中六生物練習卷：人體生理、免疫與生物工程

中六（S6）　生物　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：人體生理與恆定（第 1 – 4 題）

全部題目均須作答；計算題須列出算式、代入步驟及單位。

1. 一名學生在靜止狀態下量得心跳為 75 次／分，每次心室搏出量為 70 mL。 (a) 計算該學生的心輸出量，並以 L/min 表示。 (b) 運動時心跳升至 150 次／分，搏出量增至 110 mL，求此時心輸出量是靜止時的多少倍。 (c) 解釋心輸出量上升對骨骼肌的生理意義。

答案：(a) 心輸出量 = 搏出量 × 心跳 = 70 mL × 75 = 5250 mL/min = 5.25 L/min。 (b) 運動時心輸出量 = 110 × 150 = 16 500 mL/min = 16.5 L/min；倍數 = 16.5 ÷ 5.25 = 3.14 倍。 (c) 每分鐘有更多含氧血液送達骨骼肌，加快氧氣與葡萄糖供應，同時加速帶走二氧化碳及乳酸，支持較高速率的呼吸作用產生 ATP。 評分要點：公式與單位（3 分）、倍數計算（3 分）、生理意義（3 分）。

2. 一名學生的潮氣量為 500 mL，呼吸頻率為每分鐘 14 次，解剖死腔約 150 mL。 (a) 計算他的肺通氣量（L/min）。 (b) 計算他的肺泡通氣量（L/min）。 (c) 解釋為何深而慢的呼吸比淺而快的呼吸有更好的肺泡通氣。

答案：(a) 肺通氣量 = 潮氣量 × 呼吸頻率 = 500 × 14 = 7000 mL/min = 7.0 L/min。 (b) 肺泡通氣量 = (500 − 150) × 14 = 4900 mL/min = 4.9 L/min。 (c) 每次呼吸都有 150 mL 停留在死腔；深呼吸引入的新鮮空氣較多，每一口氣到達肺泡的比例較高，故氣體交換效率較佳。 評分要點：肺通氣量（3 分）、肺泡通氣量（3 分）、解釋（2 分）。

3. 兩個立方體模型 A 及 B 的邊長分別為 2 cm 及 1 cm。 (a) 分別計算 A 及 B 的表面積對體積比（cm^{-1}）。 (b) 說明邊長減半時，表面積對體積比變為原來的多少倍。 (c) 由此解釋為何大型多細胞生物必須具備循環系統及氣體交換系統。

答案：(a) A：表面積 = 6 × 2 × 2 = 24 cm^2，體積 = 2^3 = 8 cm^3，比 = 3.0 cm^{-1}；B：表面積 = 6 cm^2，體積 = 1 cm^3，比 = 6.0 cm^{-1}。 (b) 比由 3.0 升至 6.0，變為原來的 2.0 倍。 (c) 體積隨邊長的三次方增長，表面積只按二次方增長，內部細胞與表面距離太遠，單靠擴散不足以供應氧氣及排走廢物，故須以循環系統運送物質，並以氣體交換系統增加擴散表面。 評分要點：A 及 B 的計算（4 分）、倍數（2 分）、擴散限制的解釋（3 分）。

4. 某成年人的腎小球濾過率為 125 mL/min。 (a) 計算每日產生的濾液總量（以 L 表示）。 (b) 若每日排出尿液 1.5 L，求被重吸收的水所佔的百分比。 (c) 解釋重吸收作用對體內水分恆定的重要性。

答案：(a) 125 mL/min × 60 × 24 = 180 000 mL = 180 L。 (b) 重吸收量 = 180 − 1.5 = 178.5 L；百分比 = 178.5 ÷ 180 × 100% = 99.2%。 (c) 身體藉調節水的重吸收（受抗利尿激素控制）維持血漿水勢及血量穩定，避免脫水或水分過多。 評分要點：每日濾液量（3 分）、百分比（3 分）、恆定解釋（2 分）。

乙部：免疫與防禦（第 5 – 8 題）

提示：血紅素結合氧氣以每克 1.34 mL 計算；哈地－溫伯格平衡中 $p + q = 1$。

5. 某人的血紅素濃度為 15 g/dL，每克血紅素可結合 1.34 mL 氧氣，全身血量約 5 L。(a) 計算每 dL 血液可攜帶的氧氣量。(b) 計算全身血液的總攜氧量（以 mL 表示）。(c) 解釋一氧化碳中毒為何可在動脈血氧分壓正常時仍造成組織缺氧。

答案：(a) $15 \times 1.34 = 20.1$ mL/dL。(b) 5 L = 50 dL，總量 $= 20.1 \times 50 = 1005$ mL。(c) 一氧化碳與血紅素的親和力遠高於氧氣，佔據結合位點並使解離曲線左移，組織無法卸下氧氣，即使血漿氧分壓正常。評分要點：每 dL 攜氧量（3 分）、總量及單位換算（3 分）、競爭性結合（2 分）。

6. 病人初次感染後，血中抗體效價為 1:10；其後抗體濃度每 12 小時增加一倍，持續 4 日。(a) 計算 4 日後的抗體效價。(b) 說明漿細胞與記憶細胞在此過程中的分工。(c) 解釋同一病原體再次入侵時，抗體效價為何上升得更快更高。

答案：(a) 4 日 = 96 小時，倍增次數 $= 96 \div 12 = 8$；效價 $= 10 \times 2^8 = 10 \times 256 = 2560$，即 1:2560。(b) 漿細胞大量分泌抗體；記憶細胞不分泌抗體，但長期存活並負責識別同一抗原。(c) 記憶細胞在再次接觸抗原時迅速增生並分化為漿細胞，故二次反應潛伏期短、抗體濃度高、維持時間長。評分要點：倍增次數與效價（4 分）、細胞分工（2 分）、二次反應（2 分）。

