

Chương 4

Sinh lý Hô hấp

4.1. Ý nghĩa và quá trình phát triển

4.1.1. Ý nghĩa chung

Đối với nhiều loài động vật và con người, nhịp thở được coi là dấu hiệu nhận biết sự sống. Sự thở chính là biểu hiện bên ngoài của quá trình hô hấp. Con người có thể nhịn ăn từ 20 – 30 ngày, nhịn uống được khoảng 3 ngày, nhưng không nhịn thở được quá 3 phút.

Hô hấp được xem là quá trình trao đổi khí liên tục giữa cơ thể và môi trường xung quanh. Trong đó có việc vận chuyển khí oxy từ không khí tới các tế bào của cơ thể và vận chuyển ngược lại khí carbonic từ các tế bào của cơ thể ra môi trường bên ngoài. Các tế bào cần cung cấp oxy (oxygen) để thiêu đốt chất dinh dưỡng, tạo thân nhiệt và năng lượng cần thiết cho các hoạt động sống. Như vậy bản chất của quá trình hô hấp là những quá trình oxy hoá các chất hữu cơ trong tế bào để chuyển dạng năng lượng tích trữ trong các chất dinh dưỡng (được ăn vào) thành ATP là dạng năng lượng cho cơ thể hoạt động.

Hoạt động hô hấp còn có nhiệm vụ góp phần điều hoà độ pH của cơ thể bằng cách làm thay đổi nồng độ khí cacbonic hoà tan trong dịch ngoại bào.

Trong quá trình phát triển chủng loại hô hấp có hai phương thức phổ biến đó là:

- Ở động đơn bào và đa bào bậc thấp (thủy tức, đĩa phôi...), hô hấp là sự khuếch tán khí trực tiếp qua màng tế bào.
- Ở động vật đa bào cơ quan hô hấp phát triển từ thấp đến cao, từ đơn giản đến phức tạp và thích nghi với môi trường sống.

Ở môi trường nước, cơ quan hô hấp là mang và da. Ở môi trường trên cạn (cả trên không), cơ quan hô hấp là khí quản và phổi. Tuy nhiên vẫn có một số cá (cá heo) sống ở nước nhưng thở bằng phổi.

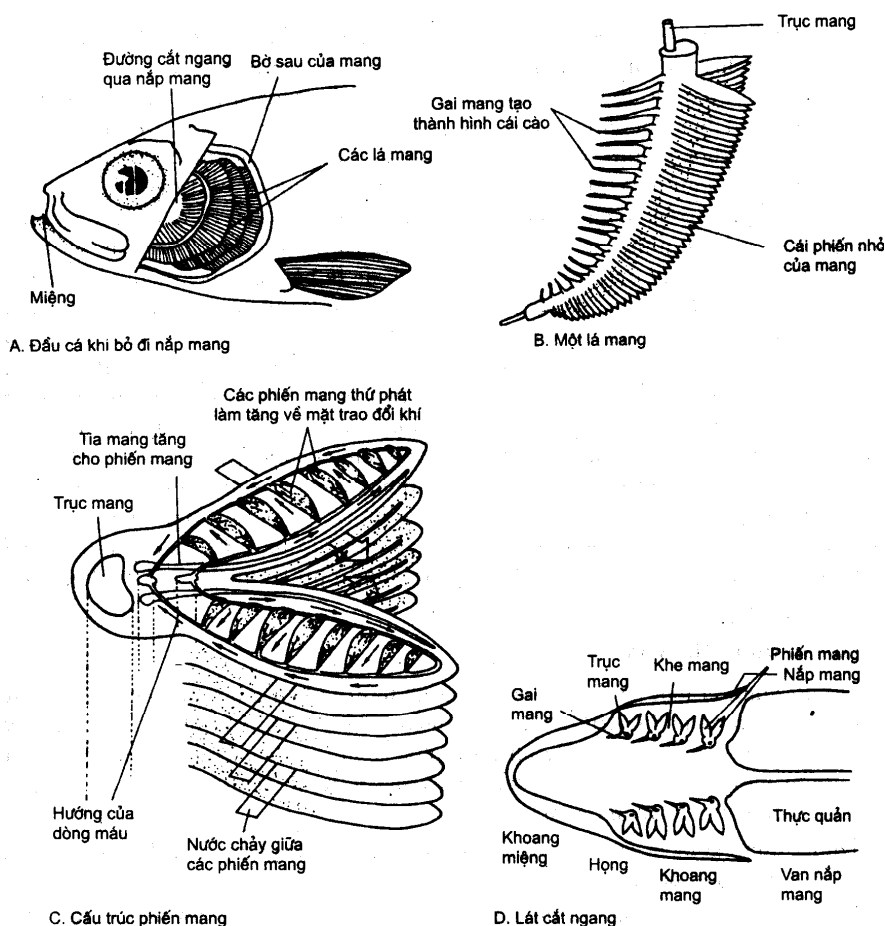
4.1.2. Đối với nhóm động vật ở nước

Động vật sống ở nước hô hấp chủ yếu bằng mang. Mang là những màng mỏng có nhiều mao mạch phân bố đến và dính vào cung mang bằng sụn hay xương, thường nằm ở vùng phía trước ống tiêu hoá. Mang có bề mặt

rộng và khoảng cách rất ngắn nên O_2 và CO_2 có thể khuếch tán giữa nước và máu. O_2 khuếch tán từ nước vào biểu bì mang, rồi qua thành mao mạch vào máu. CO_2 (thường vận chuyển dưới dạng HCO_3^- , bicarbonat) khuếch tán theo hướng ngược lại.

Mang cá có hình răng lược, có khe hở để nước chảy qua và có nắp đậy kín. Mang cá có đặc điểm là nước và dòng máu chảy theo các hướng ngược nhau. Nhờ vậy mà máu có thể thu nhận O_2 tới 80% O_2 hoà tan trong nước.

Cá thở bằng mang theo cách há miệng đồng thời mở nắp mang để hút nước (nhờ cử động bơm của hàm và nắp mang), sau đó cá ngậm miệng và khép mang lại từ từ để thu hẹp khoảng trống làm tăng áp lực của dòng nước, nước trào qua khe nắp mang ra ngoài. Chính khi nước được ép qua các lá mang, quá trình trao đổi khí được thực hiện (hình 4.1).



