（日）王藤翊二　著
张正一　刘凤奎　译

图解血气分析

北京科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.c

图解血气分析

〔日〕工藤翔二　著
贺正一　刘凤奎　编译

北京科学技术出版社

（京）新登字207号

图解血气分析

〔日〕工藤翔二　著
贺正一　刘凤奎　编译

*
北京科学技术出版社出版
（北京西直门南大街16号）
邮政编码：100035

各地新华书店经销
一二〇一工厂印刷
*
787×1092毫米　16开本　8.25印张　205千字
1994年8月第1版　1994年8月第1次印刷
印数1—6000册

ISBN7-5304-1619-7/R·288　　定价：10.10元

理解血气所需略语与符号

A	alveolar	肺泡气
a	arterial	动脉血
AaD	alveolar arterial difference	肺泡气-动脉血气体分压差
AaD_{O2}	alveolar arterial oxygen difference	肺泡气-动脉血氧分压差
B	barometric	大气的
B. E.	base excess	碱过剩
C	content	气体含量
c	capillary	毛细血管血
Ca_{O2}	arterial oxygen content	动脉血 O_2 含量
Cc_{O_2}	capillary oxygen content	毛细血管血 O_2 含量
C_{O2}	O_2 content	O_2 含量
$C\bar{v}_{O2}$	mixed venous O_2 content	混合静脉血 O_2 含量
D	diffusing capacity or difference	弥散量或分压差
D	dead space	死腔
D_L	lung diffusing capacity	肺弥散量
D_{LCO}	lung diffusing capacity of CO	肺 CO 弥散量
E	expired	呼气
F	fractional concentration	气体浓度
F_{IO2}	inspired O_2 concentration	吸入气 O_2 浓度
P	pressure, tention	压力
$P_{50}O_2$	P fifty	血氧饱和度 50%时氧分压
Pa_{CO2}	arterial CO_2 tension	动脉血 CO_2 分压
P_{AO2}	alveolar O_2 tension	肺泡 O_2 分压
Pa_{O2}	arterial O_2 tension	动脉 O_2 分压
P_B	barometric pressure	大气压
P_{CO2}	CO_2 tention	CO_2 分压
Pc'_{O2}	end capillary O_2 tention	毛细血管血 O_2 分压
P_{IO2}	inspired O_2 tension	吸入气 O_2 分压
pH		酸碱度
P_{O2}	O_2 tension	O_2 分压
$P\bar{v}_{O2}$	mixed venous O_2 pressure	混合静脉血 O_2 分压
Q	blood flow	血流量
$\dot{Q}$	timed blood flow	单位时间血流量
$\dot{Q}c$	timed capillary blood flow	肺毛细血管血流量

$\dot{Q}_S$	timed shunted blood flow	静动脉分流
$\dot{Q}_S/\dot{Q}_T$	right to left shunt	静动脉分流占总血流量百分数
$\dot{Q}_T$	total blood flow	总血流量
R	gas exchange ratio	换气比值、呼吸商
S	saturation	饱和度
s	shunted	分流
Sa_{O2}	arterial O_2 saturation	动脉血 O_2 饱和度
V	volume	气体容积
v	venous	静脉血
$\dot{V}$	volume timed	单位时间气体容积变化
$\bar{v}$	mixed venous	混合静脉血
V_A	alveolar ventilation	肺泡潮气量
$\dot{V}_A$	alveolar ventilation/minute	每分肺泡通气量
$\dot{V}_A/\dot{Q}_C$	ventilation perfusion ratio	通气血流比
$\dot{V}_{CO2}$	CO_2 production	CO_2 产生量
V_D	dead space volume	死腔量
$\dot{V}_D$	minute dead space ventilation	每分死腔通气量
V_D/V_T	ratio of dead space to tidal volume	生理无效通气量占潮气量百分比
$\dot{V}_E$	minute volume (or ventilation)	每分钟呼气量
$\dot{V}_{O2}$	oxygen consumption	O_2 消耗量
V_T	tidal volume	潮气量

