體育
(香港中學文憑)

第五部分：運動與訓練的生理學基礎

香港特別行政區政府 教育局
課程發展處 體育組

2022

(於 2022 年 9 月更新)

目錄	頁數
學習目標	2
詞彙	3
基要概念和理論	
甲、影響運動表現的因素	6
乙、訓練概念與原理	10
丙、訓練法	21
丁、 訓練和停止訓練後的效應	23
探究活動舉隅	25
教師參考材料	27
學生參考材料	29
相關網址	30

學習目標

本部分旨在幫助學生認識運動表現與訓練的關係，讓學生了解運動訓練的基本原理和效果；亦是身體鍛鍊和技能學習的重要基礎，對學生實踐活躍及健康的生活模式 (第十部分)，提供了具體的原則。

預期學習成果：學生將能夠

1. 舉例說明影響運動表現的各種生理因素；
2. 闡述訓練的基本原理和應注意事項；
3. 比較阻力訓練、循環訓練、持續訓練與間歇訓練的原理及應用，並對比它們的異同；以及
4. 分析運動訓練計劃的優劣，然後提出改善建議，以提高其訓練效果。

詞彙

	用語	解釋
1.	血容量 Blood volume	在身體循環流動的血量，包含血細胞和血漿（普通體型人士的體內血容量大約是 5 升）。
2.	心輸出量 Cardiac output	心臟在一分鐘所泵出的總血量，以升 / 分鐘 為單位。 心輸出量 (Q) 等於心率 (HR)及每搏輸出量 (SV)的積，即 Q = SV × HR。一般普通人和運動員在靜息時平均心輸出量均為 5 - 6 升；但訓練有素的運動員在運動時的平均心輸出量可以超過 30 升，而過著靜態生活的大學生在運動時的平均心輸出量只可達至 20 – 22 升。
3.	心血管適能 Cardiovascular fitness	持續運動時心臟和血管向組織輸送營養及氧的能力。
4.	肌酸 Creatine	一種肌肉組織內的蛋白質，是肌肉內的能量轉換過程不可或缺的。
5.	快縮肌纖維 Fast-twitch muscle fibre	是一種肌纖維類型，其張力可以迅速達至峰值。它具有較高的無氧代謝能力，但易疲勞。快縮肌纖維的運動單位比慢縮肌纖維運動單位能產生更大的力量。
6.	糖原 / 肝醣 Glycogen	以碳水化合物形式儲存在身體的骨骼肌及肝臟內。高分子糖原是由大量的葡萄糖分子串組而成。長時間大強度運動引起糖原耗竭 (一般超過兩小時)，會引至疲勞。
7.	血紅蛋白 / 血紅素 Haemoglobin	紅血球中攜帶氧的物質。
8.	遺傳因素 Hereditary factor	遺傳的特質透過基因代代相傳。

詞彙

	用語	解釋
9.	肌肉增大 / 肌肥大 Muscle hypertrophy	由於肌纖維增厚引致器官或身體局部的過分生長和體積增大。
10.	千卡 Kilocalorie	是能量的單位，用於表示食物中能釋放的能量或身體消耗的能量。 1 千卡（kcal) 的熱量可以使 1 千克水的溫度升高攝氏 1 度。
11.	乳酸閾 Lactate threshold	當運動強度達到某一負荷時，大約是最大攝氧量的 50%－80%，肌肉產生的乳酸量，超過肝臟所能清除乳酸的能力，血乳酸濃度急劇上升的起點，稱為乳酸閾。乳酸閾水平提高意味著耐力運動表現得到提升。
12.	乳酸 Lactic acid	是激烈運動時肌糖和肝糖的代謝廢物，大量的乳酸積聚可引起短期的肌肉疼痛。
13.	線粒體 / 粒線體 Mitochondrion	線粒體的主要功能是釋放能量及調節能量。
14.	肌纖維 / 肌肉纖維 Muscle fibre	人體或動物體內一條或一束纖維組織，具有收縮、產生運動或固定人體各部分位置的功能。
15.	肌紅蛋白 / 肌紅素 Myoglobin	負責在肌肉內運送氧的物質。它的功能與血紅蛋白相近，亦是肌肉儲備蛋白質的地方。
16.	神經脈衝傳導 / 神經衝動傳導 Nerve impulse conduction	是一種沿神經元傳導的電生理訊號。透過這種傳導方式，訊息可以從神經系統中，由一個神經元傳送到另外一個神經元，或從一個神經元傳導到效應器官（例如一群肌纖維）。在神經元中傳遞神經脈衝是遵循「全或無」定律。

詞彙

	用語	解釋
17.	超負荷 Overload	在安排訓練時，運動強度或運動時間安排比前次訓練的負荷較大時，便稱為超負荷。
18.	增強式訓練 Plyometric training	是利用肌肉快速伸張和收縮的原理來增強肌肉的力量訓練，可以提高運動員的基本運動能力，以及速度和爆發力。
19.	阻力訓練 Resistance training	這種訓練的目標是發展爆發力和力量。阻力訓練可以用靜態運動（等長訓練）、動態運動（等張訓練或等速訓練），或兩者並用。動態運動包括重量訓練（借助啞鈴或健身器械，例如各種阻力訓練裝置或等速肌力訓練儀器)、強動或超等長訓練(plyometrics)及其它形式的訓練，並可利用超負荷原理進行。
20.	慢縮肌纖維 Slow-twitch muscle fibre	是一種肌纖維類型。其特質是收縮時間相對較慢、糖酵解或無氧代謝率低、氧化能力或有氧能力高。肌纖維適宜於低爆發力、長時間的運動項目。慢縮肌纖維的線粒體密度大，肌紅蛋白含量高，血液供應充足。
21.	每搏輸出量 / 心搏量 Stroke volume	每次心跳從左心室泵出的血量，是舒張末期血量與收縮末期血量的差別。一般而言，一個普通成年男子靜息時每搏輸出量是 75 毫升，而訓練有素的運動員靜息時可達至 105 毫升。
22.	亞極量負荷 / 次最大負荷 Sub-maximal workload	又稱為「次等強度負荷」，指以稍低於極量負荷進行體力活動。亞極量負荷測量常用來估計個人可承受的極量負荷。
23.	減量 Tapering	循序漸進地減少體積或數量。在體育範疇來說，減量是指減少訓練負荷，以便在即將來臨的賽事中達至最佳運動表現。
24.	運動休息比 Work to Rest ratio	運動和休息時間以分數或比例形式顯示，如訓練計劃中 3 分鐘工作與 2 分鐘休息時間，則以 3/2 或 3:2 為表示。

