

運動員的營養

趙叔蘋 著

摘要

本文旨在以營養學、人體消化機轉、配合著人體於運動時的生理變化，闡述、探討激烈運動前、後及至運動中營養補充對運動員的生理反應及其成績表現之影響。

由於個人的體質及適應環境的力等因素之差異，對於運動員所需補充的能量多寡，補充營養素的種類，投予補充物的時間快慢補充物本身的濃度，每項都與運動員本身的消化、吸收功能有著密不可分的關係，而人體內的耗能過程卻有其規律性的反應，如何依已知的反應，配合個人體質的需求，做一完善地搭配，以期在較理想的表現下，亦能兼顧個人健康的維護，此乃筆者探討此類文獻的最終期盼。

貳、激烈運動時，消化、吸收之機轉

激烈運動時，人體的生理反應會發生顯著的變化，其中消化、吸收的機轉亦會受到影響。由於運動時，人體的血液會重新分配，以供應肌肉活動所需的氧氣和營養物質，因此消化道的血液供應會相對減少，這可能會導致消化功能下降。此外，運動時產生的胃酸過多，可能會引起胃部不適或嘔吐。然而，適當的營養補充可以幫助維持消化道的正常功能，並提供運動所需的能量和營養。

在運動前，適當的營養補充可以幫助提高體能，延緩疲勞的出現。運動中，適當的營養補充可以幫助維持體能，延緩疲勞的出現。運動後，適當的營養補充可以幫助恢復體能，促進肌肉的修復和生長。因此，運動員在運動前、中、後都應該注意營養的補充。

總之，運動員的營養補充是一個複雜的過程，需要根據個人的體質和運動的需求來進行。適當的營養補充可以幫助提高體能，延緩疲勞的出現，並促進肌肉的修復和生長。因此，運動員在運動前、中、後都應該注意營養的補充。

The Nutrition of Athletes

Abstract

Jaw Shwu-Pyn

This paper is aimed to discuss the effect of supplement of energy prior to, during or after strenuous endurance exercise on athletes in terms of nutrition, human digestive mechanism and physical transformation during exercise.

The text is divided to six parts:

- A. Foreword: The motive and purpose of writing this paper.
- B. The control structure of digestion and absorption in taking nutrition.
- C. The role of glucose during exercise and the time and amount in taking glucose.
- D. How to make full use of fat to transform itself into energy.
- E. Instructions of nutrition during exercise.
- F. Conclusion.

壹、前言

由於科技的不斷發展，運動訓練也日趨科學化的今日除了冀求運動表現的突破外，同時也人性化的考慮到運動員生理結構的變化，發展至今，已有許多有關運動營養的知識，藉著種種角度的探討不同層面的深究，已確定食物可提升運動能力，但是由於每個個體的差異性如性別、基礎代謝量、生活狀態，乃至訓練時強度的不同、當時運動環境的溫度、濕度甚至該項運動造成運動員心中壓力，導致之生理變化，再再都是影響運動表現的成因，所以著實很難期待能有面面顧及的研究報告產生，因此本文僅就相關且具代表性的研究結果，加以探究，目的是期望能提供從事運動者對於營養攝取所引起的效應問題，有原則性的瞭解，依其原則做融通性地調配，則非但有助運動成績的提升，對於運動員本身而言，也不失為一種自我預防「激烈運動後遺症」的方法之一。

貳、營養攝取時，消化、吸收之機轉

人體之消化、吸收機能是在無意識狀況下進行，參與其事的有自律神經、內分泌腺分泌之荷爾蒙及由消化管粘膜細胞所生成之消化管荷爾蒙。當人體從事運動時，呼吸數、氧攝取量、心搏數都會隨之提升，此時體內的自律神經即進行調節性地運作。其中交感神經占優勢，相對地受副交感神經支配的消化系統之功能即被壓抑；換言之，若副交感神經充分發揮時，則消化機能達到最佳狀況，那麼所攝取的食物方能充分且快速地轉換成營養素為人體所運用；但是，此時運動機能則無法盡如人意的達到充分發揮的境界。

若由內分泌腺荷爾蒙來探討，運動時由於壓力的增加，會使得內分泌腺荷爾蒙隨之增加，由副腎髓質分泌腎上腺素，由體液自體調節而分泌抗利尿荷爾蒙，而這些荷爾蒙皆會抑制呼吸、消化機能之正常運作。然而，與運動有關的問題，大多是在營養素攝取及消化、呼吸機能的運作上。在運動前若能保有營養充沛的狀況，運動後又能快速補充所消耗掉的熱能，則生理情況即趨於理想。

近年來，由於已知道小腸液中僅有少許消化酵素的分泌，所以三大營養素的消化可分由管腔內消化(intracanal digestion)及粘膜消化(mem-

brane digestion)來進行。

以往都認為營養素的消化是藉由消化管腔內所分泌出的唾液、胃液、胰液、腸液等所含之消化酵素來加以分解至最小構成分子，再由小腸粘膜來予以吸收。但是，近幾年發現，管腔內的消化，僅是做到將三大營養素分解至被消化吸收的最終階段的前一階段，由於這些管腔內消化的機轉皆是由副交感神經來主控，因而運動時交感神經之亢奮作用，即會抑制上述消化、吸收之功效。

再者，消化管中荷爾蒙的分泌是依消化產物的性質、形狀，刺激消化管粘膜，因而產生分泌，所以在無法攝取食物的運動情況下，其作用則無用武之地。被分解成最後階段的營養素會被覆蓋在小腸粘膜細胞表面的glycocalyx（屬於粘膜多醣類mucopolysaccharide layer）所吸著，並向內部移送至微絨毛膜，再由該處所分泌的分解酵素，進行最後階段的分解及吸收，此即謂黏膜消化。人體在消化所攝取的營養素時，可以區分成管腔內消化及黏膜消化二部分來加以考量。倘若消化吸收功能達到充分發揮的狀況時，運動本身則無法期盼能有優異的表現。

