

運動與呼吸

黃三峰

大綱

- * 呼吸肌與運動
- * 肺部的容積與容量
- * 氧的運動肺部血流
- * 溫度、濕熱、PH值
- * 二氧化碳的運動
- * 漸進式運動

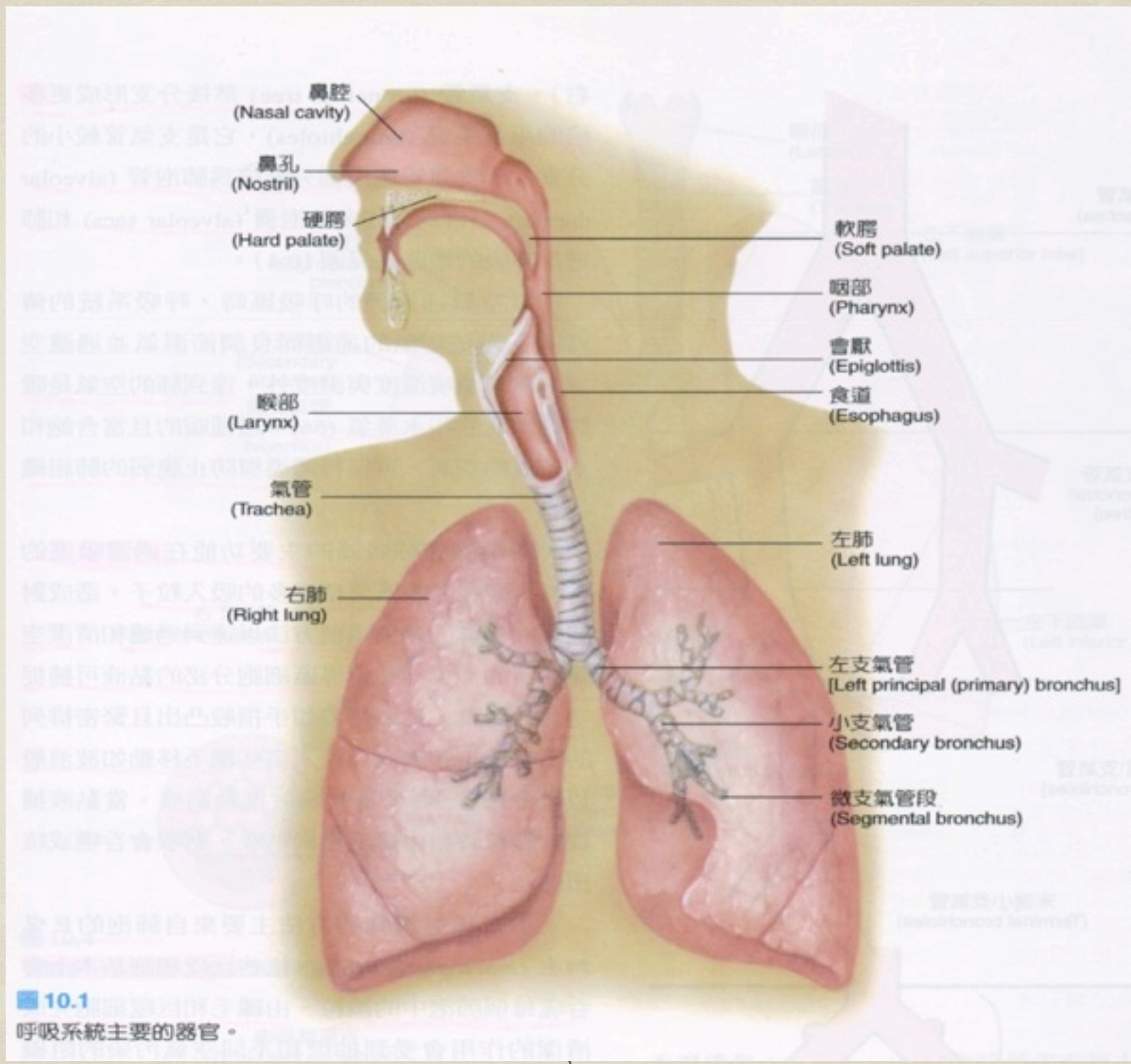


專有名詞

- * 肺泡換氣量 alveolar ventilation
- * 肺泡 alveoli
- * 波耳效應 Bohr effect
- * 細胞呼吸 cellular respiration
- * 去氧血紅素 deoxyhemoglobin
- * 血紅素 hemoglobin
- * 氧合血紅素 oxyhemoglobin
- * 肺呼吸 pulmonary respiration
- * 殘氣量 residual volume
- * 呼吸 respiration
- * 肺量計法 spirometry
- * 潮氣量 tidal volume
- * 換氣 ventilation
- * 肺活量 vital capacity

複習：呼吸系統

- * 體外空氣藉由氣流進入體內肺中的過程稱為**呼吸**。
- * **肺呼吸**又稱為外呼吸，**細胞呼吸**又稱為內呼吸。
- * 一般我們在講的呼吸，是指**肺呼吸**。
- * 呼吸系統維持運動期間**血液**與**氣體**交換的恆定。
- * 肺臟與血液間的氧氣及二氧化碳較換，形成了**換氣**與**擴散**。
- * **換氣**：空氣進出肺臟的過程。
- * **擴散**：分子由高濃度流向低濃度的移動。



