17장 호흡역학

- 호흡계
- 기체법칙
- 환기

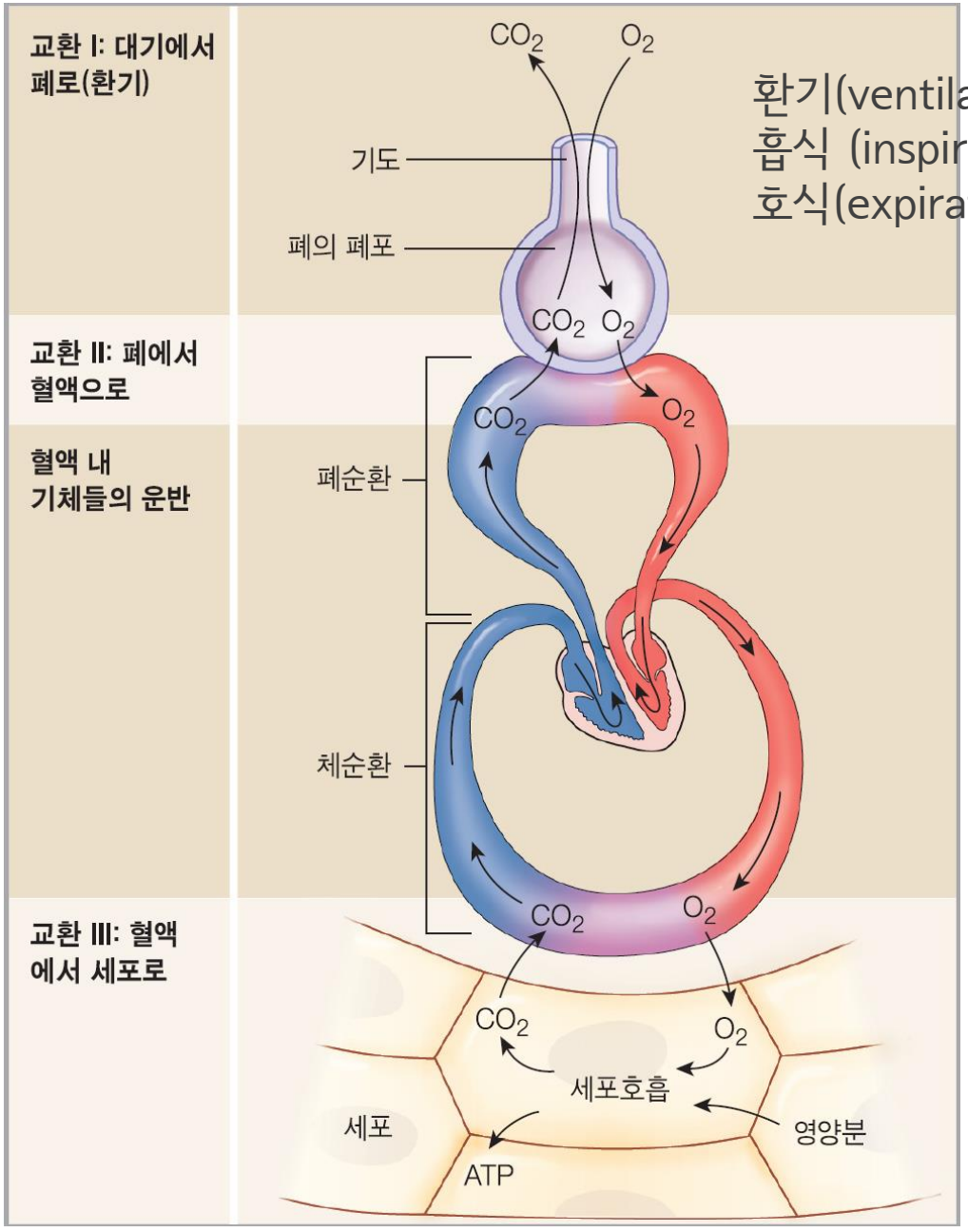
호흡계 (respiratory system)

호흡계의 네 가지 주요 기능

- 대기와 혈액 사이의 기체교환
- 신체 pH에 대한 항상성 조절
- 흡입된 병원성 세균과 자극성 물질로부터 보호
- 발성
- 수분과 열 손실

- 세포호흡(cellular respiration): 산소와 유기분자가 반응하여 이산화탄소, 물, ATP 형태의 에너지를 생산하는 세포내 반응
- 외호흡(external respiration)

호흡계



환기(ventilation, 호흡),
흡식 (inspiration, 들숨) +
호식(expiration, 날숨 exhalation)

호흡계

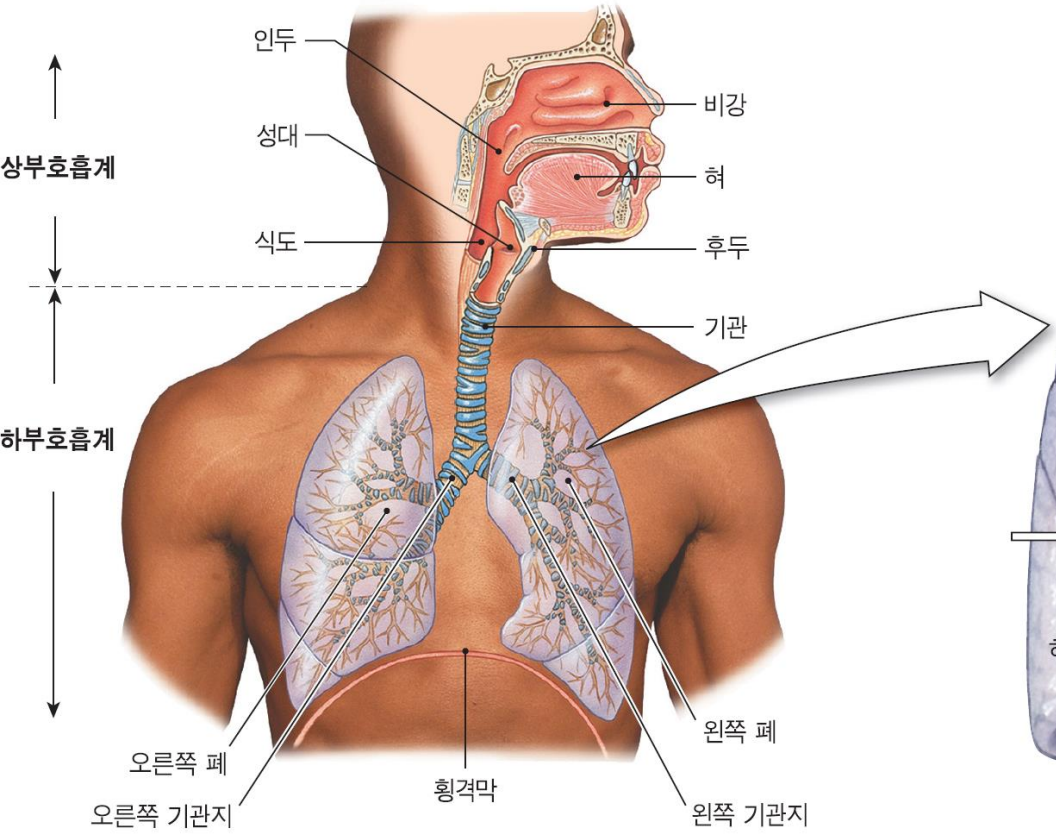
외호흡은 호흡계와 심혈관계의 사이의 조화를 필요로 함

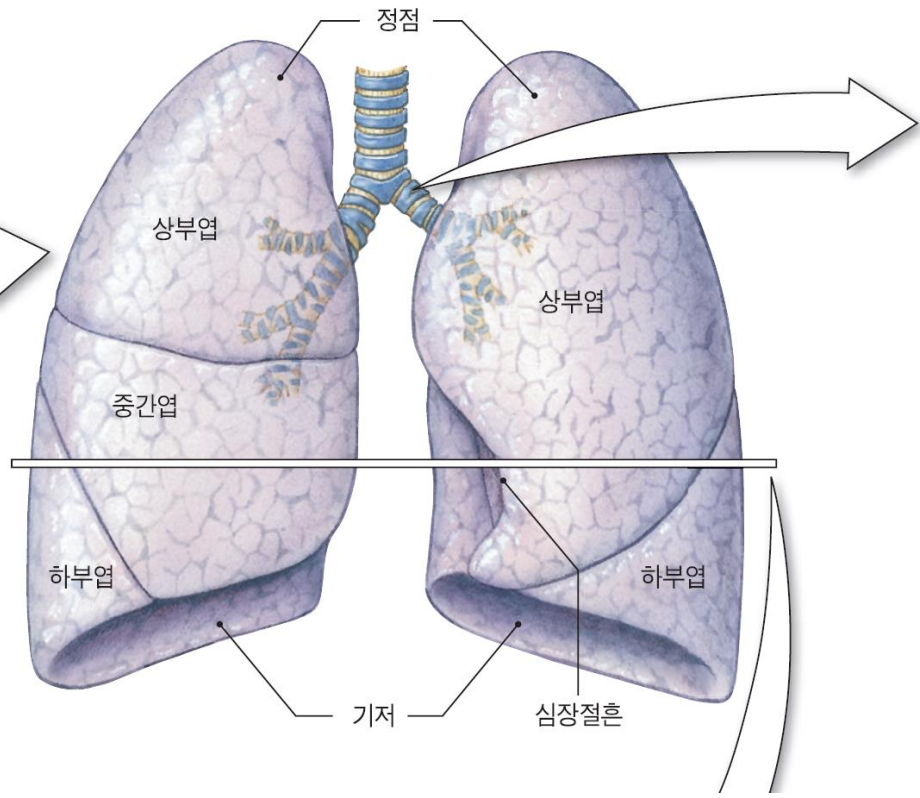
- 외부환경으로부터 폐 교환 표면에 이르는 통로의 전도계 또는 기도
- 폐포(alveoli), 일련의 상호 연결된 주머니 및 이들과 연관된 폐 모세혈관(pulmonary caplillary), 이러한 구조들은 산소가 흡입된 공기로부터 혈액으로 이동하고 이산화탄소가 혈액으로부터 내쉬게 될 공기로 이동하는 장소인 교환 표면을 형성
- 흉곽과 환기를 보조하는 뼈와 근육들

흉곽의 뼈와 근육은 폐를 둘러싸고 있다

(a) 호흡계는 상부 및 하부로 나뉜다.

(b) 외부 조명에서 오른쪽 폐는 3개의 엽으로 나뉘고, 왼쪽 폐는 2개의 엽으로 나뉜다.

