

第四章 運動營養學講義

第一節、基礎營養常識

食物沒有好壞之分，重點是含有那些營養素，”等值的訓練成果需要等值的飲食營養” (The basic principles of nutrition as a valuable to a bodybuilder as the basic principle of training)，飲食營養是由食物提供而來，食物中含有有機物及無機物質，有機物者包括蛋白質、脂肪、醣類、維生素、礦物質及水，稱之為營養素(Nutrients)，能用於維持並建造身體組織、提供能源，調節新陳代謝，若攝取不足時則會出現健康相關的問題，稱之為「必須營養素」；肝臟是體內最主要的「代謝器官」所有的營養素都會送至肝臟進行代謝並經由血流重新分布，而小腸則是體內最主要的消化器官用來消化吸收各種營養素。

依據食物的分類，我衛生署將食品分類為五類：

1. 五穀及澱粉根莖類：這類食物是碳水化合物的主要來源，供作能源之用。這類食物除糖之外都被利用為主食，如米、小麥、馬鈴薯、樹薯等。
2. 魚、肉、蛋、豆及奶類：這類食物主要提供蛋白質。
3. 油脂類：室溫下為固體狀態稱之為脂肪，如豬油，室溫下為液體狀態稱之為油，如黃豆油、花生油、葵花油等。脂肪與油合稱為油脂。
4. 蔬菜類：主要提供維生素A、維生素C、纖維質及礦物質。
5. 水果類：主要提供維生素C、纖維質及礦物質。

由五類食品中，根據成份可依生理作用細分成六大類：蛋白質，醣類，脂肪，維生素，礦物質及水，其中可分為可供給熱量的1.蛋白質、2.脂肪、3.碳水化合物，以及雖不供給熱量但體內所必須的4.維生素、5.礦物質、6.水，當中又依身體需求可分為需求量多者稱為巨量營養素、需求量少者稱為微量營養素，本篇將依續介紹各類營養素的生理意義及生理功能。

(一) 蛋白質

每公克蛋白質可以提供 4 千卡的熱量，其的組成份，除了與醣及脂肪一樣含碳、氮、氧外，還有氮及少量的硫，磷等，人體攝取蛋白質，經消化系統消化後的營養稱為胺基酸，人體再將胺基酸合成身體所需要的功能性蛋白質。蛋白質的最基本單位是胺基酸 (Amino acid)。

蛋白質的生理功能

- **建造及修補身體組織**：蛋白質廣泛的存在身體裡的器官與組織中，包括：骨骼、肌肉、皮膚、毛髮等。
- **參與體內生化反應**：所謂生化反應就是食物與營養素的消化、吸收、能量的產生及廢物的排泄等，以維持生命正常運作。
- **免疫功能**：有健全的免疫功能就可以讓你不得維持血液滲透壓和酸鹼度感冒、過敏等疾病唷！
- **維持血液滲透壓和酸鹼度**：血液中的蛋白質可以維持適當的滲透壓和酸鹼值，身體的生化反應才能順利進行！
- **賀爾蒙的成分**：有些賀爾蒙的成分是蛋白質，例如：讓你長高的生長激素和其他激素，一起調控生理機能。

食物來源：奶類、肉類、蛋類、魚類、豆類及豆製品、內臟類、全穀類等。

促使蛋白質降解圍胺基酸的過程稱為「蛋白質變性」。加熱所產生蛋白質的改變，是一種變性(denaturation)，自然狀態的蛋白質稱為天然蛋白(native proteins)；改變之後稱為變性蛋白質(denatured proteins)。蛋白質變性的第二個結果是：蛋白質幾乎都會失去它的生物活性。因此當酶的水溶液被加熱至沸點，經過數分鐘的冷卻，它通常會變成不可溶解，而且不再具有催化反應的功能。**蛋白質變性不會由加熱引起，也會因為極端的 pH 值（強酸或強鹼）而發生。**

簡言之，天然蛋白質共價鍵連結的多勝鏈，以三度空間折疊，每種蛋白質都有特殊的折疊方式，鏈折疊的特殊狀態，賦予每種蛋白質特殊的生物功能。當蛋白質變性時，其多勝鏈特殊的三度空間排列瓦解，並展開任意的結構，但是並不破壞共價鍵的骨架結構，所以天然蛋白質分子是非常脆弱的，而且很容易被熱或其他看似溫和的處理所破壞。當我們想要將蛋白質分離或純化，方便研究它們的生物作用時，必須小心處理，以免使蛋白質變性。(33、34)

(二) 脂肪

每公克脂肪可以提供 9 千卡的熱量，與醣類不同，脂肪所含的碳、氫的比例較高，而氧的比例較低所以發熱量比醣類高，體內最主要的吸收脂質的器官是小腸，飲食一但攝取過高，無論蛋白質、脂肪和碳水化合物最終都會轉化成脂肪組織積存在人體內，然而隨著年齡的增長身體組成百分比也會隨之增高，以老年期的脂肪比率最高。(35)

脂肪的生理功能：

- **提供及儲存熱量**：每一公克脂肪氧化能產生 9 大卡熱量。適量的醣類與脂肪的飲食可減少蛋白質被分解，也可儲存熱量。(35)
- **建造組織**：脂質為細胞的細胞膜及胞器的重要成份，而神經的傳導作用也和脂質有關係。(35)
- **調解生理機能**：膽鹽會幫助脂肪消化吸收，也可促進脂溶性維生素 A、D、E、K 的吸收。(35)
- **絕緣支持與保護作用**：皮下脂肪可防止體溫散失過多並能保持體溫，而脂肪組織可支持、固定及保護器官，使器官減少撞擊、震盪的傷害。(35)
- **增加飽足感及食物美味**：脂肪會抑制胃蠕動、延長食物停留胃內時間，以增加飽足感。此外，脂肪已可增添食物香氣，使食物潤滑、油亮，也可使糕餅產生酥脆口感。(35)

食物來源：沙拉油、黃豆油、花生油、豬油、乳酪、乳油、人造奶油、麻油等。

脂肪進入體內會被分解成三酸甘油脂和脂肪酸，來自不同食物的脂肪會分解成不同的脂肪酸。這些脂肪酸依**碳鍵飽和程度**可分為沒有碳雙鍵的**飽和脂肪酸**和含有碳雙鍵的**不飽和脂肪酸**。(35)

不飽和脂肪酸可由碳雙鍵的數目而細分為含有單個碳雙鍵的單元不飽和脂肪酸和含有多個碳雙鍵的多元不飽和脂肪酸。

不飽和脂肪酸也可由碳雙鍵的位置分為：

1. ω -9 (Omega-9) 系列，例如：油酸。
2. ω -6 (Omega-6) 系列，例如：亞麻油酸。
3. ω -3 (Omega-3) 系列，例如： α -亞麻油酸。

必需脂肪酸與 DHA

因為「必需脂肪酸」不能由人體自行合成，必須由飲食中獲得，所以被稱為「必需脂肪酸」。包括了亞麻油酸(Linoleic Acid, $\omega-6$)、次亞麻油酸(α -Linolenic Acid, $\omega-3$)，和花生四烯酸(Arachidonic Acid, $\omega-6$)等多元不飽和脂肪酸。這些必需脂肪酸在食入人體後，可以被轉變為各類不同的脂肪酸和其他人體必須的代謝產物。當任何一種必需脂肪酸攝取量不足時，便會發生必需脂肪酸缺乏的現象。

DHA，全名是二十二碳六烯酸(Docosahexaenic Acid)，是一種多元不飽和脂肪酸，在其化學結構中有 22 個碳原子及 6 個雙鍵，因為第一個雙鍵是位於自尾端算起第三個碳的位置，所以是屬於 Omega-3($\omega-3$ 或稱 n-3)系列的脂肪酸(36)。

一般常聽到的膽固醇是一個總體數值，但膽固醇又可分為「高密度脂蛋白膽固醇(HDL)」與「低密度脂蛋白膽固醇(LDL)」兩類，就是「好的膽固醇」與「壞的膽固醇」。會對心血管產生危害的是低密度脂蛋白膽固醇，它含的膽固醇量最多，並且容易沉積在血管壁上，產生發炎反應，形成血栓，造成動脈硬化，是心血管疾病的重要危險因子(37)。