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中文版序

现在血液气体分析不仅限于呼吸管理方面，而且成为临床各方面掌握患者气体交换，酸碱平衡状态最基本的检查之一。特别是近来随着电子计算机的发展，使得测定技术方便易行。血液气体测定对于监测患者病情发展发挥很大的作用。现今血气资料不仅是呼吸科、麻醉科专科医生的需要，可以说所有从事临床的医师以及与临床有关的医务工作者都有必要领会血气资料在医学上的意义。

本文的对象是一般医务工作者，因此试图写的尽可能的通俗易懂，提供最基本的知识。此书做为教科书出版两年来有幸得到好评。北京友谊医院贺正一医师作为我的朋友曾在都立驹込医院呼吸科进修学习。此次由贺正一医师将此书翻译成中文由北京科学技术出版社出版，如此书能对中国同道在临床上多少有点帮助的话，这将是使我喜出望外的事。

1992 年 5 月

东京都驹込医院内科部长

呼吸科　工藤翔二

编译者前言

1990年我在日本东京都立驹込医院呼吸科进修学习时指导老师内科部长工藤翔二先生把他刚编写出版的《图解血气分析》一书送给我。这本书特点是文图并茂、深入浅出、通俗易懂、便于记忆，对临床工作有实际意义。出版以后做为教科书在日本很受欢迎，十分畅销。血气测定正在我国普及，把此书编译出来想必会对年轻医师、医学院学生、护士及广大基层单位的临床工作者理解血气测定及其临床意义有一定帮助。北京科学技术出版社给予极大的帮助，使本书得以出版，在此表示深切的谢意。

本书中使用的气体压力单位是Torr(托)，1 Torr＝1 mmHg 因目前临床使用的血气分析仪报告多是以 mmHg 表示气体压力单位，从实际应用出发未把气体压力单位 Torr 换算成 kPa（千帕斯卡)，1 mmHg＝1 Torr＝0.133kPa。书中介绍作者的一些经验和提法是否都适用我国的情况请读者酌定。限于译者水平，可能有些错误，望读者予以批评指正。

译者

1992年5月

序

我正式致力于呼吸病学的研究是在1972年。当时进行血气测定使用的Van slyke装置已从实验研究进入日常临床检验。但当时用的Astrup仪器测定P_aCO_2，是使被检物用两种标准气平衡，需用pH计，方法繁琐。众所周知现在只要把被检物输入血气分析仪，便可自动打出数据报告。

如果有人问："现在跨专科病房最有用的检查项目是什么？"我将毫不犹豫地回答："是血气分析。"大约十年前，也就是我目前所在医院，当我和年轻医生、护士一起从事临床工作时，最初感觉有两个问题。一是他们看了血气报告的值，虽然知道是正常还是异常，但属于哪种异常并不十分理解。另一点是看懂当时的血气分析教科书相当困难。因此痛感对于年轻住院医生以及护校课程应有一本合适的血气分析讲义。

本书从大处着眼，从最基本的知识入手，尽量做到便于理解，去掉了特殊例外情况。我本人并非是血气研究者，也许出于专门侧重临床使用的数值和从观察病人角度出发的原因，内容可能不够详细。因此，读者也许会产生"临床上也未必有这种情况"的想法，究竟会遇到多少这种情况，以及"这是为什么？"这类问题时，希望进一步查阅详细的教科书和文献。

本书特点之一是图解。插图画家藤井悠子不仅给作者所绘的稚拙图以活力，而且和编辑一起为有好的构思而出了很多主意。另外，我的朋友毛利昌史博士（三井记念病院部长）允许我引用我们共著的，应该说和本书是姊妹书的《肺功能检查》中的一部分内容。我的同事植竹健司医生提了很多有益的建议，并为酸碱平衡一章构想内容框架。