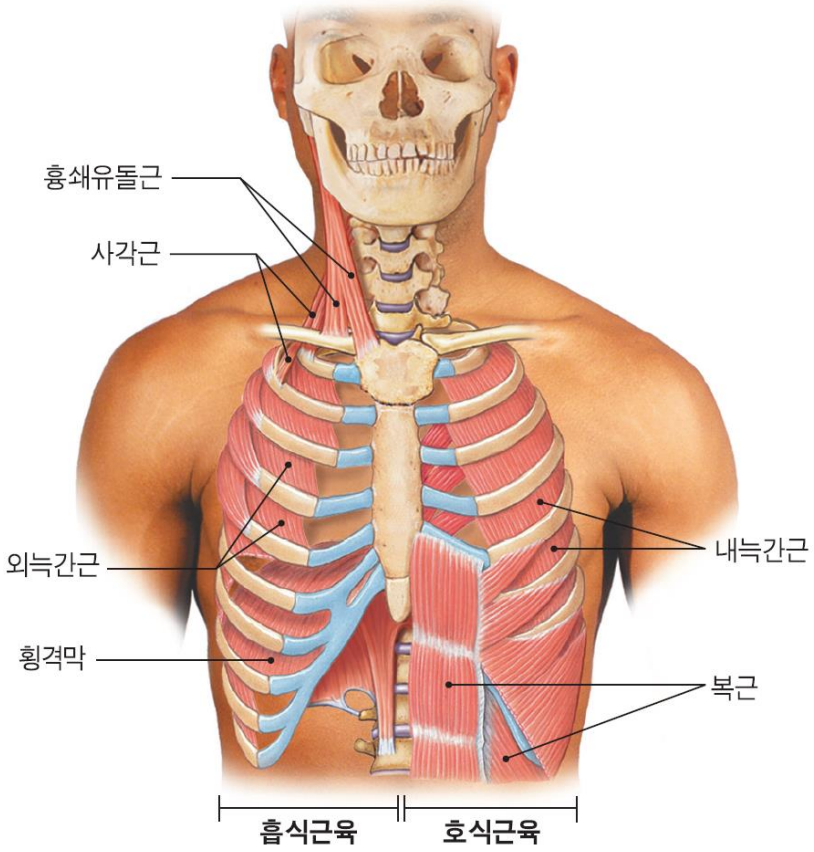




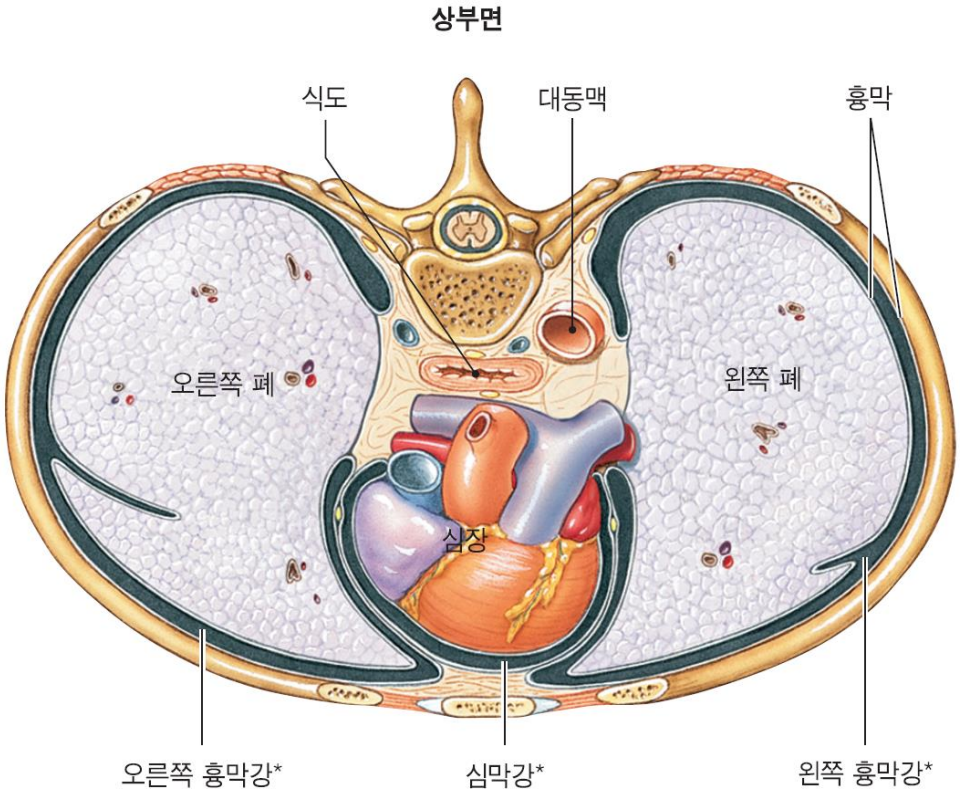
상기도: 입, 비강, 인두와 후두
하기도: 기관, 기관지와 분지들, 폐

흉곽의 뼈와 근육은 폐를 둘러싸고 있다

(c) 흉곽, 목 그리고 복부의 근육들은 호흡 중 공기를 이동하기 위한 힘을 발생시킨다.



(d) 가슴의 절단면. 각 폐는 2개의 흉막(pleural membranes)에 둘러싸여 있다. 식도와 대동맥은 흉막낭(pleural sacs) 사이의 흉곽(thorax)을 지나간다.

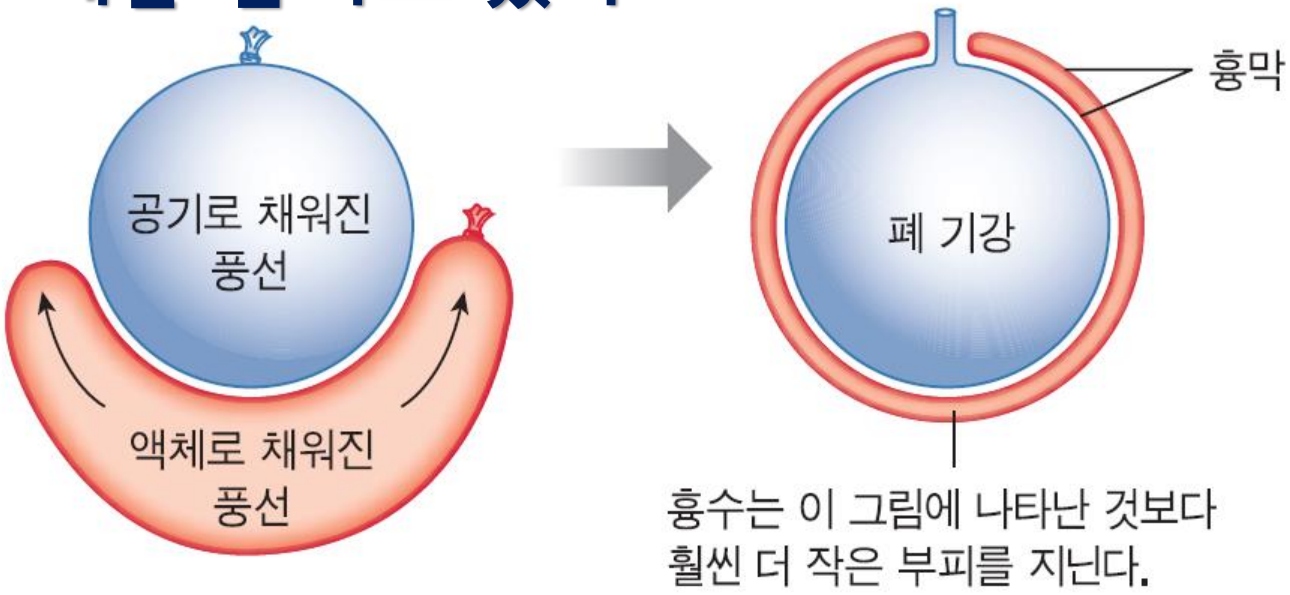


*주의: 심막강과 두 흉막강은 소량의 액체로 차 있다.

흉막낭은 폐를 감싸고 있다

- 폐 (lung): 가벼운 해면조직으로 이루어져 있으며 대부분의 부피는 공기로 차있음
- 흉강 (thoracic cavity): 불규칙한 기관으로 채워져 있음
- 기관지는 전도기관으로 폐를 주기도인 기관에 연결

흉막낭은 폐를 감싸고 있다



- 각 폐는 하나의 이중벽으로 된 흉막낭으로 둘러싸여 있고 흉막들은 흉곽 내부를 둘러싸고 폐의 외부 표면을 덮고 있음
- 각 흉막은 여러 층의 탄성 결합조직과 수많은 모세혈관 함유
- 흉막의 마주보는 층은 흉수로 이루어진 하나의 얇은 막에 의해 서로 붙어있음

흉막낭은 폐를 감싸고 있다

흉수의 양: 70kg 남성에서 25-30ml 정도

흉수의 기능

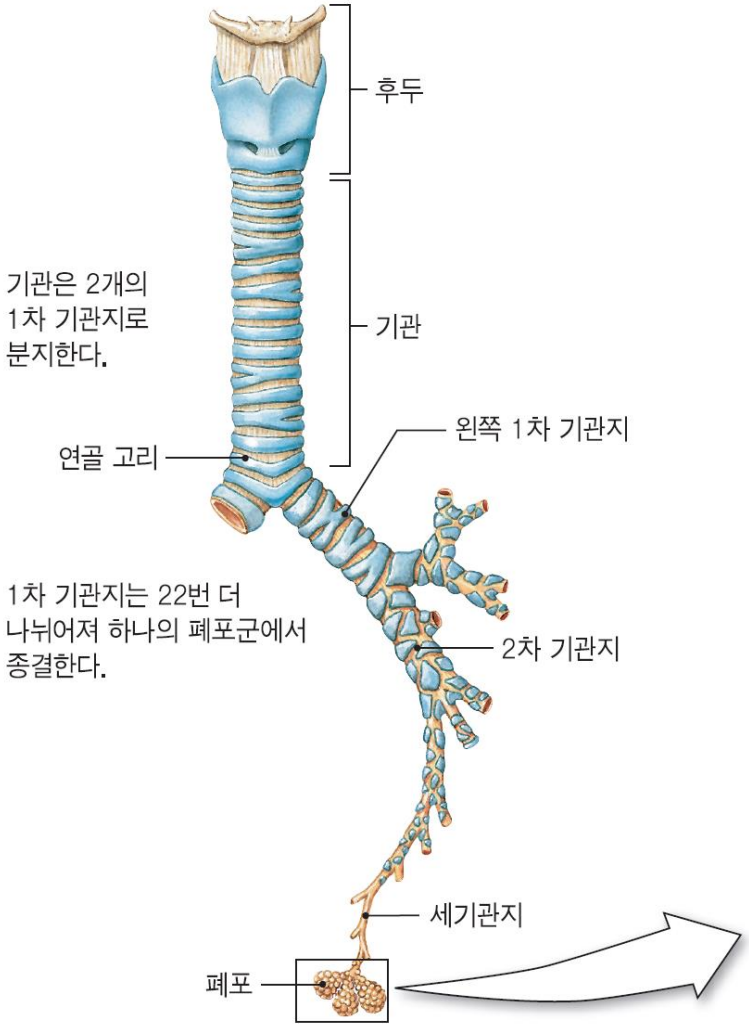
- 습윤과 미끄러운 표면을 제공하여 폐가 흉곽 내에서 이동할 때 반대편 막끼리 서로 활주할 수 있도록 함
- 폐를 흉벽에 단단히 고정