基要概念和理論

甲、影響運動表現的因素

i) 心肺適能

心肺適能是指持續運動時呼吸和心血管系統向組織細胞輸送氧的能力。所以，心肺適能是有氧運動的一項重要指標，例如長跑運動員普遍有很高的心肺適能。

ii) 肌肉適能

肌肉是產生動作的主要器官，所以肌肉適能與運動表現息息相關，而肌肉適能主要包括肌力和肌耐力。肌力是指一條或一組肌肉在單一次最大強度收縮時所能完成的工作量，例如田賽中擲類項目所需的肌力。肌耐力是指一條或一組肌肉進行長時期亞極量負荷的工作能力，例如在長跑比賽中，腿部肌肉所維持的肌力便是肌耐力。所以，不同類型運動的表現，都受運動員的肌肉適能高低所影響。

iii) 柔韌性

柔韌性是指運動時一個或一組關節的活動範圍。良好的柔韌性可以減少受傷機會、避免運動時拉傷或扭傷肌肉及協助運動員發揮技術，例如體操運動員需要較高的柔韌性，以表現最佳及穩定的動作。

iv) 年齡

年齡對運動成績有很大影響。老化會減低身體的帶氧能力，故老年人比青年人對運動訓練的適應和恢復能力都較弱。由 25 歲至 75 歲期間，個人的最大攝氧量(VO_{2max})逐漸下降；最高心率亦大約每年遞減一次。因此，可以用下列公式估計最高心率：最高心率 ＝220 –年齡，例如一名 25 歲運動員的最高心率大約是每分鐘 195 次，而一名 60 歲男士則約為每分鐘 160 次。同時，根據不同的研究亦有其他的公式可以用作估計最高心率。一般而言，最高心率下降會引致每分鐘心臟輸出量減少，所以年齡越大，有氧運動能力亦會越低。

由幼兒期開始，關節的柔韌性會隨年齡逐漸下降，減低了肢體的可活動範圍。在 20 至 30 歲期間，肌肉力量會達到顛峰，隨後肌力會開始下降。其中一個原因是隨著年齡增長，身體所合成的蛋白質減少，肌肉的體積也逐漸縮少，減弱了它的工作能力。

對參與不同項目的運動員來說，他們的顛峰表現在不同的生長期出現，例如女子體操選手通常在青少年期，田徑擲項運動員大都在較成熟的成年期，而馬拉松選手在三十多歲時仍然有上佳的表現。

v) **性別**

兩性間的生理差異與運動成績有直接的關係，以女性為例，她們有較佳的柔韌性，但也礙於生理特徵的限制，影響她們的運動表現 (*見表 5.1*)。

生理因素	女性特徵	運動表現
身體結構	盤骨較寬及高翹，重心較低	減低了跳躍的能力
身體脂肪	較多	減低了運動表現
骨質密度	較低	爆發力較弱
肌肉體積	較小	
心臟體積	較小	最大攝氧量能力較低
血紅蛋白含量	較少	
關節活動範圍	較佳	柔韌性強，較適合靈巧性的運動

表 5.1 女性生理特徵和運動表現的關係

vi) **遺傳**

人體基因持有遺傳的信息，運動成績主要是受遺傳和環境因素影響。未經訓練的個人基本運動能力是由遺傳因素決定，而快肌纖維及慢肌纖維數量的多寡，也是主要由遺傳所決定，但同時也會因訓練效果而改變。雖然我們的遺傳因素是不能改變，但可透過有系統的體育鍛鍊來改進生理質素，例如積極進行有氧運動訓練，是有助提高慢肌纖維的有氧代謝能力。

vii) **身體類型**

一般人的體型大致可分為肥胖型、肌肉型和瘦長型，這三種體型皆受遺傳所影響。個人體型對參與特定運動會有幫助，例如在耐力運動中，因能量消耗與體重成正

比，過多的脂肪和肌肉均會影響表現。所以，一般參與耐力運動的選手，體重通常會較輕，屬瘦長型。

身體成分是指身體脂肪與非脂肪組織 (身體淨體重) 的比例，而身體淨體重是指體重減去淨脂肪的重量。能量消耗與體重成正比，身體的成分與體能活動有密切的關係。當能量攝取多於消耗時，體重便會增加；而當能量攝取少於消耗時，體重便會下降。過剩的脂肪會令體重增加，不利活動表現。恆常運動有助消除身體過剩脂肪。

viii) 藥物

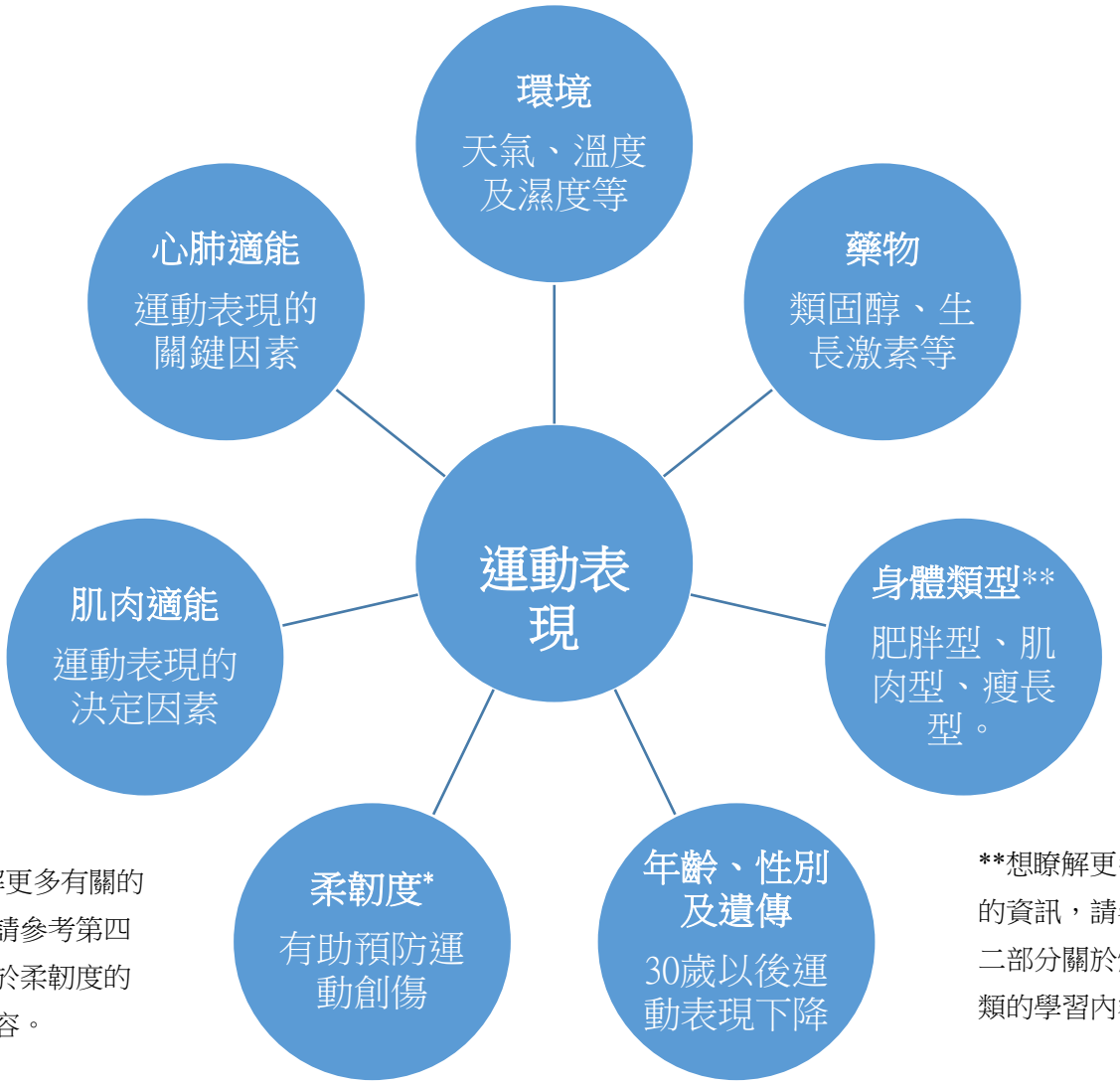
雖然不同類型的藥物對運動表現可能有所提升，但是藥物對運動員身體也造成更多不良的影響；而利用藥物致勝亦違反了體育精神。所以，國際奧林匹克委員會立例禁止運動員非法使用藥物。

