

334

人体的呼吸机能

张 奎 周真明

科学普及出版社

人体的呼吸机能

張 奎 周眞明

科学普及出版社

1958年·北京

本書提要

本書內容主要有五部分：一、“呼吸器官的構造和生理”，以生理功能為重點；二、“吸氣運動和呼氣運動”，比較詳細地介紹呼吸的生理功能，包括呼吸肌的活動、氣體進出肺臟的原因和肺的通氣量等問題；三、“氣體的交換和運輸”，說明肺泡的氣體交換和組織的氣體交換，以及氧和二氧化碳運輸的理化過程；四、“呼吸運動的調節”，用一些可實驗的事例說明呼吸中樞和大腦皮層對呼吸的調節作用；五、“呼吸器官的衛生”，扼要地介紹怎樣保持呼吸器官的健康，以及煤氣中毒在生理上的變化和怎樣急救。本書內容比較豐富，可以供中小學教師、大中學生和中初級醫務幹部閱讀參考。

總號：638

人體的呼吸機能

著者：張奎周真明

出版者：科學普及出版社

(北京市西便門外香廠)

北京市書刊出版登記證出字第091號

發行者：新華書店

印刷者：北京市印刷一廠

(北京市西便門外大街乙號)

開本：787 × 1092 $\frac{1}{32}$

印張：肆

1958年4月第1版

字數：15,500

1958年4月第1次印刷

印數：5,100

統一書號：14051·49

定價：(9) 1角1分

目 次

呼吸的意义	1
呼吸的三个过程	1
呼吸器官的構造和生理	2
吸气运动和呼气运动	5
气体的交换和运输	9
呼吸运动的調节	14
呼吸器官的衛生	17

呼吸的意义

食物是人不可缺少的东西，因为它是供给人体能量的来源。如果我们不吃东西，能量的供给就会渐渐断绝，也就不能够工作和劳动；日子久了，还会闹病甚至会死去。

食物在人体内是怎样产生能量的呢？根据生理学家的解释：我们吃下的食物里含有蛋白质、糖、脂肪等营养物质；能量就是它们在体内的氧化过程中产生出来的，正好像木柴在燃烧的时候，就会放出光和热一样。

这些营养物质在体内“燃烧”的时候，要消耗一定量的氧气，而氧气是要从空气里吸进来的。另外，营养物质在体内燃烧的时候，还会产生二氧化碳。二氧化碳是人体不需要的，又得排到体外去。这种一面从空气里吸进氧气，一面从身体里排出二氧化碳的过程，我们管它叫“呼吸”。

这样看来，如果人体没有吸呼吸机能，体内就没有氧气的供给，而被吸进来的营养物质也就不能够氧化了，从而身体所需要的能量，也就无法得到供应。这样，生命就不能够维持了。由此可见，呼吸是我们人体维持生命不可缺少的机能。

