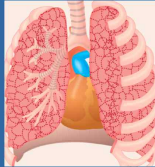





CHAPTER 8

호흡



목차



호흡기계의 구조와 기능	I
호흡과정과 호흡운동	II
폐용적과 폐 용량	III
기체의 운반 과 교환	IV

IV

I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조

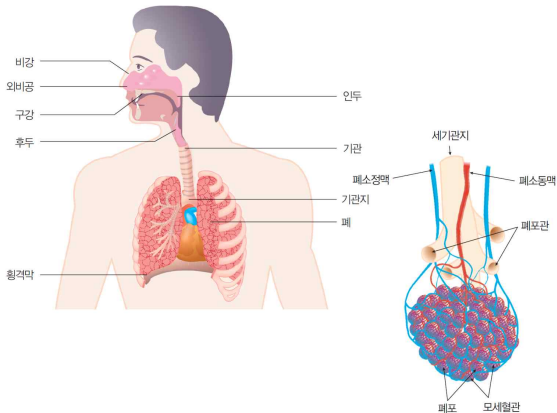
- 호흡기계: 산소를 공급하고 세포내에서 생성된 이산화탄소를 체외로 배출하는 기능

코-인두-후두-기관과 기관지-폐와 폐포로 구성.

- 공기 중의 산소는 호흡기의 외부와 연결된 코나 입을 통하여 들어 와 후두를 지나 폐로 들어감.
- 후두는 기관과 연결되어 좌우 2개의 기관지로 나뉘어 폐로 연결됨.
- 공기의 통로는 폐포의 포도송이 말단에서 끝남
(공기는 기관지를 지나 세기관지, 폐포낭을 거쳐 폐포에 도달)



그림 8-1 호흡기계의 구조



I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조

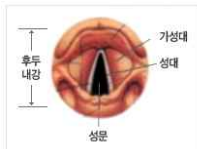
1) 코 (비강): 외부의 공기는 콧구멍을 통해 코로 들어감.

- 코 안은 비강과 비중격에 의해 나누어짐
- 비강에는 호흡점막과 후각감수체가 존재함.
 - 호흡점막
 - 혈관 발달: 흡입된 공기의 온도가 체온보다 낮으면 가온하는 역할
 - 점액 분비: 이물질 (박테리아) 유입 차단
 - 비강 내에 존재하는 섬모: 오염된 점액을 인두로 이동시켜 뱉거나 삼키게 함.
(6 um보다 더 큰 입자는 폐의 호흡구역으로 들어가지 못하게 하는 여과의 기능)
 - 후각감수체: 냄새 감지

2) 후두: 인두 하부에 위치하며

여러 개의 연골 후두개로 구성.

- 음식물의 기관 유입 차단
- 후두 점막에 성대주름: 공기가 성대를 지나면 진동되어 소리를 발생

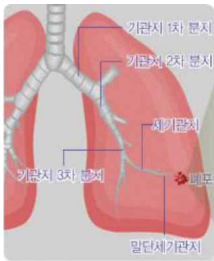


I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조

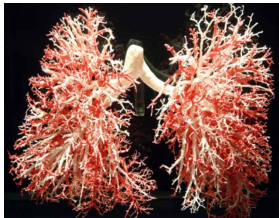
기관 및 기관지

- 후두에 연결된 기관의 도입 부분은 폐포가 없는 2개의 기관지로 나뉘어 두 개의 폐로 연결되며 기관지에서 혈액과의 기체 교환이 일어남.

