

《生理學與生物化學》

蘇芳儀／林子豪老師 主解

試題評析	申論題：此次申論題第三題考生物體的 ATP 的產生方式。此一觀念在課堂上講解三大營養素的異化代謝上多有著墨，如糖解作用中帶磷酸根之高能化合物的水解藉由共振放出自由能產生 ATP；或是電子攜帶者如 NADH 及 FADH₂ 進入呼吸鏈的氧化磷酸化，考生若熟讀營養素代謝及生物能量學，此題應可獲得相當不錯的分數。第四題考兩種以甘油為骨架的脂肪：三酸甘油酯及磷脂質。此題算是脂質結構的基本題，於生化第一本第三章第三節到第六節 (p.56-61) 均分類比較三酸甘油酯及不同磷脂質的結構、功能及代謝上之差異。相信熟讀講義的考生答題應游刃有餘。 選擇題：此次選擇考題在醣類及脂質部分的難度不難，醣類的結構生化如首旋翼購物及能量代謝如糖解作用、三羧酸循環都是以往常考的重點；脂質代謝考奇數碳脂肪及異化代謝中電子攜帶者及輔酶的差異，一樣深受出題委員青睞。胺基酸及蛋白質的考題也不刁鑽，如胺基酸的兩性分子、二級結構都是常考的重點。維生素的功能、胜肽類荷爾蒙的構型以及脂質的功能及核酸生化也十分平易近人，雖然基礎分生部分有些冷門，部分題目需要有上專題 (書報) 討論，如抗發炎的文獻知識比較容易取分，但整題而言此次生物化學考題並不特別艱難。
--------------------	--

申論題部分：(50 分)

一、腎臟會分泌何種物質來幫助紅血球的生成？(5分)

【版權所有，翻印必究】

1)詳見生理學講義第(五)回第九章：相似度 50%

9-1 頁(問答题重點提示第 2 題)：

第九章 泌尿系統(Urinary system)

問答题重點提示

1. 請試述人體腎臟之主要功能為何?(105-1)
2. 腎臟能分泌哪些內分泌，各在身體扮演甚麼樣的角色。

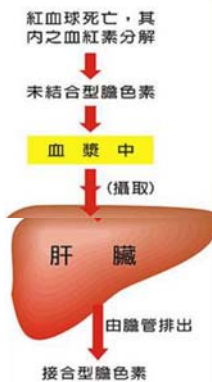
9-5 頁(詳解)：

五、腎臟分泌的激素作用說明

激素	作用機轉	反應	功用
紅血球生成素 (erythropoietin; EPO)	低氧環境下或大量失血時，會增加腎臟EPO的分泌	促使造血幹細胞分化成成熟的紅血球 (103-2)	刺激紅血球的生成(增加血氧量)

2)詳見生理學講義第三章， 3-33 頁

考點命中



- (b) 紅血球的功能：
- i. 運送氧氣及二氧化碳(氣體交換)
 $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$ (氧合血紅素)
 - ii. 血紅素在人體內對氧氣的親合性以CO(一氧化碳)最佳，其次為氧氣及二氧化碳。
- (c) 紅血球生成要素：除了造血系統結構與功能外，紅血球生成素(由腎臟分泌，少部份由肝臟分泌，維持體內正常血球值的恆定)、鐵離子與其他營養素(蛋白質、維生素 B_{12} ...)，任何一樣缺少均會造成貧血。
- (d) 紅血球生成與代謝：
- i. 紅血球由骨髓製造，從幹細胞到成熟的紅血球，需要約7天，之後平均存活約120天(104-1, 104-2)
 - ii. 老化或衰敗的紅血球會被網狀內皮系統吞噬(如肝臟、脾臟與骨髓中的巨噬細胞)。
 - iii. 血基質代謝分解：產生膽綠素(再代謝為膽紅素)、一氧化碳(與NO功能同)、亞鐵離子(100-1, 101-2 問答)

