총체수분량

- 성별 차이: 체지방 함량과 역비례
  - 남자: 55-60%/여자: 50-55%
- 연령별 차이

표 2-1 연령에 따른 체수분 함량(희석법에 의한 측정치)

(%체중)

연령	총 체수분량(%)	연령	총 체수분량(%)
0-5개월	72.2	6개월-1세	69.5
2-6세	63.1	7-16세	58.4
22-58세	51.7	71-84세	50.8

- 조직별 차이:
  - 혈액 83%>근육 76%>피부 72%>뼈 22%>지방조직 10%>치아 5%

제지방의 수분: 73%

체액의 기능

- 신체의 구조와 형태 유지
- 세포 대사에 필요한 환경 제공
- 물질수송의 매체
- 세포 내 화학반응에 용매로 작용
- 체온 유지

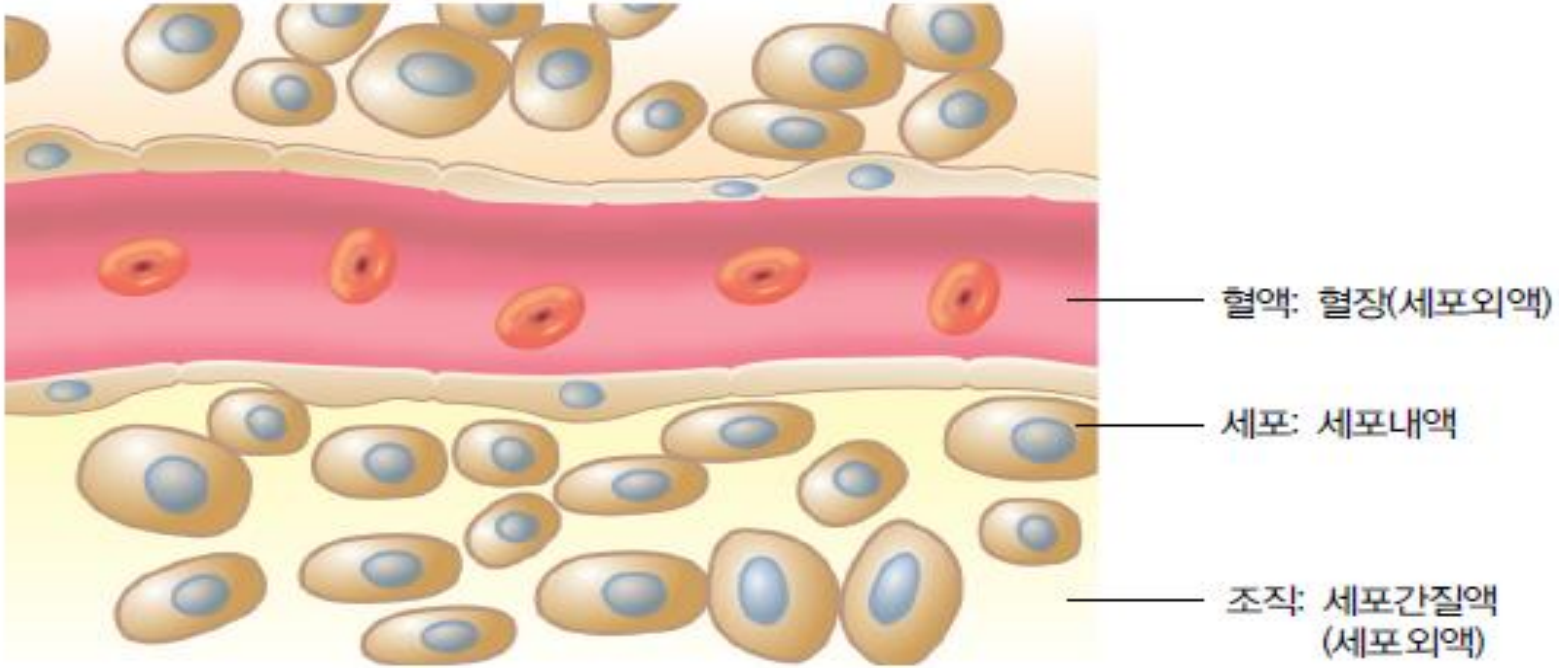
- **체액 손실 시 증상**
  구역질, 두통, 메스꺼움,
  정신착란, 경련, 혼수
  - 1%: 갈증
  - 10%: 생리기능 장애
  - 20%: 사망

체액의 구분

세포내액 (intracellular compartment; ICF)

- 총 체액의 2/3 (체중의 40%)
- 생화학 반응이 일어나는 장소

그림 2-1 체액의 구획과 분포



세포외액 (extracellular compartment; ECF):

- 총 체액의 1/3 (체중의 20%)
  - 혈장 (blood plasma) (체중의 5%)
  - 세포간질액 or 조직액 (interstitial fluid; ISF or tissue fluid) (체중의 15%)
- 신체의 내부환경:
  - 산소와 영양소 공급
  - 노폐물질 외부로 제거
  - pH와 삼투질 농도 유지

표 2-2 체액의 구획과 체액량(성인 체중 70kg)

체액의 구획	체액량(L)	% 체중
세포외액(ECF)	14	20
혈장(Plasma)	3	5
세포간질액(ISF)	11	15
세포내액(ICF)	28	40
총 체액량(TBW)	42	60

부종(浮腫, edema)