至於高密度脂蛋白膽固醇則有「血管清道夫」的美稱，它可以將低密度脂蛋白膽固醇帶到肝臟後代謝，讓其不會沉積在血管壁，預防動脈硬化，具有保護心臟的功能。驗血時，如果只驗總膽固醇，會出現誤判的風險。臨床上有患者總膽固醇雖然正常，但低密度脂蛋白膽固醇嚴重偏高，高密度脂蛋白膽固醇卻過低，這類患者同樣承受心血管疾病的風險，最好一開始就分別檢驗低密度脂蛋白膽固醇與高密度脂蛋白膽固醇，以利後續治療的判斷。

反式脂肪酸

反式脂肪酸(trans-fatty acid)悄悄地存在於許多美味的食物中，但消費者卻不知不覺地吞下肚，可能衍生的健康問題的確是愈來愈不容忽視。

一般的天然植物油多是「順式」結構，以液體形態存在。後來有人發現將大豆油等植物油經過「觸媒加氫」的程序，也就是在少量的鎳、鈮、鉑或鈷等觸媒金屬幫助下，將氫加入植物油裡產生氫化反應，則油脂會變成半固態。

這種氫化植物油包括植物乳化油、酥油、氫化菜油、固體菜油、人造奶油（乳瑪琳）等，由於容易保存、不易腐敗，在高溫油炸時，不容易變質，還可反覆油炸，口感又酥脆，於是被廣泛地添加在各種食物中。

過多反式脂肪酸 易致心臟病

不過「氫化」的過程，會造成部分脂肪酸轉變為「反式」結構。而反式脂肪酸對身體的影響跟「飽和脂肪酸」類似，長期過量食用，容易造成血中好的膽固醇（高密度膽固醇 HDL）下降、壞的膽固醇（低密度膽固醇 LDL）上升，進而增加心血管疾病的罹患機率（38）。

醫界的研究顯示，如果每天攝取反式脂肪酸 5 公克，則心臟病的發病機率會增加 25%。此外，也有部分研究指出，身體的發炎反應及某些癌症與過量攝取反式脂肪酸可能有關（38）。

（三）碳水化合物-醣類

除嬰兒期，人體最主要的能量來源是醣類。食物中平均約有 60% 或更多的熱量來自醣類，醣類又稱為碳水化合物（Carbohydrate）廣泛存於動植物體內，植物行光合作用將二氧化碳與水合成葡萄糖，並以澱粉（starch）儲存或轉化成網架狀的纖維素（cellulose）。動物可利用脂質及蛋白質合成一些醣類，但所需的絕大多數醣類仍由攝取植物而得（39、40）。

醣類的生理功能

- **醣類最主要的功能是提供身體所需的能量：**每公克糖可提供約 4 大卡熱量（39、40）。
- **避免蛋白質的耗損：**身體內的醣類充足，就可以讓蛋白質盡職地去進行修補建造身體組織的功能喔！（39、40）
- **葡萄糖是神經細胞唯一的能量來源：**血液中缺乏葡萄糖，小腦袋、眼睛和神經系統都會“秀斗”唷！（39、40）
- **乳糖有促進常腸蠕動的功能，有助於腸內有益細菌：**奶類食物裡特有的乳糖可以幫助肚子裡的好菌生長，讓你營養吸收好，便便順暢（39、40）。
- **不被消化的纖維可以幫助糞便的排除**

- 適當的糖可維持正常的脂肪代謝：當醣類不夠時，脂肪會氧化產生酸，造成酸中毒。還會有脫水的現象，干擾身體酸鹼平衡（39、40）。

食物來源：米、飯、麵條、饅頭、玉米、馬鈴薯、蕃薯、芋頭、樹薯粉、甘蔗、蜂蜜、果醬等。

(四) 礦物質

一、營養上之主要礦物質有鈣、磷、鐵、銅、鉀、鈉、氟、碘、氯、硫、鎂、錳、鈷等，這些礦物質也就是食物燒成灰時的殘餘部分，又稱灰分。其在營養素裏所佔的分量雖很少（醣類、脂肪、蛋白質、水和其他有關物質，佔人體體重 96%，礦物質僅佔 4%），但其重要性卻很大(41)。

二、礦物質的一般功用：

- 構成身體細胞的原料：如構成骨骼、牙齒、肌肉、血球、神經之主要成分(41)。
- 調節生理機能：如維持體液酸鹼平衡，調節滲透壓，心臟肌肉收縮，神經傳導等機能。茲將各種礦物質的營養功用及食物來源分述如下：

礦物質 營養素	功用	食物來源
鈣	<ul style="list-style-type: none"> *構成骨骼和牙齒的主要成分。 *調節心跳及肌肉的收縮。 *使血液有凝結力。 *維持正常神經的感應性。 *活化酵素 	奶類、魚類（連骨進食）、蛋類、紅綠色蔬菜、豆類及豆類製品。
磷	<ul style="list-style-type: none"> *構成骨骼和牙齒的要素。 *促進脂肪與醣類的新陳代謝。 *體內的磷酸鹽具有緩衝作用，故能維持血液、體液的酸鹼平衡。 *是組織細胞核蛋白質的主要物質。 	家禽類、魚類、肉類、全穀類、乾果、牛奶、莢豆等。
鐵	<ul style="list-style-type: none"> *組成血紅素的主要元素。 	肝及內臟類、蛋黃、牛奶、瘦肉、

<p>鉀、 鈉、氯</p>	<p>*是體內部分酵素的組成元素。</p> <p>*為細胞內、外液之重要陽離子，可維持體內水分之平衡及體液之滲透壓。</p> <p>*保持 pH 值不變，使動物體內之血液、乳液及內分泌等之 pH 值保持常數。</p> <p>*調節神經與肌肉的刺激感受性。</p> <p>*鉀、鈉、氯三元素缺乏任何一種時，可使人生長停滯。</p>	<p>貝類、海藻類、豆類、全穀類、葡萄乾、綠葉蔬菜等。</p> <p>鉀—瘦肉、內臟、五穀類。</p> <p>鈉—奶類、蛋類、肉類。</p> <p>氯—奶類、蛋類、肉類。</p>
<p>氟</p>	<p>*構成骨骼和牙齒之一種重要成分。</p>	<p>海產類、骨質食物、菠菜。</p>
<p>碘</p>	<p>*甲狀腺球蛋白的主要成分，以調節能量之新陳代謝。</p>	<p>海產類、肉類、蛋、奶類、五穀類、綠葉蔬菜。</p>
<p>鎂</p>	<p>*構成骨骼之主要成分。</p> <p>*調節生理機能，並為組成幾種肌肉酵素的成分。</p>	<p>五穀類、硬殼果類、瘦肉、奶類、豆莢、綠葉蔬菜。</p>
<p>硫</p>	<p>*與蛋白質之代謝作用有關，為構成毛髮、軟骨、(肌腱)、胰島素等之必需成分。</p>	<p>蛋類、奶類、瘦肉類、豆莢類、硬殼果類。</p>
<p>鈷</p>	<p>*是維生素 B12 的一種成分，也是造成紅血球的一種必要營養素。</p>	<p>綠葉蔬菜(變化大，視土壤中鈷含量而定)。</p>
<p>錳</p>	<p>*對內分泌的活動，酵素的運用及磷酸鈣的新陳代謝有幫助。</p>	<p>小麥、糠皮、堅果、豆莢類、萵苣、鳳梨。</p>

維生素

維生素並非是產生熱能的營養，也非形成身體組織的材料，目前學者已定義出維生素的特性，凡合於這些特性的物質，稱為維生素：

- (1)不能在體內合成，需由食物中攝取(例外：一部份鹼酸由色胺酸「tryptophan」合成)，
- (2)有機質，
- (3)所需量雖然很少，但維持人體健康與正常發育上是絕對需要，
- (4)其主要動能，在體內當輔酶作用，調解身體之新陳代謝，
- (5)不能產生熱能，亦非造身體組織的材料者(42、43)。

