



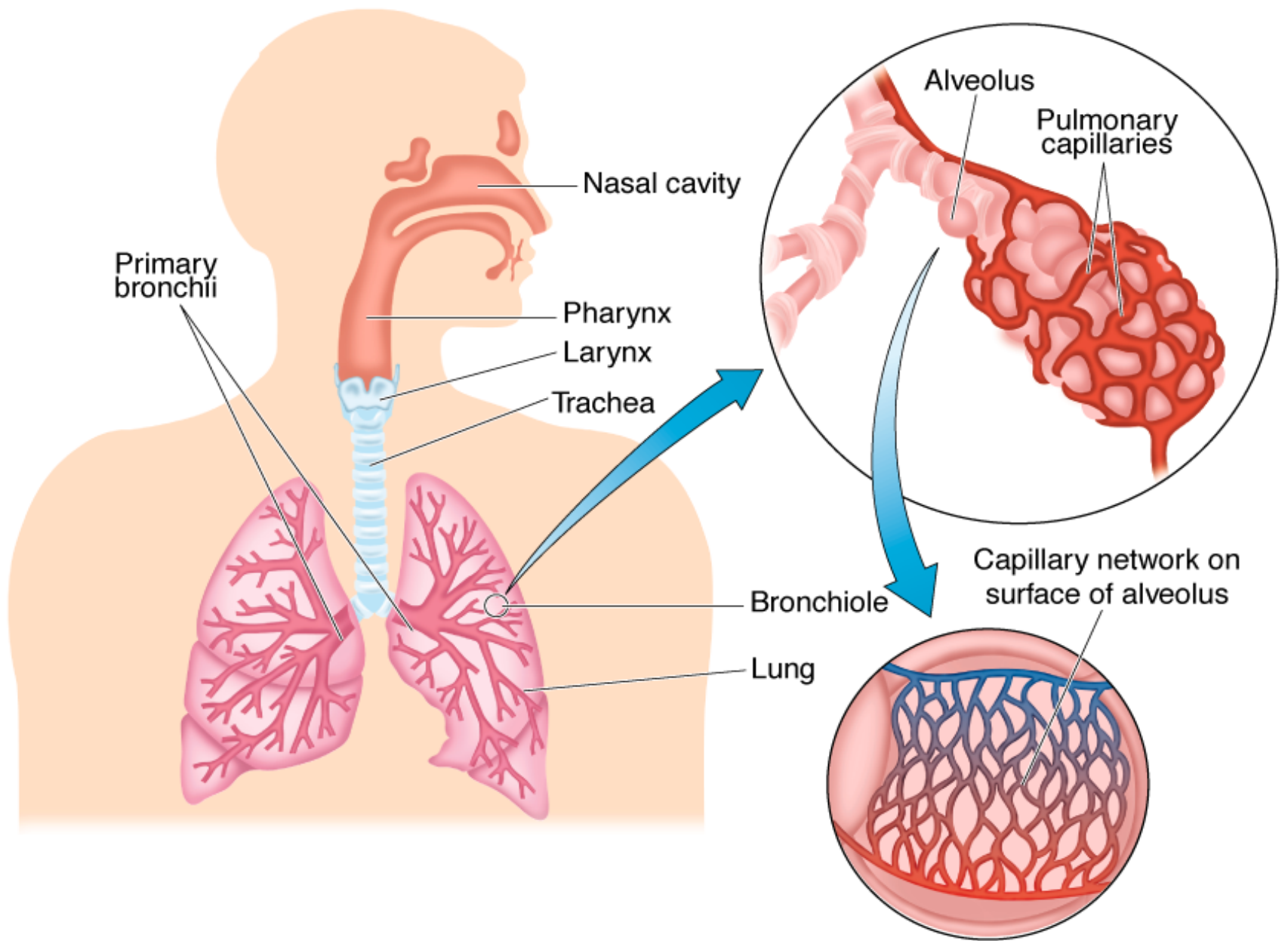
Pulmonary muscle training





優秀運動員常見的 肺功能異常現象





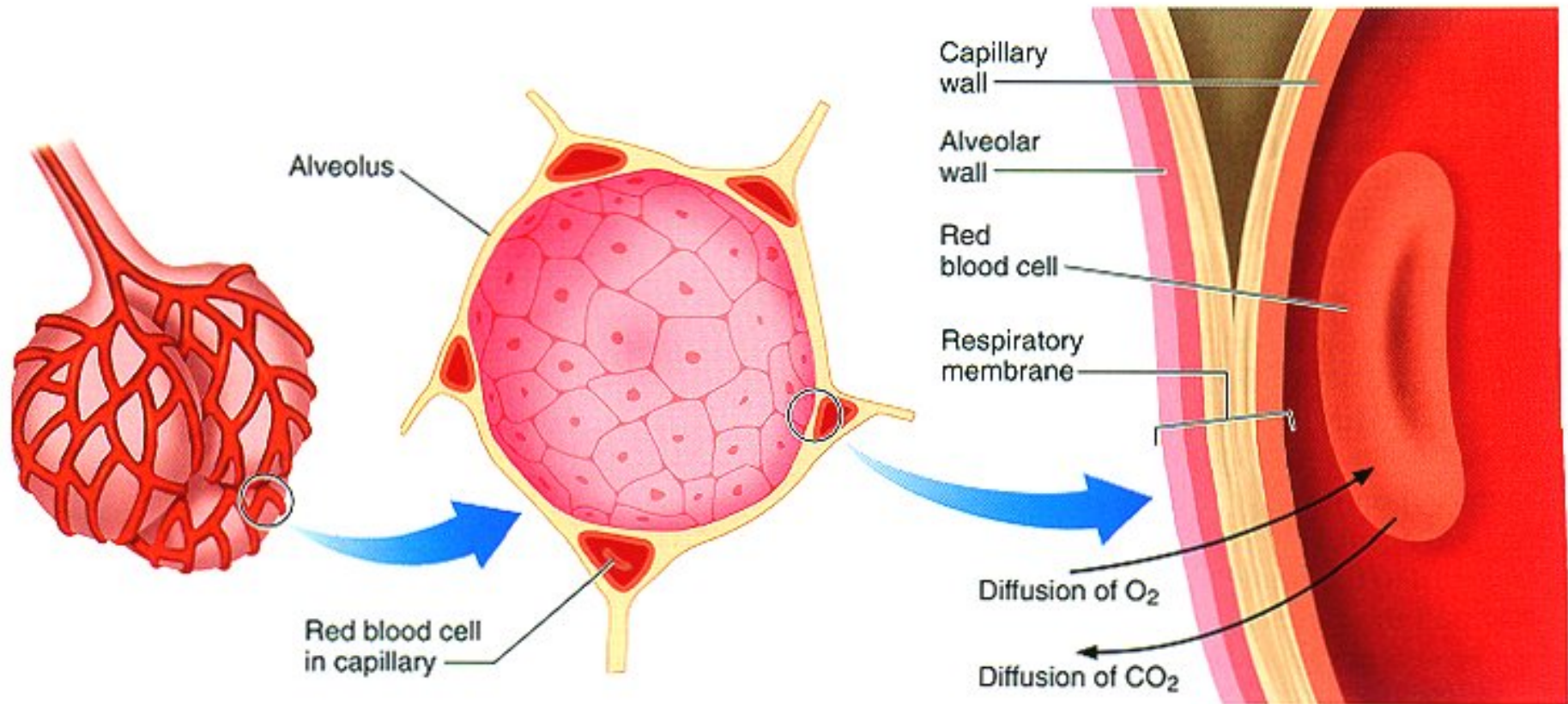
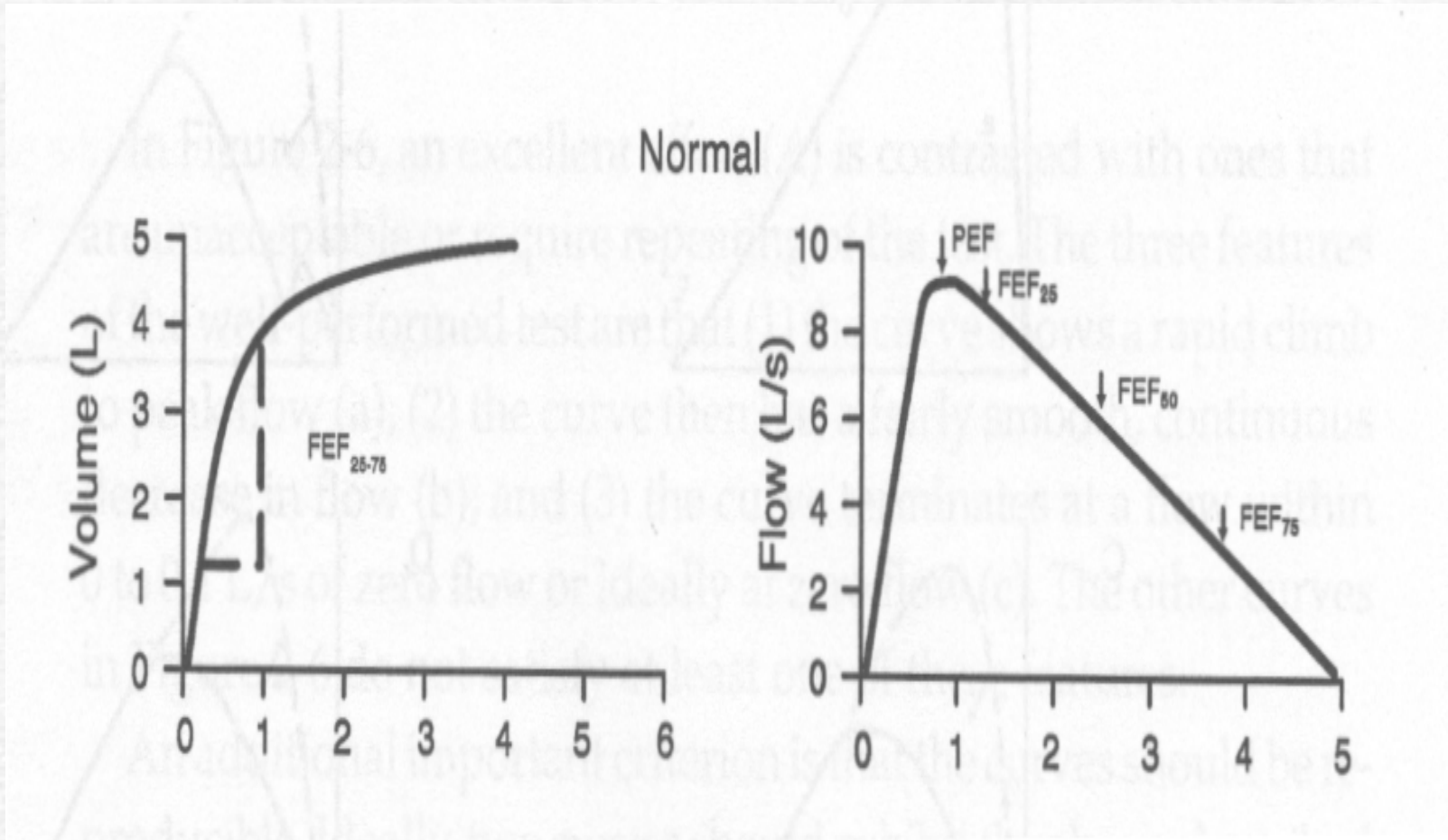


Figure 8.3 The anatomy of the respiratory membrane, showing the exchange of oxygen and carbon dioxide between an alveolus and pulmonary capillary blood.