- 결합조직의 세포 사이 공간에 수액성 액체가 비정상적으로 축적되는 것

세포 외액의 증가

체액의 조성

세포 내외액 간에 현저한 차이

-. 세포내액: K+, Mg2+, HPO42-, 단백질

-. 세포외액: Na+, Cl-, HCO3-

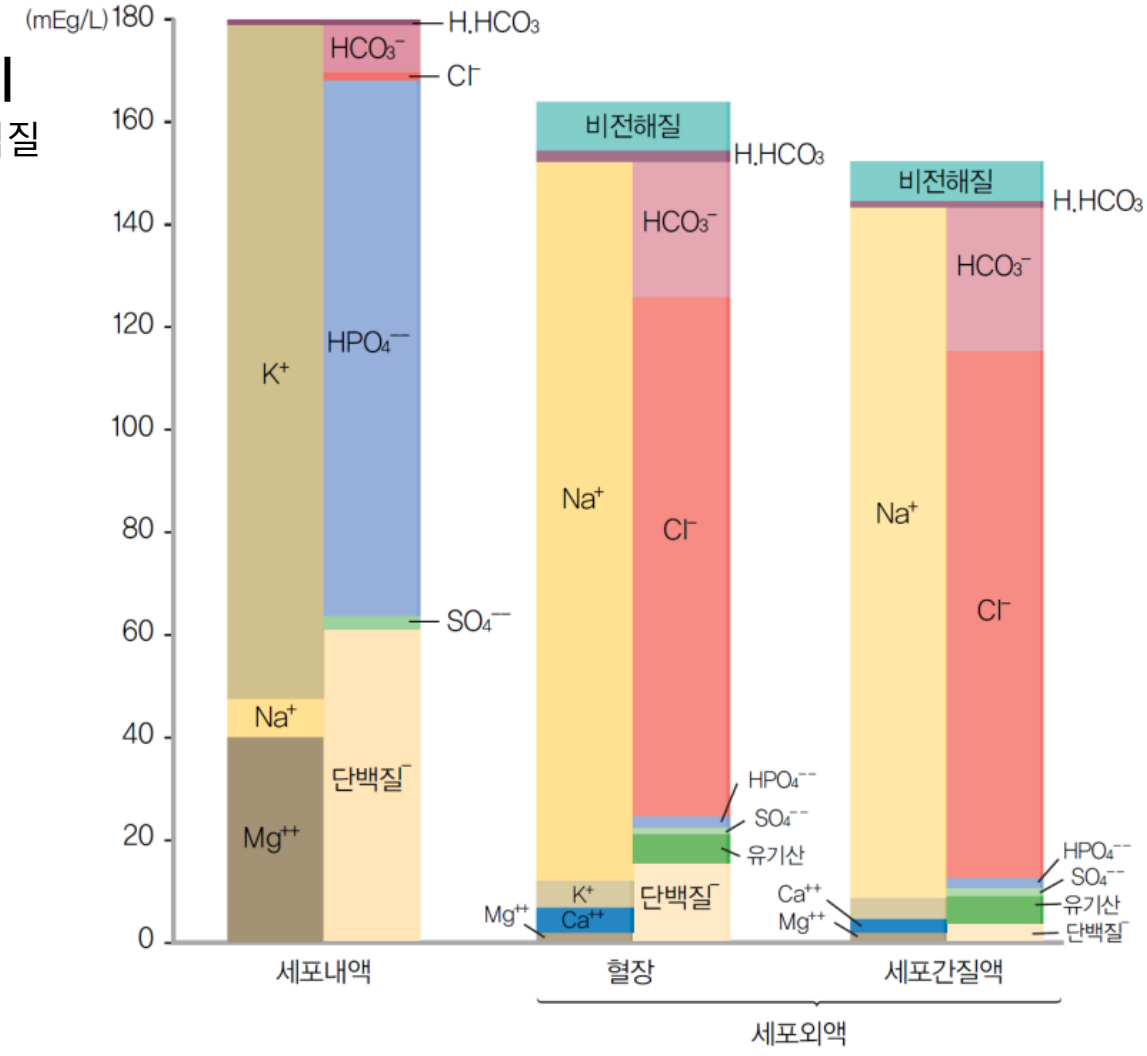
세포막의 투과성 때문

혈장과 세포외액 간:

단백질 농도만 차이

– 모세혈관벽 :
혈장 **단백질**을 제외한
모든 물질 투과

그림 2-2 세포내액과 세포외액의 조성



Claude Bernard (클로드 베르나르)
1813~1878, French physiologist

1854, 신체 내부환경의 조건을 일정하게 유지하는 것이 건강의 유지와 생명현상의 원활한 진행을 위한 기초적 조건임을 밝혔다.

신체내부환경의 조건
체온: 36~37℃
혈액의 pH : 7.35~7.45
혈액의 Ca : 9~11mg/dL
혈압
혈당
맥박
호흡

Walter Bradford Cannon

1871~1945, American physiologist

1929, 내부환경을 상대적으로 일정하게 유지하는 생리적 조절과정을 **항상성(homeostasis)** 이라는 말로 개념을 정립하였다.

내부환경을 정상상태로 유지하려는 조절과정

내부환경 > 체내 > 세포외액 > 혈장(plasma)

혈장의 상태와 조성을 유지하려는 조절작용이 항상성

항상성 = 동적인 평형상태 (dynamic equilibrium; homeodynamics)

정반응과 역반응 속도가 같아 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되는 상태

체온의 항상성

항온동물:
변온동물:

정상체온: 35.5 ~ 37.7℃

체열의 균형(항상성)

External heat input + Internal heat production = heat loss

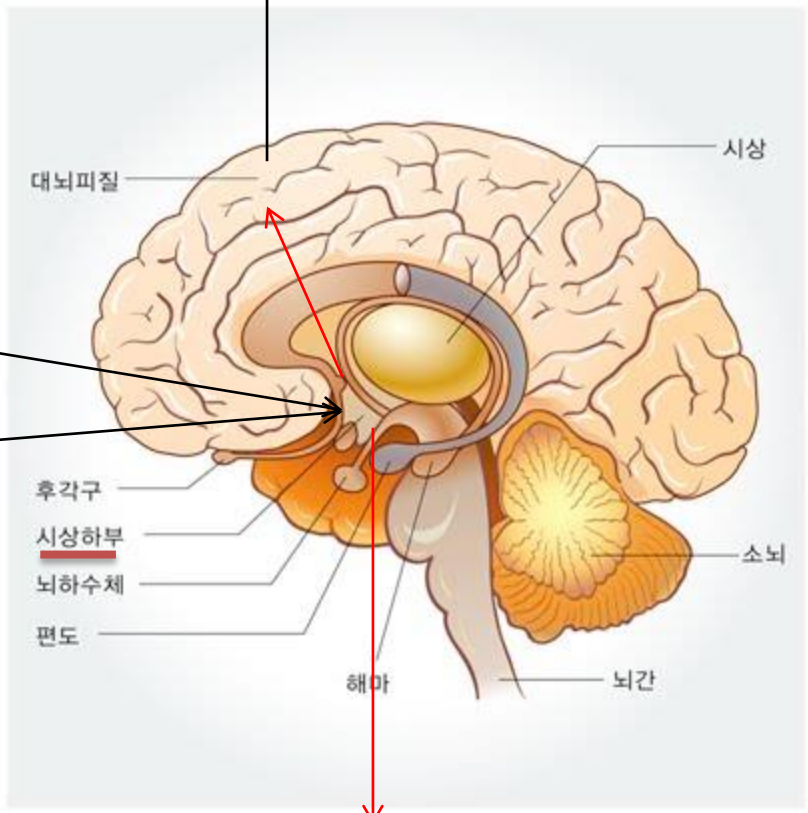
External heat input	Internal heat production	heat loss
기온	물질대사	호흡
수온	음식물 섭취	배뇨
불	근육활동	배변
	두뇌활동	땀
	세균감염	[물리적 체온조절]
	[화학적 체온조절]	

체온의 항상성

체온조절기구

옷을 벗고, 입게한다.
운동을 하거나, 중지하게 한다.

