

第貳章、文獻探討

本章將依：一、瘦身蛋白的發現背景與作用；二、影響瘦身蛋白濃度的相關因素；三、運動訓練對於瘦身蛋白濃度的影響；等相關研究列出並逐一探討、歸納與本研究有關的文獻結果，以作為研究之參考依據。

一、瘦身蛋白的發現背景與作用

瘦身蛋白的發現，應溯自 1950 年肥胖基因 (ob gene) 突變老鼠 (ob/ob mouse) 的發現。這種老鼠乃是由於肥胖基因發生無意義的突變，導致體內無法製造出瘦身蛋白，或是僅能產生具有缺陷或缺乏活性之瘦身蛋白。ob/ob 鼠的外型特徵，除了有嚴重的肥胖現象和糖尿病外，並伴隨著活動力降低、代謝速率低下 (hypometabolism)、攝食過度 (hyperphagia)、高胰島素症 (hyperinsulinemia)、皮質脂酮 (corticosterone) 分泌過量和嚴重的胰島素拮抗 (insulin resistance) 等症狀。由於 ob/ob 鼠的神經內分泌系統嚴重的失調，使得牠們長期處於飢餓的狀態中，且無法產熱 (thermogenesis)、生殖和正常的生長發育 (Breslow 等人, 1999; Zhang 等人, 1994)。

1987 年, Coleman 等人, 將正常老鼠的血液注入到 ob/ob 鼠的體內, 結果發現, 肥胖的 ob/ob 鼠體重迅速地減輕, 並接近正常老鼠的體重。Coleman 等人(1987)據此推測, 正常老鼠的血液中可能有某種物質與體重的變化有關。爾後, Zhang 等人 (1994) 進一步將肥胖基因的序列定出, 並確定此種肥胖基因的正常表現會製造出一種特殊的蛋白質 “Leptin” (譯為“瘦身蛋白”或“瘦素”), 此後瘦身蛋白就成為目前研究肥胖問題的新焦點。

瘦身蛋白是由脂肪組織 (adipose tissue) 內的肥胖基因所製造的蛋白質類荷爾蒙 (hormone), 在人體是由 167 個胺基酸所組成, 分子量約為 18640 道爾頓 (dalton), 其濃度通常是依身體脂肪質量 (body fat mass) 的比例而分佈於血液中, 之後再經由血液循環系統的輸送, 作用於中樞神經系統腦下視丘 (hypothalamus) 的受體 (receptor), 進而引起個體體重減輕的效應 (Campfield 等人, 1996; Himms-Hagen, 1999; Leal-Cerro 等人, 1998; Sudi 等人, 1998; Zhang 等人, 1994)。

目前由文獻上得知, 瘦身蛋白的主要作用, 包括有抑制食慾 (appetite)、調控體內能量恆定 (energy homeostasis) 和脂肪的貯存, 並且和新陳代謝、免疫、神經內分泌系統、月經週期以及生殖系統有著極為密切的關連 (Farooqi 等人, 1999; Halle 等人, 1998; He 等人, 1997; Himms-Hagen, 1999; Martin-Romero 等人, 2000; Schonfeld-Warden 等人, 1997; Still, 1999; Sudi 等人, 1998; Thong 等人, 1999)。

先前在動物實驗中發現，瘦身蛋白的皮下注射，可以迅速減輕 ob/ob 鼠的體重，其主要的的作用機轉有：

(1) 在腦下視丘抑制 NPY 神經元 (neuropeptide Y) 的活性，使個體產生強烈的厭食反應 (anorexic effect)，減少食物熱量的攝取，進而促使體重迅速減輕 (Dirlewanger 等人, 1999; Halaas 等人, 1995; Kokot 等人, 1999; Spanswick 等人, 1997; Stephenes 等人, 1995; Stoving 等人, 1999)。

(2) 顯著增加安靜代謝率 (resting metabolic rate, RMR) 耗氧量、基礎體溫和游離脂肪酸 (free fatty acid, FFA) 的氧化與利用，進而提升 ob/ob 鼠安靜狀態下的能量消耗 (Breslow 等人, 1999; Campfield 等人, 1995; Collins 等人, 1996; Halaas 等人, 1995; Hwa 等人, 1997; Pagano 等人, 1999; Pellemounter 等人, 1995; Spanswick 等人, 1997; Stephenes 等人, 1995; Zafeiridis, 1998)。

由於瘦身蛋白在動物實驗中獲得了成功的療效，目前瘦身蛋白已被核准進入人體的臨床試驗。1999 年 9 月，Farooqi 等人 (1999) 發表了第一篇基因重組 (recombinant) 瘦身蛋白的皮下注射對於先天性瘦身蛋白缺乏症女童的個案研究。個案中的受試者 (年齡 9 歲，身高 140cm，體重 94.4 kg，體脂肪百分比 59%)，來自於巴基斯坦近親結婚的家庭，她在出生時有著正常的體重，但由於體內缺乏瘦身蛋白，在出生 4 個月之後，體重即迅速地增加，且開始出現不斷飢餓、攝食過度、血液中含有高濃度的胰島素和脂肪酸，並伴隨著中度的胰島素拮抗、生殖腺機能不足 (hypogonadism) 和基礎代謝率 (basal metabolic rate, BMR) 過低等病徵，但她卻保有正常的血壓 (118 / 70 mmHg) 和體溫 (36.5

)。由於個案患有嚴重的肥胖症，導致於膝蓋骨畸形發展，在她 6 歲時，就必須接受脂肪吸除手術，以便改善行動。受試者在連續 12 個月瘦身蛋白的皮下注射 (每日 0.028 mg/lean mass kg) 治療後，有效地抑制了食慾和能量攝取 (energy intake)，使身體脂肪含量顯著減少 15.6 kg (占所有減少體重的 95%)，而淨體重 (lean body mass, LBM) 僅減少 0.82 kg，並且促進了第二性徵的發育，然而瘦身蛋白的皮下注射對於個案基礎代謝率的提升，並未達研究者的預期。

約在同一時期 (1999 年 10 月)，美國醫學會期刊 (Journal of American Medical Association) 發表了另一篇瘦身蛋白皮下注射的人體實驗報告。在這個長達 18 個月 (1997 年 4 月~1998 年 10 月) 的研究中，Heymsfield 等人 (1999) 採用了隨機 雙盲並搭配安慰劑的實驗設計，針對 127 位健康的美國白種人 (包括 73 位肥胖者和 54 位體重正常者，平均年齡 39 ± 10.3 歲)，分別進行了為期 4 週和 24 週的瘦身蛋白皮下注射實驗。結果發現，在 4 週的實驗中，使用安慰劑者 (n=36) 體重減少 0.4 ± 2.0 kg，而每日 0.1 mg/kg (n=29) 瘦身蛋白的

注射劑量者，體重減少 1.9 ± 1.6 kg，所有受試者在 4 週中，隨著瘦身蛋白注射劑量的增加，體重的和脂肪質量（fat mass）的減少均達顯著相關（ $p=0.02$ ； $p=0.002$ ）。另外在 24 週的實驗中，每日 0.01 mg / kg（ $n=6$ ）瘦身蛋白的注射劑量者，體重減少 0.7 ± 5.4 kg，而每日 0.30 mg / kg（ $n=8$ ）瘦身蛋白的注射劑量者，體重則減少 7.1 ± 8.5 kg，肥胖者在 24 週瘦身蛋白的治療中，也是隨著注射劑量的增加而減少了體重和脂肪質量（ $p=0.01$ ； $p=0.004$ ）。Heymsfield 等人認為，瘦身蛋白的皮下注射對於肥胖或體重正常者，在減少脂肪和體重上是有些關聯的，且瘦身蛋白的皮下注射，似乎能提高肥胖者體內瘦身蛋白的濃度並能使其體重減輕。在 Heymsfield 等人的實驗過程中，值得一提的是，由於參與實驗者必須每天配合施打瘦身蛋白，造成受試者的痛苦，且有些受試者的體重不降反升，因而中途退出實驗，尤其是在施打劑量最高的一組（ $n=18$ ），就有 10 人因此而退出。

歸納上述文獻，我們對瘦身蛋白調控體重的機制，提出一個綜合性的說明：

（1）瘦身蛋白是由脂肪組織內的肥胖基因所製造的蛋白質類荷爾蒙，它是經由血液循環系統輸送，作用於中樞神經系統腦下視丘瘦身蛋白的受體，其主要的的作用包括有抑制食慾、調控體內能量恆定和脂肪的儲存，並且和新陳代謝、免疫、神經內分泌系統、月經週期以及生殖系統有著極為密切的關連

（Farooqi 等人，1999；Halle 等人，1998；He 等人，1997；Himms-Hagen，1999；Martin-Romero 等人，2000；Schonfeld-Warden 等人，1997；Still，1999；Sudi 等人，1998；Thong 等人，1999）。

（2）ob/ob 鼠和病態性肥胖的人類，可能是由於其肥胖基因發生無意義的突變，導致體內無法製造出瘦身蛋白，或是僅能產生具有缺陷且缺乏活性之瘦身蛋白，在其神經內分泌系統嚴重失調的情況下，衍生出攝食過度、胰島素拮抗和代謝率低下等病徵，再加上其活動量的不足，因而導致嚴重的肥胖現象發生（Breslow 等人，1999；Coleman 等人，1987；Farooqi 等人，1999）。

（3）瘦身蛋白的皮下注射治療，對於肥胖的 ob/ob 鼠均有顯著的療效，但對於人類，目前則是處於試驗階段。以能量恆定的觀點來說，瘦身蛋白對於嚙齒目動物的療效，除了可以有效地抑制 ob/ob 鼠的能量攝取（energy intake）外，在能量消耗（energy expenditure）上，可提升 ob/ob 鼠的安靜代謝率（RMR）耗氧量、體溫和增加 ob/ob 鼠安靜狀態下游離脂肪酸的氧化與運用（Breslow 等人，1999；Campfield 等人，1995；Collins 等人，1996；Halaas 等人，1995；Hwa 等人，1997；Pagano 等人，1999；Pellemounter 等人，1995；Spanwick 等人，1997；Stephenes 等人，1995；Zafeiridis，1998）。瘦身蛋白對於病態性肥胖的人類，其作用則主要表現在抑制能量攝取和減少身體脂肪貯存的療效