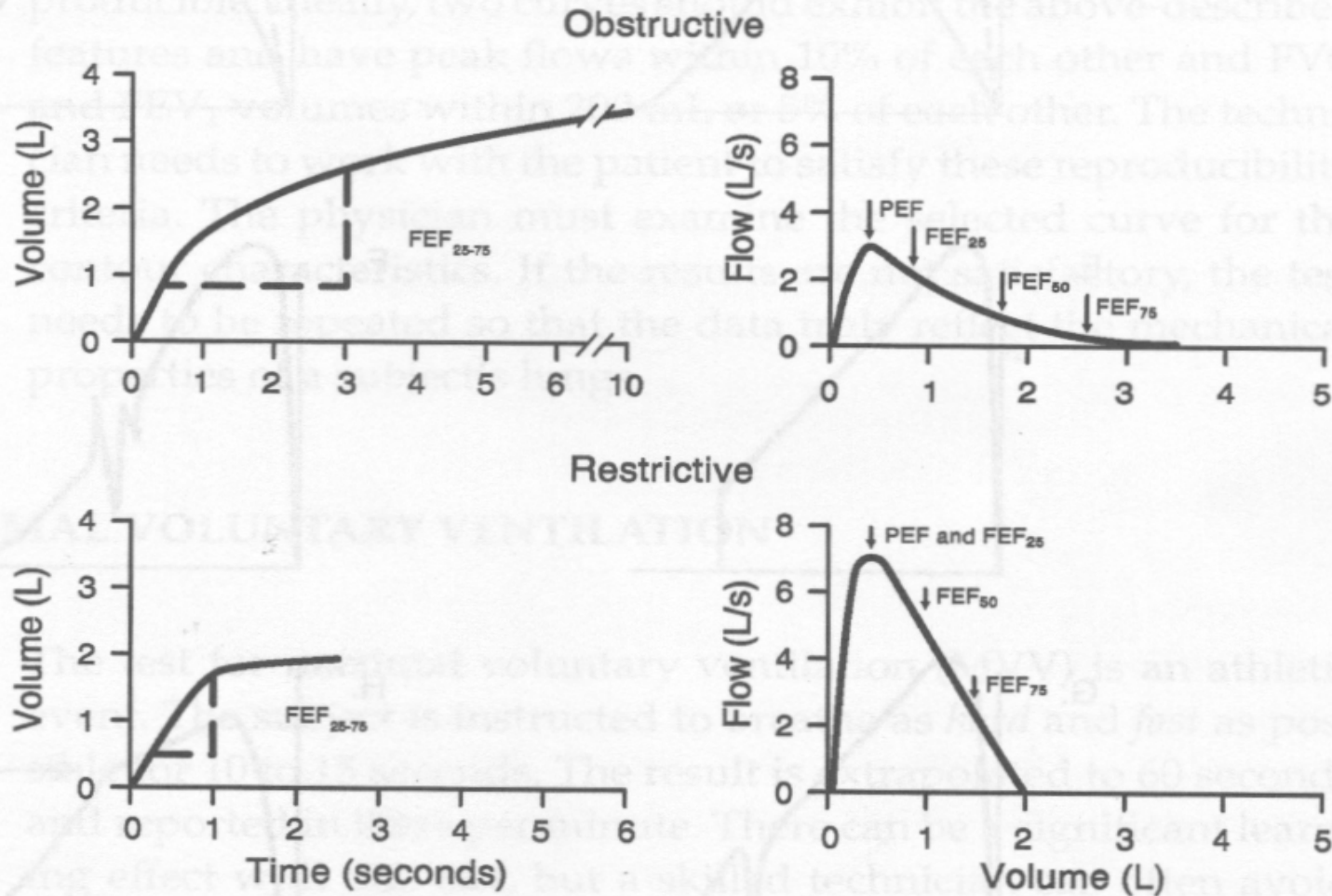




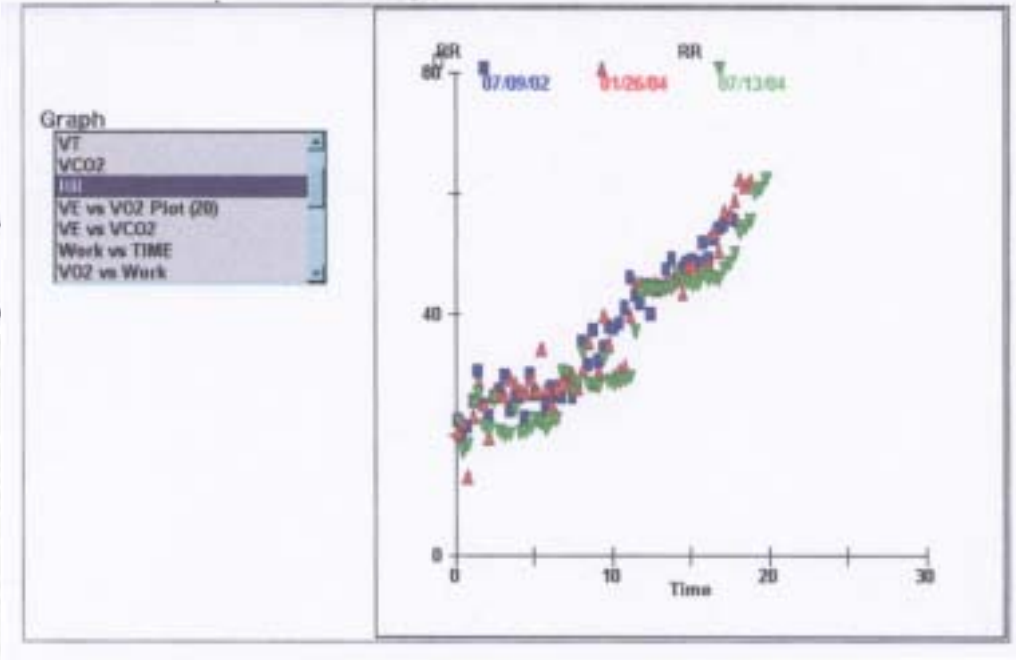
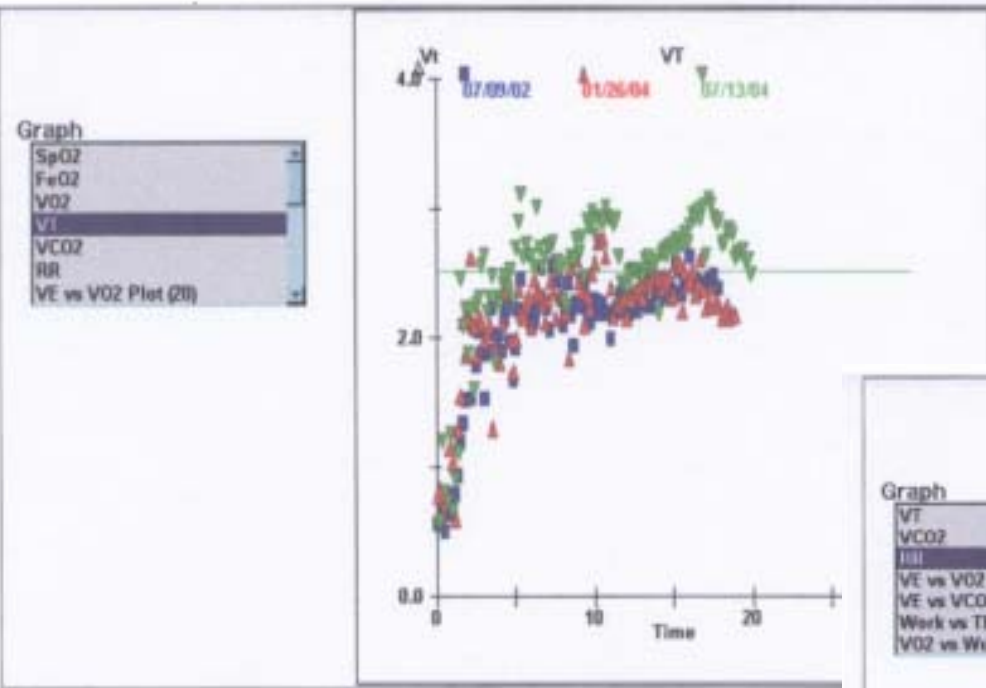
Normal Lung Function Curves



Abnormal Lung Function Curves



- 肺功能异常的情况不但局限于静止状态，在运动情况下也会发生。



- 一般哮喘及运动引发哮喘的情况都可透过药物舒缓。

- 很多(大概50%)已接受长时间耐力训练的运动员, 在作最大作工量时(接近 $VO_2\max$), 其动脉内氧分压(PaO_2)及含氧量(SpO_2)皆出现明显下降。(Powers 等, 1988)
- 这种现象在女性(Harms 等, 1998)及年老(Mucci 等, 1998)运动员中更多发现。

