

Water & Buffer

อาทิตย์ ศิลป์ศิริวานิชย์

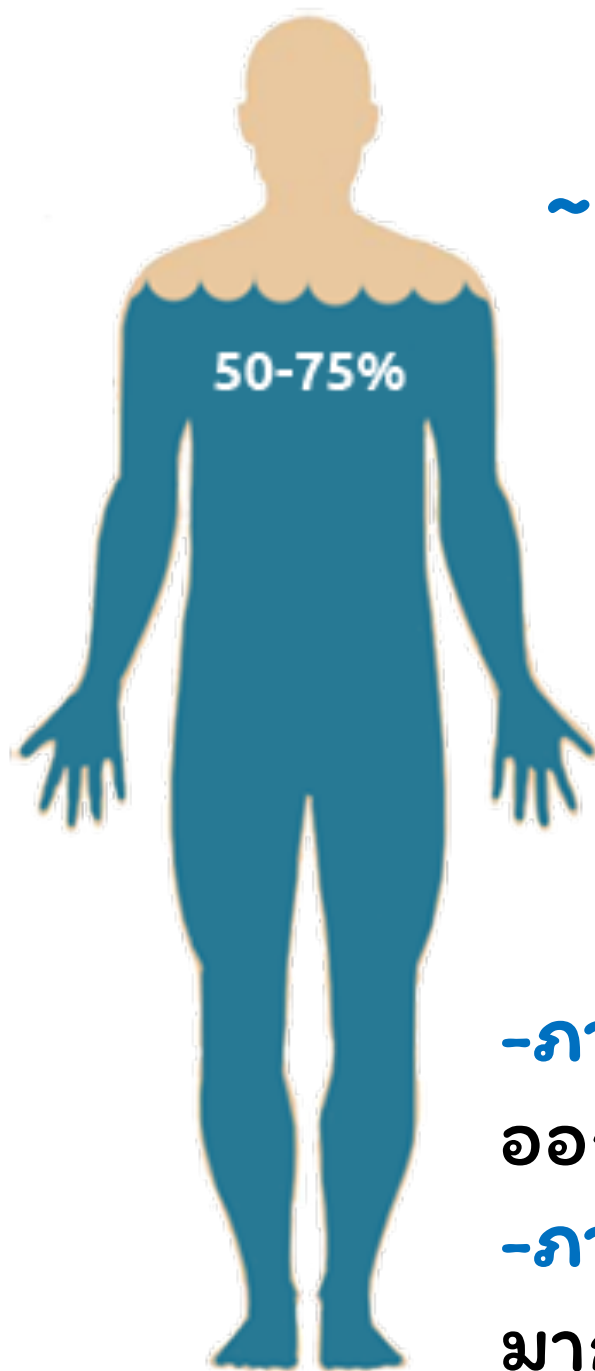
atitsil@kku.ac.th

ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจและอธิบายโครงสร้างและความสำคัญของน้ำได้
2. เข้าใจและอธิบายคุณสมบัติความสำคัญของ Buffer ได้
3. เข้าใจและอธิบายตัวอย่างของ buffer ในสิ่งมีชีวิต (biological buffer) ได้

Water (น้ำ)



~ 70% ของร่างกาย

Blood	83%
Brain	75%
Bone	22%
Heart	79%
Kidney	83%
Liver	86%
Muscle	75%

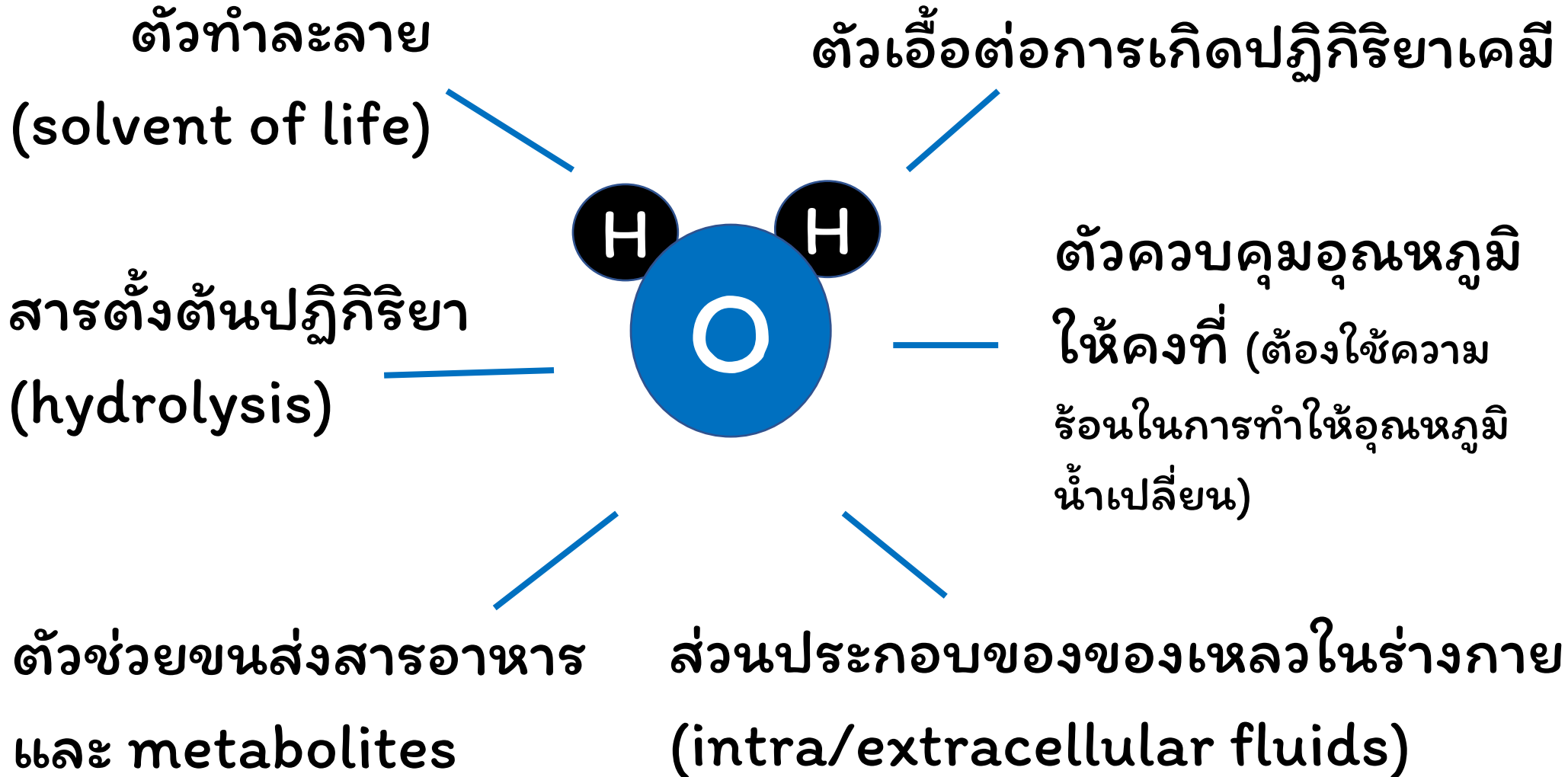
ร่างกายจะพยายามรักษา
สมดุลของน้ำในร่างกายให้
คงที่

