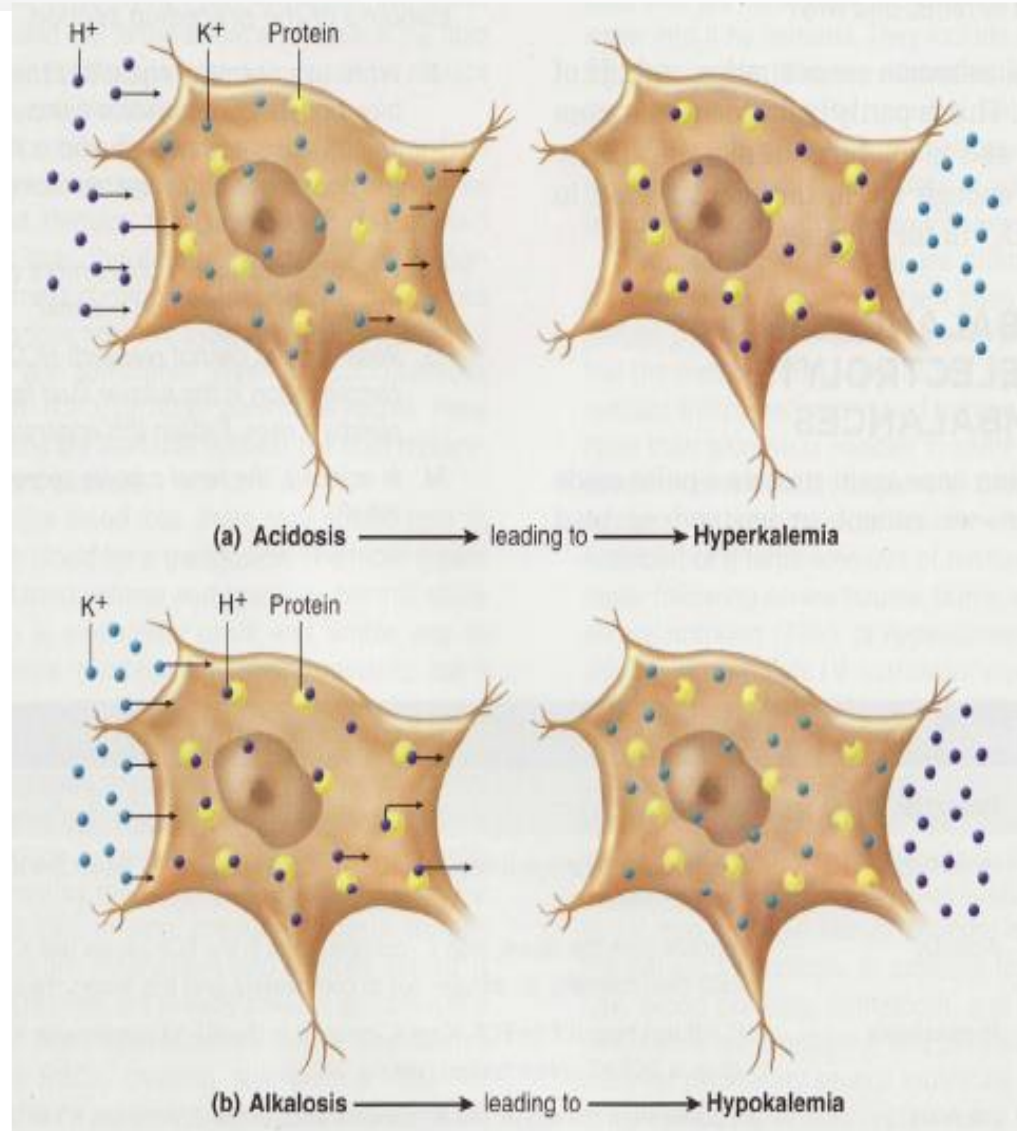


Regulasi Keseimbangan K^+

- Hiperkalemia → intestinal cramping, diare, restlessness, perubahan EKG → kelemahan otot, paralisis, konduksi jantung lambat, cardiac arrest
- Hipokalemia → ↓ excitabilitas neuromuscular, kelemahan otot rangka, cardiac disritmia → henti nafas
- 90% K^+ direabsorpsi di PCT dan Ansa Henle
- K^+ tidak direabsorpsi di DCT → ekskresikan di urine
 - ↑ K^+ plasma → sekresi aldosteron → sekresi K^+ DCT → ↑ K^+ urine
 - ↓ K^+ plasma → K^+ yang tidak direabsorpsi tetap keluar bersama urine ← ↑ intake K