呼吸的三个过程

呼吸过程是很复杂的，不过总的讲起来，可以分成下面三部分。

外呼吸过程 这个过程是在肺里面进行的，所以又叫做肺呼吸过程。它是身体内的二氧化碳和外界环境里的氧气的交换过程。

內呼吸过程 这个过程是在組織里面进行的，所以又叫做組織呼吸过程。它是細胞內的二氧化碳和血液內的氧气的交换过程。

气体运输过程 是由动脉血液把氧气从肺臟輸送到身体的各个組織中去，同时由静脉血液把各个組織所产生的二氧化碳輸送到肺臟里来。

以上这三个部分，总称为呼吸过程。

呼吸器官的構造和生理

呼吸器官分为兩部分：一部分叫做呼吸道，另一部分就是肺臟。呼吸道又分为鼻腔、喉、气管、支气管等部分；而肺臟是由很多的肺泡組成的（圖1）。

一、呼吸道

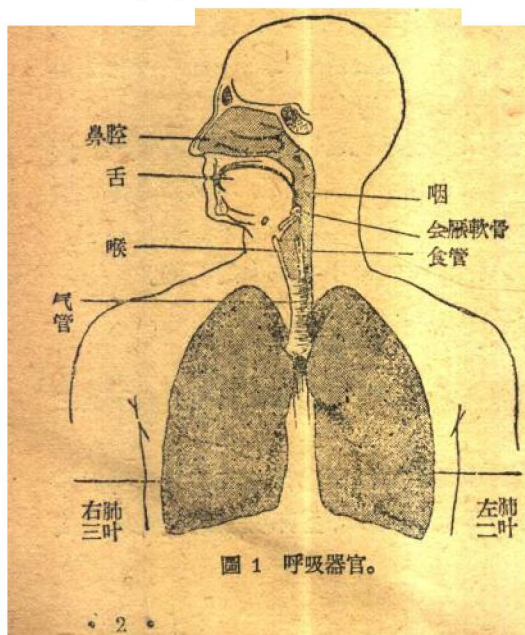


圖1 呼吸器官。

鼻腔 鼻腔是空气进出的通道，鼻腔的外部皮膚上生着很多的細毛，它有阻止灰塵和其他小东西侵入鼻腔的功能。鼻腔向內一段表面上是粘膜組織，上面有化学感受器，能感知不同的气味。同时粘膜上經常分泌粘液，从空气里吸进来的灰塵可附着在粘液上面被排出鼻腔。这种粘液就

是我們所謂的“鼻涕”。鼻粘膜里有很多小血管，它容易受各種情況的影響而發生變化，例如傷風的時候，血管就擴張，同時粘膜也腫脹，因而傷風的人就有鼻子不通氣的感覺。鼻腔是由鼻中隔把它分成左右兩半的。而左右鼻腔的側壁上又各生出有三個鼻甲，它們把每個鼻腔分成幾條狹縫。這些狹縫，都是吸入的空氣進到咽、喉和氣管的要道。

喉 鼻腔的後方跟口腔相會的部分就是咽部，喉的開口就在咽的下方。喉是由幾塊軟骨構成的，其中最大的一塊叫甲狀軟骨。成年的男子甲狀軟骨非常明顯地突出在脖子的前面；女子就不那樣明顯，但是如用手去摸的話，也會摸得到的。在甲狀軟骨的上方，也就是喉門和咽交界的地方，有一塊軟骨，叫做會厭軟骨。當食物由咽向食管嚥下的時候，它就會暫時地把喉門蓋蔽，使食物不能夠跑到氣管裏面去。

發音的器官 在喉頭裏面有兩片纖維性的膜，叫做聲帶。它就是我們發聲音的主要器官。

我們呼吸的時候，聲帶往往是舒張的，因而聲門是張大的。但在講話的時候，喉頭肌肉收縮，而聲帶的位置和緊張程度就有改變（圖2），這時呼出的氣體就會引起聲帶的振動。



圖2 聲門：
1.發聲時的形狀；2.呼吸時的形狀。

被振動的聲帶，就像振動了的琴弦一樣，發出聲波來。聲波傳到我們耳朵里，就成為聲音了。有些人聲調很高，有些人聲調很低，這是由於各人聲帶的厚薄、長短和收縮程度不同的緣故。

氣管和支氣管、小支氣管 喉頭的下方是一條挺直而中空的管子，就是氣管。氣管約有10—13厘米長（成年人），接下去後又分成兩條支氣管，伸入肺臟。氣管和支氣管的管壁，是由很多半環狀的軟骨構成。這樣就保證了氣管和支氣管的挺直和中空，而空氣就能夠自由地在管里流通無阻了。支氣管在肺臟里分成了許多小支，小支再分支，最後形成無數的最小支氣管。最小支氣管的末端就是肺泡。

這些氣管里，都有一層粘膜復蓋着。在粘膜里，有單獨的和成群的腺細胞，經常分泌出粘液來。這些粘液能夠把空氣帶入的灰塵、細菌和別的微生物粘住。這樣一來，吸入的空氣通過呼吸道以後，就會很乾淨了。