Hình 4.1: Cấu tạo và hoạt động mang cá (theo Trịnh Hữu Hằng)

Ở động vật có bề mặt da mỏng, sống ở môi trường ẩm ướt, như giun đất, hoặc ở bốn lưỡng cư (ếch nhái), O_2 khuếch tán qua da rồi vào trong các mao mạch máu nằm ngay dưới bề mặt da và CO_2 theo hướng ngược lại.

4.1.3. Đối với nhóm động vật trên cạn và người

Động vật trên cạn (cả trên không) và người cơ quan hô hấp là khí quản và phổi.

* Ở côn trùng, hệ thống trao đổi khí là hệ khí quản. Khí quản phân nhánh rất nhỏ đến từng tế bào để cung cấp O_2 và lấy CO_2 , mà không cần có máu làm trung gian, nhờ thế mà các mô của cơ thể trao đổi khí trực tiếp với môi trường bên ngoài.

* Từ bò sát đến người sự trao đổi khí xảy ra qua bề mặt hô hấp của phổi. Bộ máy hô hấp gồm đường dẫn khí và phổi. Đường dẫn khí gồm: khoang mũi, thanh quản, phế quản và tận cùng của đường hô hấp là phế nang.

Ở động vật có xương sống và người cơ quan hô hấp hình thành từ ống tiêu hoá sơ cấp. Chỗ tiếp giáp giữa đường tiêu hoá và đường hô hấp ở đoạn hầu thành ngã tư, nên nhiều khi gây tai biến (thức ăn đi nhầm đường vào khí quản, gây sặc; giun từ thực quản đột nhập vào phổi gây ho ra máu).

Trong bào thai cơ quan hô hấp xuất hiện từ tuần thứ 4 và hình thành ở tháng thứ 6.

1). Khoang mũi

Khoang mũi gồm hai lỗ mũi trước thông với bên ngoài, hai lỗ mũi sau phía trong thông với nhau và thông với hầu ở phía dưới, đồng thời thông với hai tai giữa bởi hai vòi Eustache. Khoang mũi được tách ra từ khoang miệng, phía trên khoang mũi có nhiều tế bào thụ cảm khứu giác làm chức năng khứu giác. Khoang phía dưới còn gọi là khoang hô hấp, có nhiều tế bào tiết dịch nhầy, sâu vào phía trong dịch nhầy loãng hơn để làm ẩm không khí. Trên màng nhầy vùng phía sau có các lông rung (lông thịt), hướng từ trong ra ngoài, khi có chất bẩn, bụi... vào sẽ được chất nhầy quây lại để tống ra ngoài nhờ vận động phản xạ của lông rung. Dưới màng nhầy là mạng mạch máu dày có chức năng sưởi ấm không khí. Trong khoang mũi còn có ba đôi sụn xoắn chia khoang mũi ra ba ngách: ngách thông trên, ngách thông giữa và ngách thông dưới, các ngách này thông với xoang trán, xoang hàm trên và xoang sàng, xoang bướm. Cấu tạo này càng làm rộng thêm cho xoang hô hấp và còn có tác dụng như cơ quan cộng hưởng khi phát âm.

2). Thanh quản

Thanh quản là một phần của cơ quan hô hấp có chức năng phát âm. Cấu trúc này có thể nhìn thấy ở bên ngoài như là "quả táo Adam". Thanh quản cấu tạo bởi các sụn như sụn giáp, sụn nhẫn, sụn phễu, sụn thanh

thiệt. Sụn thanh thiết hoạt động như cái van, đóng lại khi nuốt không cho thức ăn vào khí quản. Niêm mạc lót mặt trong thanh quản có nhiều tuyến chùm tiết nhầy. Trên lớp tế bào thượng bì cũng có các lông thịt rung để đẩy vật lạ ra khỏi đường hô hấp. Trong lòng thanh quản có khe thanh môn và dây thanh âm, dây thanh âm cấu tạo gồm hai bó mô liên kết. Khi phát âm, không khí đi ra làm rung dây thanh âm. Mức độ căng của dây làm tần số rung của dây thay đổi tạo thành âm cao hay âm thấp. Dây càng căng âm càng cao. Tần số rung của dây thanh âm còn được điều khiển bởi hệ cơ trong thanh quản. Ở người các âm thanh được tạo ở thanh quản kết hợp với mũi, miệng, hầu và các xoang tạo thành một hệ cộng hưởng phức tạp, dưới sự điều khiển của hệ thần kinh chúng đã tạo ra tiếng nói, ở nam các dây thanh âm rộng và dày hơn nữ, do đó âm thanh phát ra trầm hơn. Khi phát âm còn có sự tham gia của cử động má, môi, lưỡi.

3). Khí quản và phế quản

Khí quản là một ống gồm 16 – 20 vòng sụn hình chữ C, dài khoảng 10 cm. Ở thú và người đó là những vòng sụn hở ở phía sau nơi tiếp giáp với thực quản, tạo điều kiện cho sự nuốt của thực quản và làm cho khí quản cực kỳ đàn hồi, có thể phồng lên xẹp xuống theo hoạt động của phổi. Hơn nữa vì hai đầu các sụn khí quản không liền nhau nên đường kính của khí quản tăng lên khi ho, giúp cho khí quản có thể dễ dàng tổng các vật cản ra ngoài. Thành trong của khí quản cũng có nhiều màng nhầy và lông thịt rung.

Ngang tầm đốt sống ngực IV và V khí quản được chia đôi thành hai phế quản trái và phải. Đến rốn phổi phế quản phải chia thành ba nhánh đi về ba thùy, còn phế quản trái chia thành hai nhánh đi vào hai thùy. Vì tim nằm lệch về phía trái nên lá phổi trái nhỏ hơn lá phổi phải (khoảng 10/11). Các phế quản chia nhỏ dần để đi vào từng phế nang, mỗi lần phân chia ống phế quản nhỏ dần và thành phế quản cũng mỏng dần cho đến khi chỉ là lớp cơ không có sụn bao quanh, đường kính dưới 1mm. Đó là các phế quản nhỏ, chúng lại tiếp tục phân chia và cuối cùng kết thúc ở phế nang. Các phế nang sắp xếp thành từng chùm trông giống như chùm nho và được cung cấp rất nhiều mao mạch. Mỗi phế nang có đường kính chỉ 100 - 300µm nhưng hai lá phổi có tới hơn 700 triệu phế nang nên tạo ra một diện tích bề mặt khoảng 140m². Ở đây diễn ra quá trình trao đổi khí qua một lớp màng kép mỏng (một màng là của phế nang, một màng là của mao mạch). Đường kính mao mạch ở đây chỉ có 5µm, nên hồng cầu đi qua đây rất chậm, càng tạo điều kiện cho việc trao đổi khí.