3)詳見生理總複習第三章，總-30頁。

3-12. 腎臟的功能(105-1)

功能	說明
1. 製造尿液(排除廢物)	經由腎絲球的過濾作用、腎小管的再吸收作用與分泌作用，將體內的代謝廢物(如尿素、尿酸及肌酸酐)，由尿液排出體外。
2. 調節血量、血壓、水分及電解質平衡	經由過濾、再吸收與分泌作用，並配合抗利尿激素及腎素-血管收縮素-醛固酮系統來調節水分及電解質的平衡。
3. 血液 pH 值之調節	藉由腎小管分泌 H^+ 與再吸收 HCO_3^- 以調節體內的pH值。
4. 糖質新生(gluconeogenesis)	人體在長期禁食情況下，非糖類的物質如胺基酸或脂肪酸可在腎臟經由糖質新生作用轉變成葡萄糖。
5. 分泌荷爾蒙(100-1)	分泌腎素、紅血球生成素、及合成活性維生素D。

【擬答】

此題可分為兩部分回答：紅血球生成有哪些重要因素影響及紅血球生成素如何促進紅血球生成。

- (一) 紅血球生成要素：除了造血系統結構與功能外，紅血球生成素(由腎臟分泌，少部份由肝臟分泌，維持體內正常血球值的恆定)、鐵離子與其他營養素(蛋白質、維生素 B_{12} ...)，任何一樣缺少均會造成貧血。
- (二) 紅血球生成素(erythropoietin; EPO)幫助紅血球生成機轉：促使造血幹細胞分化成成熟的紅血球。尤其在低氧環境下或大量失血時，會增加腎臟 EPO 的分泌，刺激紅血球的生成(增加血氧攜帶量)

二、水溶性膳食纖維如何利用腸肝循環 (enterohepatic circulation) 來降低低密度脂蛋白膽固醇 (LDL-cholesterol) ? (20分)

考點命中

1) 參考生理學講義第(六)回：

第十章，10-1 頁(問答题重點提示第 4 題)：

消化系統

問答题重點提示

1. 心理、社會、環境等壓力(stress)所引起之胃痛，其發生機轉為何？又如何以飲食療法改善？(101-1)
2. 胃酸的分泌調控。(100-2)
3. 肝臟的生理及代謝的功能。(100-1)
4. 何謂腸肝循環

10-14 頁~ 10-15 頁(詳解)

(4). 肝門循環

- a. 所有消化系統的靜脈血液(含腸繫膜、脾臟)，都不直接進入體循環中，而是先注入腸繫膜靜脈，再匯集至肝門靜脈，再進入肝的微血管(肝竇狀隙)，先留至肝臟中，再經由肝靜脈回到體循環。
- b. 肝門靜脈循環是人體中少數將靜脈血注入器官，再由靜脈系統回到體循環的循環系統。
- c. 門脈高壓是肝硬化或肝癌患者產生食道靜脈曲張的原因。

(肝門脈循環圖略)

3. 膽囊

- (1). 膽囊(gall bladder)並不會製造膽汁，只負責儲存膽汁。
- (2). 肝臟製造膽汁是持續性的，但是膽汁釋放則只有在消化道中有食物存在時。因此，兩餐之間膽汁會先被釋放到膽囊儲存起來，進食後膽囊在膽囊收縮素(CCK)的刺激之下，藉由收縮作用將膽汁經總膽管排出，與胰液在肝胰壺腹會合，再進入十二指腸。
- (3). 歐迪氏括約肌控制膽汁與胰液進入十二指腸。此處可因嗎啡作用而痙攣。
- (4). 膽汁含有 HCO_3^- 及膽鹽，膽鹽可協助脂肪的乳化(emulsification)，並加速其分解。
- (5). 當膽汁濃縮過程出現異常，即有可能產生膽結石。

4. 膽汁循環(腸肝循環)