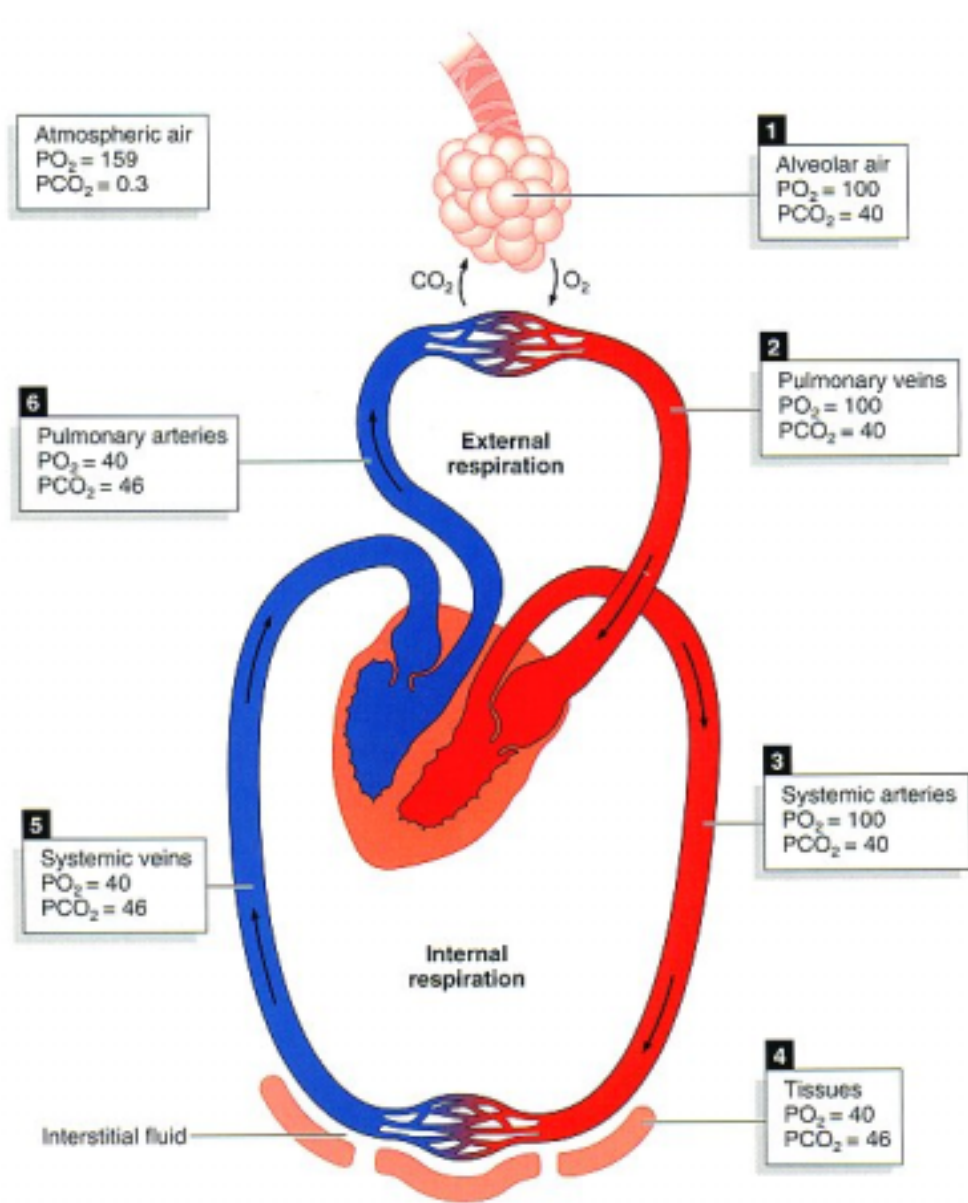


Figure 8.7 A summary of external and internal respiration. Beginning with (1) the alveolar air, we can see that oxygen moves into (2) the pulmonary blood, which remains saturated as it flows through (3) the systemic arteries. As blood passes through (4) the tissue capillaries, it gives up some of its oxygen and gains carbon dioxide. The deoxygenated blood then returns through (5) the venous system to (6) the pulmonary artery and capillaries, where it begins the process of oxygenation/deoxygenation all over again.

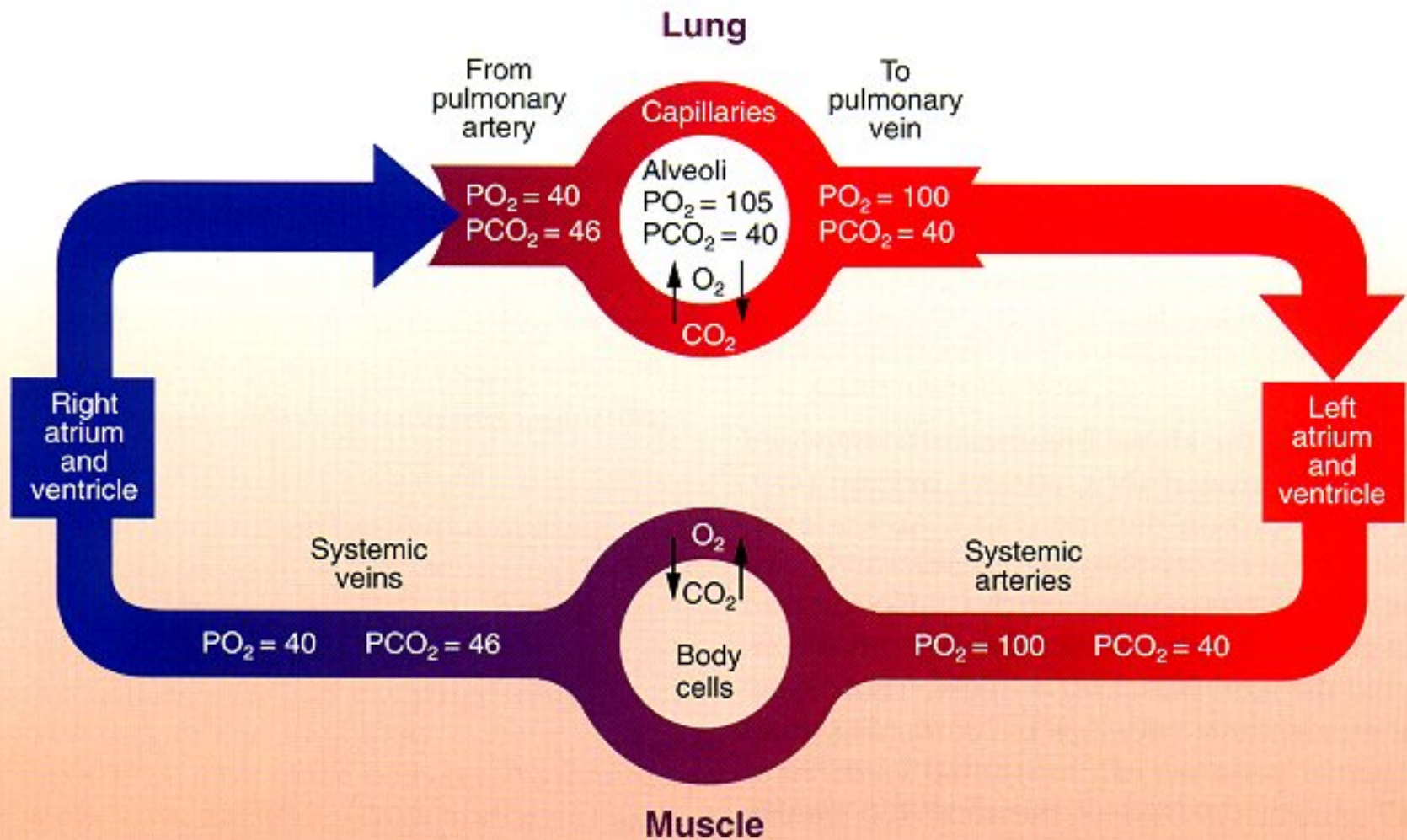


Figure 8.4 Partial pressure of oxygen (PO_2) and carbon dioxide (PCO_2) in blood as a result of gas exchange in the lungs and gas exchange between the capillary blood and tissues.

拥有 VO_2max 值超过 $55\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 的运动员

动脉含氧量(SaO_2)会下跌4-14%

(Powers 等, 1989; Williams 等, 1986; Lawer 等, 1988; Gore 等, 1996)。

运动员的 VO_2max 及最低血氧含量(SpO_2)是有一负相关关系。

EIH

- 最大作工量？
- MVO₂max值，个体的有氧代谢能力？
- EIH 对 VO₂max 有负面影响

(Ekblom et al, 1975 and Powers et al 1989)

- %Hb O₂ ↓ 4% VO₂ max ↓ 4.4%

血缺氧原因 (Hypoxemia due to):

• Hypoventilation

- 在肺泡内的气体交换情况比代谢要求低，并导致血氧含量降低，而在EIH中，原因可能是来自Hyperventilation的增加不足

• Venoarterial Shunt

- 静脉血没有经过换气范围便到动脉血管

• Ventilation – Perfusion Mismatch

- 通气 – 血灌注不协调

第一部分

- 15名香港精英耐力运动员(三项铁人项目)
- 递增式最大摄氧量测试
 - 测试方法是在平板跑步台上跑步，最初3分钟的速度为5mph，而斜度为0%，
 - 接着速度每分钟增加0.5mph直至7.5mph(女运动员)或8mph(男运动员)而斜度仍然是0%。
 - 再接着是速度维持在同一水平而斜度增加，每分钟增加2%直至力竭。