4). Phổi

Phổi gồm hai lá, là tập hợp của phế nang và phế quản. Phổi khi sờ vào thì khá chắc nhưng thực tế lại rất đàn hồi. Nó có thể nở ra rất nhiều

khi không khí tràn vào. Mỗi lá phổi được bọc kín bởi màng phổi, đó là màng gồm hai lớp. Lớp phủ sát trên bề mặt phổi gọi là lá tạng, còn lớp lót mặt trong của thành ngực gọi là lá thành, giữa hai lá có chứa dịch làm trơn giảm ma sát khi hai màng trượt lên nhau trong cử động hô hấp.

4.2. Chức năng hô hấp của phổi

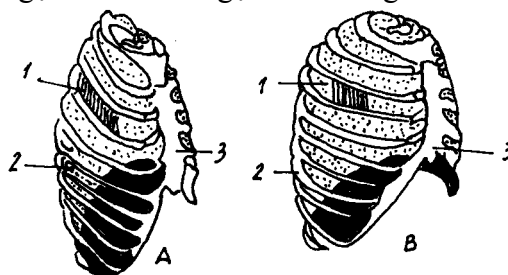
4.2.1. Sự thay đổi thể tích lồng ngực trong cử động hô hấp

1). Khi hít vào

Khi hít vào thể tích lồng ngực tăng theo ba chiều: Chiều trên dưới do cơ hoành co làm hạ thấp xuống 1cm và thể tích lồng ngực tăng thêm 259cm^3 , chiều trước sau và trái phải do cơ liên sườn (chủ yếu là cơ liên sườn ngoài) làm kéo xương sườn ra phía trước và đẩy sang hai bên làm tăng đường kính lồng ngực. Khi hít vào cổ sức còn có các cơ như cơ ức đòn chũm để nâng xương ức, cơ răng cửa lớn, cơ ngực lớn và cơ ngực bé tham gia.

2). Khi thở ra

Khi thở ra các cơ hít vào giãn, cơ hoành giãn làm thể tích lồng ngực trở lại như cũ, phổi xếp lại đây không khí ra. Ngoài ra nhờ tính đàn hồi của chính phổi cũng làm cho phổi giảm thể tích. Khi thở ra cổ sức các cơ như cơ răng cửa bé trước sau, cơ tam giác của xương ức, cơ vuông thắt lưng và các cơ thành bụng tham gia để hạ thấp xương sườn (hình 4.2).



Hình 4.2: Sơ đồ biến đổi lồng ngực (theo Nguyễn Quang Mai)

A. Khi thở ra; B. Khi hít vào; 1. Cơ liên sườn ngoài; 2. Xương sườn; 3. Xương ức

4.2.2. Sự liên quan giữa lồng ngực và phổi – áp lực âm

1). Thành lồng ngực có tính đàn hồi

Trạng thái bình thường của thành lồng ngực là khi thở ra. Khi hít vào do các cơ hô hấp co làm tăng thể tích, sau đó nhờ đàn hồi đưa nó trở về trạng thái ban đầu.

Phổi lại càng có tính đàn hồi lớn. Bình thường phổi căng sát thành lồng ngực cả khi thở ra lẫn khi hít vào. Nguyên nhân này là do áp lực không khí trong xoang màng phổi và trong phổi tạo nên.

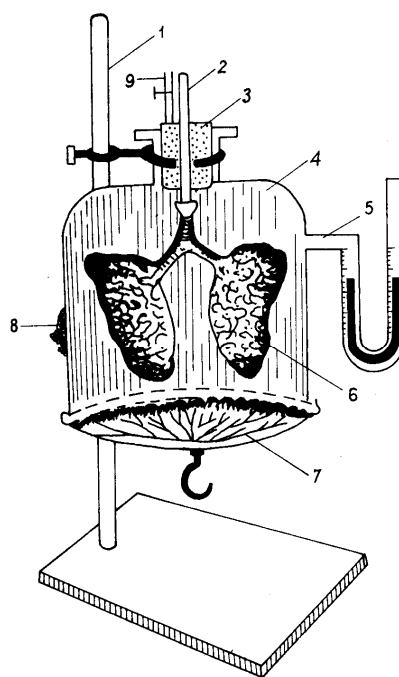
Phổi hoạt động thụ động theo sự tăng giảm thể tích của lồng ngực. Hãy quan sát thí nghiệm dưới đây của Funker – Donkers:

Ông dùng một bình thuỷ tinh thùng đáy và bịt đáy bằng màng cao su có nút để kéo xuống hoặc đẩy lên (mô phỏng cho cơ hoành). Miệng bình có nút cao su kín và cho xuyên qua hai ống thuỷ tinh: ống 1 chạc đôi nối với hai lá phổi ếch (hoặc hai bóng cao su) thông với không khí, ống 2 có khoá đóng mở. Ở thành bình một phía có lỗ thông được bịt kín bằng màng cao su, phía khác có lỗ để gắn với một áp kế. Khi đẩy nút ở màng bịt đáy lên cao (tương tự như lúc thở ra) và đóng khoá ống 2 làm thể tích trong bình

giảm, hai lá phổi xẹp lại, màng cao su ở thành bình phồng ra phía ngoài, đồng thời áp lực tăng làm mức nước của áp kế ở nhánh ngoài cao hơn nhánh trong.

Khi kéo nút màng bịt đáy xuống (như lúc hít vào), khoá ống 2 cũng đóng làm thể tích trong bình tăng, hai phổi căng ra, màng cao su ở thành bên lõm vào, còn cột nước của áp kế ở nhánh trong cao hơn nhánh ngoài.