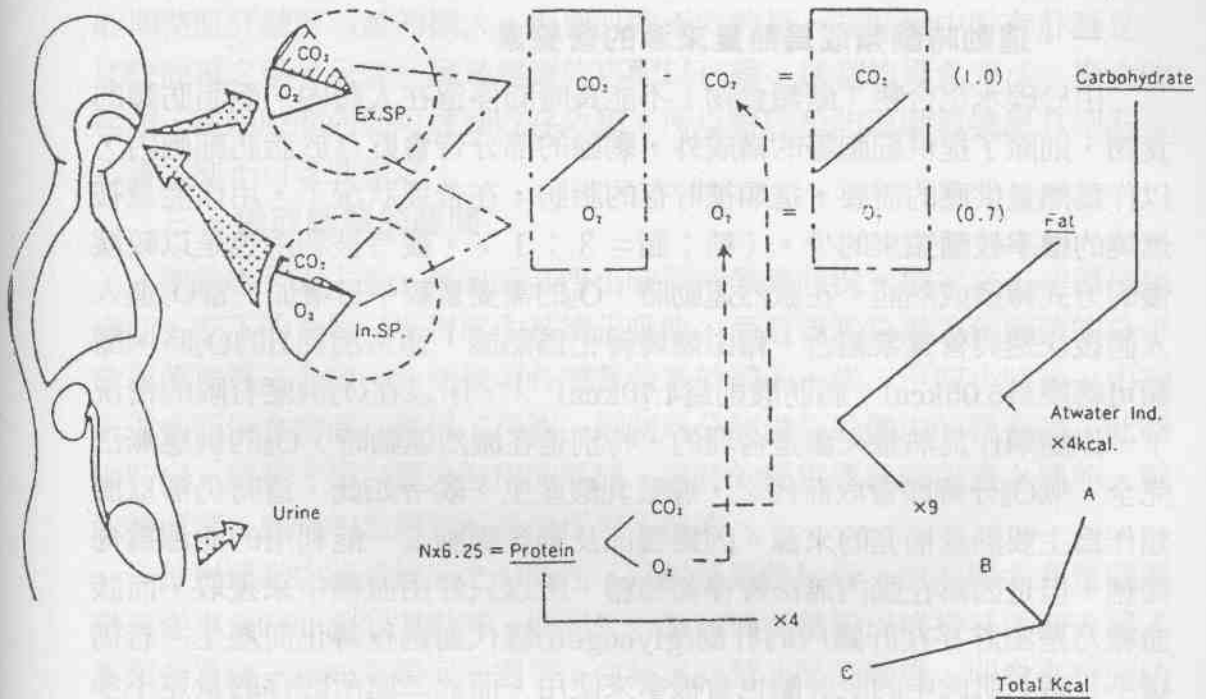
再者，人體內每天約分泌出8l的消化液，其中大部分是由小腸、大腸再吸收，以進行體內水分的代謝作用。因此運動中的喪失的水分由於幾乎完全排出於體外，導致無法再吸收，進而影響到消化液的分泌，消化、吸收等功能也會因而降低，所以運動後水分的補充，則需格外用心。

依運動情形來推估熱量的消耗量及其補充

營養補充乃是依當事者之消耗量來予以決定，過多過少皆不宜，所以必須先瞭解如何測定運動員之熱量消耗。

在體內所產生之熱量代謝總量，可以由體內所消耗的 O_2 量，及排出體外的 CO_2 量來推算。亦即，在一定時間內，採取所排放出的呼氣量，其中 O_2 與 CO_2 量和體內所消耗掉的 O_2 與 CO_2 所求得之呼吸商，即是推算體內燃燒物質的方法。但是在體內所燃燒掉的物質，至少有醣類、脂質、蛋白質三種，若僅是由呼氣中測定出的呼吸商是無法測知體內有多少的營養素被燃燒使用，因此在測量的時段中，測出尿中氮的含量，再乘上轉換係數(conversion factor約為6.25)，即可算出在該時段中燃燒掉的蛋白質，因此可藉此推算出燃燒這些蛋白質所需要的 O_2 ，及燃燒後所產生之 CO_2 ，接著再以此呼氣量來推算出非蛋白呼吸商，以醣類：脂質 $\approx 1.0 : 0.7$ 的比例，算出在體內燃燒掉的醣類及脂質的量。而後再以醣類、脂質、蛋白質之熱

量係數比4:9:4加以計算，即可算出此人熱量之總消耗量，有關上述之流程簡示於下圖。



圖一 人體熱量消耗的測定 (中野昭一、內藤佳津子)

營養補充的出發點，在於針對所測出的這些數值給予均衡的食物補給，以滿足應有的總熱量攝取。以往要算出運動時所消耗的熱量，是將運動時間乘上基礎代謝及該項運動之熱量代謝率而得之。但是由於RMR(resting metabolic rate)並不相當於靜性式運動，故近年來，即採METS法(安靜代謝之倍數)來加以推算。所謂，1METS=3.5ml/kg/min O_2 的需要量，相當於1kcal/min的熱量消耗量，在運算上有其方便處，所以今後以METS法來換算運動消耗之熱量是必趨之勢，且現在幾乎各項運動、日常生活之RMR及METS都已算出，故以此種方法來算出各項運動所消耗的熱量，則頗具可行性。