기관, 기관지, 세기관지 및 종말(말단) 세기관지



〈정상 기관지〉

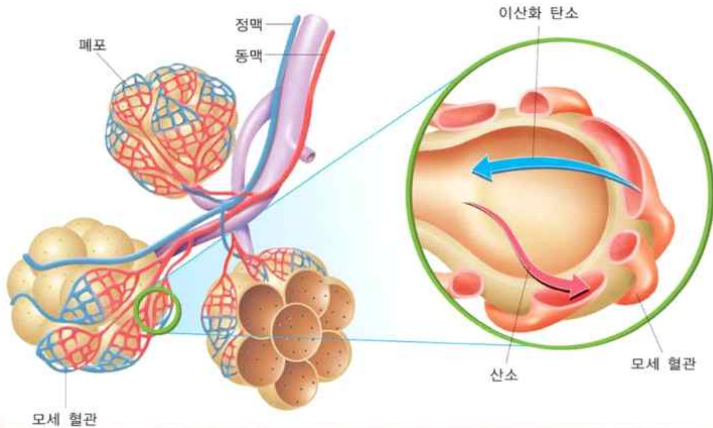


I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조

기관 및 기관지

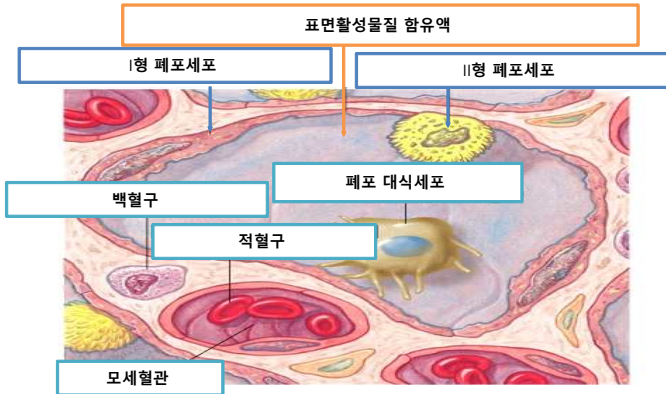
- 기관 부위에서는 공기의 온도와 습도를 조절하며 이물질을 제거
- 기관의 상피세포층에는 섬모가 있으며 점액을 분비
 - 점액: 이물질 (박테리아)을 분비된 점액에 붙여서 인두쪽으로 밀어냄.
- 세기관지는 이물질이 폐포로 들어가는 것을 방지하기 위해 수축.
- 폐와 폐포
 - 폐는 심장과 함께 흉강 즉 가슴 안에 위치.
 - 폐에는 3억개의 공기주머니인 폐포가 존재
 - 폐포는 체포면적보다 40배나 넓어 대량의 가스를 보유, 교환이 가능.
 - 폐포 주위에는 모세혈관이 그물처럼 싸여 있어서 공기와 가스의 교환을 할 수 있는 혈액이 공급됨.

I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조



I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조

폐포와 모세혈관



I 호흡기계의 구조와 기능 - 1. 호흡기계의 구조

전도구역과 호흡구역

- 호흡계의 기도는 2개의 기능적 구역(전도구역, 호흡구역)으로 구별됨
- 전도구역 (conducting zone)
 - 호흡구역에 이르기 전까지 공기가 지나는 영역
 - 입, 코, 인두, 후두, 기관, 1차 기관지, 세 기관지, 종말 세기관지로 구성.
 - 기능: 공기를 호흡구역으로 전도하는 역할과,
들숨의 가운, 가습, 여과, 정화 기능을 담당.
점액: 흡기에 포함된 이물질 포획하여 여과기능을 수행.
섬모: 인두 쪽으로 점액이동
- 호흡구역 (respiratory zone)
 - 공기와 혈액 간 **기체교환**이 일어나는 영역
 - 세기관지와 말단 폐포낭이 포함됨.

I 호흡기계의 구조와 기능 - 2. 호흡기계의 기능

■ 호흡의 주요기능

1) 산소 공급

2) 이산화탄소 배출: 이산화탄소는 혈액으로 방출되어 탄산이 되어 폐로 운반된 후 체외로 배출.

3) 체액의 산, 염기 평형 조절: 탄산의 배출을 통한 산-염기의 평형조절

4) 체수분과 체열 방출:

- 호흡 불감증설(호흡을 통한 수분배출이 감지되지 않음): 400 mL/일
- 수분방출은 피부를 통한 발한과 함께 체온을 조절하는 중요한 방법.

5) 발성

- 성대의 주름: 발성기와 공명통(진동) 역할

- 호흡은 숨쉬기로서 산소를 흡입하여 공급하고, 세포 내에서 산화되어 생성된 이산화탄소를 체외로 배출시키는 과정임.
- 폐의 안과 밖으로의 공기 이동은 폐 부피(폐 용적)의 변화에 의해 생긴 압력의 차이에 의해 일어남.
- 공기는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하므로, 전도구역과 호흡구역 사이의 공기 이동은 기도의 두 말단 간 압력 차이로 일어남.
- 혈액이 혈관을 통해 흐르는 것처럼 세기관지를 통한 공기의 흐름은 압력 차이와 직접 비례.
- 호흡과정은 폐환기, 외호흡, 내호흡의 세 과정으로 구분.