The relation between potassium and hydrogen ions in the plasma

- Berperan pada keseimbangan asam basa (K^+ keluar sel digantikan H^+ untuk keseimbangan muatan listrik sel)
 - Asidosis ($\uparrow H^+$ CES \rightarrow pertukaran H^+ masuk sel, K^+ keluar $\rightarrow \uparrow K^+$ CES)
 - Alkalosis ($\downarrow H^+$ CES \rightarrow pertukaran H^+ keluar sel, K^+ masuk $\rightarrow \uparrow K^+$ CES)



Regulasi Keseimbangan Elektrolit

Kalium

➤ **Insulin Merangsang Ambilan Kalium ke dalam Sel.**

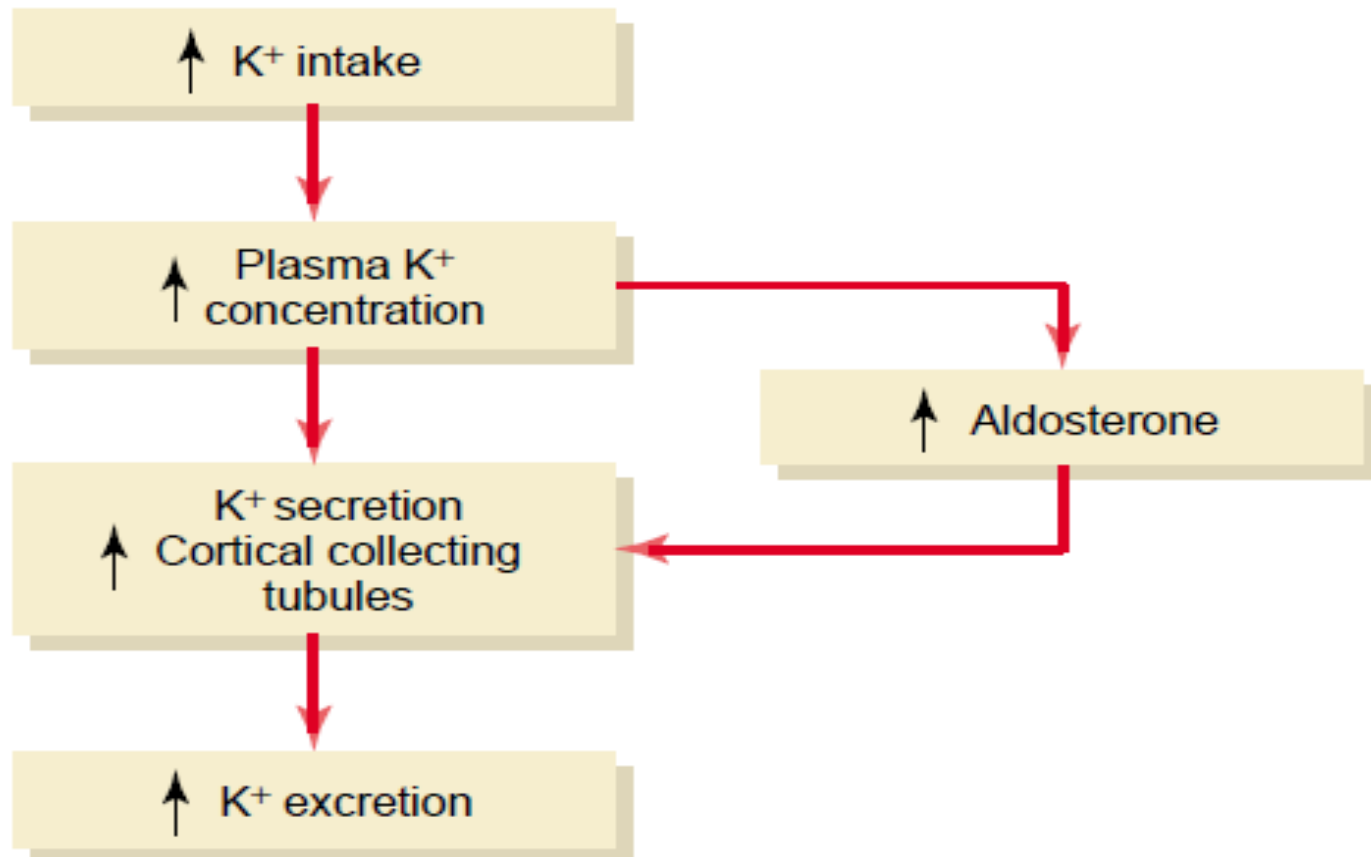
penyuntikkan insulin dapat membantu mengoreksi hiperkalemia