피부 ↓
말초온도수용기
중심온도수용기
↑ 장기



혈관확장, 수축
땀샘확장, 수축
식욕조절, 근육운동 조절

Central thermoregulation
체온조절중추

시상하부에 있으며,
체온을 조절하는 작용을
하는 신경집단

中樞, 중심이 되는 자리

일사병(日射病)

내리쬐는 강렬한 태양광선 아래에서 집단으로 훈련을 받거나 운동을 계속하다 보면 몇몇이 갑자기 쓰러져 의식을 잃는 경우, '더위 먹었다'고 하는 경우

열사병(熱射病)

환기가 되지 않는 밀폐된 보일러실과 같은 장소에서 장시간 작업을 하고 있을 때 의식을 잃는 현상이 일어날 수 다.
노인이나 아이들에게 잘 생기며, 군인이나 학생의 제복과 같이 몸에 꼭 끼이는 옷 또는 통기가 잘 되지 않는 복장을 하고 있는 경우에도 발생

둘 다 열로 인해 체온을 조절하는 뇌의 중추가 제 기능을 잃게 된 경우

응급처치

-우선 옷을 벗기고 통풍이 잘 되는 곳으로 옮겨 상반신을 약간 높게 눕힌다.

-구토를 하면 얼굴을 옆으로 돌려서 눕힌다.

-경련이 일어나면 혀가 물려 잘리기 쉬우므로 나무젓가락에 붕대를 감아 이빨사이에 재갈을 물린다.

-가까운 곳에 병원이 없으면 우선 찬물이나 얼음주머니를 몸에 대어 몸을 식히거나 알콜로 피부를 닦아준다.

-체온이 38도까지 내려가면 일단 식히는 것을 중지하고 10분마다 체온을 재면서 다시 오르면 재차 식혀준다.

산-염기 항상성

산, 酸, acid ; 용액에서 수소이온(H^+)을 내놓는 물질

염기, 鹽基, base ; 용액에서 수소이온을 받아 들이는 물질

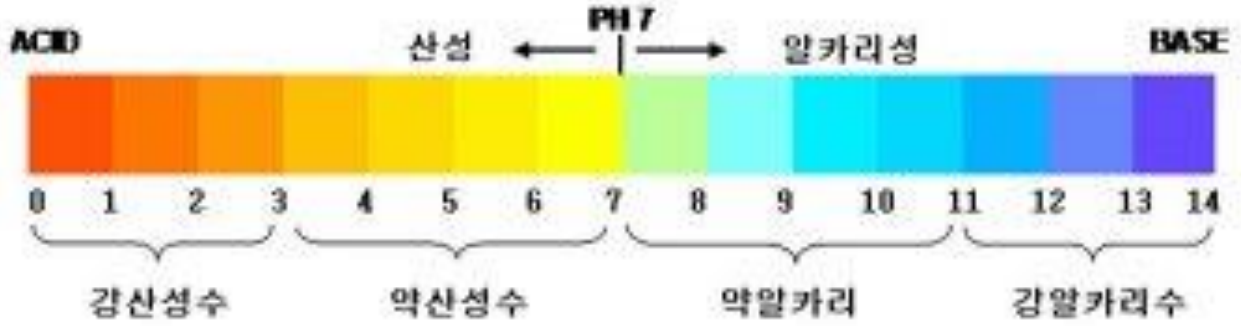
pH ; 용액에서 수소이온의 농도를 -log로 나타낸 값

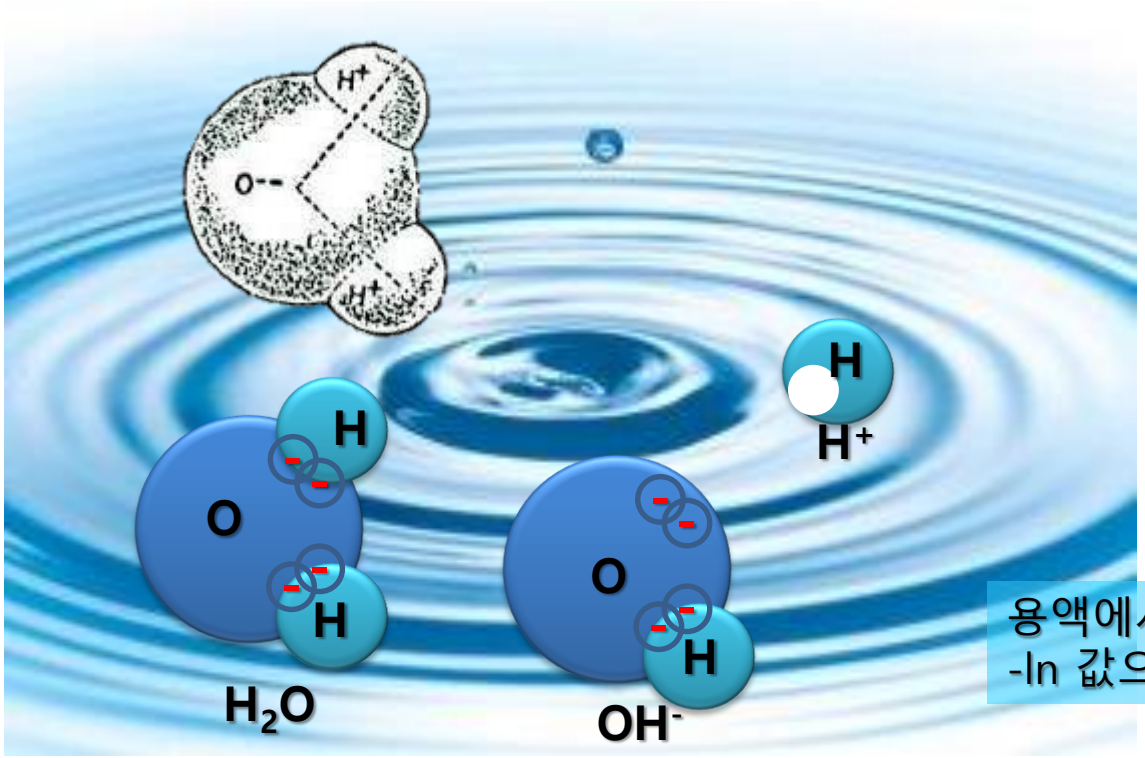
생체대사과정에서 수소이온의 농도(pH)가 미치는 영향

단백질의 구조를 변형시킨다.
효소반응에 영향을 미친다.
신경계 활동에 영향을 미친다.

혈액의 pH는 7.4±0.05

pH





$$\frac{\text{1개 } (H^+ + OH^-)}{10^7\text{개 } (H_2O)}$$

$-\ln 1/10^7 = 7$

용액에서 수소이온의 농도를
-ln 값으로 나타낸 수치 = pH

산-염기 항상성

인체는 염기보다 산을 더 많이 섭취하고 생산한다.

섭취한 음식물의 대사과정에서 발생하는 이산화탄소, 인산, 황산은 물에 녹아 수소이온을 발생시킨다.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

음식물의 대사과정에서 발생하는 수소이온을 처리하지 않으면, 혈액의 pH는 0.6에 이르게 된다.