Qua thí nghiệm của Funke – Donkers cho thấy phổi hoạt động theo sự tăng giảm của thể tích lồng ngực và muốn cho phổi hoạt động tăng giảm bình thường đó thì khoang màng phổi phải luôn là một khoang kín. Khi bị thủng khoang màng phổi hoặc trong khoang có nước (bệnh khí hung), phổi không hoạt động được. Trong thí nghiệm trên khi mở khoá ống 2 làm không khí trong bình và bên ngoài thông nhau thì dù đưa lên hay hạ nút ở màng bịt đáy sẽ không có hiện tượng gì xảy ra (hình 4.3).



Hình 4.3: Mô hình hô hấp k  Funke - Donkers

1. Giá đỡ; 2. Canuyn; 3. Nút; 4. Chu ng thuỷ tinh; 5.  p k ; 6. Ph i; 7. M ng cao su   y; 8. M ng cao su th nh b n; 9.  ng thuỷ tinh có khoá

2). Áp lực âm

Ở giai đoạn bào thai, hai lá (lá tạng và lá thành) màng phổi dính vào nhau, chưa tạo khoang màng phổi, cả toàn bộ phổi là một khối không có không khí (giống như những cơ quan khác). Khi đứa bé vừa ra khỏi bụng mẹ, do vận động mạnh làm lồng ngực giãn rộng, và phổi cũng nở to dần. Nhưng tốc độ giãn của lồng ngực nhanh hơn phổi và kéo theo lá thành, còn phổi lại có tính đàn hồi sau khi giãn đã co lại kéo theo lá tạng, kết quả lá tạng tách ra khỏi lá thành để tạo khoang màng phổi. Áp lực trong khoang luôn thấp hơn áp lực không khí nên gọi là áp lực âm, nhờ vậy tạo điều kiện cho không khí vào phổi trong động tác hít vào. Tiếng khóc chào đời của đứa trẻ được hình thành ngay sau đó (khi có sự tổng khí qua thanh quản).

Lúc bình thường áp lực này thấp hơn áp lực khí quyển khoảng -2mmHg đến -4mmHg ; lúc hít vào khoảng -8mmHg , khi hít vào cố sức có thể đạt -15mmHg đến -30mmHg . Còn khi thở ra hết sức áp lực này có thể lên -1mmHg hoặc bằng 0 (nghĩa là áp lực trong khoang bằng áp suất khí quyển). Khi khoang màng phổi thủng, làm mất áp lực âm, phổi xẹp lại, mất luôn cử động hô hấp.

Áp lực không khí trong các phế nang cũng thay đổi theo hoạt động hô hấp, khi hít vào bình thường áp lực trong phế nang giảm xuống dưới áp lực khí quyển, khoảng -3mmHg , hít vào cố sức là -57 đến -80mmHg , nhờ vậy không khí mới vào được phế nang. Khi thở ra bình thường áp lực trong phế nang ngược lại, lại vượt quá áp lực khí quyển, khoảng $+3\text{mmHg}$, khi cố sức là $+80$ đến $+100\text{mmHg}$, có như vậy mới đẩy được khí từ phổi ra bên ngoài. Bản thân phổi không phải là mô cơ nên những thay đổi về áp lực phải đạt được bằng con đường gián tiếp. Cụ thể là nhờ khoang màng phổi bao quanh mỗi phổi, sự giảm áp lực trong khoang màng phổi và phổi được truyền tới phổi bởi lá tạng và vì thế mà phổi bị kéo căng ra chiếm gần như hết khoang lồng ngực.

4.2.3. Sự thông khí ở phổi

4.2.3.1. Nhịp thở

Chu kỳ thở gồm động tác hít vào thở ra gọi là nhịp thở. Ở người Việt nam đối với nữ là 17 ± 3 nhịp/phút, đối với nam là 16 ± 3 nhịp/phút. Ở các loài động vật khác nhau có nhịp thở khác nhau. Ở gà: $22 - 25$; ở vịt: $15 - 18$; Ở ngỗng: $9 - 10$; Ở mèo, chó, bò: $10 - 30$; Ở trâu: $18 - 21$; Ở lợn: $20 - 30$ nhịp/phút nhịp thở còn y đổi theo trạng thái tâm sinh lý, khi hoạt động mạnh thở nhanh, khi cảm xúc, tăng nhiệt độ cũng tăng nhịp thở.

4.2.3.2. Các thể tích hô hấp

Trong trạng thái bình thường, ở người lớn mỗi lần hít vào cũng như khi thở ra đo được 0,5 lít, gọi đó là khí lưu thông. Khi thở ra bình thường, chưa hít vào, mỗi người có thể thở ra cổ sức được khoảng 1,5 lít gọi là khí dự trữ thở ra. Còn khi thở vào bình thường, chưa thở ra, cũng có thể hít vào cổ sức được thêm khoảng 1,5 – 2,5 lít, gọi là khí dự trữ hít vào. Sau khi đã thở ra cổ sức vẫn còn một lượng khí tồn trữ trong phổi khoảng 1 lít gọi là khí cặn, chức năng của khí cặn là đảm bảo cho đường hô hấp thông suốt.

Tổng số các loại khí: lưu thông, dự trữ thở ra, dự trữ hít vào gọi là dung tích sống (hay sinh lượng). Đó là lượng khí có thể đo của một lần thở ra cổ sức sau khi đã hít vào cổ sức, khoảng 3,5 – 4,5 lít. Tổng số của dung tích sống và khí cặn gọi là dung lượng phổi.

4.2.4. Sự trao đổi khí ở phổi và mô

1). Sự trao đổi khí ở phổi

Trao đổi khí ở phổi diễn ra ở phế nang và máu trong hệ thống mao mạch phân bố dày đặc đến màng các phế nang theo nguyên tắc khuếch tán do có sự chênh lệch áp suất của từng loại khí (áp suất riêng phần) được tính theo tỉ lệ %. Trao đổi khí ở phổi còn gọi là hô hấp ngoài.

Trong phế nang áp suất riêng phần của oxy (P_{O_2}) là 104mmHg và P_{O_2} trong máu đến phổi là 40 mmHg, do đó O_2 từ phế nang khuếch tán sang máu. Ở máu ra khỏi phổi P_{O_2} xấp xỉ bằng 104mmHg. Trong khi đó P_{CO_2} trong máu đến phổi là 46mmHg, còn trong phế nang là 40mmHg, nên CO_2 khuếch tán từ máu sang phổi.