从计划编写本书经历了近四年时间，在此期间，如果没有负责

编辑本书文光堂的嵩恭子女士和浅井照夫专务的鼓励和帮助，本书是不会出版的。向以木村仁部长为首的、关心本书的各位表示衷心的感谢。

工藤　翔二

1990 年 3 月

目　录

第1章 基础知识 1

1. 生存所必需的氧气与二氧化碳的产生 …… 2
2. 肺的作用——摄取氧，排出二氧化碳 …… 5
3. 分配糕点——气体交换过程 …… 8
4. 影响气体交换的3要因 …… 10
5. 为什么测定动脉血气 …… 11
6. 什么是血气分析仪，如何测定 …… 12
7. 什么是气体分压 …… 13
8. 液体中的气体分压 …… 15
9. 动脉血的采取与保存方法 …… 16
10. 血气正常值 …… 19

第2章 P_aCO_2 与肺泡通气量 21

11. 什么是通气 …… 22
12. 有效的气体交换通气（肺泡通气）——为何忍者的竹筒与潜泳通气管短 … 23
13. 浅而快的呼吸与深而慢的呼吸不同 …… 25
14. P_aCO_2 为肺泡通气量的指标 …… 27
15. P_aCO_2 与肺泡通气量的关系 …… 28
16. 如何调节肺泡通气量 …… 30
17. 如果 P_aCO_2 降低——什么时候发生肺泡通气过度 …… 32
18. 如果 P_aCO_2 上升——什么时候肺泡通气不足 …… 33
19. 呼吸功能增大与呼吸肌疲劳 …… 35
20. 维持通气的呼吸机 …… 36
21. 呼吸机预值的设置 …… 38
22. P_aCO_2 与呼吸机的调节 …… 39
23. 何时使用呼吸兴奋剂 …… 40

第3章 P_aCO_2 与氧疗法 41

24. 限定动脉血氧分压（P_aO_2）的3大要因与6种因素 …… 42
25. 氧从大气到细胞的旅行——氧分压（PO_2）的变化 …… 43
26. 吸入气的氧分压（P_IO_2） …… 44
27. 高山氧“稀薄”吗 …… 45
28. 肺泡气的氧分压（P_AO_2）——加上二氧化碳更低 …… 48

29. 动脉血氧分压（P_aO_2）比肺泡气氧分压更低 …… 50
30. 通气血流比值的正常与异常 …… 52
31. 弥散——从肺泡到红细胞的旅行 …… 54
32. 什么是静脉性分流（Shunt） …… 55
33. 再总结一次，什么因素决定 P_aO_2降低与上升 …… 58
34. 理解此公式（其一）——使 P_aO_2 降低与上升的因素 …… 59
35. 理解此公式（其二）——希望记住 3 点 …… 60
36. 低氧血症的区分方法 …… 61
37. 总结：P_aO_2 与 P_aCO_2 的阅读方法——计算 $AaDO_2$ 的重要性 …… 62
38. 乘血流向组织运送氧——乘船去还是游泳去 …… 66
39. 氧分压决定船的定员——氧饱和度与氧分压的关系
（氧合血红蛋白解离曲线） …… 67
40. 氧解离曲线的移位 …… 70
41. 氧含量＝100ml 血液所含氧的量 …… 72
42. 许可低氧血症到什么程度——呼吸衰竭与给氧 …… 74
43. 氧面罩（其 1）——通气量减少与高浓度氧鼻导管…… 75
44. 氧面罩（其 2）——Venturi 面罩的孔为什么大 …… 77
45. 氧面罩（其 3）——呼气浪费氧…… 78
46. 慢性呼吸衰竭与家庭氧疗法 …… 79
47. 给氧的副作用——CO_2 麻醉与氧损害 …… 81
48. 吸氧下的步行练习 …… 82