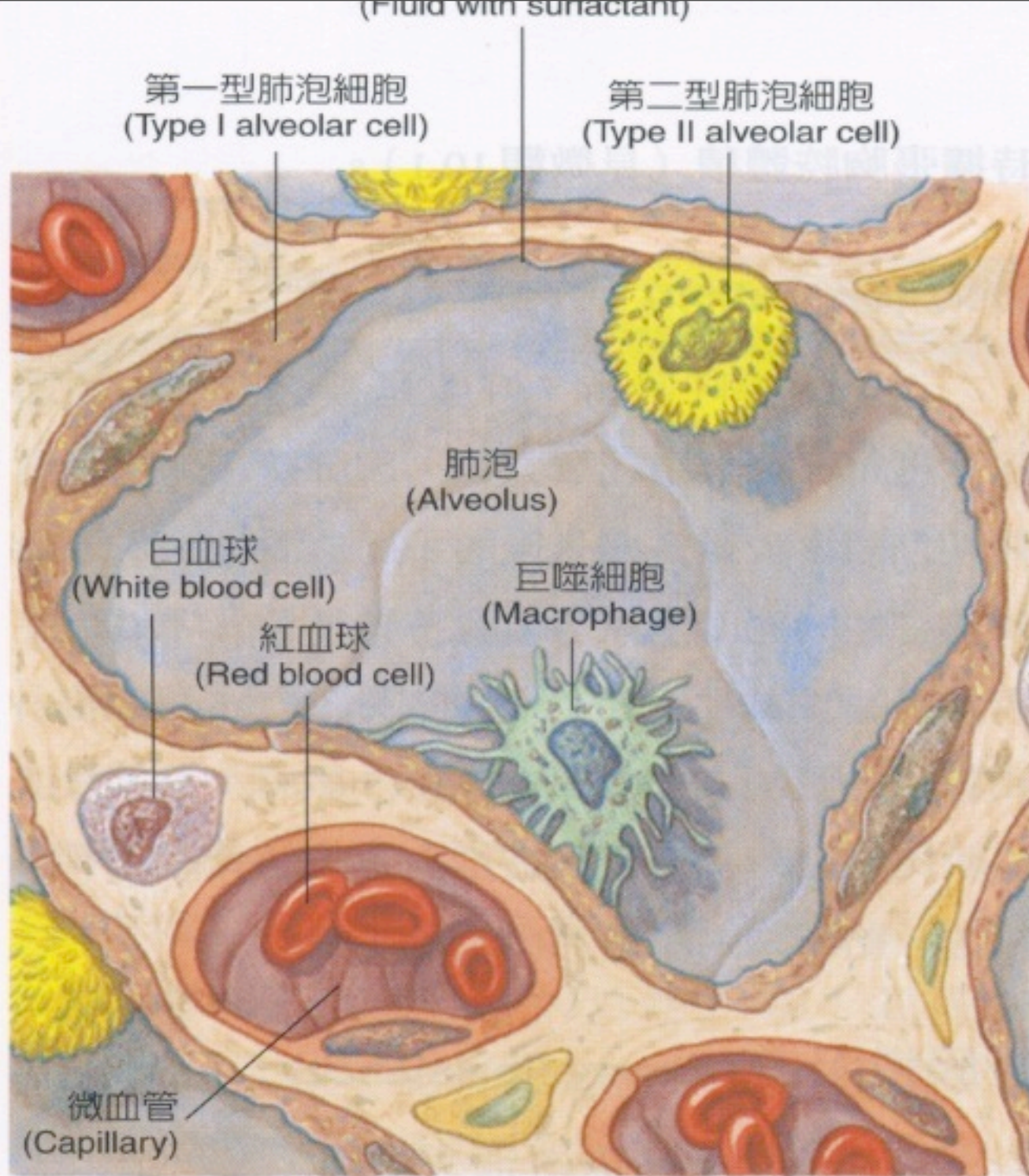
10.1
 呼吸系統主要的器官。

複習：呼吸系統結構

- * 呼吸系統包括：
 - * 鼻、鼻腔、咽、喉、氣管、支氣管分支和肺葉。
- * 呼吸系統的兩個功能性區域：**傳導區**、**呼吸區**。
- * **傳導區**：氣管、支氣管、支氣管分支。
- * **呼吸區**：肺，進行氣體交換的地方。
- * 一個人在安靜時，**每分鐘**大約**6公升**換氣量。
- * 為了使空氣進入或離開，必須關閉**會厭**。

複習：呼吸系統結構

- * 傳導區的功能：**調節濕氣**、**過濾**空氣。
- * 濕氣來源：**環境**的濕氣、**傳導區**的濕度。
- * 過濾的兩個方法：傳導區的**細胞黏液**與肺泡的**巨噬細胞**。
- * 人體肺部進行擴散的表面積，估計約為**60~80平方公尺**，約有3億個肺泡。
- * **第二型肺泡**及表面**潤滑劑**可降低表面張力，防止肺泡萎縮。
- * **吸氣**的產生，肺中的壓力**低於1大氣壓**。**呼氣**的產生，肺中的壓力**高於1大氣壓**（室溫下一大氣壓的氣體 可以支撐 76公分高的水銀柱）。



10.5

呼吸肌與運動

- * 增加**胸腔體積**的肌肉，稱為**吸氣肌**。
- * **橫隔膜**是人體唯一的**吸氣骨骼肌**。
- * 橫隔膜收縮，腹腔向下，肋骨向外升舉，使空氣進入肺內。
- * **運動中**除橫隔膜外，會動員肋間肌、胸大肌、斜方肌和胸鎖乳突肌協助呼吸。
- * 安靜時的呼氣是被動產生的，因為肺壁及胸腔壁具有彈性的**收縮、恢復**。
- * **運動中**，有**腹直肌**及**腹內斜肌**協助呼氣。

呼吸肌與運動

- * 肌肉運動導致換氣量的增加，一般認為**呼吸肌**在**低強度運動**時，不會疲勞。
- * **耐力性運動**（大於120分鐘）和**高強度運動**（90%~100%最大攝氧量）會促使呼吸肌**疲勞**。
- * 規律的**耐力運動**能增加呼吸肌的氧化能力，並**增加其耐力性**。

呼吸道的阻力

* 呼吸道的阻力是造成壓力差的關鍵因素。

* 公式

$$\text{氣流} = \frac{P1-P2}{\text{阻力}}$$

* P1-P2代表呼吸道兩端的壓力差。

* 造成呼吸道阻力的因素是呼吸道直徑的大小。

* 運動期間的換氣次數是休息時的10~20倍。

運動引發之氣喘

- * 氣喘又稱為**支氣管痙攣**，是一種讓**呼吸道窄縮**的疾病。
- * 窄縮呼吸道管徑，會增加呼吸道的**阻力**，並**增加負荷**。
- * 通常氣喘發作的人，會有呼吸急促的現象，又稱**呼吸困難**。
- * 氣喘病患應從事**低強度**的運動，**高強度**運動容易使得**氣喘發作**。

容積與容量

- * 肺的**容積**(volumes)：容積是指各部分器官可以容納的氣體總數。
- * 肺的**容量**(capacities)：容量指各容積的總和來呈現生理上的限制。

容積

- * Tidal Volume(TV) **潮氣容積**

- * 每次正常呼吸所吸進或呼出的容積，約**500毫升**(男性約為600毫升，女性約為450毫升)。

- * 每次呼吸週期潮氣容積都有差異，一般是測定一分鐘的**通(換)氣量**，再除以呼吸**次數**，即可得到**潮氣容積**。

- * Inspiratory Reserve Volume (IRV) **吸氣儲備容積**

- * 正常吸氣之後再用力吸氣所多吸入的氣體容量，正常成人的吸氣儲備容積約**2475毫升**。

容積

- * Expiratory Reserve volume(ERV) **呼氣儲備容積**
 - * 正常吸氣之後再用力呼氣所多呼出的氣你容量，正常成人的呼氣儲備容量約**1000毫升**。
- * Residual Volume(RV) **殘氣容積**
 - * 用力呼迄至不能呼為止時，肺中仍存留的氣體容積。正常成人的肺餘容積為**1100毫升**。

容積

* Dear Air **死腔**

* 不進行氣體交換，殘留在解剖性無效腔(anatomic dead space)中的氣體。每吸進500毫升的氣體中，就有**150毫升**留在解剖性無效腔中。

容積摘要表

潮氣容積	每次正常呼吸所吸進或呼出的容積
吸氣儲備容積	正常吸氣之後再用力吸氣所多吸入的氣體容量
呼氣儲備容積	正常吸氣之後再用力呼氣所多呼出的氣體容量
殘氣容積	用力呼迄至不能呼為止時，肺中仍存留的氣體容積
死腔容積	不進行氣體交換，殘留在傳導區中的氣體