기도는 폐를 외부 환경과 연결한다

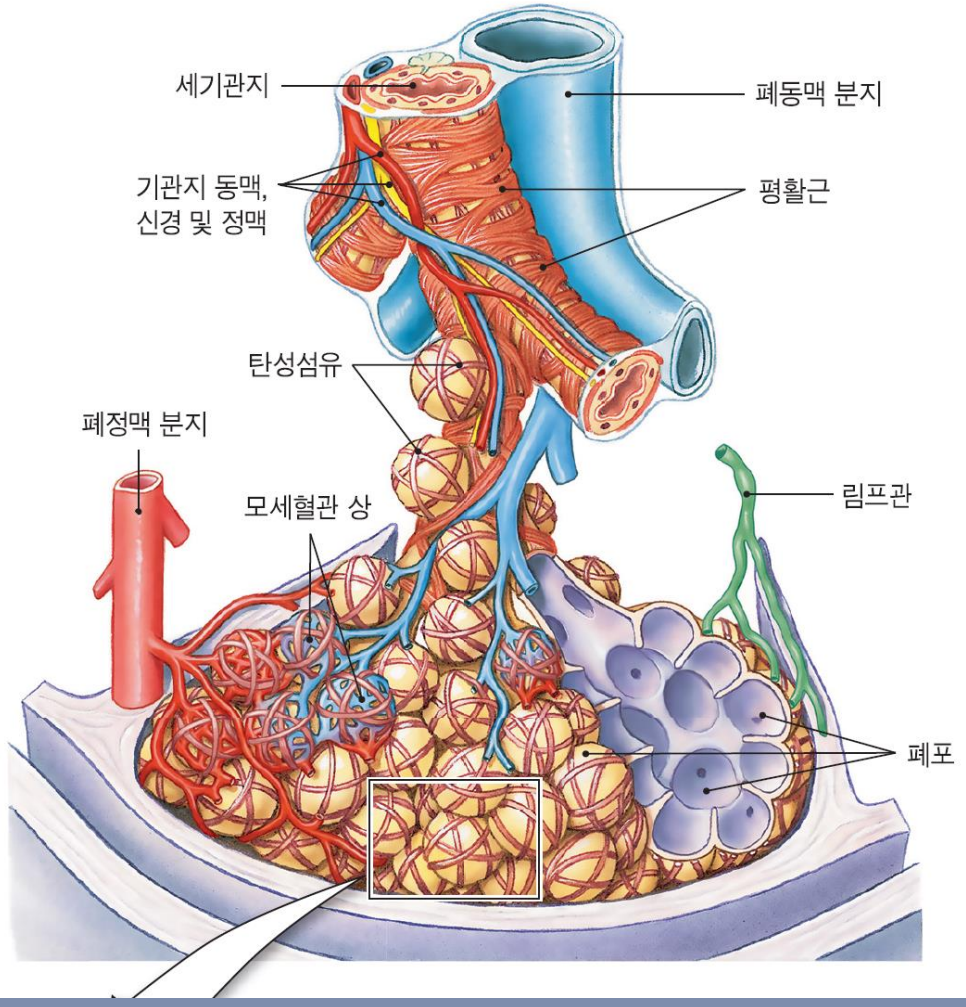
- 공기는 입과 코를 통해 상기도로 들어오고, 음식, 액체 그리고 공기의 공용통로인 인두를 지나감
- 인두로부터 공기는 후도를 통해 기관 또는 숨통으로 흘러감
- 후두는 성대 (결합조직 띠) 를 함유하고 있어 공기가 통과할 때 진동하고 조임으로써 발성

기도는 폐를 외부 환경과 연결한다

(e) 기도의 분지는 약 8,000만 개의 세기관지를 만든다.



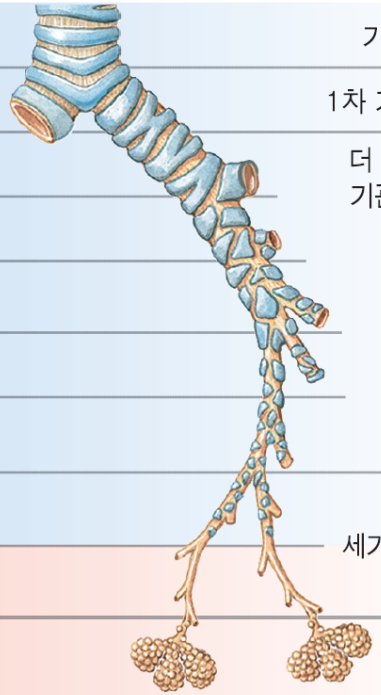
(f) 폐소엽의 구조. 각 폐포군은 탄성섬유와 모세혈관망에 둘러싸여 있다.



기도는 폐를 외부 환경과 연결한다

기도의 분지

	명 칭	분 획	지름(mm)	분지 수?	단면적(cm^2)
전도계	기관	0	15~22	1	2.5
	1차 기관지	1	10~15	2	↓
	더 작은 기관지 ↓	2	1~10	4 ↓	↓
		3			
		4			
		5			
		6~11		1×10^4	
교환 표면	세기관지	12~23	0.5~1	2×10^4 ↓ 8×10^7	100 ↓ 5×10^3
	폐포	24	0.3	$3\sim6 \times 10^8$	$>1 \times 10^6$



- 기류의 속도: 상기도에서 ↑, 종말세기관지에서 ↓

기도는 흡입된 공기를 가온하고 습윤하며 여과한다

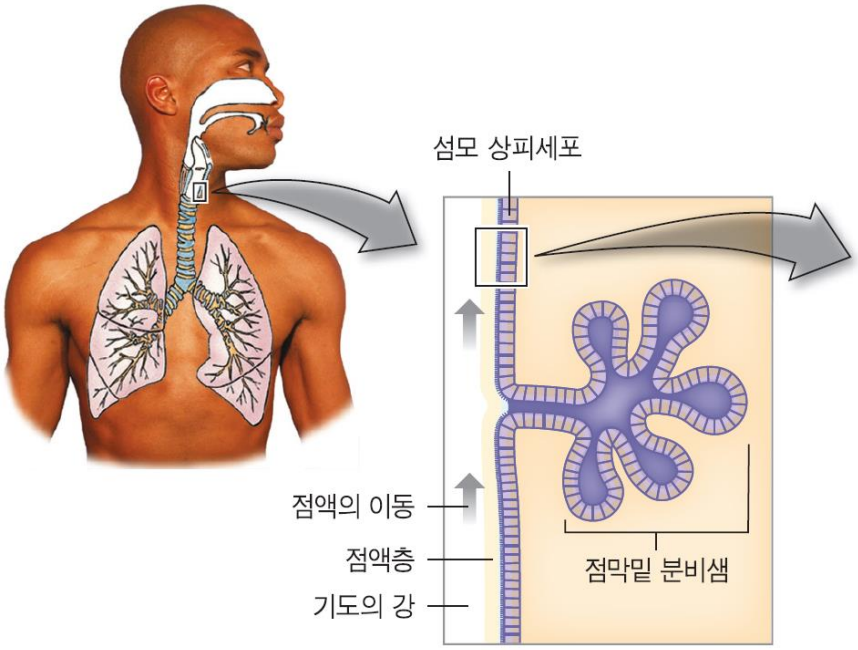
호흡 중 상기도와 기관지의 역할: 공기의 조건화

- 공기를 체온으로 가온하여 심부체온이 변화하지 않고 폐포가 냉기에 의해 손상되지 않도록 함
- 공기가 100% 습도에 도달할 때까지 수증기를 첨가하여 습윤한 교환상피세포가 건조해지지 않도록 함
- 이물질을 여과하여 바이러스, 박테리아, 그리고 무기입자들이 폐포에 도달하지 않도록 함

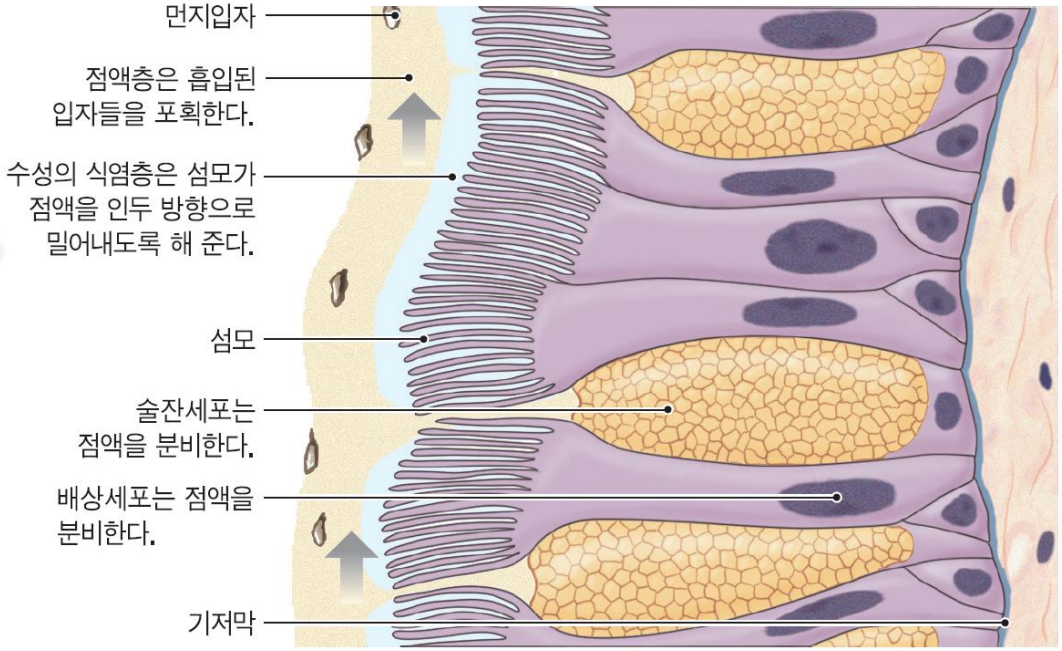
- 입은 코만큼 조건화가 효과적이지 않음

기도는 흡입된 공기를 가온하고 습윤하며 여과한다

(a) 기도를 덮고 있는 상피세포와 점막밑 분비샘은 식염수와 점액을 분비한다.

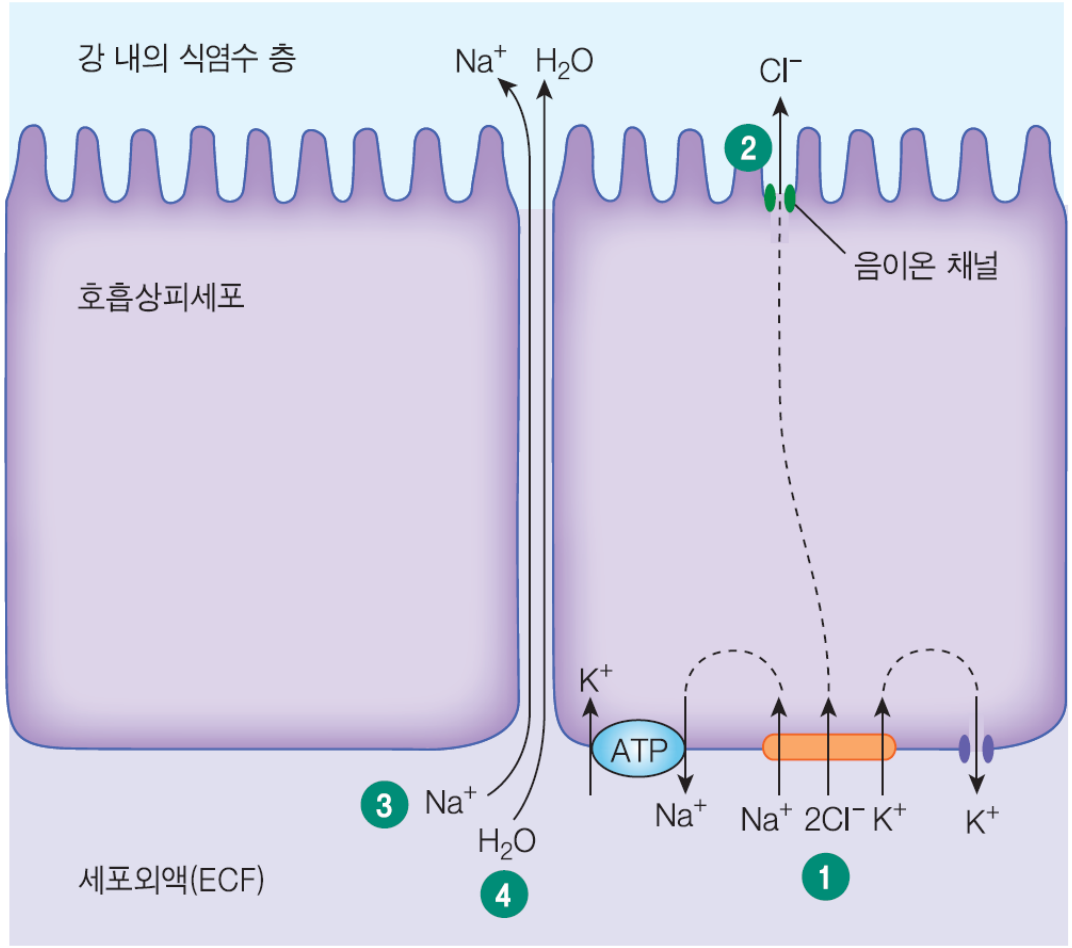


(b) 섬모는 점액층을 인두 방향으로 이동시켜, 포획된 병원성 세균과 미립자 물질을 제거한다.