**สูญเสียน้ำทาง: เหงื่อ
ปัสสาวะ อุจจาระ**

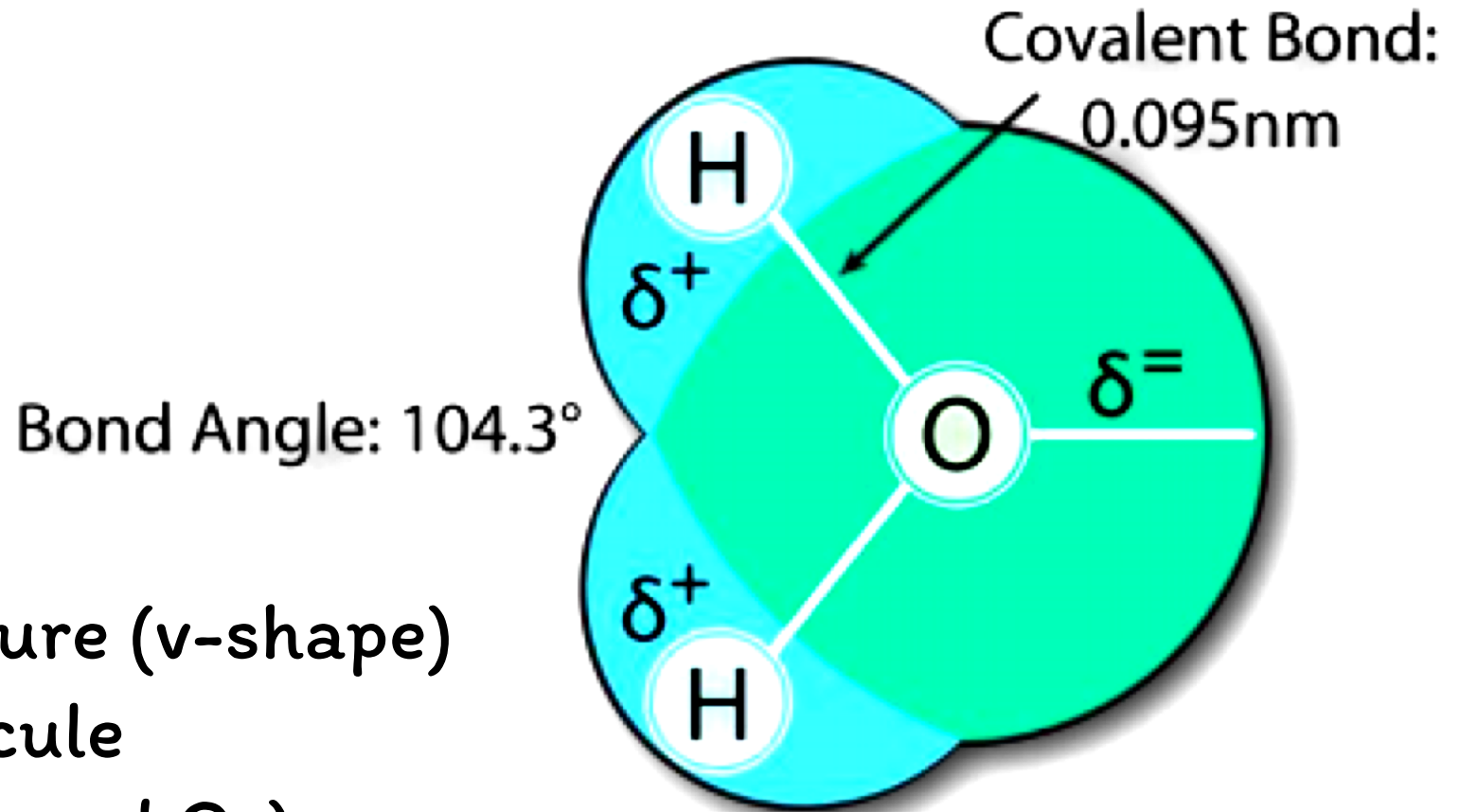
-**ภาวะน้ำเกิน (over hydration)** เกิดจากขับน้ำ
ออกได้น้อย เช่น โรคไต

-**ภาวะขาดน้ำ (dehydration)** เกิดจากขับน้ำออก
มาก เช่น รอคักกำลังกายอย่างหนัก

หน้าที่ของน้ำ



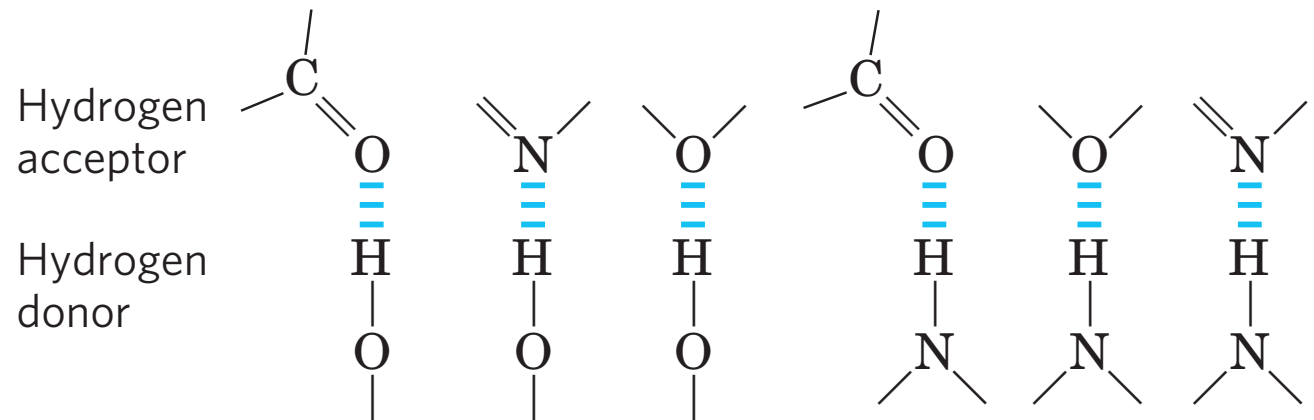
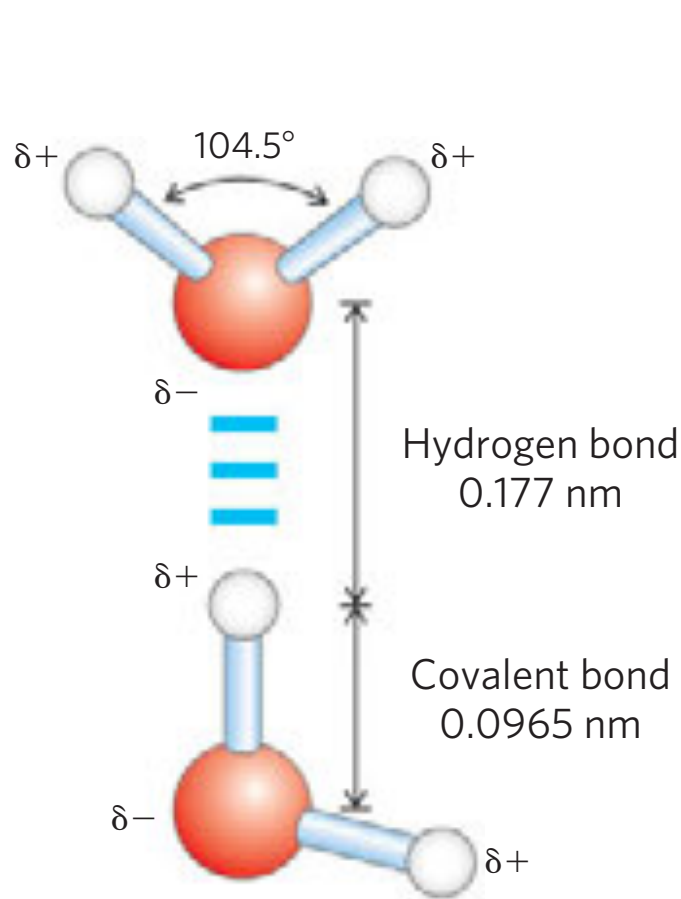
Chemical properties of water