容量

* Vital Capacity(VC) 肺活量

* 吸氣儲備量加上潮氣量，再加上呼氣儲備量。就是用力呼氣之後，再用力吸氣所能吸入的氣體量，或用力吸飽氣之後，再用力呼氣所能呼出的氣體量，**約有4000毫升**。(VC=IRV+TV+ERV)。

* Functional Residual Capacity(FRC) 功能儲備量

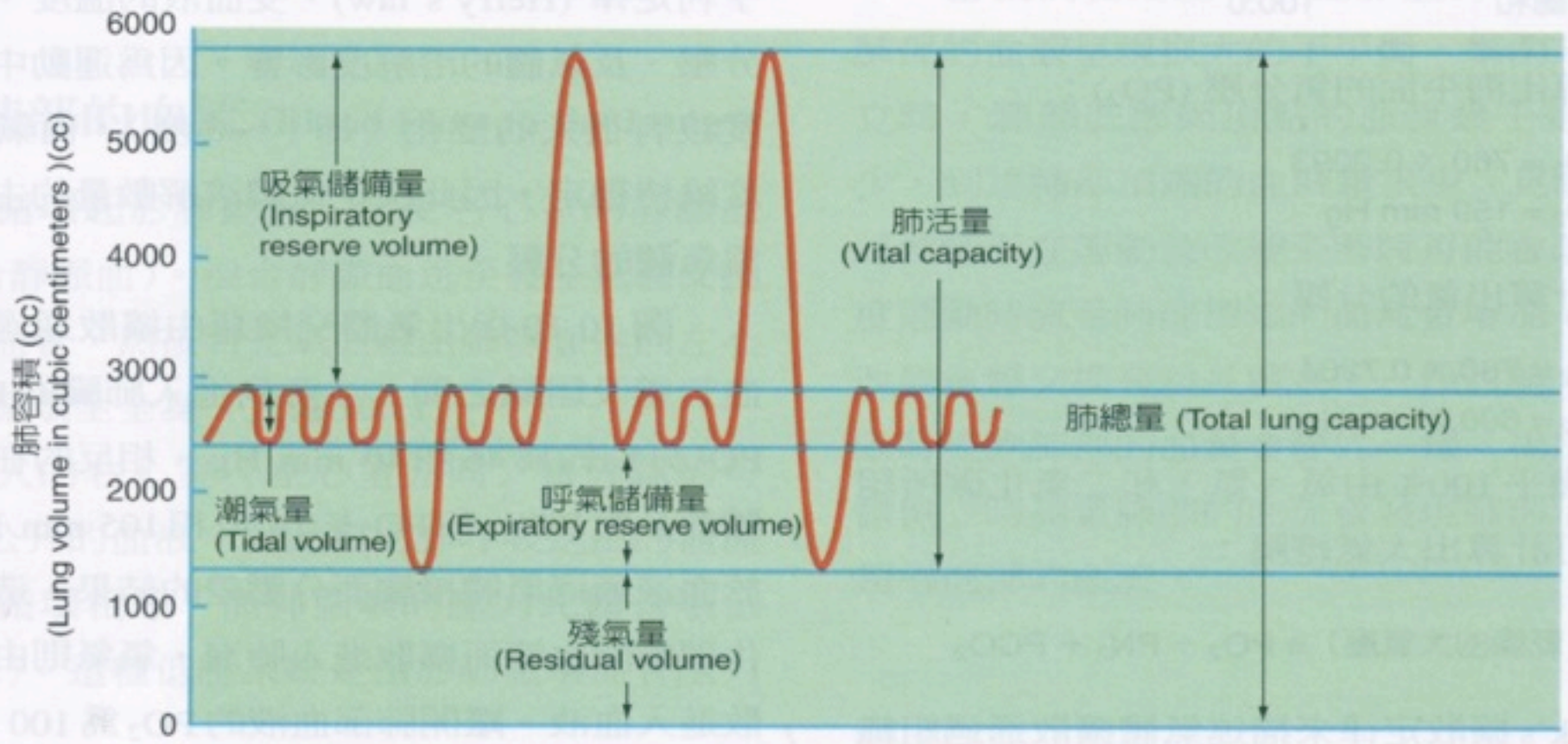
* 呼氣儲備量和肺餘容量之和。就是在正常呼吸時，呼氣後存留於肺臟的氣體量，一般成人的功能儲備量約為2100毫升。(FRC=ERV+RV)。

容積

- * Total Lung Capacity(TLC) **總肺容量**
 - * 四個肺基本量的總和，也就是吸氣儲備容積、潮氣容積、呼氣儲備容積及肺餘容量的總和，約有5100毫升。(TLC=IC+FRC)。
- * Inspiratory Capacity(IC) **吸氣量**
 - * 潮氣容積與吸氣儲備容積之和。也就是在正常呼吸狀態下開始吸氣所能吸入的最大氣體量，一般成人的吸氣量約有2475毫升。(IC=TV+IRV)。

容積摘要表

肺活量	吸氣儲備量加上潮氣量，再加上呼氣儲備量
功能儲備量	呼氣儲備量和肺餘容量之和
總肺活量	吸氣儲備容積、潮氣容積、呼氣儲備容積及肺餘容量的總和
吸氣量	潮氣容積與吸氣儲備容積之和



肺換氣

* 定義

- * V 指的是體積。 \dot{V} 每分鐘的體積，通常指每分鐘換氣量。
- * T 潮氣量、 D 死腔、 A 肺泡量、 I 吸氣、 E 呼氣。
- * 每分鐘換氣量 = 潮氣量 \times 呼吸頻率。
- * 公式 $\dot{V} = V_T * f$
- * 每次換氣量 = 死腔 + 肺泡換氣量。
- * 一位70公斤的男性，安靜時的每分鐘換氣量約7.5公升(0.5×15)，**最大運動**時每分鐘換氣量約為**120~175公升**($3 \sim 3.5 \times 40 \sim 50$)。

肺部的血流

- * 成人的左、右心室在安靜時，每分鐘輸出約5公升的血液。
- * 肺呼吸送出的血流速度合體循環相等。
- * 運動時，肺部血流量增加阻力下降的原因為，**血管擴張**及**徵召**先前未使用的微血管所致。