禁藥類型	提升運動表現的潛在作用	潛在副作用
合成代謝劑 例如：同化類固醇	促進蛋白質合成、刺激肌肉及骨骼生長。	增加患上心血管病、肝病和高血壓的風險。 對心理或行為上的不良影響包括：情緒不穩、作出攻擊性行為、躁狂、抑鬱及藥物依賴。
刺激劑 (又稱興奮劑) 例如： 安非他命、可卡因	增加警覺性、減低倦意和加強運動員的競爭意欲及侵略性。	引致脫水、焦慮、失眠及心跳加速，影響協調及平衡力。 長期服用會增加患上心血管病及中風的風險。
紅血球生成素 (EPO)	刺激骨髓產生更多紅血球，從而增加血液的帶氧量，可以增加服用者的耐力及縮短受傷後的康復時間。	導致血液變稠，從而令血壓上升，亦會增加患上心臟病、中風及肺栓塞的風險。
麻醉劑	增加對痛苦的忍耐以致失去察覺受傷的能力。	削弱免疫系統、心率下降及抑制呼吸系統。 失去平衡、協調及集中力。 容易上癮，導致嚴重的生理及心理依賴。

表 5.2 禁藥的例子

ix) **環境**

不同的環境會令人產生不同的生理反應，如在高原環境中，因氧氣含量較稀薄，人體攝取氧的能力便會降低，形成高原缺氧情況；但如在這環境生活一段時間，便會刺激身體作出反應，增加紅血球數目和血紅蛋白，提升人體的帶氧能力。所以，有一些運動員在參與大型比賽前，會進行「高原訓練」，以提升他們在競賽中的表現。



*想瞭解更多有關的資訊，請參考第四部分關於柔韌度的學習內容。

**想瞭解更多有關的資訊，請參考第二部分關於體型分類的學習內容。

圖 5.1 影響運動表現的主要因素

乙、訓練概念與原理

i) 有氧運動和無氧運動的訓練

- 有氧(帶氧)訓練

– 「有氧運動」是指長時間進行亞極量負荷的活動，例如游泳、長跑、踏單車等。進行這類活動時，運動員主要透過糖、脂肪和蛋白質的氧化提供能量；肌肉得到充分的氧供應，合成了大量的三磷酸腺苷(ATP)，同時亦產生少量乳酸。

– 增強運動員的「攝氧能力」，能有效提升「有氧運動」的表現。決定「攝氧能力」的因素包括肺的潮氣量、血液的載氧能力、心臟的泵血能力和骨骼肌的代謝能力。我們通常以「最大攝氧量」(VO_{2max})作為攝氧能力的指標；VO_{2max} 數值愈高，顯示心肺適能愈好。非運動員的 VO_{2max} 是 30-40 ml / kg / min (毫升/千克/分鐘)；而運動員會高一點，一般是 50-60 ml / kg / min；馬拉松等耐力性項目的精英運動員的 VO_{2max} 可高於 70 ml / kg / min。

– 要改善攝氧能力，訓練的「目標心率」應為最大心率的 60 – 85%，訓練的時間不少於 30 分鐘。

- 無氧訓練

– 「無氧運動」是在指短時間內進行的極量負荷活動。如運動時間長於 30 秒，身體便產生大量乳酸，迅速出現疲勞，令活動不能持續，例如進行 800 米跑，主要是依靠糖的無氧酵解提供能量。如運動時間少於 10 秒，身體會以 ATP – PC 能量系統提供能量，這樣就不會產生大量乳酸。

– 增強運動員的「無氧能力」能有效提升「無氧運動」的表現。決定「無氧能力」的因素，包括肌肉組織無氧糖酵解的能力，以及身體抵受及緩衝乳酸的能力。

– 要改善 ATP – PC 系統，運動的時間要短，而休息時間要較長 (運動休息比約為 1:3 或以上)。同時，運動的強度要大。

– 要改善無氧糖酵解系統，運動的時間可較長 (約 1–2 分鐘)，運動的強度要大，而休息時間約為運動時間的兩倍 (運動休息比約為 1:2)，以讓肌肉慣於在運動時抵受較高濃度的乳酸。

– 當運動強度達到某一負荷時，大約是最大攝氧量的 50%－80%，肌肉產生的乳酸量，超過肝臟所能清除乳酸的能力，血乳酸濃度急劇上升的起點，稱為乳酸閾。乳酸閾水平提高意味著耐力運動表現得到提升(見圖 5.2)。