Diện tích bề mặt các mao mạch ở một phổi của người lớn khoảng 60m² và khoảng cách khuếch tán chỉ là 2 - 3μm, nhỏ hơn một nửa đường kính hồng cầu. Điều này càng tạo điều kiện cho quá trình trao đổi khí giữa phế nang và máu.

Có một điều khá thú vị là, áp lực máu trong các mao mạch phổi luôn rất thấp, nhờ vậy mà huyết tương không bị thoát ra ngoài và không tập trung lại trong phế nang. Ngoài ra, phế nang còn có một lớp mỏng chứa phân tử các chất hoạt động bề mặt phổi - một loại phức hợp phospholipid-protein, giúp cho phế nang không bị xẹp xuống bằng cách giảm mạnh sức căng bề mặt.

2). Sự trao đổi khí ở mô

Sau quá trình trao đổi ở phổi, máu đổ về tim, tim co bóp đưa máu đến mô. Tại đây sự trao đổi cũng tuân theo quy luật khuếch tán phụ thuộc vào

áp suất riêng phần của từng loại khí. Trao đổi khí ở mô còn gọi là hô hấp trong.

Trong máu động mạch đến mô P_{O_2} khoảng 102mmHg, P_{O_2} ở dịch gian bào là 40mmHg, nên O_2 từ máu qua dịch gian bào để vào mô. Sự khuếch tán này làm cho P_{O_2} máu mao mạch chỉ còn 40mmHg được tập trung vào tĩnh mạch đổ về tim. Trong dịch nội bào do quá trình trao đổi chất mà P_{CO_2} là 46mmHg và trong dịch gian bào là 45mmHg. P_{CO_2} trong máu động mạch đến mô là 40mmHg, nên CO_2 khuếch tán sang máu, vì vậy máu tĩnh mạch có P_{CO_2} là 46mmHg.

3). Nhận xét

Quá trình phân tích trên cho thấy hiệu số chênh lệch áp suất riêng phần của O_2 luôn cao hơn nhiều so với CO_2 là do khả năng khuếch tán của CO_2 lớn hơn O_2 25 lần. Người ta thấy rằng, đối với O_2 chỉ cần chênh lệch 35mmHg đã có 6,7ml O_2 khuếch tán qua mỗi cm^2 màng phế nang trong 1 phút, nghĩa là khoảng 600ml O_2 thấm vào máu trên toàn bộ hai lá phổi. Trong khi đó nhu cầu của cơ thể lúc bình thường là 256 – 400ml O_2 trong 1 phút, còn khi lao động nặng thì cần 400 – 500ml. Do vậy mức chênh lệch 64mmHg (ở phổi) của O_2 luôn đảm bảo nhu cầu cho cơ thể. Đối với CO_2 chỉ cần chênh lệch 0,03mmHg cũng đủ làm khuếch tán 256ml CO_2 trong 1 phút, nên với mức chênh lệch 6mmHg (ở phổi) đã thỏa mãn nhu cầu thải CO_2 ra khỏi cơ thể.

Tóm lại máu mao mạch đến phổi chứa 10 – 12% O_2 (tương đương với 66% mức bão hòa) và 5,5 – 5,7% CO_2 . Còn máu đến mô chứa 18 – 20% (ngang mức 96% bão hòa) và chỉ còn lại 5,0 – 5,2% CO_2 .

4.2.5. Sự vận chuyển oxy và cacbonic của máu

1). Sự vận chuyển Oxy

Oxy được vận chuyển theo máu dưới hai dạng: dạng hoà tan (tự do) và dạng kết hợp.

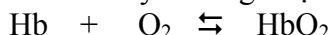
* Dạng hoà tan: Khả năng hoà tan của O_2 trong máu rất thấp và phụ thuộc vào áp suất riêng phần của nó. Nếu ở máu động mạch P_{O_2} là 104mmHg thì lượng O_2 hoà tan là 0,3ml/100ml máu. Khi P_{O_2} ở tĩnh mạch còn lại 40mmHg thì chỉ có 0,12ml/100ml máu. Như vậy cứ 100ml máu vận chuyển đến mô chỉ còn 0,3ml – 0,12ml = 0,18ml O_2 , chỉ chiếm 2 – 3% lượng O_2 đưa đến mô, trong lúc đó dưới dạng kết hợp với Hb đã cung cấp cho mô 5ml/100ml máu, chiếm 97 – 98%.

Khả năng của O_2 có thể hoà tan ở mức 29ml/100ml máu khi P_{O_2} đạt 3000mmHg, nhưng khi đó sẽ gây hiện tượng co giật gây phù phổi nặng (gọi là trúng độc O_2). Do vậy khi truyền oxy, cần chú ý để duy trì P_{O_2} ở mức 1000mmHg.

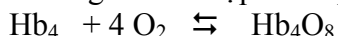
* **Dạng kết hợp:** Quá trình vận chuyển này là kết quả một loạt phản ứng thuận nghịch giữa oxy và hemoglobin (Hb). Sự kết hợp giữa oxy và Hb tỷ lệ thuận với áp suất riêng phần của O_2 . Khi P_{O_2} tăng lên 100mmHg (ở phổi) thì tỉ lệ HbO_2 tạo ra đạt đến 97% ở mức bão hoà, cho nên ở phổi gần như toàn bộ Hb kết hợp với oxy. Ở mô P_{O_2} giảm còn 40mmHg, phản ứng phân ly theo chiều nghịch xảy ra, O_2 được giải phóng để cung cấp cho tế bào. Sự kết hợp giữa Hb và O_2 còn phụ thuộc vào pH và nhiệt độ của máu, khi pH nghiêng về kiềm sự kết hợp tăng còn khi nhiệt độ tăng sự kết hợp đó bị giảm.

Phân tử Hb gồm 4 chuỗi polypeptide, 2 chuỗi α và 2 chuỗi β . Mỗi chuỗi chứa một nhóm sắc tố đặc biệt là nhóm hem. Mỗi nhân hem có chứa 1 nguyên tử sắt 2 (Fe^{++}) ở trung tâm. Mỗi nguyên tử Fe kết hợp với 1 phân tử O_2 , nghĩa là 1 phân tử Hb kết hợp thuận nghịch được 4 phân tử oxy.