➤ **Rangsangan -Adrenergik Meningkatkan Ambilan Kalium Selular.**

↑ sekresi katekolamin, khususnya epinefrin → menyebabkan perpindahan kalium dari cairan ekstrasel ke intrasel, terutama oleh aktivitas reseptor -adrenergik



➤ Aldosteron Meningkatkan ambilan Kalium ke dalam Sel



Aldosteron yang merangsang eksresi kalium



➤ **Abnormalitas Asam-Basa Dapat Menyebabkan Perubahan Distribusi Kalium.**

Asidosis metabolic → meningkatkan konsentrasi kalium ekstrasel, sebagian dengan cara menyebabkan kalium hilang dari sel.

Alkalosis metabolic → menurunkan konsentrasi kalium dalam cairan ekstrasel.

➤ **Pengaturan Sekresi Kalium oleh Sel Prinsipalis**

Faktor-faktor utama yang mengatur sekresi kalium oleh sel prinsipalis pada tubulus distal bagian akhir dan tubulus logentes kortikalis

- (1) aktivitas pompa natrium kalium ATPase
- (2) gradient elektrokimia untuk sekresi kalium dari darah ke lumen
- (3) permeabilitas membrane luminal terhadap kalium.



➤ **Kerja Berat Dapat Menyebabkan Hiperkalemia dengan Melepaskan Kalium dari Otot Rangka.**

➤ **Kenaikan Osmolaritas Cairan Ekstrasel Menyebabkan Pendistribusian Ulang Kalium dari Sel ke Cairan Ekstrasel.**

➤ **Sekresi Kalium oleh Sel Prinsipalis di Tubulus Distal Bagian Akhir dan Tubulus Koligetes**