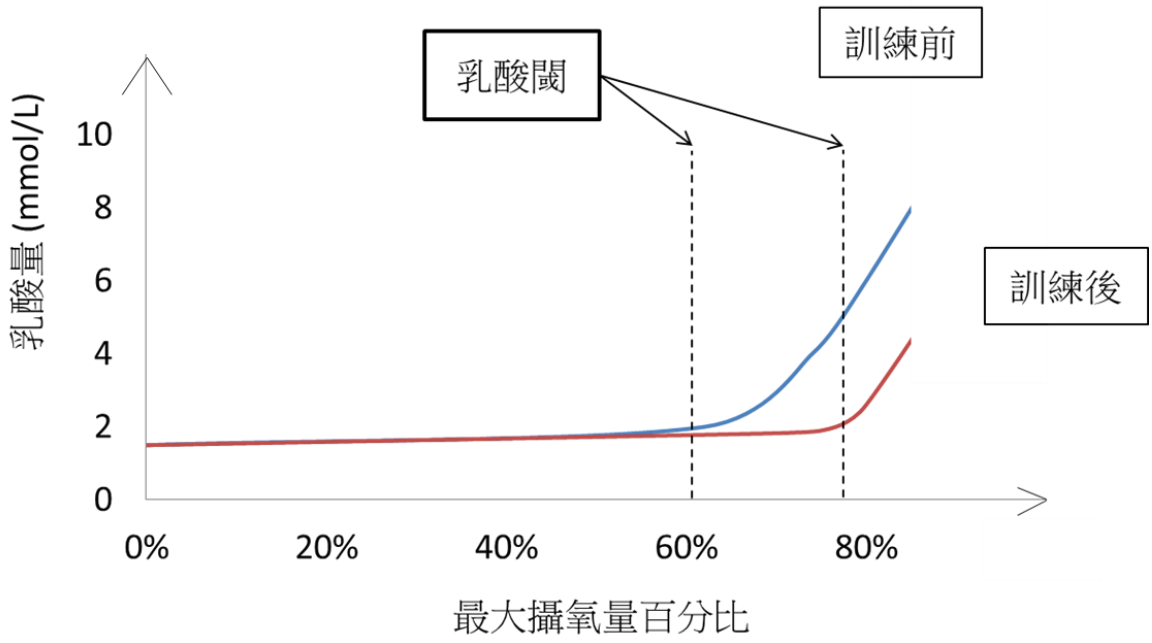


圖 5.2 經過訓練後乳酸閾轉變的例子

ii) **訓練的原則**

- **專項性原則** – 訓練必須對運動具針對性。專門的無氧訓練，如短跑訓練，有助提高身體的無氧適應性；而耐力訓練，如長跑訓練，則有助提高有氧適應性。實際上，運用專項性原則進行訓練時，還要考慮所涉及的肌肉群、肌纖維類型、動作反應、環境狀況、持續的時間等。運動員應先識別在各種特定運動項目中包含的體適能成分，其次是參與活動的主要肌肉和關節。在訓練中，應設法鍛鍊這些肌肉和關節，以便在比賽中可以有效

發揮其功能。在任何訓練計劃中，可以控制的特定變量都必須認真考慮，以使訓練更具針對性，從而獲得最大的裨益。總括而言，透過專項性的訓練，有助產生特定的適應能力，以達至特定的訓練效果。

- **超負荷和漸進性原則 -** 為提升運動表現和身體的適應性，運動員須經歷某程度的訓練壓力和不適。透過循序漸進的負荷訓練，身體會逐漸適應，並有較佳的表現。當身體適應了某個訓練負荷強度，便應提高強度，讓身體機能進一步提升和產生較佳的適應性。負荷訓練量須循序漸進，適時監測身體對負荷的適應性，忌操之過急。

- **倒退性原則 -** 當訓練強度下降或停止訓練時，先前訓練的效果會隨之而逐漸慢慢消退。事實證明，持續一段時間減少活動量，心肺適能和力量會顯著下降。有研究指出，停止訓練七星期後，心臟的每搏輸出量及心輸出量下降可達 30%， 而最大攝氧量會下跌 27% 。因此，運動員須透過持續訓練，才可將運動表現長時間維持在高水平。

- **個別差異性原則 -** 教練須明瞭不同的運動員對訓練的會產生不同的反應。個別差異的原因很多，包括體適能水平、創傷、飲食習慣、生活方式、遺傳因素等。因此，教練不應堅持讓同隊的所有運動員，採用相同的訓練方式或接受同樣的訓練強度。例如某學生運動員在傷癒後剛恢復訓練，而另一學生則剛代表香港參賽後歸隊，即使他們在一起訓練，但因各人的體適能狀況不同，理應採用不同強度的訓練計劃。

- **多元化原則** – 應採用不同形式的訓練方式，以免參加者感到乏味及沉悶，而亦可達至同樣的預期效果。訓練多元化原則有助於激發和保持運動員的興趣，並維持他們積極的心理反應，例如安排學校的越野賽隊員每月進行一次游泳訓練，既可訓練運動員的心肺功能，亦有助增加趣味性。

iii) **設計和進行訓練時的主要考慮因素**

設計一個訓練計劃時，通常以「FITT」— **頻次 (Frequency)**、**強度(Intensity)**、**時間 (Time)** 和**類別 (Type)** 四個方面考慮。

- **頻次 (Frequency) -** 運動頻次取決於訓練的目的和成分。精英運動員最好每周進行 5 至 6 次訓練和不超過 3 次的力量或速度訓練。對於消閒活動參加者來說，每周進行 3 次，各 30 分鐘的運動，是對健康有裨益的。不論運動頻次的高低，做運動一定比不做運動好。

  雖然較密的訓練頻次可帶來較大的效益，但一天內進行多次訓練，並不一定比一天只進行一次訓練更有效。如果每週能進行三次耐力訓練及力量訓練，訓練效果會更為顯著。

- **強度 (Intensity) -** 運動強度取決於訓練的類別，評估運動強度的標準可採用不同的方法：

– 訓練強度範圍：進行訓練時以目標心率為運動強度的指標。若運動員想燒脂，訓練的強度應在個人最大心率的 60 – 65%以內；若想提升心血管功能，訓練的強度應在個人最大心率的 60 – 85%以內。除了利用最高心率方法外，我們還可利用「心率儲備方法」設定目標心率 (*見表 5.3*)。

最高心率方法	心率儲備方法
目標心率 = 訓練負荷(百分比) × 最高心率(HR_{max})	目標心率 = [訓練負荷(百分比) × 最高心率儲備(HRR)]+靜息心率(HR_{rest})
最高心率(HR_{max}) : (220 − 年齡)　　靜息心率(HR_{rest}) 心率儲備(HRR) : [最高心率(HR_{max}) − 靜息心率(HR_{rest}))	
例一：運動員的年齡是 20 歲，以最高心率方法，計算 70%最大負荷量。 目標心率 = 70% × 最高心率(HR_{max}) = 70% × (220−20) = 140　(註：訓練時，運動員的心率應達每分鐘 140 次)	
例二：運動員的年齡是 20 歲，靜息心率是 65，以心率儲備方法，計算 70%最大負荷量。 目標心率 = 70% ×心率儲備(HRR) + 靜息心率(HR_{rest}) = [70% × (220−20−65)] + 65 = 160　(註：訓練時，運動員的心率應達每分鐘 160 次)	

表 5.3 展示兩種常用的目標心率設定方法

- 最大攝氧量的百分比（VO_{2max}%）- 精英運動員常用最大攝氧量的百分比來制定訓練計劃。計算 VO_{2max} 後，再根據 VO_{2max} 不同百分比的強度計算運動負荷量。精英運動員的運動強度通常不低於 70%最大攝氧量。
- 呼吸交換率(RER) - 呼吸交換率用於分辨釋放能量所需的能源物質。以每分鐘二氧化碳(CO_2)呼出量除以氧氣(O_2)吸入量，可得出呼吸交換率。當數值是 0.7，說明以脂肪為主要能量物質；當數值是 0.85，說明以脂肪和碳水化合物為能量物質；當數值是 1.0 或以上，說明以碳水化合物作為主要能源物質。運動強度越高，碳水化合物作為主要能源物質的機會越大。