維生素的分類

依其溶解性質可分兩大類：

(1) **脂溶性維生素如 A、D、E、K 等**，脂溶性維生素對熱具安定性，不溶於水。而水溶性維生素溶於水，且較易受熱影響破壞其作用。脂溶性維生素的吸收與脂肪有大的關係，所有干擾脂肪吸收的因子，均影響脂溶性維生素的吸收(42、43)。

*維生素 A

維生素 A 是脂溶性維生素中最早被發現的一種，**在綠色蔬菜及黃色蔬菜水果(如：胡蘿蔔)內含具有維生素 A 的物質存在，稱之為類胡蘿蔔素(carotenoids)。**胡蘿蔔素於體內可變為維生素 A1，另外存於淡水魚肝臟中的維生素 A 為 A2。維生素 A1 及 A2 的化學結構不同，其具備的生理作用相同，但生理效用維生素 A2 只有 A1 的 40% (44、45)。

維生素 A 的生理功能：

- a. **維持正常視覺功能，維生素 A 對於視覺的重要性在於幫助視紫的形成，並預防夜盲症的發生。**
- b. 維持上皮細胞的正常型態及機能，正常黏膜細胞可以合成並分泌一種醣蛋白，覆蓋於細胞表面使細胞水分不致減少保持濕潤，缺乏維生素 A 醣蛋白合成減少，導致黏膜表皮呈現乾燥現象，眼睛、胃腸消化道、呼吸道及泌尿生殖道的黏膜上皮細胞分泌液不良，過度乾燥角質化使得細菌感染機率增高。
- c. 維持動物體正常的骨骼發育，缺乏維生素 A 動物的生長緩慢，骨骼發育不正常嚴重時骨內蝕骨細胞及造骨細胞機能不正常(44、45)。

維生素 A 的缺乏症狀：維生素 A 的缺乏症狀多半發生於嬰兒及兒童，症狀輕微者皮膚乾燥表皮層脫落，症狀重者造成乾眼病症、角膜軟化症、毛囊性皮膚角化症及皮膚乾燥症(44、45)。

維生素 A 過多中毒：維生素 A 過多中毒可分成急性及慢性兩種，急性中毒是一次(或少數幾次)食用很大劑量，例如小孩一次食用 30 萬國際單位。慢性中

毒如每日食用 7-10 萬國際單位，持續幾各月以上。發生中毒現象患者會食慾不振、皮膚發癢、毛髮脫落、關節及長骨由於骨膜肥厚而發痛而骨質脆弱。維生素 A 需要極大量才會造成中毒，維生素 A 之來源：魚肝油、肝臟、深綠色及深黃色之蔬菜及水果(44、45)。

*維生素 D

維生素 D 依化學結構式可區分成幾種，其中以 D2 及 D3 對人體而言較具重要性。1. 植物性來源的麥角固醇 (Ergosterol)，主要存於酵母及菇類等植物，2. 動物性來源的 7-脫氫膽固醇 (7-dehydrocholesterol)，在動物體內各組織中的膽固醇先轉變成 7-脫氫膽固醇，經傳送至皮膚受日光照射後即轉變成維生素 D3(46、47)。

維生素 D 的生理功能

維生素 D 的重要功能是幫助血中鈣質正常濃度之維持、骨骼鈣化。維生素 D 行使正常功能前，須先經由肝臟進行氫化作用再經由腎臟更進一步活化。(a) 維生素 D 與甲狀腺、副甲狀腺共同維持血鈣濃度正常。活化型維生素 D 可幫助鈣結合蛋白質的形成，鈣質於腸道內的吸收需要有鈣結合蛋白質 (由小腸黏膜細胞分泌出) 才能夠將鈣質吸收，所以血鈣濃度的提高需要維生素 D 共同參與作用。(b) 維生素 D 可幫助骨骼鈣化(46、47)。

維生素 D 的缺乏症狀：

維生素 D 的缺乏造成鈣質吸收量降低血中鈣濃度，無法提供骨骼鈣化，在小孩則造成腿部彎曲，致使腿部變形呈現 O 型或 X 型腿，膝蓋關節部分腫大 (稱之 knock-knee)，若鈣化不良現象持續則造成肋骨及肋軟骨連接處腫大突起，形成如佝僂型串珠(46、47)。

維生素 D 之來源：

(1) 魚肝油：是富含維生素 D 最多的一種，他另外上有大量的維生素 A。(2)

肝臟：動物的肝臟是儲存維生素 D 最主要的場所，如牛肝、豬肝等的維生素 D 含量約 100 I. U. /100g。(3) 蛋黃：一個雞蛋黃內維生素 D 的含量約有 15 I. U.。

(4) 牛奶：普通鮮牛奶的維生素 D 含量約 20 I. U. /100 c. c.，此含量對嬰兒來說並不足夠因此市售牛奶添加維生素 D，可用來增進對牛奶中鈣及磷等微量元素的吸收，並增加鈣及磷等微量元素的利用率(46、47)。

*維生素 E

維生素 E 的生理功能：

維生素 E 主要參予細胞膜的抗氧化作用，細胞代謝過程中會產生「自由基」，自由基會攻擊細胞膜或細胞內各成分膜（如粒腺體膜）上之不飽和脂肪酸，造成細胞膜及細胞功能損壞，缺乏維生素 E 時，較容易受到影響的是紅血球。

維生素 E 的缺乏症狀：

(1) 與動物的生殖有關。(2) 可防止動物，如兔子肌肉萎縮。(3) 可防止雞發生腦萎縮症。(4) 可防止溶血性貧血，缺乏維生素 E 時紅血球易破裂，於嬰兒體內紅血球數目下降、血色素降低並引起黃疸。

維生素 E 過多中毒：目前尚無維生素 E 過多中毒報告。

維生素 E 之來源：動物食品中維生素 E 含量不多以肝臟及肉類為主，植物性油中維生素 E 以 α 型為主，小麥胚芽油及胚芽油中含量豐富，蔬菜以深綠色者含量較高。

*維生素 K

維生素 K 的生理功能：

維生素 K 最重要的生理功能是負責肝臟及血液中，與血液凝固有關的蛋白質活化作用。

維生素 K 的缺乏症狀：

維生素 K 缺乏稱之為低凝血酶元症，其症狀是血液凝固時間延長及皮下出血。成人只要有健康的肝臟及腸道，飲食中維生素充足，應該不會罹患這些缺乏症，除非服用抗生素及抗凝血藥物(48)。

維生素 K 之來源：

維生素 K 主要存於綠色蔬菜中，其他來源如肝臟、奶油、肉類亦有，穀類及水果含量較少(49)。

(2) 水溶性維生素，如 B 群、C 等

科學家原本以為維生素 B 是單一物質，就像維生素 C 是具有單一結構的有機化合物。後來才發現，維生素 B 其實含有多種不同的化學物質，結構也各不相同，於是這些化合物有了獨立的名稱，只是科學家仍然沿用字母 B 和數字的縮寫來為其命名，如維生素 B1、B2...等。維生素 B 為所有 B 族成員的總稱，有時也稱維生素 B 群或複合維生素 B。所有的維生素 B 都是水溶性維生素，必須每天藉由飲食補充，多餘的維生素 B 會隨尿液排出體外。

維生素 B 群會彼此產生協同作用，調節新陳代謝，維持皮膚和肌肉健康，增強免疫系統和神經系統功能，促進細胞生長和分裂，包括紅血球生成，可以防止貧血。維生素 B 群還有抗憂鬱、緩和壓力和情緒的作用，可以減少心血管疾病的發生。維生素 B 群有下列十種：維生素 B₁、B₂、B₆、B₁₂、菸鹼醯胺、泛酸、類脂胺、生物素、葉酸、肌醇，**過量飲酒會導致維生素 B 群吸收不良。**