上，而在能量消耗上的提升，如安靜代謝率（RMR）和安靜時的耗氧量等，就遠不如動物的實驗（Farooqi 等人，1999；Heymsfield 等人，1999）。

二、影響瘦身蛋白濃度的相關因素

（一）肥胖基因（ob gene）的表現對瘦身蛋白濃度的影響

瘦身蛋白是肥胖基因正常表現（express）之後，所製造出的蛋白質類荷爾蒙，因此肥胖基因的表現情形和瘦身蛋白濃度的高低有著直接的相關。先前的研究（Leroy 等人，1996；Sudi 等人，1998）指出，肥胖基因的表現，主要是在成熟的白色脂肪組織（white adipose tissue）中。Moinat 等人（1995）的研究發現，老鼠的肥胖基因傳訊 RNA（ob mRNA）濃度，在棕色脂肪組織（brown adipose tissue）中，僅有白色脂肪組織的 40%。Friedman 等人（1997）的研究也指出，肥胖老鼠通常具有較高濃度的 ob mRNA，且在皮下（subcutaneous）脂肪組織的 ob mRNA 濃度，遠比瘦鼠的表現為高。Pagano 等人（1999）的研究，也證實了肥胖的 fa/fa 鼠比瘦鼠在脂肪組織中，有更高的肥胖基因表現。另外，有些研究（Hickey 等人，1996；Kohrt 等人，1996；Leal-Cerro 等人，1998）則更明確的指出，人類脂肪細胞的數目和體積的大小，會直接影響到肥胖基因的表現，這似乎也是決定人類瘦身蛋白濃度的主要因素。

目前，我們對於人類肥胖基因調控瘦身蛋白濃度的機制，所知仍相當有限，但從上述的研究中可以得知，肥胖基因的表現可能受到脂肪細胞質與量的雙重影響。在質的方面，唯有成熟的脂肪細胞可以表現肥胖基因，且白色脂肪細胞比棕色脂肪細胞更能表現肥胖基因；在量的方面，脂肪細胞的數目、體積大小等因素，均與肥胖基因的表現有關，進而直接影響到瘦身蛋白的濃度。

影響人類血清瘦身蛋白濃度變化的因素，除了上述的肥胖基因外，另外，從近年來文獻中發現，日夜節奏、性別差異、年齡、身體組成（肥胖度、身體脂肪含量）、能量攝取、能量消耗、運動訓練和人種等相關因素，均可能會對人類血清瘦身蛋白濃度造成影響。以下我們將逐一整理、歸納相關的研究，並敘述如下：

（二）日夜節奏（diurnal rhythm）影響瘦身蛋白濃度的相關研究

劉建恆和方進隆（民 86）以個案研究的方式，探討 5 天中不同時段血中瘦身蛋白濃度的變化情形。個案研究中的受試者為男性，年齡 36 歲（東方黃種人，BMI 23.7 kg/m²，體脂肪 19%，VO_{2max} 50 ml/kg/min），在 5 天中共接受 14 次的採血分析。研究結果發現，受試者血清瘦身蛋白濃度最高值為 3.82 ng/ml，最低值為 1.36 ng/ml，平均值則為 2.03±0.66 ng/ml。受試者每日同時段之血清瘦身蛋白測量值變化不大，其週期變化情形，大致呈現白天逐漸降低至

傍晚最低的規律現象。

另一篇研究 (Van Aggel-Leijssen 等人, 1999), 則是以 8 位男性 (年齡 23.5 ± 7 歲, BMI $21.4 \pm 2.3 \text{ kg/m}^2$, 體脂肪 $14.1 \pm 5.4 \%$) 為受試對象, 探討一天 24 小時中血清瘦身蛋白濃度的變化情形。受試者在早上 09:00 到夜間 23:00 的時間內每隔 1 個小時, 和在深夜 01:00 到早上 09:00 的時間內每隔 2 個小時, 各接受一次抽血, 在一天 24 小時內, 高達 20 次的抽血檢驗分析中發現, 受試者血清瘦身蛋白濃度, 最高的時段是在深夜 (01:00 AM, $4.9 \pm 2.0 \text{ ng/ml}$), 最低時段是在接近中午 (11:00 AM, $2.3 \pm 0.7 \text{ ng/ml}$)。整體而言, 血清瘦身蛋白每日的律動, 呈現出夜間較高而白天逐漸降低的週期變化。

(三) 性別差異影響瘦身蛋白濃度的相關研究

Donahue 等人 (1999) 在一份針對 422 位美國邁阿密 (Miami) 社區民眾 (年齡介於 25~44 歲) 所進行的健康狀況流行病學研究調查中指出, 女性比男性有更高的血清瘦身蛋白濃度 (13.1 ng/ml vs. 5.9 ng/ml , $p < .001$), 且血清瘦身蛋白濃度與身體脂肪百分比有顯著高相關。

Folsom 等人 (1999) 以 492 位年輕的非洲裔美國人和成年白種人為受試者, 以性別分組來探討長期 (8 年) 的體重變化和血清瘦身蛋白濃度的關聯。這個橫跨地域性的研究結果顯示, 8 年後這些受試者體重平均增加了 $7.8 \pm 10.8 \text{ kg}$, 經進一步分析後發現, 在性別差異上, 女性的瘦身蛋白高於男性, 且瘦身蛋白和體重的變化有顯著正相關 ($r = .62$, $p < .05$)。Folsom 等人認為, 受試者長期體重的改變是由於血清瘦身蛋白濃度的影響, 且受試者身體脂肪含量的多寡, 是決定血清瘦身蛋白濃度的主要因素。

Momose 等人 (1999) 以 107 位非肥胖者 (72 位男性學童, 35 位女性學童) 為受試者, 探討體脂肪、性別與血清瘦身蛋白濃度的關聯性。研究結果發現, 女性學童的體脂肪和瘦身蛋白的相關係數 r 值為 $.579$ ($p < .001$), 男性學童的體脂肪和瘦身蛋白的相關係數 r 值則為 $.734$, 亦達顯著相關 ($p < .001$)。而且女性學童的血清瘦身蛋白濃度比男性學童顯著為高 (7.64 ng/ml vs. 2.95 ng/ml , $p < .001$)。Momose 等人指出, 瘦身蛋白對於非肥胖學童, 亦存有性別差異, 非肥胖女學童的血清瘦身蛋白濃度比男學童為高。

(四) 身體組成影響瘦身蛋白濃度的相關研究

Ryan 等人 (1996) 以 42 位女性運動員 (年齡 18~67 歲, 體脂肪 20.8%, 血清瘦身蛋白濃度 4.0 ng/ml) 和 14 位一般女性 (年齡 18~69 歲, 體脂肪 33.2%, 血清瘦身蛋白濃度 12.6 ng/ml) 為受試者, 探討身體組成、年齡和血清瘦身蛋白濃度之間的關聯。研究結果發現, 女性運動員和一般女性相比較, 有著

較低的體脂肪和血清瘦身蛋白濃度 ($p < .001$), 且兩組受試者的體脂肪百分比、腹部內臟脂肪組織 (intraabdominal adipose tissue) 和血清瘦身蛋白濃度均呈顯著正相關 ($r = .70$, $r = .52$, $p < .001$), 但當將受試者的體脂肪百分比予以調整過後, 年齡和血清瘦身蛋白濃度的關係, 呈現出年齡愈高者, 瘦身蛋白的濃度愈低 ($p < .05$)。

De Silva 等人 (1998) 以 359 位澳大利亞 (Australia) 女性為受試者, 探討 BMI、腰臀圍比、血壓、血糖、胰島素、三酸甘油酯 (triglyceride) 總膽固醇 (total cholesterol) 與血清瘦身蛋白濃度之間的相關。研究結果發現, 受試者的 BMI、體重和腰臀圍比等身體組成變項均與瘦身蛋白有顯著正相關 ($r = .56$, $p < .001$), 而血糖、胰島素、三酸甘油酯和總膽固醇等血液生化值和瘦身蛋白亦達顯著相關 ($p < .05$), 但血壓和年齡兩項變項則無。

Haluzik 等人 (1998) 以 14 位英式橄欖球運動員和 10 位健康男性為受試對象, 探討不同的身體活動量對體重、BMI、皮脂厚、血脂肪值和血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果發現, 橄欖球運動員雖然比 10 位健康男性有著較高的體重和 BMI, 但卻擁有較低的總膽固醇、低密度脂蛋白 (low density lipoprotein) 和血清瘦身蛋白濃度。

Berman 等人 (1999) 以 66 位健康的男性為受試對象, 探討身體脂肪含量、最大耗氧量 ($VO_{2\max}$)、胰島素、血脂肪值和血清瘦身蛋白濃度之間的相關。受試者以年齡配對方式被區分為三組: 1). 男性運動員 19 人 ($VO_{2\max}$ 大於 40 ml/kg/min), 2). 體重較輕男性 20 人 ($VO_{2\max}$ 小於 40 ml/kg/min) 和 3). 肥胖男性 27 人 (體脂肪百分比大於 27%, $VO_{2\max}$ 小於 40 ml/kg/min)。研究結果顯示, 男性運動員和體重較輕者的血清瘦身蛋白濃度和胰島素均較肥胖者為低。三組受試者的體脂肪含量 (腹部皮下脂肪、臀部皮下脂肪、內臟脂肪) 和血清瘦身蛋白濃度均有顯著正相關 ($r = .61 \sim .65$, $p < .0001$)。運動員有著較低的三酸甘油酯和較高的高密度脂蛋白 (high density lipoprotein)。所有受試者的腹部皮下脂肪和高密度脂蛋白呈負相關 ($r = -.32$, $p < .02$)。另外, 血清瘦身蛋白濃度和最大耗氧量則無顯著相關。

Gutin 等人 (1999) 的研究指出, 身體組成、內臟脂肪組織 (visceral adipose tissue) 和血清瘦身蛋白濃度皆有顯著正相關, 但經逐步迴歸分析後, 僅有脂肪質量 (fat mass) 和瘦身蛋白呈現顯著相關 ($R^2 = .57$, $p < .0001$)。Gutin 等人指出, 身體的總脂肪含量會反應在瘦身蛋白的濃度上, 從事訓練的男性運動員比正常體重或坐式生活微胖的年輕人, 皆有較低的身體脂肪含量和血清瘦身蛋白濃度。

Gippini 等人 (1999) 以 65 位健康的男性為受試對象, 探討運動訓練、BMI 和血清瘦身蛋白濃度之間的關聯。以年齡配對方式將受試者區分為三組: 1).