산혈증(acidosis) < pH 7.35 정상혈액 pH 7.45 <알칼리혈증(alkalosis)

※ 위액의 pH 1~2, 요의 pH 4.8~7.5

소화관이나 신장의 세뇨관 내부는 신체내부환경이 아니다.

산-염기 항상성

체액에서 산염기 평형은 산의 유입과 유출에 의해서 균형이 이루어 진다.

염기의 유입과 유출은 산에 비해 매우 적은 량으로 영향을 미치지 않는다.

산의 유입

① 인체의 세포에서 정상적인 대사결과로 생성된 이산화탄소는 혈중에서 수소이온을 생성

② 인단백질, 황단백질, 기타 유기물의 대사결과 생성되는 인산(H_3PO_4), 황산(H_2SO_4)은 혈중에서 수소이온을 생성한다.

③ 근육운동으로 생성된 이산화탄소, 젖산, 피루브산은 혈액에 수소이온을 생성한다.

④ 설사나 소변으로 중탄산염을 손실한 경우, 역으로 수소이온을 얻는 결과를 초래한다.

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$$

산의 유출

① 유기물 대사에서 수소이온의 소비

② 호흡으로 이산화탄소의 배출

③ 소변을 통한 산의 배출

(1) 혈액의 완충작용에 의한 조절

완충제(buffer)

: 용액에 산 또는 염기를 첨가했을 때 수소이온을 내어 놓거나 결합함으로써, 수소이온 농도의 급격한 변화를 막는 물질

: 약산과 그 염의 혼합물로 구성되어 있다.

ex, H_2CO_3 + $NaHCO_3$

완충작용(buffering action)

: 완충제가 수소이온과 결합 또는 분리되면서 수소이온 농도의 균형이 회복될 때까지 수소이온을 조절함으로써 pH변화를 최소화하는 작용

체액에서 작용하는 완충계

완 충 계	조 성		적용체액
	약산	염	
중탄산완충계	H_2CO_3 H_2CO_3	$NaHCO_3$ $KHCO_3$	혈장의 중요 완충계 적혈구 내부 완충계
인산완충계	NaH_2PO_4 KH_2PO_4	Na_2HPO_4 K_2HPO_4	세포 내 완충계 적혈구 내부 완충계
단백질완충계	H•Protein H•Hb, H•HbO_2	Na•Protein K•Hb, K•HbO_2	세포 내 완충계 적혈구 내부 완충계

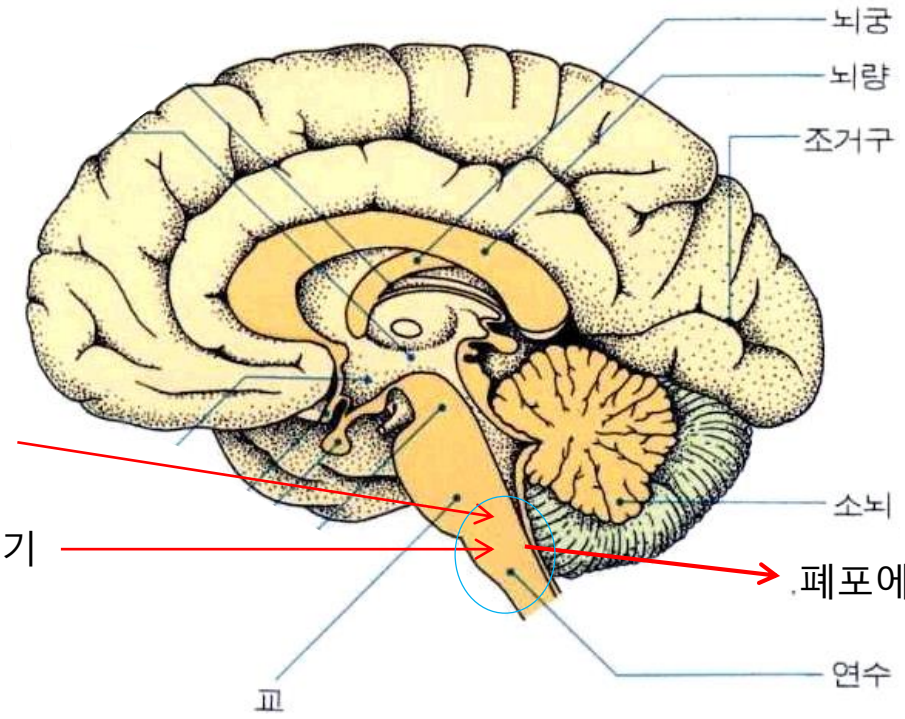
산-염기 항상성

(2) 호흡에 의한 조절

: 폐포 내의 탄산가스분압과 산소분압을 일정하게 유지하여, 동맥혈 내의 탄소와 산소의 분압을 조절한다.

: 가스교환은 분압차에 의해서 일어나며, 확산에 의해서 이동한다.

: **호흡중추**는 **흡식중추**와 **호식중추**로 구분되고 **연수**에 있다.



혈장에서 CO_2 분압상승

혈관의 말초화학수용기

↑

혈장에서 pH의 저하

폐포에서의 가스교환을 촉진

산-염기 항상성

(3) 신장에서 산-염기의 평형조절

♠ 신장에서 중탄산이온의 재흡수 및 수소이온의 배설

1. 신장의 네프론 세포에 이산화탄소(CO_2)함량이 높아지면, 이산화탄소는 물에 용해되어 수소이온과 중탄산이온을 생성하는 방향으로 반응이 진행된다.

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H^+ + HCO_3^-$$

2. 반응에 의해 생산된 수소이온은 세뇨관으로 배출되고, 중탄산이온은 재흡수 되어 혈액으로 들어 간다. 이때 신장의 네프론 세포에는 2개의 완충계가 작용하는데 인산 완충계와 암모니아 완충계이다.

인산완충계

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H^+ + HCO_3^-$$

$$Na_2HPO_4^- \rightarrow Na^+ + NaHPO_4^-$$

$$Na^+ + HCO_3^- \rightarrow NaHCO_3$$: 혈액으로 재흡수

$$H^+ + NaHPO_4^- \rightarrow NaH_2PO_4$$: 세뇨관에서 소변으로 배출

수소이온은 인산완충계의 인산과 결합하여 세뇨관에서 소변으로 배출되며,
중탄산은 인산완충계의 나트륨과 결합하여 중탄산나트륨을 형성해서 핼액으로 재흡수된다.