***維生素 C：又稱為水溶性抗氧化維生素**，具有抵抗壞血病的效用，故又稱之為抗壞血病酸 (ascorbic acid)，維生素 C 在酸性環境下 (pH 5 以下) 相當穩定，對熱鹼敏感外也對光及重金屬有反應(61)。

維生素 C 的生理功能：

1. 膠原 (collagen) 的形成：膠原是一種蛋白質，填充於細胞之間使細胞排列更為緊密。膠原分布在結締組織、骨組織與牙本質間，維生素 C 有促進膠原形成的功能，正常人的血管壁細胞排列整齊，有膠原的填充更能確保組織的嚴密性。維生素 C 缺乏時，其組織嚴密性受到損害，只要外界稍施以壓力血液即自組織滲出 (及血管出血)，此症狀為壞血症。2. 參與體內氧化還原反應。3. 酪氨酸 (tyrosine) 的新陳代謝：維生素 C 與環狀氨基酸的代謝有關，如苯丙氨酸及酪

氨酸。4. 腎上腺類固醇激素 (adrenal steroid hormone) 的形成：腎上腺含有高濃度的維生素 C，若有 ACTH 刺激腎上腺皮質時，會分泌出大量腎上腺皮質激素，同時腎上腺的維生素 C 也因此損耗不少，當身體在緊張或面臨壓力時，此現象尤其明顯(61)。

維生素 C 缺乏症：維生素 C 有促進膠原形成的功能，所以與體內的結締組織、骨骼與牙本質的生長有莫大的關係。缺乏維生素 C 的動物體造骨細胞無法形成骨樣組織，5-11 個月的嬰兒最易罹患維生素 C 缺乏症 (壞血症)，骨骼部份影響最大。成人罹患壞血病的第一個症狀是牙齦發炎，稱為壞血病型牙齦炎，正常的牙齦呈粉紅色，組織平實；罹患壞血病患者，牙齦顏色由粉紅色轉變成暗紅色、水腫，用手指輕輕磨擦即出血，其他症狀如牙齒脫落、疼痛、體重減輕、受傷癒合期變長。其次是皮下出血稱為點狀皮下出血，與缺乏維生素 K 時之皮下出血 (紫斑症) 類似，不同處是面積較小成點狀。

維生素 C 之來源：食物中，綠色蔬菜的維生素 C 含量較多，其次是番石榴及檸檬類水果如橘子、柳丁、檸檬、柚子、文旦等含量亦豐富(61)。

水 (Water)

健美運動員在關心營養飲食問題時，大部份只是將思考方向及焦點放在營養成份(如蛋白質、脂肪等)的攝取上，不管使用何種營養食品最終都會將代謝物(廢物)產生並存在於體內，身體必需使用很多方式，將代謝物排泄出體外，此一媒介大多數的是使用水。

水是讓身體及肌肉活化的工具，水可穩定細胞，讓營養成份流向身體每一寸位置，在此將運用一章節介紹此一重要物質。水的分佈狀態 (水的作用)，所有的身體組織都含有水份，但其分佈量有很大的差異，例如：牙齒為 5%、脂肪及骨骼 25%，而肌肉 80%，身體大部份的化學反應，均需有水的環境下進行。身體內的水可分為細胞內液、細胞外液及細胞間液。細胞內液指細胞內的水份佔體重 40%，細胞外液指血漿，淋巴、脊髓液及身體分泌液佔體重 20%，細胞間液 20%

則指存在細胞與細胞間的液體，99%的細胞間液可藉血管上的小孔與血液互相交通，其互相流通情況受血液蛋白質所形成之膠體滲透壓之控制，細胞間液積聚太多無法排除時，表身體處於水腫狀態(62)。

水份的補充應宜適量，過少會出現口乾舌燥、血壓下降，嚴重甚至休克等脫水的現象，反之一旦補充嚴重過量時，則會出現輕微無力、食慾不佳、噁心、想吐，甚至抽搐昏迷的現象。

體內水份的功能：

- (1) 構成細胞的成分：細胞內的化學變化，皆在有水分的情況下進行。
- (2) 水是細胞間液，分泌液與排出液的成分：如血液、淋巴、消化液、膽汁、汗液、尿液皆會有適當成分的水。
- (3) 水是一種溶劑：水是消化產物的溶劑，消化後的產物溶於水中，才能被小腸絨毛吸收送入血液循環。
- (4) 促進正常的排泄作用：尿液、糞便與汗液中之水分，可溶解及稀釋體內的廢物，避免傷害體內細胞，使廢物順利排出體外。
- (5) 調節體溫：身體運作所產生的熱量隨體液分散至身體各部位，體溫過高後可藉由排汗、呼吸的水氣、尿液及糞便水分排泄至體外的方式，來調節身體溫度。
- (6) 水有潤滑的作用：唾液可潤滑食道幫助吞嚥，腸道、呼吸道及泌尿道的分泌液皆有滑潤黏膜的作用，關節間的液體可防止骨骼間的磨損(62)。

體內水份的來源及排除方式

體內水份的來源：1. 直接攝取水分，飲用水分、飲料及湯汁。2. 食物中所含的水分：例如，牛奶 87%、蛋 75%、肉類 40-70%、蔬菜水果 70-95%、五穀類 8-20%、麵包 35%。平均每日自食物中獲得 1000 ml 的水分。3. 營養素在體內

代謝氧化所產生的水分：100 克脂肪氧化產生 107ml 的水分，100 克醣類氧化產生 56ml 的水分，100 克蛋白質氧化產生 41ml 的水分，因此 2000 卡路里的飲食 240 克醣類、170 克蛋白質及 40 克脂肪，氧化後約產生 247ml 的水分。

體內水份的排除：主要經由腎臟皮膚肺臟及腸道排出，每日損失的水量約糞便 100-200ml、尿液 1000-1500ml、肺臟呼出水分 250-400ml、汗水 400-1600ml，為維持體內生理及化學的平衡，有些水分的損失是不可避免的。

每日水份需求量

每日所需要的水分量，必需要能補充腎臟、肺臟、皮膚及腸道所損失的水分，通常口渴是身體需要水的信號，若依熱量需求來計算成人每卡路里至少需要 1ml 的水，嬰兒每卡路里需 1.5ml。以健美運動員而言，**建議每日水分攝取量 2500ml，運動前 250ml，運動時每 20 分鐘補充 200ml**，運動後在一體重減少情形酌量補充（體重減輕 1 磅補充 400ml 計算）。

第二節、運動營養

◎運動的能量供給

運動時所需的能源：

身體有兩種製造運動所需能量的系統，分別為「無氧系統」和「有氧系統」，兩者都會燃燒醣類，但是只有「有氧系統」最後才會大量燃燒脂肪。因為分解脂肪需要大量氧氣，而且脂肪分子難以分解，身體需要花上一段時間【大約20分鐘】去充分啟動脂肪燃燒循環系統。

無氧系統（又稱乳酸系統）：通常高強度的激烈運動能量需求過大，心臟來不及運送足夠的氧氣給活動中的肌肉，於是身體就透過「無氧解醣反應」來分解事先儲備的醣類以提供能量，醣類分解的結果會產生大量乳酸堆積在肌肉中，造成肌肉酸痛和抽筋（停止呼吸去做運動也是採用無氧系統的解醣反應）。這些堆積的乳酸要等到氧氣送達後才能進一步代謝。

有氧系統：只有當運動的能量需求低到足以讓心臟來得及提供充分氧氣給活動中的肌肉時，有氧系統才會發生作用，亦即是呼吸稍快，但不至於喘不過氣來的有氧運動。有氧運動主要是由有氧系統來供給燃料，醣類和脂肪皆可提供燃料給此系統。正常情況下，有氧運動時間不超過20分鐘時，能量的供應仍然以事先儲備的醣類為主。

有氧耐力運動：只有持續做有氧運動20分鐘以上時，才會由醣類為主轉成以脂肪為主來供給能量。所以，要有效率地消除脂肪就必須採取低強度且持續20分鐘以上的有氧耐力運動，例如散步、慢跑、體操、蛙泳。

運動時，「主要能源」的消耗次序是：肌肉中的肝醣→血液中的葡萄糖→肝臟中的肝醣→血液中的中性脂肪。所謂「主要能源」是指許多能源之中消耗量最多的一種，因為肌肉在運動中並非只消耗一種能源而已，而是同時消耗許多種能源，其中消耗量最多的就稱為「主要能源」。換句話說，並非要等到醣類100%消耗完畢後才轉換成燃燒脂肪，而是初期先以消耗醣類為主，脂肪為輔。大約20分鐘後，醣類開始不足時才慢慢轉變成以脂肪為主，醣類為輔。例如：開始步行時，醣類與脂肪的消耗比例是65%：35%，走到20分鐘時，醣類與脂肪的消耗比例為1：1，如果繼續走到80分鐘時，醣類與脂肪的消耗比例就反過來變成35%：65%，如果再繼續走的話，脂肪的消耗比例會愈來愈高，相對地，醣類則會愈來愈少。