Phản ứng giữa Hb với oxy thường được viết tổng quát như sau:



Thực chất là phản ứng Hb kết hợp với 4 phân tử O_2 như sau:



Oxy khi liên kết với nguyên tử sắt được gắn một cách lỏng lẻo để tạo thành hợp chất oxyhemoglobin. Mỗi gam Hb có khả năng gắn tối đa là 1,34ml O_2 , mà trong 100ml máu có khoảng 15g Hb, do đó thể tích O_2 ở dạng liên kết là:

$$1,34ml \times 15 = 20 \text{ ml } O_2 / 100ml \text{ máu}$$

Như vậy khi áp suất riêng phần của oxy ở mức 100mmHg (ở phổi), số lượng O_2 kết hợp với Hb là 20ml, còn khi áp suất riêng phần của O_2 là 40mmHg (ở mô), số lượng O_2 kết hợp là 15ml. Nghĩa là lượng O_2 được giải phóng từ 100ml máu khi đến mô là 5ml ($20 - 15 = 5ml$).

Trong trường hợp khi hoạt động mạnh cơ thể cần nhiều oxy nên P_{O_2} ở mô giảm còn 15mmHg, vì vậy mà lượng O_2 kết hợp với Hb là khoảng 5ml, và như vậy 100ml máu động mạch cung cấp cho mô lượng O_2 tăng gấp 3 lần ($20 - 5 = 15ml O_2$). Mặc dù sự phân ly hợp chất HbO_2 tăng lên do áp suất riêng phần của O_2 giảm nhưng O_2 vẫn không đủ cho cơ thể, khi hoạt động mạnh và kéo dài nhu cầu O_2 của cơ thể tăng lên 15 lần. Trong trường hợp này nhờ lưu lượng tim tăng lên 5 lần nên nhu cầu O_2 cơ thể vẫn được đảm bảo ($3 \times 5 = 15$ lần).

2). Sự vận chuyển cacbonic

CO_2 được vận chuyển trong máu cũng dưới hai dạng: dạng hoà tan và dạng kết hợp.

* **Dạng hoà tan**

Ở mô, khí CO_2 được sinh ra trong quá trình trao đổi chất một phần đã khuếch tán vào máu dưới dạng hoà tan, chiếm khoảng 4% toàn bộ khí CO_2 về phổi.

*** Dạng kết hợp**

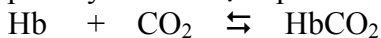
Trong máu CO_2 có những dạng kết hợp sau:

- CO_2 kết hợp với H_2O của huyết tương tạo H_2CO_3 và acid này lại phân ly ngay cho H^+ và HCO_3^- . Dạng vận chuyển CO_2 dưới dạng ion bicacbonat này không nhiều, trong 100ml máu chỉ có khoảng 0,1 – 0,2ml CO_2 được vận chuyển, chiếm khoảng 3 – 4%.

- CO_2 kết hợp với H_2O trong hồng cầu, phản ứng xảy ra giống như ở huyết tương, có điều lượng CO_2 được vận chuyển dưới dạng ion bicacbonat chiếm đến 70% tổng số CO_2 , tức là khoảng 3ml trong 100ml máu. Phản ứng kết hợp giữa CO_2 với H_2O trong hồng cầu nhờ một enzyme carbonicanhydrase của hồng cầu xúc tác.

Lượng HCO_3^- trong hồng cầu tăng sẽ thâm huyết tương để vận chuyển về phổi và lúc đó sẽ có một lượng Cl^- (do NaCl phân ly) đi vào hồng cầu để lập lại cân bằng điện tích cho hồng cầu. Còn lượng H^+ sẽ kết hợp với Hb của hồng cầu tạo một acid yếu – acid hemoglobinic (HHb). Acid này là hệ đệm quan trọng của máu để điều hoà độ pH cho máu.

- CO_2 kết hợp trực tiếp với Hb tạo ra carbohemoglobin (HbCO_2). Đây cũng là phản ứng thuận nghịch. Phản ứng xảy ra cũng phụ thuộc vào áp suất riêng phần của CO_2 . Sự kết hợp xảy ra ở máu mao mạch của mô và phân ly ở mao mạch phổi.



Tổng số khí CO_2 vận chuyển theo dạng này chiếm khoảng 23%, tức là khoảng 1,5ml CO_2 trong 100ml máu. Ngoài ra còn một lượng nhỏ CO_2 được vận chuyển dưới dạng kết hợp với protein của huyết tương (hình 4.4).

4.3. Sự điều hoà hô hấp

4.3.1. Sự điều hoà thần kinh

4.3.1.1. Các trung khu hô hấp

*** Các trung khu ở tuỷ sống:**

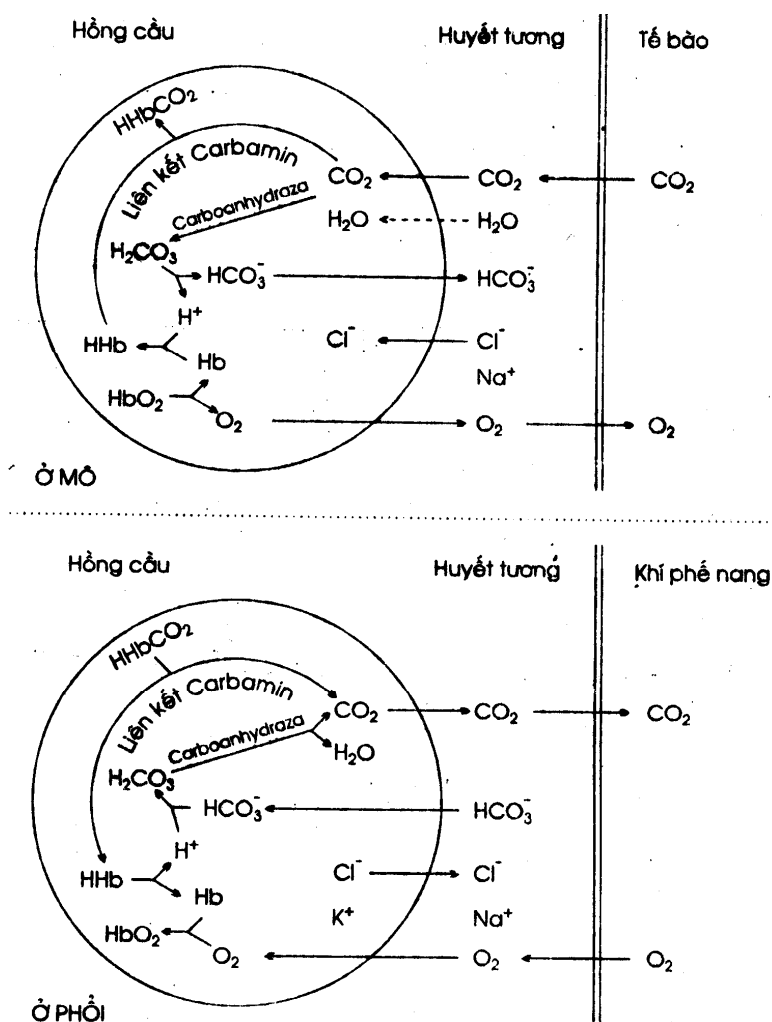
- Sừng xám của tuỷ sống ở đốt sống cổ III – IV điều khiển cơ hoành
- Sừng xám của tuỷ sống ở đốt ngực điều khiển cơ liên sườn