II 호흡과정과 운동 - 1. 호흡과정

(1) 폐환기: 폐포 내 공기와 대기 사이의 공기 교환

공기가 압력차이에 의해 폐를 드나드는 물리적 현상

(2) 외호흡: 외부공기와 혈액 사이에 산소와 이산화탄소가 교환되는 과정

즉, 폐 혈액과 폐포 사이에 일어나는 기체 교환.

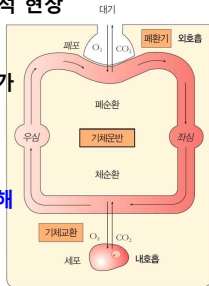
산소와 이산화탄소는 **분압차에 의한 확산을 통해 교환**이 이루어짐.

(3) 내호흡: 혈액과 조직 세포 사이에서

산소와 이산화탄소의 교환이 이루어지는 과정.

내호흡 과정까지 일어나야 기체교환의 최종 목적이 달성됨.

이러한 호흡과정은 신경계와 그 외 여러가지 요소들에 의해 조절됨.



II

호흡과정과 운동 - 2. 호흡운동

- 호흡운동은 흡기와 호기의 반복으로 이루어지며, 흉곽과 횡격막 운동에 의해 일어남.
- 늑간근(흉곽)과 횡격막이 규칙적으로 수축과 이완을 되풀이.
- 흡기
 - 늑간근/횡격막 수축 ➡ 흉강/폐 팽창 ➡ 폐 내압 저하
 - 폐 내압 < 대기압
- 호기: 폐의 부파기 줄어들어 폐 내압이 높아져서 공기가 밖으로 나오게 됨.
 - 늑간근/횡격막 이완 ➡ 흉강/폐 수축 ➡ 폐 내압 상승
 - 폐 내압 > 대기압
- 과환기, 저환기가 발생

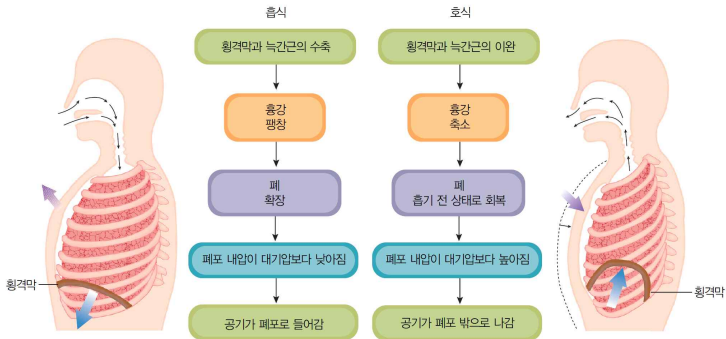
환기 과잉으로 이산화탄소를 지나치게 배출하면 알카리혈증이 발생

환기 부족상태에 이르면 산혈증이 유발

저산소증은 흡기가 부족해 산소공급이 생리적 요구량 이하이면 나타나게 됨.



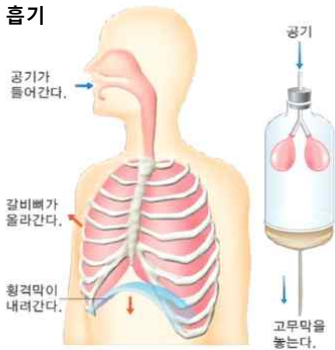
그림 8-4 흡식과 호식 때 일어나는 과정



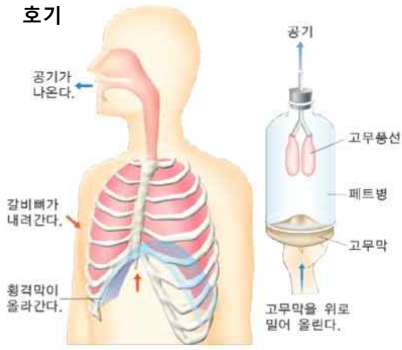


음식과 호흡 때 일어나는 과정

흡기



호기



- 호흡은 호흡근의 수축과 이완(호흡운동)을 반복하며 주기적으로 지속됨.
- 호흡 운동은 호흡중추에 의한 신경조절과 화학물질 조절에 의해 이루어짐.