- **時間 (Time)** – 為了改善心肺功能，有氧運動需要持續最少 30 分鐘以上。運動的持續時間很大程度受運動強度的影響。

- **類別 (Type)** – 訓練的類別與訓練的專項性原則有關。對於康樂活動，有必要加入樂趣的元素，因它有助於提升參與者參與訓練的次數。不同的運動項目有不同的訓練模式，例如馬拉松賽跑和體操就有不同的訓練模式；不同的訓練目的應選擇相應的模式來進行訓練，例如改進心肺功能的練習，應異於增強肌力的練習。

iv) 訓練計劃的策劃

當運動員進行訓練前，必須訂立可行的目標。此外，為消閒活動參加者設計的訓練計劃，則必須顧及他們的個人取向和提供有趣的活動讓他們選擇，才可令他們持續參與。除此以外，我們也應考慮以下的重要因素：

- **飲食** – 身體運動需要燃料能源。運動前攝取充足的能源是訓練的重要條件。無論是訓練時還是訓練後，必須補充適量的食物及飲料。
- **衣著** – 因應環境狀況、訓練時間、訓練強度或其他情況，所選擇的衣著對於運動表現有直接的影響。舒適度及透熱性是重要考慮的因素。在香港，由於夏季的天氣炎熱、潮濕，運動時要穿著輕便和通爽的衣服，以免妨礙散熱和流汗。
- **預留時間** – 要從訓練計劃中獲取最大的裨益，個人須承諾預留充足的訓練時間。
- **選擇地點** – 選擇訓練場所亦是相當重要的，要盡可能講求便利及合適。甄選適切的訓練場所可以減少個人在訓練計劃執行期間中途退出的機會。
- **安全** – 訓練開始時要有足夠的熱身活動，訓練後亦應進行整理活動。熱身應包括伸展活動，尤其是要伸展在訓練時應用到的肢體、關節及肌肉。所有訓練計劃應配合個人的需要，並於訓練期間編排休息時間。

v) 為不同受訓者設計的訓練計劃

無論是要參加高水平的比賽或一般體育活動，訓練的目的都是讓身體機能對運動產生適應能力。為配合個別差異和不同的生長階段，即使是相同的運動項目和比賽環境，個別運動員的訓練計劃亦應有所不同。

- 兒童的訓練計劃

兒童在十二歲前，已經具備能力學習很多基本技巧。因此，應該讓他們接觸多種活動。由於兒童的專注能力較低，訓練計劃應該多變，以符合他們在生理、心理和興趣上的需求。由於肌肉骨骼系統尚未成熟，青春期前不宜進行專項訓練。此外，訓練須重視安全、效益、滿足感等因素。

由於幼兒的四肢運動速度較慢，在編排訓練計劃時，可針對這個特性，以便改善。兒童生長快速，而嚴格的訓練會對他們的發育有不良的影響，所以在這段時期，不宜進行過量肌力和耐力的訓練，例如重量訓練及跳躍訓練。

在兒童與同伴參與的訓練中，必須留意夥伴的年齡和體形上的差異，避免體型懸殊。一般而言，不宜以比賽形式作為訓練兒童的方法。

在適當的指導下，青春期前進行阻力訓練是安全的，而且能增強肌力，但不應以極量負荷或接近極量負荷進行訓練，並要由老師或教練經常監察訓練的進度。

- 青春期的訓練計劃

在青春期進行訓練，能快速改進健康體適能。由於肌肉發育迅速，所以在這段期間進行重量訓練，最能增強肌力和肌耐力。但編排訓練時，應該用低負荷及多重複次數，以策安全。

青年人在 17 至 20 歲間，攝氧能力最好，因此在這段期間，可進行帶氧適能訓練。青少年的訓練除要顧及安全外，活動編排亦應以他們身體獲益及獲得滿足感為主要考慮因素。

- 成年人的訓練計劃

經常活動可以防止衰老，肌力及心肺功能等，都會隨年齡增長而衰退。因此，在編排訓練計劃時，應考慮年齡因素。

在進行耐力訓練時，應小心計算目標心跳率，作為運動強度的指標。相對而言，在一星期內參加多次輕度活動，較只參加一次運動強度較大的活動來得更

有效。

活動	帶氧適能 [1]	肌肉性適能 [2]	柔韌性、敏捷性及協調性	重量及脂肪控制 [3]
健體舞	優	良	優	良
羽毛球	優	良	優	優
籃球	優	優	優	優
舉重	劣	優	可	可
保齡球	劣	劣	劣	劣
騎單車	優	良	可	良
十八洞哥爾夫球	劣	劣	可	可
緩步跑	優	良	劣	優
國術	良	優	優	良
投球	優	良	良	良
氣功	可	可	可	可
韻律練習	良	良	優	良
足球	優	優	優	優
壁球	優	良	優	優
游泳	優	優	良	良
乒乓球	良	良	良	可
網球	良	良	良	良
排球	良	良	良	良
步行	良	可	劣	可

註：(1)帶氧適能：心、肺及血液循環的機能。
(2)肌肉適能：肌力、爆發力及耐力o
(3)如有需要，須與合適的飲食控制相配合。

表 5.4 不同的運動對促進體適能的果效

- **老年人的訓練計劃**

老年人的肌肉適能逐漸衰退，關節的活動能力亦會減弱。因此，訓練的強度要低，而輕度的阻力訓練最為適合。老年人的肌耐力較弱，因此，運動時間要短，休息時間要長，才可加速恢復。

老年人的訓練目標應以改善關節的活動能力為目標，使肌肉結實，增強肌力、柔韌性和增加血液循環。如果能以老年人最感到舒適的方法去進行訓練，則效

果更大。

老年人的訓練計劃應將不同動作串連，結合漸進和合理的活動順序。老年人的訓練計劃舉例如下:

1. **10 分鐘的熱身運動：**作用是提升體溫，使心跳及血液循環逐漸加快，紓鬆四肢及暖和肌肉關節，以應付訓練所需。

2. **15 分鐘肌力和柔韌性的練習：**活動四肢、軀幹的大肌群和大關節，如肩關節、背部、胸腹、大腿、足部、髖關節等。

3. **30 分鐘耐力活動：**為改進心肺功能以提升力量與效率，進行最少 30 分鐘的帶氧活動是有效的練習，例如先急步及輕快的步行、緩步跑等，最後將速度減慢至步行，使心跳慢慢降低。

4. **5 分鐘伸展活動：**進行伸展活動時，可把舒鬆已繃緊的肌群，並使心跳、體溫及呼吸在經過訓練後，逐漸回復正常。

5. **3 – 5 分鐘的整理活動：**目的是使身心得以放鬆，促進恢復。

- **運動員的訓練計劃**

設計訓練計劃時，應根據每項運動的特有需要而設計，而訓練強度應根據運動員的個別差異而訂定，例如耐力、肌力等。

現代的訓練理論是以一年作為一個訓練周期，並將一年分成幾個不同的階段，進行不同性質的活動。但由於近年比賽較以往頻密，季節性訓練的各個階段未如以往的訓練計劃般明顯，但是基本的通則仍可用作參考(見表 5.5 及 5.6)。將訓練分為不同階段的目的是：