2) 詳見生理學講義第三章，3-33 頁

3) 詳見生理總複習第三章，總-39頁。

4-14. 膽固醇的生理作用? 腸肝循環對膽固醇代謝的影響

- (1). 生理作用：作為細胞膜的基本組成，合成固醇類賀爾蒙(維生素D、性腺賀爾蒙及皮質類固醇)、膽鹽的基本成分
- (2). 當膽固醇過多，可藉由腸肝循環排除膽固醇

【擬答】

此題可分為四大部分解答：膽汁如何合成、何謂腸肝循環、甚麼是膳食纖維及水溶性膳食纖維如何降低膽固醇。

(一)膽汁合成機轉：肝細胞以膽固醇為原料(尤以低密度脂蛋白膽固醇為多)，經許多步驟合成膽酸，再經膽囊濃縮成膽汁。膽汁依照食物與荷爾蒙影響排入十二指腸中，幫助乳化食物中的脂肪，便利於脂肪(及相關脂溶性維生素)消化與吸收。

(二)腸肝循環：指經膽汁或部分經膽汁排入腸道的藥物，在腸道中又重新被吸收，經門靜脈又返回肝臟的現象。排入腸道的各種膽酸約 95% 以上要被再吸收，其中迴腸是主動重吸收，其餘腸段為被動再吸收。

(三)膳食纖維：指的是植物中不易被消化的食物營養素，包括纖維素、木質素、幾丁質(或稱甲

殼質)、果膠、 β 葡聚糖、菊糖和低聚糖等，可分為水溶性膳食纖維和非水溶性膳食纖維兩大類。其中水溶性纖維可溶於水，吸收水分後成為凝膠狀半流體。

(四)水溶性纖維降低血中膽固醇的機轉：水溶性纖維可包覆膽酸，防止膽酸由腸肝循環中再吸收，促進膽酸於腸道排泄，因此可以降低血中低密度脂蛋白膽固醇之效，有助預防心血管疾病。

(五)水溶性纖維其他益處：水溶性纖維在結腸的細菌作用下，也會發酵生成氣體與生理活性副產物，是益生元。某些可溶性纖維阻止腸粘膜粘連與潛在致病細菌遷移 (translocation) 因此能調理腸道炎症，這種效果稱為contrabiotic。還能延緩胃排空並防止血糖急劇上升。

三、生物體內的代謝過程中經常需要能量ATP的參與，請問吾人體內ATP的來源，及其合成方式有何不同？(13分)

考點命中

相似度 80%

1)詳見生化講義(一)回 16 頁。

7. 高能化合物 (1, 3 bisphosphoglycerate) 轉移磷酸根 (1, 3 bisphosphoglycerate $\rightarrow$ 3-PG)

(1) 酵素：phosphoglycerate kinase

(2) 結果：高能磷酸鍵轉移至 ADP 上，產生 3-phosphoglycerate (3-PG) (*2) 及 ATP (*2)

◎Kinase：激酶，協助 Pi 轉移，需要 Mg^{2+} 協助

～中間略～

9. 磷酸甘油酸 (2-PG) 的脫水反應 (2-phosphoglycerate $\rightarrow$ phosphoenolpyruvate)

(1) 酵素：enolase

(2) 結果：脫水形成高能化合物 phosphoenolpyruvate (PEP) (*2)

◎烯醇結構

10. 高能化合物 (phosphoenolpyruvate) 轉移磷酸根 (phosphoenolpyruvate $\rightarrow$ pyruvate)

(1) 酵素：pyruvate kinase

(2) 結果：高能磷酸鍵轉移至 ADP 上，產生 pyruvate (*2) 及 ATP (*2)

◎Kinase：激酶，協助 Pi 轉移，需要 Mg^{2+} 協助

2)詳見生化講義(二)回 44 頁

第一節、氧化磷酸化的基本認識

一、概述

1. 生物攝取醣類、蛋白質、脂質經消化代謝之後產生高能電子攜帶者，如 NADH、NADPH、FMH₂、FADH₂ 等，可經由電子傳遞系統產生磷酸化，而合成 ATP。