기도는 흡입된 공기를 가온하고 습윤하며 여과한다

(c) 기도 상피세포에 의한 식염수 분비의 한 가지 모델



1. NKCC는 세포외액으로부터 상피세포 안으로 Cl^-를 가져온다.
2. CFTR을 포함하는 첨단부 음이온 채널은 Cl^-를 강으로 들어가게 한다.
3. Na^+는 전기화학적 차에 의해 이끌려 세포주위 경로에 의해 세포외액으로부터 강으로 간다.
4. 세포외액으로부터 강으로의 NaCl 이동은 농도 차를 일으켜 물이 강으로 따라 들어간다.

기도는 흡입된 공기를 가온하고 습윤하며 여과한다

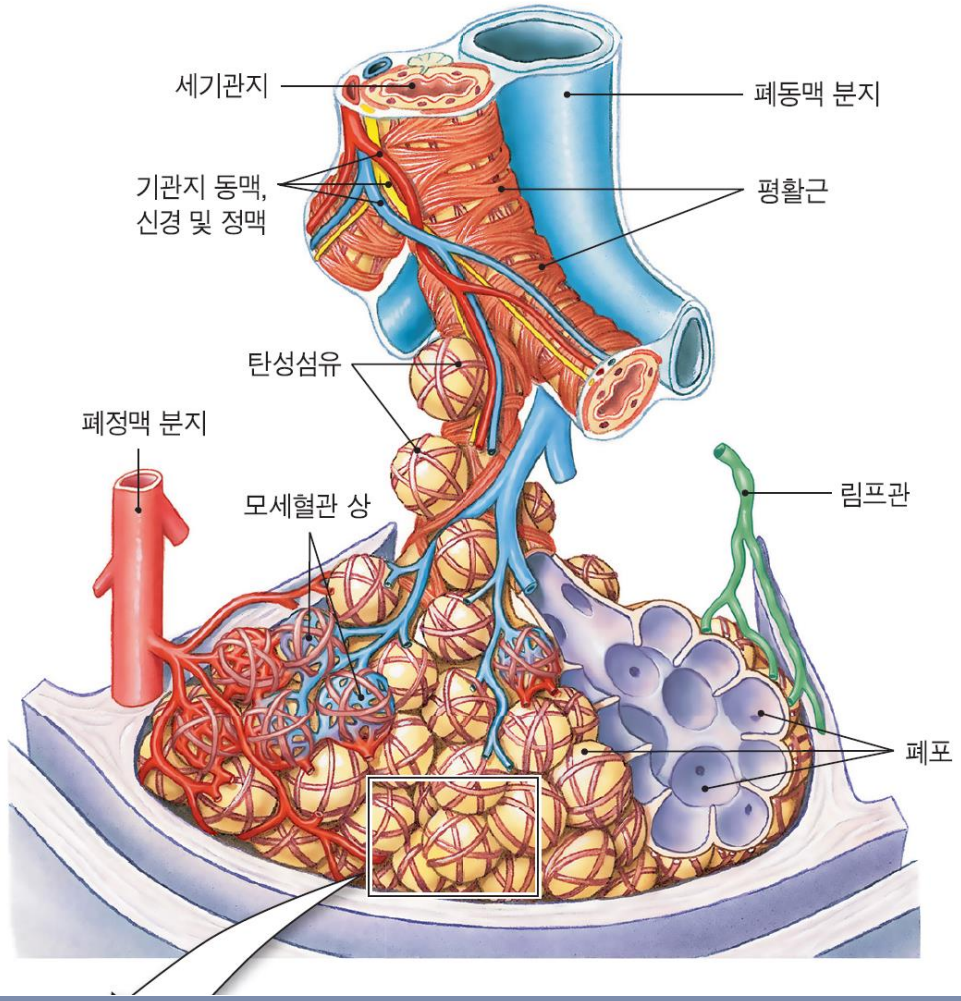
- 점액은 다수의 병원체를 무력화시키는 면역글로불린을 함유
- 점액에 인두에 도달하면 가래로 내뱉거나 삼켜질 수 있음
- 삼켜진 점액은 위산과 효소들이 잔류한 미생물을 파괴

낭포성 섬유증 (cystic fibrosis): CFTR 채널에 이상

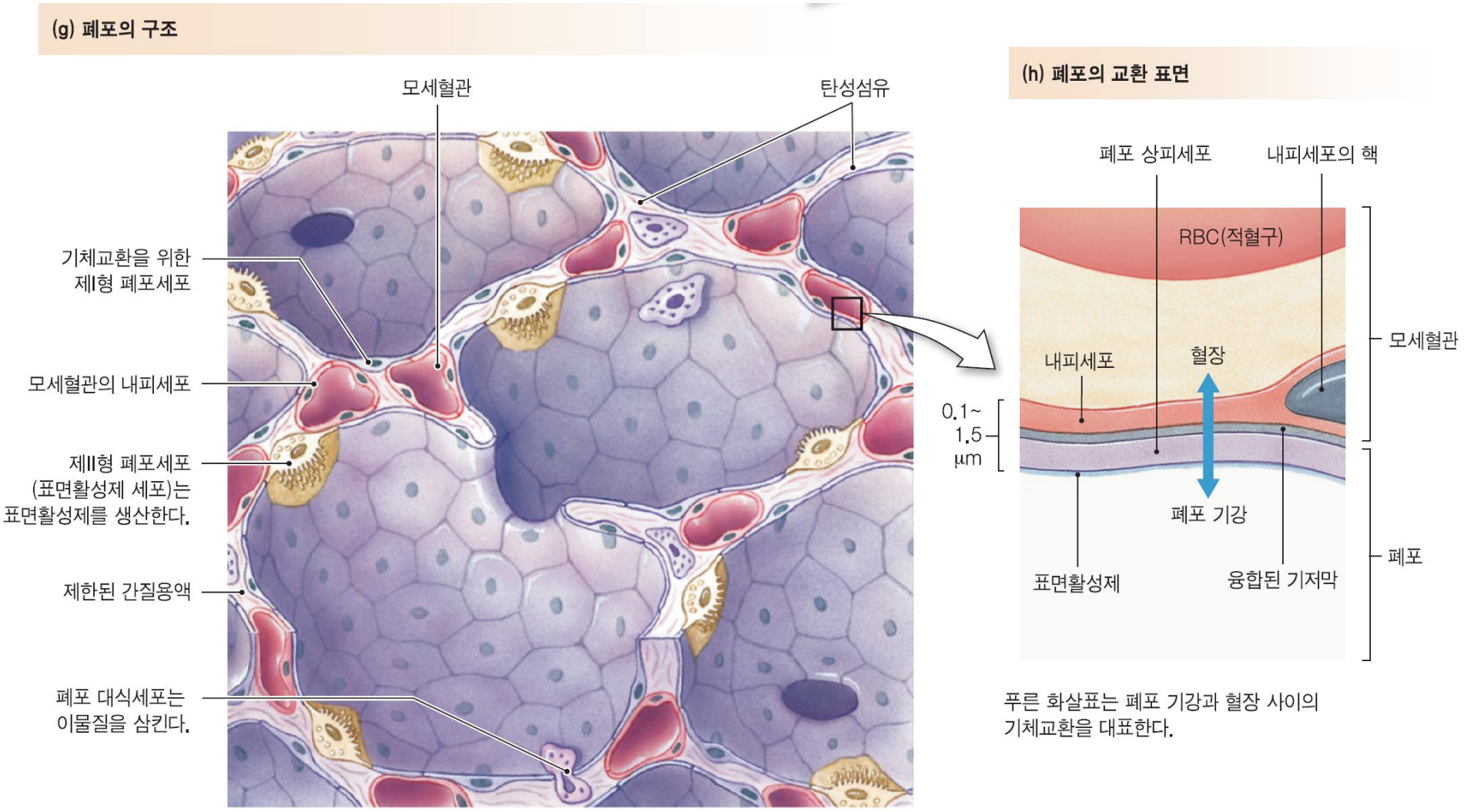
- CFTR 채널: 상피세포의 첨단부 표면에 있는 음이온 채널
- 낭포성 섬유증은 이온 분비가 불충분해서 기도 내 액체의 이동이 감소 → 섬모가 점액에 포획되어 움직이지 않음 → 점액 제거가 되지 않아 세균이 기도에 서식 → 재발성 폐감염

폐포는 기체교환이 일어나는 장소이다

(f) 폐소엽의 구조. 각 폐포군은 탄성섬유와 모세혈관망에 둘러싸여 있다.



폐포는 기체교환이 일어나는 장소이다



폐포는 기체교환이 일어나는 장소이다

폐포는 단층상피세포로 구성

제1형 폐포세포: 표면적의 약 95%, 기체교환에 사용

- 세포가 매우 얇아서 확산 가능
- 기저막이 폐포 상피세포를 모세혈관 내피세포와 융합

제2형 폐포세포: 표면활성제 합성 및 분비

- 표면활성제는 폐포의 얇은 액체 표면과 혼합하여 호흡 중 폐의 팽창을 용이하게 함

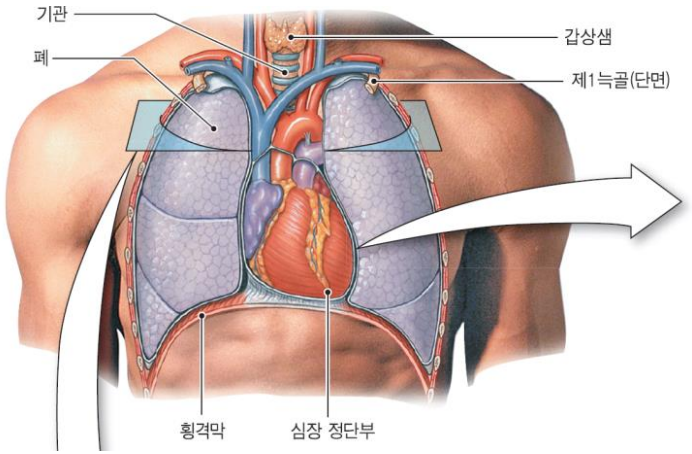
폐포는 기체교환이 일어나는 장소이다

- 폐포는 근육섬유 X (근육은 기체교환을 차단)
- 결합조직: 탄성반동을 일으키는 엘라스틴과 콜라겐 섬유사

폐포는 방대한 모세혈관 망과 밀접한 연관

- 혈관은 폐포 사이 공간의 80-90%를 채우고 있어 공기로 채워진 폐포와 밀접한 접촉을 하는 거의 연속적인 혈액 판을 형성
- 모세혈관 혈액의 폐포 내 공기에 대한 근접성은 기체의 신속한 교환을 위해 필수적

폐순환은 고유속, 저압력이다



폐순환: 우심실 (저산소 혈액) → 폐동맥줄기 → 폐 → 폐정맥 (산소화된 혈액) → 좌심방

- 폐순환의 부피: 약 0.5L (혈액의 약 10%)
- 그 중 75mL는 기체교환이 이루어지는 모세혈관에 존재
- 폐는 우심실의 총 심박출량(5L/min)을 받기 때문에 폐를 통하는 혈액의 유속은 다른 조직에 비해 높음
- 유속은 높지만 혈압은 낮음 (∵폐순환의 저항↓)

기체법칙

(a) 이상적인 기체방정식

$PV = nRT$

P는 압력, V는 부피, n은 기체의 몰, T는 절대온도, 그리고 R은 일반적인 기체상수인 8.3145 j/mol × K이다.