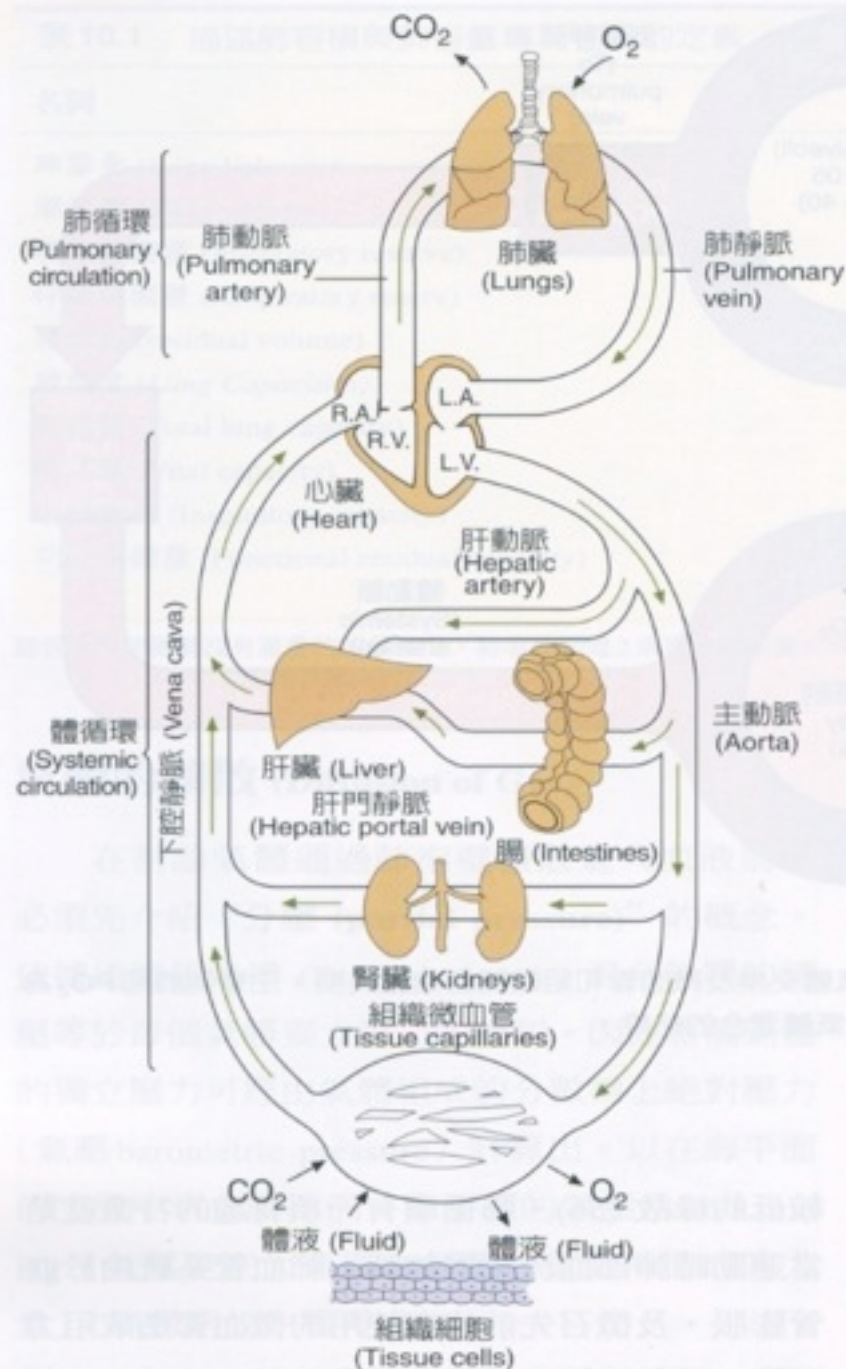
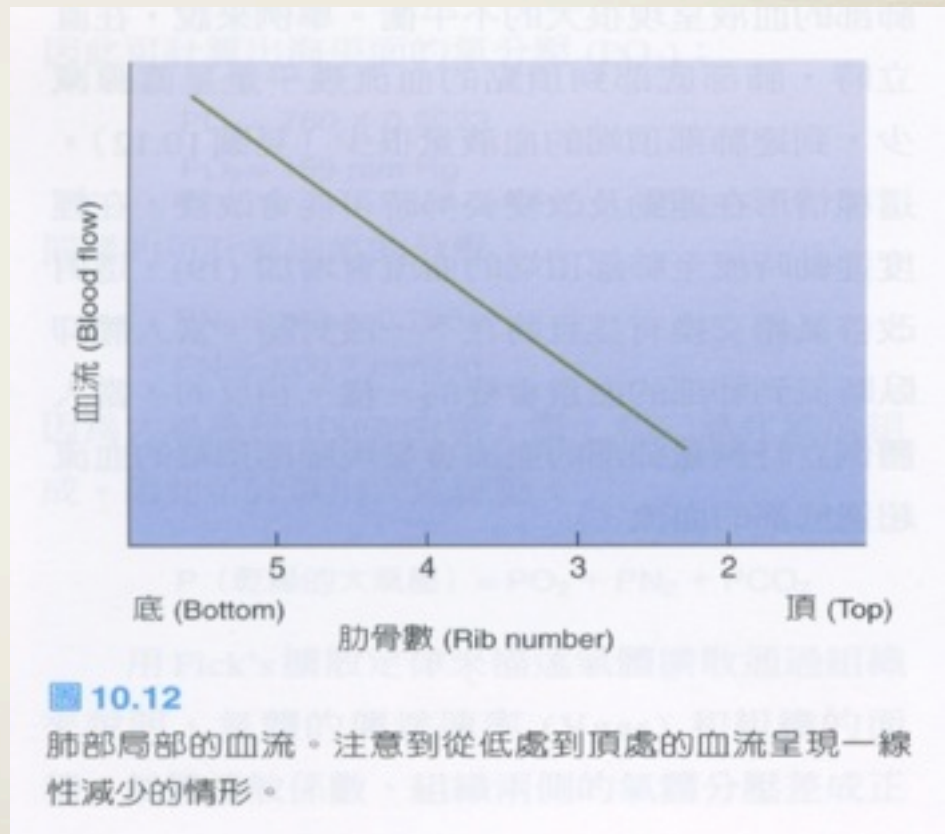