參、運動時醣類的角色扮演及其攝取的時 間與份量

一、運動時醣類成爲熱量來源的營養素

由於碳水化合物（醣類食物）不能長時間停留在人體內，而脂肪類的食物，則除了提供細胞等的構成外，剩餘的部分皆會貯存於脂肪細胞內，以作爲熱量供應的需要，這類被貯存的脂肪，在普通狀況下，用作能量被燃燒的機率較醣類來的少，（糖：脂=3：1），縱令被利用也是以較緩慢的方式轉換成熱能。在激烈運動時， O_2 的需要量較平日增加，當 O_2 進入人體後快速與營養素結合，藉由燃燒轉化爲熱能，通常消耗1l的 O_2 時，醣類可轉換爲5.05kcal；脂肪酸則爲4.70kcal³¹⁾，所以在 O_2 供應有限的情況下，以醣類作爲熱量來源是合理的，特別是在激烈運動時， O_2 的供應無法完全，無 O_2 分解即會取而代之，導致乳酸產生。縱令如此，這時仍需以醣類作爲主要熱量補充的來源。因爲腦部及神經細胞唯一能利用的能源爲葡萄糖，但是因爲在腦內無法貯存葡萄糖，所以只好由血糖中來獲取，而該血糖乃是由貯存在肝臟內的肝醣(glycogen)經代謝過程轉化而產生。若仍嫌不足時，肌肉中的肌肝醣也會被拿來使用。而此二處所貯存的量並不多，在消耗殆盡時，脂肪或蛋白質即會經由肝臟的代謝，將肝醣釋出於血液以便供運動使用。因此就運動選手而言，身體內特別是肝臟或肌肉內之肝醣容積量能增大的話，誠乃影響耐力性運動的條件之一。

二、攝取醣類的份量

醣類攝取過量時（以超過必需量而言），多餘的醣類會轉換成脂肪存起來，它與運動員的爆發力等無任何關係；反而是攝取過多的醣類會造成血液中高血糖的產生，在這種情況下，體內即行分泌胰島素，爲的是要平衡血中葡萄糖的正常濃度，如此一來，反而會對運動本身的耐力性帶來負面的效果，導致提早耗竭，故醣類的補充並非多多益善。

在激烈運動時，血糖值下降，因而有空腹的感覺，此時若攝取過量的飲料時，會有暫時性的血糖上升，因而阻礙了正常食慾，以致無法攝取均衡的飲食，所以對於適得其反的營養補充，也需加以留心。

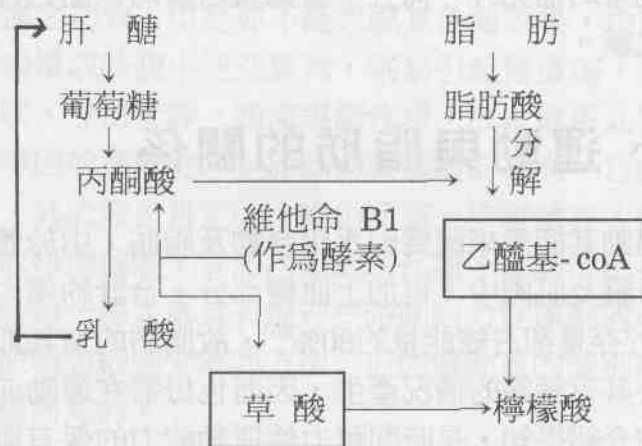
攝取醣類後並不是馬上即可轉化爲肌肝醣提供消耗，一般而言，要使肌肝醣達到飽和，約需花上三天時間的準備。縱令是同量的醣類攝取，

若將其用在身體已達到疲憊困頓，且肌肝醣也用罄的情況下，再行補充的話，則會產生rebound(反彈)現象，這對於肌肉內貯存肌肝醣的能力有提升之效。換言之，爲了提升運動員體內肌肝醣的儲存量，可在平日進行相關訓練，即在攝食醣類前，先進行可以耗盡肌肝醣程度的高負荷運動，就能期待肌肝醣容積量的擴大，而與肌肉不同的是，在肝臟中貯存肝醣是件比較簡單之事，只要肝臟是健康的再配以正確、適當的攝食方法，攝食的種類，在短時間內即可達到貯存效果。所以對於預防運動員罹患B型肝炎乙事，亦不可等閒視之。

三、攝取醣類的時間

依鈴木⁴²⁾的主張，賽前三至四小時保持禁食狀況，換言之，在競技比賽前，吃下的食物已在胃腸內被消化吸收，而飯後胰島素等荷爾蒙的分泌會促使物質之合成，進而積蓄各類營養素於體內，俟三至四小時後，由於未進食任何食物而身體爲了代謝，則開始分解儲存於體內的營養素，此時由肝醣、脂肪、蛋白質分解出的熱能，適時的提供運動時所需之熱能，就競賽而言，此時的身體狀況是最理想不過的。

針對運動中能量補充之有效性，可說是眾說紛紜，而問題大多是就運動員從事長時間激烈運動時，期間是否應該補充熱能以維持其運動表現乙事頗多爭議？諸如這類型的選手，在耗盡肝醣及肌肝醣後，即會進行脂肪的分解，利用其產生的能量來維持運作，而脂肪的燃燒過程中，仍需要碳水化合物參與方得完全，圖二爲脂肪酸燃燒的變化情形。¹¹⁾



圖二 脂肪酸的燃燒

再者，由於長時間的熱量消耗，肝臟內的肝醣，因肌肉運動而用罄，此時血糖值即下降，由於腦部能量來源僅能依賴葡萄糖，結果造成腦部的反應遲鈍，因而影響競技比賽的成績，所以運動中途，補給醣類，與其說是提供運動時的能源，還不如說是爲了供給腦細胞，及脂肪細胞正常運作而爲之。正因爲補充的目的不是爲了提供運動時之能量，故毋需一次給予多量，而需選擇在胃中停留時間短且容易被消化吸收的食物。