第4章 pH 值与酸·碱平衡 85

49. 生命从海洋中诞生——包围细胞的环境 …… 86
50. 体液的 pH 值必须总保持一定 …… 87
51. pH 值为 6.8～7.8 是人可能生存的范围 …… 88
52. pH 究竟是什么——氢离子浓度（$[H^+]$）的方便表示法 …… 89
53. 给氢离子（H^+）的“酸”与接受氢离子的“碱” …… 91
54. 体液的弹簧结构——缓冲系 …… 92
55. 氢离子是各种缓冲系的共同朋友 …… 94
56. 为什么重碳酸盐缓冲系统重要 …… 96
57. $[HCO_3^-]$ 与 $PaCO_2$ 的比率决定 pH 值…… 97
58. 守卫城堡（缓冲系统）的二道壕涧 …… 99
59. 肺与肾对酸·碱平衡调节的作用…… 100
60. 什么是酸中毒、碱中毒…… 101
61. 呼吸性酸中毒与呼吸性碱中毒…… 102
62. 呼吸性酸中毒与呼吸性碱中毒的肾代偿…… 103
63. 引起呼吸性酸中毒、呼吸性碱中毒的疾患与病理…… 104

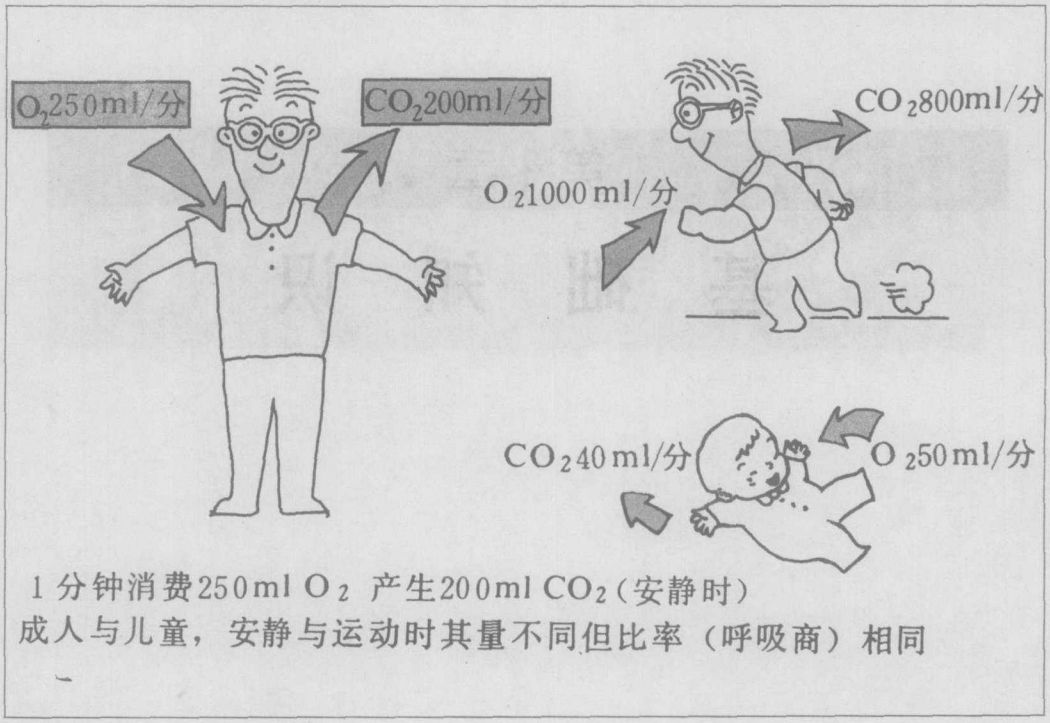
需要全本请访问 www.ertongbook.com

64. 代谢性酸中毒与代谢性碱中毒 …… 105
65. 代谢性酸中毒与代谢性碱中毒的肺代偿 …… 106
66. 引起代谢性酸中毒、代谢性碱中毒的疾患与病理 …… 107
67. 代谢性酸中毒的原因与阴离子隙 …… 109
68. 混合性酸·碱平衡紊乱——如果 pH 值正常，是否没有酸、碱平衡异常 …… 110
69. 怎样从血气结果分析酸·碱平衡状态——使用酸碱图分析 …… 111
70. 没有酸碱图时的大致判断 …… 114
71. 酸碱平衡紊乱的治疗——注意点 …… 118