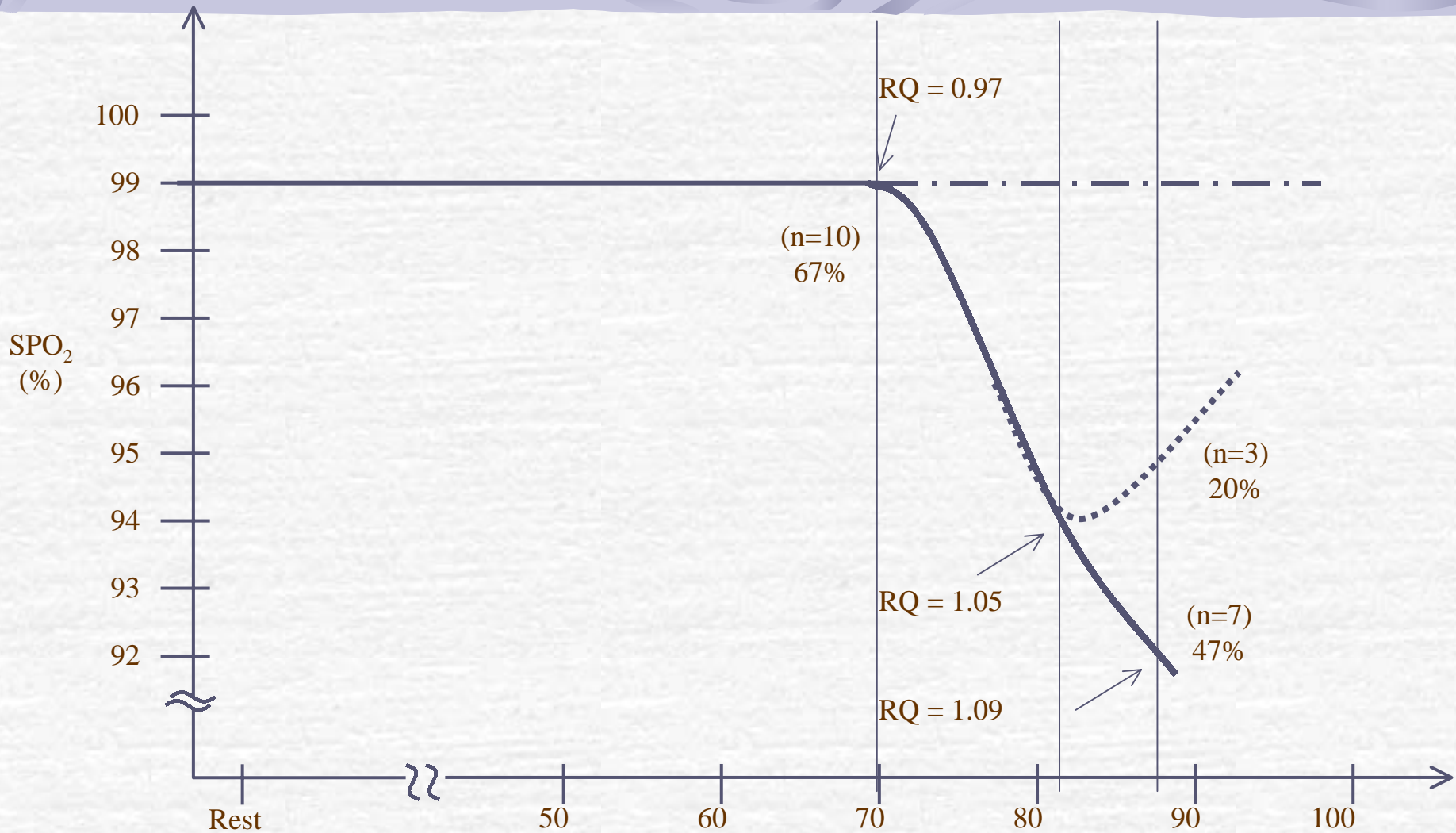


结果

男女受试者的结果一同处理

表一、 运动员的平均身高、体重、 MVO_2 及MHR

姓名	年龄	身高	体重	MVO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$)	MHR (bpm)
男(n=11)	17.9 (2.8)	170.5 (5.0)	59.6 (4.5)	59.6 (5.0)	188 (10.0)
女(n=4)	20.5 (3.1)	165.5 (3.7)	55.9 (3.2)	50.7 (5.2)	185 (11.6)



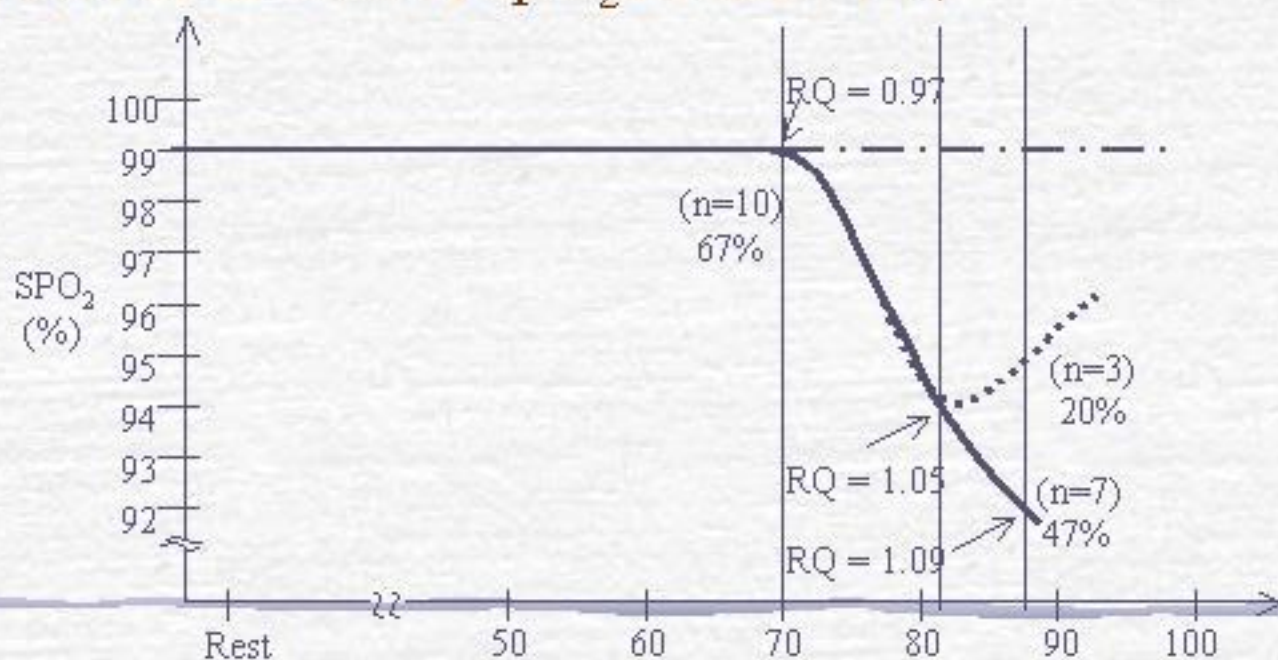
SPO₂与 VO₂max 的关系图

讨论和总结

- 本测试受试者当中 47%出现运动引发血氧过低(EIH)
- $VO_2\max$ 值高于55ml/kg/min的运动员中，超过50%都会在运动时发生EIH
(Powers 等, 1989 ; Williams 等, 1986 ; Lawer 等, 1988 ; Gore 等, 1996)。
- EIH的发生在优秀运动员中是普遍性的

Durand F(2000)

- 当开始运动后，运动员的 SpO_2 开始慢慢下降，在运动至大概是 VO_2max 的70%， SpO_2 开始有大幅下降并与安静时的 SpO_2 开始有显著差别。但当到达 VO_2max 值的80%附近，没有EIH的运动员的 SpO_2 开始回升或保持不变，但有EIH的运动员的 SpO_2 继续下降。



通气量

- 一般人安静时一分钟内为4.2升
- 剧烈运动时每分钟可高达120升
- 通过体育锻炼可以大大提高肺通气量
(李晋裕及邪文华, 1993)

- 呼吸系统的通气能力对个体在有氧运动中的运动能力并非一个限制因素

- 导致EIH的其中一个可能是通气系统出现气流量限制情况
- 运动强度增加，不能增加最大通气量

- 可能是因为通气肌肌力和耐力因应付长时间的高强度运动而下降所导致。

Lomax and McConnell (2003)