業餘運動員 25 人 (BMI $23.08 \pm 0.3 \text{ kg/m}^2$, 體脂肪 $12.48 \pm 0.73 \%$, 血清瘦身蛋白濃度 $4.66 \pm 0.51 \text{ ng/ml}$) , 2). 體重正常者 19 人 (BMI $26.98 \pm 0.49 \text{ kg/m}^2$, 體脂肪 $12.53 \pm 0.96 \%$, 血清瘦身蛋白濃度 $4.79 \pm 0.58 \text{ ng/ml}$) , 3). 輕微超重者 21 人 (BMI $27.12 \pm 0.41 \text{ kg/m}^2$, 體脂肪 $16.16 \pm 1.01 \%$, 血清瘦身蛋白濃度 $7.31 \pm 0.76 \text{ ng/ml}$) 。研究結果顯示, 經常從事運動訓練的受試者, 擁有較低的 BMI、體脂肪百分比和血清瘦身蛋白濃度, 三組受試者的 BMI、體脂肪百分比和血清瘦身蛋白濃度等變項, 經變異數統計分析, 均達顯著差異 ($p = .01$; $p = .006$; $p = .014$) 。在相關分析部份, 僅輕微超重者的 BMI 和瘦身蛋白達顯著相關 ($r = .438$, $p = .0463$) , 其餘兩組的 BMI 和瘦身蛋白均未達顯著相關, 這意味著瘦身蛋白和體脂肪含量是有所關聯的。Gippini 等人指出, 受試者身體組成間的差異會影響血清瘦身蛋白濃度, 而運動訓練主要是扮演著間接影響的角色。

Haluzik 等人 (1999) 以 11 位優秀的競走選手為實驗組, 並挑選 10 位不運動的男性為控制組, 探討兩組受試者在血清瘦身蛋白濃度、身體組成和血脂肪等測量值的差異情形。研究結果顯示, 實驗組和控制組相比較, 有著較低的血清瘦身蛋白濃度、體重、BMI 和體脂肪含量, 在血脂肪部分, 實驗組比控制組有著較低的總膽固醇和低密度脂蛋白。在相關分析方面, 控制組的血清瘦身蛋白濃度和 BMI 以及體脂肪含量, 均達顯著正相關 ($p < .05$) , 而實驗組則無。Haluzik 等人指出, 有氧運動訓練會減少身體的脂肪含量, 同時也會使血清瘦身蛋白濃度降低。

Thong 等人 (2000b) 以 39 位女性運動員為研究對象, 探討體脂肪、月經週期、內分泌荷爾蒙和血清瘦身蛋白濃度之間的關係。研究結果顯示, 體脂肪含量最少、經期最不規則的女性運動員 ($n=13$) , 其血清瘦身蛋白的濃度最低 ($1.7 \pm 0.2 \text{ ng/ml}$) ; 經期較規律者 ($n=13$) , 其血清瘦身蛋白濃度為 $5.8 \pm 0.9 \text{ ng/ml}$; 而必須使用口服避孕藥的女性運動員 ($n=13$) , 其血清瘦身蛋白濃度則為最高 ($7.4 \pm 0.3 \text{ ng/ml}$) 。Thong 等人認為, 瘦身蛋白的作用, 除了可以提供能量代謝和脂肪貯存的訊息外, 另外可能與性荷爾蒙和月經週期的調節有關。

(五) 限制飲食和增加能量攝取影響瘦身蛋白濃度的相關研究

Matejek 等人 (1999) 以 13 位優秀的女子青少年體操選手 (血清瘦身蛋白濃度 $1.2 \pm 0.8 \text{ ng/ml}$) 和 9 位患有厭食症的女性 (年齡 17.8 ± 1.7 歲, 血清瘦身蛋白濃度 $2.9 \pm 2.7 \text{ ng/ml}$) 為受試對象, 探討身體組成和血清瘦身蛋白濃度之間的關聯。研究結果發現, 長期嚴格限制飲食的女子青少年體操選手和患有厭食症的女性受試者, 皆含有極低的體脂肪百分比和血清瘦身蛋白濃度。經進一步分析發現, 兩組受試者在體脂肪極低的情況下, 血清瘦身蛋白濃度和 BMI

兩者之間，仍有顯著的相關， r 值分別為 $.77$ ($p = .004$) 和 $.78$ ($p = .001$)。另外，全體受試者的體脂肪百分比和瘦身蛋白的相關性 r 值則為 $.60$ ，亦達顯著水準 ($p = .04$)。Matejek 等人指出，瘦身蛋白似乎可以描繪出青春少女身體脂肪的貯存情形，且和少女的初經以及月經週期的調節有關；而長期嚴格限制飲食者，則通常具有較低水準的血清瘦身蛋白濃度。

Doucet 等人 (2000) 以 17 位肥胖受試者 (10 男, 7 女) 為研究對象，探討運動配合極低熱量飲食控制對於食慾和血清瘦身蛋白濃度的影響。實驗設計是讓 17 位肥胖的受試者參加兩個階段的減重計畫。第一個階段是每天進行極嚴苛的飲食控制 (-2930 Kcal/day) 並配合安慰劑或藥物治療，共 15 週。第二階段則進行運動配合低熱量、低脂的飲食控制，共 18 週。研究結果顯示，過度限制飲食熱量的攝取，會使血清瘦身蛋白急遽下降，進而刺激食慾上升。

Ohannesian 等人 (1999) 以 6 位一般體位的受試者 (5 男 1 女, 年齡 26.6 ± 1.0 歲, 體脂肪 $17.4 \pm 2.2\%$, BMI 21.5 ± 0.9 kg/m²) 為研究對象，在 4~6 週的實驗期間，受試者除日常的飲食熱量攝取外，刻意再增加熱量的攝取 (增加 $22.5 \sim 26.5$ Kcal/kg/day)，使得每位受試者在短期內至少增重 10% 以上。研究結果發現，受試者的 BMI 由 21.5 ± 0.9 kg/m² 增加至 23.4 ± 0.9 kg/m² (體重平均增加 4.4 kg, $p < .05$)，體脂肪則由 $17.4 \pm 2.2\%$ 增加至 $21.0 \pm 2.8\%$ ($p < .05$)，而血清瘦身蛋白濃度則上升近 2 倍 (由 3.8 ± 1.0 ng/ml 增加至 6.4 ± 1.9 ng/ml, $p < .05$)。Ohannesian 等人指出，短期內刻意的增加飲食熱量的攝取，而使身體脂肪量顯著增加時，其血清瘦身蛋白濃度也會隨之升高，而且瘦身蛋白似乎和體內的能量貯存狀況有關。

(六) 其他可能影響瘦身蛋白濃度的相關研究

Filozof 等人 (2000) 以 8 位曾經減重達 27.1 ± 21.3 kg 的受試者 (2 男 6 女, 年齡 48.9 ± 12.2 歲, 現 BMI 為 24.5 ± 1.0 kg/m², 體脂肪為 $33 \pm 5\%$) 為實驗組, 另外以 8 位從未減重的受試者 (1 男 7 女, 年齡 49.1 ± 5.2 歲, BMI 24.4 ± 1.0 kg/m², 體脂肪 $33 \pm 7\%$) 為控制組, 探討兩組受試者在身體活動量、休息代謝率 (RMR)、呼吸商數 (respiratory quotient) 和瘦身蛋白濃度等變項上的差異情形。研究結果發現，兩組受試者的體脂肪百分比和血清瘦身蛋白濃度兩變項之間，均達顯著正相關 ($r = .57$, $p < .05$)。實驗組在調整過體脂肪和肥胖度後，和控制組相比較，兩組受試者均有相似的身體活動量和相近的休息代謝率 (實驗組 1383 ± 268 Kcal/day vs. 控制組 1430 ± 104 Kcal/day)，但曾經減重的實驗組和控制組相比較，卻有較高的呼吸商數 (0.86 ± 0.04 vs. 0.81 ± 0.03 , $p < .05$)，和較低的血清瘦身蛋白濃度 (4.5 ± 2.1 ng/ml vs. 11.6 ± 7.9 ng/ml, $p < .05$)。Filozof 等人認為，曾經減重這項變數，可能造成受試者會有較低的脂

肪氧化率 (fat oxidation) 和血清瘦身蛋白濃度。

另外，Ravussin 等人 (1999) 在一篇綜評 (review) 的文章中指出，人類肥胖的原因，是由於環境 (environmental) 和遺傳基因 (genetic) 兩項因素交互作用所導致的結果。Ravussin 等人以代謝 (metabolic) 的角度來探討美國印地安皮馬族人 (Pima Indians) 體重增加的原因。研究指出，這個族群的人種均傾向於肥胖，而其體重增加的原因，可歸納出下列幾點：1). 有較低的代謝率 (metabolic rate)，2). 低水平的身體活動量，3). 低脂肪氧化率 (fat oxidation)，4). 低胰島素敏感性 (insulin sensitivity)，5). 低交感神經系統 (sympathetic nervous system) 的活絡，以及 6). 低血清瘦身蛋白濃度。Ravussin 等人進一步指出，相對應於一般成年型的肥胖者，卻有著較高水準的血清瘦身蛋白濃度，這兩者之間的差異頗大，以肥胖病理學的角度來說，目前的基因研究，或許有助於治療病態性的肥胖及進一步解釋人種間瘦身蛋白濃度的差異情形。