第1章

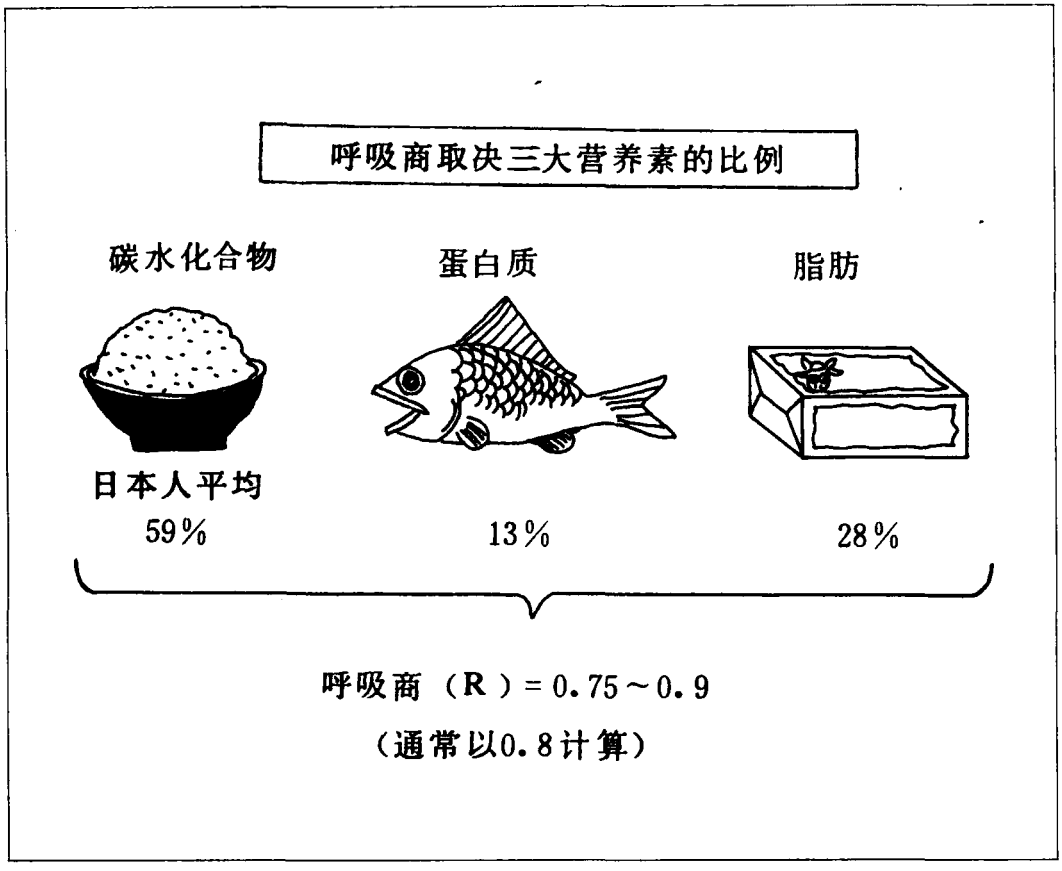
基 础 知 识

1. 生存所必需的氧气与二氧化碳的产生



人类没有氧气就不能生存，人的心脏象泵一样工作，肌肉活动、头脑思考都需要能量。即使睡着平静呼吸时，维持构成机体的每个细胞的生命也需要能量。这些能量是在细胞中利用氧（O_2）进行物质代谢产生出来的。如同纸、木材等燃烧产生光和热的能量那样，消耗氧气产生二氧化碳（CO_2）。

人类为了生存需要多少氧和产生多少二氧化碳，成人比儿童、男性比女性、运动时比安静时需要的氧和产生的二氧化碳要多，可记住这样简单的数字，成人安静时一分钟需要氧约 250ml（氧消耗量），产生二氧化碳约 200ml（二氧化碳产生量）。运动中两者增加几倍有时到 10 倍。