- bent structure (v-shape)
- Polar molecule
- Dipoles (H^+ and O^-)
- **Free water:** solvent for ionic/polar compounds ~ 55%
- **Bound water** (with other biomolecules by H-bond)

Water form hydrogen (H)-bond with polar solutes

an **electrostatic attraction** between the oxygen atom (δ^-) of one water molecule and the hydrogen (δ^+) of another



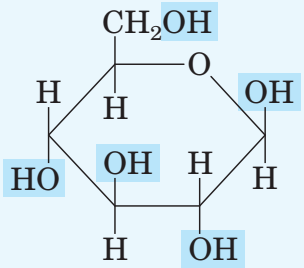
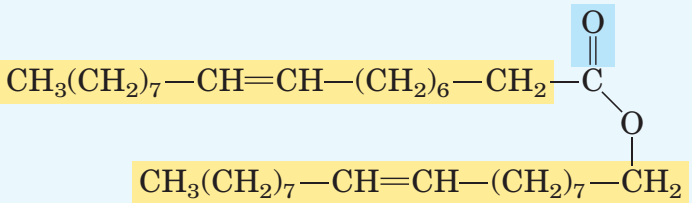
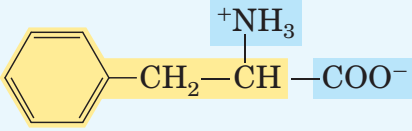
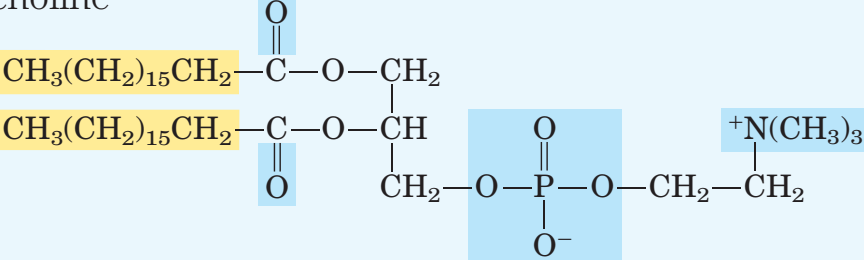
Common hydrogen bonds in biological systems. The hydrogen acceptor is usually oxygen or nitrogen; the hydrogen donor is another electronegative atom.

Water interacts electrostatically with charged solutes.

Charged/polar molecules
→ well dissolved in water

Non-polar molecules
→ poor dissolved in water

TABLE 2-2 Some Examples of Polar, Nonpolar, and Amphipathic Biomolecules (Shown as Ionic Forms at pH 7)

Polar	Nonpolar
Glucose	Typical wax
	
Glycine	Phenylalanine
$^+\text{NH}_3\text{—CH}_2\text{—COO}^-$	
Aspartate	Phosphatidylcholine
$^-\text{OOC—CH}_2\text{—CH(}^+\text{NH}_3\text{)—COO}^-$	
Lactate	
$\text{CH}_3\text{—CH(OH)—COO}^-$	
Glycerol	
$\text{HOCH}_2\text{—CH(OH)—CH}_2\text{OH}$	

Polar groups

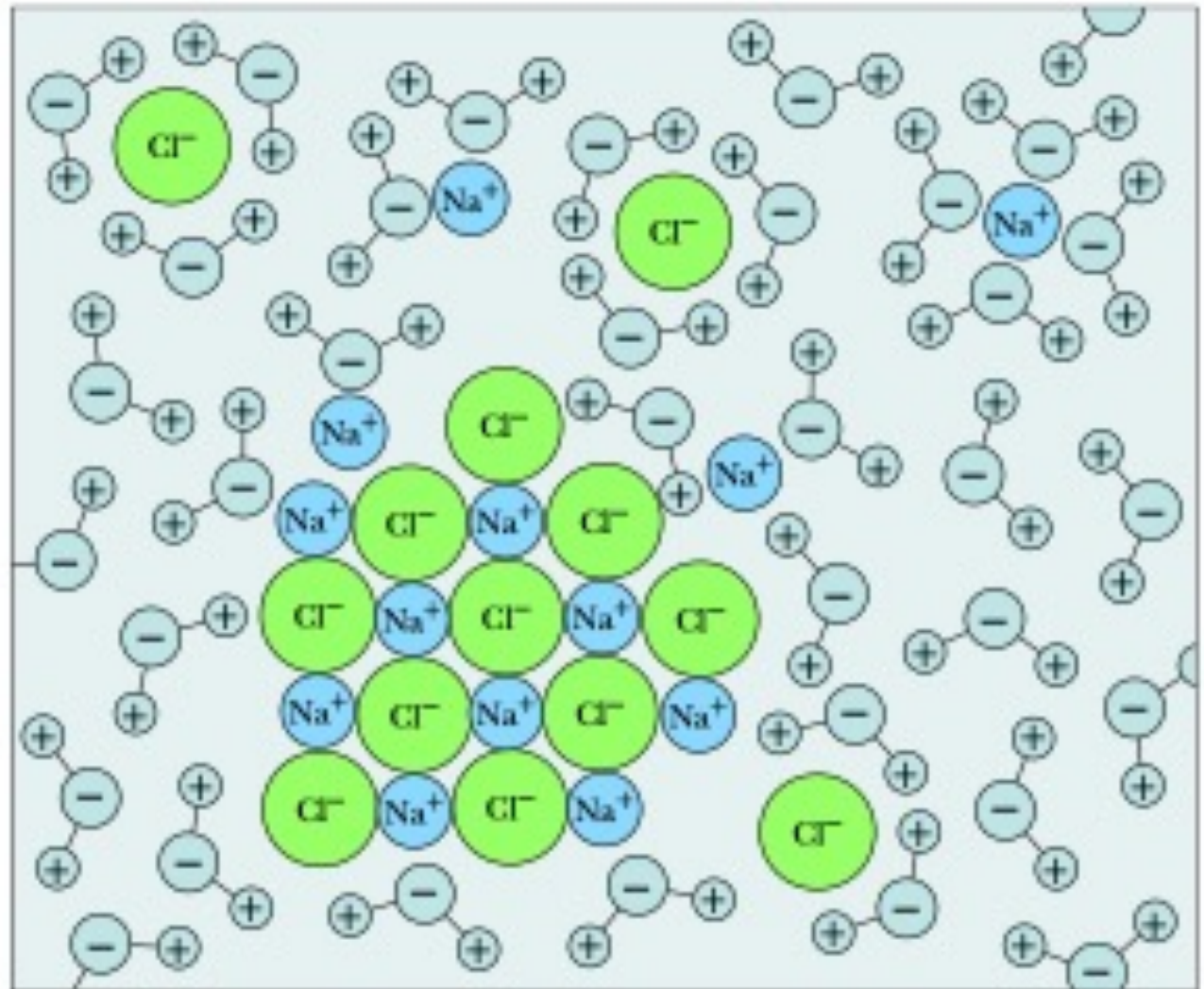
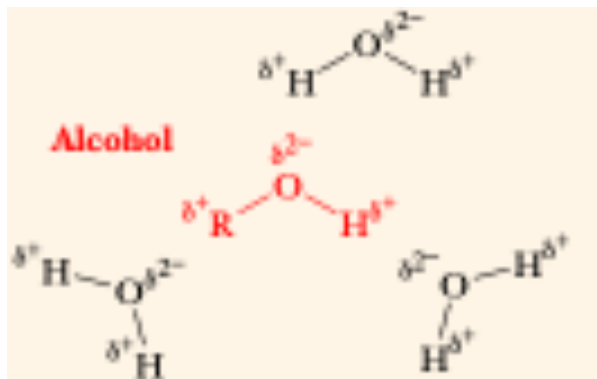
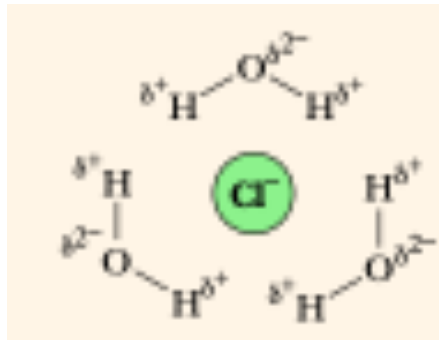
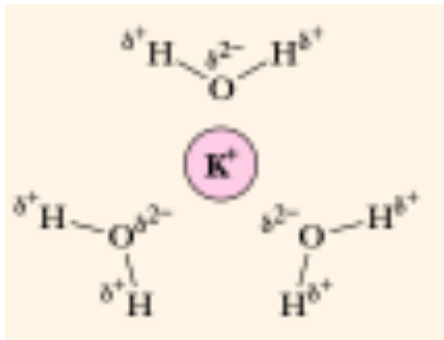
Nonpolar groups

Water interacts electrostatically with charged solutes.