圖 10.11

肺呼吸是一擠壓混合靜脈血液送至肺微血管做氣體交換的低壓系統。經過完全的氣體交換後，充氧血會送回左心房後循環至全身。

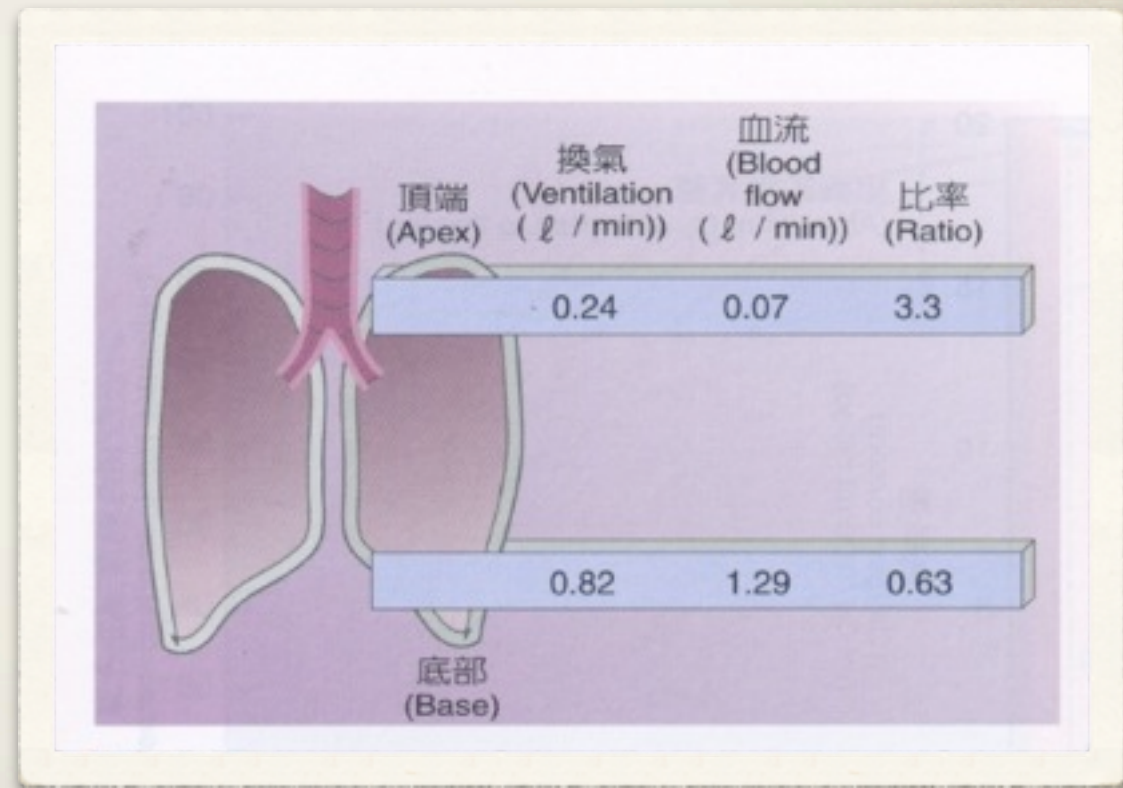
站立時的肺部血流分配

- * 因為地心引力的關係，肺底部到頂點，成直線減少。
- * 在輕度運動時，肺頂部的血流量會增加。
- * 當人體仰臥（睡覺）時，肺部血流量會變得一樣。
- * 倒立時，肺頂點血液增加，底部會減少。



換氣與灌流關係

- * V 為換氣量， Q 為血流量。
- * 肺頂端的 V/Q 率為 3.3。
- * 肺底端的 V/Q 率為 0.63。
- * V/Q 率高於0.5足以符合休息時的氣體交換。

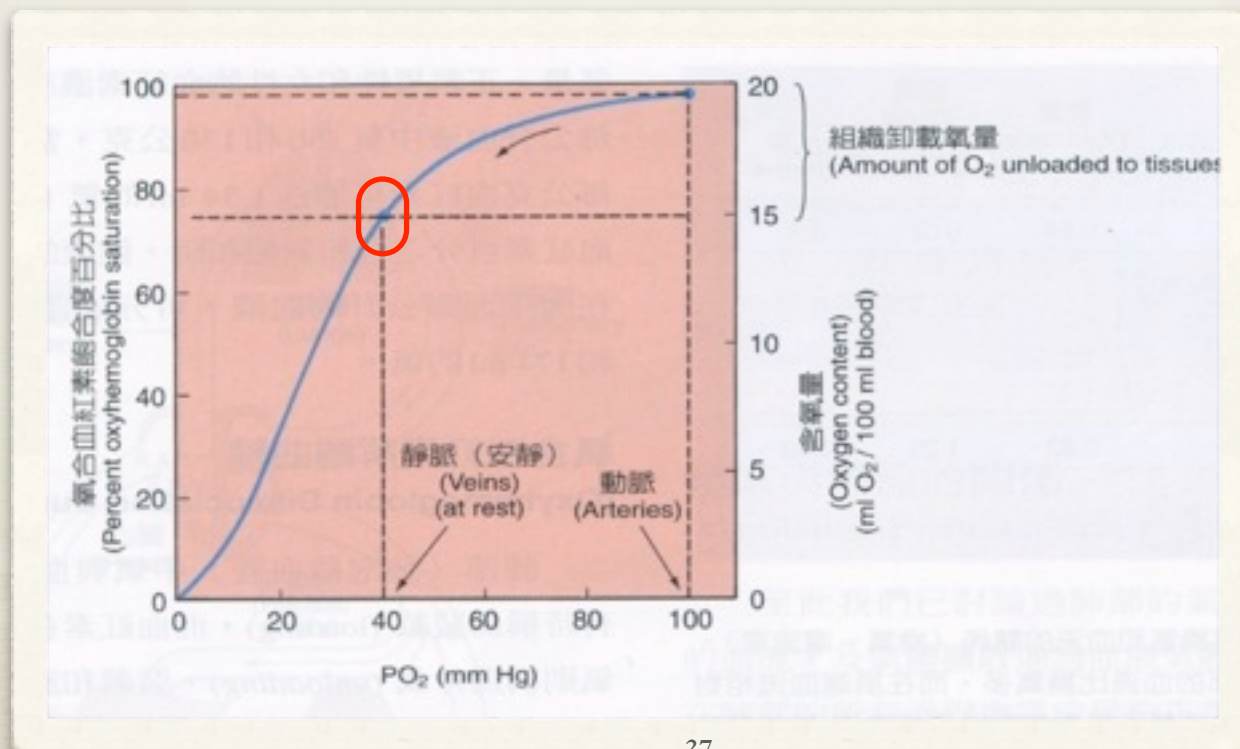


血紅素和氧的運輸

- * 血液中有**99%的氧**是透過**血紅素**的結合運輸。
- * 含氧的血紅素：**氧合血紅素**。不含氧的血紅素：**去氧血紅素**。
- * 男性每公升血液的血紅素濃度約為**150公克**，每公克的血紅素可攜帶**1.34ml**的氧，在海平面每公升的氧氣可攜帶**200ml**的氧。
- * 女性每公升血液的血紅素濃度約為**130公克**，每公克的血紅素可攜帶**1.34ml**的氧，在海平面每公升的氧氣可攜帶**174ml**的氧。
- * **裝載**：在**肺部中**，氧與血紅素的結合。
- * **卸載**：血紅素在**組織中**釋放氧氣。