有趣的是二氧化碳的产生量与氧消耗量有一定的比率。这种比率称之为呼吸商（以大写 R 表示）。如果 1 分钟产生二氧化碳 200ml，消耗氧 250ml，呼吸商（R）为 0.8，呼吸商依人不同为 0.75～0.9，本文采用 0.8。

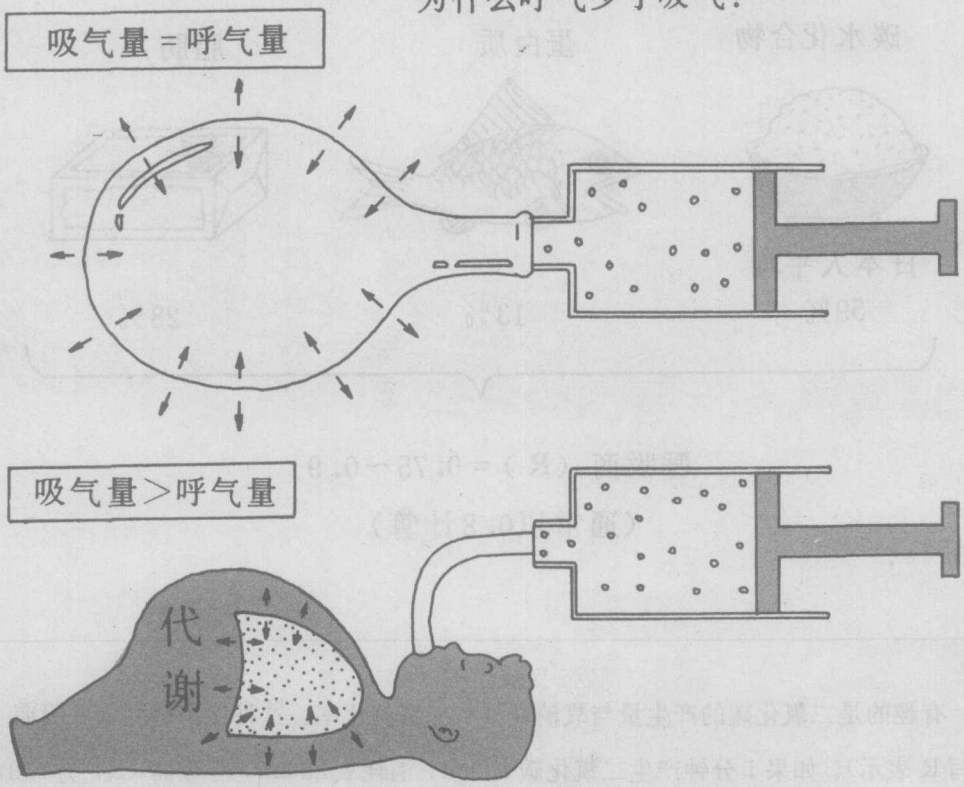
实际上呼吸商取决于作为能量来源的三大营养素，即碳水化合物，蛋白质和脂肪的比例

要想知道每个人的准确呼吸商，要分别采集呼出气与吸入气，测定实际二氧化碳产生量（排泄量）和氧消耗量（摄取量）。

略语说明 **R**

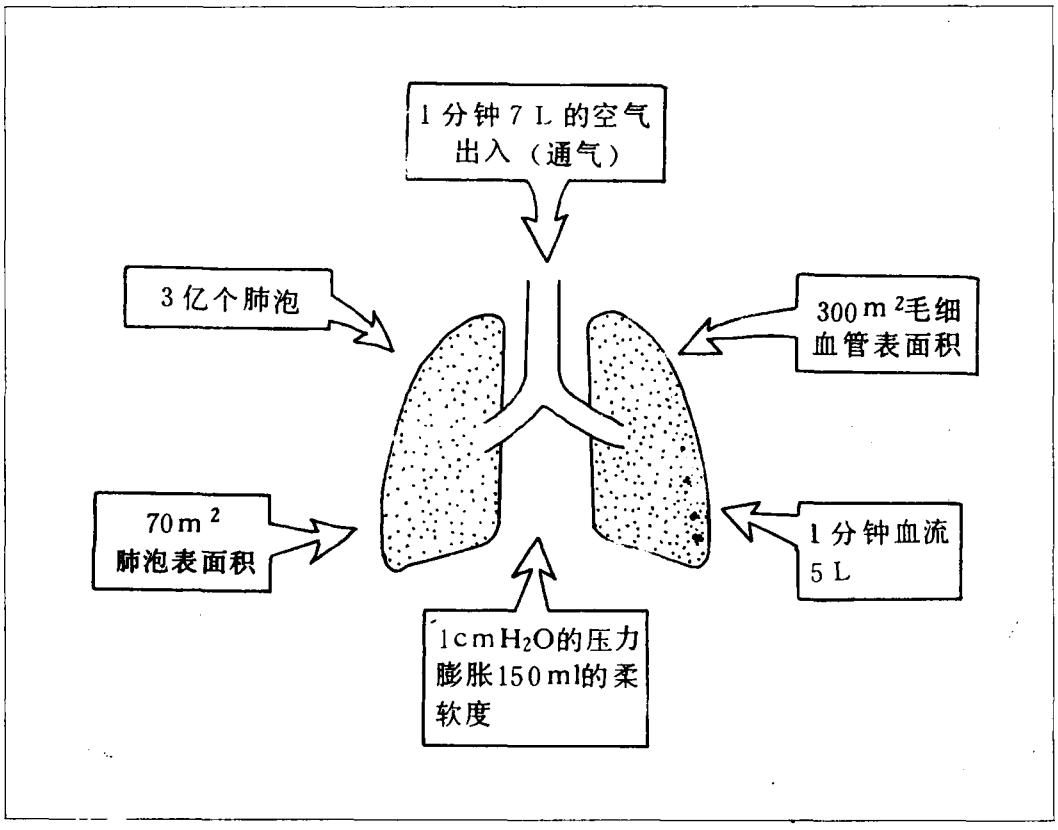
为呼吸商。准确地说应是气体交换比率 gas exchange ratio，二氧化碳产生量与氧消耗量的比。以比率 ratio 字头大写 R 表示。

为什么呼气少于吸气？



吸、呼、吸、呼……呼吸运动（称之为通气）常比喻为“风箱”。检查肺功能仪是否正常，也常用一个像大注射器一样的带活塞的圆筒，代替人的呼吸进行校正。人的通气与“风箱”有所不同，呼气量较吸气量稍有减少。