1) 호흡 중추에 의한 신경성 조절

- 호흡은 두가지 신경성 조절에 의해 조절됨
자율조절과 수의적조절

중추는 뇌의 연수와 뇌교에 위치하며 흡식중추와 호식중추로 나뉨.

- 연수에 존재하는 흡식중추는 호흡조절의 기초가 되며 지속적인 흡기를 일으킴.
- 뇌교에는 흡식중추와 호흡조정중추가 있어 흡식중추의 기능에 영향을 미침.
- 호흡은 횡격막과 늑간근을 구성하는 골격근이 신경자극에 의해서 수축과 이완이 반복되므로 횡경막이나 늑간근에 분포한 운동신경의 흥분에 의해 일어남.
- 이러한 운동신경의 충동이 뇌로 전달됨으로써 호흡의 리듬과 깊이가 조절됨.

- 호흡은 호흡근의 수축과 이완(호흡운동)을 반복하며 주기적으로 지속됨.
- 호흡 운동은 호흡중추에 의한 신경조절과 화학물질 조절에 의해 이루어짐.

1) 호흡 중추에 의한 신경성 조절

- 호흡은 두가지 신경성 조절에 의해 조절됨. ① 자율 조절과 ② 수의적 조절
자율 조절 중추는 뇌의 연수(리듬영역)와 뇌교(호흡조정영역)에 위치
수의적 조절은 대뇌피질에 존재하는 수의 조절계에 의해 일어남.
- 호흡은 횡격막과 늑간근을 구성하는 골격근이 신경자극에 의해서 수축과 이완
이 반복되므로 횡격막이나 늑간근에 분포한 운동신경의 흥분에 의해 일어남.
- 이러한 운동신경의 충동이 뇌로 전달됨으로써 호흡의 리듬과 깊이가 조절됨.

뇌간의 호흡중추

- 연수: 직접적으로 호흡을 조절하지만 뇌교의 조절중추의 영향을 받음.
 - 두 개의 호흡중추 신경세포군(뒤의 배측호흡부와 앞의 복측호흡부) 존재
 - 복측호흡부는 호흡의 기초리듬을 담당: 흡식을 유도하는 흡식 중추
 - 흡식 (I)뉴런: 흥분 시 척수의 체성뉴런을 자극하여 흡식을 유발
 - 호식 (E)뉴런: 흥분 시 흡식(I) 뉴런을 저해하여 호식 유발 (수동적)
- 뇌교: 흡식 중추와 호흡조정 중추 2개의 호흡중추로 구성
 - 지속성 흡식 중추: 연수의 흡식 (I)뉴런을 자극하여 흡기를 촉진
 - 호흡 조절중추: 지속성 흡식중추에 길항작용을 하여 흡기 저해

화학수용체 (chemoreceptors)

2) 화학적 호흡조절

- 호흡은 신경을 통해 조절될 뿐만 아니라 동맥 혈액 내의 화학적 성분 변화에 의해서도 조절됨.
 - 산소 분압(PO_2)이나 이산화탄소 분압(PCO_2) 또는 수소이온(H^+)농도의 영향을 받음.
 - 연수에 있는 중추화학수용체와 말초화학수용체 2개의 집단이 있음.
 - 이들 화학 수용체는 흥분성 시냅스 자극을 연수의 흡식중추로 전달.
- 중추 화학수용체: 연수에 위치하고 뇌 혈액의 변화에 반응
- 말초 화학수용체: 경동맥 소체와 대동맥 소체에 위치하여 동맥혈변화에 반응.
 - 감각신경섬유를 경유하여 연수로 자극을 전달함으로써 호흡을 조절.