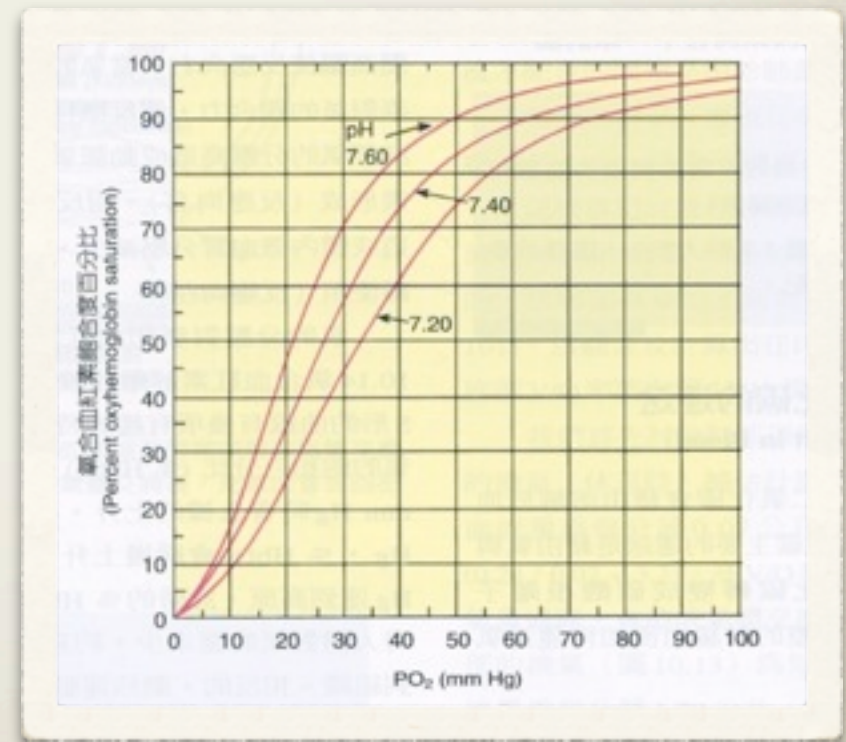
氧分壓與血紅素飽和關係圖

- * 曲線急遽上升部分氧分壓值約為40 mm Hg。
- * 安靜時，卸載到組織的氧約25%。
- * 激烈運動時，組織可能由血紅素中取得90%的氧。



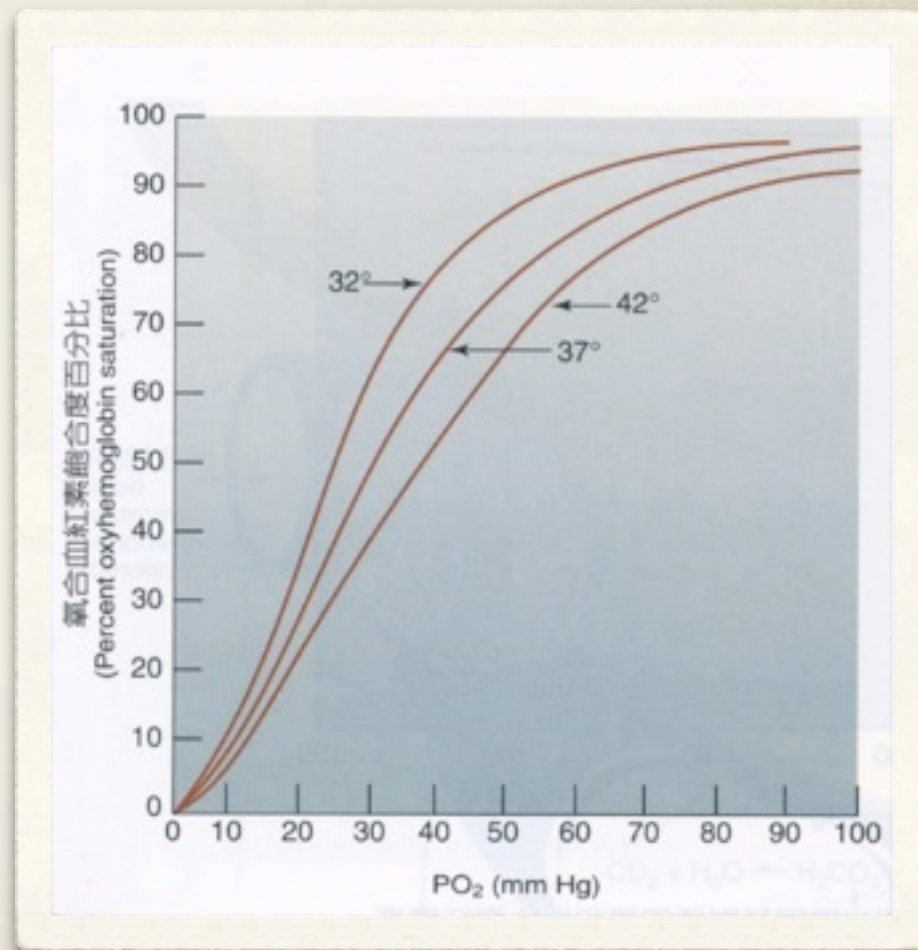
PH值對氧合血紅素的解離

- * 血液PH值下降（變酸），會造成氧卸載到組織的量會增加。
- * 波耳效應：氧合血紅素解離曲線向右偏移。
- * 激烈運動造成血液的乳酸值增加，讓PH值向右偏移。