1. 令運動員的表現得到最大幅的進步。(準備期、季節前期)
2. 在比賽季節時達到最高水平。(比賽期、競賽期)
3. 促進心理休息、鬆弛和進行生理調整，並保持一定的體適能水平。(過渡期、季節後期)

準備期	比賽期(初期)	比賽期(成熟期)	過渡期
肌肉適能訓練，以增強肌力、爆發力和肌耐力 (訓練期為八至十星期，每星期三次)。	肌肉適能和能量供應系統訓練，以提升專項的爆發力和速度 (根據賽期以決定訓練的頻次，每星期一至三次)。	速度訓練，以高速度、低阻力的練習，以及短速跑，來加強速度較高的專項(每星期訓練一至二次)。	肌肉適能訓練，以改進專項肌力和爆發力(訓練期為八星期，每星期三次)。
高強度能量適能訓練，包括間歇訓練和短速跑(訓練期為八至十星期，每星期三次)。	無氧代謝適能和高強度環節(訓練期為六至八星期，每星期二至三次)。	練習專項比賽的技巧。	能量適能訓練，以低強度的持續性訓練、法特萊克訓練和間歇訓練，來改善帶氧代謝能力 (訓練期為八星期，每星期兩次)。
戰略和技術訓練。	專項的戰略和技術訓練。	經常參加比賽取代體能訓練。	參與其他運動及康樂活動。練習專項的技巧和控制身體脂肪於較低水平。

表 5.5 運動的季節性訓練通則

vi) **體適能及健康的一般訓練守則**

- 無論是運動員與否，在接受訓練之前，均須作身體健康檢查。若年齡在 35 歲以上，並且很少參與體育活動的人士，或身體有不適者，應該在開始接受訓練前諮詢醫生的意見。
- 改進體適能及健康的計劃應包括體力活動、戒除陋習、營養的知識、發展健康生活習慣等。一個良好的體適能訓練計劃，除堅守各項基本訓練原則外(包括心肺耐力、柔韌性、肌力及耐力、身體成分)，更要盡量避免身體因訓練而產生的毛病。
- 訓練計劃應具有趣味性、不受環境及設備的規限，而且容易定期進行。

- 訓練初期，應先接受心肺耐力的訓練，再漸次發展其他範疇。
- 在編排訓練計劃時，應考慮參加者可以付出的時間。
- 一個訓練計劃應包括：

1. 10 分鐘的熱身活動
2. 30 分鐘的連續性大肌群活動，運動強度應要使參加者達到目標心跳率 (發展肌力和肌耐力的活動)
3. 10 分鐘的整理活動

- 初次接受訓練者及非運動員應先接受四至六星期的輕度訓練，再循序漸進，逐漸增加負荷量。

一位高中學生準備於下一季即將舉行的田徑賽中參加 400 米跑，其訓練計劃如下：

- 第 1 階段 (準備期) – **發展力量、靈活性、耐力和基本技術：** 此階段集中發展力量和體適能。訓練初期不需要過於具針對性，應集中訓練大肌肉群，例如進行臥推舉、大腿推蹬、肩上推舉等。
- 第 2 階段 (準備期) – **發展專項適能和提升技巧水平：** 在此階段，專項性原則十分重要，訓練目標是要發展最大攝氧量及抗疲勞能力，並以 400 米跑所需的速度進行訓練。專項耐力訓練包括 400 米跑(最長距離)重複練習，期間休息 2－3 分鐘。重量訓練則由集中一般大肌肉到專項肌肉，重點在速度和力量訓練（高強度、低重複），並包含強動或超等長訓練(Plyometrics)。
- 第 3 階段 (比賽期) – **比賽經驗累積：** 針對賽季的主要目標，累積比賽經驗。由於身體仍處於對訓練計劃的適應期，所以還要依從超負荷和漸進原則，進行訓練。
- 第 4 階段 (比賽期) – **調整技術和備戰：** 基於先前各個階段的訓練效果，需調適技術和戰略。更重要的是防止運動員感到「身心疲憊」及產生「過度訓練」的感覺。
- 第 5 階段 (比賽期) – **比賽經驗累積和目標達成：** 此階段運動員的目標是達至最佳狀態。由於賽事將近，運動員須了解「減量」的重要性，以保持最佳比賽狀態。
- 第 6 階段 (過渡期) – **積極恢復，為下季賽事籌劃：** 當比賽結束，總結訓練果效，並思考如何於下一季提升表現。

表 5.6 訓練計劃舉隅

丙、訓練法

i) 阻力訓練

阻力訓練有助於加強專項肌肉的力量，可以用於各種訓練途徑。最普遍使用的阻力訓練模式是舉重。實行一套力量訓練計劃之前要進行測試，量度舉起一次的最大負荷，以及重複舉起十次的最大負荷。這兩種最大肌力的測試，可以量度肌肉一次收縮所能夠產生的最大肌力，以及重複十次的最大肌力。每個連續訓練都應該參考自己的最大肌力，並以最大肌力的百分率來制定舉重的阻力 (即應舉的重量)。根據阻力以及重複次數劃分，力量訓練可分為有氧、無氧、力量、爆發力、肌肉增大等多種訓練類別。在執行訓練計劃之前，運動員要考慮所需的肌力類別和涉及肌肉收縮的種類，以便得到合適的力量訓練。

ii) 循環訓練

循環訓練是指在某個時間段，在不同的訓練站重複一連串的項目，以充分鍛鍊全身各系統的機能。各訓練站都會標明訓練的項目，通常因應特定的順序進行訓練，即無氧訓練、有氧訓練及局部肌肉耐力訓練。因應預期的訓練強度及參加者的水準，須特別注意運動與休息的比。循環訓練是常用的體能訓練模式，而且適宜很多人一起參與。

iii) 持續訓練

持續訓練主要針對有氧供能系統。通常在持續訓練中大部分肌肉群參與長時間、低強度的運動（30 分鐘至兩小時之間）。這類訓練有助於提升身體運用有氧供能系統所釋出能量的能力。持續訓練的項目有緩跑、單車運動、游泳等。這類的訓練沒有運動專項的限制，由於活動時間長，所以特別容易造成勞損，尤其是肌肉以及關節的勞損。

iv) 間歇訓練

間歇訓練是高強度運動與休息間歇地進行的訓練模式，並於休息時段內加插輕量或低強度活動。「運動休息比」是決定間歇訓練效能的關鍵，需要因應訓練目標和有關的那供能系統而定，以下是一般常見的指引(比例)：