7. 比較兩組疫苗數據：接種第一劑後 14 日，抗體效價為 1:320；接種第二劑後 3 日，效價已達 1:5120。(a) 計算第二劑後的效價是第一劑後 14 日的多少倍。(b) 解釋加強劑為何能在短時間內產生高水平抗體。(c) 說明用滅活病原體製造疫苗的一項好處及一項限制。

答案：(a) $5120 \div 320 = 16$ 倍。(b) 第一劑已建立記憶細胞庫；加強劑再次呈現抗原，記憶細胞迅速增生並分化為漿細胞，故 3 日內已達高水平。(c) 好處：病原體不能複製，安全性高，適合免疫力較弱者；限制：免疫原性較弱，通常需多次接種並加入佐劑。評分要點：倍數（3 分）、記憶細胞機制（3 分）、好處與限制（3 分）。

8. 某人每日總產熱量為 10 000 kJ，散熱途徑為：輻射 6 000 kJ、蒸發 2 200 kJ、傳導與對流 1 800 kJ。(a) 計算各途徑佔總散熱量的百分比。(b) 解釋劇烈運動時蒸發散熱所佔比例上升的原因。(c) 說明為何長時間高燒至 41 °C 會危及生命。

答案：(a) 總散熱 = 10000 kJ；輻射 60%、蒸發 22%、傳導與對流 18%，合共 100%。(b) 運動時產熱增加、體溫上升，汗腺分泌增加，汗液蒸發帶走大量潛熱，故蒸發所佔比例上升，體溫調節依賴這個轉移。(c) 過高體溫使酶變性、代謝反應失控，並增加脫水及中樞神經受損的風險。評分要點：三個百分比（4 分）、蒸發機制（2 分）、酶變性（2 分）。

丙部：生物工程與演化（第 9 – 12 題）

解釋題須用完整句子作答；百分比答案須註明單位。

9. 實驗室以聚合酶鏈式反應（PCR）擴增一段 DNA，起始只有 1 個雙鏈 DNA 分子，共進行 30 個循環。 (a) 計算最終的 DNA 分子數目。 (b) 解釋為何使用耐熱的 Taq 聚合酶，而不用人體 DNA 聚合酶。 (c) 說明引子的作用。

答案：(a) 每個循環倍增，分子數目 = 2^30 = 1,073,741,824 個。 (b) 變性步驟需加熱至約 95 °C 使雙鏈分開；Taq 聚合酶來自嗜熱細菌，在此溫度下不變性，可重複使用；人體聚合酶會變性失效。 (c) 引子與模板兩端互補結合，提供游離的 3′ 端讓聚合酶開始合成，並界定擴增片段的起點與終點。 評分要點：2 的 30 次方計算（4 分）、耐熱性解釋（3 分）、引子功能（2 分）。

10. 一個質體含 4 800 個鹼基對，插入一段 1 200 個鹼基對的外源基因後形成重組質體。 (a) 計算重組質體的鹼基對數目。 (b) 計算重組質體相對原質體增大的百分比。 (c) 解釋為何切割質體與外源基因須使用同一種限制酶。

答案：(a) 4 800 + 1 200 = 6000 個鹼基對。 (b) 增加百分比 = 1 200 ÷ 4 800 × 100% = 25.0%。 (c) 同一種限制酶產生相同的黏性末端，兩段 DNA 才能以互補鹼基配對，再由 DNA 連接酶接合；用不同酶會產生不相容的末端。 評分要點：總長度（3 分）、百分比（3 分）、黏性末端（2 分）。

11. 重組質體經限制酶切割後產生三個片段：6 000 bp、2 000 bp 及 500 bp，以 1% 瓊脂糖凝膠電泳分離（100 V、30 分鐘）。 (a) 指出哪一片段移動得最遠，並解釋原因。 (b) 計算最長與最短片段長度之比。 (c) 說明如何利用電泳結果確認重組質體已成功建構。

答案：(a) 500 bp 片段移動最遠；凝膠形成網狀孔隙，片段越短越易穿過，故在凝膠電泳中移動距離越大。 (b) 6 000 ÷ 500 = 12 倍。 (c) 成功的重組質體應出現預期的三條條帶（6 000、2 000、500 bp）；若見 4 800 bp 條帶表示未插入，其他組合則表示插入位置或方向不符，須與 DNA 標記比對大小判讀。 評分要點：最短片段及原因（3 分）、比率（3 分）、判讀邏輯（3 分）。

12. 某族群有 1 000 隻個體，基因型數目為：AA 490、Aa 420、aa 90。 (a) 計算等位基因 A 及 a 的頻率。 (b) 以哈地－溫伯格平衡計算各基因型的期望數目，並與觀察值比較。 (c) 若所有 aa 個體在繁殖前死亡，預測下一代 a 的頻率會如何改變。

答案：(a) A 的頻率 = (490 × 2 + 420) ÷ (1 000 × 2) = 1 400 ÷ 2 000 = 0.70；a 的頻率 = 1 − 0.70 = 0.30。 (b) 期望 AA = $0.70^2 \times 1\,000 = 490$；Aa = 2 × 0.70 × 0.30 × 1 000 = 420；aa = $0.30^2 \times 1\,000 = 90$；與觀察值完全一致，等位基因頻率處於平衡。 (c) 淘汰 aa 個體會移除 a 等位基因，下一代 a 的頻率下降，A 的頻率上升。 評分要點：頻率計算（3 分）、期望值與比較（4 分）、方向預測（2 分）。

TutorZone 中六（S6）生物練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。