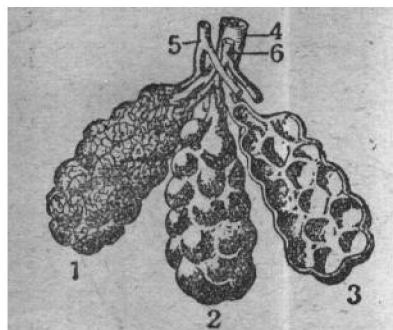


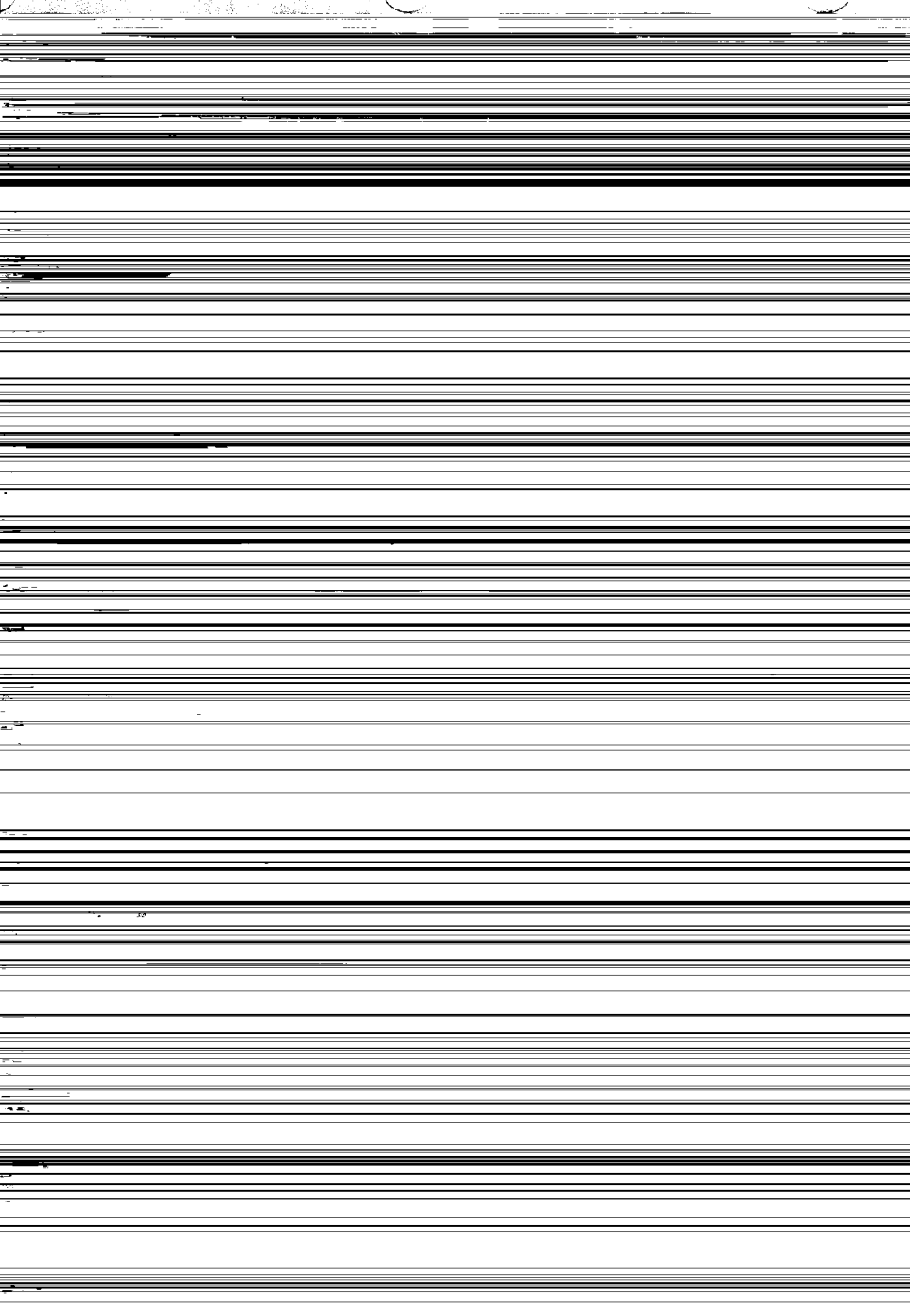
圖 3 肺泡：

1. 周圍纏繞着微血管網的肺泡；2. 剝去微血管網的肺泡（一些半球形的東西）；3. 肺泡的剖面（像蜂窩）；4. 最小的支氣管；5. 靜脈；6. 動脈。

這些氣管的粘膜細胞還長着很多纖毛。這種纖毛能運動。當它運動的時候，能把吸入的灰塵、微生物同粘液一塊排送到喉頭，最後吐出來，就是我們平時說的“痰”。

二、肺臟

肺和胸膜 肺在胸腔的里面，分成五葉，左肺兩葉，右肺三葉。左右兩肺都有胸膜包裹着，彼此互不相通。胸膜分兩層，兩層之間有空隙，稱胸



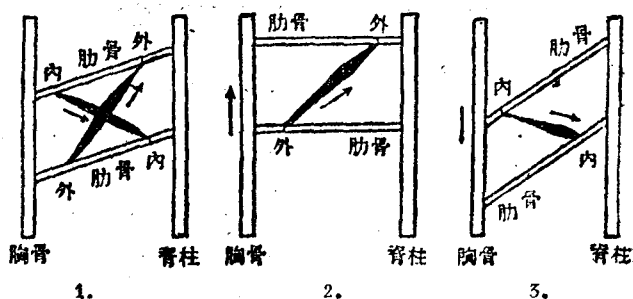


圖 4 表示內外肋間肌的不同作用。

(圖上內字代表肋間內肌，外字代表肋間外肌)

1. 休息時胸骨和肋骨的位置。
2. 吸氣時肋間外肌收縮，肋骨上提胸腔擴大。
3. 呼氣時肋間外肌鬆弛，肋間內肌收縮，肋骨下牽胸腔縮小。

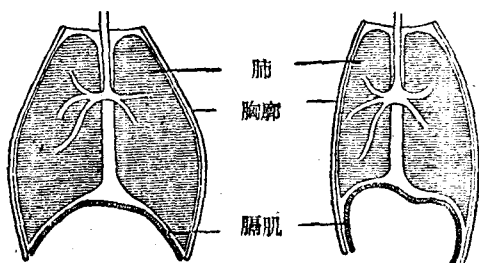