인체에서, 몰의 수와 온도는 일정하다고 추정할 수 있다.
상수를 제거하면 다음 방정식이 남는다.

$V = 1/P$

이러한 상관관계는 기체의 부피가 증가하면 압력이 감소하고 그 역도 같음을 말해준다.

(b) 보일의 법칙

보일의 법칙은 또한 압력과 부피 사이의 이러한 역상관관계를 표현한다.

$P_1V_1 = P_2V_2$

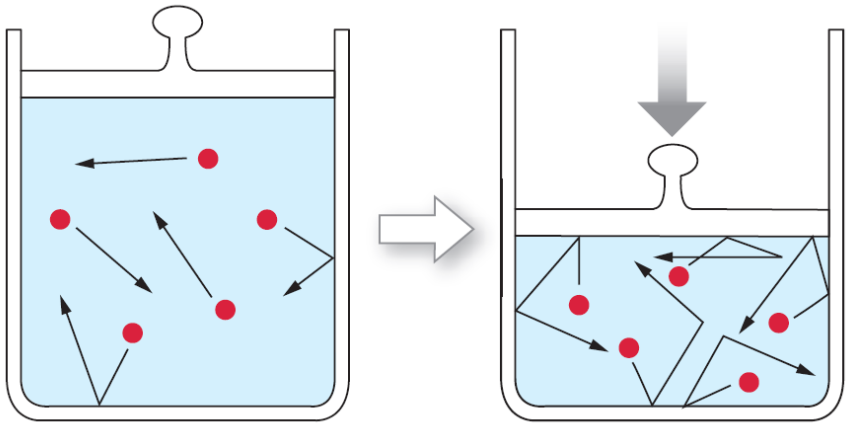
예를 들어 왼쪽의 용기가 1 L 부피(V_1)와 100 mm Hg의 압력(P_1)을 가진다.

부피가 0.5 L로 감소할 때, 압력은 어떻게 되는가?

$100 \text{ mm Hg} \times 1 \text{ L} = P_2 \times 0.5 \text{ L}$

$200 \text{ mm Hg} = P_2$

압력은 2배로 증가하였다.



$V_1 = 1.0$ L
$P_1 = 100$ mm Hg

$V_2 = 0.5$ L
$P_2 = 200$ mm Hg

이상적인 기체법칙과 보일의 법칙은 모든 기체 또는 기체 혼합물들에 적용된다.

기체법칙

(c) 달톤의 법칙

달톤의 법칙은 기체 혼합물의 총 압력은 개별 기체들의 압력들의 합이라는 것을 말해준다.
한 혼합물 내 **개별 기체의 압력**(partial pressure)은 그 기체의 분압(P_{gas})으로 알려져 있다.

예를 들어 해수면에서의 대기압(P_{atm})은 760 mm Hg이고, 산소는 대기의 21%이다.
산소의 산소분압(P_{O_2})은 얼마인가?

건조한 공기시료 내 어떤 한 기체의 분압을 알기 위해서는, 대기압(P_{atm})과 P_{atm}에 대한 그 기체의 상대적 기여도(%)를 곱하라.

한 기체의 분압 = P_{atm} × 대기 중 기체의 %

P_{O_2} = 760 mm Hg × 21% P_{O_2}

= 760 mm × 0.21 = 160 mm Hg

해수면에서 건조한 공기 내 산소의 분압(P_{O_2})은 160 mm Hg이다.

개별 기체에 의해 가해지는 압력은 혼합물 내 그의 상대적 양에 의해서만 결정되며, 그 기체의 분자크기 또는 질량과는 무관하다.

습윤한 공기에서는, 수증기가 총 압력에 대한 다른 기체들의 기여도를 '희석'시킨다.

760 mm Hg에서 대기 기체들의 분압(P_{gas})

공기 중 기체와 그의 백분율	건조한 25℃ 공기 내 기체분압(P_{gas})	25℃ 공기와 100% 습도에서의 기체분압(P_{gas})	37℃ 공기와 100% 습도에서의 기체분압(P_{gas})
산소(O_2) 21%	160 mm Hg	155 mm Hg	150 mm Hg
이산화탄소(CO_2) 0.03%	0.25 mm Hg	0.24 mm Hg	0.235 mm Hg
수증기	0 mm Hg	24 mm Hg	47 mm Hg

습윤한 공기 내 한 기체의 분압을 계산하기 위해서는, 총 압력으로부터 수증기 압력을 먼저 빼야 한다. 100% 습도와 25℃에서 수증기 압력(P_{H_2O})은 24 mm Hg이다.

습윤한 공기 내 기체분압(P_{gas}) = (P_{atm} − P_{H_2O}) × 기체의 백분율

P_{O_2} = (760 − 24) × 21% = 155 mm Hg

달톤의 법칙: 기체혼합물의 압력은 각 기체의 이해 가해지는 분압의 합 (P_{gas})

보일의 법칙은 압력과 부피와의 상관관계를 나타낸다

표 17-1 기체법칙

1. 기체혼합물의 총 압력은 개별기체들의 압력의 합이다(달톤의 법칙).
2. 건조한 공기 내 한 기체의 분압(P_{gas})을 알고 싶다면 그 기체의 기여도(%)와 대기압(P_{atm})을 곱하라.
   $P_{gas} = P_{atm} \times$ % 기체
3. 습윤한 공기 내 한 기체의 분압을 계산하려면 먼저 총 압력(P_{atm})으로부터 수증기압(P_{H_2O})을 빼야 한다.
   $P_{gas} = (P_{atm} - P_{H_2O}) \times$ % 기체
4. 기체는 단일 또는 혼합물에서, 고압력 지대로부터 저압력 지대로 이동한다.
5. 만일 기체용기의 부피가 변하면, 그 기체의 압력은 역으로 변할 것이다.
   $P_1V_1 = P_2V_2$(보일의 법칙)

폐부피는 환기 중 변화한다

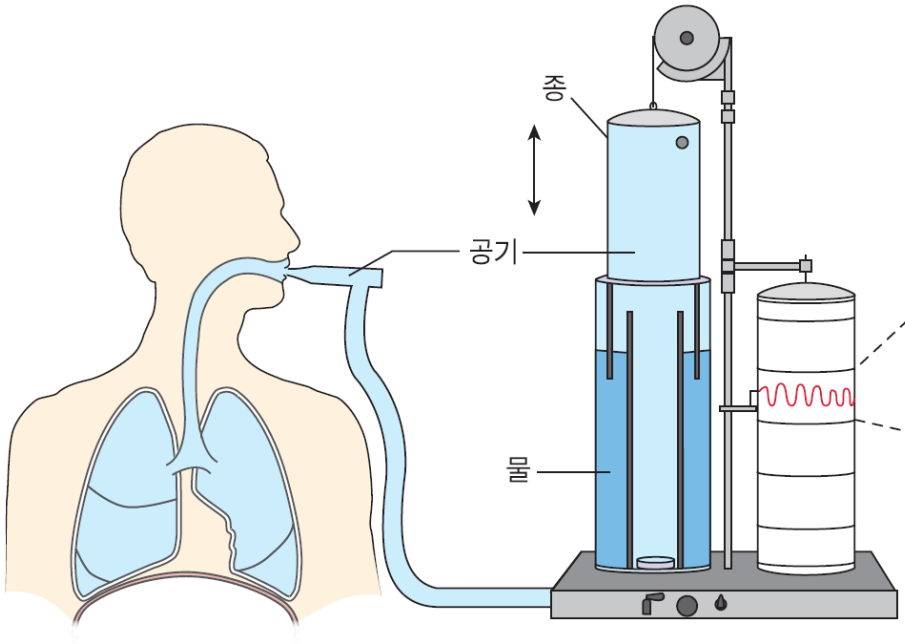
호흡 중 이동하는 공기는 네 가지 폐 부피 (lung volume)

- 1회 호흡량 (tidal volume, V_T): 1회 흡식 또는 호식 중 이동하는 공기의 부피, 약 500mL
- 흡식예비용량 (inspiratory reserve volume, IRV): 1회 호흡량 이상으로 들이쉰 추가적인 부피, 3000mL
- 호식예비용량 (expiratory reserve volume, ERV): 정상적인 호식을 끝낸 후 강제로 내쉰 공기의 양, 1100mL
- 잔기량 (residal volume, RV): 폐와 기도이 남아있게 되는 공기의 부피, 직접 측정할 수 없음, 1200mL

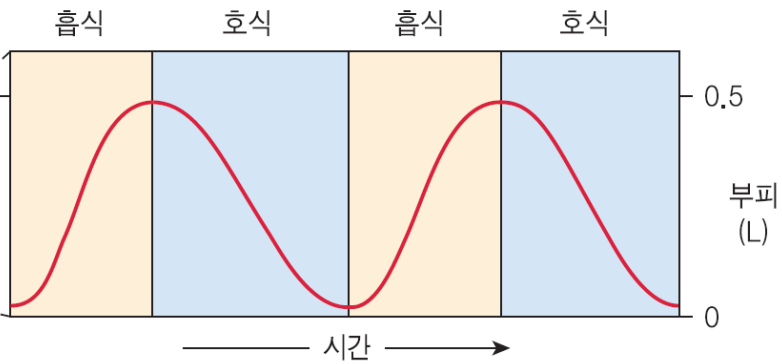
폐부피는 환기 중 변화한다

(a) 폐활량계

이 그림은 하나의 전통적인 습식 폐활량계를 보여준다. 피검자가 공기 또는 산소로 채워진 하나의 도립 종에 부착된 흡입구를 입에 주입한다. 종은 물에 부유되어 있기 때문에, 종의 부피와 피검자 호흡기도의 부피는 하나의 폐쇄계를 이룬다.



PHYS IN ACTION!



피검자가 숨을 들이쉴 때, 공기는 폐로 이동한다. 종의 부피는 감소되고 펜은 기록 추적계에서 올라간다.