암모니아 완충계

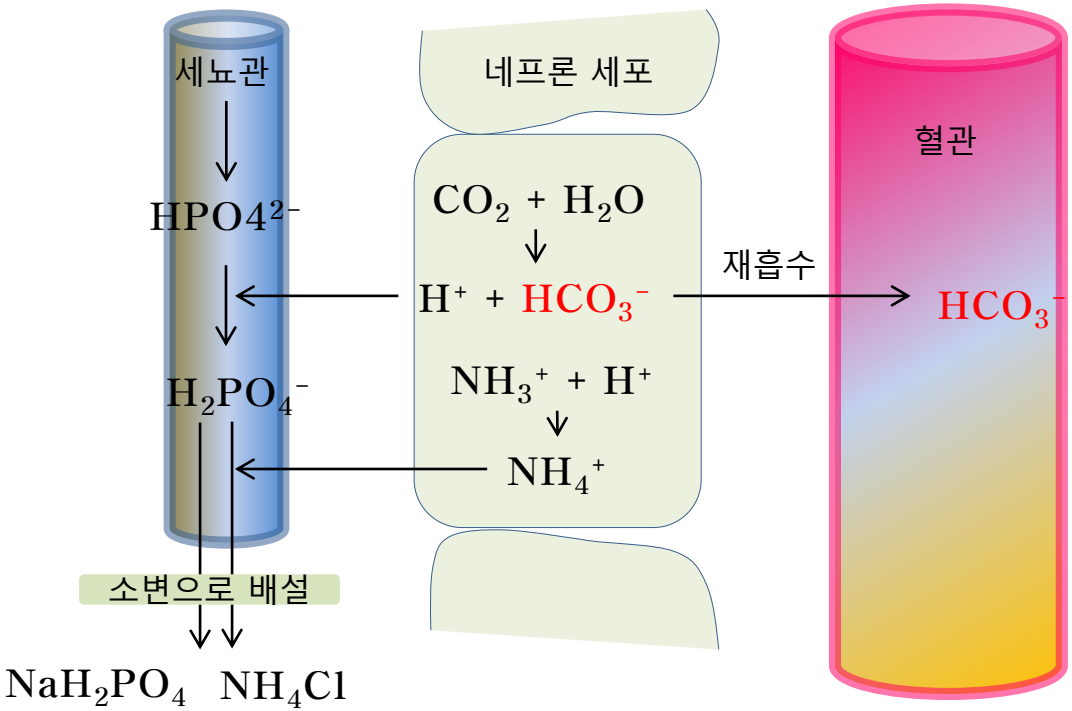
산-염기 항상성

$CO_2 + H_2O \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

+

$NH_3 \rightarrow NH_4^+ + Cl^- \rightarrow NH_4Cl$: 세뇨관에서 소변으로 배출

① 아미노산 대사에서 암모니아(NH_3)가 만들어지고,
② 암모나아는 수소이온과 결합해서 암모늄이되고,
③ 염화암모늄의 형테로 세뇨관에서 소변으로 배출된다.



다음은 25 ℃에서 아세트산의 이온화 평형 반응식을 나타낸 것이다. 이 수용액에 아세트산 나트륨($CH_3COOHNa$)을 소량 넣었을 때 일어나는 변화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$$CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

① 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

② [CH_3COOH]가 증가한다.

③ [CH_3COOH^-]가 증가한다.

④ pH가 작아진다.

⑤ 이온화 상수(Kα) 는 달라지지 않는다.

CH_3COONa을 가하면CH_3COOH^-의 농도가 증가하므로 역반응으로 평형이 이동하여H_3O^+의 농도가 감소하고 pH는 증가한다.

①, ②CH_3COONa을 가하면CH_3COOH^-이 첨가된 것과 같으므로 역반응으로 평형이 이동하여 [CH_3COOH]가 증가한다.

③CH_3COO^-이 첨가되었으므로 [CH_3COO^-]가 증가한다.

④$CH_3COOHNa$을 가하면 이온화하여CH_3COO^-이 증가하므로 역반응으로 평형이 이동하여H_3O^+의 농도가 감소하고 pH는 증가한다.

⑤ 일정한 온도에서는 평형이 이동하여도Kα는 달라지지 않는다.

산-염기 항상성

산-염기 평행의 이상

호흡성 산혈증(respiratory acidosis)

폐에서 CO_2의 배출이 원활하지 않아 혈장의 CO_2 농도가 높아진 경우 발생한다.
원인: 환경 중에 CO_2의 농도가 높아, 호흡으로 CO_2의 교환이 어려울 때 발생하거나,
호흡기 장애(폐렴, 호기종, 호흡중추마비), 호흡곤란, 폐,심장질환
증상: 산소결핍으로 인한 두통, 피로, 불안이 나타나며, 중증의 경우 신경증상, 혼수,
사망으로 이어진다.

호흡성 알카리혈증 (respiratory alkalosis)

혈장의 CO_2를 과잉으로상실한 경우
원인: 과호흡, 히스테리, 불안, 환경의 산소부족(고산지대 저산소증), 폐렴, 폭서로 인한 과호흡,
과도한 인공환기 등에 의해서 일어날 수 있다.

대사성 산혈증(metabolic acidosis)

임상적으로 가장 많으며, 호흡성 산혈증을 제외한 모든 산혈증을 말한다.
원인: 젖산의 과도한 생성(격심한 운동, 저산소), 케톤체 증가(당뇨병, 기아, 임신),
중탄산이온과 알칼리의 대량상실(설사), 산성물질의 신장배설장애(신질환)
증상: 호흡수 증가, 심호흡 증가

대사성 알칼리혈증(metaboric alkalosis)

지속적인 구토로 위산을 다량 상실한 경우 일어나며 매우 드물다.

산-염기 항상성

산 농도의 증가
수소이온 농도의 증가
세포외액(혈액)의 pH하강

→ (1) 혈액의 완충작용

$$H^+ + NaHPO_4 \rightarrow NaH_2PO_4$$

혈액 속에 증가한 수소이온을 인산완충계가 작용하여 혈액의 pH하강을 방지한다.

→ 연수(호흡중추) →

(2) 폐포에서 가스교환을 촉진

$$H^+ + HCO_3^- \rightarrow CO_2 + H_2O$$

이산화탄소를 배출한다.

→ (3) 신장에서 수소이온의 배출 및 중탄산이온의 재흡수

NaH_2PO_4 : 세뇨관에서 소변으로 배출

$Na^+ + HCO_3^- \rightarrow$

$NaHCO_3$: 혈액으로 재흡수

삼투질농도, osmolarity

1L의 용액 속에 들어있는 용질(이온, 분자)의 몰농도 : Osm/L

포도당 1M 수용액은 1 Osm/L (비전해질)

NaCl 1M 수용액은 2 Osm/L (수용액에서 Na^+와 Cl^-의 2개의 이온으로 존재하므로 이온 수를 곱한다.)

체액의 삼투질농도는 대략 300mOsm/L 이다.
체액과 삼투질농도가 같은 용액을 등장액(isotonic solution)

생리식염수(physiological saline)
150mM NaCl, 300mOsm/L, 0.85%~0.9% NaCl

링거(Ringer) 주사액
8.2~9.0g NaCl, 0.25-0.35g KCl, 0.30~0.36g $CaCl_2$ / 1L

삼투질농도의 평형

♥ 체액의 삼투질 농도의 균형은 **수분**과 **나트륨**의 섭취와 배설의 평형에 의해 이루어진다.