綜合歸納上述研究，我們對影響血清瘦身蛋白濃度的相關因素，做一統整性的說明：

(1) 肥胖基因的正常表現會分泌合成瘦身蛋白，因此肥胖基因的表現情形和瘦身蛋白濃度的高低有著直接的相關。而肥胖基因的表現則受到脂肪細胞質與量的雙重影響。在質的方面，唯有成熟的脂肪細胞可以表現肥胖基因，且白色脂肪細胞比棕色脂肪細胞更能表現肥胖基因 (Leroy 等人，1996；Moinat 等人，1995；Sudi 等人，1998)；在量的方面，脂肪細胞的數目、體積大小等，均與肥胖基因的表現有著直接的關聯 (Friedman 等人，1997；Hickey 等人，1996；Kohrt 等人，1996；Leal-Cerro 等人，1998；Pagano 等人，1999)。正因如此，人類血清瘦身蛋白濃度的高低也深受脂肪細胞的影響。

(2) 瘦身蛋白濃度在人體血液中，每日的日夜節奏，大致是呈現出夜間較高，而白天逐漸降低的週期性變化 (劉建恆和方進隆，民 86；Van Aggel-Leijssen 等人，1999)。

(3) 在性別差異上，一般而言，女性均比男性有著較高的身體脂肪質量 (fat mass) 和較高的血清瘦身蛋白濃度 (Donahue 等人，1999；Folsom 等人，1999；Momose 等人，1999)。男女運動員和同性別非運動員相比較，則有較低的血清瘦身蛋白濃度 (Berman 等人，1999；Gippini 等人，1999；Gutin 等人，1999；Haluzik 等人，1998；Haluzik 等人，1999；Ryan 等人，1996)，這可能是運動員身體脂肪含量較低的原因所致。

(4) 在較大規模的研究調查 (De Silva 等人，1998；Folsom 等人，1999；Momose 等人，1999) 或流行病學的研究 (Donahue 等人，1999) 中皆發現，BMI、體重、體脂肪百分比、皮下脂肪、內臟脂肪和腰臀圍比等身體組成變項，

均與血清瘦身蛋白濃度有顯著正相關。這意味著大多數的肥胖者均比正常體位或瘦者，含有較高的脂肪質量和血清瘦身蛋白濃度，同時也顯示出身體脂肪含量的多寡，似乎是決定血清瘦身蛋白濃度的重要因素。

(5) 過度限制飲食者，會促使血清瘦身蛋白濃度下降，而其所得到的代償結果，則是刺激食慾上升 (Doucet 等人, 2000; Matejek 等人, 1999)。刻意增重或攝食過量者，則因體內能量貯存過多，使脂肪質量大幅增加，導致血中瘦身蛋白濃度飆升 (Ohannesian 等人, 1999)。

(6) 女性的年齡愈高者，血中瘦身蛋白的濃度愈低 (Ryan 等人, 1996)；過低的瘦身蛋白濃度 (低於 3 ng/ml) 會使女性月經週期產生混亂和障礙，這可能意味著血清瘦身蛋白濃度和女性荷爾蒙的分泌有關 (Matejek 等人, 1999; Tataranni 等人, 1997; Thong 等人, 2000b)。另外，人種間的差異 (Ravussin 等人, 1999) 和曾經減重 (Filozof 等人, 2000) 等變項，似乎也會對瘦身蛋白造成若干程度的影響。

總而言之，肥胖基因的表現情形、不同的抽血時段、性別差異、身體組成、能量攝取、能量消耗、年齡、人種和曾經減重等變項，均有可能會影響到血清瘦身蛋白濃度的變化情形。而有關運動訓練對血清瘦身蛋白濃度影響的文獻部分，將在以下做一系列的探討。

三、運動訓練對於瘦身蛋白濃度的影響

(一) 有關單次 (acute) 運動對瘦身蛋白濃度影響的文獻

Hickey 等人 (1996) 以 13 位有慢跑習慣的男性 (年齡 32.2 ± 2.5 歲，身高 176.2 ± 1.6 公分，體重 71.9 ± 6.9 公斤，體脂肪 $9.7 \pm 0.9\%$ ， $VO_{2\max}$ 62.9 ± 2.2 ml/kg/min) 為受試者，探討單次的運動刺激對血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果顯示，受試者在完成 20 英哩的跑步運動 (強度為 $70\% VO_{2\max}$) 後，血清瘦身蛋白濃度從 2.19 ± 0.32 ng/ml 減少為 2.14 ± 0.36 ng/ml，但未達顯著差異 ($p > .05$)。Hickey 等人指出，經常從事運動訓練的人，通常有較低的血清瘦身蛋白濃度，單次運動刺激對經常從事慢跑運動男性的血清瘦身蛋白濃度，無立即性的影響。

Landt 等人 (1997) 將 26 位男性區分為兩組，一組受試者 ($n=12$) 進行 2 小時的固定式腳踏車運動，另一組受試者 ($n=14$) 則進行 2 小時的長跑運動。兩組受試者在運動前、後和運動後的第 6 和第 12 個小時，分別接受 4 次的採血。研究結果發現，腳踏車運動組在運動結束後，血清瘦身蛋白濃度減少了 8.3% ，而血中游離脂肪酸則顯著增加；游離脂肪酸的增加和瘦身蛋白濃度的減少，兩者間有顯著負相關 ($r = -.737$; $p = .01$)，腳踏車運動組在 6 個小時的休息和進食後，血清瘦身蛋白濃度始回復到運動前的水準。長跑運動組在運動

結束後，血清瘦身蛋白濃度減少了 32 %，而血中游離脂肪酸也顯著增加，但兩者間的相關性並未達顯著 ($r = -.366$ ； $p = .20$)，長跑運動組在 18~24 個小時的休息和進食後，血清瘦身蛋白濃度也回復到運動前的水準。Landt 等人認為，以生理學的角度來看，受試者血清瘦身蛋白濃度減少所代表的意義，應是激烈運動造成的體內能量負平衡所致；而運動訓練促使脂肪分解為大量的游離脂肪酸，則是間接地扮演著瘦身蛋白濃度減少的原因之一。

Perusse 等人 (1997) 以 97 位成年人 (男性 51 人，女性 46 人) 為受試對象，探討單次最大運動刺激對於血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果發現，受試者血清瘦身蛋白濃度的變化情形非常不一致，有些人的血清瘦身蛋白濃度上升，有些人下降，有些人則沒有改變。Perusse 等人指出，受試者在從事單次最大運動刺激後，對於血清瘦身蛋白濃度的影響具有個別差異，且在整體平均數上是不顯著的。

Racette 等人 (1997) 以 5 位健康男子為受試對象 (年齡為 38.4 ± 1.7 歲，BMI 為 $28.4 \pm 4.2 \text{ kg/m}^2$)。5 位受試者以 50 % 最大心跳率的運動強度在原地跑步機上慢跑 60 分鐘。研究者在實驗前和運動過程中，每隔 10 分鐘同時抽取受試者腹部靜脈血、脂肪組織和橈骨動脈血，藉此評估受試者在運動期間血清瘦身蛋白濃度的變化情形。研究結果發現，受試者的血清瘦身蛋白濃度在整個運動過程中，和運動前的水準相比較並無顯著改變；但在運動過程中脂肪組織所分泌的瘦身蛋白比率 ($3.07 \pm 0.89 \text{ ng/100 g} \cdot \text{min}^{-1}$) 和運動前 ($3.86 \pm 0.95 \text{ ng/100 g} \cdot \text{min}^{-1}$) 相比較，雖略有下降，但未達顯著差異 ($p > .05$)。Racette 等人指出，單次中等強度的運動刺激對血清瘦身蛋白濃度和瘦身蛋白的分泌比率，無顯著影響。

Koistinen 等人 (1998) 以 9 位健康男子和 8 位體重正常、病況穩定的 type 1 糖尿病男子，從事 3 個小時的腳踏車運動，研究結果顯示，9 位健康男子血清瘦身蛋白濃度平均減少 42 % ($p < .01$)，而 8 位 type 1 糖尿病男子的血清瘦身蛋白濃度則平均減少 23 % ($p < .01$)。健康男子的血清瘦身蛋白濃度和 BMI 兩者間，有顯著正相關 ($r = .75$ ； $p < .001$)，瘦身蛋白濃度和胰島素的相關性為 $r = .71$ ($p < .01$)。糖尿病男子的血清瘦身蛋白濃度和胰島素的相關性則為 $r = .54$ ($p < .05$)。Koistinen 等人指出，單次的運動訓練會減少受試者血清瘦身蛋白濃度和血中胰島素濃度。

Leal-Cerro 等人 (1998) 以 29 名男性運動員 (體脂肪 9.1 ± 0.5 %，血清瘦身蛋白濃度 $2.9 \pm 0.2 \text{ ng/ml}$) 和 22 名男性非運動員 (體脂肪 16.1 ± 0.5 %，血清瘦身蛋白濃度 $5.1 \pm 0.6 \text{ ng/ml}$) 為受試對象，探討馬拉松賽跑對血清瘦身蛋白濃度的影響。受試者平均使用了 3 小時 17 分 7 秒完成 42.195 公里的馬拉松賽，估計能量消耗約 2800 Kcal。研究結果顯示，29 名男性運動員的血清瘦身蛋白

濃度，從 2.9 ± 0.2 ng/ml 減少為 2.6 ± 0.2 ng/ml ($p < .05$)。Leal-Cerro 等人指出，從事馬拉松賽跑所導致的大量能量消耗，是促使血清瘦身蛋白濃度下降的主要因素。

Schmid 等人 (1998) 以 13 位業餘運動員為受試者，探討 2.5 小時的越野賽跑對血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果顯示，受試者的血清瘦身蛋白濃度從 1.36 ± 1.06 ng/ml 下降為 0.93 ± 0.74 ng/ml ($p = .002$)，在經過 24 小時的恢復期後，受試者的血清瘦身蛋白濃度仍處於較低水準 (1.05 ± 1.14 ng/ml)。Schmid 等人指出，瘦身蛋白濃度似乎就像能量平衡的感應器一般，受試者血清瘦身蛋白濃度的減少，和劇烈的運動訓練有密切的相關。