폐부피는 환기 중 변화한다

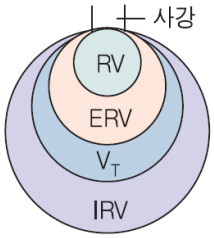
폐용량(capacity): 두 가지 또는 그 이상의 폐부피의 합

- 폐활량 (vital capacity, VC): 흡식예비용량 + 호식예비용량 + 1회 호흡량, 1회 호흡을 통해 의도적으로 호흡계 안팎으로 이동시킬 수 있는 공기의 최대 부피
- 전폐용량 (total lung capacity, TLC): 폐활량 + 잔기량
- FEV_1: 1초내 강제호식부피, 호식의 처음 1초 내에 얼마나 빠르게 공기가 기도를 빠져나가는지
- 흡식용량: 1회 호흡량 + 흡식예비용량
- 기능적 잔기용량: 호식예비용량 + 잔기량

폐부피는 환기 중 변화한다

(b) 폐부피와 폐용량

네 가지 폐부피



기호
RV = 잔기량
ERV = 호식성 예비용량
V_T = 1회 호흡량
IRV = 흡식성 예비용량

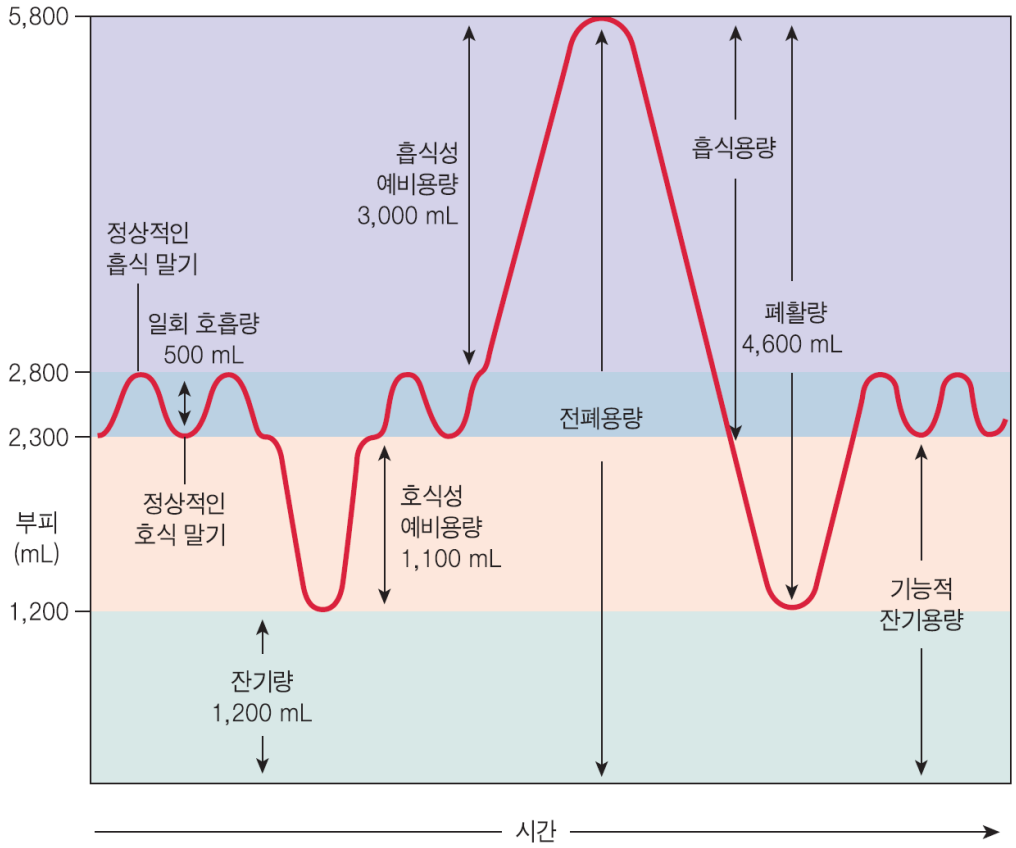
폐용량은 두 가지 또는 그 이상의 부피들의 합이다.

흡식용량 = V_T + IRV
폐활량 = V_T + IRV + ERV
전폐용량 = V_T + IRV + ERV + RV
기능적 잔기용량 = ERV + RV

폐부피와 폐용량*

		남 성	여 성
폐활량	IRV	3,000	1,900
	V_T	500	500
	ERV	1,100	700
잔기량		1,200	1,100
전폐용량		5,800 mL	4,200 mL

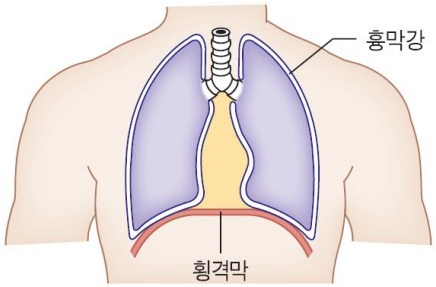
폐부피와 폐용량들을 보여주는 폐활량계 추적기록



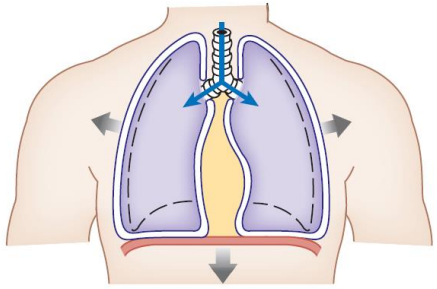
*폐부피는 28세의 정상적인 70 kg 한 남성 또는 50 kg 한 여성에 대해 주어져 있다.

흡식은 폐포압이 감소할 때 일어난다

(a) 휴식 상태: 횡격막은 이완되어 있다.

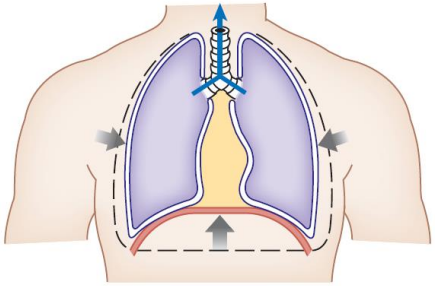


(b) 흡식: 흉곽부피가 증가한다.

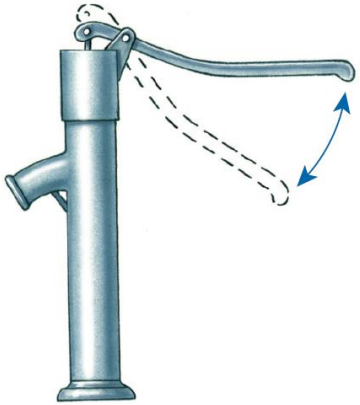


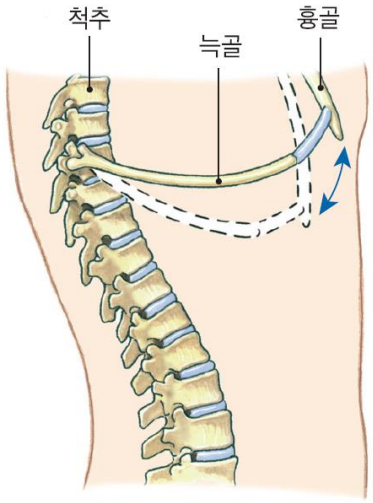
횡격막은 수축하여 납작해진다.

(c) 호식: 횡격막이 이완되고 흉곽부피가 감소한다.



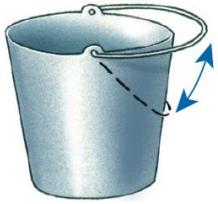
흡식 중, 흉강의 치수가 증가한다.

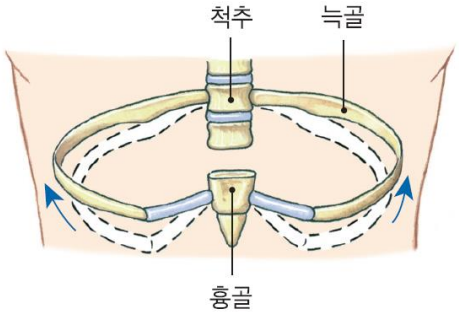




측 면:

'펌프 손잡이' 움직임은 늑골우리의 전-후 크기를 증가시킨다.
수동 펌프 위의 손잡이의 움직임은 흉골과 늑골을 들어올리는 것과 유사하다.

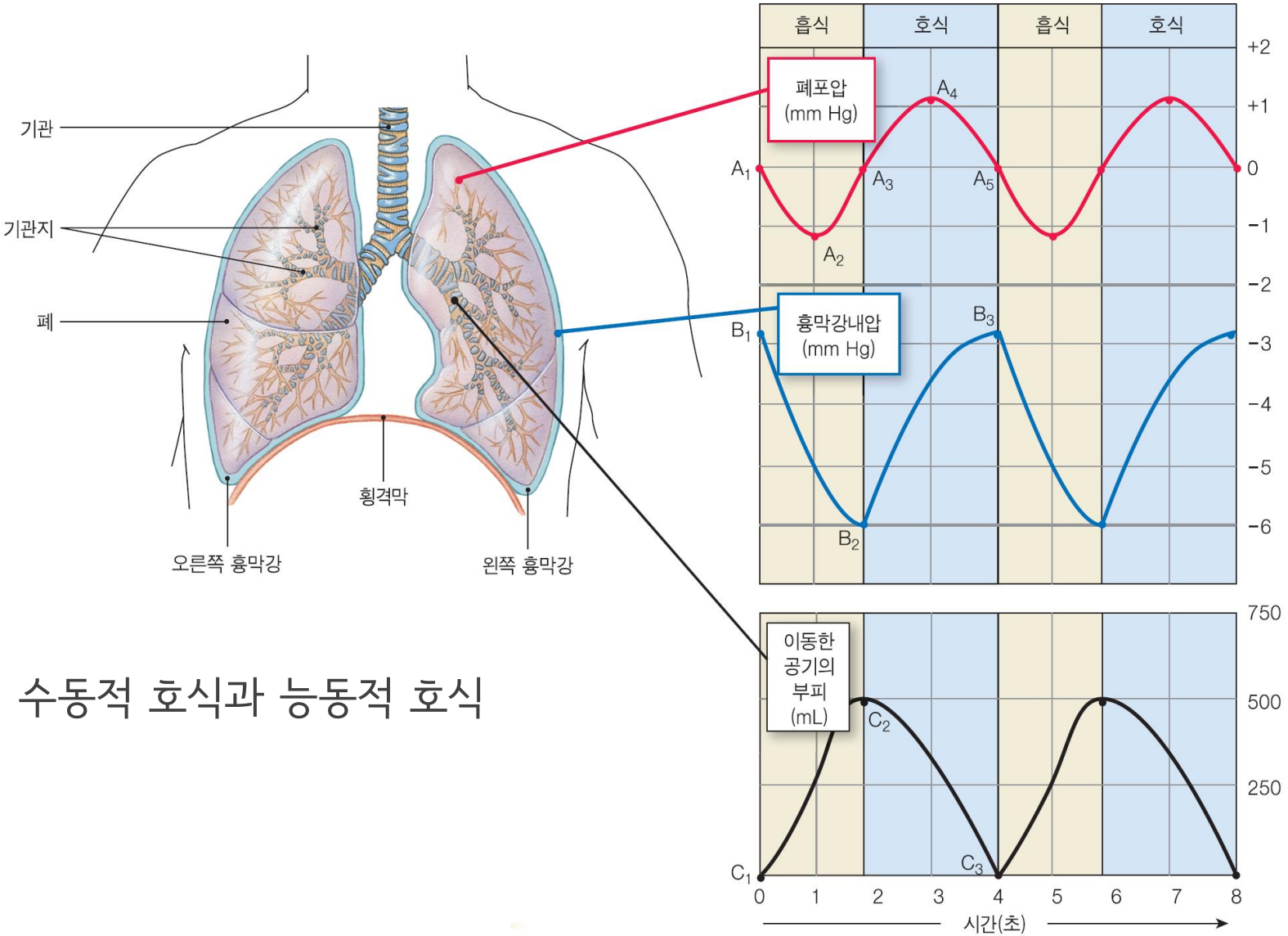




정 면:

'물통 손잡이'의 움직임은 늑골우리의 측면크기를 증가시킨다.
상부와 외곽으로 이동하는 물통 손잡이의 움직임은 흡식 중
늑골의 측면이동에 대한 하나의 좋은 모델이다.