圖 5 呼吸時胸腔與膈肌變位模型圖：

- 左側——吸氣，胸腔擴張，膈肌下降；
右側——呼氣，胸腔容積縮小，膈肌上升。

大胸腔，引起吸氣作用，因此它也是呼吸肌（圖4、5）。

胸腔的擴大和縮小的方式有兩種：一種是改變胸腔上下直徑的長短；一種是改變胸腔周圍的大小。

一、吸氣運動

當肋間外肌收縮時，肋骨就向上提，胸腔的左右和前後的距離就增大了，再加上膈肌的收縮，使胸腔的上下直徑也增大。於是胸腔就擴大了，而富有彈性的肺臟也隨着擴大了。要知道，空氣所以能進入肺內，是由于肺內壓和胸內壓有了變化

的緣故。肺臟內部與外界空氣是經常相通的，所以肺的壓力和大氣壓力差不多。但是胸腔是一個密閉着的空間，胸內壓經常是比大氣壓低，所以一般稱為“負壓”。當胸腔擴大的時候，胸內壓就會更低，這樣肺內壓也隨着減小。這時肺內壓小於大氣壓，空氣就會自然地跑到肺臟里去。這種運動過程，我們叫它吸氣運動。

二、呼氣運動

當肋間外肌和膈肌弛緩以及肋間內肌收縮的時候，胸腔的上下直徑和左右前后的距離就會變小。因此，胸腔的體積就縮小，胸內壓逐漸增大；肺臟也就靠着它本身的彈性而回縮。這時肺臟里面多餘的氣體就會排出體外來。這個排出氣體到體外來的運動過程，我們就叫它呼氣運動。