성인의 1일 수분 섭취량과 손실량

섭 취 량		손 실 량	
음료수	1,200(1,200~1500)	불감손실량	
음식	1,000(700~1,000)	호흡	400(350~700)
대사수	300(200~350)	피부	500(450~700)
		소변	1,500(900~2,000)
		대변	100(100~200)
(에너지 100Kcal당 10~15mL)			
계	2,500	계	2,500 ml/day

♥ 성인의 하루 최소 수분요구량은 1,500ml (소변 700ml, 대변 100ml, 호흡 350ml, 피부 350ml)

♥ 수분요구량은 기온, 근육운동, 땀, 질환 등에 따라서 크게 영향을 받으며, 정상적인 환경에서는 대체로 2,000~2,500mL에서 균형을 이룬다.

삼투질농도의 평형

성인의 1일 염화나트륨 섭취량과 손실량

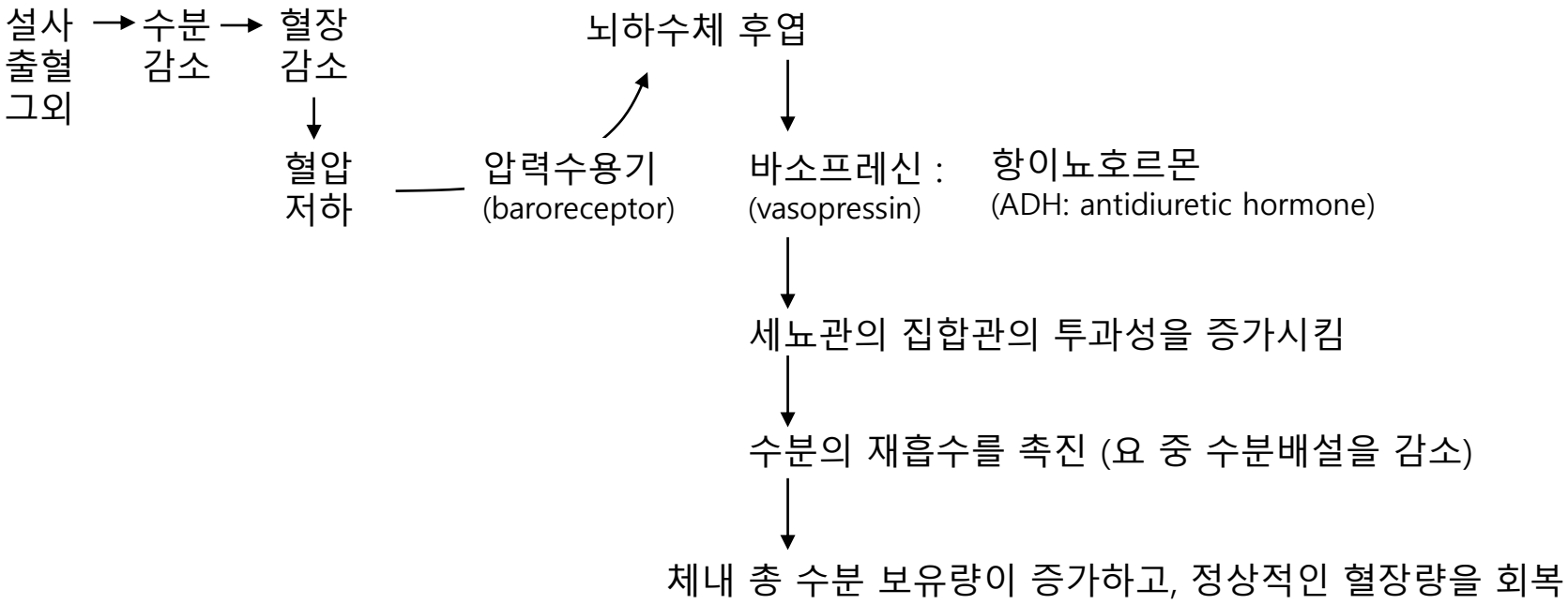
섭 취 량		손 실 량	
음식물	10.5	땀 소변 대변	0.25 10.0 0.25
계	10.5	계	10.5 g/day

- 성인의 1일 염화나트륨 섭취량과 손실량은 약 10g 정도에서 균형을 이룬다.
- 정상적인 생리상태에서는 수분 및 염분의 섭취량과 배설량이 일치하며, 이들 성분은 체내에 축적되지 않고, 일정하게 항상성을 유지한다.
- 수분과 염분의 조절을 통한 삼투질농도의 조절은 주로 **신장**에서 수행되는 수분과 나트륨의 재흡수 과정을 통해서 이루어 진다.

삼투질농도의 조절 메커니즘

- 삼투질농도의 조절은 세포외액(주로 혈장)의 수분함량과 전해질 농도를 조절하는 것으로 대부분 신장에서 담당한다.
- 자율신경계, 뇌하수체 호르몬, 부신피질 호르몬의 작용에 의해서 조절되며,
- 혈액량 조절, 나트륨 농도 조절, 수분섭취 조절의 세가지 과정으로 이루어 진다.

(1) 신장의 혈액량 조절



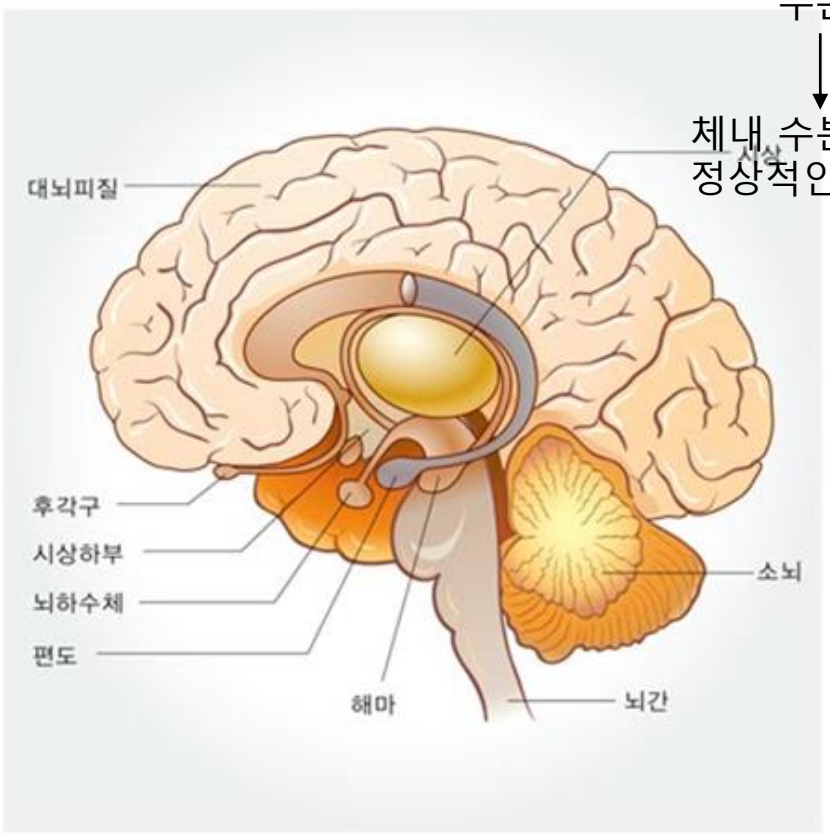
체액의 삼투질 농도조절

수분 과다 → 혈장의 삼투질농도 감소 → 삼투수용기 (osmorecetor) → 뇌하수체 후엽

뇌하수체 후엽 → 바소프레신 분비억제:
(vasopressin = ADH, 항이뇨호르몬)