Torjman (1998) 以 6 位年齡介於 22~41 歲，未受過訓練、體位正常的男子為受試者，探討單次漸增到最大運動負荷對於血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果發現，受試者在運動後 4 小時，瘦身蛋白濃度仍不斷地下降，約減少了 25%。運動結束後，受試者血清瘦身蛋白濃度和體脂肪百分比的相關為 $r = .88$ ($p < .05$)，血清瘦身蛋白濃度和安靜能量消耗 (resting energy expenditure, REE) 則呈現負相關 ($r = -.80$; $p < .05$)。Torjman 指出，激烈的運動刺激會導致血清瘦身蛋白濃度下降。

Zafeiridis (1998) 以 6 位體位正常的健康男子為受試者，實驗設計是讓全體受試者接受連續 60 分鐘，強度為 50% $VO_{2\max}$ 的運動刺激，血液樣本抽取的時間分別是在運動期的第 0、20、40 和第 60 分鐘進行，且在運動後恢復期的第 5、15、30、60、120 和第 240 分鐘再行採血。血液分析項目包括血清瘦身蛋白濃度、胰島素、血糖、游離脂肪酸和甘油，並探討耗氧量的變化情形。研究結果發現，受試者血清瘦身蛋白濃度在運動期的第 60 分鐘時呈現出升高的情形，整個運動過程中，受試者血中的游離脂肪酸和甘油增加，胰島素減少，而血糖則沒有改變。血清瘦身蛋白濃度和胰島素及血糖均呈現負相關 ($r = -.62$; $p < .05$; $r = -.70$; $p < .05$)，血清瘦身蛋白濃度和耗氧量及甘油則呈現正相關 ($r = .93$; $p < .05$; $r = .83$; $p < .05$)，此外，血清瘦身蛋白濃度和安靜能量消耗 (resting energy expenditure, REE) 呈現正相關 ($r = .80$; $p < .05$)。此研究結果顯示，單次中等強度的運動刺激對於體位正常的健康男子血清瘦身蛋白濃度無顯著影響。

Duclos 等人 (1999) 研究指出，8 位體位正常的男性受試者，在接受 2 小時的越野賽跑後，受試者血清瘦身蛋白濃度從 2.5 ± 0.2 ng/ml 降至 1.7 ± 0.1 ng/ml ($p < .05$)，平均下降了 $30.3 \pm 4.5\%$ 。另外，受試者血液中的游離脂肪酸從 0.18 ± 0.07 mmol/L 上升至 0.78 ± 0.08 mmol/L ($p < .05$)，甘油也從 0.04 ± 0.01 mmol/L 顯著增加至 0.13 ± 0.01 mmol/L ($p < .05$)，8 位受試者在單次運動刺激後，血清瘦身蛋白濃度和游離脂肪酸呈現負相關 ($r = -.50$; $p < .05$)。Duclos

等人認為，單次劇烈的運動刺激，會使體位正常的男性受試者血清瘦身蛋白濃度減少；而受試者血液中游離脂肪酸和甘油濃度增加的原因，則是運動刺激所造成的脂肪分解作用。

Torjman 等人 (1999) 以 6 位未受過訓練的健康男子為受試者，分別接受單次最大漸增 (maximal incremental) 負荷的原地跑步機運動和 50 % $VO_{2\max}$ 長時間的原地跑步機運動，研究結果發現，在單次最大漸增運動後 4 小時，受試者血清瘦身蛋白濃度下降了 7 % ($p > .05$)，另外在 50 % $VO_{2\max}$ 的長時間運動後 4 小時，受試者血清瘦身蛋白濃度則下降了 9 % ($p > .05$)。整個過程受試者的血清瘦身蛋白濃度下降了 27 %，達顯著差異 ($p < .05$)。受試者血清瘦身蛋白濃度和身體脂肪及的相關為 $r = .88$ ($p < .05$)，血清瘦身蛋白濃度和血糖 (glucose) 的相關為 $r = .96$ ($p < .05$)。Torjman 等人指出，劇烈的運動刺激所造成的大量能量消耗，會使血清瘦身蛋白濃度顯著減少。

Essig 等人 (2000) 以 11 位健康男子為受試者，實驗設計是在二天內讓受試者分別接受了二次運動刺激，第一天的運動消耗能量為 800 Kcal，運動強度為 70 % $VO_{2\max}$ ，第二天的運動消耗能量為 1500 Kcal，運動強度亦為 70 % $VO_{2\max}$ 。這些受試者在實驗過程和實驗前，均被要求攝取相同食物和熱量。研究結果發現，受試者在第一天的運動刺激後，血清瘦身蛋白濃度和實驗前相比較，並無顯著變化，但在第二天的運動刺激結束後，受試者的血清瘦身蛋白濃度和實驗前相比較，下降了 30 % ($p < .05$)；二天的運動刺激也使得受試者的胰島素減少 35~46 % ($p < .05$)。Essig 等人認為，運動使體內的能量消耗增加，是促使受試者的血清瘦身蛋白濃度下降的主因。

劉建恆、周芬碧 (民 86) 以 20 位受試者 (6 位男性，14 位女性，男性年齡介於 16~27 歲，BMI 介於 19.91~33.03 kg/m^2 ；女性年齡介於 17~22 歲，BMI 介於 17.63~32.87 kg/m^2)，介入 1 小時漸增負荷的固定式腳踏車運動。男性受試者的運動負荷為：150 (Watts) × 30 分鐘，休息 10 分鐘；200 (Watts) × 20 分鐘 + 250 (Watts) × 5 分鐘 + 300 (Watts) × 5 分鐘。女性受試者的運動負荷為：100 (Watts) × 30 分鐘，休息 10 分鐘；150 (Watts) × 20 分鐘 + 200 (Watts) × 5 分鐘 + 250 (Watts) × 5 分鐘。研究目的是要觀察受試者在運動前、中、後和恢復期血清瘦身蛋白、血糖、胰島素和生長激素 (growth hormone) 濃度的變化情形。研究結果發現，全體受試者的生長激素和血糖，在運動 30 分鐘後升高之後下降，且不受性別差異和 BMI 兩變項的影響。另外，在運動 1 小時後，肥胖受試者的瘦身蛋白濃度和胰島素顯著高於瘦者 ($p < .05$ ； $p < .01$)，全體受試者的血清瘦身蛋白濃度、胰島素和 BMI 的相關性，是隨著運動強度的增加而上升。研究結論認為，單次運動後，人體血清瘦身蛋白濃度的變化，會受到性別差異、運動強度、運動持續時間和受試者肥胖程度等因素之共同影響。

吳瑞祥(民 87)以 35 名大專男子(年齡 21.77 ± 1.14 歲, 身高 172.97 ± 6.39 公分, 體重 73.55 ± 17.66 公斤, BMI $24.39 \pm 4.31 \text{ kg/m}^2$, 體脂肪 $20.52 \pm 9.23 \%$) 為受試對象。以隨機分派方式將受試者區分為實驗組 ($n=25$) 和控制組

($n=10$), 在經歷 12 小時的禁食後, 實驗組接受強度 50~85 % 最大保留心跳率的腳踏車運動 30 分鐘, 控制組則無。研究結果發現, 單次 30 分鐘的運動刺激使實驗組的血清瘦身蛋白濃度, 從 $4.80 \pm 7.62 \text{ ng/ml}$ 減少為 $4.31 \pm 6.53 \text{ ng/ml}$ (共下降約 $10.4 \pm 16.27 \%$), 但未達顯著差異 ($p > .05$)。但在實驗組的 25 人當中, 有 6 位受試者的血清瘦身蛋白濃度, 在運動結束後, 是呈現出上升的情況, 上升最多的為 0.49 ng/ml 。吳瑞祥指出, 單次 30 分鐘腳踏車運動對大專男子血清瘦身蛋白濃度並無顯著影響, 而瘦身蛋白濃度與 BMI、腰臀圍比以及體脂肪百分比, 均有顯著正相關 ($p < .05$), 相關係數 r 值分別為 .919、.628 及 .844。

劉建恆(民 87)以 72 位女性為研究對象(平均年齡 18.3 ± 0.7 歲、身高 162.5 ± 4.6 公分、體重 57.2 ± 6.0 公斤、BMI $21.7 \pm 3.6 \text{ kg/m}^2$), 受試者依身體質量指數 (BMI) 被區分為: 超重組 (BMI ≥ 23)、體重正常組 ($19 < \text{BMI} < 23$) 和體重過輕組 (BMI ≤ 19) 等 3 組。全體受試者在 50~85 % 最大保留心跳率 (HRR_{max}) 的運動強度下, 進行單次的 30 分鐘的跑走運動。研究結果發現, 在 30 分鐘的跑走運動後, 超重組 ($n=21$) 的血清瘦身蛋白濃度由 $20.4 \pm 9.8 \text{ ng/ml}$ 顯著增加為 $24.2 \pm 12.3 \text{ ng/ml}$ ($p < .001$); 體重正常組 ($n=38$) 的血清瘦身蛋白濃度由 $5.4 \pm 4.5 \text{ ng/ml}$ 顯著增加為 $6.3 \pm 5.3 \text{ ng/ml}$ ($p < .001$); 體重過輕組 ($n=13$) 的血清瘦身蛋白濃度則由 $3.9 \pm 3.0 \text{ ng/ml}$ 增加為 $4.0 \pm 3.7 \text{ ng/ml}$, 但未達顯著差異 ($p > .05$)。研究結論指出, 單次立即性 30 分鐘跑走運動, 對不同肥胖程度女性的血清瘦身蛋白濃度, 會有不同的影響。BMI 值愈大的女性受試者, 在運動後瘦身蛋白濃度上升幅度愈大; BMI 值愈小的女性受試者, 在運動後瘦身蛋白濃度的變化幅度愈小, 甚至下降, 其分界點位於 BMI = 18.8 kg/m^2 處。全體受試者的 BMI、心肺耐力、皮脂厚、腰臀圍比和耳鼓膜溫度等變項, 均和瘦身蛋白濃度有顯著相關, 其中肥胖程度 (BMI) 是影響瘦身蛋白濃度變化的主要因素。