吸氣運動和呼氣運動，是由於肋間肌和膈肌的收縮和弛緩所引起的，因此，凡是由肋間肌和膈肌同時作用的呼吸型式，我們通常叫它“混合式呼吸”。男子在呼吸運動時，膈肌的作用大於肋間肌，因此我們管這種呼吸型式叫“腹式呼吸”，而女子在呼吸運動時，肋間肌的作用大於膈肌，這種呼吸型式，我們管它叫“胸式呼吸”。

三、潮氣和肺活量

人們在平常安靜的時候，呼吸運動都是在不自覺地情況下進行的，這種安靜時候的呼吸，我們叫它平和呼吸。正常成年人在平和呼吸時，每次吸進來的氣量，大約是 500 毫升，但也因各人身體的大小、體格的強弱而有所不同。每次呼出的氣量，一般跟吸入的氣量相等。這種平和呼吸所進出的氣量，在生理學上叫做潮氣。如果在平和吸氣之後，再尽可能地作深吸氣，這種額外吸進來的氣量，管它叫補吸氣。正常成年人的補吸氣的氣量，大約是 1,500 毫升。如果在平和呼氣之後，再盡

量地作深呼吸，这种額外呼出的气量，叫它补呼气。正常成年人的补呼气的气量，也大約是 1,500 毫升。

潮气、补吸气和补呼气，三者气量相加所得出的总气量，我們管它叫肺活量。正常成年人的肺活量，大約是 3,500 毫升。但是每个正常成年人的肺活量，并不完全相等。一般女子的肺活量較男子要小一些。年老的人，肺活量也小些。常运动而肌肉强壯的人，肺活量較大；健康較差的人，特别是患有肺病和心臟病的人，肺活量就較小。

肺活量是代表肺內可以在一次呼吸中尽量交换的气体容量。所以肺活量的大小，也反映了呼吸功能变異的范围。它关系到肺臟对于环境变化的适应限度，也就是說，肺活量的大小意味着肺臟机能的强弱。因此，肺活量在医学上是很受重視的。

肺臟是充滿气体的呼吸器官，不管你用多大的力气去呼气，它里面还是含有些气体遺留在里面。这些遺留在肺臟內的气体，就叫做余气。

胎兒在母亲子宫里面的时候，肺里沒有空气，在这种不活动的肺泡內，只充有少量液体。但当新生兒一下生，他就会作第一次的吸气；当他呱呱啼哭的时候，胸廓扩展了，于是空气就进入肺內。从这个时候起，在他整个一生中，肺就不間断地随着呼吸动作而扩张或回縮地运动着。

法医要判明嬰兒死亡的原因（是胎內死的还是出生后死的），就常用所謂“肺試驗”，或叫“浮沉試驗”。这个試驗就是以第一次呼吸时空气进入肺內为根据的。因为肺內即使只进入一次空气，如將肺从体内取出来，放在水中就不会下沉。如果是胎內死亡，空气从来沒有进入肺內，把肺放在水中就会下沉。

气体的交换和运输

在体内，有两个气体交换的地方：一个是在肺泡部分交换；另一个是在组织部分交换。

一、气体在肺泡的交换

气体在肺泡部分进行交换，是肺泡内的氧气，进入到肺泡壁上的毛细血管中去；而肺泡壁上毛细血管中的二氧化碳，进入到肺泡内来的过程。

为什么气体在肺泡部分会发生这种交换呢？

我们知道，肺泡里面的气体，是吸气时吸进来的，其中氧气的分压（分压是指混合气体的总压力中，每种气体所占有的那一部分压力）是相当于 100 毫米水银柱的压力；而二氧化碳的分压，是 40 毫米水银柱的压力。可是肺泡壁上毛细血管中的氧分压只有 40 毫米水银柱，而二氧化碳的分压，却有 46 毫米水银柱，这就是说肺泡的毛细血管中氧的分压比肺泡中的低，而二氧化碳分压则比较高。我们知道气体和水一样，压力大的一方必然向压力小的一方流动。因此，肺泡部分的气体交换，一面是肺泡中的氧气透过薄膜弥散到肺泡壁上毛细血管中去，而另一面，肺泡壁上毛细血管中的二氧化碳透过薄膜弥散到肺泡中来（图 6）。这里，我们也就明白，压力的相差，是肺泡和血液间气体交换的原动力。