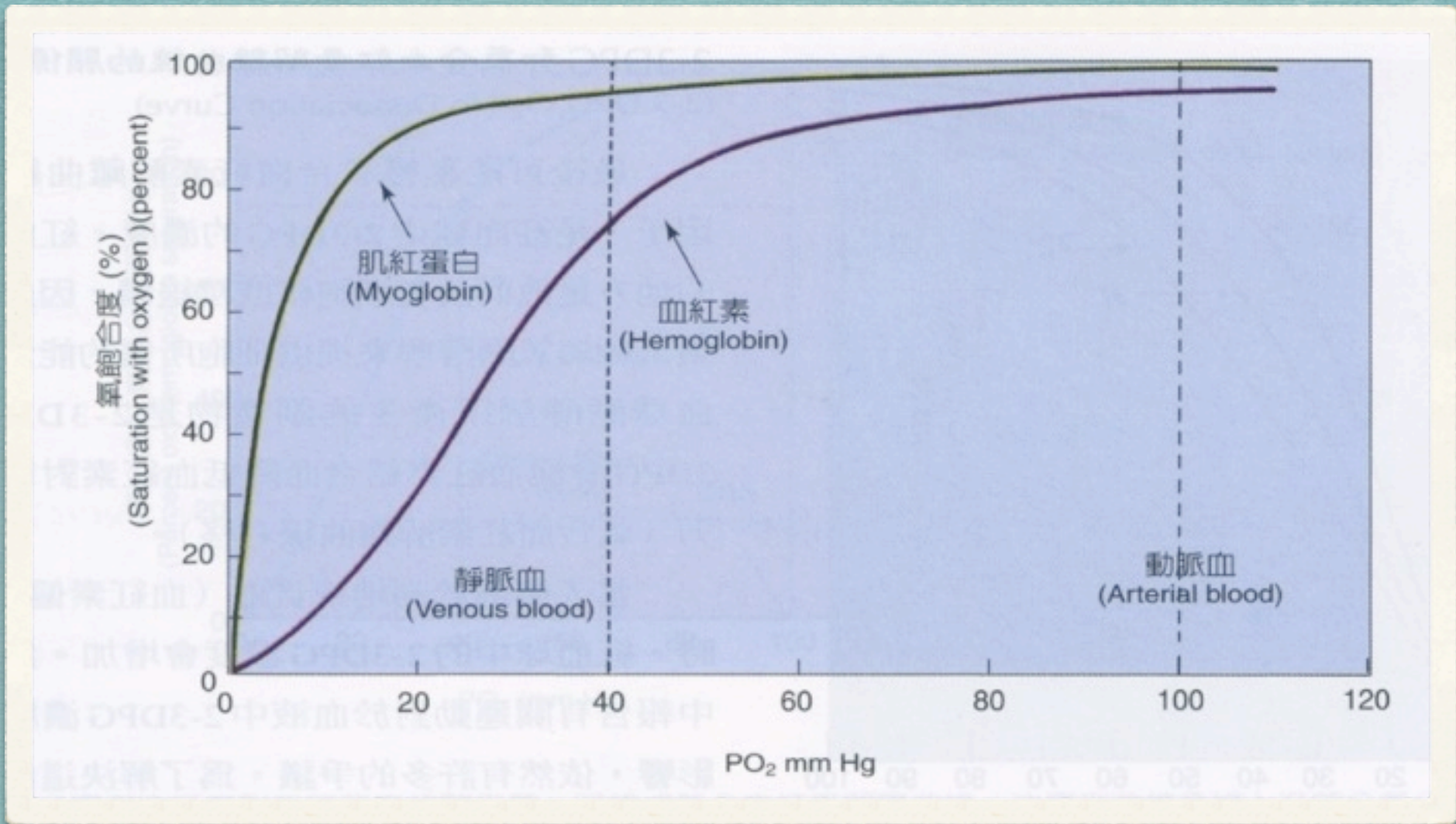
溫度對氧合血紅素的解離

- * 血紅素對氧的親和力與**溫度成相反的關係**。
- * 溫度降低時，氧合血紅素解離的曲線向左偏移。
- * **溫度上升時，氧合血紅素的結合力變弱**，有助於卸載氧氣給骨骼肌使用。



肌肉中氧的運送

- * 肌紅蛋白存在於骨骼肌與心肌當中，不是在血液裡。
- * 肌紅蛋白的作用：在細胞膜與粒線體中間來回運送氧氣。
- * 慢縮肌纖維中有大量的肌紅蛋白。
- * 肌紅蛋白對氧的親和力比血紅素高。
- * 氧合肌紅蛋白可作為休息至運動期，中間過渡期氧的儲存器，運動剛開始時，釋放到肌肉中。