Charged/polar molecules

→ well dissolved in water

→ hydrophilic

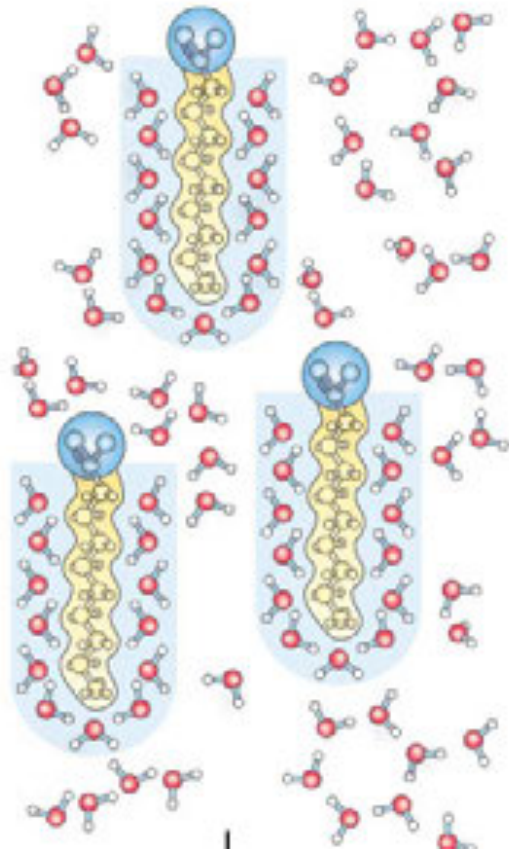


Water interacts electrostatically with charged solutes.

Non-polar molecules

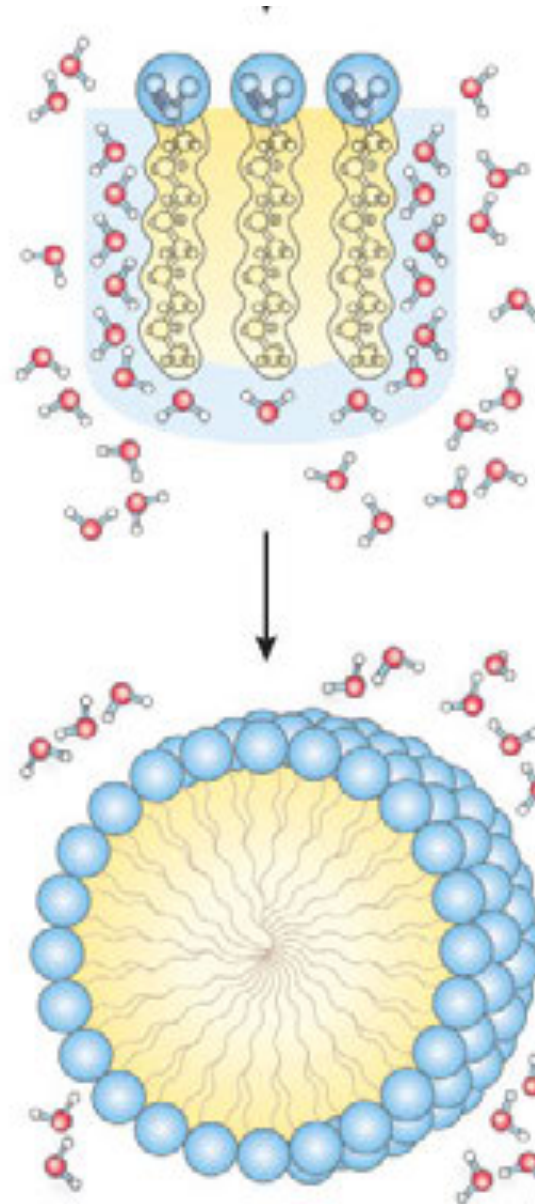
→ poor dissolved in water

→ hydrophobic



Dispersion of lipids in H₂O

Each lipid molecule forces surrounding H₂O molecules to become highly ordered.



Clusters of lipid molecules

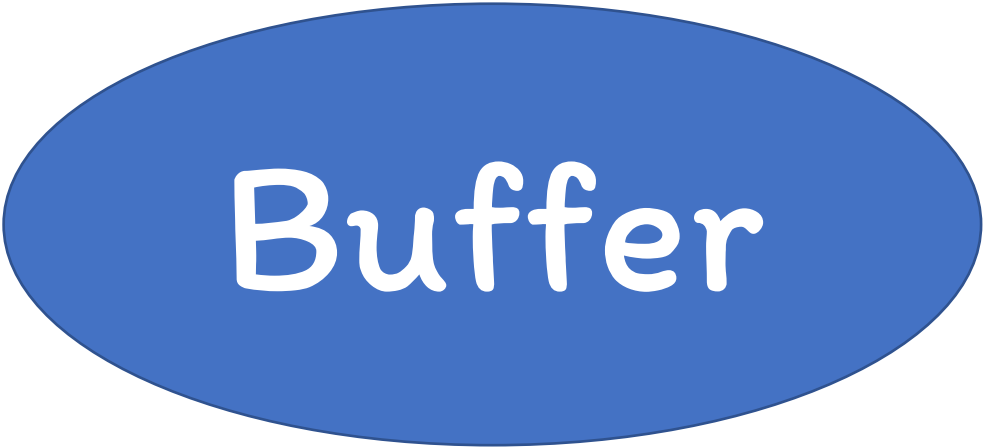
Only lipid portions at the edge of the cluster force the ordering of water. Fewer H₂O molecules are ordered, and entropy is increased.

Micelles

All hydrophobic groups are sequestered from water; ordered shell of H₂O molecules is minimized, and entropy is further increased.

ปฏิกิริยาในร่างกาย ต้องการสภาวะที่เหมาะสม เช่น

- Temperature
- pH (acid-base)
- Etc.