→ 수분의 재흡수를 억제(요 중 수분 배설량 증가)

→ 체내 수분 보유량을 감소시키고,
정상적인 혈장량과 삼투질 농도를 회복시킨다.



(2) 신장의 나트륨 농도 조절

간(liver)

↓

안지오텐시노겐
(angiotensinogen)

신장의
방사구체 세포
(juxtaglomerular cell)

나트륨의 감소

↓

① 신장의 교감신경 활성화
② 신장 내 압력수용기(baroreceptor)의 반사
③ 밀집반(macula densa)의 나트륨 함량 감소

↓

레닌(renin)

↓

안지오텐신I
(angiotensinI)

↓

안지오텐신 전환효소
(angiotensin converting enzyme, ACE)
[모세혈관 내피세포에 존재]

↓

안지오텐신II
(angiotensinII)

부신피질

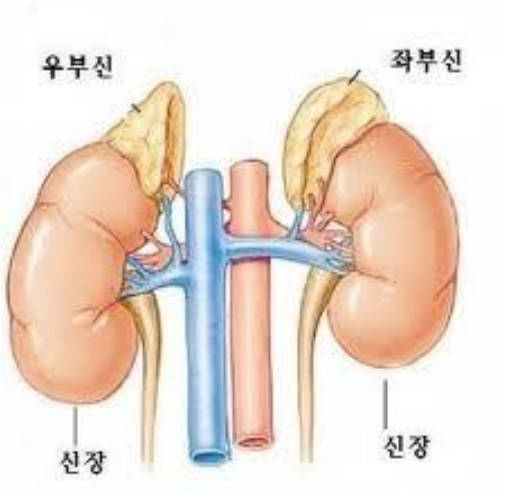
↓

알도스테론
(aldosterone)

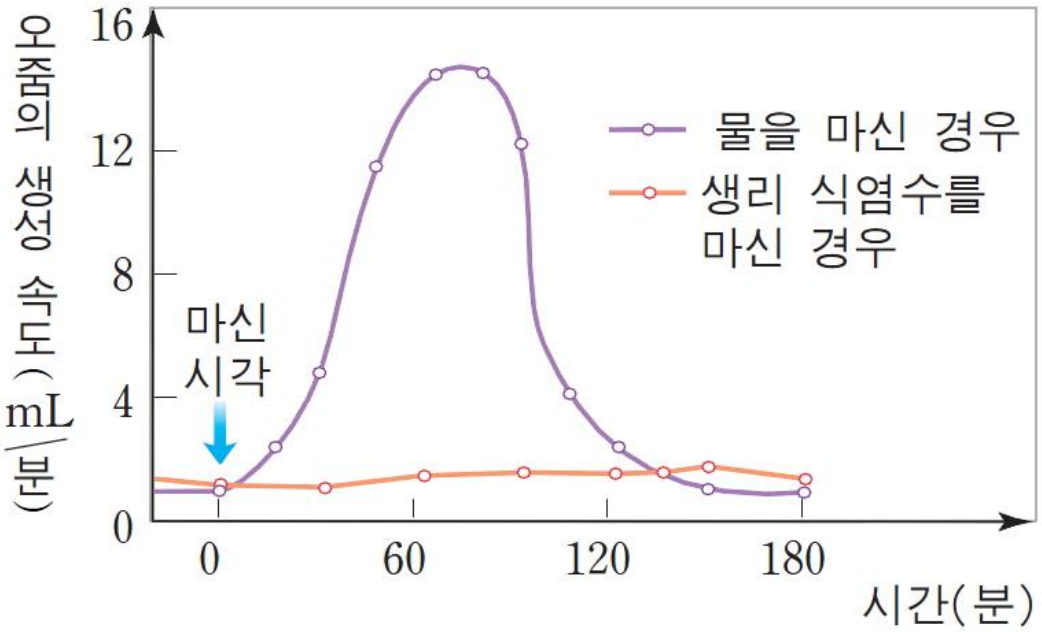
→ 나트륨의 재흡수 촉진

↓

[혈관을 수축해 혈압을 상승시킨다.]
[항이뇨호르몬을 분비해 수분 재흡수를 촉진]



그림은 물을 마신 경우와 생리 식염수를 마신 경우의 오줌 생성 속도를 나타낸 것이다. 생리 식염수를 마신 경우보다 물을 마신 경우 오줌의 생성 속도가 증가하는 이유로 옳은 것은?



① 체내 삼투압이 증가하기 때문에

② 체내 수분량이 감소하기 때문에

③ ADH의 분비량이 감소하기 때문에

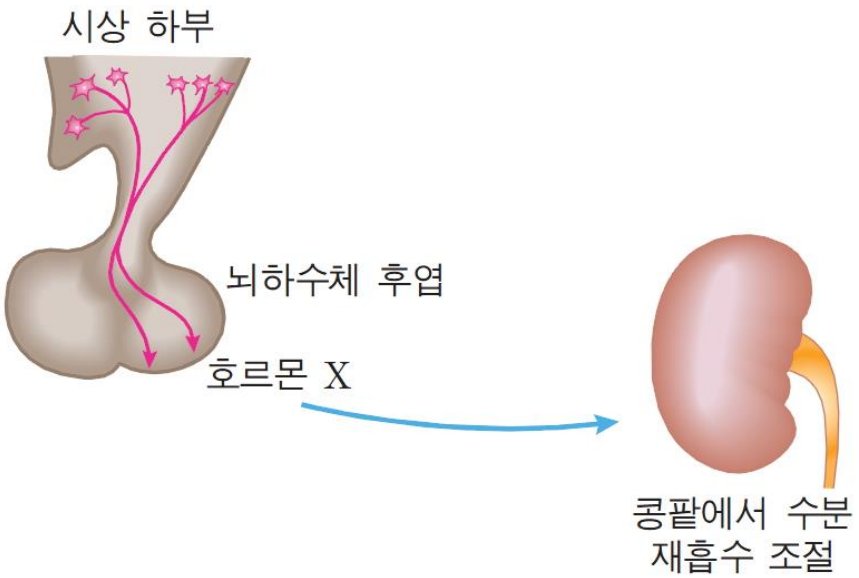
④ 콩팥에서 수분의 재흡수가 증가하기 때문에

⑤ 뇌하수체 후엽에서 호르몬 분비가 증가하기 때문에

물을 마시면 체내 수분량이 증가하여 삼투압이 감소하므로 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬의 분비량이 감소한다. 그 결과 콩팥에서 수분의 재흡수량이 감소하므로 오줌량이 증가하게 된다. 생리 식염수는 체액의 삼투압을 변화시키지 않으므로 뇌하수체 후엽의 ADH 분비량에 큰 변화가 없다. 따라서 콩팥에서 물의 재흡수량에도 큰 변화가 없어 오줌량이 일정하게 유지된다.