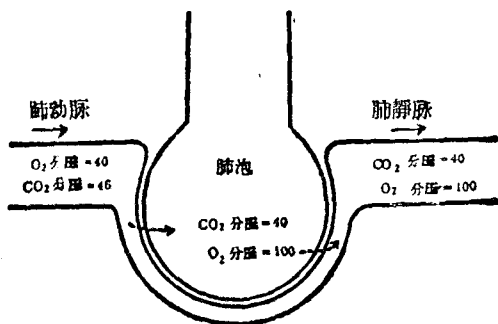


图 6 肺内气体的交换。数目以毫米水银柱为单位。

二、組織內气体的交換

气体在組織部分的交換，也是依靠弥散作用完成的。組織內的毛細血管中的血液，是来自动脉的，是經過肺泡部分气体交換过的新鮮血液。因此，氧的分压有 100 毫米水銀柱。但是組織內由于細胞不断地进行着代謝作用，消耗了很多氧气，同时又产生了很多二氧化碳。这时氧的分压只有 30 毫米水銀柱，而二氧化碳的分压却有 50 毫米水銀柱之多。所以，根据弥散的基本原理，气体在組織部分的交換，是組織中的二氧化碳弥散到毛細血管中去，而毛細血管中的氧又弥散到組織中来（圖 7）。

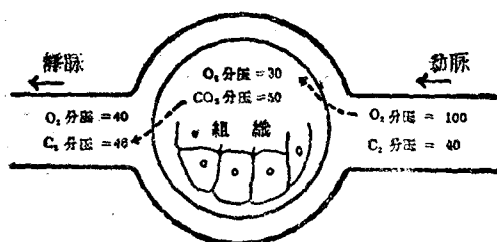


圖 7 組織內气体的交換。数目以毫米水銀柱為單位。

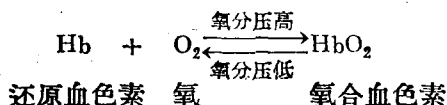
上面已經講完了气体交換的两个过程，那么，血液怎样把氧輸送到各个組織去的呢？它又怎样把二氧化碳輸送到肺臟再排出体外的呢？

要了解血液是怎样运输氧和二氧化碳，首先就得了解血液的組成及其机能。血液是紅色的粘稠的液体，流出血管后就能很快凝固。如果在血液中放些防止血液凝固的物質，如檸檬酸鈉，我們就可以看到，这不再凝固的血液澄清以后，就分成兩層：下層深紅色的不透明的东西，是沉积下来的無數的紅血球；上層透明的淡黄色的液体就是血漿。由此可知，血液是由血球和血漿組成的。血球又分为三类：紅血球、白血球、血小板。紅血球是紅色的，因为它含有很多的血色素，又叫做血紅蛋白。血色素是由血紅素和蛋白質組成的，而血紅素是由鐵和

斑素（自然界許多色素的基本）組成的，因此，血色素是由斑素、鐵、蛋白質所組成的。這血色素就是運輸氣體的工具。

三、氧的運輸

體內 1.6% 氧是靠血漿中的物理性的溶解方式運輸的，其餘的 98.4% 則依靠紅血球中的血色素化學性的結合方式運輸的。血色素能夠與氧結合，也能夠和氧分離。在肺泡里，因為氧的分壓很高，它就與氧結合，而這種與氧結合的血色素叫做氧合血色素或叫氧合血紅蛋白。當血液流到各組織的時候，因為氧的分壓很低，它就與氧分離。這種與氧分離的血色素，叫做還原血色素或叫還原血紅蛋白（血色素同氧的組合或分離，要受許多理化因素的影響，當中比較重要的是分壓）。



患貧血的病人由於血液中紅血球數目減少，或者紅血球的總數目不少，而每個紅血球中含的血色素少，體內運輸氧的機能就會減弱，跟着對二氧化碳的運輸也有影響。因此嚴重的貧血病人，常常不能進行正常的呼吸，甚至發生呼吸困難症狀。