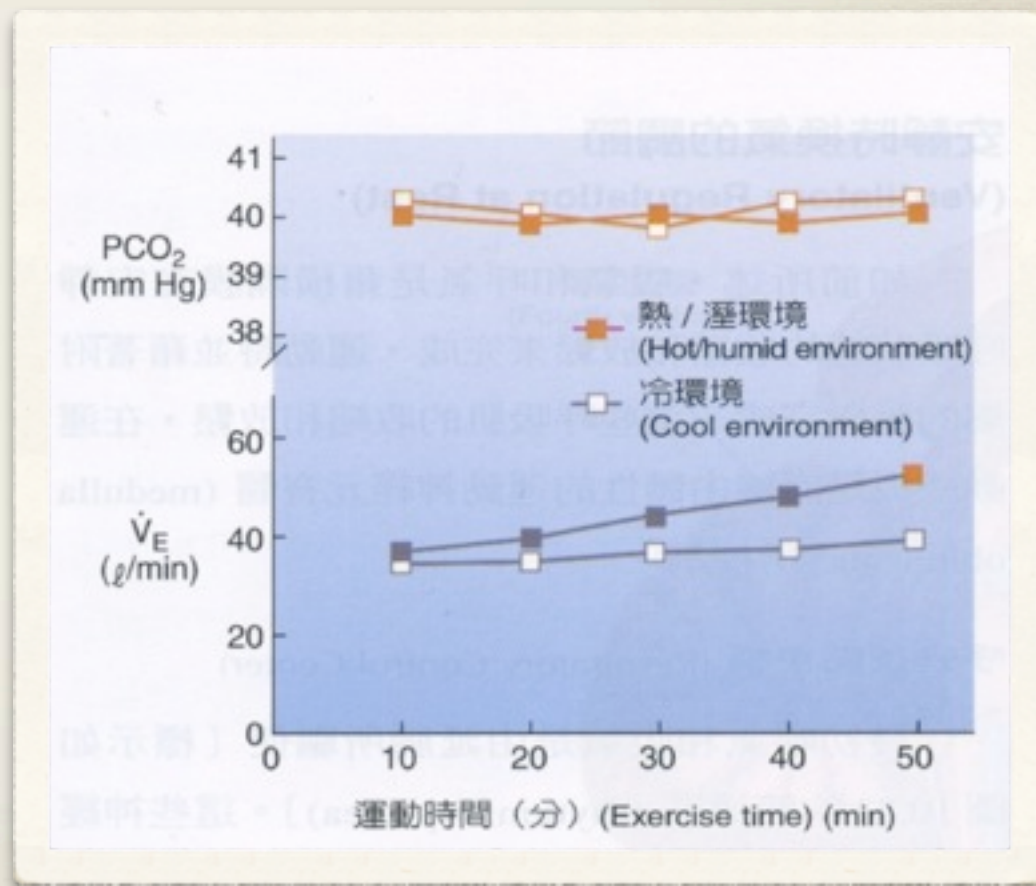
血紅素與肌紅蛋白比較

二氧化碳的運送

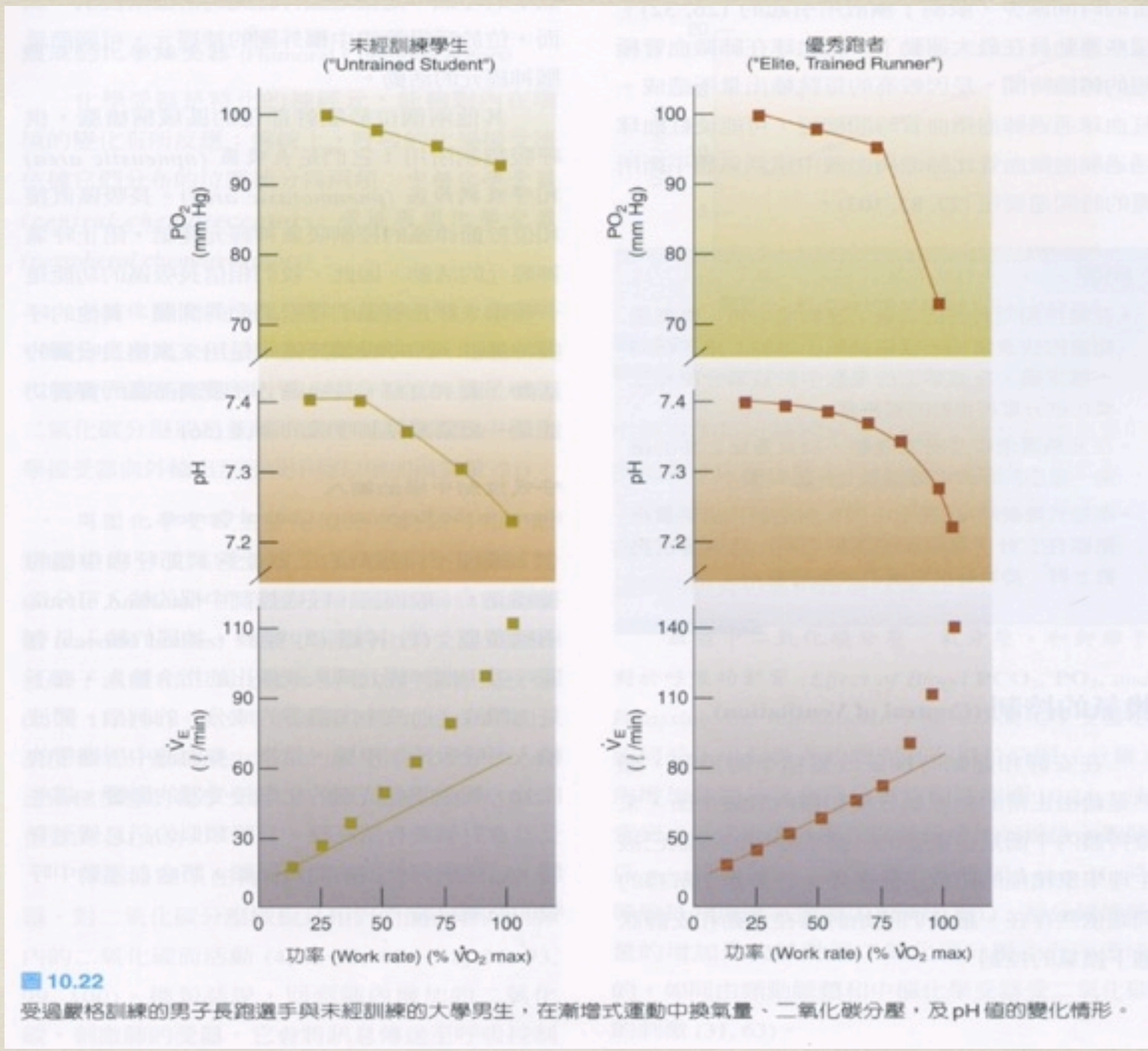
- * 血液中運送二氧化碳的**三種方式**：
 - * 二氧化碳**溶解於血漿**當中（10%）。
 - * 與血紅素結合成為**碳醯胺基血紅素**（20%）。
 - * **重碳酸鹽**（70%）。

濕熱環境下的長時間運動

- * 第一種狀態，在涼爽環境下(溫度19度，濕度45%)運動。肺部換氣會有上移的狀態。
- * 第二種狀態，在濕熱的環境有礙散熱的情況下運動。所增加的換氣量，可能是因為呼吸的頻率和死腔換氣所致。



漸進式運動測驗結果

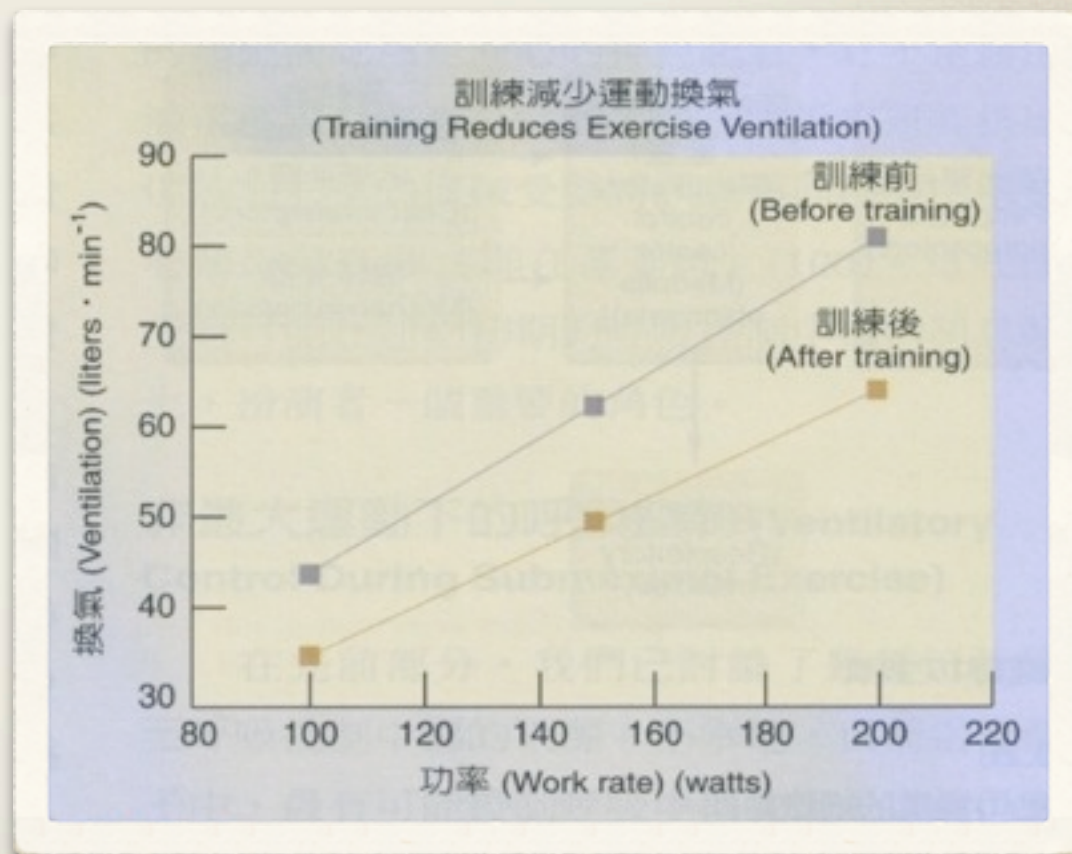


漸進式運動

- * 接上圖發現，兩位受試者換氣量在50~70% $\dot{V}O_2$ MAX指數開始大量增加，稱為**換氣閾值**。
- * 運動員與非運動員在激烈運動時動脈氧分壓明顯不同。
 - * 非運動員下降了10 ~ 12 mm Hg。
 - * 運動員下降了30 ~ 40 mm Hg，這種低動脈氧分壓現象稱為**低氧血症**。
- * 約有**50 ~ 60%**的**耐力型運動員**有低氧血症。
- * 運動員低血氧症的產生，可能是**肺部血流過快**所引起。

訓練減少運動的換氣反應

- * 運動訓練**不能改變**肺部的構造。
- * 受試者在訓練前後，**減少 20 ~ 30%**的換氣量。
- * 上述的原因，為提昇活動的骨骼肌**有氧運動能力**的訓練效果。



鼻貼會增加運動的表現？

- * **理論上**會增加到肺部中的氣流。
- * 鼻貼的出現，最初是在**幫助睡眠**呼吸阻塞的病患。
- * 截至今日，**仍無證據**可證明運動鼻貼會增加有氧或無氧運動中肺部呼吸和運動表現。
- * 但在**長時間高溫的運動**中，可能會有助益。



F A Q

下週：

運動中的酸鹼平衡

及溫度調解



資料來源

- * 林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君譯（2005）運動生理學—體適能與運動表現的理論與應用第4版，台北市：藝軒圖書出版社。
- * <http://www.sportsci.org/traintech/breatheright/fch.htm>