- **改善 ATP－PC 系統**：通常運動少於 20 秒，運動休息比是 1：3 或以上。
- **改善乳酸能系統**：通常運動介乎 20 秒與兩分鐘，運動休息比是 1：2。
- **改善有氧系統**：通常運動時間在兩至五分鐘，運動休息比是 1：1。

v) **法特萊克**

法特萊克是瑞典語，意即「速度遊戲」，強調放練時的趣味性。主要因應個人的能力，在指定時間完成快跑（訓練無氧代謝能力）及慢跑（訓練有氧代謝能力）相間的訓練。

訓練方法	目的	訓練設計
阻力訓練	- 增進肌力及耐力 - 增進爆發力	**發展最大肌力:** - 85–95% 1RM - 重複 1–5 次為一組 - 進行 2–4 組 - 每組之間休息 4–5 分鐘 **發展肌耐力:** - 50–75% 1RM - 重複 15–20 次為一組 - 進行 3–5 組 - 每組之間休息 30–45 秒
循環訓練	- 提升有氧及無氧能力 - 提升肌耐力及肌力 - 提升爆發力	- 在眾多訓練站依照順序進行運動 - 通常每次循環設有 5–15 個訓練站 - 進行 3–5 個循環 - 每循環之間的休息時間，可根據參加者的特點而調整
持續訓練	- 提升有氧能力 - 提升肌耐力	- 運動頻次：每週 3–4 次 - 運動強度：最大攝氧量的 70–85% - 運動時間：最低 30 分鐘 - 運動類別：動用全身主要肌群的活動，例如：跑步、游泳、划船、單車運動等。
間歇訓練	- 增進有氧及無氧能力 - 提升爆發力	- 包括幾組大強度運動，中間設置一段休息時間 **舉例：一個 100 米跑運動員** - 運動間歇距離：60 米 - 休息時間： 40 秒 - 運動強度： 95% - 重複次數： 8 次為一組 - 組數：3 組，每組之間有較長的休息時間 - 運動頻次：3 次 / 周
法特萊克訓練	- 提升無氧代謝能力 - 提升有氧代謝能力	舉例：中距離運動員 - 熱身運動：肌肉伸展及慢跑 5 分鐘 - 快速跑：600 米 - 急行 5 分鐘 - 100 米衝刺及 300 米慢跑相間進行 2000 米距離 - 整理活動：肌肉伸展及慢跑 2000 米

表 5.7 主要訓練計劃的目的及訓練設計

	訓練效果			
訓練方法	有氧能力	無氧能力	爆發力	力量
阻力訓練	✓	✓	✓✓	✓✓
循環訓練	✓✓	✓	✓	✓
持續訓練	✓✓	✗	✗	✗
間歇訓練	✓	✓✓	✓	✓
法特萊克訓練	✓	✓	✓	✓

✗: 不適合；✓: 適合；✓✓: 非常適合。

表 5.8 不同訓練方法所達至的訓練效果

丁、訓練和停止訓練後的效應

i) 心血管

- 心肌增大(即心肌組織增厚)，心臟的收縮能力增強，每次泵運送到全身各系統的血流量增多；由於輸送同等血量到身體組織的泵血次數減少，靜息心率下降。
- 血管的收縮及舒張效率提升，肌肉內新生微血管數量增加，工作肌肉獲取更多血液供應。
- 血液水分含量增加，體內循環更加暢通無阻。
- 血液血紅蛋白含量增加，進一步提升血液運送氧分到全身各處的能力。

ii) 新陳代謝

- 線粒體的體積和數量增加，可以產生更多能量。
- 有氧酵素的數量增加，能更有效氧化及分解食物，增進肝糖及脂肪的儲備量，延長運動的時間。
- 肌紅蛋白含量增加，使更多氧分輸送到細胞內，提升有氧供能系統的效率。
- ATP 酵素(負責分解 ATP)的活性提升，供能系統的效率得以提高。
- 糖酵解酵素的活性提升，增強身體在缺氧情況下分解肝糖的能力，延長運動的時間和延緩疲勞。
- 乳酸積累的耐受性（乳酸閾）提升，令運動員的運動耐力增強。

iii) 乳酸水平

在生產能量過程中，肌肉會產生一些代謝物–乳酸。乳酸的積聚會減慢肌肉纖維的收縮，對運動表現會產生負面的影響。通過訓練，可減低運動時產生乳酸的速度，並能提升運動員對乳酸的耐受性，改善運動表現。

iv) 肌肉適能

肌肉在經過訓練後，肌纖維的體積便會增大，稱為「肌肥大」。運動表現得以提升，除了因為肌肉組織增多外，還有更多運動神經單元參與動作，可供運用的肌肉增多，讓運動表現得到提升。

v) 停止訓練的效應

訓練的效應會在停止訓練後逐漸消退。一般來說，體適能會以等同於提升時的速率逐漸下降。有研究發現[1]，運動員中斷訓練兩至四周後，最大攝氧量下降 10%以上，血容量及每搏輸出量下降 12%以上，以及心率增加 10%以上、肌糖水平下降 30%以上。要保持訓練的成效，必須維持恆常訓練。然而，若真有需要減少訓練頻次，則應儘量維持訓練的強度。由於缺乏練習，肌肉的體積便會減小，稱為「肌肉萎縮」。

探究活動舉隅

主題		活動
1	影響運動表現的生理因素	蒐集資料： ● 就自己最有興趣參與的運動項目，蒐集高水平運動員的資料，以了解他們在顛峰狀態時的生理特徵(例如體適能、年齡和體型等)。 ● 了解遺傳與訓練的相對重要性。 ● 了解環境因素 (例如溫度、濕度、空氣含氧量等)對運動表現的影響。 ● 了解禁藥對運動表現的效應，以及對身體可能造成的傷害。
2	訓練計劃	蒐集和分析資料： ● 學生三至五人一組，透過訪問、瀏覽互聯網、翻閱文件或書報等方法，蒐集 8 至 12 個訓練計劃樣本。 ● 不同的訓練計劃應在設計、目的、模式等各方面有所不同，才能達至最佳學習效果。 ● 在訓練計劃樣本上加上註釋，說明每個訓練活動的目的，例如提升有氧能力、肌肉力量、動作熟練性等。 P-I-E (策劃 ─ 實施 ─ 評鑑)： ● 學生各自選擇上述訓練計劃的其中一份作藍本，為自己編制一套訓練計劃 (訓練期為 12 星期)，並在組內傳閱，聽取意見。 ● 訓練計劃內容應包括： - 長期目標 (計劃結束時要達至的目標) - 短期目標 (從長期目標分拆出來的小目標；需要在計劃的不同階段中達成) - 訓練日期、時間、地點和內容

探究活動舉隅

主題		活動
		- 將進行監察的運動表現和生理指標 ● 訓練計劃定稿後，經教師同意後，便可執行。 ● 學生須詳細記錄訓練計劃開始前、期間和結束後的各項變化及訓練過程中所引發的反思和身體感覺，以作評鑑之用。 ● 訓練計劃結束後，組內學生分享經驗，並撰寫總結報告。
3	訓練效果	專題研習議題 — 訓練對下列系統的影響: ● 骨骼系統 ● 神經系統 ● 肌肉系統 ● 心血管系統 ● 呼吸系統 ● 能量系統