綜合上述研究, 單次 (acute) 運動對血清瘦身蛋白濃度的影響, 可歸納結果如下:

(1) 單次運動時間較長、較激烈的運動或是超過 2 小時以上的馬拉松賽跑, 均會使一般健康男性或者男運動員的血清瘦身蛋白濃度顯著減少, 其中可能的原因, 應是長時間劇烈的運動刺激造成體內能量負平衡所致 (Duclos 等人, 1999; Koistinen 等人, 1998; Landt 等人, 1997; Leal-Cerro 等人, 1998; Schmid 等人, 1998; Torjman 等人, 1999)。

(2) 一般單次中等強度的運動刺激(運動時間為 60 分鐘,強度為 50 % $VO_{2\max}$ 或 50 % 最大心跳率),會使一般健康男性的血清瘦身蛋白濃度略為下降,但整體而言,並未達顯著差異(Racette 等人,1997; Zafeiridis, 1998)。另外, Hickey 等人(1996)的研究則指出,單次中高強度的運動刺激(強度為 70 % $VO_{2\max}$),對經常從事運動訓練的男性血清瘦身蛋白濃度,是無立即性的影響。

(3) 在單次最大漸增負荷運動部分,有些研究(Torjman, 1998)的結果顯示,男性受試者血清瘦身蛋白濃度會顯著減少。但有些研究(Perusse 等人, 1997)的結果,則出現男女受試者血清瘦身蛋白濃度變化非常不一致的情形,有些人的瘦身蛋白濃度會上升,有些人下降,有些人則沒有改變。

(4) 另有國內的研究報告顯示,單次 30 分鐘固定式腳踏車運動(強度為 50~85 % HRR_{\max})會使大專男性的血清瘦身蛋白濃度略為下降,但並未達顯著差異(吳瑞祥, 民 87)。劉建恆(民 87)的研究結果則發現,單次立即性 30 分鐘跑走運動(強度為 50~85 % HRR_{\max}),對不同肥胖程度女性的血清瘦身蛋白濃度會有不同的影響。BMI 值愈大的女性受試者,在運動後瘦身蛋白濃度上升幅度愈大, BMI 值愈小的女性受試者,在運動後瘦身蛋白濃度的變化幅度愈小,甚至下降,其分界點位於 $BMI = 18.8 \text{ kg/m}^2$ 處。而劉建恆、周芬碧的研究(民 86)則指出,單次運動後人體血清瘦身蛋白變化不一致的情形,主要是受到性別差異、運動強度、運動持續時間和受試者肥胖程度等變項所共同影響。

(二) 有關短期(3 天~4 週)運動對瘦身蛋白影響的文獻

Dirlewanger 等人(1999)以 11 位體位正常的健康成年人為受試者(4 男、7 女),實驗設計是讓全體受試者在 3 天中,接受三種不同的實驗處理。第一天僅控制受試者的飲食熱量攝取;第二天受試者除接受飲食控制外,另以 60 Watts 的強度,進行單次固定式腳踏車運動 30 分鐘;第三天受試者持續接受飲食控制,再以 60 Watts 的強度,分次進行 2 次固定式腳踏車運動 30 分鐘。研究結果顯示,受試者的血清瘦身蛋白濃度的變化情形並不顯著(第一天至第三天分別為: $8.64 \pm 2.22 \text{ ng/ml}$ 、 $7.17 \pm 1.66 \text{ ng/ml}$ 、 $7.33 \pm 1.72 \text{ ng/ml}$)。Dirlewanger 等人指出,在適度的飲食控制下從事溫和的運動,雖然會使受試者體內產生些微的能量負平衡,但對受試者的血清瘦身蛋白濃度,並沒有太大的影響,尤其是在受試者的身體組成未被改變的情形之下。

Weltman 等人(2000)以 7 位健康男性(平均年齡 27 歲,身高 178.3 公分,體重 82.2 公斤)為受試者,探討不同運動強度的介入對血清瘦身蛋白濃度的影響。受試者在第 1 天接受採血(7:00~9:00)取樣後,接著連續 5 天分別接

受不同強度的運動刺激，採血的時間均在早上 7:00~9:00 進行。第 2 天受試者以 0.25 乳酸閾值 (lactate threshold, LT) 的強度，進行長達 3.5 小時的固定式腳踏車運動，第 3 天到第 6 天則分別以 0.25 LT、0.75 LT、1.25 LT 和 1.75 LT 的強度，進行腳踏車運動 30 分鐘。研究結果發現，在 6 天當中所取得的血清瘦身蛋白濃度並無顯著差異 ($p > .05$)，經迴歸分析後發現，受試者的血清瘦身蛋白濃度和體脂肪百分比，兩者間達顯著正相關 ($r = .94, p < .01$)。Weltman 等人指出，不同運動強度的介入對於血清瘦身蛋白濃度是沒有影響的。

Houmard 等人 (2000) 以 30 位受試者 (16 位年輕人，年齡 21.9 ± 0.6 歲，體脂肪 $17.5 \pm 1.5\%$ ；14 位老年人，年齡 58.6 ± 1.4 歲，體脂肪 $28.3 \pm 1.3\%$)，介入連續 7 天的運動訓練 (每天運動 60 分鐘，運動強度為 $75\% \text{VO}_{2\text{max}}$)。研究結果發現，全體受試者在接受連續 7 天的運動訓練後，體重 ($71.8 \pm 2.5 \text{ kg}$ vs. $71.9 \pm 2.5 \text{ kg}$, $p > .05$) 血清瘦身蛋白濃度 ($10.4 \pm 1.6 \text{ ng/ml}$ vs. $9.2 \pm 1.0 \text{ ng/ml}$, $p > .05$) 和實驗前相比較，並沒有顯著變化，但連續 7 天的運動訓練，卻顯著改善了全體受試者胰島素的敏感性 (sensitivity)。Houmard 等人認為，運動訓練對血清瘦身蛋白濃度無顯著影響，尤其是在受試者的身體組成未被改變的前提下。

劉建恆等人 (民 86) 以 7 位成年女性 (平均年齡 21.4 ± 1.0 歲 身高 160.4 ± 3.7 公分、體重 56.5 ± 6.5 公斤、BMI $21.8 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$) 為受試對象，探討運動訓練配合飲食控制對身體組成以及血清瘦身蛋白濃度的影響。實驗設計是讓受試者依日常生活作息，進行連續 2 週的單車長途訓練 (每日騎單車 6 小時，運動負荷為中至高強度)，另外每日記錄受試者飲食熱量攝取 (平均每日攝取 $2073 \pm 48 \text{ Kcal}$) 並分析食物營養成份 (醣類 $64.7 \pm 0.7\%$ 、脂肪 $18.7 \pm 0.9\%$ 、蛋白質 $16.4 \pm 0.8\%$)。研究結果發現，受試者的體重由 $56.5 \pm 6.5 \text{ kg}$ 降為 $52.3 \pm 6.1 \text{ kg}$ ($p < .001$)，BMI 由 $21.8 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$ 降為 $20.3 \pm 1.1 \text{ kg/m}^2$ ($p < .01$)，五部位皮脂厚 (肱三頭肌 肩胛下緣 腹臍部 腸骨上方和大腿前側) 總合由 $121.0 \pm 9.3 \text{ mm}$ 降為 $59.5 \pm 10.6 \text{ mm}$ ($p < .001$)。血清瘦身蛋白濃度，在實驗的第 1 天、第 8 天和第 15 天三個時段，呈現出先下降而後逐漸回升的現象 (前測 $10.81 \pm 4.45 \text{ ng/ml}$ ，中測 $3.95 \pm 1.23 \text{ ng/ml}$ ，後測 $7.84 \pm 2.89 \text{ ng/ml}$)。血清瘦身蛋白濃度的中測值和前測值相比較，下降了 63.5% ，達顯著差異 ($p < .01$)，而後測值和中測值相比較，瘦身蛋白濃度則呈現出回升的現象 ($p < .05$)，雖然血清瘦身蛋白濃度的後測值和前測值相比較仍是處於較低的水準，但兩者間並未達顯著差異水準 ($p > .05$)。劉建恆等人據此推測，在中測時瘦身蛋白濃度的下降，應是反應出受試者體脂肪量的減少，而非飲食能量攝取的不足；在實驗後期，雖然受試者的體脂肪量仍持續減少，而每日的飲食能量攝取也維持不變，但受試者的血清瘦身蛋白濃度，卻有可能是因為長期大量的耐力性運動刺激而使其回

升。劉建恆等人表示，以運動配合飲食控制的方式，相較於低熱量飲食控制的減肥方式，對肥胖基因的表現影響較小，推測因此可以避免減重後期食慾失控的現象發生，而有利於長期體重控制計畫的維持。

Reiterer 等人 (1999) 以 62 位肥胖兒童 (32 男, 30 女) 為受試者，探討 3 週飲食控制配合運動介入的減重計畫對肥胖兒童身體組成、胰島素和血清瘦身蛋白的影響。研究結果發現，兩性在 3 週的減重計畫介入之後，體脂肪、胰島素和瘦身蛋白均顯著減少。Reiterer 等人指出，受試者血清瘦身蛋白濃度的減少，主要和體脂肪的減少有關；且研究中的男性肥胖兒童，在減重計畫介入之後，瘦身蛋白和體脂肪百分比的相關性顯著增加 ($r = .57$ 上升為 $r = .75$, $p < .01$)。Reiterer 等人認為，運動訓練可能會增加血清瘦身蛋白的敏感性 (sensitivity) 和荷爾蒙的合成代謝 (anabolic)。