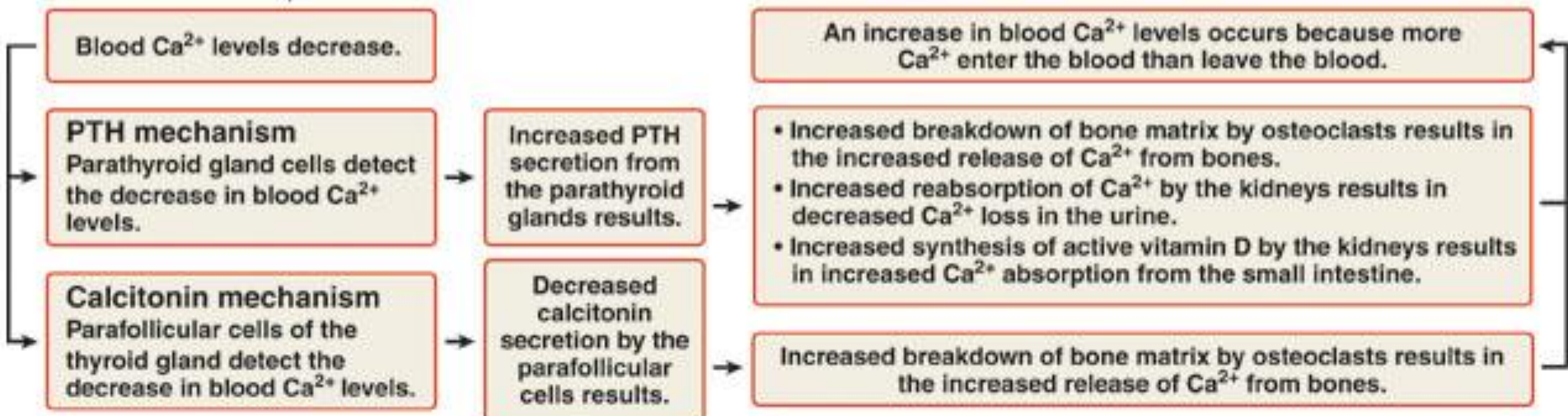
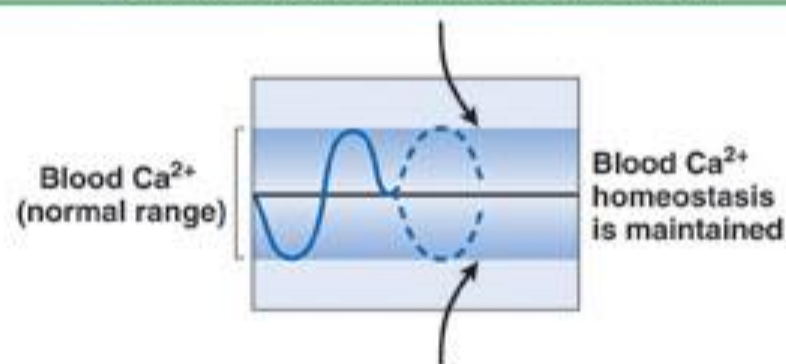
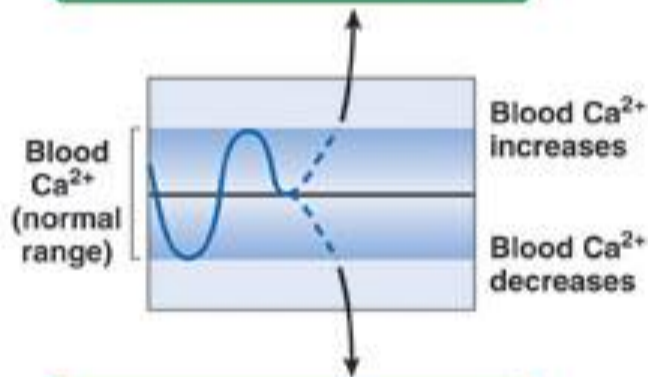
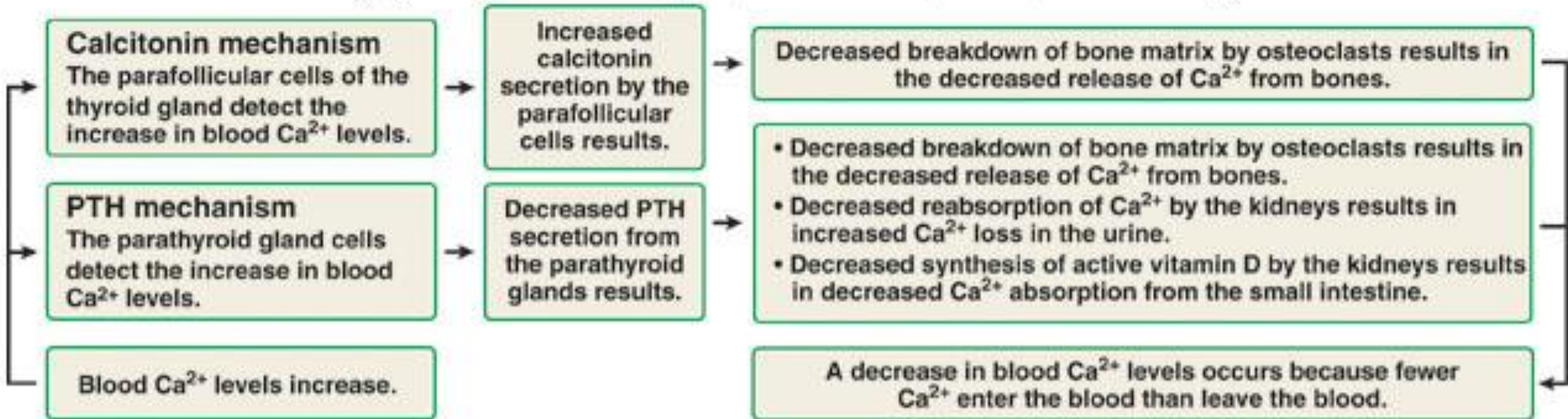
➤ **Lisis Sel Menyebabkan Peningkatan Konsentrasi Kalium Ekstrasel.**