肌肉與脂肪：

脂肪是能量最佳的貯存方式。並非只有吃高脂食品才會貯存脂肪，吃進醣類和蛋白質的食物也能轉換成脂肪。由於脂肪的燃燒是在肌肉中完成的，因此，只要在運動中把脂肪引進肌肉裡面消耗掉，食用適量的脂肪也沒關係。問題是在什麼狀況下才會把脂肪送進肌肉裡燃燒而不會送進倉庫裡貯存？關鍵就在血糖

值。如果血糖值在 150 毫克以下就會指示脂肪送進肌肉裡燃燒；如果血糖值在 150 毫克以上則會指示脂肪送進倉庫貯存。（上述的內容有提到：運動時，主要能源的消耗次序是：肌肉中的肝醣→血液中的葡萄糖→肝臟中的肝醣→血液中的中性脂肪。所以，當飯後血糖值還很高時，肌肉自然會以血糖為主要的燃料，而較少用到脂肪，因此由小腸吸收來的中性脂肪就會剩餘下來，最後只好運送到倉庫貯存。）

※如果飯後約 30 分鐘後能夠出去散散步或輕鬆地活動身體，血糖值就會迅速下降，進而驅使脂肪送進肌肉裡燃燒。反之，如果飯後再吃甜點或睡覺，則必然發胖。

※肌肉越多，分泌的腦內嗎啡越多，也越能燃燒脂肪。問題是如何不讓肌肉隨年齡而衰減？答案是經常的運動。

◎運動時脂肪的代謝

雖然醣類（碳水化合物）及脂肪均可用作運動時的燃料，但人體把脂肪轉化成能量的過程是非常緩慢，所以醣類始終是運動時能量來源的首選。不過，當人體內的醣類儲備隨著運動的持續而顯著下降時，就得轉靠脂肪來提供能量，而運動的表現亦會隨之而下降。

脂肪的供能效率雖然不及醣類，但卻是人體內最大的能量來源。以一個體重 70 千克(公斤)，身體成分為 10% 脂肪的人為例，體內約有 $70 \times 10\% = 7$ 千克(公斤)的脂肪，以每克脂肪可提供 9 千卡能量計，人體便有 $7 \times 1,000 \times 9 = 63,000$ 千卡的脂肪能源儲備。若同一個人以每小時 3 英哩的中等速度作步行活動，便可持續作 $63,000 / (3.3 \times 70 \times 1) \approx 273$ 小時（超過 11 天）的步行活動或完成約 819 英哩的路程[1]。若同等的能源儲備是以肌醣的形式儲存，同一個人便負載多約 51.3 千克的重量[2]。

運動的時候，血液內一些激素，如腎上腺素（epinephrine）的水平上升，就會刺激到皮下脂肪的分子慢慢地分解成甘油（glycerol）和游離脂肪酸（free fatty acid），這些游離脂肪酸就可以被帶到線粒體（mitochondria）之內，在有氧的情況下作供能用途。

Romijn 等（1993）的研究顯示，隨著運動的強度增加，從低（25% V_{O2max} ，相當於步行的速度）到中等（65% V_{O2max} ，相當於可持續 2 至 4 小時的跑速）到高（85% V_{O2max} ，相當於可持續 30 至 60 分鐘的跑速），脂肪被分解作供能用途的過程會逐漸放緩（血液內的游離脂肪酸水平下降），醣類（肌醣與血糖）被用作供能用途的速率則會相應地加劇。

在運動進行期間補充脂肪似乎不及補充醣類般可行，因為游離脂肪酸的酸度難以食用，而長鏈的三酸甘油酯（long-chain dietary triglycerides）於進食 3 至 4 小時後方能進入血液，且吸收緩慢。就算是中鏈的三酸甘油酯（medium-chain dietary triglycerides），雖然是較易吸收，但大部分人卻進食超過 30 克後會引起腸胃不適及肚瀉，所以無論是比賽或訓練，都不大適宜於運動時作補充能源儲備之用。

吃進醣類也會影響到脂肪的分解和燃燒（至少維持 4 小時），這都是基於血液內胰島素（insulin）水平上升之緣故。在胰島素的作用之下，脂肪組織的分解會放緩，進而減少了釋放到血液中的游離脂肪酸。總之，當體內的醣類儲備充足時，都會優先採用醣類作為供能的燃料。反過來說，Phinney 等（1983）發現，長時間（4 個星期）採用高脂肪低醣（<20 克 / 天）膳食，可導致肌醣儲備下降（僅達正常水平的一半）。雖然在中等強度（62 至 64% V02max）運動之下，會動用更多脂肪作供能用途，但卻未能就此延續運動的時間，亦難以進行更高強度的運動，而且再考慮到高脂肪膳食對心血管疾病的風險，實在不宜採用這類高脂肪膳食。

◎減重與飲食

減重可以從減少每天飲食的熱量攝取，或增加每天的運動量，或以雙管齊下的方法（即控制飲食 + 適量運動）進行。醫學界一致認為『**控制飲食 + 適量運動**』是最健康及最有效的長期控制體重的方法。

如果單純以節食或斷食減肥，體重減少的成分會是：脂肪組織（70 至 80%）及肌肉組織（20 至 30%）；效果難以持久，而且損害健康。如果控制飲食再配合適量運動，體重減少的成分會是：脂肪組織（95%或以上）及肌肉組織（5%或以下）。這種雙管齊下的方法，不但能增加能量消耗，提高新陳代謝率，而且運動結束後的 24 小時，新陳代謝率仍會高於正常狀態，有助避免減肥後的體重回升。此外，運動還有促進身心健康，增進體適能的功效。況且，養成良好的生活習慣，特別是經常做運動，也是避免減肥後體重再次「反彈」的重要手段。

日常的能量消耗包括：（1）基礎代謝率：50 至 70%，（2）食物熱量消耗：10%，及（3）體力活動能量消耗：20 至 40%。當中又以體力活動能量消耗的個別差異最大，是影響脂肪積聚的主因。

要有效地減少體重（脂肪），可參照 Fox, Bowers 與 Foss（1993）的建議：要減少一磅淨脂肪的體重，就要額外消耗掉 3,500 千卡的熱量。在減重期間，每天熱量的虧損（caloric deficit，無論是由於節食或體力活動消耗引起），不應超過 1,000 至 1,500 千卡。熱量的虧損，應該是「減少進食」及「增加體力活動消耗」共同達至的成果，單純以節食來達至熱量虧損時，會導致瘦體重（fat-free weight）的損失。對大部分活躍的運動員來說，每天不應進食低於

1,800 至 2,000 千卡的热量，否則應該在醫護人員指導下進行。

◎為何運動員停止訓練會發胖

運動員或經常參與運動的人，在長期體育鍛煉的影響下，腸胃及消化道吸收營養物質的功能會有所增強，體內的能量代謝水平也要比一般人高。為了攝取更多的食物，以補充因運動而消耗的熱能，反映在大腦皮層的便是食欲的增進，因此，運動員及經常參與運動的人，他們的食欲都是比較好的。

停止運動鍛煉後，在短期內食欲仍是旺盛的，再加上腸胃及消化道的吸收功能良好，能量的消耗卻比參與運動鍛煉時少，多餘的能量便會轉化為脂肪並儲存於體內，於是人也就開始發胖起來了。

◎運動前的飲食

運動前應避免產生氣體的食物。此外，**脂肪和蛋白質的消化較慢，應在運動前 3 至 4 小時食用；碳水化合物（谷類、果汁、多士）一般較易消化，可在運動前 2 小時食用。運動前 30 分鐘飲用流質食物，一般不會對運動做成不良影響**，但這段期間亦不宜飲用糖分太高的飲料，以免因胰島素的分泌而降低血糖的濃度，也就降低了運動時的能量來源。