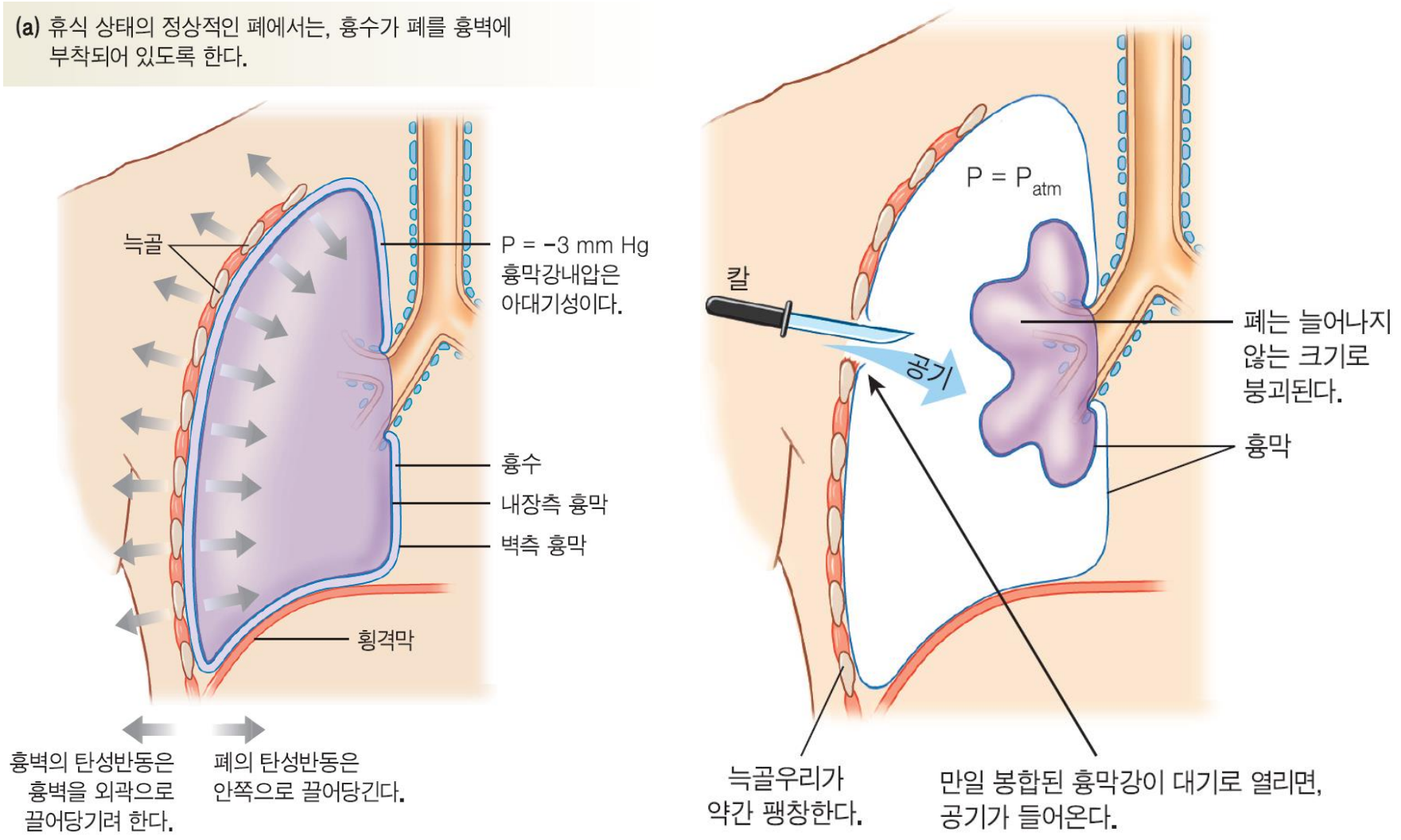
흡식은 폐포압이 감소할 때 일어난다



수동적 호식과 능동적 호식

정상적인 호식은 흡식보다 2~3배 더 오래 걸린다.
(이 이상적인 그래프상의 눈금에는 나타나 있지 않다.)

흉막강내압은 환기 중 변화한다



흉막강내압은 환기 중 변화한다

기흉: 흉막강과 대기 사이에 구멍이 생겨 정상적으로 기능할 수 없는 붕괴된 폐

- 흉벽은 팽창하는 반면 폐는 신장되지 않음
- 외상에 기인할 수 있으며 선천성 수포가 터지며 자연스럽게 발생하기도 함
- 폐 내부의 공기가 흉막강 안으로 들어감

- 흡입펌프로 가능한 많은 양의 공기를 흉막강으로부터 제거
- 더 이상의 공기가 들어가지 못하도록 구멍을 봉합

흉막강내압은 환기 중 변화한다

흉수 내부의 압력은 호흡주기 동안 변화

- 흡식 초기의 흉막강 내압은 약 -3mmHG
- 흡식이 진행되면서 흉막과 폐는 흉수 결합에 의해 팽창, 폐 조직은 시장 저항 → 폐는 흉벽으로부터 더욱 멀리 잡아당겨지기 때문에 흉막강 내압은 더 음의 값
- 조용한 흡식 말기, 폐가 완전히 팽창, 흉막강 내압: -6mmHg
- 호식동안 흉곽우리는 휴식상태의 위치로 돌아감 → 폐는 신장된 위치로부터 이완, 흉막강 내압은 -3mmHg로 돌아감

폐의 신전성과 탄성은 질병 상태에서 변할 수 있다

신전성: 폐가 늘어나는 능력, $\Delta V/\Delta P$

- 고신전성 폐는 쉽게 늘어남

탄력성: 변형됨을 저항하기 위한 능력

- 고신전성 폐는 폐의 탄성조직을 상실했을 가능성 있음

폐기종: 폐 조직에서 정상적으로 나타나는 엘라스틴 섬유사가 파괴되는 질병 → 고신전성 → 탄성이 감소해 호식 동안 휴식 상태의 위치로 반동되지 못 함

폐의 신전성과 탄성은 질병 상태에서 변할 수 있다

구속성 폐질환: 폐 신전성 감소로 인하여 경직된 폐를 늘이는데 더 많은 힘을 소모하는 질환

- 섬유성 폐질환에서 형성된 비탄력적 흉터조직
- 폐의 팽창을 돕는 표면활성제의 부족한 생산

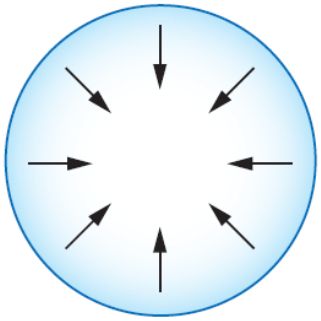
폐 섬유증: 폐의 부풀림을 제한하는 경직된 섬유성 흉터 조직의 발달, 폐 섬유증은 회복이 되지 않음

- 석면과 규소와 같은 미세 과립자의 만성적인 흡입
- 폐포 대식세포가 과립자 섭취 → 분해x, 축적 → 염증반응
- 비탄력성 콜라겐 생성

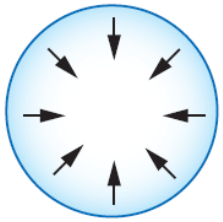
표면활성제는 호흡부하를 감소시킨다

(a) 보여주는 2개의 거품은 동일한 표면장력(T)을 갖고 있다. 라플라의 법칙에 따르면, 압력은 보다 작은 거품에서 더 크다.

(b) 표면활성제(●)는 표면장력(T)을 감소시킨다. 폐에서는 보다 작은 폐포가 더 많은 표면활성제를 가짐으로써, 크고 작은 폐포들 사이의 압력을 동등하게 한다.



큰 거품
r = 2
T = 3
P = (2 × 3)/2
P = 3



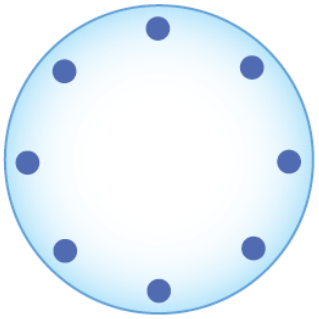
작은 거품
r = 1
T = 3
P = (2 × 3)/1
P = 6

라플라의 법칙

$$P = 2T/r$$

P = 압력
T = 표면장력
r = 반경

라플라의 법칙에 따르면, 만일 두 거품이 동일한 표면장력을 가진다면, 보다 작은 거품이 더 높은 압력을 가질 것이다.



r = 2
T = 2
P = (2 × 2)/2
P = 2



더 많은 표면활성제는 표면장력을 감소시킨다.

r = 1
T = 1
P = (2 × 1)/1
P = 2

기도 지름은 기도저항을 결정한다

- 푸아죄유의 법칙: $R \propto L\eta/r^4$
- 호흡계의 길이 일정, 공기의 점도 일정
- 기도의 반지름이 기도 저항의 주요한 결정인자

표 17-2 기도 저항에 영향을 미치는 인자들

인 자	영향인자	매개인자
체계의 길이	일정; 인자가 아님	
공기의 점성도	보통 일정; 습도와 고도가 약간 변화시킬 수 있음	
기도의 직경		
상기도	물리적 방해	점액과 다른 인자들
세기관지	기관지수축	부교감신경(무스카린성 수용체), 히스타민, 류코트리엔
	기관지확장	이산화탄소, 에피네프린 (β_2-수용체)

호흡률과 깊이는 호흡의 효율을 결정한다

(a) 총 폐환기량은 사강 때문에 폐포 환기량보다 더 크다.

총 폐환기량:

총 폐환기량 = 환기율 × 1회 호흡량(V_T)

예를 들어, 12회 호흡/분 × 500 mL 호흡 = 6,000 mL /분

폐포환기량:

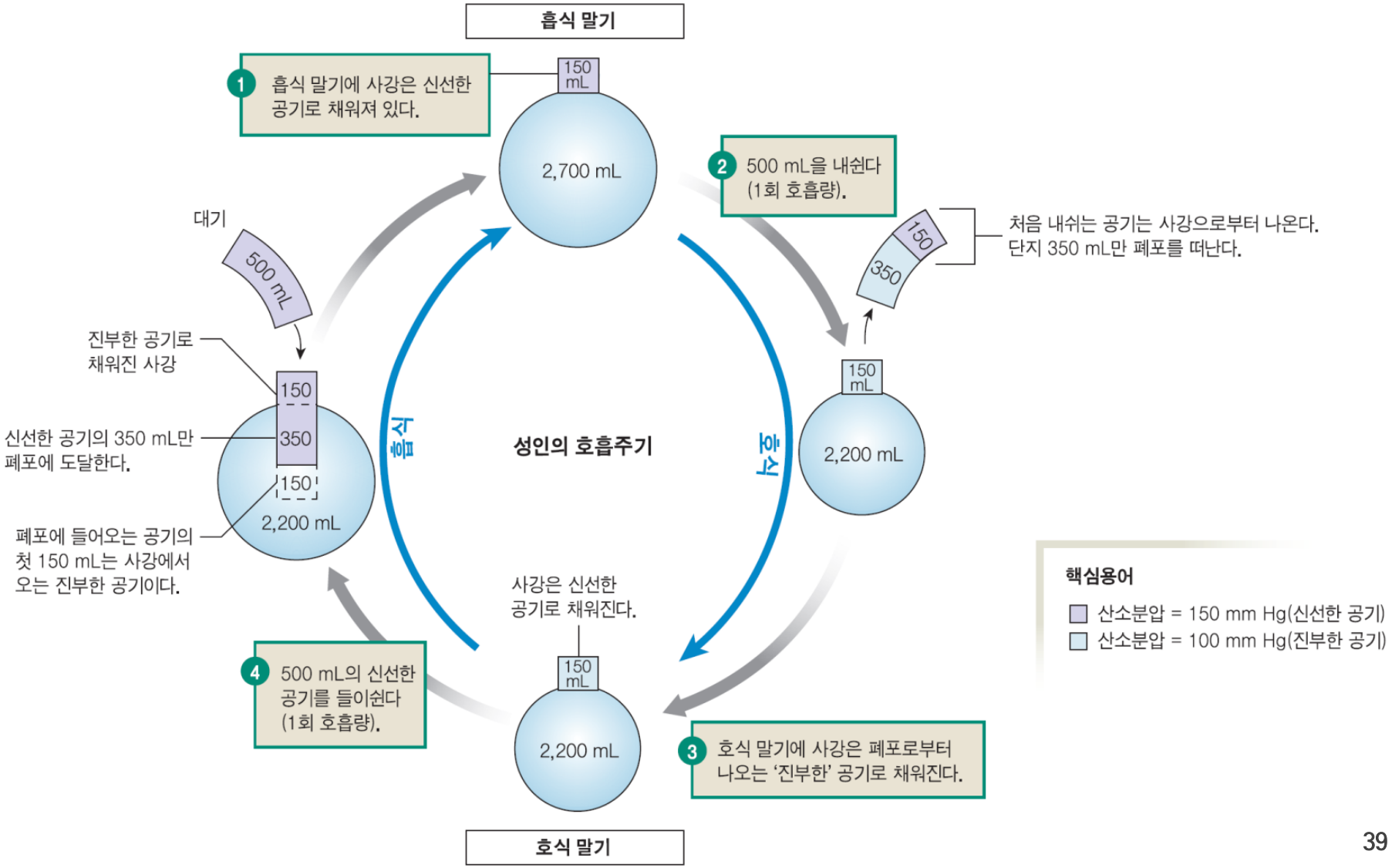
폐포환기량은 얼마나 많은 신선한 공기가 폐포에 도달하는지에 대한 하나의 더 좋은 지표이다. 사강에 남아 있는 신선한 공기는 폐포에 도달하지 않는다.