Halle 等人 (1999) 以 20 位肥胖的 Type 2 糖尿病男性 (年齡 48 ± 8 歲, BMI 32.1 ± 3.9 kg/m²) 為受試者，探討 4 週飲食控制配合運動減重計畫的介入對血清瘦身蛋白和血脂肪的影響。實驗設計為：飲食控制每天僅攝取 1000 Kcal (醣類 50%，不飽和脂肪 25%，蛋白質 25%)，另外配合運動消耗能量，每週約 2200 Kcal。研究結果發現，受試者在 4 週減重計畫的介入後，體重、血清瘦身蛋白、三酸甘油脂和膽固醇均顯著減少 ($p < .05$)。Halle 等人指出，受試者血清瘦身蛋白的減少，主要應是飲食控制配合運動訓練所致。

綜合上述研究，短期 (3 天~4 週) 運動對血清瘦身蛋白濃度的影響，可歸納結果如下：

(1) 短期 3 天~7 天密集式，每次運動時間在 30~60 分鐘內的中低強度運動訓練，會使一般正常體位的男性或女性的血清瘦身蛋白濃度些微減少，但整體而言，並沒有達到顯著性，尤其是在受試者的身體組成未被顯著改變的情況下 (Dirlewanger 等人, 1999; Houmard 等人, 2000; Weltman 等人, 2000)。

(2) 實驗期間在 3 週~4 週，施以飲食控制配合運動介入的減重方式，會顯著降低肥胖兒童和 Type 2 糖尿病患者的身體脂肪、胰島素和血清瘦身蛋白濃度 (Halle 等人, 1999; Reiterer 等人, 1999)。

(3) 另外，比較特殊的是一篇國內的研究 (劉建恆等人, 民 86)。研究中的女性受試者，在實驗後期，身體脂肪含量雖因運動訓練並配合飲食控制的介入，而持續減少，但其血清瘦身蛋白濃度卻不再持續下降，反而有逐漸回升的現象，雖然後測值和前測值相比較，仍是處於較低的水準，但兩者間並未達顯著差異 ($p > .05$)。該作者推測，在中測時，受試者血清瘦身蛋白濃度的下降，應是反應出體脂肪量的減少；而在實驗後期，受試者的血清瘦身蛋白濃度卻可能是因為長期大量的耐力性運動刺激而使其回升。

從上述研究中我們可歸納出，短期密集式的運動訓練未能使血清瘦身蛋白濃度顯著減少的原因，可能是運動訓練並未顯著地改變受試者的身體組成。而短期以飲食控制配合運動介入的減重計畫，除了會降低肥胖者的身體脂肪外，瘦身蛋白濃度也會跟隨著減少，這可能意味著血清瘦身蛋白濃度深受身體脂肪含量的影響。

另外，從國內的研究中，我們發現一個特殊的現象就是，單次 30 分鐘的跑走運動會使超重女性血清瘦身蛋白濃度顯著提升（劉建恆，民 87），而短期以運動訓練並配合飲食控制的介入，受試者的血清瘦身蛋白濃度，卻不因身體脂肪含量的遞減而持續下降，甚至有回升的跡象（劉建恆等人，民 86）。這些研究和先前國外大多數的研究結果是有些差異的，這是否和人種、性別差異或是受試者的肥胖度等變數有關？則須進一步深入探討。

（三）有關長期（chronic）運動對瘦身蛋白影響的文獻

Kohrt 等人（1996）以 61 位停經的年老女性（年齡 62~72 歲）為受試者，探討運動訓練和荷爾蒙替代療法（hormone replacement therapy, HRT）對身體組成以及血清瘦身蛋白濃度的影響。61 位受試者被區分為：運動組（n=17）、運動+HRT 組（n=13）、HRT 組（n=15）和控制組（n=16）。運動處方為：2 個月的伸展運動，接著進行 9 個月的走路、慢跑和爬樓梯運動。研究結果發現，運動組的血清瘦身蛋白濃度下降約 23~25%（ $p < .01$ ），運動+HRT 組的血清瘦身蛋白濃度下降約 22~27%（ $p < .01$ ），而 HRT 組的血清瘦身蛋白濃度則不受影響。另外，兩組介入運動的受試者，身體脂肪含量也顯著減少，血清瘦身蛋白濃度和體脂肪減少的變化量有顯著正相關， r 值為 .55（ $p < .01$ ）。在實驗前和實驗後，運動組以及運動+HRT 組的血清瘦身蛋白濃度和體脂肪的相關性分別為 $r = .81$ 和 $r = .85$ ，均達顯著正相關（ $p < .001$ ）。Kohrt 等人認為，血清瘦身蛋白濃度的高低，深受身體脂肪含量多寡的影響。受試者藉由運動減輕體重後，身體脂肪的質量也相對減少，使得血清瘦身蛋白濃度下降，這似乎意味著，脂肪細胞的大小是決定瘦身蛋白濃度的重要因素。

Hickey 等人（1997）以 18 位坐式生活型態的中年人為受試者（9 男，9 女），探討 12 週有氧運動訓練對血清瘦身蛋白濃度的影響。這些受試者在參與研究前，經評估有氧適能（男性 $VO_{2\max}$ 為 29.4 ± 1.2 ml/kg/min vs. 女性 $VO_{2\max}$ 為 27.5 ± 1.2 ml/kg/min, $p > .05$ ）和胰島素敏感性指數（男性為 3.41 ± 1.12 vs. 女性為 4.88 ± 0.55 , $p > .05$ ），並無顯著差異，但女性的體脂肪重則顯著低於男性（女性為 21.83 ± 2.25 kg vs. 男性為 26.99 ± 2.37 kg, $p < .05$ ），在此前題下，女性依然比男性有著較高的血清瘦身蛋白濃度（女性為 18.27 ± 2.55 ng/ml vs. 男性為 9.88 ± 1.26 ng/ml, $p < .05$ ）。兩性受試者在接受 12 週的有氧運動訓練（每週 4

天，每天 30~45 分鐘)後，體脂肪量並無顯著減少，但女性血清瘦身蛋白濃度顯著卻下降約 17.5 % ($p < .05$)，而男性受試者的瘦身蛋白濃度則沒有減少。在 12 週的運動訓練介入後，男性的 $VO_{2\max}$ 增加 13 %，女性的 $VO_{2\max}$ 增加 9.1 %；另外在胰島素敏感性指數方面，男性增加 35 %，女性增加 82 %。Hickey 等人認為，運動訓練對於血清瘦身蛋白濃度影響不一致的原因，可能來自於性別差異。

Perusse 等人 (1997) 以 97 位坐式生活型態的成年人 (男性 51 人，女性 46 人) 為受試對象，探討 20 週耐力運動訓練對於血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果發現，在 20 週運動訓練後，兩性的身體組成和最大耗氧量均獲得顯著改善；男性的血清瘦身蛋白濃度從 4.6 ng/ml 減少為 3.9 ng/ml ($p = .004$)，但女性則不顯著。Perusse 等人認為，運動訓練對於血清瘦身蛋白濃度的影響，應存在著個別差異的現象，也有可能運動訓練改善了女性受試者瘦身蛋白的敏感性。

Christensen 等人 (1998) 以 121 位超重的停經女性 (年齡 49~58 歲，BMI 25~42 kg/m^2) 為受試者，探討飲食和運動對停經女性血清瘦身蛋白濃度的影響。實驗設計是將受試者分為三組：低熱量飲食組 ($n=51$)、飲食控制配合運動組 ($n=49$) 和對照組 ($n=21$)，實驗為期 12 週，之後進行 6 個月的後續追蹤。研究結果發現，12 週後，低熱量飲食組的血清瘦身蛋白濃度和對照組相比較，減少了約 2 倍；而飲食控制配合運動的受試者在 12 週後，血清瘦身蛋白濃度則無顯著變化。Christensen 等人認為，單純使用低熱量飲食控制的減肥方式，會造成血清瘦身蛋白濃度的大幅減少，而採用飲食控制配合運動的減肥方式，對血清瘦身蛋白濃度則較無影響。在追蹤期方面，Christensen 等人更進一步指出，受試者血清瘦身蛋白濃度的變化主要是和體脂肪的改變有關，而減重必須是體脂肪的減少才會使得血清瘦身蛋白濃度下降。

Pasman 等人 (1998) 以 15 位肥胖男性為受試者 (年齡 37.3 ± 5.2 歲，體重 96.5 ± 13.6 公斤，BMI 29.8 ± 3.0 kg/m^2)，探討極低熱量飲食控制配合規律運動對身體組成、胰島素以及血清瘦身蛋白濃度的影響。實驗設計是將受試者分派為：極低熱量飲食配合運動訓練組 ($n=7$ ，3~4 次/每週，60 分鐘/每次，採中低運動強度) 和極低熱量飲食組 ($n=8$ ，不接受運動訓練)，進行 4 個月的減肥計畫，之後在實驗結束後的第 6 和第 12 個月進行追蹤。受試者在實驗前、中 (第 2 個月) 後和追蹤期，均接受採血分析。研究結果發現，兩組受試者的體脂肪百分比、胰島素以及血清瘦身蛋白濃度，在不同減肥計畫的介入後，均顯著下降 ($p < .05$)，且胰島素和血清瘦身蛋白濃度的減少呈顯著正相關 ($r = .56$ ， $p < .05$)。

Schmid 等人 (1998) 以 25 位業餘運動員為研究對象，探討 3 個月的運動

訓練對血清瘦身蛋白濃度的影響。運動訓練計畫內容包括：每週運動 3~4 天，每次 45 分鐘，每週跑步最大訓練量為 30 公里，運動強度血乳酸值介於 2~3 mmol/L。研究結果顯示，受試者的 BMI 並無顯著改變，但長期運動訓練卻使得受試者的血清瘦身蛋白濃度從 4.95 ± 4.7 ng/ml 上升至 6.33 ± 6.18 ng/ml，並達顯著差異水準 ($p = .004$)。Schmid 等人認為，受試者在適應了長期的運動能量消耗後，其體內已能主動調節能量的平衡，進而促使血清瘦身蛋白濃度的上升。