Buffer

Acid-Base Theory

Bronsted-Lowry

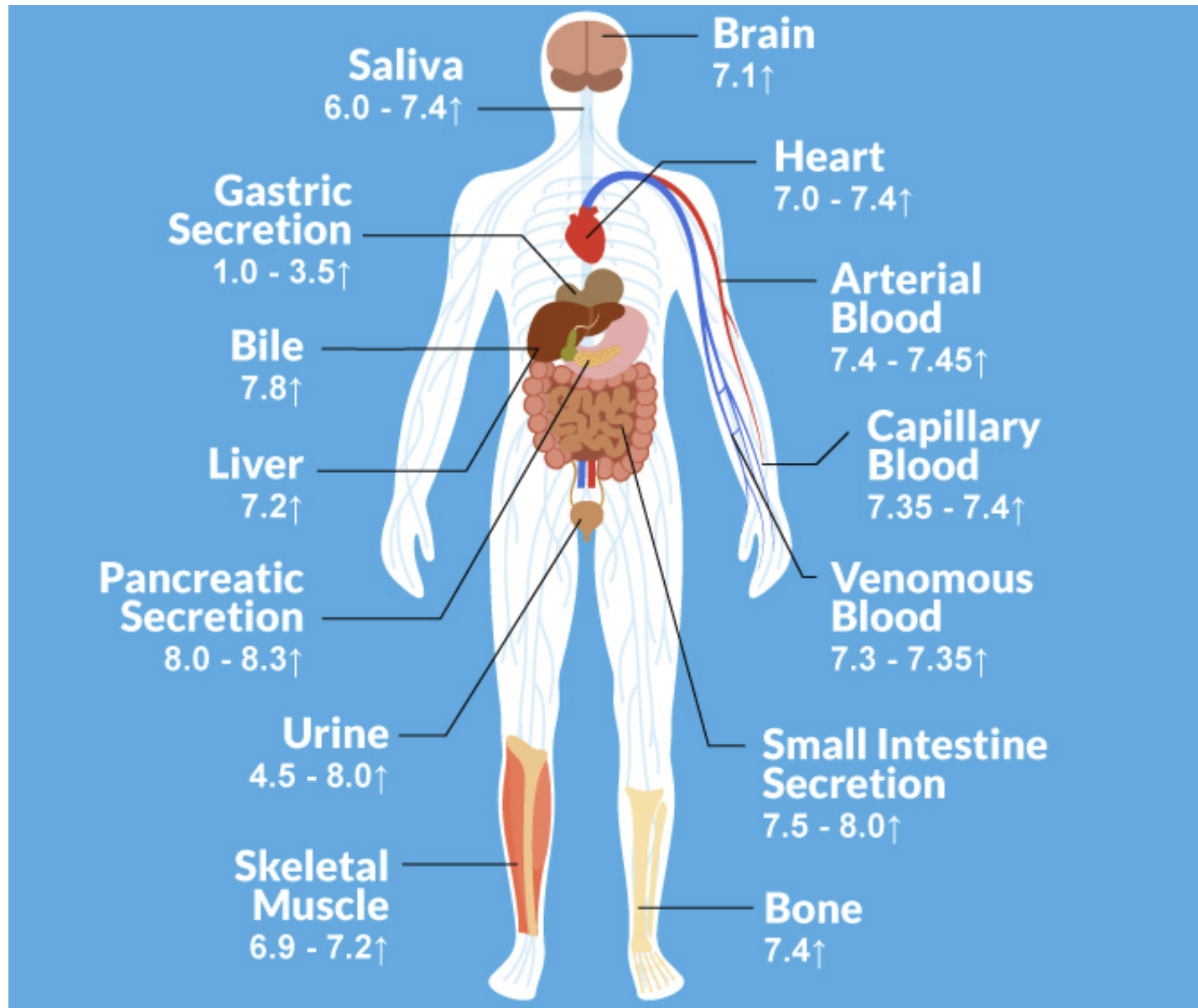
“กรด (acid) คือ สารที่สามารถให้ H^+ (proton donor) ส่วนเบส (base) คือ สารที่สามารถรับ H^+ (proton acceptor) ได้”

Amphoteric หรือ Amphiprotic substance คือ สารที่สามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นตัวให้และตัวรับ H^+ เช่น H_2O , $H_2PO_4^-$, HCO_3^-

กรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นกรดอ่อน เช่น acetic acid, citric acid, lactic acid



pH value in human body



Acid-Base

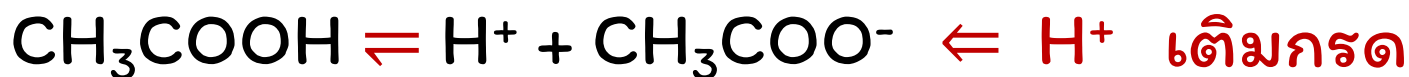
(กรด) $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$ (คู่เบส, conjugate base)

(เบส) $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$ (คู่กรด, conjugate acid)