根據 Wilmore 與 Costill (1994)，無論在耐力項目（超過 1 小時）開始前 5 分鐘、2 小時或進行間進食碳水化合物都能促進運動表現。但運動員**切勿在運動開始前的 15 至 45 分鐘進食碳水化合物**，因為這樣做會**激發胰島素（insulin）的分泌，使血糖濃度下降，而且也防礙了運用脂肪作為燃料的功能**，於是引致運動開始後不久便出現疲勞現象，最終影響了運動表現。

如果比賽在晨早舉行，賽前膳食的安排便更加重要，因為自對上一次的晚餐起計，經過了十二小時或以上之後，肝醣的儲備已經在最理想水平以下。賽前膳食能起到重新恢復能源儲備的作用，也就可以延遲疲勞的出現。根據美國運動醫學院（ACSM，2002）的建議，賽前膳食的安排應該如下：

比賽在早上舉行

- 之前一晚要進食高碳水化合物晚餐。比賽當日的早上，只宜吃一頓輕量的早餐或小吃。

比賽在下午舉行

- 之前一晚及比賽當日的早上，都吃一頓高碳水化合物膳食。中午的時候，只宜吃一個輕量的午餐。

比賽在黃昏舉行

- 比賽當日的早上和正午，分別吃一頓高碳水化合物的早餐及午餐。下午只宜再吃點小吃。

◎運動中膳食與水分的補充

做運動的時候，視乎外在環境的情況（溫度、濕度、陽光、風力）、新陳代

謝的速率和穿著的衣服種類等，體溫可以急劇上升，於是身體會透過排汗來散發過剩的熱能。除了水分以外，汗液還包含著電解質，如果因大量出汗而又未能及時補充失去的水分和電解質，就會降低運動表現，甚至影響健康。

Sawka 等(2007)指出，運動員在訓練及比賽中，可以每小時流失 0.5 至 2.0 公升的汗液。當然，實際的流失速率會因個別運動員、運動項目和氣候的不同而有出入。就以越野跑為例，Godek, Bartolozzi 與 Godek (2005) 發現，夏天時汗液的平均流失速率可達 1.77 公升 / 小時(範圍由 0.99 至 2.55 公升 / 小時)；就算在冬天，Burke 等 (2005) 也發現半馬拉松運動員的平均汗液流失速率仍可達 1.49 公升 / 小時(範圍由 0.75 至 2.23 公升 / 小時)。由此推算，運動員在一場超過 2 小時的馬拉松長跑賽事中，可以流失約 3 公升或以上[1] 的汗液。以一個體重 70 千克的運動員計算，身體的總含水量為 42 公升(人體約 60% 的質量由水構成)，所以在一場馬拉松賽事中，可以流失 $3 \div 42 \times 100\% = 7\%$ 的水分，或 $3 \div 70 \times 100\% = 4\%$ 的體重。

在較涼快及溫和的環境之下，人體產生的熱能可以藉著輻射 (radiation) 和對流 (convection) 來散發，倚靠汗液蒸發 (evaporation) 來散熱的需求降低，所以汗液的流失量亦相對較少。在炎熱的環境底下，體熱主要靠汗液的蒸發來排出體外，穿著沉重或不通風的衣物，都會妨礙了體熱藉著汗液的蒸發而排出體外，汗便會流得更多。反過來說，當氣流增強的時候 (風、跑速)，會促進汗液的蒸發，減少汗液掉到地上，造成「浪費」。

汗液中電解質 (如鈉、鉀、鈣、鎂等) 的流失量要視乎汗液的總流失量和汗液中電解質的濃度而定，而且會按遺傳、膳食、汗液速率和熱適應能力而有出入。然而，性別、成熟程度和年齡，對此卻無顯著影響。雖然汗腺能重新吸收鈉 (sodium) 和氯化物 (chloride)，但其吸收能力並不會隨著汗液速率的上升而有所提高，因而使到汗液中鈉和氯化物的濃度會隨著汗液加快而升高。熱適應 (heat acclimatization) 能增強再吸收鈉和氯化物的能力，使人體在任何汗液流失速率之下，汗液中鈉的濃度都會較低。

人體約 60% (範圍由 45 至 75%) 的重量是由水組成，並且會因不同的身體成分 (body composition) 而有所分別。去除脂肪後的肌肉中有 70 至 80% 的重量由水構成；但脂肪組織卻只有 10% 的重量是水。水在肌肉或脂肪中的含量與年齡、性別、種俗等因素並無關係。因此，一個重 70 千克的人，體內約存著 42 公升 (範圍由 31 至 51 公升) 的水分 (Institute of Medicine, 2005)。經過訓練的運動員，由於肌肉增多和脂肪減少，所以體內的總存水量會較高。

人體內的水平衡要按水分的吸收和流失而定，水分可透過飲料、膳食和新陳代謝而得到補充，但亦會隨著呼吸、排泄和出汗而流失。在正常的情形下，由新陳代謝而產生的水分 (約 0.13 克 / 千卡熱能)，與呼吸時水分的流失量互相抵消 (Consolazio, Johnson 與 Pecora, 1963; Convertino 等, 1996)。除了腹瀉的情況下，水分隨消化管道的流失量只為 100 至 200 毫升 / 天。腎臟會調節尿液輸出來維持體內的水平衡，能夠每小時排出 20 至 1000 毫升的尿液

(Institute of Medicine, 2005)。在劇烈運動的時候，流到腎臟的血量和腎小球的過濾能力都會顯著下降，尿液的排放量亦會隨之而減少(Zambraski, 2005)。因此，運動時吸取過多的水分(hyperhydration)，腎臟便難以將多餘的水分排出體外。

一般來說，經過 8 至 24 小時之後，如果能夠汲取足夠的水分和電解質，兩者都能夠被完全補充，使身體的總存水量得以維持，並且經常都能夠保持在體重的 ± 0.2 至 0.5% 以內。運動時體重的改變可以用來計算汗液的流失速率。由於汗液的比重(specific gravity)為 1.0 克 / 毫升，每減輕 1 克的體重就代表流失了 1 毫升的汗液。因此，運動前後體重的相差便可以用作水分補充的指標。對大部分人來說，水分流失超過體重的 2% 便會開始影響到有氧運動和認知上的表現(特別在炎熱的天氣底下)，但實際情況會按環境溫度、運動種類和個人生理特質而有差異。在較寒冷的天氣底下，脫水超過體重的 3% 才會開始影響到有氧運動的表現。不過，就算脫水程度是超過了體重的 3 至 5%，仍不會影響到無氧運動和肌肉力量的表現(Sawka 等, 2007)。

脫水不但會影響到運動表現，而且還可以導致熱衰竭，甚至是中暑的嚴重後果。另一方面，過度補充水分(高於汗液流失量)而未能適當補充鈉，使到血漿內的鈉過少(低於 125 微摩爾 / 公升)，便會造成運動性低血鈉症

(exercise-associated hyponatremia)，而且血鈉的濃度降得越低，降得越急，出現腦部疾病(如水腫)及肺水腫的風險就越大。低血鈉症癥狀包括：頭痛、嘔吐、手及腳部腫脹、不安、不尋常的疲累、混亂和失去知覺(腦部疾病：水腫)、呼吸時出現氣喘聲(肺水腫)等。當血鈉的濃度遠低於 120 微摩爾 / 公升的時候，甚至會出現昏迷、呼吸停頓，甚至死亡的情況。American College of Sports Medicine 對運動時水分的補充有下列的建議(Sawka, 2007)：

運動前的水分補充

運動前的 4 小時，便應開始按體重逐少補充水分(約 5 至 7 毫升 / 千克)，如果之後未有小便或尿液的顏色仍較深，便應在運動前的 2 小時，再按體重逐少補充水分(約 3 至 5 毫升 / 千克)。在運動前數小時開始補充水分，能確保尿液的輸出，亦即體內的水平衡，在運動開始前已回復正常。飲用含鈉的飲料及進食加進少量食鹽的小食，能刺激口渴的感覺及保存喝進的水分。一般來說，攝氏 15 至 21 度的水較為可口。