Sel Interkalatus Dapat Mereabsorpsi Kalium Selama Kehilangan Kalium.



Homeostasis Ca^{2+}

- Kadar normal 9 – 11 mEq/L
 - $\uparrow\text{Ca}^{2+}$: cardiac disrytmia \rightarrow cardiac arrest
 - $\downarrow\text{Ca}^{2+}$: spasme otot \rightarrow tetani otot pernafasan \rightarrow respiratory arrest
- Ca^{2+} 99 % ditulang (garam kalsium), 1% CES
- $\uparrow\text{Ca}^{2+} \rightarrow$ calsitonin dari kelenjar tyroid \rightarrow tulang (menghambat osteoclast, stimulasi osteoblast) $\rightarrow \downarrow\text{Ca}^{2+}$ plasma & pembentukan HPO_4^{2-}
- $\downarrow\text{Ca}^{2+} \rightarrow$ hormon Paratiroid :
 - tulang : \uparrow aktivitas osteoclast $\rightarrow \uparrow\text{Ca}^{2+}$, HPO_4^{2-} ke plasma
 - Ginjal :
 - \uparrow reabsorpsi $\uparrow\text{Ca}^{2+}$, Mg^{2+} dan \downarrow reabsorpsi $\text{HPO}_4^{2-} \rightarrow \uparrow$ kadar fosfat urine
 - Aktivasi pro hormon vitamin D \rightarrow calcitriol $\rightarrow \uparrow$ absorpsi Ca^{2+} , Mg^{2+} , HPO_4^{2-} dalam GIT