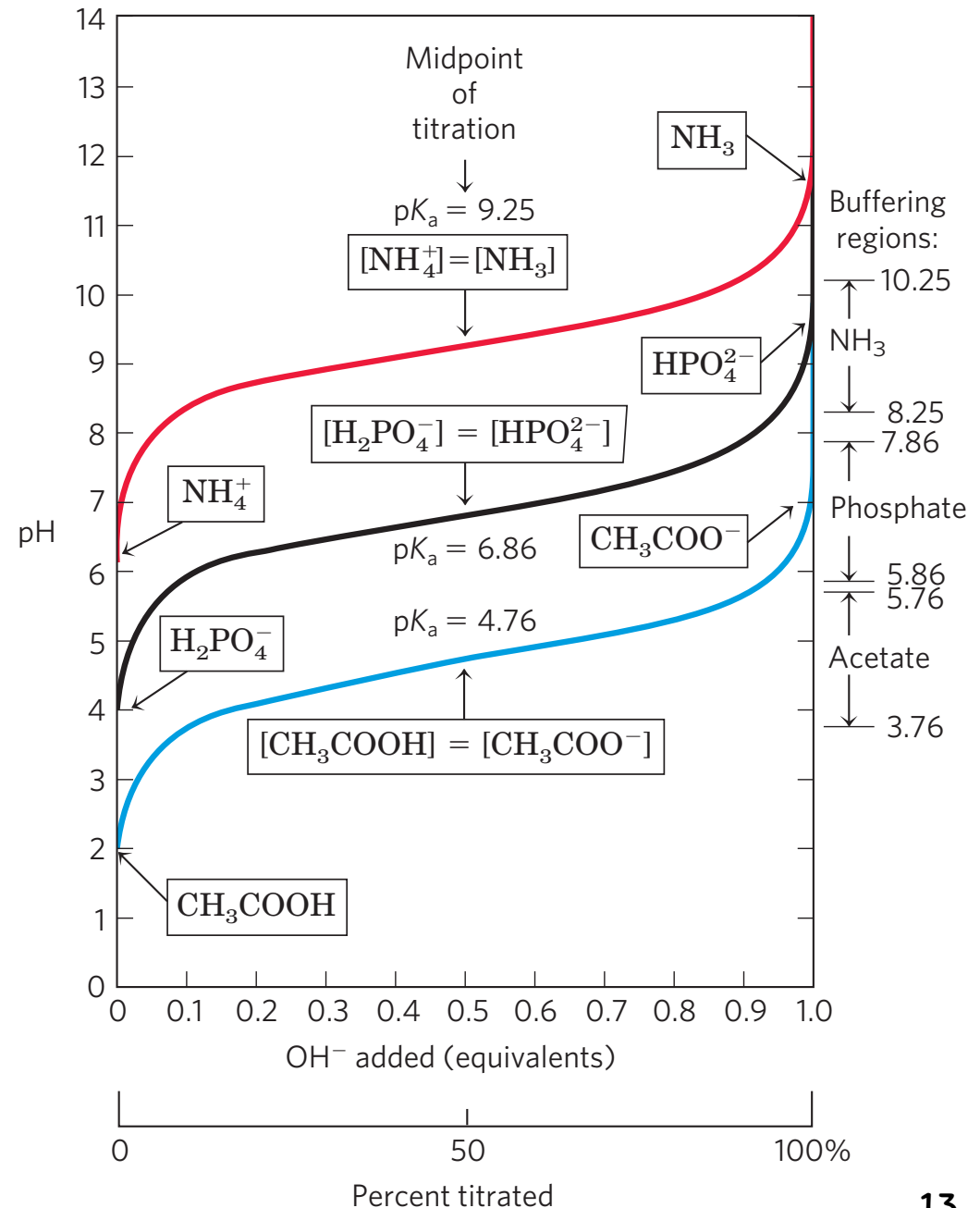
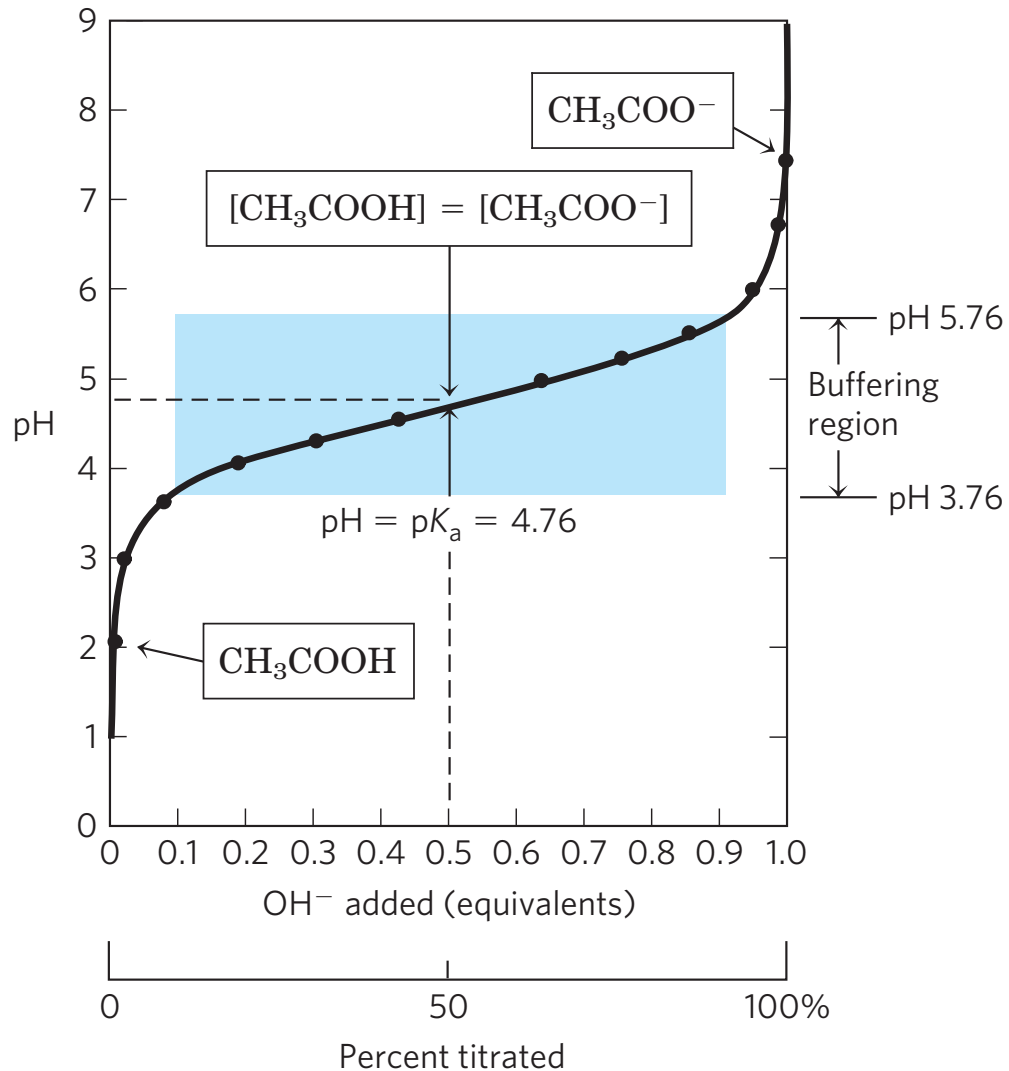
Buffer

ประกอบด้วยกรดอ่อนและเกลือของกรดอ่อน(คู่เบส)นั้น เป็นสารละลายที่สามารถรักษาระดับ pH ไว้ให้คงที่ได้เสมอ เมื่อเติมน้ำ กรด หรือเบสลงไปจำนวนเล็กน้อย เป็นผลให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

Buffer = weak acid + its salt



Buffering



Biological buffer

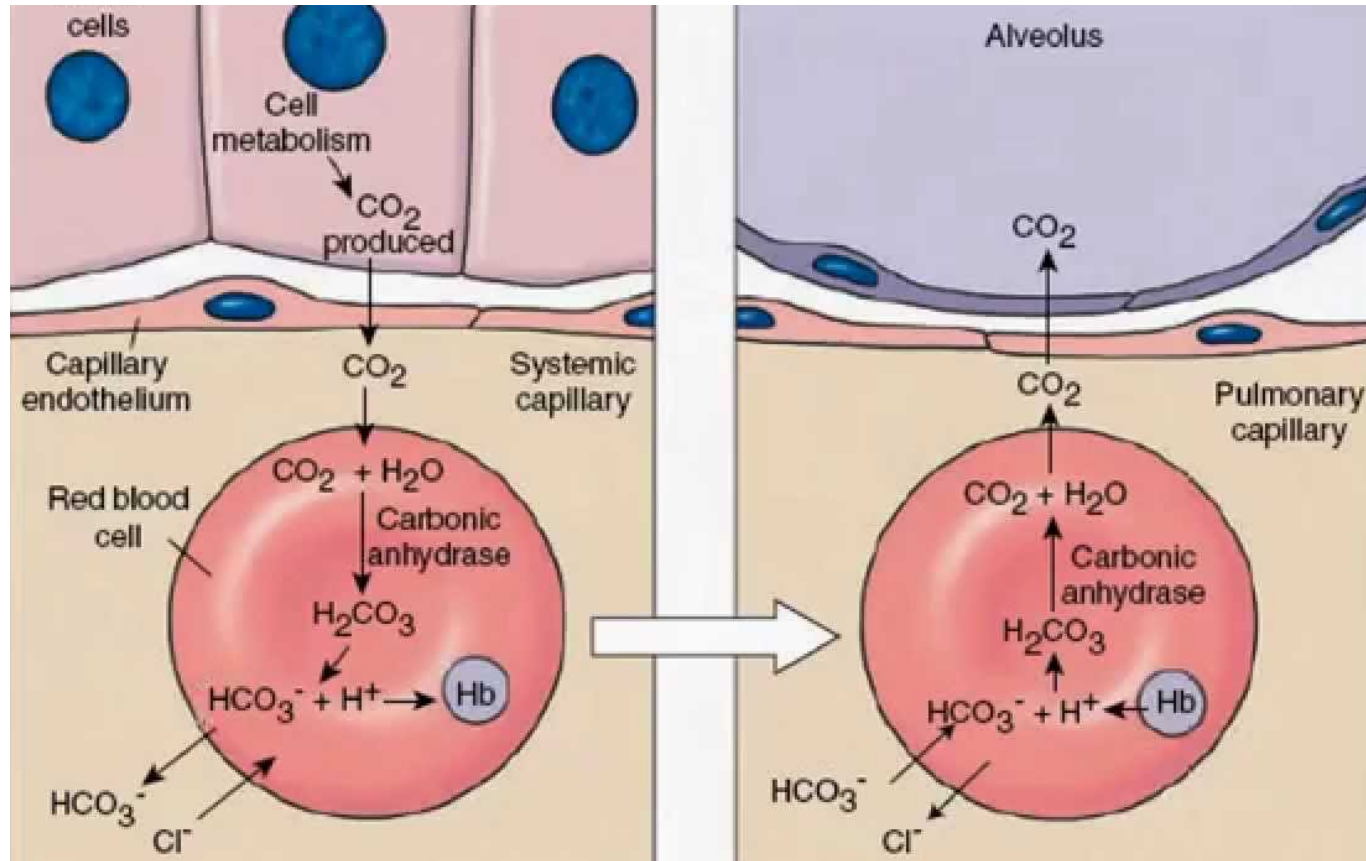
ระบบ buffer ในร่างกาย สามารถควบคุม pH ของร่างกายให้คงที่