- 200m 蛙泳 (90-95% race pace) 能引发吸气肌肉疲劳

Ozkaplan and Rhodes (2004)

- 运动强度达 $\geq 85\% \text{ V}O_{2\text{max}}$ 能导致通气肌肉疲劳
- 运动强度达 $\geq 90\% \text{ V}O_{2\text{max}}$ 能显著影响运动表现

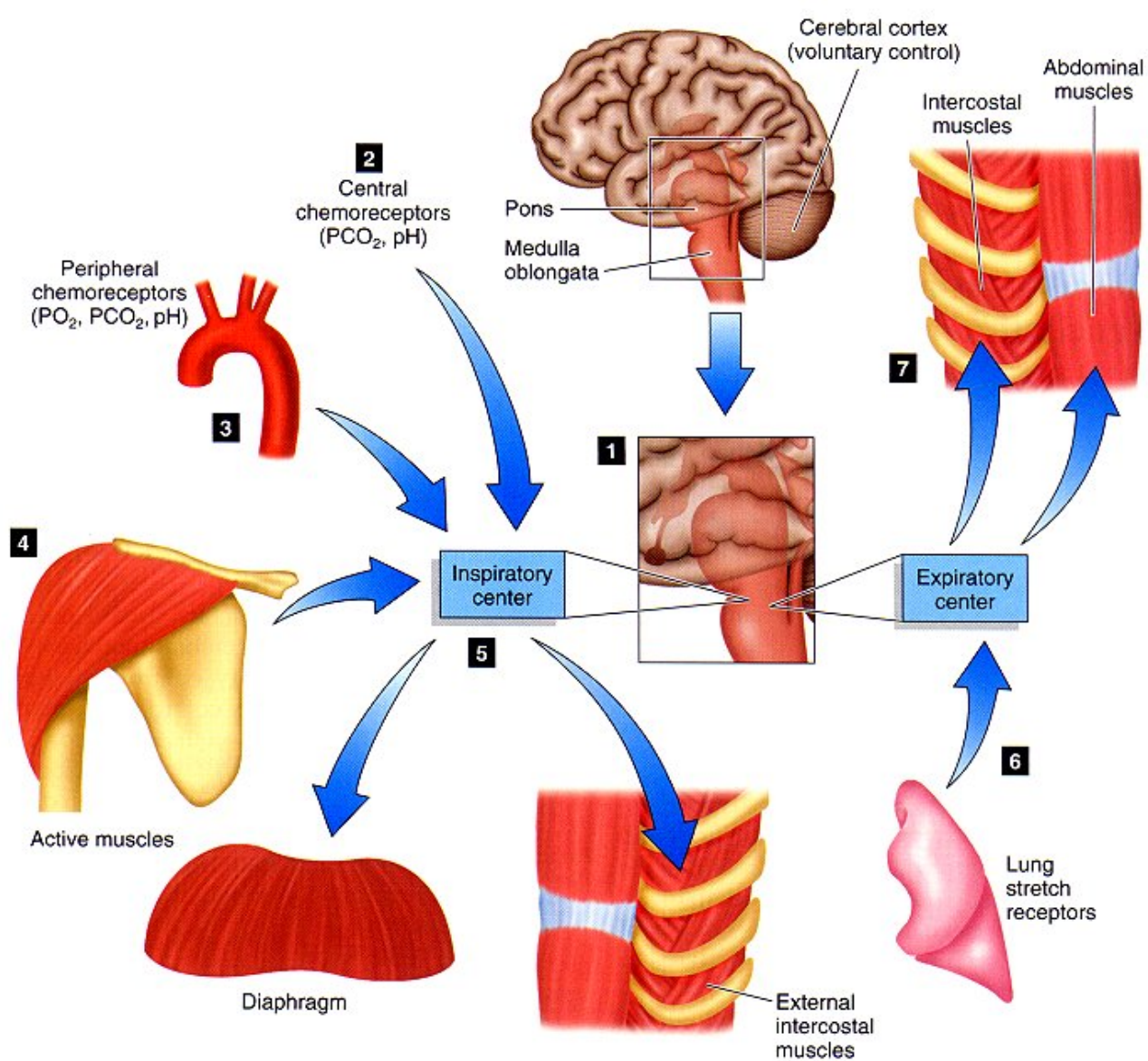


Figure 8.8 An overview of the processes involved in respiratory regulation. (1) The medulla oblongata contains the inspiratory and expiratory centers. When (2) central chemoreceptors, (3) peripheral chemoreceptors, and (4) active muscles stimulate the inspiratory center, the inspiratory center stimulates (5) the external intercostal and diaphragm muscles to contract to increase the volume of the thorax, thereby drawing air into the lungs. (6) This stretching of the lungs triggers the expiratory center to contract (7) the intercostal and abdominal muscles, causing the thoracic volume to decrease and force air out of the lungs.

- 所以要是通过通气肌肉训练而增强通气肌的力量和耐力后，EIH的出现便可能会减低。

Volianitis et al. (2000)

- 受試組及對照組各7名賽艇運動員，進行吸氣肌肉訓練，2次/天，7天/星期，達11星期
- 結果：
 - 6min全力賽艇測試 +3.5% 距離
 - 5000m 計時賽 -3.1%
 - 吸氣肌肉力量增加45.3%

Boutellier et al. (1992)

- 8位受試者, 一星期5天進行30min呼吸訓練, 維持4星期。
- 結果: $77\% \dot{V}O_{2peak}$ 單車力歇測試+38%
吸氣肌肉耐力增加555%

Spengler et. al (1999)

- 20名受試者,一星期5天進行30min呼吸訓練,維持4星期。

結果: 呼吸耐力 +532%

85% Wmax cycling +28%

cycling 測試後血乳酸濃度-15%

第二部分

- 一名男性壁球精英运动员(年龄：23岁；
身高：177公分；体重：68.2公斤)
- 通气肌肉练习器(Power breathe, 英国)，
锻炼通气肌肉。

POWER breathe[®]

"The Turbocharger for your lungs"