화학수용기의 조절작용

- 중추 화학수용기:
 - 뇌 혈액의 $[H^+]$ 농도의 증가에 자극을 받음.
 - H^+ 는 BBB를 통과 못하나
 - CO_2 는 BBB를 통과하여 뇌 혈액 중에 H_2CO_3 생성하여 용액에 H^+ 를 방출.
 - 뇌척수액의 pH 저하
- 말초 화학수용기:
 - 동맥혈 $[H^+]$ 증가에 자극 (대사성 산독증)
 - 동맥혈 PCO_2 증가에 자극 (호흡성 산독증)
 - 동맥혈 O_2 저하에 자극(저산소증)

이산화탄소 분압에 의한 조절

■ 과환기

- 혈액 중의 이산화탄소 농도의 상승은 탄산(H_2CO_3)농도의 상승으로 이어져, 결국 수소이온농도의 증가를 초래하게 됨.

뇌 혈액의 수소이온농도가 증가하면, 중추 화학수용기가 자극을 받고
동맥혈의 수소이온 농도가 증가하면, 말초 화학수용기가 자극을 받음.

➡ 깊고 빠른 호흡을 통해 환기를 증가함으로써 이산화탄소의 배출을 늘림.

■ 저환기

혈액 내 이산화탄소의 양이 감소하거나 동맥혈 내 산소 농도가 정상 이상으로 증가하면, 환기량을 감소시켜 동맥 내 이산화탄소나 산소의 양을 정상수준으로 유지.

동맥혈의 수소이온농도에 의한 조절

- 호흡성 산혈증이나 호흡성 산알칼리혈증의 경우 화학수용기가 환기를 조절하는 중요한 역할을 함.
- 심한 운동으로 혈액에 젖산이 증가하면 말초 화학수용기의 자극으로 환기가 항진되어짐.
- 호흡성 산혈증으로 일어난 환기 증가는 동맥혈의 PCO_2 를 감소시키고 수소이온 농도를 낮추어 정상으로 돌아오게 함.
- 건강한 사람은 호흡기계를 통하여 항상성이 유지될 수 있음
 - 이산화탄소나 다른 종류의 산성 물질이 혈액에 축적되어 pH가 감소되면 더 깊고 빠른 호흡을 하여 많은 양의 이산화탄소를 배출하여 pH를 정상화.

산소 분압의 영향

- 동맥혈의 산소분압은 탄산가스 분압과는 달리 호흡 저하나 과호흡시 크게 변화하지 않음(산소함량은 헤모글로빈에 결합된 산소의 거대한 저장소 때문에 매우 느리게 감소)
- 호흡저하 시에는 아주 천천히 감소하며 과호흡시에는 큰 변화가 없음.
(정상 호흡시 헤모글로빈의 산소 포화도는 97%)
- 동맥혈의 산소분압의 변화는 환기 조절에 큰 영향력을 발휘하지 않음.
- 정상사태에서 혈액 PO_2 는 PCO_2 의 변화에 민감한 화학수용체의 민감도에 영향을 주어 간접적으로 호흡에 영향을 미치게 됨.
(PCO_2 에 대한 화학수용체의 민감도는 낮은 PO_2 에 의해 상승되며
높은 PO_2 에 의해 저하됨)

III

폐용적과 폐용량 - 1. 폐용적과 폐용량

- 폐용적이나 폐용량은 호흡 시 폐에 들어가는 공기의 양이나 폐에 드나드는 공기의 양을 부피로 나타내는 지표로 사용.
- 폐의 크기에 영향을 받으며 성별, 나이, 신체상태에 따라 다름

1) 폐용적: 폐 기능의 단일용적

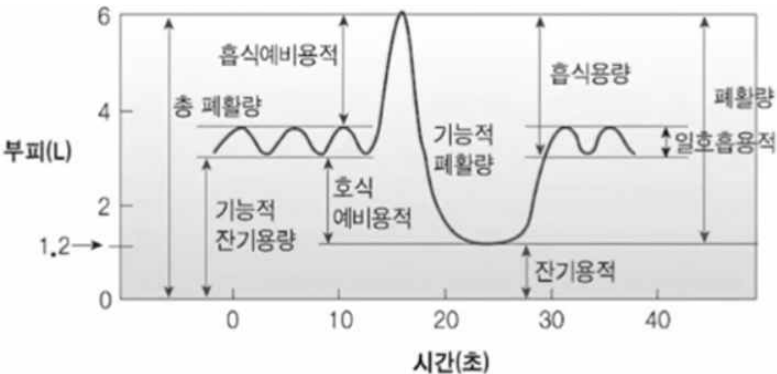
- 1회 호흡량: 안정호흡 시에 매 호흡주기마다 흡입 또는 호기하는 공기량
- 흡기예비량: 안정 시 흡기가 끝난 후 더 들이마실 수 있는 용량
- 호기예비량: 안정 시 흡기가 끝난 후 더 내보낼 수 있는 공기량
- 잔기량: 폐포가 허탈하지 않기 때문에