- Trung khu điều chỉnh hô hấp (pneumotaxic) nằm ở phía trên mặt lưng của cầu não, có tác dụng kìm hãm trung khu hít vào ở hành tuỷ. Nếu có xung ức chế mạnh từ trung khu này xuống hành tuỷ sẽ làm cho động

tác hít vào ngắn gây tăng nhịp thở, còn nếu xung ức chế đi xuống yếu thì động tác hít vào dài, nhịp hô hấp chậm lại.

- Trung khu “ngừng thở” (apneustic), nằm ở phía dưới mặt lưng của não cầu, chức năng chưa rõ lắm nhưng khi kích thích thì gây động tác hít vào kéo dài, thỉnh thoảng có phản ứng thở hắt ra nhanh, và cũng có thể gây ngừng thở khi hít vào tối đa.

- Trung khu hít vào ở phía lưng của hành tủy gần cuối não thất IV. Trung khu này có các neuron phát nhịp tự động.

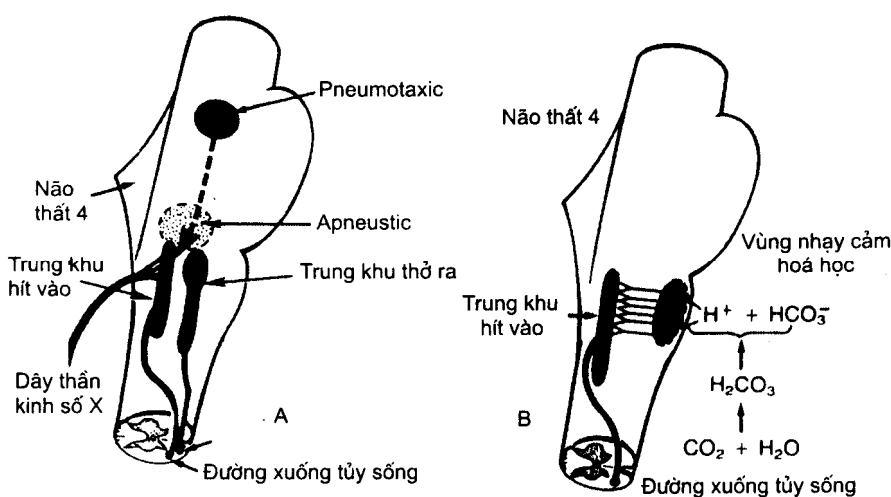


Hình 4.4: Sự vận chuyển khí CO_2 và O_2 (theo Trịnh Hữu Hằng)

- Trung khu thở ra nằm gần trung khu hít vào về phía trước hành tủy (hình 4.5A).

4.3.1.2. Phản xạ hô hấp

Người ta tìm thấy các thụ quan áp lực phân bố trong phế quản, tiểu phế quản để cảm nhận mức căng giãn của phổi. Hering – Breuer đã làm thí nghiệm ở động vật và cho thấy khi làm phổi căng lên sẽ gây động tác thở ra, ngược lại khi làm phổi xẹp xuống sẽ gây hít vào. Sự căng lên của phổi đã kích thích vào các thụ quan áp lực trong phổi, thông qua dây X gây ra phản xạ thở ra gọi là phản xạ Hering – Breuer.



Hình 4.5. A: Các trung khu hô hấp; B: Vùng nhạy cảm hoá học (theo Trịnh Hữu Hằng)

Bình thường các tế bào thần kinh của trung khu hít vào ở hành tủy hưng phấn một cách tự động, các xung từ đây đi về tủy sống đến các cơ hít vào (cơ hoành và cơ liên sườn ngoài) sẽ gây động tác hít vào. Và đồng thời khi trung khu hít vào hưng phấn còn có các xung đi lên trung khu ức chế (pneumotaxic) ở não cầu, trung khu này hưng phấn sẽ gửi xung xuống trung khu thở ra của hành tủy để kích thích. Sau động tác hít vào phổi căng lên làm kích thích các thụ quan áp lực trong phổi, từ đây xung hướng tâm theo dây X về trung khu thở ra. Khi tiếp nhận xung của trung khu hít vào do trung khu ức chế ở não cầu đưa xuống, trung khu thở ra đã dần chuyển sang trạng thái hưng phấn, bây giờ nhận tiếp xung do dây X đưa

đến càng làm cho trung khu thở ra hưng phấn hoàn toàn để gây ra động tác thở ra (xung động chuyển đến gây co cơ liên sườn trong). Chính lúc này trung khu thở ra lại gửi xung sang trung khu hít vào để ức chế hoạt động hít vào. Động tác hít vào ngừng lại làm phổi bị xẹp. Các thụ quan áp lực ở phổi không hưng phấn, không có xung theo dây X lên kích thích trung khu thở ra, trung khu thở ra không hưng phấn làm động tác thở ra chấm dứt. Và cùng vì không hoạt động mà trung khu thở ra không gửi xung ức chế sang trung khu hít vào nữa, trung khu hít vào được tự do và lại hoạt động tự động để tạo ra động tác hít vào kế tiếp, bắt đầu một chu kỳ mới.