呼吸肌肉训练

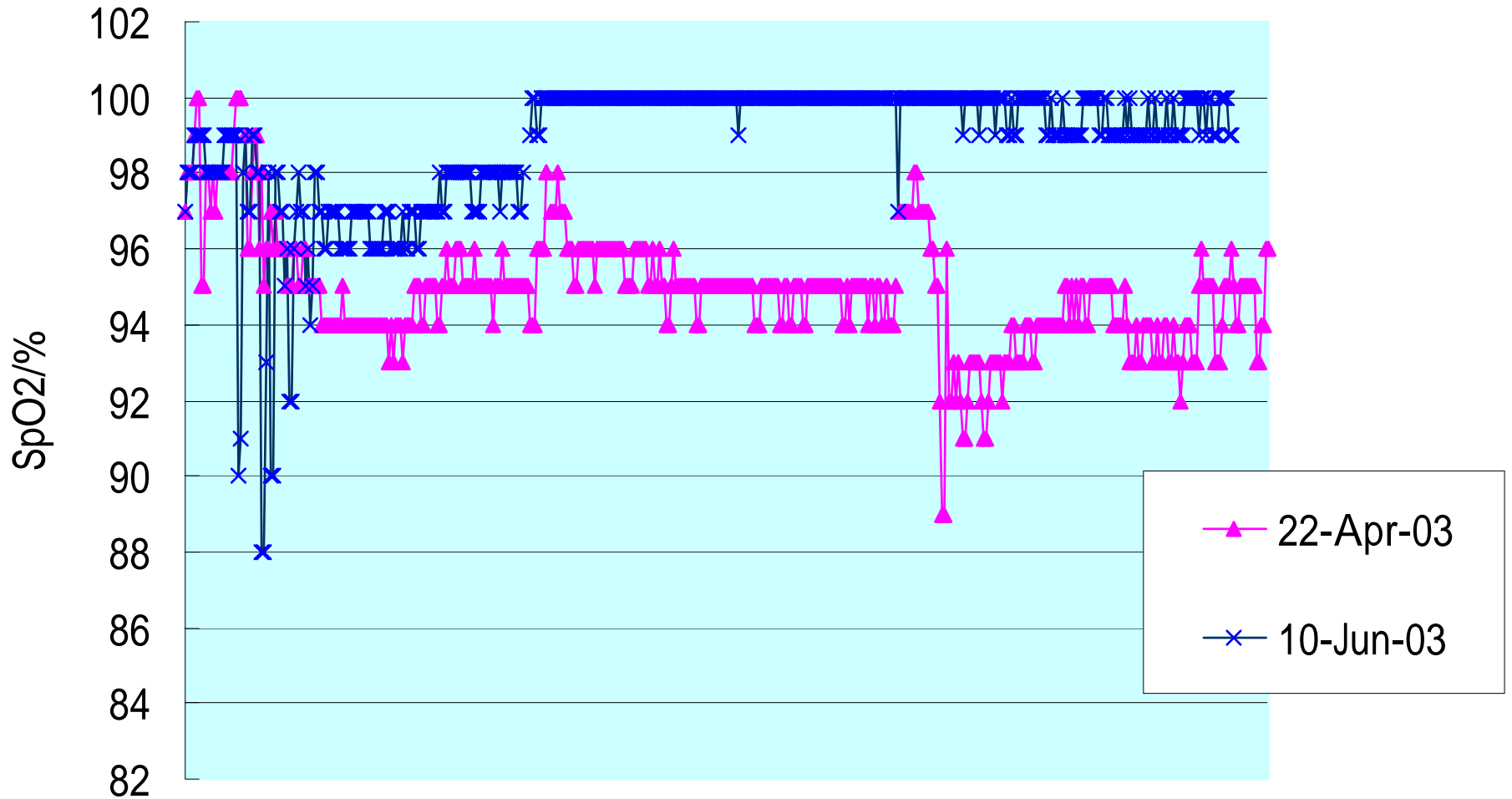
- 吸气压力：50%最大吸气压力
- 次数：15次(慢)，每天二次
- 吸气深度：由完全呼出气后开始至不能在吸入空气
- 这个练习是每天重复并维持三星期



- 在通气肌肉训练期的前后，运动员接受亚极量跑步测试，以检定运动时的SpO₂
- 跑步测试的强度是定在受试者的无氧阈(AT) (速度：14.2kmph；斜度：1%)，
- 测试内容是受试者在跑步台上跑步15分钟休息五分钟，然后再重复一遍，在跑步测试时运动员的SpO₂是用Datex-Ohmeda Pulse Oximeter 3800作同步记录。