폐포환기량 = 환기율 × (1회 호흡량 − 사강 부피)

만일 사강이 150 mL라면: 12회 호흡/분 × (500 − 150 mL) = 4,200 mL/분

호흡률과 깊이는 호흡의 효율을 결정한다

(b) 전도기도는 혈액과 기체교환을 하지 않기 때문에, 그들은 **해부학적 사강**(anatomic dead space)으로 알려져 있다.



호흡률과 깊이는 호흡의 효율을 결정한다

표 17-3 환기의 유형과 양식

유 형	설명	예 시
정상호흡	정상적인 조용한 호흡	
호흡항진	증가된 대사에 반응한 증가된 호흡률 그리고/또는 부피	운동
과다환기	대사의 증가 없이 증가된 호흡률 그리고/또는 부피	감정적 과다환기; 풍선 부풀리기
과소환기	감소된 폐포환기	얕은 호흡; 천식; 구속성 폐질환
빠른 호흡	빠른 호흡; 보통 감소된 깊이를 동반한 증가된 호흡률	다호흡
호흡곤란	호흡곤란(때때로 '공기 부족'으로 표현되는 주관적 느낌)	다양한 병리적 소인 또는 심한 운동
무호흡	호흡정지	수의적 호흡 멈춤; 중추신경계 조절중추의 억제

표 17-4 폐 의학에서의 정상적인 환기 수치

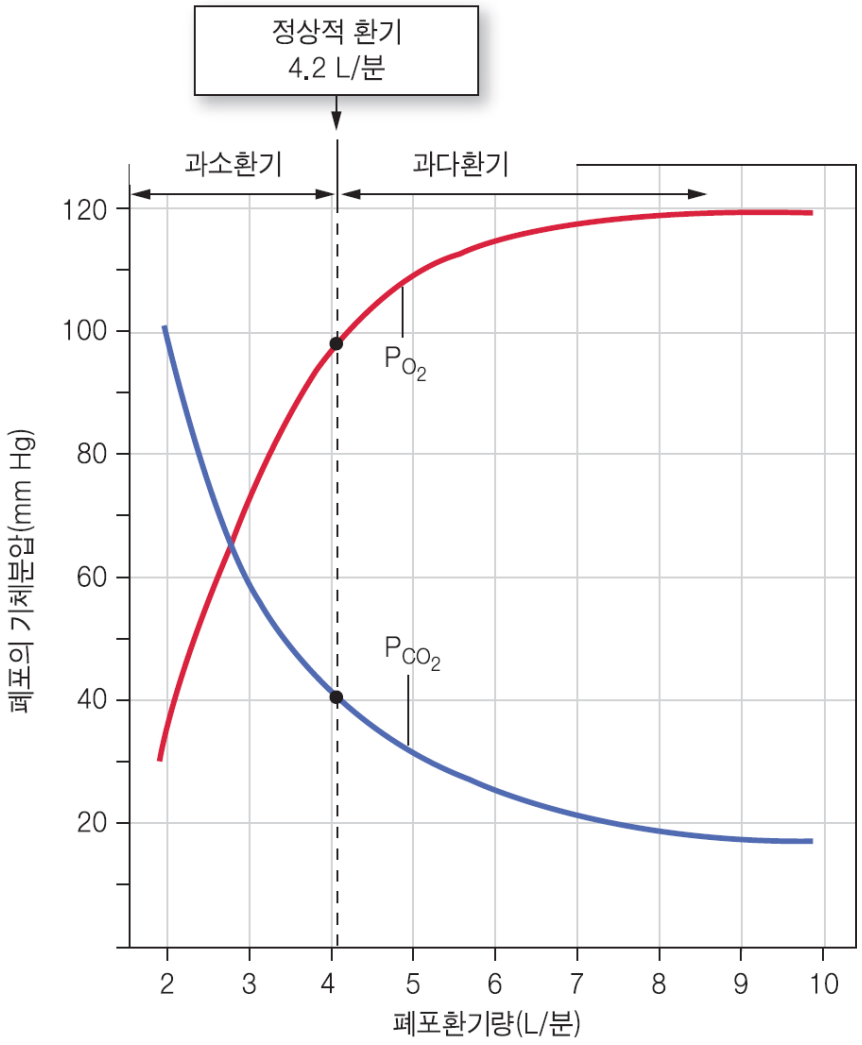
총 폐환기량	6 L/분
총 폐포환기량	4.2 L/분
최대 수의적 환기량	125~170 L/분
호흡률	12~20회 호흡/분

폐포 내 기체조성은 정상호흡 동안 거의 변하지 않는다

폐포 내 O_2, CO_2 분압은 변하지 않음

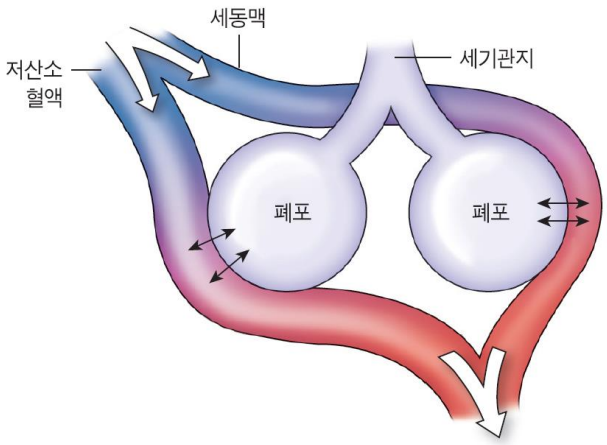
O_2: 100mmHg, CO_2: 40mmHg

- 매 호흡마다 폐포로 들어오는 산소의 양은 혈액으로 들어가는 산소의 양과 거의 같음
- 매 호흡마다 폐로 들어오는 공기의 양이 흡식 말기 총 폐부피의 10% 남짓

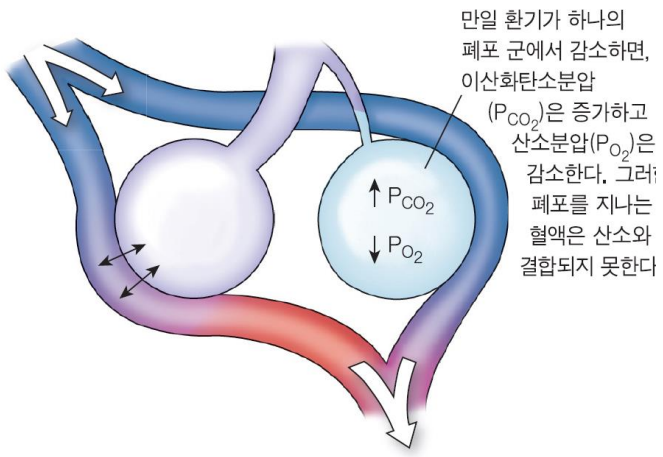


환기와 폐포의 혈류는 조화의 일치를 이룬다

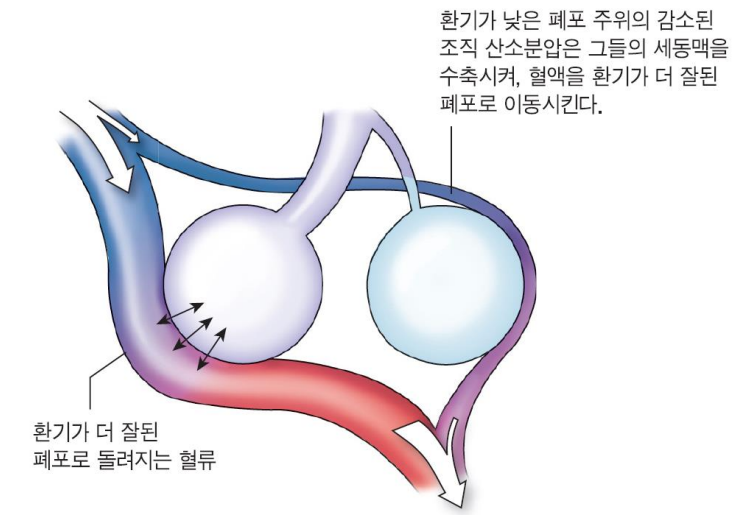
(a) 정상적으로 폐포를 지나는 혈액의 관류는 기체교환을 최대화하기 위해 폐포환기와 조화된다.



(b) 환기가 저하된 폐포에 의해 야기된 환기-관 혈류의 부조화



(c) 지엽적 조절 메커니즘은 환기와 관 혈류의 조화를 유지하려고 한다.



(d) 세기관지의 지름은 그들을 지나는 호식공기 내 이산화탄소의 수준에 의해 주로 매개된다.

산소와 이산화탄소에 의한 세동맥과 세기관지의 지엽적 조절

기체조성	세기관지	폐동맥	체동맥
이산화탄소분압이 증가한다	확장한다	(수축한다)*	확장한다
이산화탄소분압이 감소한다	수축한다	(확장한다)	수축한다
산소분압이 증가한다	(수축한다)	(확장한다)	수축한다
산소분압이 감소한다	(확장한다)	수축한다	확장한다

*괄호는 약한 반응을 나타낸다.

청진과 폐활량 측정은 폐 기능을 평가한다

정상적인 숨소리는 조용한 치찰음 소리

- 기흉이나 기류가 감소되면 숨소리가 약하거나 결핍
- 비정상적인 소리엔 다양한 마찰음, 터지는 소리, 천명, 거품소리, 갈라지는 소리, 삐걱거리는 소리 등

폐쇄성 폐질환: 증가된 기도저항으로 기류가 감소되는 질환

- 좁아진 기도를 통해 휘파람소리가 남
- 천식, 폐쇄성 수면 무호흡, 폐기종 및 만성 기관지염

천식(asthma): 기관지수축과 기도부종으로 특징되는 알레르기를 동반하는 하나의 염증

- 공기부족과 호흡곤란을 호소, 천식 발작