Như vậy phản xạ hô hấp bình thường bao gồm động tác hít vào, thở ra kế tiếp nhau thành một nhịp thở có tính chu kỳ.

* Vỡ não có thể gây ra phản xạ hô hấp tùy ý như nín thở, hoặc chủ động thở liên tục, hoặc khi cảm xúc mạnh gây nín thở, thở gấp... Tuy nhiên “ý muốn” có giới hạn nhất định

4.3.2. Sự điều hoà thể dịch

Điều hoà hô hấp bằng con đường thể dịch chủ yếu dựa vào áp suất riêng phần của O_2 và CO_2 . Ở cung động mạch chủ và xoang động mạch cảnh có các thụ quan hoá học, còn trong hành tuỷ thì có trung khu tiếp nhận xung từ các thụ quan hoá học đó về. Trung khu này nằm phía trước hành tuỷ, ngang với trung khu hít vào.

4.3.2.1. Áp suất riêng phần của O_2

Khi PO_2 trong máu giảm sẽ kích thích các tế bào thụ cảm hoá học. Các xung từ xoang động mạch cảnh qua nhánh Hering của dây số IX (dây lưỡi hầu), từ cung động mạch chủ qua nhánh Cyon của dây số X đến trung khu ở hành tuỷ để tăng cường hô hấp. Trong đó các xung từ xoang động mạch cảnh quan trọng hơn.

4.3.2.2. Áp suất riêng phần của CO_2

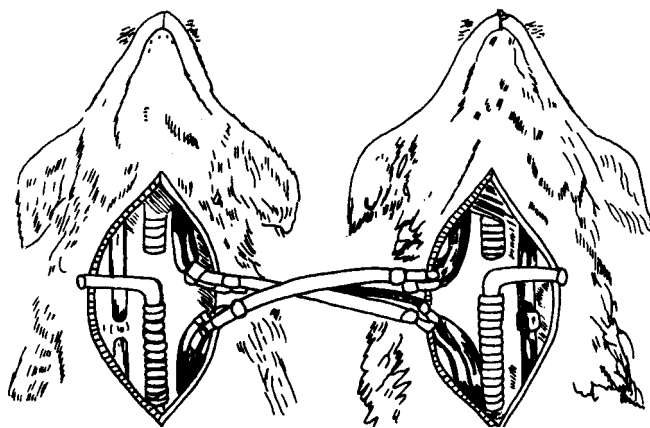
Khi nồng độ CO_2 trong máu cao sẽ tăng cường tạo H_2CO_3 , hợp chất này nhanh chóng phân ly tạo H^+ và HCO_3^- . Ion H^+ tăng sẽ tác động lên tế bào thụ cảm hoá học ở xoang động mạch chủ và nhất là ở xoang động mạch cảnh để từ đó có xung lên trung khu hành tuỷ làm tăng cường hô hấp. Và ion H^+ cũng tác động đồng thời lên trung khu tiếp nhận hoá học ở hành tuỷ, gây hưng phấn trung khu hô hấp của hành tuỷ.

Người ta thấy rằng ngay cả khi nồng độ ion H^+ chỉ hơi tăng lên một ít cũng đã kích thích các tế bào nhận cảm hoá học, chứng tỏ các tế bào thụ

cảm này rất nhạy cảm với ion H^+ , nên nồng độ khí CO_2 trong máu là yếu tố chủ yếu điều hoà sự trao đổi khí.

Sự thiếu O_2 chỉ làm cho hô hấp tăng tối đa là 65%, còn khi thừa CO_2 có thể làm tăng hô hấp lên 80 lần so với bình thường (800%).

Trong thí nghiệm “tuần hoàn chéo” trên hai con chó sẽ thấy rõ tác dụng của sự thừa CO_2 đối với hô hấp. Gây mê và mổ tách hai động mạch cảnh của mỗi con. Cắt và nối chéo một động mạch cảnh phần thân của con thứ nhất với động mạch cảnh phần đầu của con thứ hai và ngược lại. Còn động mạch kia của mỗi con được kẹp lại. Như vậy đầu con thứ nhất được nuôi bằng máu của con thứ hai và ngược lại. Sau đó bịt khí quản con thứ nhất hoặc cho thở khí CO_2 sẽ làm cho con thứ hai thở gấp vì lượng CO_2 trong máu con thứ nhất tăng lên được đến đầu con thứ hai, trong khi đó con thứ nhất (bị nghẹt) vẫn thở bình thường vì nó được nuôi bằng máu bình thường của con thứ hai (hình 4.6).



Hình 4.6: Thí nghiệm tuần hoàn chéo (theo Trịnh Hữu Hằng)

4.3.2.3. Các yếu tố khác ảnh hưởng đến hô hấp

* **Huyết áp:** Khi huyết áp tăng thì hô hấp giảm và ngược lại. Vì ở cung động mạch chủ và xoang động mạch cảnh ngoài các thụ quan hoá học còn có các thụ quan áp lực. Do đó khi huyết áp tăng hoặc giảm làm kích thích các thụ quan, xung động truyền về trung khu hô hấp ở hành tủy làm tăng cường hay ức chế hoạt động hô hấp.

* **Cảm giác đau** có thể gây ra trạng thái thở nhanh, hay chậm hoặc ngừng thở phụ thuộc vào tính chất, cường độ, nguyên nhân, thời gian tác dụng của cảm giác đau.

* Nhiệt độ cao cũng gây thở nhanh, nguyên nhân có thể do trung khu điều nhiệt ở vùng dưới đồi (hypothalamus) bị kích thích gây hạ thân nhiệt trong đó có hô hấp. Nhiệt độ lạnh đột ngột có thể làm ngừng thở, sau đó lại thở nhanh một thời gian.

* Phản xạ ho và hắt hơi: khi màng nhầy khoang mũi bị kích thích sẽ gây phản xạ co phế quản để có động tác hít vào sâu và chậm, nhưng tiếp đó là động tác thở ra nhanh, mạnh gọi là phản xạ hắt hơi.

Khi khí quản, phế quản có vật lạ kích thích gây ra phản xạ ho, tức là đẩy mạnh hơi ra ngoài để tống vật lạ ra.