최대 호기가 끝난 후 더 내보낼 수 있는 공기량

(폐활량계로 측정이 불가)

III

폐용적과 폐용량 - 1. 폐용적과 폐용량



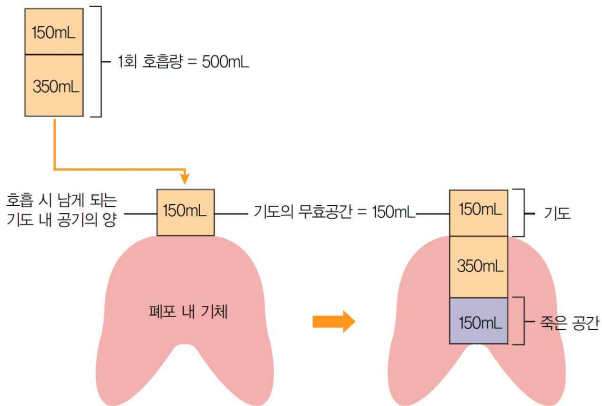
2) 폐용량: 둘 또는 그 이상의 폐용적을 합한 양

- 흡기용량: 안정 시 호기가 끝난 후 최대로 들이마실수 있는 공기량
(흡기예비량 + 1회 호흡량)
- 기능적 잔기용량: 안정 시 호기가 끝난 후 폐 내 남아있는 공기량
(잔기량 + 호기 예비량)
- 폐활량: 숨을 최대로 들이마신 다음 강하게 최대로 내쉴 수 있는 공기의 최대량
(호기 예비량 + 흡기 예비량 + 1회 호흡량의 합과 같음)
- 전폐용량: 최대로 흡입하였을 때 폐 내 공기량
(폐활량 + 잔기량)
- 잔기량을 폐활량계로 측정할 수 없으므로,
기능적 잔기용량과 총폐용량은 폐활량계로 측정할 수 없음.

- 폐환기량: 매 분당 폐를 통해 환기되는 양:
 - 폐환기량 = 1회 호흡량 x 호흡률
 - 정상적인 사람은 휴식기에 1분에 12회 호흡을 하고 1회 호흡시 500 ml의 공기를 흡입하고 다시 내쉬게 됨
 - 폐환기량은 $6,000 \text{ mL/min} = 500 \text{ mL/min} \times 12$
- 폐포환기량: 매 분당 폐포를 통해 환기되는 양:
 - 전도구역(코, 입, 후두, 기관, 기관지, 세기관지)에 일부 공기 남아 있음:
 - 해부학적 사강 (anatomical dead space: DS)
 - 실제 폐환기량 (폐포환기량) = 호흡률 x (1회 호흡량 - 사강)
 - $4,200 \text{ mL/min} = (500 - 150) \text{ mL/min} \times 12$



그림 8-8 폐포의 환기량



호흡방법과 폐포환기량 변화

- 폐포환기량: 호흡방법에 따라 큰 차이
- 폐환기량이 동일해도;
 - 호흡의 깊이와 호흡률(호흡속도)에 따라 폐포환기량 차이
 - **호흡의 깊이**가 호흡률보다 크게 영향
- 호흡의 깊이와 속도 영향인자:
 - 신체활동: 운동, 말하기, 재채기, 체온상승도 호흡 속도를 증가
 - 의식적 조절: 제한적, 노래할 때, 음식 삼킬 때
 - 감정상태: 공포, 놀람
 - 화학적 인자: 혈중 $[CO_2]$, pH



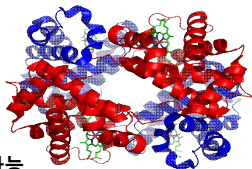
IV 기체의 운반과 교환 - 1. 산소의 운반과 교환

- 매 적혈구: 2억 8천만 Hb 함유

■ 혈액의 산소운반능력:
[Hb]가 결정

- 헤모글로빈 (Hb):

- 4개의 글로빈(polypeptides)와
4개의 hemes(철소를 함유)으로 구성,
 - Heme 중앙에 Fe^{2+} 1 원자 함유
 - Fe 한 분자는 산소 한 분자와 결합이 가능
하여 헤모글로빈 한 분자는 4개의 산소
분자와 결합이 가능함.