四、賽前爲何不食高蛋白質之食物？

影響人體運動能力的許多體內因素，如肌肉收縮、氧的輸送與貯存，物質代謝與生理機能的調節等，都與蛋白質有密切關係，而且胺基酸可爲運動時肌肉耗能提供熱能，在肌肝醣充分時，蛋白質供能僅占總熱量的5%，當肌肝醣耗損時，則可升至15%，但是由於蛋白質代謝時，其產物爲酸性物質，故過多時會增加體液的酸度，因而降低運動能力，引起疲勞產生；而代謝蛋白質時所需要的水分比碳水化合物還來得多，在激烈運動中，已消耗多量的水分，若此時胃部尚有含蛋白質之食物待消化，則會有一部分的水會被利用至胃部進行消化作用。人體內部的各種生化反應都需要水分，在伴隨汗水流失的同時，尚有鹽分的銳減；而鈉離子的流失亦會造成體內電解質的失衡，進而導致肌肉疼痛，或嘔吐等現象，由於肝醣在轉換成熱能的過程中會產生水分（有氧情況下： $\text{肝醣} \rightarrow \text{葡萄糖} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{能}$ ）而這些水分可於肌肉最重要的時候釋放出來，因此運動前攝取複合碳水化合物，除了提供能量的補充外，尙且不會像蛋白質的代謝過程中需要多量的水而影響運動成績。

肆、運動與脂肪的關係

長時間耐力性的運動其能量來源爲碳水化合物及脂肪，由於體內所貯藏之碳水化合物是在肝臟及肌肉中，再加上血糖部分，合計約僅占總貯存能量的1%。而脂肪的貯存量卻占總能量的80%³⁵⁾，故脂肪的消耗即若是馬拉松選手，也毋屬擔心其有耗竭的情況產生，因而也毋需在運動前或運動中補給脂肪。由前文的介紹得知，長時間耐力性運動能力的保有與否，與肌肝醣的貯藏量有關，倘肌肝醣貯存量低於一定的界限，則運動成績即快速下降，故爲了減緩肌肉中肌肝醣的耗竭，進而達到肌肝醣的節約效應，則增加脂肪代謝的活潑化即成爲眾多學者注視的焦點。

在此介紹幾種以營養補給方式，強化脂肪組織氧化的學說

1.W-3不飽和脂肪酸（魚肝油、亞麻仁油裡富含此物）

它除了在學習能力及記憶能力方面有優異的影響外，當在山地進行運動時，若攝取W-3不飽和脂肪酸(TG)則可降低血液的粘稠性，提升紅血球的塑性並維持輸送氧氣的能力，而在平地時，則會使心搏數降低，並增加最大攝氧量，在老鼠的實驗過程中發現，它能在運動時，使心臟對氧的消耗量減少，因而對運動時能量之代謝，有其助益，不過此類研究不多，有待日後加以探討深究。

2.維生素及礦物質的補充

持此種見解的學者們其解釋為：不論是碳水化合物或脂肪，在轉換為熱能的過程中，皆不能缺少維生素B群，且傳送訊息給神經細胞的流程中，Na的存在不容忽視，而在能量代謝時，Mg的參與也頗重要，而對於氧氣的搬運乙事，鐵的促成亦不容等閒視之；再者，維生素E可防止因運動而產生的細胞膜損傷。

3.咖啡因與綜合胺基酸的補充^(34、37、38、39)

在運動界中，自古即將咖啡因應用在強心，利尿之功用上，由於它能促進脂肪分解，提高血中游離脂肪酸的濃度，所以有部分研究報告，在從事長時間耐力性運動前攝取咖啡則能提升從事該項運動的持久性，而且因為它有利尿作用，最好在運動前一小時飲用。再者，它還可以促進肌肉中鈣離子的釋放，使肌漿鈣離子濃度升高。因而可減輕肌肉疲勞。雖然咖啡因有上述之功效，但是亦不能忽視其負面效果，由於咖啡因會引起胃酸的分泌，倘攝取時腹中空空無物，則易引起胃潰瘍，除此之外尚有腹痛、心悸、失眠、無法安靜、頭痛等副作用，故在飲用此物時，請先衡量一下自己對咖啡因的適應性。至於綜合胺基酸的補充，目前僅實驗在蜜蜂幼蟲的階段³⁶⁾，其成效是肯定的，唯仍需進一步實驗在人體上，方得以討論。

由於每個個體，其體內細胞的代謝、協調情況不一，故脂肪量的代謝，並不是每一個人都具有提升長時間耐力性運動的成效，雖然，目前已有各種促使脂肪細胞分解的方法，但因運動員的個別差異，而產生不同結果，是可想而知的。

伍、運動時的營養指導

一、訓練期肌力的育成及所需之營養

集訓期間，運動選手應配合競賽種類，設定目標體重，原則上，在所需熱量中調配均衡飲食，否則熱量的過與不足均會顯現在體重上，故以維持體重的熱量為考量之重點。肌肉的主要成分為蛋白質，激烈運動後，肌肉組織的修復，甚至於肌肉碩壯之育成，再再都需要蛋白質的補給，一般無進行激烈運動的人，一天所需的蛋白質量約為0.7~0.8g/kg，運動選手則為1.5~2.0g/kg，若該選手正值青春發育期，則更需增加蛋白質的補充。