① 체내 삼투압이 감소하기 때문이다.
② 체내 수분량이 증가하기 때문이다.
④ 콩팥에서 수분의 재흡수율은 감소하기 때문이다.
⑤ 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬의 분비량이 줄어들기 때문이다.

그림은 체내의 수분량을 조절하는 호르몬의 분비 과정을 나타낸 것이다. 시상 하부에서 생성되어 뇌하수체 후엽에 저장되었다가 콩팥의 수분 재흡수 기능에 영향을 주는 호르몬 X는 무엇인가?



① 티록신
② 알도스테론
③ 에피네프린
④ ADH(vasopressin)
⑤ 당질 코르티코이드

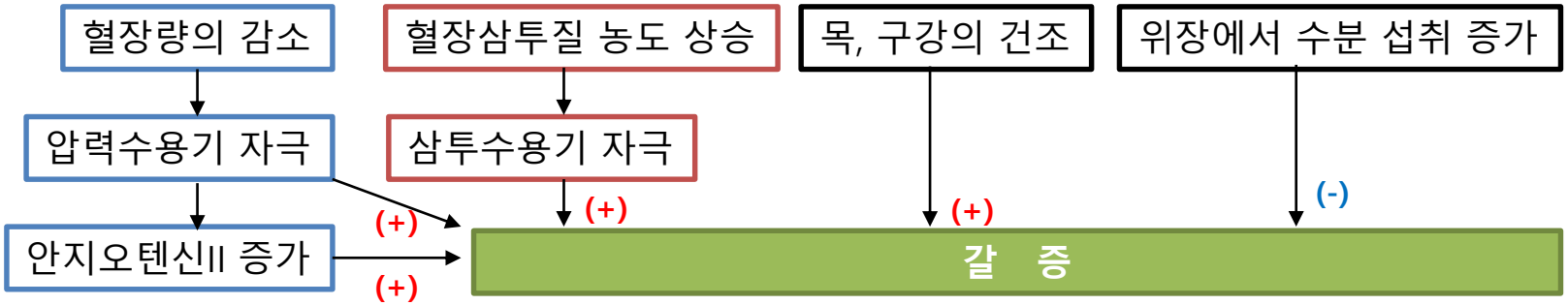
뇌하수체 후엽에서는 항이뇨 호르몬(ADH)과 옥시토신이 분비된다. 간뇌의 시상 하부는 체액의 삼투압을 조절하는 중추이다. 삼투압이 높아지면 시상 하부의 자극으로 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬이 분비되어 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다. 그 결과 체내 수분량은 증가하고 오줌량은 감소한다.
① 티록신은 갑상샘 호르몬으로 물질대사를 촉진한다.
② 알도스테론은 무기질 코르티코이드로 부신 겉질에서 분비되어 혈액의 무기 염류량을 조절한다.
③ 에피네프린은 부신 속질에서 분비되어 심장 박동을 촉진하고, 혈압을 증가시키며, 혈당량을 증가시킨다.
⑤ 당질 코르티코이드는 부신 겉질에서 분비되는 호르몬으로 혈당량을 증가시킨다.

(3) 수분섭취 조절과 갈증

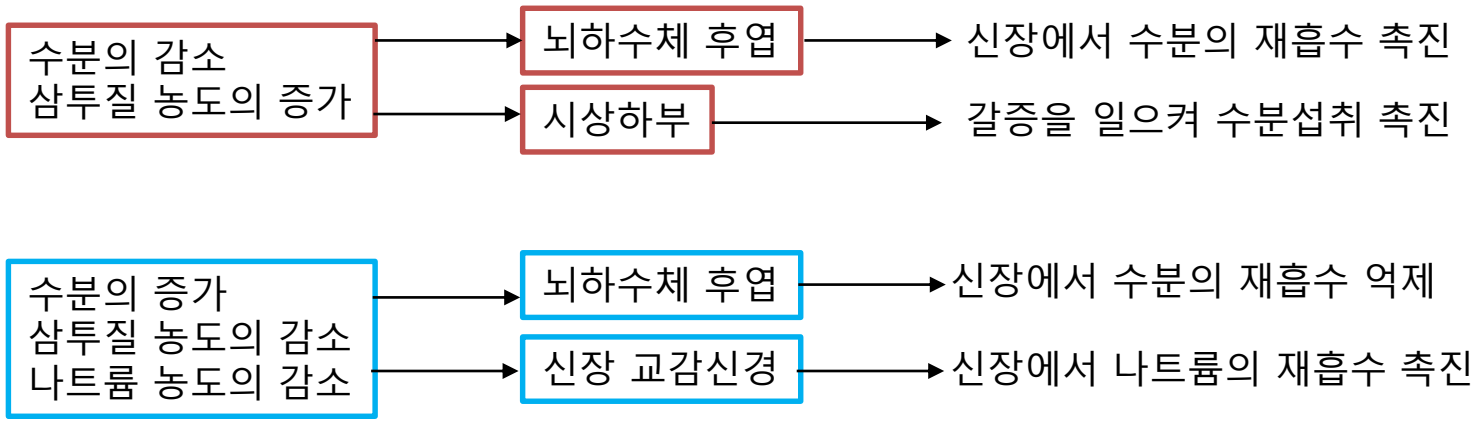
♣ 갈증(thirst) ; 인체의 수분 함량을 일정하게 유지하려는 생리현상

♣ 체액의 삼투질 농도 조절에는 갈증감(thirst sensation)에 의한 수분섭취 조절이 주된 방법이다.

♣ 갈증조절중추(thirst center)는 시상하부에 있으며,
① 체액량 감소
② 혈장의 삼투질 농도 상승에 의해서 자극받아 갈증을 일으킨다.



체액의 삼투질 농도조절


수분의 감소
삼투질 농도의 증가
뇌하수체 후엽
신장에서 수분의 재흡수 촉진
시상하부
갈증을 일으켜 수분섭취 촉진
수분의 증가
삼투질 농도의 감소
나트륨 농도의 감소
뇌하수체 후엽
신장에서 수분의 재흡수 억제
신장 교감신경
신장에서 나트륨의 재흡수 촉진