運動時的水分補充

運動時水分補充的目標就是防止脫水(超過體重的 2%)和保持電解質的平衡，並維持核心溫度，補充的分量和速率要按個人的汗液流失速率、運動的持續時間和可以給予補充水分的機會(水站的設置)而定。運動的持續時間越長(超過 3 小時)，水分補充與汗液流失之間的平衡越加重要，否則會造成脫水或運動性低血鈉症。一般市售的運動飲料大多數除了水分外，還含有一些碳水化合物、胺基酸、及礦物質(例如鈉可以保留水分)。

對於賽前體內水平衡正常的馬拉松運動員來說，建議可隨著意向飲用 0.4

至 0.8 公升 / 小時的飲料。運動員的跑速越高，體重越重，氣候越炎熱，飲的應當較多；反過來說，個子較小，體重較輕，速度較慢的運動員，可以相對飲少些。Montain, Cheuvront 與 Sawka (2006) 也認同這個飲用分量。

至於運動飲料的成分，Institute of Medicine (1994) 建議，除了要含有電解質（鈉、鉀、氯化物）外，還要包含約 5 至 10% 的碳水化合物[4]，以補給能量。碳水化合物的補給有助於維持運動的強度，每小時飲用約 30 至 60 克的碳水化合物飲料，能有效維持血糖的水平，從而保持運動表現 (Coyle, 2004; Coyle 與 Montain, 1992)。以一支常規的運動飲料（含 6 至 8% 碳水化合物）計算，運動員每小時可飲用 0.5 至 1 公升以達致每小時補充 30 至 80 克碳水化合物的目標。不過，運動飲料中的碳水化合物亦不宜超過 8% 的濃度，否則容易滯留胃部，妨礙水分的吸收。

運動後的水分補充

運動後水分補充的目標，就是要完全恢復體內的水分和電解質儲備。如果時間許可，正常的飯餐及小吃（只要含有適量的鈉），再加上清水已足夠補充需要。於恢復階段在食物或飲品中加進鈉，有助刺激口渴的感覺和保留喝進的水分。就算從汗液流失了較多的鈉，只要在食物中加多少許的食鹽，一般已足夠補充失去的電解質。

若要盡快解決脫水的問題，運動員應按每千克體重的損失，飲用約 1.5 公升（包含電解質）的飲料，但千萬不要一次過喝進太多。若脫水的情況嚴重（超過體重的 7%），或運動員出現反胃、嘔吐或腹瀉，又或者不能喝進飲料時，可從靜脈給予水分補充。除此以外，在大部分情況之下，透過靜脈來補充水分並不會帶來任何額外的好處。

運動後的膳食補充

如果每隔幾天才進行劇烈的運動訓練或比賽，只要有均衡的膳食，經過一至兩天的日常進食後，體內的肝醣儲備便能夠恢復正常。不過，對於要連續多日進行劇烈的訓練或比賽，又或者在同一日內要進行的運動員來說，**運動後進行高碳水化合物膳食也是非常重要，特別是運動結束後的 2 個小時之內**。研究發現運動後立刻進食以每磅體重計，2 / 3 克的碳水化合物，並在 2 個小時後再次重複進食相同分量，便能夠迅速恢復體內的肝醣儲備 (Anderson, n. d.)。

[1] 1 公升的汗液約重 1 千克。

[2] 每蒸發 1 克的汗水可帶走 0.58 千卡 (Kcal) 的熱能。進行劇烈運動時，人體需要以每小時蒸發約 1.2 公升的速率來散發體熱。

[3] 汗液必須藉著「蒸發」以帶走大量的熱能，掉在地上的汗水並無助於散發體熱 (Cheuvront 等, 2004; Sawka, Wenger 與 Pandolf, 1996)。

[4] 即每 100 毫升含有 5 至 10 克的碳水化合物。

《參考文獻》

1. Ainsworth, B. E. (2002, January). The Compendium of Physical Activities Tracking Guide. Prevention Research Center, Norman J. Arnold School of Public Health, University of South Carolina. Retrieved 2006-12-30 from the World Wide Web. http://prevention.sph.sc.edu/tools/docs/documents_compendium.pdf
2. Coyle, E. F. (1995). Fat metabolism during exercise. *Sports Science Exchange*, 8(6). Gatorade Sports Science Institute.
3. Fox, E., Bowers, R. & Foss, M. (1993). *The Physiological Basis for Exercise and Sport (5th Edition)*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Communications.
4. Hultman, E. (1967). Studies on muscle metabolism of glycogen and active phosphate in man with special reference to exercise and diet. *Scand. J. Clin. Lab. Invest. (Suppl 94)*, 19, 1-63.
5. Hurley, B. F., Nemeth, P. M., Martin, W. H., Hagberg, J. M., Dalsky, G. P., & Holloszy, J. O. (1986). Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. *Journal of Applied Physiology*, 60, 562-567.
6. Martin, W. H., Dalsky, G. P., Hurley, B. F., Matthews, D. E., Bier, D. M., Hagberg, J. O., & Holloszy, J. O. (1993). Effect of endurance training on plasma FFA turnover and oxidation during exercise. *American Journal of Physiology*, 265 (Endocrino. Metab. 28): E708-E714.
7. Phinney, S. D., Evans, W. J., Gervino, E., & Blackburn, G. L. (1983). The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal

- exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism*, **32**, 769-776.
8. Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Gastaldelli, A., Horowitz, J. F., Endert, E., & Wolfe, R. R. (1993). Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *American Journal of Physiology*, **265** (Endocrinol. Metab. **28**): E380-E391.
 9. Ainsworth, B. E. (2002, January). *The Compendium of Physical Activities Tracking Guide*. Prevention Research Center, Norman J. Arnold School of Public Health, University of South Carolina. Retrieved 2006-12-30 from the World Wide Web. http://prevention.sph.sc.edu/tools/docs/documents_compendium.pdf.
 10. Fox, E. L., Bowers, R. W., & Foss, M. L. (1993). *The Physiological Basis of Exercise and Sport (5th ed.)*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown Communications, Inc.
 11. Melby, C., & Hickey, M. (2005). Energy balance and body weight regulation. *Sports Science Exchange*, **18**(4). Gatorade Sports Science Institute.
 12. Eatwell 營養師 (2001)。卡路里計算機。香港：明窗出版社。
 13. 王香生 (2003)。為健康而運動。香港：明報出版社。
 14. 北京體育學院體育衛生教研組 (1976)：運動生理衛生常識問答，北京：人民體育出版社。
 15. Bergeron, M. F. (2003). Heat cramps: fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. *Journal of Science & Medicine in sport*, **6**, 19-27.
 16. Burke, L. M., Wood, C., Pyne, D. B., Teleford, R. D., & Saunders, P. U. (2005). Effect of carbohydrate intake on half-marathon performance of well-trained runners. *Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, **15**, 573-589.

17. Carter, R. I., Chevront, S. N., Williams, J. O., et al. (2005). Hospitalization and death from heat illness in US Army soldiers, 1980–2002. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **37**, 1338–1344.
18. Chevront, S. N., Carter III, R., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2004). Influence of hydration and air flow on thermoregulatory control in the heat. *Journal of Thermal Biology*, **29**, 532–540.
19. Consolazio, F. C., Johnson, R. E., & Pecora, L. J. (1963). The computation of metabolic balances. In: *Physiological Measurements of Metabolic Function in Man*. New York: McGraw-Hill, pp. 313–339.
20. Convertino, V. A., Armstrong, L. E., Coyle, E. F., et al. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **28**, i–vii.
21. Colyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Science*, **22**, 39–55.
22. Coyle, E. F., & Montain, S. J. (1992). Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: are there trade-offs? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **24**, 671–278.
23. Godek, S. F., Bartolozzi, A. R., & Godek, J. J. (2005). Sweat rate and fluid turnover in American football players compared with runners in a hot and humid environment. *British Journal Sports Medicine*, **39**, 205–211.
24. Institute of Medicine. (1994). *Fluid Replacement and Heat Stress*.