二、由醣類轉換成熱能與蛋白質量多寡的關係

當能量不足時，體內的蛋白質也會轉變成能量，如此即會影響到培育肌肉的預期效果。所以必須充分給予醣類以作為能量消耗的主要來源，如此方能免除蛋白質的無謂消耗，消耗既然減少，那麼僅需攝取少量的蛋白質即可滿足生理所需。縱令額外攝取大量的蛋白質，多餘的部分會在肝臟處被分解，而轉換成醣類或脂質，最後會以脂肪的形式蓄積於脂肪細胞內，因而連帶影響體重的增加，在此附帶聲明的是，在食用肉類時，一般都會含有某種程度的脂肪量，也正因如此，為免去脂肪混入的困擾，有人即採用蛋白質純度達80~90%的高蛋白粉末以滿足需求。然而，人體在代謝蛋白質的過程中，需輔以維生素B₆及其他維生素和礦物質，若這些輔助物不夠時，即會在體內產生某些維生素或微量元素的欠缺，此種現象會使得競技或運動成績低落。所以，不論是給予選手何種營養素或攝取濃縮型食品，皆需注意該食物於代謝時所需的輔助物。

在平時，選手們需對自己喜好的食物，進一層的瞭解，知道食物中所含的營養素及其比例。如此方能助其自我評估，以利蛋白質量的攝取；在集訓期間，除了不斷地藉由訓練，以刺激肌肉之碩壯外，每日三餐也都需要充分的蛋白質來加以配合，在集訓結束後，隨著運動量的減少，攝取量也必須減少，但是唯獨蛋白質的攝取量毋需減少，而應維持不變，若以減少熱量攝取的比例來減少蛋白質量，則好不容易增生的肌肉，也會因而消滅，所以在非集訓期間，也需攝取相當比例的蛋白質量。

三、攝取具有調節代謝作用的維生素及礦物質

維生素、礦物質雖不能作為能量來源，但是人體內為順利進行三大營養素之代謝，他們扮演著缺其不可的角色。例如代謝醣類需輔以維生素B₁、B₂；蛋白質的代謝過程中維生素B₆的參與有其必要，為預防脂肪中所含的不飽和脂肪酸之過氧化作用，擔任抗氧化作用的維生素E即相形重要。所以在攝取三大營養素的同時，也須留意是否有攝取相等量之維生素。由於維生素B₁、B₂、B₆、C，均屬水溶性，故在體內不具積蓄性，換言之，每日均需攝取。而維生素A、D、E、K，因屬脂溶性，會溶解於脂肪，一塊被人體吸收並具積蓄性，若攝取過多，則會有過剩的危險性。

每天從事事激烈運動的選手們，不可欠缺維生素B群，否則易生疲勞，運動能力低下。雖然目前精製食品甚多，在精製過程中維他命B₁等維生素常被除去，但是人體中可以由腸內菌叢製造大多數的維他命B群，故只要三餐無偏食，則應可供應代謝所需。對於一位運動員來說，他除了需具有競技體能外，還必須擁有防衛體能，事實上，在結束一項激烈運動時，人體免疫力趨於下降的情況頗多。此時極易罹患感冒，為了因應此種現象，除均衡膳食外，在面對強大壓力之情況下，以維生素C來加以補充，可增強人體防禦能力。

四、水分的補充

激烈運動後，體內中的鈣、鐵、鎂常隨著汗液排出體外，所以大部分的選手會於賽後飲用運動飲料，除了補充水分外也是為了補充流失的礦物質，但是飲用時需注意四點：

1. 莫牛飲，以100~200ml/次，每隔10~20分鐘再喝為佳。
2. 飲料成分，糖分含量過多，會阻礙水分的吸收，原則上以不超過2.5%為理想。
3. 瞭解飲料之滲透壓：流汗時，體內水分流失，故飲入胃內的飲料，其水分會先被吸收，因此，運動飲料在胃中即被濃縮，對胃黏膜易產生破壞作用。故最好能選用該飲料之滲透壓比體液稍低的飲料。
4. 飲料溫度，以8°C~13°C最適宜。

至於前賽前的飲用時間，最好在賽前30分鐘飲用，比賽時胃內不要有殘留物留下，此點頗為重要。再者，由於血液中水分的變化，以晨間醒來時最低，故血液濃度頗高，所以早上起來要去運動前，最好補充一小杯水分後，再行從事適度的運動，這對人體健康亦有助益。

五、激烈運動後，如何快速補充耗竭的肌肝醣

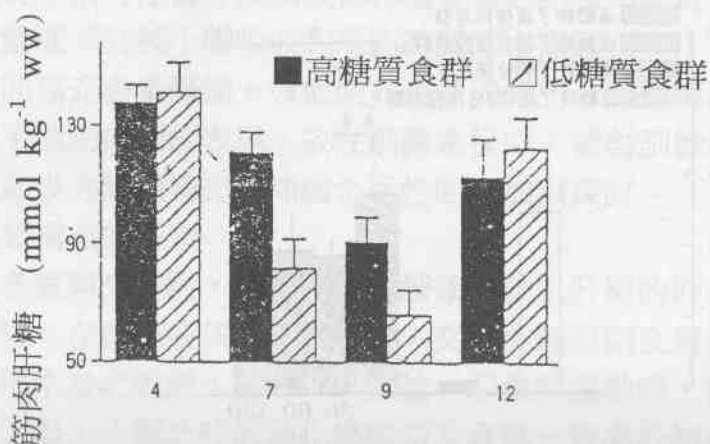
在耐力性的競技上，肌肝醣的含量多寡是項決定成績表現的重要因素之一。

1. 三餐中醣類攝取的重要性

由文獻^{2,55)}得知，醣類不多的飲食，會影響肌肝醣的恢復。若依Lemon等人的說法，在肌肉肝醣耗竭時，仍進行運動，汗中的排放出的尿素、氮素明顯上升，這是表示體內的蛋白質其消耗現象在增加當中，在Wagenmakers⁹⁾的研究中也強調，醣類的補充不足，會造成體內蛋白質的消耗隨之增加。因此爲了保持肌蛋白質，除了蛋白質的攝取外，充分地補充醣類也是避免肌蛋白流失的一種方法。