Regulasi Keseimbangan Elektrolit

Kalsium

PTH mengatur konsentrasi kalsium plasma melalui 3 efek utama

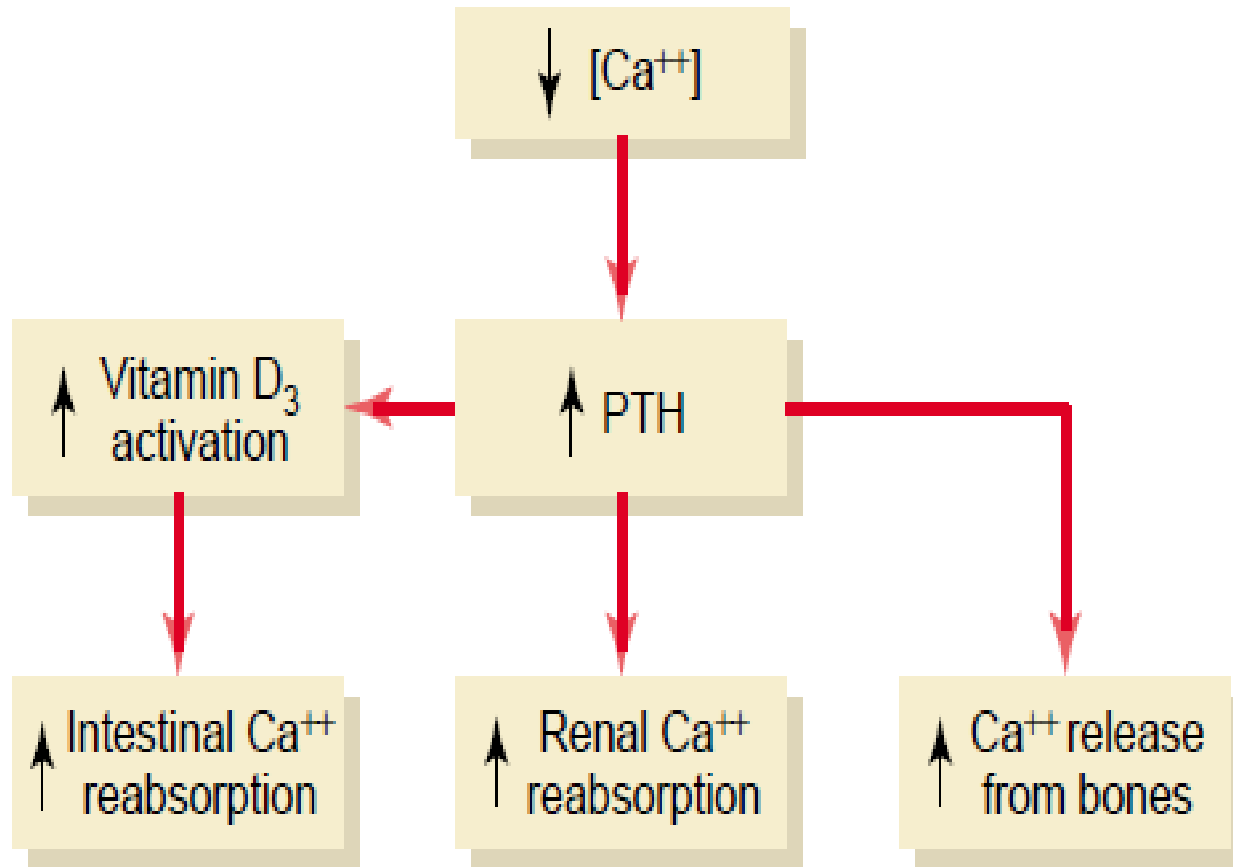
- 1) dengan merangsang resorpsi tulang
- 2) dengan merangsang aktivasi vitamin D, yang meningkatkan reabsorpsi kalsium intestinal
- 3) dengan meningkatkan secara langsung resorpsi kalsium oleh tubulus ginjal

↑ PTH → ↑ reabsorpsi kalsium disegmen tebal asenden ansa Henle dan tubulus distal, yang mengurangi ekskresi kalsium dalam urin, dan sebaliknya.

Ditubulus proksimal, reabsorpsi kalsium biasanya bersamaan dengan reabsorpsi natrium dan air.