- 2억 8천만 개의 헤모글로빈 분자가 적혈구에 포함되어 있으므로
각 적혈구는 10억 분자 이상의 산소를 운반할 수 있음.

IV 기체의 운반과 교환 - 1. 산소의 운반과 교환

헴의 상태에 따른 Hb 종류

- 옥시 헤모글로빈 (산소헤모글로빈, oxy Hb):
 - 산소결합에 필요한 전자 공유/환원형 철(Fe^{2+})
 - 철은 전자를 공유할 수 있으므로 산소와 결합한 상태를 형성
- 디옥시 헤모글로빈 (탈산소 헤모글로빈, deoxy Hb):
 - 산소 헤모글로빈이 조직에 산소를 방출하기 위해 해리할 때
 - 헴 속의 철은 환원형 철(Fe^{2+})로 남아있음.
 - 산소를 방출한 상태
- 탈산소 헤모글로빈과 산소는 결합하여 산소헤모글로빈을 다시 형성.
이 반응을 결합반응 이라고 함.
- 산소 헤모글로빈은 해리되어 탈산소헤모글로빈과 유리 산소분자를 생성 (해리반응)
- 결합반응은 폐에서 일어나고 해리반응은 체모세혈관에서 일어나게 됨.

IV 기체의 운반과 교환 - 1. 산소의 운반과 교환

헴의 상태에 따른 Hb 종류

- 메트 헤모글로빈 (산화헤모글로빈, met Hb):
 - 전자 없음/산화형 철 (Fe^{3+})
 - 산소와 결합할 수 있는 전자가 없으므로 산소운반에 참여할 수 없는 상태
- 카르복시 헤모글로빈 (일산화탄소 헤모글로빈, carboxy Hb):
 - 전자를 공유/환원형 철
 - 몸 속에서 생긴 일산화탄소(CO)가 헴의 환원된 철과 결합한 상태, 결합력이 산소보다 210배나 더 강함.
 - CO가 산소대신 헤모글로빈과 결합(일산화탄소 중독)

IV 기체의 운반과 교환 - 1. 산소의 운반과 교환

산소 Hb의 해리

- 조직에서 방출되는 산소의 양은 산소의 농도 뿐만 아니라 이산화탄소, 온도, 수소이온농도, 체온, 적혈구에만 존재하는 2,3-diphosphoglyceric acid (2,3-DPG)의 영향을 받게 됨.
- 산소 Hb 해리에 영향을 주는 인자
 - PCO₂가 증가하면 수소이온 농도가 증가하면서 pH가 감소하게되어, 같은 산소분압이더라도 더 많은 산소를 조직에 내어주게 됨.
 - 체온상승: 헤모글로빈으로부터 산소의 해리를 촉진.
 - 2,3-DPG 증가: **Hb의 산소친화력을 감소시켜 조직으로 산소공급을 증가.**

IV 기체의 운반과 교환 - 2. 이산화탄소의 운반

- 조직세포에서 생성된 CO₂ → 혈액으로 확산 → 적혈구로 확산
 - 적혈구 내 탄산탈수효소

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$$
- 혈액 내 CO₂ 수송:
 - 대부분의 이산화탄소는 중탄산이온(HCO₃⁻)의 형태로 운반되어짐.
 - 동맥혈은 저산소, 고이산화 탄소의 상태가 됨.
 - 약 20% 정도의 이산화탄소는 적혈구 내의 헤모글로빈과 결합하여 카르바미노 Hb (carbamino Hb)으로 운반되어짐
 - 이산화탄소가 혈액에서 폐포 내로 확산이 이루어지려면 중탄산이온 형태에서 이산화탄소로 분리 되어 배출이 이루어짐.야 함.

그림 8-10 세포 내 CO₂ 운반