教師參考資料

王鶴森等 (2015) 運動生理學（第二版）。台灣：新文京。

李水碧等（譯）(2016)《體適能評估與運動處方 (2 版)》。台北市：禾楓書局。

林貴福等（譯）(2017)《提升運動訓練水準及競技運動表現: 速度、敏捷及反應的運動訓練法含 260 種專項運動訓練課程》。台北市：禾楓書局。

田麥久 (主編) (2006) 《運動訓練學》。北京：高等教育出版社。

全國體育院校教材委員會 (2005)《運動生理學習題集》。北京：人民體育。

沈劍威、阮佰仁 (2006)《體適能基礎理論》(第二版) 。香港：中國香港體適能總會。

陳啓明 (主編) (1995)《運動醫學與科學》。香港：中文大學出版社。

傅浩堅、楊錫讓 (主編) (2005)《運動健身的科學原理》。香港：商務印書館。

黃玉山 (主編) (2005) 《運動處方理論與應用》。廣西：廣西師範大學出版社。

鄧樹勛、王健、喬德才 (主編) (2005)《運動生理學》。北京：高等教育出版社。

中國香港體適能總會 (2017)。器械健體導師手冊。香港：中國香港體適能總會出版。

阮伯仁，沈劍威，鄭毓全，許世全等 (2017)。體適能導師綜合理論。香港：中國香港體適能總會。

林正常等 (2017) 《運動科學概論 (二版)》。台中：華格那出版社。

Adams V., & Linke A. (2018). Impact of exercise training on cardiovascular disease and risk. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*. 1865(4):728-734. doi: 10.1016/j.bbadis.2018.08.019.

American College of Sports Medicine. (2017). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (10th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

American College of Sports Medicine. (2013). ACSM's resource manual for

guidelines for exercise testing and prescription (7th ed.). Baltimore, MD.: Lippincott Williams & Wilkins.

Bushman, B. A. (2017). *ACSM's Complete Guide to Fitness & Health (2nd ed.)* Champaign, IL: Human Kinetics.

Faigenbaum, A., & Westcott, W. (2015). Youth Strength Training: A Guide for Fitness Professionals from the American Council on Exercise. Publisher: Coaches Choice.

Gibson, A.L., Wagner, D. R., & Heyward, V. H. (2018). Advanced fitness assessment and exercise prescription (8th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2015). Essentials of Strength Training and Conditioning (4th ed). National Strength & Conditioning Association. Champaign, IL: Human Kinetics.

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2019) Physiology of Sport and Exercise (7th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Matsuo, Tomoaki; Ohkawara, Kazunori; Seino, Satoshi; Shimojo, Nobutake; Yamada, Shin; Ohshima, Hiroshi; Tanaka, Kiyoji; Mukai, Chiaki (2012). "Cardiorespiratory fitness level correlates inversely with excess post-exercise oxygen consumption after aerobic-type interval training". *BMC Research Notes*. 5: 646. doi:10.1186/1756-0500-5-646

Maughan, R.J., & Gleeson, M. (2010). The Biochemical Basis of Sports Performance (2nd ed.). New York: Oxford University Press.

McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (2015). Essentials of exercise physiology (5th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Murray, B., & Kenney, W. L. (2016). Practical Guide to Exercise Physiology. Champaign, IL: Human Kinetics.

Stojanović, E., Ristić, V., McMaster, D.T. *et al.* Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 47, 975–986 (2017). https://doi.org/10.1007/s40279-016-0634-6

Silva, A.F.; Clemente, F.M.; Lima, R.; Nikolaidis, P.T.; Rosemann, T.; Knechtle, B. The Effect of Plyometric Training in Volleyball Players: A Systematic Review. *Int. J.*

Environ. Res. Public Health (2019), *16*, 2960.

Vernon G. Coffey and John A. Hawley. (2017). Concurrent exercise training: do opposites distract? *J Physiol*. 595(9): 2883–2896. doi: 10.1113/JP272270

學生參考資料

沈劍威、阮佰仁 (2006)《體適能基礎理論》(第二版)。香港：中國香港體適能總會。

阮伯仁，沈劍威，鄭毓全，許世全等 (2017)。體適能導師綜合理論。香港：中國香港體適能總會。

林正常等 (2017) 《運動科學概論 (二版)》。台中：華格那出版社。

陳啓明 (主編) (1995)《運動醫學與科學》。香港：中文大學出版社。

傅浩堅、楊錫讓 (主編) (2005)《運動健身的科學原理》。香港：商務印書館。

黃玉山 (主編) (2005) 《運動處方理論與應用》。廣西：廣西師範大學出版社。

雷雄德、林思為 (2019) 。《運動 x 營養：講是又講非》。 一丁文化出版社，ISBN: 978-988-78157-6-1

雷雄德 (2017)。《請問雷博士：運動科學是與非》。 一丁文化出版社，ISBN: 978-988-77200-6-5

American College of Sports Medicine. (2017). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (10th ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2019) Physiology of Sport and Exercise (7th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Bushman, B.A. (2016). ACSM's Complete Guide to Fitness & Health(2nd ed). American College of Sports Medicine. Champaign, IL: Human Kinetics.

相關網址

1. 美國心臟病學會 (英文網頁) (American College of Cardiology)
   https://www.acc.org

2. 美國心臟協會(American Heart Association)運動指引 (英文網頁)
   https://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/aha-recs-for-physical-activity-in-adults?utm_source=redirect_heartorg&utm_medium=referral&utm_campaign=301

3. 澳洲體育學院 (英文網頁) (Australian Institute of Sport)
   https://www.sportaus.gov.au/

4. Brianmac Sports Coach (英文網頁)
   https://www.brianmac.co.uk/index.htm

   - 訓練原則 (英文網頁) (Principles of Training)
     https://www.brianmac.co.uk/trnprin.htm

5. 運動生理學網站
   http://www.epsport.idv.tw/epsport/mainep.asp

6. 佳得樂運動科學院 (英文網頁) (Gatorade Sports Science Institute)
   https://www.gssiweb.org/en

   - 訓練與表現
     https://www.gssiweb.org/en/sports-science-exchange/All/training-performance

7. 香港體育教學網
   http://www.hkpe.net/hkdsepe/

   - 跑步訓練
     http://www.tswongsir-runners.guide/

8. myOptumHealth (英文網頁)
   https://www.optum.com/business/solutions/individuals.html

9. 最佳表現 (英文網頁) (Peak Performance)
   https://www.sportsperformancebulletin.com/

10. 體育教學資源互動網頁
    http://www.pe-web.org/home.htm

    - 運動生理
      http://www.pe-web.org/theory/theory.php?index=2

11. 運動科學(英文網頁) (Sportscience)
    http://www.sportsci.org/index.html

12. 華人運動生理及體適能學者學會
    http://www.scsepf.org/

13. 國際田徑聯會 (英文網頁) (World Athletics)
    https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/health-science

14. 香港體育學院
    https://www.hksi.org.hk/tc/

15. 香港運動禁藥委員會
    http://www.antidoping.hk/zh/