如果说一分钟呼吸摄取氧 250ml，产生二氧化碳 200ml，仅差 50ml，按一分种呼吸 20 次，每次差 2.5ml 为标准，如每次呼吸空气量为 500ml，这种差是相当小的。但是差是肯定有的，人与无生命的“风箱”不同之处在于人是进行物质代谢的有生命体。

2. 肺的作用——气体交换摄取氧、排出二氧化碳



人为了生存不断地从空气中摄入氧，向空气中排泄体中无用的二氧化碳，把这一过程称为气体交换，肺是气体交换的器官。为此，肺有十分巧妙的结构，肺是由像小袋子一样的肺泡聚集而成，肺泡由一层上皮细胞（肺泡上皮）构成，直径0.3mm左右。肺泡在出生时有6000万个左右，过了15岁约有3亿个，因此肺泡有70～100m^2的表面积，如同一个公寓的面积，如果皮肤表面积为1.5m^2的话，这可覆盖多大的表皮呀，人有如此广阔的肺泡表面积与空气接触。

肺泡周围围绕毛细血管，进行空气与血流间的氧与二氧化碳交换（气体交换）。毛细血管表面积比肺泡表面积还大，约为300m^2，所以气体可以充分有效地进行交换。

需要全本请访问 www.ertongbook.com