25. Institute of Medicine. (2005). Water, In: *Dietary Reference Intakes for Water, Sodium, Chloride, Potassium, and Sulfate*. Washington, D. D.: National Academy Press, pp. 73–185.
26. Montain, S. J., Chevront, S. N., & Sawka, M. N. (2006). Exercise associated hyponatremia: quantitative analysis for understand the aetiology. *British Journal of Sports Medicine*, **40**, 98–106.
27. Noakes, T. (2003). Fluid replacement during marathon running. *Clinical Journal of Sport Medicine*, **13**, 309–318.
28. Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). ACSM position stand: Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **39**(2), 377–390.
29. Sawka, M. N., Wenger, C. B., & Pandolf, K. B. (1996). Thermoregulatory responses to acute exercise– heat stress and heat acclimation. In: *Handbook of Physiology, Section 4: Environment Physiology*, C. M. Blatteis and M. J. Fregly. New York: Oxford University Press for the American Physiological Society, pp. 157–186.
30. Stofan, J., Nicksich, D., Horswill, C. A., et al. (2001). Sweat and sodium losses in cramp-prone professional football players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **33**(Suppl 1), S256.
31. Zambraski, E. J. The renal system. In: *ACSM' s Advanced Exercise Physiology*. C. M. Tipton, M. N. Sawka, C. A. Tate, and R. L. Terjung. Baltimore, MD: Lippincott, Williams & Wilkins, pp. 521–532.

32. Hackney KJ, English KL. Protein and Essential Amino Acids to Protect Musculoskeletal Health during Spaceflight: Evidence of a Paradox? *Life (Basel)*. 2014 Jul 11;4 (3):295-317.
33. Wu G, Wu Z, Dai Z, Yang Y, Wang W, Liu C, Wang B, Wang J, Yin Y. Dietary requirements of "nutritionally non-essential amino acids by animals and humans. *Amino Acids*. 2013 Apr 44 (4):1107-13.
34. Bannai M, Kawai N. New therapeutic strategy for amino acid medicine: glycine improves the quality of sleep. *J Pharmacol Sci*. 2012;118 (2):145-8.
35. Höybye C, Christiansen JS. Growth hormone replacement in adults - current standards and new perspectives. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2015 Jan;29 (1):115-123.
36. Serhiienko OO. The experimental and clinical aspects of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Lik Sprava*. 1995 May-Jun ;(5-6):61-6.
37. Dubland JA, Francis GA. Lysosomal acid lipase: at the crossroads of normal and atherogenic **cholesterol** metabolism. *Front Cell Dev Biol*. 2015 Feb 2;3:3.
38. Gayet-Boyer C, Tenenhaus-Aziza F, Prunet C, Marmonier C, Malpuech-Brugère C, Lamarche B, Chardigny JM. Is there a linear relationship between the dose of ruminant trans-fatty acids and cardiovascular risk markers in healthy subjects: results from a systematic review and meta-regression of randomised clinical trials. *Br J Nutr*. 2014 Dec;112 (12):1914-22.
39. 郭振楚. 糖類化學. 化學工業出版社. 2005-08.

40. Shallenberger, Robert S.; Wiene, Wanda J. Carbohydrate stereochemistry. *Journal of Chemical Education*. 1989-01-01, **66** (1): 67.
41. Rebecca J. Donatelle. *Health, The Basics*. 6th ed. San Francisco: Pearson Education, Inc. 2005.
42. Kutsy, R. J. (1973). *Handbook of Vitamins and Hormones*. New York: Van Nostrand Reinhold.
43. Hume, Eleanor Margaret; Lucas, Nathaniel Sampson; Smith, Hannah Henderson. On the Absorption of Vitamin D from the Skin. *Biochemical Journal*. 1927, **21**(2): 362 - 367.
44. Whitney, Ellie; Sharon Rady Rolfes (2011). Peggy Williams, ed. *Understanding Nutrition* (Twelfth ed.). California: Wadsworth: Cengage Learning. ISBN0-538-73465-5.
45. Forsmo S, Fjeldbo SK, Langhammer A (2008). "Childhood Cod Liver Oil Consumption and Bone Mineral Density in a Population-based Cohort of Peri- and Postmenopausal Women: The Nord-Trøndelag Health Study". *American Journal of Epidemiology* **167** (4): 406 - 411.
46. Buttigliero C, Monagheddu C, Petroni P, Saini A, Dogliotti L, Ciccone G, Berruti A (2011). Prognostic role of vitamin d status and efficacy of vitamin d supplementation in cancer patients: a systematic review. *The oncologist* **16** (9): 1215 - 27.
47. Li M, Chen P, Li J, Chu R, Xie D, Wang H (2014). Review: the impacts of circulating 25-hydroxyvitamin D levels on cancer

- patient outcomes: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab.* Online first (7): 2327 - 36.
48. Tsukamoto Y, Ichise H, Kakuda H, Yamaguchi M (2000). Intake of fermented soybean (natto) increases circulating vitamin K₂ (menaquinone-7) and gamma-carboxylated osteocalcin concentration in normal individuals. *J. Bone Miner. Metab.* **18** (4): 216 - 22.
49. Sano; Fujita, H; Morita, I; Uematsu, H; Murota, S (1999). Vitamin K₂ (menatetrenone) induces iNOS in bovine vascular smooth muscle cells: no relationship between nitric oxide production and gamma-carboxylation. *Journal of nutritional science and vitaminology* **45**(6): 711 - 23.
50. Bettendorff L, Wirtzfeld B, Makarchikov AF, Mazzucchelli G, Frédérick M, Gigliobianco T, Gangolf M, De Pauw E, Angenot L and Wins P (2007). Discovery of a natural thiamine adenine nucleotide. *Nature Chemical Biology* **3** (4): 211 - 212.
51. Ball F.M. George, Riboflavin in Vitamins in Foods, Analysis, Bioavailability, and Stability. Taylor and Francis Group, New York, 2006. P168-175
52. Faron, G; Drouin, R; Pedneault, L; Poulin, LD; Laframboise, R; Garrido-Russo, M; Fraser, WD (2001). Recurrent cleft lip and palate in siblings of a patient with malabsorption syndrome, probably caused by hypovitaminosis A associated with folic acid and riboflavin deficiencies. *Teratology* **63**(3): 161 - 3
53. Liu A., Lumeng L., Aronoff G., Li T-K.; Lumeng; Aronoff; Li (1985). Relationship between body store of vitamin B₆ and

- plasma pyridoxal-P clearance: metabolic balance studies in humans. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* **106**(5): 491 - 497.
54. Banerjee, R; Ragsdale, SW (2003). The many faces of vitamin B12: catalysis by cobalamin-dependent enzymes. *Annual review of biochemistry* **72**: 209 - 47.
55. Tallman JF, Paul SM, Skolnick P, Gallagher DW (1980). "Receptors for the age of anxiety: pharmacology of the benzodiazepines. *Science* 207(4428): 274 - 81.
56. Chirapu SR, Rotter CJ, Miller EL, Varma MV, Dow RL, Finn MG. High specificity in response of the sodium-dependent multivitamin transporter to derivatives of pantothenic acid. *Curr Top Med Chem.* 2013;13(7):837-42
57. Choi JH, Yates Z, Veysey M, Heo YR, Lucock M. Contemporary issues surrounding folic Acid fortification initiatives. *Prev Nutr Food Sci.* 2014 Dec;19 (4):247-60.
58. Paparella AS, Soares da Costa TP, Yap MY, Tieu W, Wilce MC, Booker GW, Abell AD, Polyak SW. Structure guided design of biotin protein ligase inhibitors for antibiotic discovery. *Curr Top Med Chem.* 2014;14(1):4-20
59. Zeisel SH. Choline: critical role during fetal development and dietary requirements in adults. *Annu. Rev. Nutr.* 2006. 26:229 - 50
60. Clements RS Jr, Darnell B (1980). Myo-inositol content of common foods: development of a high-myo-inositol diet. *American Journal of Clinical Nutrition* **33** (9): 1954 - 1967.

61. Milton K (June 1999). Nutritional characteristics of wild primate foods: do the diets of our closest living relatives have lessons for us?. *Nutrition* **15** (6): 488 - 98.
62. Baroni, L.; Cenci, L.; Tettamanti, M.; Berati, M. (2007). "Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems". *European Journal of Clinical Nutrition* **61** (2): 279 - 286.