Gutin 等人 (1999) 以 34 位肥胖兒童 (年齡 7~11 歲) 為受試者，探討 4 個月的體能訓練對肥胖兒童血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果發現，受試者在接受體能訓練後，體脂肪和血清瘦身蛋白濃度均顯著減少 ($p < .001$)。在實驗結束後 4 個月，Gutin 等人再次針對 34 位受試者進行追蹤研究發現，受試者在恢復原來的生活型態後，血清瘦身蛋白濃度又再次回升。Gutin 等人指出，受試者的身體組成、內臟脂肪、胰島素和血清瘦身蛋白濃度均有顯著相關 ($p < .05$)，但經逐步迴歸分析後，僅有脂肪質量 (fat mass) 與血清瘦身蛋白濃度呈顯著正相關 ($R^2 = .57, p < .0001$)。

Kraemer 等人 (1999) 以 30 位平均超重 20~50% 的女性為研究對象，以隨機方式將受試者分派為實驗組 ($n=16$ 人，年齡 42.75 ± 1.64 歲) 和控制組 ($n=14$ 人，年齡 40.57 ± 2.80 歲)，探討 9 週有氧運動的介入對血清瘦身蛋白濃度的影響。研究結果發現，實驗組在接受 9 週固定式腳踏車運動訓練後，最大耗氧量 ($VO_{2\max}$) 增加了 12.29% ($p < .05$)，體脂肪 ($42.27 \pm 1.35\%$ vs. $41.87 \pm 1.33\%$) 無顯著變化 ($p > .05$)，而血清瘦身蛋白濃度則從 28.00 ± 2.13 ng/ml 上升至 31.04 ± 2.71 ng/ml，但未達顯著差異 ($p > .05$)。Kraemer 等人指出，9 週有氧運動的介入，可有效增進超重女性的有氧適能，但對血清瘦身蛋白濃度則無顯著影響。

Okazaki 等人 (1999) 以 41 位坐式生活型態的中年女性 (15 名肥胖者和 26 名非肥胖者) 為受試者，探討運動和飲食控制對身體組成、胰島素和血清瘦身蛋白濃度的影響。這個減肥計畫是由 12 週的有氧運動 (強度為 50% $VO_{2\max}$) 和個人飲食衛教指導所構成。研究結果發現，肥胖者平均減重 3.9 ± 3.4 kg ($p < .05$)，非肥胖者平均減重 1.7 ± 1.8 kg ($p < .05$)。肥胖者的血清瘦身蛋白濃度由 14.7 ± 5.3 ng/ml 降至 8.9 ± 3.6 ng/ml ($p < .001$)，非肥胖者的血清瘦身蛋白濃度則由 7.6 ± 3.9 ng/ml 降至 5.6 ± 2.2 ng/ml ($p < .001$)。全體受試者在減肥計畫介入前後，血清瘦身蛋白濃度和 BMI、體脂肪以及胰島素均有顯著正相關 ($p < .01$)。Okazaki 等人指出，受試者血清瘦身蛋白濃度的減少是由於身體脂肪質量減少所致。

Ryan 等人 (2000) 以 15 位停經的肥胖老年女性 (年齡 50~69 歲) 為受試對象，探討 16 週的運動減肥計畫對身體組成、休息代謝率 (RMR)、胰島素

以及血清瘦身蛋白濃度的影響。15 位受試者被區分為運動組和運動減肥組。研究結果發現，在運動減肥計畫介入後，兩組受試者的休息代謝率（RMR）和淨體重皆顯著增加（ $p < .05$ ）。運動組的體重和瘦身蛋白濃度並無改變，而運動減肥組的體重、體脂肪百分比均顯著減少，瘦身蛋白濃度也顯著減少了 36%（ $p < .05$ ）。在胰島素部分，運動組減少 16%（ $p = .05$ ），而運動減肥組減少了 43%（ $p < .05$ ）。兩組受試者的血清瘦身蛋白濃度和體重、體脂肪百分比、休息代謝率以及胰島素的相關性， r 值分別為 .68、.77、.69 和 .73，均達顯著正相關（ $p < .005$ ）。Ryan 等人指出，受試者體脂肪和胰島素的減少，是由於運動介入所致，而血清瘦身蛋白濃度的下降則和體脂肪的減少有關，僅單純介入運動而沒有減輕體重者，對於血清瘦身蛋白濃度的影響是極小的。

Thong 等人（2000a）以 52 位肥胖男性為研究對象，探討低熱量飲食和運動對身體組成以及血清瘦身蛋白濃度的影響。實驗設計採隨機分派方式將受試者分為：低熱量飲食減肥組（ $n=14$ ）、運動減肥組（ $n=14$ ）、運動配合體重維持組（ $n=16$ ）和控制組（ $n=8$ ）等四組，進行 12 週的減重實驗。研究結果發現，不論是採用低熱量飲食或運動方式減肥的受試者，在實驗後體重均減少 7.5 kg 以上，其體脂肪也顯著下降（ $p < .05$ ）。低熱量飲食減肥組的血清瘦身蛋白濃度，由 8.5 ± 1.0 ng/ml 下降至 4.8 ± 0.6 ng/ml（ $p < .05$ ）；運動減肥組的血清瘦身蛋白濃度，則由 10.1 ± 1.0 ng/ml 下降至 5.0 ± 0.6 ng/ml（ $p < .05$ ）；而運動配合體重維持組的血清瘦身蛋白濃度變化不大，由 10.1 ± 1.3 ng/ml 下降至 9.2 ± 1.2 ng/ml（ $p > .05$ ）；控制組則無顯著改變（ 7.8 ± 1.3 ng/ml vs. 7.7 ± 1.0 ng/ml， $p > .05$ ）。Thong 等人認為，不同減肥策略的介入是受試者體脂肪減少的主因，而血清瘦身蛋白濃度則因體脂肪的減少而下降。

綜合上述研究，長期（chronic）運動對血清瘦身蛋白濃度的影響，可歸納結果如下：

（1）長期以有氧運動介入為主要手段的減重方式，在受試者因運動訓練的介入而導致身體脂肪含量減少時，通常其體內的胰島素和血清瘦身蛋白濃度也會隨之下降（Gutin 等人，1999；Kohrt 等人，1996；Perusse 等人，1997；Ryan 等人，2000；Thong 等人，2000a）。

（2）但若受試者的身體脂肪含量，並未因運動訓練而顯著改變時，則此時瘦身蛋白濃度的變化情形，則呈現出相當不一致的研究結果。有的研究結果顯示女性的血清瘦身蛋白濃度會顯著減少，而男性則沒有影響（Hickey 等人，1997），有的研究則發現，當身體脂肪含量未顯著改變時，對於肥胖女性或男性血清瘦身蛋白濃度的影響是極小的（Ryan 等人，2000；Thong 等人，2000a）。Hickey 等人（1997）和 Perusse 等人（1997）則認為上述的情形，應是性別差

異所造成的影響。

(3) 另外，如上所述，在受試者的身體脂肪含量，未因運動訓練而顯著改變時，也有兩篇瘦身蛋白濃度上升的研究被提出。Kraemer 等人 (1999) 的研究發現，超重女性在 9 週有氧運動訓練介入後，體脂肪百分比 ($42.27 \pm 1.35\%$ vs. $41.87 \pm 1.33\%$ ， $p > .05$) 在無顯著減少的情形下，血清瘦身蛋白濃度從 28.00 ± 2.13 ng/ml 上升至 31.04 ± 2.71 ng/ml，但未達顯著差異 ($p > .05$)。另外，Schmid 等人 (1998) 的研究結果也指出，25 位業餘運動員在接受 3 個月的運動訓練後，身體組成在無顯著變化的情形下，受試者的血清瘦身蛋白濃度卻從 4.95 ± 4.7 ng/ml 顯著增加至 6.33 ± 6.18 ng/ml ($p = .004$)。Schmid 等人認為，其中原因可能是受試者在適應了長期的運動能量消耗後，其體內已能主動調節能量的平衡，進而促使血清瘦身蛋白濃度的上升。

(4) 單純僅以低熱量飲食控制，或者是採用極低熱量飲食控制的減重方式，除了會使受試者的身體脂肪顯著減少外，受試者的胰島素和血清瘦身蛋白濃度也會急遽的下降，並且會刺激食慾的上升 (Christensen 等人, 1998; Pasman 等人, 1998; Thong 等人, 2000a)。

(5) 在利用飲食控制配合運動的減重實驗中，Christensen 等人 (1998) 指出，當受試者身體脂肪無顯著改變時，此時對血清瘦身蛋白濃度則較無影響。另外，有些研究則指出，利用飲食控制或是以極低熱量飲食控制配合運動訓練的減重方式，會使受試者的體脂肪、胰島素以及血清瘦身蛋白濃度顯著地下降 (Okazaki 等人, 1999; Pasman 等人, 1998)。Okazaki 等人進一步明確指出，受試者血清瘦身蛋白濃度的減少，是由於身體脂肪質量減少所致。

總結上述研究，我們發現一個共同的論點，意即：長期性 (chronic) 僅以單一的運動訓練或低熱量飲食控制方式，或者是採用運動訓練配合飲食控制減重計畫的介入，因而導致受試者身體脂肪含量顯著減少時，則通常受試者體內的胰島素和血清瘦身蛋白濃度也會顯著下降。若上述單一或組合式的減肥策略，無法有效的減少受試者的身體脂肪含量時，則此時瘦身蛋白濃度的變化情形，則呈現出相當不一致的研究結果。有些研究的受試者血清瘦身蛋白濃度會減少，有些研究的受試者血清瘦身蛋白濃度傾向沒有變化，甚至有些研究的受試者血清瘦身蛋白濃度則會顯著上升。

綜觀本章所蒐集彙整的文獻，且在通盤瞭解瘦身蛋白的基本性質和影響瘦身蛋白濃度的相關因素後，本研究將依據研究目的，盡力掌控或剔除可能影響研究結果的相關變數，來進行下一章節的研究方法與步驟。