許多選手爲參加限量級之競賽，其減重過程中，常極端限制醣類的攝取，結果導致肝醣貯藏量減少，進而引起肌蛋白的流失，這些現象，對於一位運動選手在競技中的表現，皆會帶來負面影響，故，即若是在減重期間，醣類的補充也是相當重要的^{7,8)}。在極端疲憊的運動後幾天中，若能攝取高醣類食物，則肌肝醣的積蓄量可超過運動前的水準^{5,55)}，假若對接受激烈訓練的選手沒有提供維持肌肝醣應有的醣類，那麼就會阻礙肌肝醣的恢復，肌中乳酸的堆積也會隨之產生，進而陷於慢性疲勞狀況，此種因果，常不爲選手們所瞭解，因而打擊其自信心，認爲自己能力在退步中。所以，運動選手爲了要恢復肌肝醣應有的飽和度，即必須調整一天中醣類的攝取量，依costill等⁴⁰⁾人的研究，以醣類攝取量爲總熱量的40~60%的尺度下，進行連續三天長時間的跑步結果，肌肉肝醣有明顯的下降；在激烈運動後，依食用不同醣類份量(375g/日、525g/日、650g/日)分爲三組作比較，經過24小時後，一天中攝取525g以上的組群，其肌肉肝醣恢復正常水準，而另一組僅攝取375g的組群，其肌肝醣並無恢復至平常的水準。costill們³⁾的另一項研究，將游泳選手分爲二組，二組皆接受高強度的游泳訓練(4667kcal/天)經過10天後，A組每天僅補充約1000kcal的熱量(糖質÷5.3g/日.kg)B組每天適量的熱量(糖質：8.2g/日.kg)結果A組的肌肝醣明顯地下降50%。一般來說，運動員一天所需要的醣類攝取量爲500~600g，相當於8.9g/kg或者占總熱量的60~70%。^{1,5,55)}

依kirwan⁵⁷⁾之研究得悉，如圖三，對選手們先進行三天飲食控制(6g/日.kg)，再將選手分爲二組，一組爲8.0g/日.kg(高醣類攝取組A組)一組爲3.9g/日.kg(低醣類攝取組B組)經過五天連續高強度跑步訓練，結果A組的



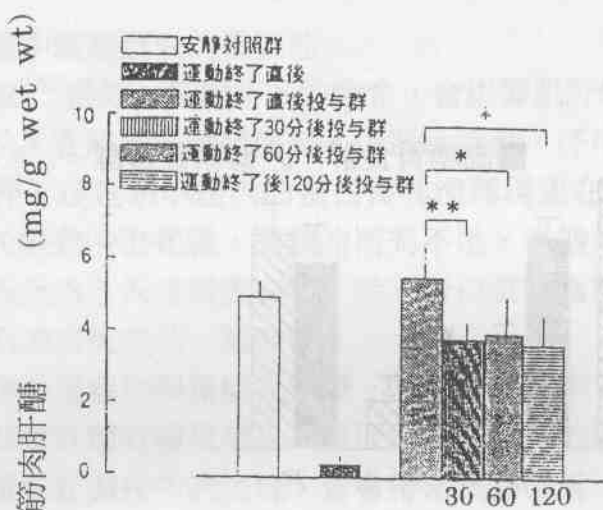
圖三 訓練期間 (12天)，訓練前、訓練中及恢復期小腿腹肌的肌肝醣量的變化

* $p < 0.05$ (kirwan 5 1988)⁵⁷⁾

肌肝醣量比B組的稍低下一些，但兩組在其後第三天、第五天都開始慢慢下降。由該研究中觀察出，長時間的運動後，縱令其間是採高醣類攝取，要恢復耗竭之肌肝醣，也可能需要花上一至二天的時間⁶⁾。由此推論平常從事持續激烈運動訓練者，縱令已依其本身的肌肝醣消耗量予以醣類補充，也很難可以完全防止肌肉肝醣的消耗。但是，無論如何，每天從事激烈訓練的運動選手們，對於充分補足醣類乙事即不可疏忽，上文所述8.10g/日/kg(約550~600g)的攝糖量約是運動選手平日攝食量的二倍。若三餐內無法補足這些量即可以食用點心或多餐的方式來加以補強。

2. 補充醣類的時間

運動選手於訓練後補充醣類，其目的是要使肌肝醣快速恢復，然而該在何時補充？則為決定其效率的關鍵所在。依理論而言，在激烈訓練之後，肌肝醣的需求度亢進，此時若配合所需，真可謂沙漠遇甘泉，迅速地，可於肌肉內積蓄肝醣，因此醣類的補充若延至訓練後數小時再為之，則由醣類吸收的過程來考量，其效率將不彰顯。



圖四 運動結束後葡萄糖溶液的補充時間及肌肝醣的恢復情形

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

Zhang等人⁵⁸⁾，用動物做了相關的實驗，其結果如圖四所示，運動後立即給予高濃度的葡萄糖溶液，其後六小時皆保持不運動的安靜狀況直到恢復正常情形（對照組），另三組各為運動後30分、60分、120分鐘後給予相同濃度的葡萄糖溶液，其結果三組皆比對照組的肌肝醣的蓄積量要來得少，且恢復情形也較遲，由此實驗可觀察出，運動結束後醣類補充的時間，對於肌肝醣的恢復有其相當程度之影響。據Ivy等人⁴⁾之研究，肌肉對於肌肝醣再補充的能力，大約是在訓練結束後一小時左右達最大功效。所以爲了要應付一天中有2~3回或採數天型式的比賽時，相關方面的補充則需格外留意。