结果

SpO2 during 3x 15min AT run on Treadmill



SPO₂

1st Run

2nd Run

训练前

95%

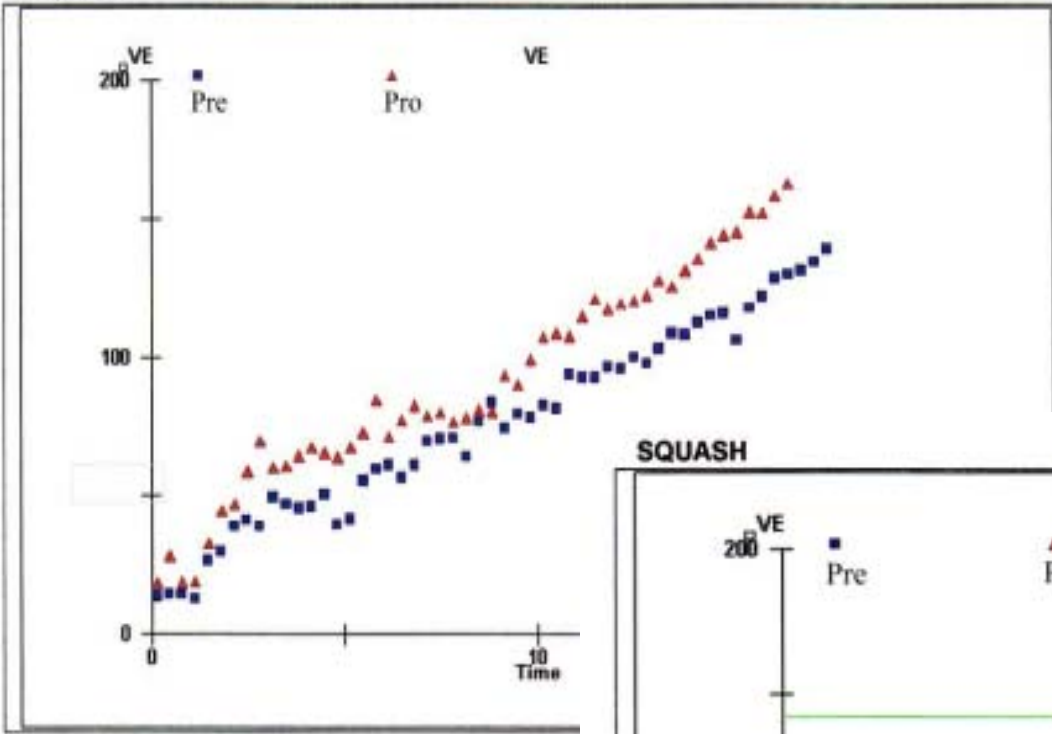
94%

训练后

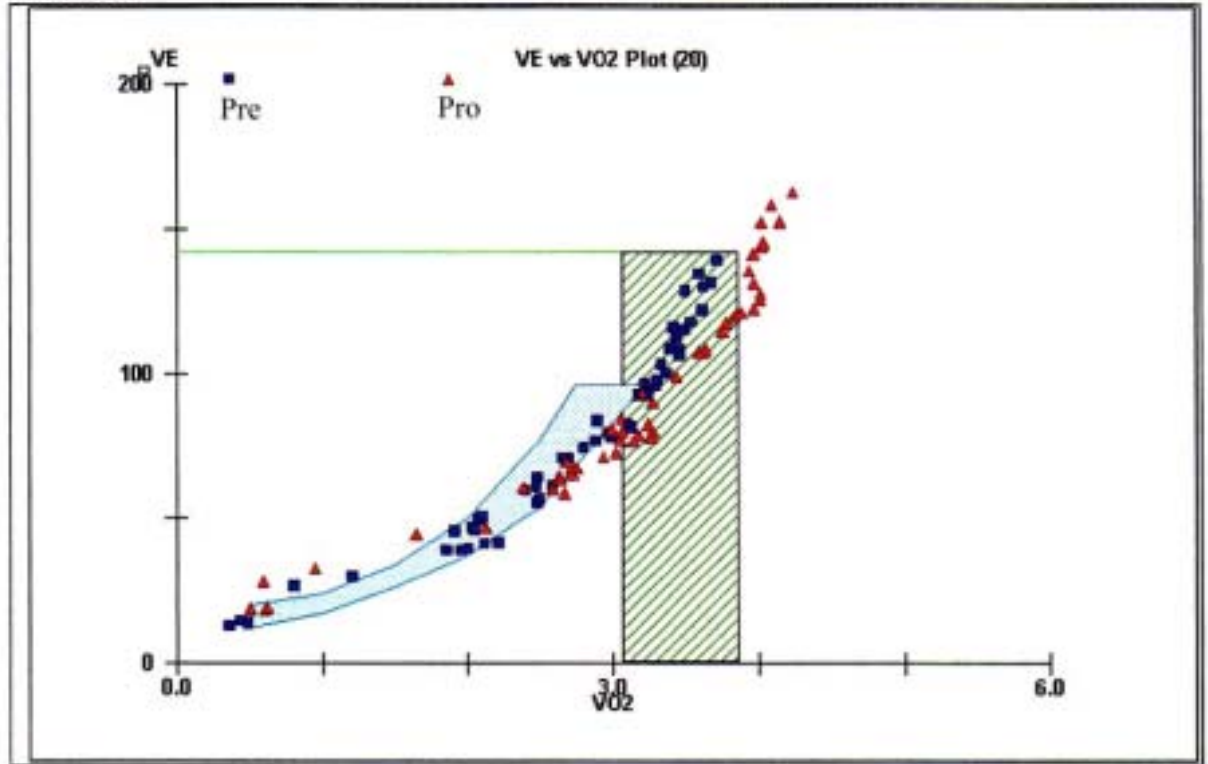
100%

99%

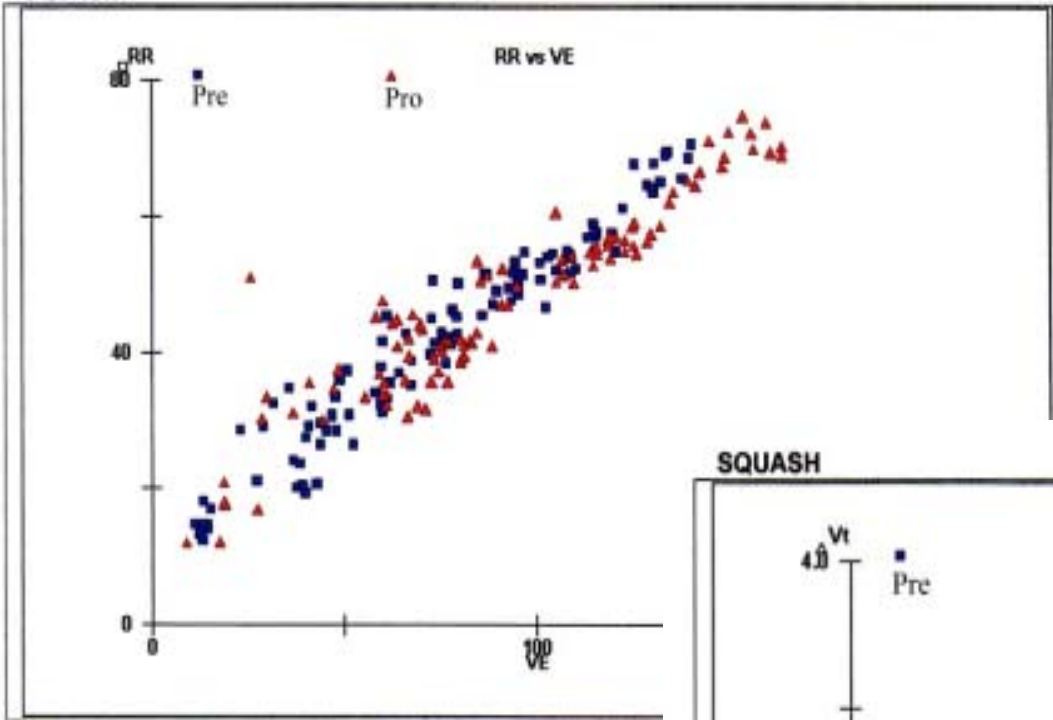
SQUASH



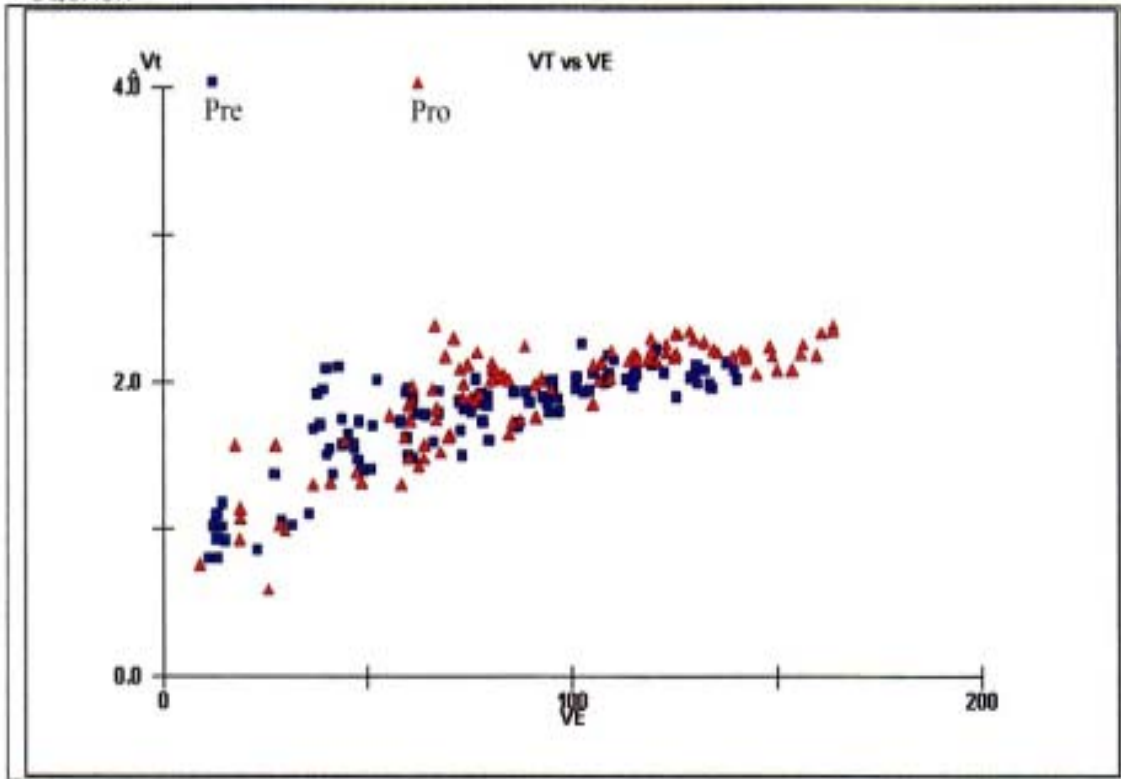
SQUASH



SQUASH



SQUASH




运动至 $VO_2\max$ 的80%时

- 相应的通气量提升以作补偿 (hyperventilation)
- 通气肌肉疲劳 —— EIH

- 通过对通气肌肉的力量和耐力训练以减低或延缓通气肌肉在中等强度运动时出现疲劳，便可能减低 SpO_2 下降的幅度
- 在本研究当中在 $VO_2max70\%$ 的强度时，大概是运动员的无氧阈，运动员在接受了通气肌肉训练后，运动时的 SpO_2 有明显上升

- 所以运动能力的增加可能是由于通气肌肉在强化后，疲劳情况得以舒缓，并导致 SpO_2 上升，最后运动持续能力增加



Application to intermittent exercise

Respiratory Muscle Trainer



- 透過通氣肌力測試，可評估 Power Breathe 對改善通氣肌力的效果

Respiratory Pressure Meter



Maximal Respiratory Pressures

	PI _{max} / cm H ₂ O	PE _{max} / cm H ₂ O	Remarks
Norm - Male	-124 ± 44	233 ± 84	
Norm - Female	-87 ± 32	152 ± 54	
Male - A	114	128.7	No IMT
Male - B	-53.3	107.3	w/ resp.lesion
Male - C	-157.3	122.7	9mths IMT
Female -D	-188.7	214	3wks IMT

Thank you !