2. 氧化磷酸化發生於粒線體內膜中，由 NADH、FADH₂ 提供電子，O₂ 是最終接受者，產生 H₂O。

3. 植物所進行的磷酸化稱為光合磷酸化 (photophosphorylation)，發生於葉綠體中，H₂O 氧化成 O₂ 提供電子，而由 NADP⁺ 接受產生 NADPH。

4. 無論氧化或光合磷酸化皆有三種相同機制：

(1) 電子通過 membrane-bound carriers (電子載體蛋白) chain。

(2) 電子進入電子傳遞鏈流動的能量均會將 H⁺ 由內膜轉移至膜間腔產生濃度梯度、電位差。

(3) 電位差、濃度差會提供能量使 ATP synthase 合成 ATP。

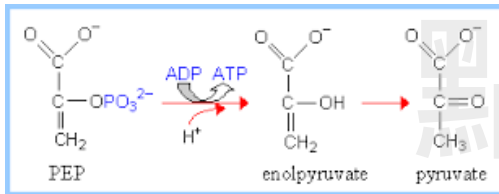
【擬答】

- (一)生物體 ATP 的來源：主要為大分子物質的分解（異化作用）時伴隨氧化作用的(氫)電子產生，或是水解帶有磷酸根的高能物質（通常為異化代謝中的中間產物）而得。
- (二)生物體產生 ATP 的方式主要有三種，人體主要為前兩種：

1.受質階層磷酸化。

藉由高能化合物（通常含有磷酸根）水解後的不同共振結構，產生相對安定的產物，同時放出自由能及磷酸根給 ADP，產生 $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$ 作用，此 ATP 生成方式稱為受質階層磷酸化。

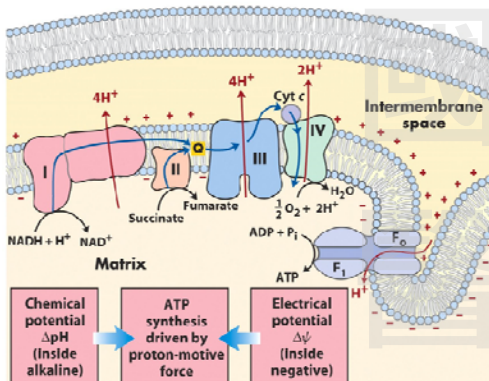
例子：糖解作用的 PEP 水解後產生 pyruvate (其具有兩種構型 enol form 和 keto form)，產 ATP。



2.氧化磷酸化。

此作用主要發生在粒線體的電子傳遞鏈，經由一連串的電子受體傳送電子，在傳送電子的過程中將質子 (H^+) 利用質子幫浦累積質子濃度（從粒線體內膜內運送至粒線體膜間腔）同時累積化學梯度及電位梯度，最後質子會經過 ATP 生成酶卸除此一梯度並產生 ATP。

例子：粒線體電子傳遞鏈中的 complex I $\rightarrow$ complex IV，最後透過 ATP synthase 產生 ATP。



【版權所有，翻印必究】

四、磷脂質與三酸甘油酯，在化學結構與性質上有什麼異同點？此種不同導致其在生物體內的功能有何不同？（12分）

考點命中

相似度 90%

1)詳見生化講義(一)回 56 頁。

第三節、三酸甘油酯

◎ 三酸甘油酯 (triglyceride) 又稱三酯基甘油 (triacylglycerol)，是生物體內或食物中最常見的油脂儲存形式 (storage fat)，也是甘油酯的形式之一。