3. 醣類補充量

至於一次所應補充的醣類份量應該要多少？針對此Ivy⁴⁾等人尚無明確定論，而寺尾保^{7,8)}之試驗中看出雖投予之醣類份量差別頗大(1.5g/kg、3g/kg)但對於肌肉肝醣的恢復並無顯著的差別，因此筆者認爲，此時需考慮所補充的醣類本身，其結構、濃度及份量，過高過多皆會影響人體中胃排空速率(gastric emptying rate)，進而影響小腸上部粘膜的吸收率，若依

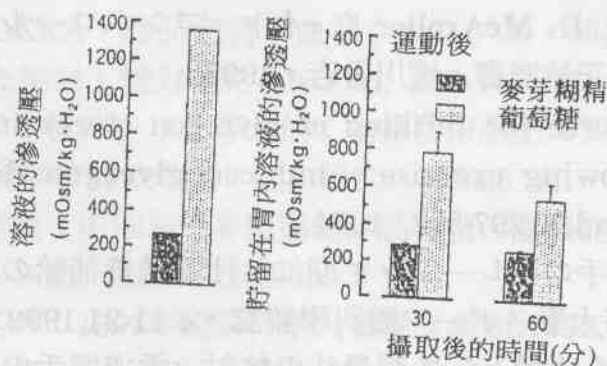
costill的報告來看⁴⁰⁾，人體胃內所能貯留的醣類溶液的量約為600ml，若該溶液為低溫(8°C~13°C)之溶液則更能助其快速移向小腸。再者，醣類溶液依其分子結構可分單醣、雙醣、多醣類，故其產生之滲透壓也隨之不同，低張力之醣類溶液幾乎是以其原貌，經胃流至小腸，而高張力之醣類溶液則需要在胃中稍行停留，俟其被稀釋為等張之物後，方行送出，故濃度愈高之醣類溶液，其被小腸吸收利用的時間即因而延長。

長時間補充多量醣類，會促使其轉換成脂肪，因而導致體脂肪增加，結果阻礙了運動成績的表現，故在訓練過程中，需對訓練的強度、運動的時間、運動後的醣類補充等問題全面性的來加以探討。

4. 醣類補充的種類

從許多資料來探討，補充何種的醣類對於肌肝醣的貯存較為有效，此點尚無定論。在此筆者依人體運動後，交感神經與副交感神經之交替作用，對於生理本身之效應，做以下的推論，即激烈運動時，由於交感神經在大行其道之際，人體此時的消化機能乃至食慾，皆處於被抑制的狀況下，若依前文所提，醣類的補充要在訓練結束後，立即補充的原則來實施的話，則有困難，因為當訓練剛結束時由於交感神經尚未與副交感神經交班時，不可能會想吃東西，若補給的食物是固體食物，則更不用期待，選手們有進食的意願。因此爲了要忠於實驗結果，而又要顧及人體當時的實際需要，筆者認爲基本上，此時若給予醣類液體之補充則較為合理，此推論有待研究證實。

依寺尾保之實驗得知，見圖五，由於運動過後，服用麥芽糊精(malt-dextrin)，其於胃內所產生之等張情形較之葡萄糖爲佳，且服用後30分鐘，即可觀察出血糖值的增加，故以胃排空速率來說，麥芽糊精較葡萄糖來的快速，在補充肌肝醣方面，不失爲一種有效的營養補給品。



圖五 麥芽糊精或葡萄糖溶液於胃內的滲透壓

陸、結論

雖然有關運動與營養的研究及論著頗多，但也因影響其結果的因變數甚為複雜，故此範疇之研究仍有相當的彈性空間，今後可依已知的因果關係，針對各種方法配以條件之控制並做較大群體的研究，方可提供一般運動員較具體之參考數據，否則仍會因個體之差異性而流於理論無法應用於實際。

附語：本文中有許多參考資料，為本校圖書館尹麗芳小姐在行政上積極且快速，為筆者向他館進行館際資料交換，方得以順利研討，在此謹致謝忱。

文獻

1. American Dietetic Association: Position of the American dietetic association: Nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. J. Am. Diet. Assoc, 187:933~939, 1987.
2. Bergstorm, J., et al. : Diet, muscle glycogen and physical performance. Acta physiol. scand, 71:140~150, 1967
3. Costill, D. L., et al. : Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. Med. Sci. Sports Exerc. 20 249~254, 1988.
4. Ivy, J. L., et al. : Muscle glycogen synthesis after exercise: Effect of time of carbohydrate ingestion J. Appl. physiol 64:1480~1485, 1988.
5. Katch, F. I. and W. D. McArolle: ウェイト コントロール のための營養と運動，井川正治監譯，廣川書店，1992.
6. Piehl, K. : Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibers following exercise —induced glycogen depletion, Acta Physical, Scand:90:297-302, 1974.
7. 寺尾保等:大學柔道選手のトレーニング期における營養補給の現状と問題点について，東海大學スポーツ醫學雜誌，4:11-21,1992.
8. 寺尾保等：糖質攝取を主體として減量法の検討—柔道選手の身體組成