Systems	อวัยวะ	คู่บัฟเฟอร์	pKa
Biocarbonate	ระบบเลือดและน้ำเหลือง - Plasma - Lymphatic fluids - Cerebrospinal fluids - Interstitial fluid	$\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^-$	6.1
Phosphate	เนื้อเยื่อต่างๆ ปัสสาวะ	$\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$	7.2
Protein	ทุกส่วนของร่างกาย	Histidine-side chain N-terminal amino group	6.0-7.0 7.6-8.4

Carbonate buffer system

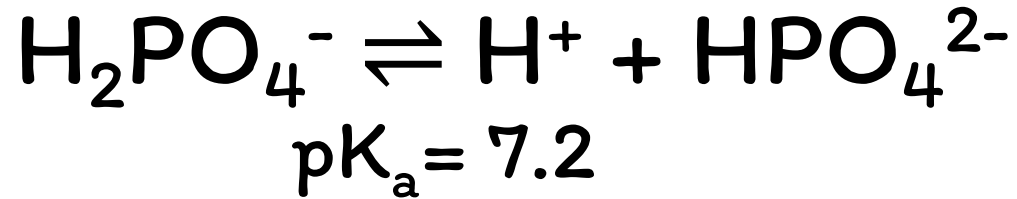


Active
Tissues



Lung

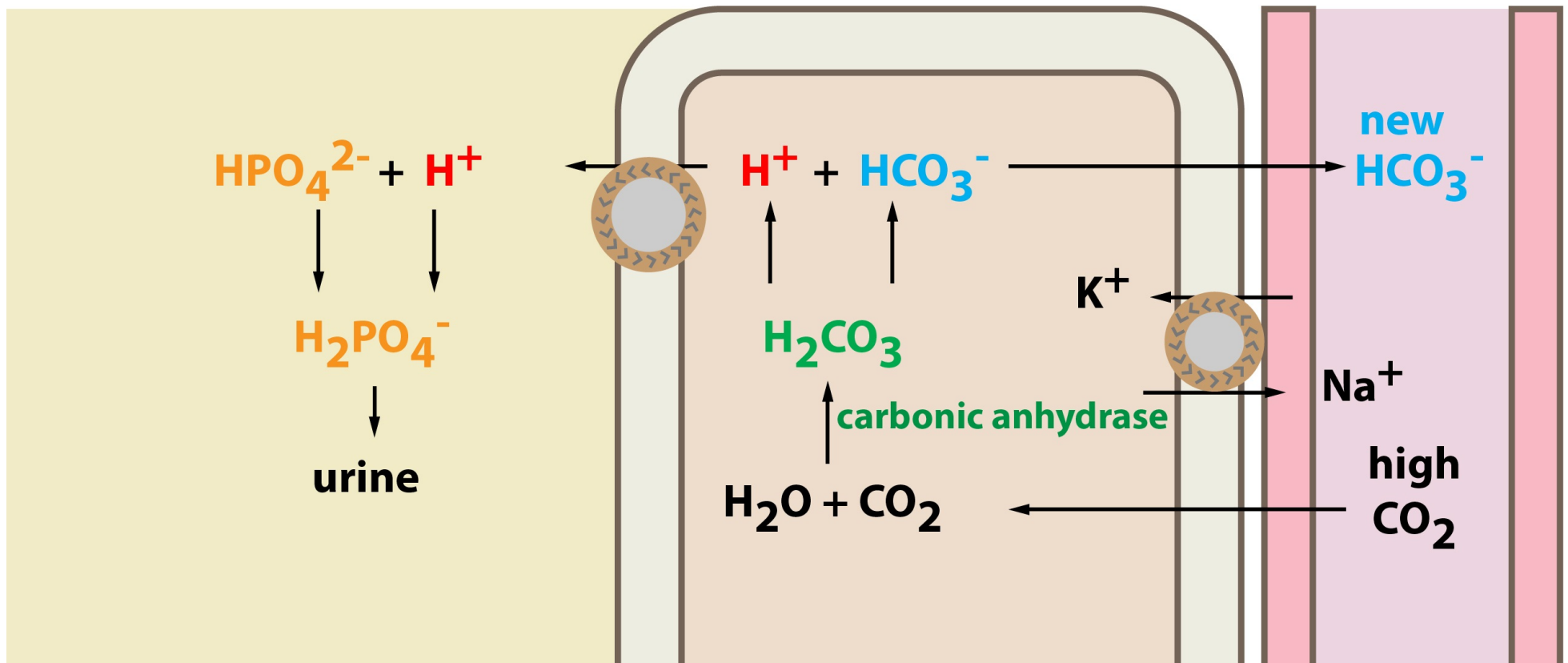
Phosphate buffer system



tubular lumen

tubular cell

peritubular
capillary



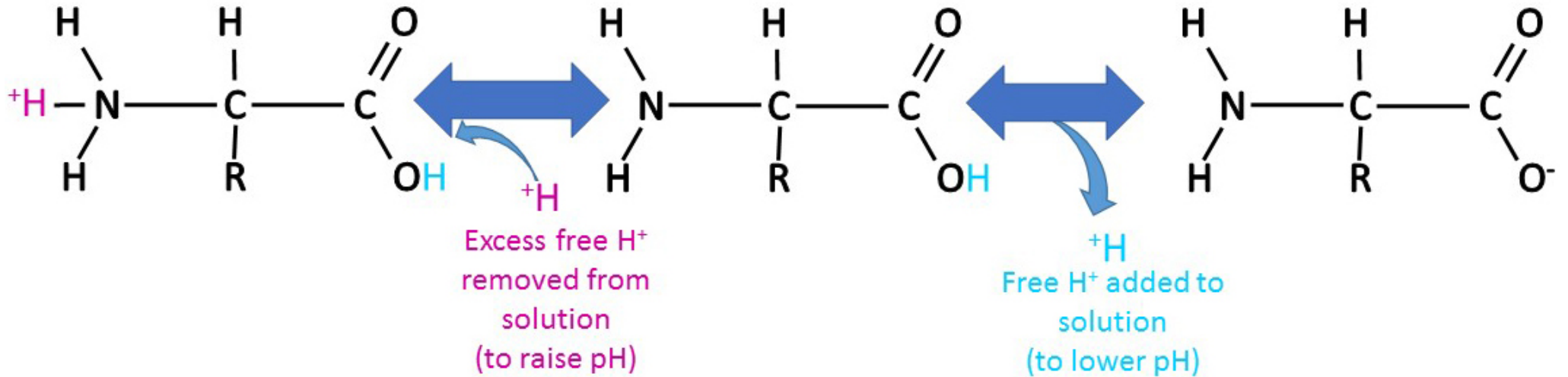
Protein buffer system



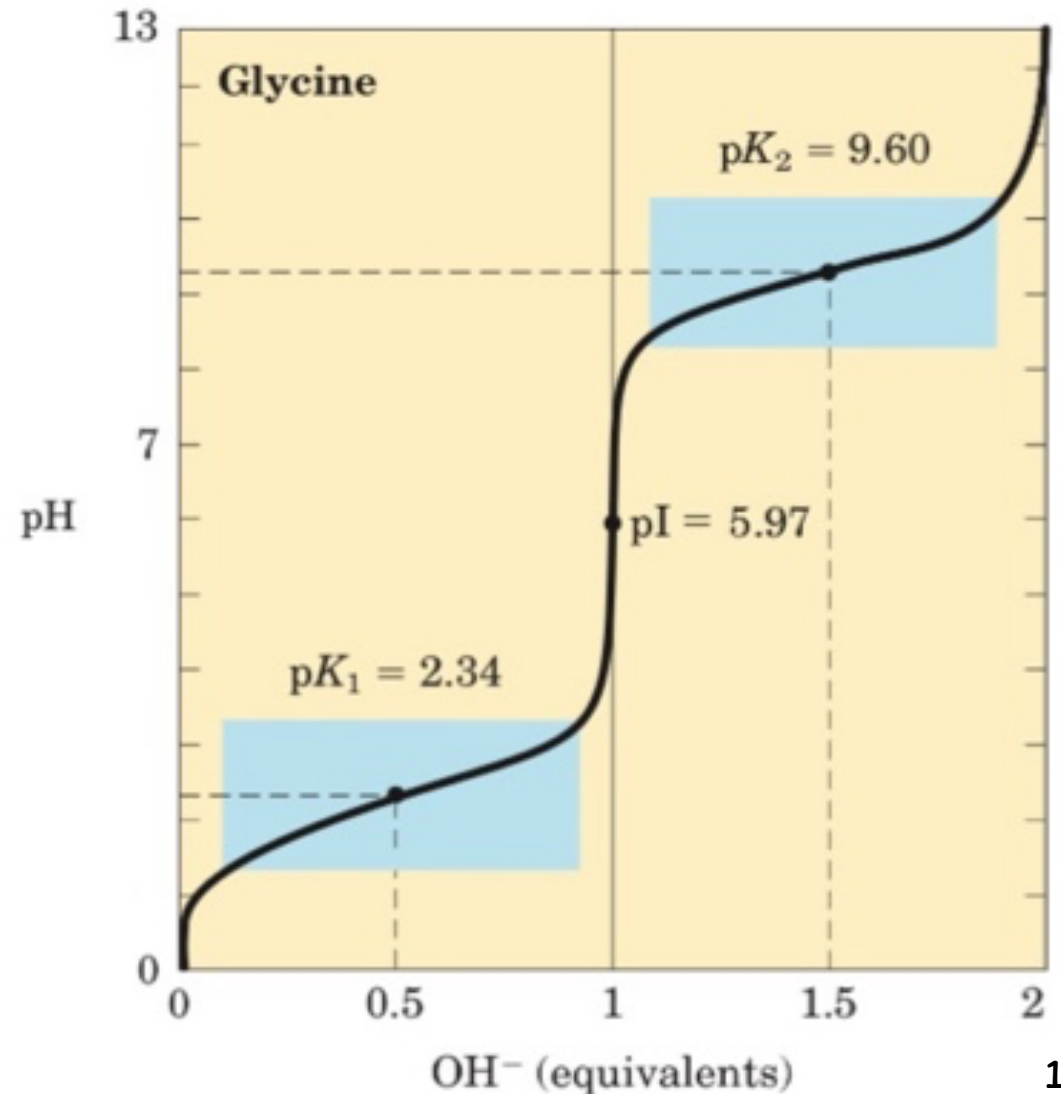
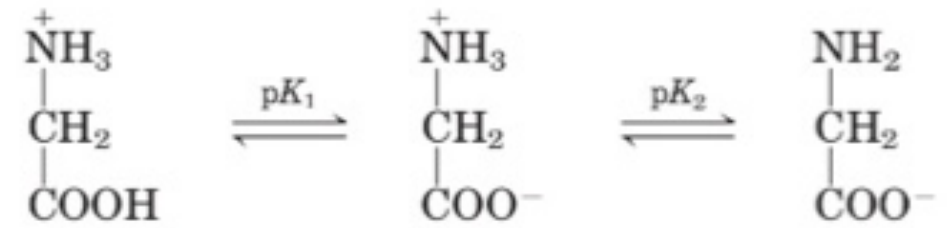
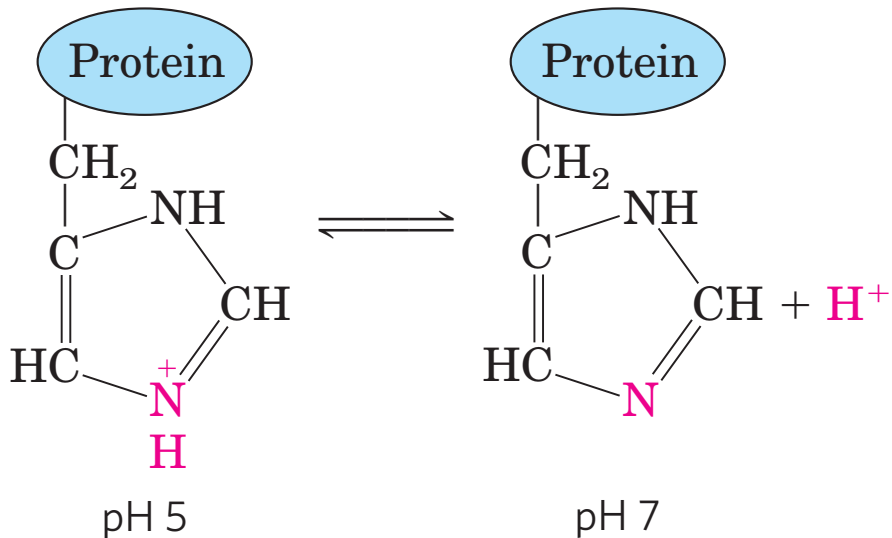
At low pH (excess H^+)

At neutral pH

At high pH (too few H^+)



Glycine & Histidine



Acidosis and Alkalosis

- ภาวะกรดเกิน (acidosis)
- ภาวะด่างเกิน (alkalosis)
- ความผิดปกติของการรักษา pH ของร่างกาย
- ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกายตามมา

Metabolic acidosis/alkalosis

Respiratory acidosis/alkalosis

Acidosis and Alkalosis

Metabolic acidosis

- เกิดจากการมี HCO_3^- ลดลง จากการสูญเสียมาก หรือสร้างกรดมากขึ้น
- Ketoacidosis (สร้าง ketone body สูง) จากแอลกอฮอล์ และเบาหวาน
 - Lactic acidosis (สร้าง lactic acid สูง)
 - ยาหรือสารบางชนิด เช่น aspirin, methanol เป็นต้น
 - สูญเสีย HCO_3^- จากการท้องเสีย

Metabolic alkalosis

- เกิดจากการมี HCO_3^- เพิ่มขึ้น จากการสูญเสียกรดมากหรือได้รับ HCO_3^- มากขึ้น
- กินยาขับปัสสาวะ
 - อาเจียนเป็นเวลานาน
 - ขาดน้ำอย่างรุนแรง
 - ได้รับ HCO_3^- เข้าไปในร่างกายเพิ่มขึ้น

Acidosis and Alkalosis

Respiratory acidosis

เกิดจากการกำจัด CO_2 ได้น้อยเกินไป

- โรคหรือความผิดปกติของปอด
- หายใจช้าลง จากยาหรือระบบประสาท
- โรคของระบบกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการหายใจ
- ทางเดินหายใจอุดตัน

Respiratory alkalosis

เกิดจากการกำจัด CO_2 มากเกินไป

- ปอดบวม เป็นไข้
- หายใจเร็ว (hyperventilation) จากการช็อค หรือ ยา
- ออกกำลังกายหนัก
- ตีตเชื้อ หรือ มะเร็งที่ระบบทางเดินหายใจ

Refs.