◎ 主要結構為一分子的甘油和三分子的脂肪酸結合而成，R 基團可能都相同也可能都不相同。

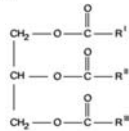


圖 3-2 三酸甘油酯的結構

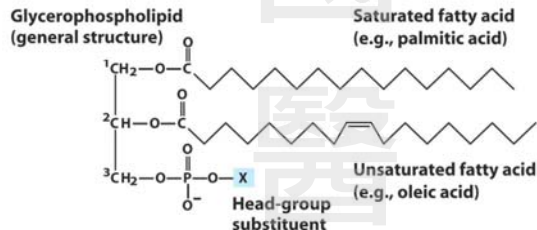
1. R1 和 R2 基團通常會接上兩個長鏈脂肪酸，其容易被酵素截切下來，產生游離態的脂肪酸供細胞利用產生 ATP。
2. R2 基團通常會接上不飽和脂肪酸，因為其構型空間最大。
3. R3 若接上磷酸根，則為一種磷脂質，可以穩定細胞膜結構。
4. 若三個基團都為一樣的脂肪酸，則可稱為 simple triacylglycerol。

2)詳見生化講義(一)回 57 頁

第四節、磷脂質

◎ 為甘油酯的其中一種衍生物，第三個碳的基團為磷酸根，其上亦有可能結其他基團 (X group)，可以決定磷脂特性。

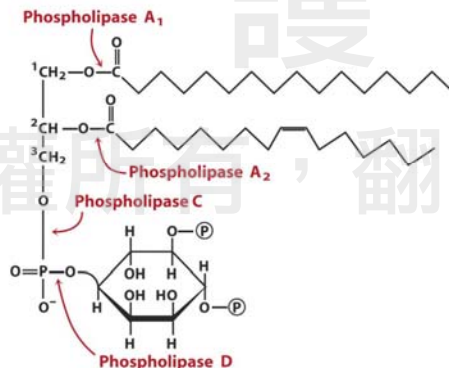
◎ 結構為以甘油為骨架，和兩分子脂肪酸結合而成。



(Lehninger Principle of Biochemistry 5th edition, 2008)

3)詳見生化講義(一)回 60-61 頁

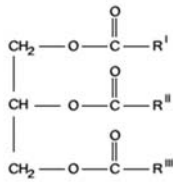
第六節、磷脂質的代謝



~下方略~

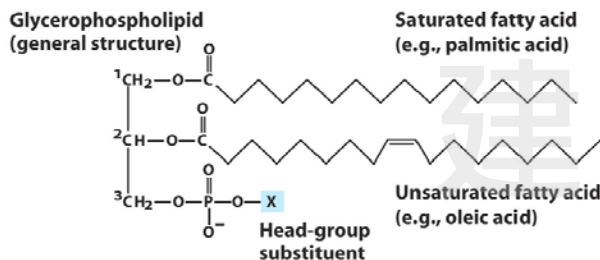
【擬答】

(一)三酸甘油酯主要結構為一分子甘油和三分子的脂肪酸結合而成，R 基團可相同也可能不相同。



R1 和 R2 基團通常會接上兩個長鏈脂肪酸，其容易被酵素截切下來，產生游離態的脂肪酸供細胞利用產生 ATP。R2 基團通常會接上不飽和脂肪酸，因為其構型空間最大。R3 若接上磷酸根，則為一種磷脂質，可以穩定細胞膜結構。

(二)磷脂質為甘油酯的其中一種衍生物，結構為以甘油為骨架，和兩分子脂肪酸結合而成。第三個碳的基團為磷酸根，其上亦有可能結其他基團 (X group)，可以決定磷脂特性



(三)故三酸甘油酯和磷脂質最大的差異及在於是否有磷酸基及其衍生物的取代，三酸甘油酯無磷酸基團其在體內的用途主要為儲存能量，作為細胞中低密度、低重量的能量來源，並在適當的時機分解提供體內異化代謝所需。磷脂質又依造其不同的磷酸基團取代基具有多樣化的角色，如心臟磷脂質、血小板活化因子等與調控發炎、氣管收縮有關；phosphatidylserine 平時存在磷脂雙層的內側，當細胞受到刺激或老化時會外翻，與細胞凋亡的發生有關。其中最重要的例子為 phosphatidylinositol，其與細胞內訊息傳遞如鈣離子、protein kinase C 的活化有關。

【版權所有，翻印必究】