- および最大無酸素パワーに及ぼす効果—東海大學スポーツ醫科學雜誌
6:21—27 1994
9. Wagemakers, A. J. M. et al :Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. *Am. J. Physiol*, 260 E883~E890,1991.
 10. 井關敏之, 前田如矢: 臨床スポーツ醫學, 南山堂, 1992.
 11. 小池五郎: 食べものの健康學, 大修館書店, 1993,6.
 12. 細谷憲政: 營養學(2)代謝と生理, 有斐閣, 1980.
 13. 池上晴夫: 運動生理學, 朝倉書店, 1992.
 14. 池上晴夫: 健康のためのスポーツ醫學, 講談社, 1984.
 15. 石井喜八, 宮下充正: 運動生理學概論, 大修館書店1984.
 16. 鈴木正成: スポーツの營養, 食事學, 同文書院
 17. 今野道勝: 營養と運動と健康, 朝倉書店, 1982.
 18. 宮下充正: トレーニングの科學, 講談社, 1980.
 19. 池上晴夫: 運動處方—理論と實際, 朝倉書店, 1982.
 20. 橋本勳, 進藤宗洋等八位: 運動生理學, 東京同文書院, 1993.
 21. 山口正弘, 加納和孝等四位: 運動生化學—筋運動を中心として—, 金芳堂, 1990.
 22. 菅野道廣, 谷口已佐子等五位: 營養學總論, 朝倉書店1985.
 23. 齊藤慎一: 運動に對する營養補給としての脂質—脂肪代謝活性化の方法—, *J. J. Sports SCI*. 13-6, 1994, 731~736.
 24. 齊藤慎一, 鈴木正成: 糖質の攝取と運動, *Jpn. J. Sports SCI*, 5, 168-174, 1986.
 25. 久保稔, 河盛隆造等六位: 糖, 脂質代謝連關よりみた運動處方のあり方—DEXA, 脂肪負荷下血糖クランプ法, 間接カロリメトリ—法を用いた検討, 體力研究, NO.85, 137-145, Mar, 1994.
 26. 安部孝, 板井もりえ等七位: 内臟蓄積脂肪に對する有酸素トレーニングと食事管理の効果, 體力研究, NO.85, 65~72, (mar, 1994).
 27. 太田壽城, 田畑泉: 身體運動が筋の糖代謝機能に與えお影響, 體力研究, NO.85, 113~121, 1994.
 28. 李英虹譯: 1991年國際科學大會論文彙編, 1992.
 29. Carol Potera: When to eat — Before or after Exercise? The

- physician and sportsmedicine; Vol21, No11.1993.
- 30.三浦義彰、橋本洋子：スポーツ營養、杏林書院
 - 31.寺尾保等：激烈運動終了直後の糖質攝取が筋肉グリコーゲンの回復に及ぼす効果，體力科學，723～729 1994.
 - 32.李寧遠：淺談運動與營養，體育與運動，76期，138～146.
 - 33.坂本靜男：スポーツマンの健康管理學，高文堂出版社
 - 34.李寧遠、王忠茂：咖啡因與運動表現，中華體育VOL.8 137～145.
 - 35.Cahil, G. F. et al: Metabolism in obesity and anorexia nervosa: Nutr. Brain, 3:1-72,1979
 - 36.阿部岳：スズメバチ幼蟲の分泌するアミノ酸營養液，化學と生物，32, 81-82, 1994.
 - 37.Clark, N. : Reviviing up With Sugar and Caffeine, The physician and sports medicine, 11:15～16, 1991.
 - 38.Fisher, S. M. : Influence of caffeine on Exercise performance in Habitual Caffeine Users. 1986.
 - 39.Costill, D. C, G Dalsky, and W. Fink Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance, Med. SCI. Sport, 10:155～158,1978.
 - 40.Costill D.L, et al: Mascle Glycogen Utilization during prolonged Exercise on Successive Day, J. Physiology, 31:834～838, 1971.
 - 41.山岡誠一、吉岡利治、木村みさか：運動與營養、杏林書院。
 - 42.鈴木正成：勝利へのスポーツ營養學、チクマ秀出版社
 - 43.大儀敏雄、鈴江綠衣郎：健康體力づくり營養學、大修館書社。
 - 44.吳慶瑞、鄭清榮：肝醣對耐力運動的影響，運動訓練與指導，23～27. 1993.
 - 45.梁俊煌、陳文慶：咖啡因對人體影響與探討，台灣體育42～45, 1982.
 - 46.鄭清榮：運動營養學，書恆出版社。
 - 47.宋申蕃：實用營養學，大學圖書出版社。
 - 48.阿黛爾、德菲斯：營養保健，徐氏基金會出版。
 - 49.郭玉鶴、蘇飛雄合譯：運動、勞動營養學，體育學術研究會發行。
 - 50.方進隆：運動與健康，漢文書店出版。
 - 51.林正常：運動科學與訓練，銀禾文化事業公司印行。

52. 賴金鑫：運動醫學講座、健康世界叢書。
53. 中野昭一、内藤佳津子：運動に對する營養補給の補助 *J. J. Sports , SCI.* 709~713, 1994.
54. 岸野泰雄：運動と營養の組み合わせによる免疫能の高め方、診斷と治療，82:1444~1449, 1994.
55. Wootton, S. : スポーツ指導者のためのスポーツ營養學 小林修平監譯，南江堂，1992.
56. Lemon, P. W. R. and J. P. Mallin: Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J. Appl. Physiol. R. E. E. P.* 48: 624-629, 1980.
57. Kirwan, J. P. et al : Carbohydrate balance in competitive runners during successive days of intense training. *J. Appl. physiol* , 65:2601-2606. 1988.
58. Zhang, N, et al : Effect of time of carbohydrate ingestion on muscle glycogen resynthesis after exhaustive exercise. *Tokai J. Exp. Clin. Med.*, 19, 1994.