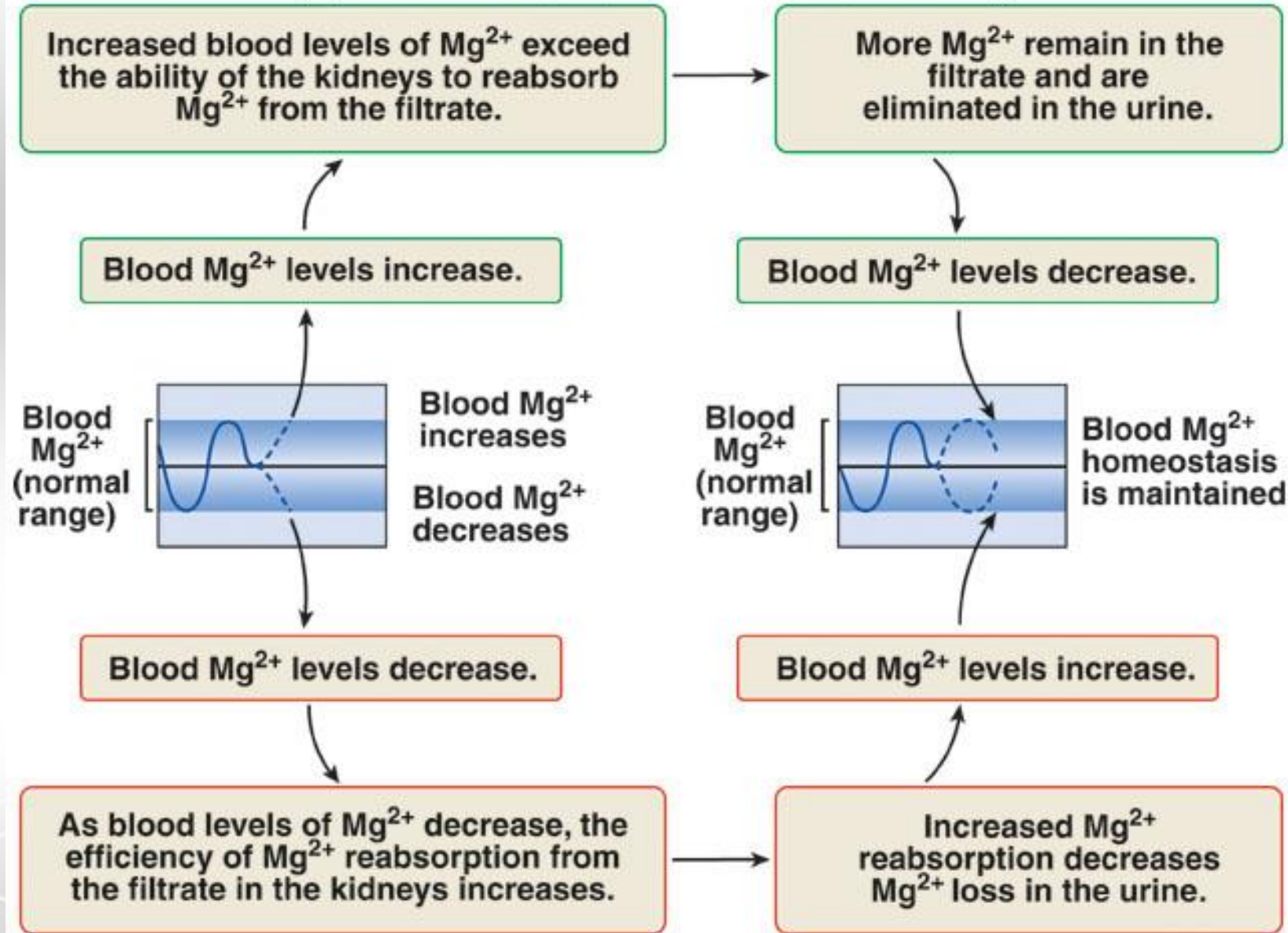


Kontrol Ekskresi Kalsium oleh Ginjal



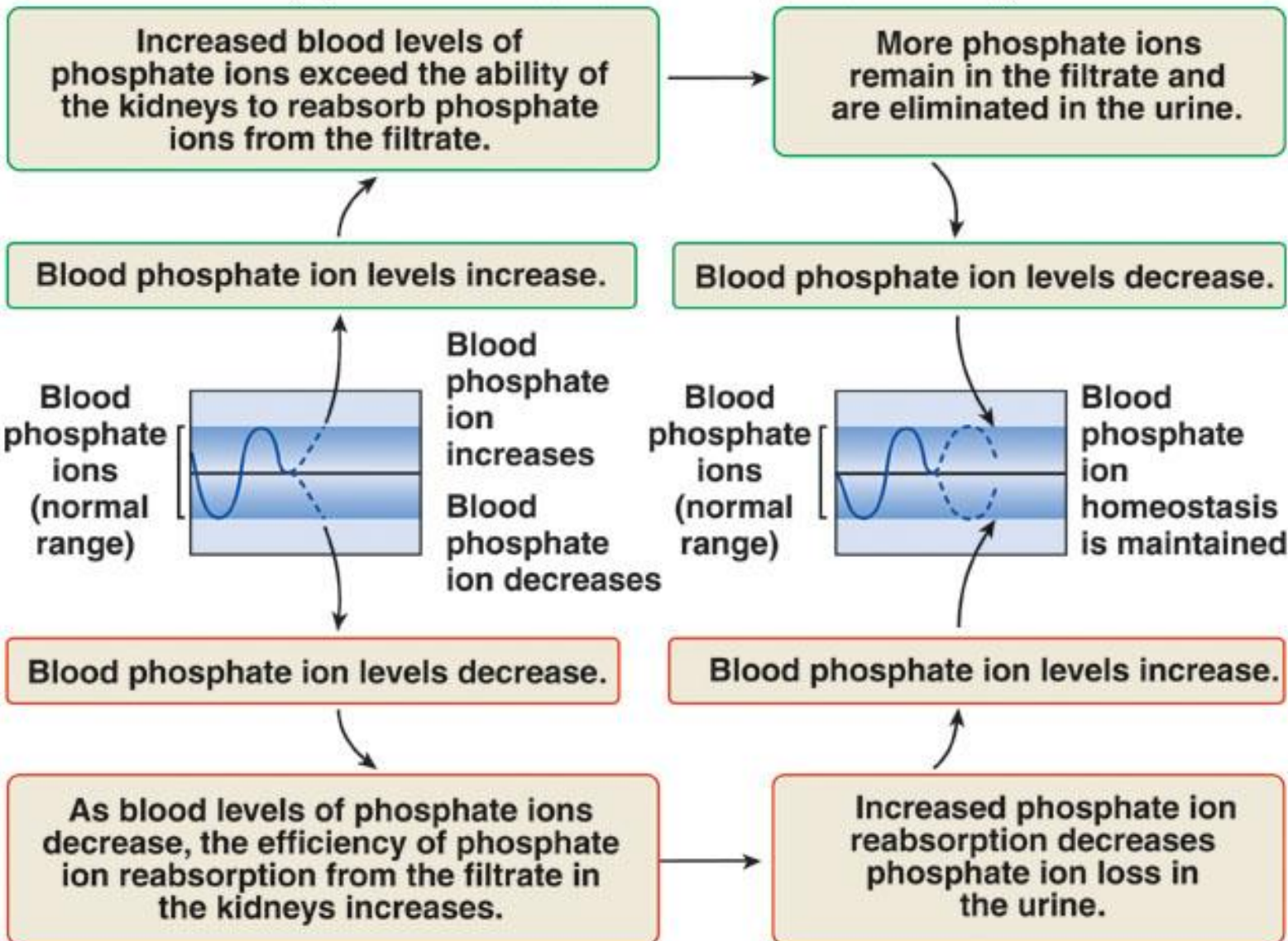
Regulation of Blood Magnesium

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Regulation of Blood Phosphate

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Regulasi Keseimbangan Elektrolit

Fosfat

PTH dapat berperan penting dalam mengatur konsentrasi fosfat melalui dua efek:

- 1) PTH meningkatkan reabsorpsi tulang, sehingga membuang sejumlah besar ion fosfat ke dalam cairan ekstrasel dari garam-garam tulang.
- 2) PTH menurunkan transport maksimum untuk fosfat oleh tubulus ginjal, sehingga sebagian besar fosfat tubulus terbuang dalam urin.



Jadi, kapanpun PTH plasma meningkat, reabsorpsi fosfat tubulus diturunkan dan lebih banyak fosfat diekskresikan

Terima Kasih

MATURSUMUN

Atas

Perhatiannya