四、二氧化碳的運輸

二氧化碳的運輸機構，主要的有三種：第一種是血漿中的各種緩衝物質（保持血液正常酸鹼性質的物質）的作用；第二種是紅血球中血紅蛋白與二氧化碳的結合；第三種是物理性的溶解。

1. 血漿中各種緩衝物質運輸二氧化碳的功能

血液中的主要緩衝物質有下面四種：

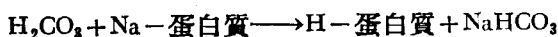
① Na——蛋白質（鹼性蛋白質）

② H——蛋白質（酸性蛋白質）

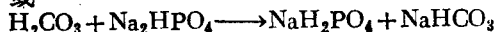
③ NaH_2PO_4 (磷酸二氫鈉)

④ Na_2HPO_4 (磷酸氫二鈉)

在二氧化碳分压較高的細胞組織部分，二氧化碳就要弥散到血液中去。二氧化碳进入血液后，有一部分与水作用形成碳酸，以后又和血漿中的緩冲物質起作用，結果产生了重碳酸鈉 (NaHCO_3)。

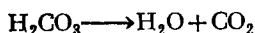
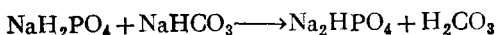
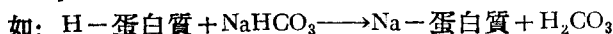


或



每当血液中二氧化碳增多时，碳酸也增多，因此也必然会引起更多的重碳酸鹽的形成。

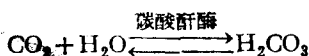
血液流經肺部，由于血液中二氧化碳的分压比肺泡中的高，而上述的化学反应則向相反的方向进行，最后分解出水和二氧化碳。而二氧化碳弥散到肺泡中去后，再呼出体外。



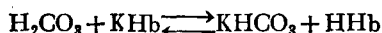
从前面看来，二氧化碳形成重碳酸鈉，以及由重碳酸鈉分解成二氧化碳，都是通过碳酸实现的。不过二氧化碳形成碳酸和碳酸分解成二氧化碳的过程都是很緩慢的。

2. 紅血球运输二氧化碳的功能

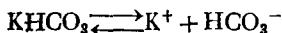
前面已經談过，在血漿中碳酸的形成和分解是緩慢的。实际上，这个作用多在紅血球中进行，因为紅血球里含有一种碳酸酐酶，它能促进碳酸的形成和分解。因此大部的二氧化碳从組織进入血漿后，就弥散到紅血球中去，和水化合成碳酸：



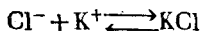
碳酸又与还原血紅蛋白的鉀鹽(KHb)化合，形成重碳酸鉀(KHCO_3)和酸性还原血紅蛋白(HHb):



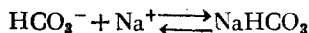
紅血球內所形成的重碳酸鉀，一部分电离，形成鉀离子(K^+)和重碳酸离子(HCO_3^-):



在組織部分，二氧化碳不断地弥散到血漿中，再进入血球；血球內的鉀离子和碳酸离子便不断增多。由于正离子不能通过血球膜，而負离子能通过，因而血球內的負离子减少了，血球与血漿离子的平衡也就破坏了。結果，血漿中的氯离子(Cl^-)就进来补偿。这一个过程，叫做氯轉移。氯离子进入血球后，就跟鉀离子結合，形成氯化鉀:



另外移入血漿的碳酸离子就和血漿里的鈉离子結合，形成重碳酸鈉:



在这里，我們可以得到这样两种組合：在血球里形成重碳酸鉀；在血漿里形成重碳酸鈉（后者运送二氧化碳的功能，在前面已談过）。

靜脉血液到达肺里时，因血液里的二氧化碳压力比肺泡里的高，因此就起了方向相反的反应。同时，还原血紅蛋白与氧結合，形成氧合血紅蛋白。这是一种酸性物質。它在血球中能从重碳酸鉀夺回鉀来，成为氧合血紅蛋白的鉀鹽和碳酸。碳酸又在碳酸酐酶的作用下重新分解成为二氧化碳和水，而二氧化碳即弥散入肺泡，呼出体外: