

停止訓練和臥床休息對生理的影響

李水碧*

摘 要

停止訓練和臥床休息常發生在運動傷害或有疾病的人身上。停止訓練和臥床休息的結果導致身體活動降低，而發生骨骼肌適應的現象而影響其功能。因此了解停止訓練和臥床休息對生理面的影響不但在身體功能下降的預防上，運動傷害上，以及肌肉不使用後的復健是非常重要的主題。然而過去有關停止訓練和臥床休息對生理功能的變化一直不同，為了讓人了解有關這方面的知識，本文因此將以文獻回顧的方式，從各種方法如使用石膏固定、持拐杖、癱瘓、太空飛行、及老化等在型態、肌力、神經肌、速度、敏捷性、柔軟度、及肌耐力等方面加以探討。

關鍵字：停止訓練、臥床休息

*李水碧：體育學系講師

停止訓練和臥床休息對生理的影響

李水碧*

壹、前言

停止訓練和臥床休息導致身體活動量的減少，而身體活動減少會造成生理上的改變。因此，了解身體活動量的減少對骨骼肌的影響是非常重要的課題。因為它可以預測功能性的能力，以及在不使用（disuse）時或復健時能實施適當的運動處方。肌肉活動減少的原因很多包括：停止訓練（detraining）、臥床休息（bed rest）、以石膏固定（casting）、使用拐杖（use of crutches）、癱瘓（paralysis）、老化（aging）或微重力的太空飛行（microgravity of space flight）等。

所謂減少肌肉活動意指肌肉或肌群每日活動強度和／或活動量的減少。訓練一段時間之後返回坐式生活型態的停止訓練與坐式生活的人一個月的臥床休息，在生理上不會產生相同的適應。減少活動而造成適應上改變的多寡主要依肌肉使用的相對改變而不同。例如，坐式生活的人臥床休息一個月比停止重量訓練（相同時間）產生較大的骨骼肌萎縮（Hikida 等人, 1989; Hather 等人, 1991）。因此停止訓練及臥床休息導致生理上的變化是值得探討的問題，故本文擬由肌肉減少使用在形態上、肌力、神經肌、速度、敏捷性、柔軟度、肌耐力、心肺耐力、及可能對策等以文獻方式加以分析探究。

貳、肌肉減少使用（無負荷）的形態和定義

何謂停止訓練

停止訓練（detraining）是指隨著訓練停止的時間而使以前的適應（adaptation）

*李水碧：體育學系講師

逐漸減少或流失(Narici等人, 1989; Houston 等人, 1983; Staron 等人, 1991)的現象。運動員從事正常的例行性訓練時, 在季外期(off-season)經常會有停止訓練的現象。停止訓練在那些平常很少運動的坐式生活者, 在參與幾個星期或幾個月的運動之後就不再繼續參與也會經常發生。

臥床休息

臥床休息的時間通常和疾病的發生有關, 因此很難去論斷產生肌肉適應的真正原因。不過, 在不考慮疾病的情況下, 臥床休息已被應用在健康者不實施肌肉負荷的實驗模式中發現, 用石膏固定或使用拐杖方式的臥床休息會產生相似的結果(Hikida 等人, 1989; Dudley 等人, 1989; Duchateau, 1995)。

用石膏固定

下肢用石膏固定會造成肌肉更嚴重的固定不動, 大部份使用在動物的實驗中, 它比單獨臥床休息會更快速地減少肌肉量。使用石膏最主要的特徵是為了使受傷的組織固定不動而把關節的位置固定, 但是這樣也會使肌肉固定在一定的長度。肌肉如果固定在彎曲位置, 會比固定在正常角度或伸展的位置產生比較嚴重的肌肉萎縮。用石膏固定幾個星期之後, 關節會有僵直(stiffness)現象, 當受傷病人開始實施復健運動時必須考慮這一點。

使用拐杖

病人使用拐杖的原因, 可能是或可能不是由於肢體用石膏固定, 當下肢用石膏固定時, 通常需要使用拐杖, 至於較小的傷害, 如扭傷和拉傷, 可能就不需要使用拐杖, 但是受傷部位可能仍無法支撐體重。人類常利用下肢懸吊法(lower limb suspension)為實驗模式, 研究肌肉在無負荷的情況下所產生的適應和變化(Berg 等人, 1991; Berg 等人, 1993; Berg 等人, 1996; Adams 等人, 1994; Dudley 等人, 1992; Hather 等人, 1992; Ploutz-Snyder 等人, 1995)。此法最先為 Tesch 等人(1991)所發展, 此種下肢單腿懸吊法可以自由地移動關節, 但是沒有支撐負荷(如圖 1), 以一條吊帶懸吊另一隻腿, 而另一隻腿的鞋底墊高, 使無負荷的腿能處於放鬆的位置, 受試者能利用拐杖行走。



圖 1 下肢單腿懸吊法。摘自 Berg, H.E., G.A. Dudley, T. Haggmark, H. Ohlsen, and P.A. Tesch, (1991). Effect of lower limb unload on skeletal muscle mass and function in humans. *J. Appl. Physiol.*, 70, 1882-1885.

玆麻痺或癱瘓 (Paralysis)

許多疾病會導致身體某部位或全身的癱瘓，脊柱受傷經常會導致不同程度的肌肉癱瘓。去分辨是否因疾病或肌肉不使用的交互作用而產生功能性的改變，在研究上經常是有困難，其原因可能是脊柱受傷不但會影響肌肉，而且可能仍受神經的支配。在沒有接受來自較高層次神經中樞的輸入，肌肉是無法被活化的，或許這就是導致癱瘓的原因。

用太空飛行

雖然真正參與太空飛行的人不多，且由於重力對骨骼肌所造成的影響目前還不是很清楚。因此有關減少肌肉的使用之研究仍舊是值得大家去探討的。太空人由於太空飛行而使肌肉功能產生適應 (Edgerton 等人, 1995; LeBlanc 等人, 1995)，但是有關肌肉功能的改變和對策或復健的程序之機轉仍舊不清楚。因此，這部份研究仍有待開發。

乚老化 (aging)

隨著年齡的增加，會造成骨骼肌的大小和肌肉力量的減少 (Manfredi 等人, 1991; Tseng 等人, 1995)。肌肉力量減少最多的是在五十歲以後，在五十幾歲和六十幾歲之間平均減少 15%，其後每十年肌力的減少達 30%。大部份肌力的減少是由於肌肉量的減少，因老化而造成肌肉量的減少有兩個時期，較慢的時期是 25~50 歲間，約流失 10%，其後會快速的流失。事實上，從 50~80 歲肌肉量約流失 40%，因此到了 80 歲約有一半的肌肉量流失 (Booth 等人, 1993)。有關肌肉量的減少是否因自然老化的過程，由於坐式生活而減少肌肉使用或其他疾病的原因而造成的，仍舊是受爭論的。

參、骨骼肌減少使用 (無負荷) 的結果

切形態上的影響

不管骨骼肌無負荷的方式為何，肌肉減少使用最主要的結果是骨骼肌的萎縮。萎縮的過程是由於收縮性的肌動蛋白和肌球蛋白的減少而造成肌肉大小的減少 (Kandarin 等人, 1991)。肌肉大小的減少可能是因肌纖維橫斷面積 (cross-sectional area) 的減少以及肌纖維數目的減少或這兩種過程的聯合。早期臥床休息的研究顯示在臥床休息的第 15 天會增加尿中氮的排泄量。Deitrick 等人 (1948) 以 4 位健康

年輕的男受試者，不只臥床休息同時下半身從腰到腳趾用石膏固定，使之不能動的研究發現：尿中氮的排泄量最高值是在臥床休息的第二週，且超過基準值 20~43%。那些資料反映出固定不動會增加蛋白質的分解，在很多動物的模式也都得到証實。因此，氮的負平衡是肌肉萎縮的初期指標，而且即使很健壯的人的身上，如果長時間臥床休息也同樣會發生。

Berg 等人(1991)研究指出，單腳經過 4 週的懸吊之後導致股骨肌群的肌肉橫斷面積減少 7%，但是另一隻腳則沒有改變。下肢在六週的懸吊之後利用肌肉針刺法 (muscle biopsy)，顯示肌纖維橫斷面積平均減少 14% (Hather 等人, 1992)，膝伸肌的萎縮造成肌肉量的減少是膝屈肌的兩倍。令人感到訝異的是，在六週的無負荷之後，股直肌 (rectus femoris) 卻沒有改變，而手臂用石膏固定之後，懸吊短短的九天，竟造成前臂肌肉橫斷面積減少 4% (Miles 等人, 1994)。

另一項研究以 30 天低頭傾斜臥床休息之後發現：股骨肌群的橫斷面積減少了 8% (Convertino 等人, 1989)，而 35 天水平臥床休息之後，踝伸肌 (plantar flexor) 萎縮了 12%，但是踝屈肌 (dorsiflexor) 則沒有顯著改變 (LeBlanc 等人, 1988)。在低頭傾斜臥床休息之後，利用肌肉針刺法顯示慢縮肌纖維橫斷面積減少 7.5%，快縮肌纖維減少 14.7%，這些肌纖維的減少股外側廣肌較比目魚肌 (soleus) 更明顯 (Hikida 等人, 1989)。很多動物的研究顯示，由於固定不動後慢縮肌纖維的相對萎縮高於快縮肌纖維 (Lieber, 1992)，但是在人類則沒有此種現象，因為人類至少有兩種不同的肌群是快縮肌纖維最先受影響 (Hikida 等人, 1989)，如果臥床休息的時間再長一點，很明顯地可能引起大部份是快縮肌纖維的肌肉量的流失，例如，119 天的臥床休息造成踝屈肌 (dorsiflexors) 的肌肉量減少 21% (LeBlanc 等人, 1992)，令人訝異的是，在長時間的臥床休息之後，對於控制姿勢很重要的腓腸肌 (含有較多的慢縮肌纖維)，肌肉量僅減少 9% (LeBlanc 等人, 1992)。

人類的研究和動物模式得到相反的結果，可能可以解釋為肌纖維橫斷面積的基準線是肌肉萎縮的大小一個重要因素 (Hikida 等人, 1989)，老鼠在固定不動前有較多的慢縮肌纖維，然而人類在臥床休息前有較多的快縮肌纖維，或許較多的快縮肌纖維在臥床休息時，會產生相對較多的萎縮。人類肌肉的形態 (muscle morphology) 隨不用的時間而造成肌肉量的改變，如圖 2 所示。很明顯地，不論是從電腦斷層掃描或磁共振造影法 (MRI)，以肌纖維橫斷面積，肢體量 (limb volume) 或肌肉橫斷面積來測量，隨著臥床休息 (Convertino 等人, 1989; Hikida 等人, 1989; LeBlanc 等人, 1988; LeBlanc 等人, 1992) 用石膏固定 (MacDougall 等人, 1980; Sargeant 等人, 1977) 或下肢懸吊的時間之增加，肌肉量的減少逐漸變大。由於道德問題限制

了臥床休息研究的時間，當臥床休息的時間超過六個月時，是否肌肉量會持續減少則不清楚。一般而言，腿伸肌所受的影響大於腿屈肌，如圖 2 所示，在 35 天的臥床休息之後，踝伸肌和踝屈肌的比較（LeBlanc 等人, 1988）。相反地，利用功能性的神經切除術造成肌纖維數目的減少以及肌肉的萎縮，也會導致和老化有關的肌肉量的減少（LeBlanc 等人, 1992）。

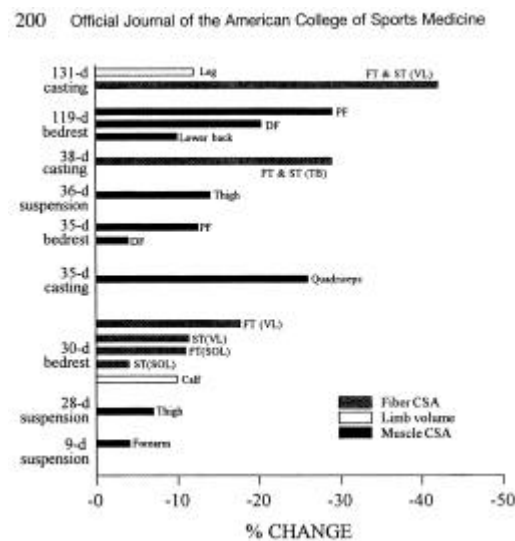


圖 2 下肢隨單腿懸吊(suspension),用石膏固定(casting)和臥床休息(bed rest)的時間之增加,肌肉量改變的情形。FT 為快縮肌(fast-twitch muscle); ST 為慢縮肌(slow-twitch muscle); VL 為股外側廣肌(vastus lateralis); TB 為肱三頭肌(triceps brachii); SOL 為比目魚肌(Soleus);PF 為踝伸肌肌群(plantar flexors); DF 為踝屈肌肌群(dorsiflexors); CSA 為橫斷面積(cross-sectional area)資料摘自 Bloomfield 等人(1995) Change in musculoskeletal structure and function with prolong bed rest.

肌肉因停止訓練而產生萎縮的速率，似乎和肌肉因訓練而產生肥大的速率一樣的慢，大約每週 1%(Hather 等人,1991; Narici 等人, 1989; Houston 等人, 1983; Staron 等人, 1991)。因此，因停止重量訓練而產生的肌肉萎縮似乎比平常不運動的人因無負荷而萎縮的速率還要慢。是故，有關肌肉萎縮方面，平常有運動的人因停止訓練（detraining）比平時不運動的人因臥床休息，產生較少的肌肉萎縮。因此，短時間的停止訓練可能不會有特殊的負面作用，但是臥床休息的病人則應儘早的重新恢復運動。

肌纖維型式，特別是相對面積大多由某種肌纖維的型式所組成，對肌肉收縮時的能量需求會有很明顯的影響。每單位的肌肉產生收縮時，快縮肌纖維比慢縮肌纖

維需要較高的能量需求，因此，需要提供較多的能量來維持肌肉收縮。如果肌肉由於無負荷造成慢縮肌纖維的萎縮，而使快縮肌纖維的相對比例提高時，在沒有其他因素干擾的情況下，肌肉用力產生收縮，會增加每單位肌纖維的能量需求而造成肌肉更容易疲勞。在無負荷期間，如果慢縮肌轉變成快縮肌，也會使肌肉快縮肌纖維的相對比例提高。但是人類在 4~6 星期的無負荷之後，都沒有產生上述的兩種過程(Hikida 等人, 1989; Berg 等人, 1996; Berg 等人, 1993; Adams 等人, 1994), 因此，人類在數週無負荷之後，肌肉收縮時的能量需求並沒有明顯的改變，如果人類因短期間的無負荷而使肌肉收縮時的相對疲勞程度增加，可能是由於運動單位招募時效率變差，而使能量需求變大。

相反地，健康者在停止訓練期間，似乎會改變快縮肌纖維的型式(Hather 等人, 1991; Staron 等人, 1991)。一些研究指出，人類骨骼肌在重量訓練之後會減少快縮肌纖維 type IIb 的百分比(%)，而增加快縮肌纖維 type IIa 的百分比，當訓練停止後，肌纖維型式的組成又明顯的回到訓練前(Staron 等人, 1991)。基於上述的結果，肌纖維 type IIb 在增加負荷期間似乎在為肌纖維 type IIa 做準備，如果無負荷的時間很短，則無法提供足夠的刺激來增加肌纖維 type IIb (較易於疲勞的肌纖維) 的比例。

肌肉萎縮的程度大部份依不使用的時間和範圍而定，但是大部份的研究均僅使用數週的無負荷。因脊椎受傷而造成永久癱瘓的病人，肌肉在一年完全不使用之後，肌肉大小約減少 50%，且幾乎完全變成快縮肌纖維(Martin 等人, 1992; Taylor 等人, 1993;)。雖然這樣的結果還沒有被實驗證明，但它顯示肌肉因沒有使用而造成萎縮的最低程度。另外，如果長期無負荷，肌肉收縮的能量需求會增加而導致抗疲勞的能力降低。

股外側廣肌(Vastus lateralis muscle)在六週的無負荷之後，環繞每一肌纖維的微血管數目並沒有改變，因此，肌肉每單位面積的微血管數目(微血管密度)實際上是增加的(Hather 等人, 1992)。但是，人類腓腸肌(gastrocnemius muscle)在中度至重度的去除神經之後，每一肌纖維的微血管數目和肌纖維萎縮的程度成比例的減少，因此，微血管的密度並沒有改變(Carpenter 等人, 1982)。由以上結果顯示，在無負荷的最初幾週期間，肌纖維的萎縮超過微血管的減少，之後微血管的減少使微血管的密度變成正常；另一情況，微血管 / 肌肉(capillary/muscle)的擴散特性似乎不受無負荷的影響

物肌力

造成肌力的改變是由於肌肉量和橫斷面積的減少。30 天的臥床休息後從事離心和向心收縮，造成膝伸肌的最大力矩（peak torque）降低 18~20%，膝屈肌降低 6%（Dudley 等人, 1989），值得慶幸的是，臥床休息 30 天後，肌力能恢復到臥床休息前的 92%，顯示所減少的肌力在一合理時間內能夠恢復（Dudley 等人, 1989）。

來自美國和蘇聯很多臥床休息的研究資料顯示，在臥床休息和肌力減少之間，顯示出一個劑量—反應的關係（dose-response relationship），如表 1 所示，肌力的減少，膝伸肌群高於膝屈肌群，下肢高於上肢。臥床休息的時間如果少於 60 天，肘屈肌和前臂肌肉的肌力會有一些的流失；如果臥床休息的時間再延長到 60 天以上，那些手臂肌力的減少將變得更明顯；上臂如果嚴格的限制，使它固定不動且沒有支撐體重，雖然僅是短短的 9 天也會造成屈腕肌和伸腕肌顯著的減少肌力（Miles 等人, 1994）。

表 1 肌肉由於不用，最大肌力改變的情形

資料來源	模式	天數	肌群	改變%
Fuglsang-Fredericksen & scheel(1978)	用石膏固定 (casting)	27-43	股四頭肌	-40~-80
MacDougall 等人(1980)	用石膏固定 (casting)	35	肘伸肌	-35~-41
Gogia 等人(1988)	臥床休息 (bed rest)	35	踝屈肌	-26
			踝伸肌	-24
			膝屈肌	-8
			膝伸肌	-8
			肘屈肌	-19
			肘伸肌	-7
LeBlanc 等人(1988)	臥床休息 (bed rest)	119	踝屈肌	-4
			踝伸肌	-26
Dudley 等人(1989)	臥床休息 (bed rest)	30	膝屈肌	-6
			膝伸肌	-19
Berg 等人(1991)	下肢單腿懸吊	28	膝伸肌	-20
			膝伸肌	-20

肌肉進行離心收縮、等長收縮和向心收縮時所產生的肌力大小，會明顯的受一些神經抑制機轉(neural inhibitory mechanisms)所控制(Mack, & Lachance, 1967; Michel 等人, 1991), 但是相對肌力的減少則是與肌肉收縮的速度和型態無關。肌肉收縮能力的降低是不是與神經抑制的增加有關，這個論點仍然有爭議，但神經抑制增加的結果會有肌力減退的現象(Grigoriu 等人, 1992)。

肌力的減少，我們是否可以歸因於肌肉活動電位的減少？老鼠的腓腸肌在 28 天用石膏固定在正常的位置(neutral)、縮短的位置(shortened)或延長的位置(lengthened positions)會造成 EMG 活動電位的改變(Fournier 等人, 1983)。28 天固定不動後，肌肉如果是固定在縮短的位置，EMG 活動電位減少了 50%，如果是固定在正常長度則沒有這現象；不過，如果以肌肉的濕重(wet weight)來計算，固定在縮短位置和固定在正常的位置時，肌肉萎縮的程度是相同的。因此，肌肉的神經活動和肌肉量的減少之間，似乎沒有一定的關係存在。

有一些証據顯示，肌肉短期間暴露在無負荷的環境下，會降低肌肉電位性的效率。人類在 7 天的太空飛行之後，蹠屈肌從事靜性(static)和等速的(isokinetic)收縮時，如果和飛行前比較，產生單位力量時會增加 EMG 活動電位的比例(Kozlo, Vskaya 等人, 1984)。Sale 等人(1982)研究發現：在一段期間無負荷之後，產生相同的肌力時，會增加神經活動的需求，如此的改變是由於肌肉不使用而改變運動單位招募的效率。人類在五週用石膏固定不動之後，拇球肌產生最大自發性收縮的力量降低了 57%，伴隨著功能性運動單位的數目減少了 29%，同時反射電位(reflex potential)降低了 45%。且其研究也指出：最大收縮時肌力減小的機轉是由於降低運動神經的興奮性(excitability)和運動單位的活化能力受到傷害(Sale 等人, 1982)。

肌肉由於短期間的無負荷之後，並沒有造成速度 - 力矩(speed torque)關係圖形的變化，顯示肌纖維型式的組成是沒有改變的，但是，如果因為長期的無負荷而使肌纖維轉變成“較快(faster)”的肌纖維，當向心動作的速度增加時，必須更加用力來維持力量的現象，將變得很明顯(Harvis 等人, 1994)，在長期的太空飛行(space flight)之後，就有這樣的發現(Edgerton 等人, 1995)。但是健康者 120 天的無負荷之後，三頭肌的肌群在表皮實施電刺激時，相對上升時間(relative rise time)並沒有改變，顯示肌動肌球蛋白絲頭部(即橫橋)的 ATP 水解酶(ATPase)的活性並沒有因三個月的不使用而改變(Koryak, 1995)；同樣地，也有研究指出，脊椎受傷的病人和健康的控制組，他們的脛骨前肌(tibialis anterior muscle)達到最高張力(peak tension)的時間是一樣的，顯示鈣離子的活性並沒有受長期的無負荷而明顯的改變(Stein 等人, 1992)。由於脊椎受傷的病人和健康受試者有同樣的

收縮機轉 (twitch mechanics), 我們似乎可以推論肌纖維型式的組成和肌球蛋白頭部 (即橫橋) 之 ATP 水解酶 (ATPase) 的活性並沒有因脊椎受傷而改變。Martin 等人在脊椎受傷的病人, 也有這樣的發現。因此脊椎受傷的病人的肌肉似乎比控制組有較多的快縮肌纖維, 但是肌球蛋白頭部 (橫橋) 的 ATP 水解酶 (ATPase) 活性和力學功能 (mechanical function) 則與健康人一樣。

神經肌

肌肉減少使用的結果比肌肉萎縮還要減少更多的肌力 (Ploutz-Snyder 等人, 1995), 但是, 短期間的太空飛行則沒有這種現象, 例如, 在 5 天或 11 天的無負荷之後, 肌力減少的數量與肌纖維大小的減少成比例的增加或者較少 (大約 15% vs 25%) (Edgerton 等人, 1995), 如此, 意味著需要更加努力的招募肌肉和 / 或較高的特殊張力 (每單位肌肉的力量)。但是有關無負荷的研究指出: 在正常重力情況下, 均不會有這些現象 (Berg 等人, 1996; Duchateau, 1995; Kandarin 等人, 1991), 因此, 在無負荷之後, 無形中可能已經造成神經肌的傷害。

在一段時間臥床休息之後, 神經肌的改變對平衡感和運動能力會有很重要的影響。蘇聯的研究者已証實, 太空人在返回太空飛行的第二天, 會造成姿勢的搖擺、步態的改變和肌肉運動感覺的傷害 (Purakhin 等人, 1972), 這些因子的聯合, 導致疲勞性增加和肌力的減少, 構成一幅看起來很熟悉且會增加老年人跌倒的危險性 (Tinetti 等人, 1988)。研究証明, 老年人在地球表面的正常重力下, 長期臥床休息或短期間反覆的臥床休息, 和看護者一樣, 都會造成平衡感和步態的改變, 這些因子會造成跌倒而導致骨折和軟組織的傷害。

肌電圖的研究指出, 一段時間沒有負荷之後, 從事最大自發性收縮 (maximal voluntary contractions) 時, 最大放電頻率 (maximal firing rate) 和最大性整合肌電圖 (maximal integrated EMG) 有減少的現象, 同時 EMG 會沒有圖形出現的現象, 而招募高閾值的運動單位 (high threshold motor unit) 之能力似乎也會受影響 (Duchateau, 1995)。相對肌力的減少高於相對肌肉大小的減少, 顯示在從事非最大工作時須使用較多的肌肉, 最近利用核磁共振造影法 (magnetic resonance imaging, MRI) 的研究指出, 在產生非最大的力量時, 需招募較多的運動單位 (Berg 等人, 1996), 支持了肌電圖的分析。

平時很少從事肌肉活動的人, 準備實施運動處方開始恢復運動時, 體育專業人員應該給予解釋肌肉在無負荷時神經肌所產生的變化。從事非最大負荷時雖較容易實施但需更多的絕對肌肉的參與, 另外, 肌肉雖然沒有明顯的萎縮, 但可能因為無

法規律的運動控制 (motor control) 而顯得欲振乏力。

速度、敏捷性和柔軟度

訓練對於速度和敏捷性的改善少於肌力、爆發力、肌耐力、柔軟度和心血管耐力，因此不運動造成速度和敏捷性的喪失相對地較少，同時以有限的訓練量就能維持速度和敏捷性的最高水準，但這並不是意謂著短跑選手每週僅幾天的訓練就能獲得好成績，因為比賽的成功除了依賴速度和敏捷性外，其他諸如正確的動作、技巧以及完成激烈短跑的能力。每週需要幾個小時的時間來練習動作以達到適當的程度，但是大部份的時間應花在發展動作表現的品質而不是速度和敏捷性。另一方面，在不運動期間，柔軟度的下降相當地快，因此，整年都應該從事柔軟度的訓練，在訓練計劃的季中期(in-season)和季外期(off-season)仍應該從事伸展運動。

肌耐力

無負荷對人類骨骼肌的代謝特性之影響，比肌肉萎縮和肌力減少較不受矚目。從手術後的案例顯示，用石膏固定不動一週或兩週之後，氧化酶的活性，例如琥珀酸去氫酶 (succinate dehydrogenase, SDH) 和細胞色素氧化酶 (cytochrome oxidase) 大約減少 40%~60%；圖 3 顯示游泳選手六週停止訓練之後，氧化酶活性的減少快於最大耗氧量的減少；在 30 天的臥床休息之後用肌肉針刺法顯示，股外側廣肌和比目魚肌的氧化酶濃度會有降低的現象 (Hikida 等人, 1989)，對於- β 氧化 (beta-oxidation) 和檸檬酸循環非常重要的酶也會受影響，而小腿最大血流量也降低 38% (Convertino 等人, 1989)。很明顯地，骨骼肌在一段時間不用 (臥床休息) 之後，會造成氧氣的傳遞和利用之不足，而無氧供應能量的酶則似乎沒有改變 (Hikida 等人, 1989)。因為在無負荷期間造成氧化酶的減少，反映出收縮蛋白可能有流失 (例如，每一肌纖維的氧化西每含量可能沒有改變，而無氧性的酶含量可能增加) (Edgerton 等人, 1995; Kandarin 等人, 1991)，再者，肌纖維萎縮導致粒線體的總量減少，所以絕對肌耐力 (absolute muscular endurance) 會受無負荷的影響 (Duchateau, 1995; Berg 等人, 1993)，而相對肌耐力 (relative muscular endurance) 則不受無負荷而有所影響 (Berg 等人, 1993)。無論如何，收縮蛋白的流失使得其餘的肌肉必須承受較高的絕對負荷 (absolute load)，加上粒線體的含量減少，使得完成有氧供能的總能力降低。

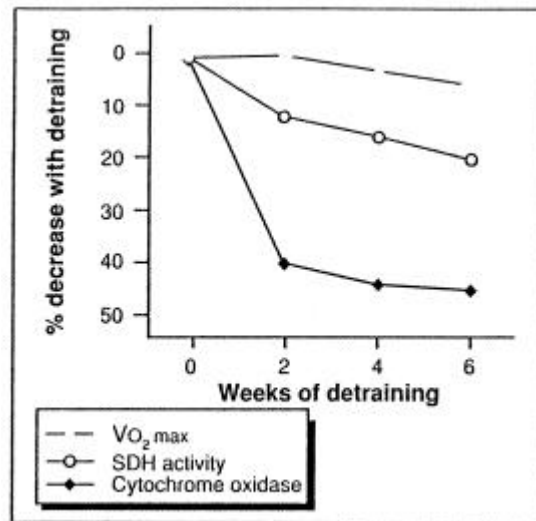


圖 3 六週停止訓練(detraining)後,最大耗氧量(VO_2 max)、肌肉琥珀酸去氫酶(succinate dehydrogenase, SDH)和細胞色素氧化酶(Cytochrome oxidase)下降的百分比。

和短期的無負荷不太一樣，脊椎受傷的病人粒線體含量似乎有減少的現象，不僅是因為肌肉有萎縮，同時也是因為肌肉每單位粒線體的含量減少之故（Martin 等人,1992），這種有氧性供能的能力之所以受到限制，可以做為脊椎受傷之後無法抵抗疲勞的部份解釋（Stein 等人,1992）。

相反的，當運動員停止訓練時，肌肉糖解酶(glycolytic enzymes)的活性，例如磷酸化酶(phosphorylase)和磷酸果糖激酶(phosphofructokinase, PFK)僅是些微的改變，如果要有所改變至少也要4週以上。事實上，在長達84天的停止訓練，Coyle等人發現糖解酶的活性並沒有改變，但是各種氧化酶的活性大約減少60%(Coyle等人, 1984)，如此意味著由於停止訓練，肌肉無氧運動能力比有氧運動能力可以維持較長的時間，這可以解釋為什麼一個月或以上的不運動並不影響短跑的成績，但短短2週的停止訓練會顯著的降低長時間的耐力表現。

一件值得注意的是，停止訓練期間肌肉肝醣含量的改變。耐力訓練會增加肝醣的儲存，但是四週的停止訓練已顯示肌肉肝醣大約減少40%(Costill 等人,1985)，例如大學游泳選手和非訓練者在四週的停止訓練期間，非訓練者肌肉肝醣並沒有改變，但是游泳選手則持續減少直到和非訓練者很接近。

從事一回合標準運動測驗之後，測量血乳酸和pH值可以評估訓練和停止訓練之後生理上的改變。例如大學游泳選手在5個月的訓練之後再停止訓練四個星期，

停止訓練期間每星期實施一次標準配速，以 90%的速度游 200 碼(183 公尺)，結果顯示於表 2。

表 2 八位大學游泳選手進行停止訓練時，在一標準配速(200 碼)後所測之數值。

測量	停止訓練(週)			
	0 a	1 b	2	4
乳酸 (mmol . L ⁻¹)	4.2	6.3	6.8	9.7c
pH	7.259	7.237	7.236	7.138c
HCO ₃ ⁻ (mmol . L ⁻¹)	21.1	19.5c	16.1c	16.3c
游泳時間(秒)	130.6	130.1	130.5	130.0

a . 表示五個月訓練終止的測量值

b . 表示停止訓練期間第 1、2、4 週的測量值

c . 表示與訓練終止所測之值有顯著差異

在一回合標準測驗之後馬上測量乳酸值，在最初幾週不運動期間改變相當少，但是在停止訓練的第四週，游泳選手酸基平衡(acid-base balance)顯著地改變。如此反映出血乳酸顯著地上升，而重碳酸鹽(bicarbonate)(一種緩衝劑)顯著地下降。這些發現支持了肌肉的有氧和無氧能量系統的改變是緩慢的，僅幾天的休息可能不受影響，只有在完全不運動(固定不動)期間的第一週或第二週才會影響成績表現。因此，運動員僅 2 週的不運動造成肌耐力的降低，可能的解釋是：(一) 降低氧化瓷(的活性)(二) 降低肌肉肝醣的儲存量(三) 酸基平衡(acid-base balance)的失調(四) 肌肉減少血液的供應等。

用心肺耐力的改變

21 天的臥床休息(Saltin 等人, 1968)對心血管的影響包括：(一) 非最大運動時的心跳率增加很多(二) 非最大運動時的每跳心輸出量降低 25% (三)最大心輸出量降低 25%(四)最大耗氧量降低 27%。心輸出量和 VO₂max 的減少似乎是由於每跳輸出量的減少，而每跳輸出量的減少可能是由於心室容積、全身血量、血漿量和心室收縮力的減少。令人感興趣的是該研究中體能最好(VO₂max 最高)的兩位受試者，其最大耗氧量(VO₂max) 減少的最多，再者，非訓練者在重新恢復訓練的第十天就

能恢復他們最初的體能水準(21 天臥床休息前),但是高度訓練的受試者大約需要 40 天才能完全恢復,如此顯示高度訓練的人不能長時間實施少量的耐力訓練或停止耐力訓練,運動員在完成季節性訓練之後如果停止體能訓練,在下一個新的訓練季開始時,想要重新恢復體能將面臨相當大的困難。

高度訓練的人一旦停止訓練,最大攝氧量 (VO_{2max}) 會有降低的現象,其原因是什麼?因為最大心輸出量和氧攝取量的減少。最大耗氧量初期(前 12 天)的減少完全是由於每跳輸出量(stroke volume)的減少,而心跳率和動靜脈血含氧差 ($a-v O_2$ difference) 則仍維持一樣或增加。最大每跳輸出量突然的下降似乎是由於血漿量快速的流失 (Coyle 等人,1986)。在停止訓練之後,受試者以人工注射菌葡萄糖溶液(dextran solution)來恢復血漿量,直到超過訓練時的水平(如表 3 所示),如此,縱使對耐力表現僅是些微的改善,但是能提昇心血管功能和 VO_{2max} 。一個較近的研究已証實增加 200-300ml 的血漿量會提昇最大耗氧量,縱使血紅素 (hemoglobin) 濃度有減少的現象 (Coyle 等人,1986)。在停止訓練的第 21 天和第 84 天,最大耗氧量的減少是由於動靜脈血含氧差 ($a - v O_2$ difference) 的降低,此乃與粒線體的減少有關,但微血管密度則仍維持一樣。骨骼肌氧化能力的降低是由於肌纖維 Type IIa 從 43% 減少到 26%,肌纖維 Type IIb 從 5%增加到 19% (Coyle 等人,1985;Coyle 等人,1984)。因此,很明顯地,訓練或停止訓練造成最大耗氧量的改變是由於每跳心輸出量和肌肉攝氧能力的改變。

表 3 停止訓練和增加血量的影響

因子	正常血量		人工注射血漿量
	訓練時	停止訓練時	停止訓練時
血量(ml)	5,177	4,692	5,412
每跳輸出量(ml)	166	146b	164
最大耗氧量(L . min ⁻¹)	4.42	4.16b	4.28
運動衰竭時間(min)	9.13	8.44	8.06c

a . 非最大運動時所測量的每跳輸出量。

b . 表示與訓練時(正常血量)和停止訓練時(擴張血量)的數值有顯著差異。

c . 表示與訓練時數值(正常血量)有顯著差異。

adapted from coyle (1986)

一些研究也發現在減少活動量期間會改變訓練者的耐力表現，如果不運動的時間相同時，心肺耐力的減少多於肌力、爆發力和肌耐力的減少。Drinkwater 和 Horvath(1972)在比賽季結束時和正式訓練結束後三個月，研究 7 位女徑賽選手，在三個月期間女徑賽選手僅從事與同年齡典型的身體活動(包括體育課)，在三個月終了，女徑賽選手的 VO_{2max} 平均減少 15.5%，且 VO_{2max} 水平趨近於同年齡非運動員的女性。

是故，運動不足會顯著地降低最大耗氧量(VO_{2max})，至於多少的活動量才能防止體能如此大的流失則沒有定論。研究顯示每週三次的訓練能夠維持體能，但是較少的訓練量則會導致體能顯著的下降。Brynteson 和 Sinning(1973)曾研究並檢驗此一問題，受試者每週運動五天，持續 5 週來發展他們的體能，然後受試者分成 4 個組群(每週運動一次、二次、三次或四次)，來決定維持體能所需的最少頻率，研究者發現每週至少運動三次的受試者能夠維持心肺適能的水準，但是每週運動一次或二次的受試者卻顯著地降低體能。

雖然減少訓練頻率和持續時間會降低有氧能力，但是唯有減少規律訓練時 $2/3$ 的訓練頻率和持續時間才會顯著的流失，不過，在減少訓練量時期，訓練強度在維持有氧能力明顯地扮演一個更關鍵的角色。Hickson 等人(1985)研究顯示要維持 VO_{2max} 的訓練強度至少必須 70% VO_{2max} 以上，受試者在訓練 10 週後，其後 15 週減少 $1/3$ 的訓練強度，結果顯著地降低：(一)最大耗氧量(VO_{2max})(二)長時間的耐力表現(以 80% VO_{2max} 運動至衰竭)(三)心臟的大小。但是，減少 $1/3$ 訓練強度並不會改變短時間(4-8 分鐘)的耐力表現和身體組成。

由於過去研究結果發現：隨著正式耐力訓練的停止，心肺耐力會明顯而快速的下降；臥床休息會造成心血管耐力相當大的減少，即使在這段時間從事輕微活動或僅是每週一次或兩次的耐力訓練頻率，仍舊不足以防止心血管耐力的流失。因此，運動員在季外期(off-season)必須設法維持他的心肺耐力，因為一旦失去之後，要重新恢復最高水準需耗相當多的時間，同樣地，受傷的運動員應該儘快地恢復變通的耐力運動形式，以便儘可能地減少心肺耐力的流失。

肌肉造成的傷害

最近的研究指出，下肢骨骼肌五個星期無負荷之後，會增加離心收縮的受傷機會、運動引起的功能障礙(exercise-induced dysfunction)和肌肉傷害(Morukov 等人, 1989)。臥床休息的受試者利用肌肉針刺法(muscle biopsies)顯現一些細微結構的改變(如圖 4)，比目魚肌不正常的現象包括 Z 線流(Z-line streaming)、肌原

纖維蛋白的分裂 (myofibrillar protein disorganization) 細胞的浮腫 (cellular edema) 以及有些粒腺體會出現在細胞外，這些現象顯示肌纖維膜已有分裂的現象 (Hikida 等人, 1989)，如果重新恢復運動，細微結構會恢復多快或恢復到什麼程度，則尚不清楚。下肢五個星期沒有負荷之後，肌力約減少 20%，已經很虛弱的肢體如果再從事非最大離心運動會導致肌力進一步的減少，但是對側的肌力則沒有改變（支撐體重的肌肉部位）。從事離心運動 (eccentric exercise) 後三天實施核磁共振造影法 (MRI)，結果顯示支撐體重的肢體在無負荷的橫斷面區域有肌肉傷害的現象，但是另一邊的肌肉則不明顯。



圖 4 健康男性在 30 天臥床休息之後，在比目魚肌部位利用針刺法 (muscle biopsy) 顯現出 Z 線流和肌原纖維蛋白的分裂。

過去研究結果對體育專業人員非常重要，因為重新恢復負荷時肌肉如果有功能障礙和傷害，可能會延長恢復的時間。以前的研究指出，從事離心運動後 10 天，肌力仍舊約減少 20%（沒有負荷前），如果要重新恢復運動 (reambulation) 剛開始時應該使用低強度的運動以減少肌肉的功能障礙和傷害。

另一研究亦指出，年紀大的人因運動引起的肌肉傷害有增加的現象 (Manfredi 等人, 1991)，是否這是因為老化或太少運動而引起的則不清楚，但是開始從事運動計劃時，必需小心謹慎是非重要的。

肆、結論

在一段時間不運動之後，體能的恢復(就是我們所瞭解的“再訓練”)會受您的體能水準和不運動時間的長短所影響。如前面所提到的，大部份高度訓練的人由於停止訓練都會經驗到體能相當大的流失，因為這樣，這些人也比那些較少訓練的人要花更長的時間來恢復他們最初的體適能水準。

為了防止肌肉萎縮和功能障礙或為了使肌肉不使用時能儘早恢復而設計的各種可能對策，這方面的資料並不多。當病人進行前十字韌帶(anterior cruciate ligaments)的縫合手術後用石膏固定並准許些許的動作範圍(20° 到 60°)，膝蓋動作範圍在 4 週的再訓練以後就可以完全恢復，但是如果使用不可移動的石膏，要重新恢復正常動作範圍，則需要 16 週的時間，再者，使用可移動的石膏造成肌肉橫斷面積的減少較小，同時氧化酉每的活性不會改變。在石膏去除之後，每天從事 20~60 分鐘的腳踏車運動能夠獲得較多的肌肉有氧能力同時改善膝蓋柔軟度；從事耐力活動也可以提昇骨骼肌在無負荷時的疲勞阻抗；脊椎受傷的病人每天在脛骨前肌實施 45 分鐘至 2 小時的電刺激，可以明顯增加肌肉維持收縮的能力。耐力性活動雖無法增加肌纖維的大小，但是脊椎受傷的病人實施類似阻力運動或後腿懸吊一段時間的老鼠實施爬階運動，均已顯示雖不能改善肌耐力但能增加肌肉的大小(Pacy 等人, 1987; Herbert 等人, 1988)。不論利用電刺激或利用自發性的方法，設計一種聯合多方面的耐力和高阻力的體能訓練計劃，可能是很有幫助的(Cavanagh 等人, 1992)，有關心肌整形手術(cardiomyoplasty)的研究資料已支持這樣的論點。成年人肌肉不使用的程度為何才會造成神經肌功能的障礙雖然不是很清楚，但是實施重量訓練可以增加肌力和肌肉量則是很明確的(Tseng 等人, 1995)，如此，可以提昇日常生活的活動能力，減少因跌倒而造成的傷害，同時可以延緩疾病的發生。

參考書目

- Adams, G.R., Hather, B.M., & Dudley, G.A.(1994). Effect of short-term unweighting on human skeletal muscle strength and size. *Aviat Space Environ Med*, 65,1116.
- Berg, H.E., Dudley., G.A., & Haggmark, T. (1991). Effects of lowerlimb unloading on skeletal muscle mass and function in humans. *J Appl Physiol*, 70,1882.
- Berg, H.E., Dudley, G.A., & Hather, B.M.(1993). Work capacity and metabolic and morphologic

- characteristics of the human quadriceps muscle in response to unloading. *Clin Physiol*, **13**, 337.
- Berg, H.E., Larsson, L., & Tesch, P.A.(1996). Lower limb skeletal muscle function after 6weeks of bedrest. *J Appl Physiol*, **82**, 182-188.
- Berg, H.E., & Tesch, P.A.(1996). Changes in muscle function in response to 10 days of lower limb unloading in humans. *Acta Physiol Scand*, **157**, 63-70.
- Brynteson, P., & Sinning, W.E.(1973).The effects of training frequencies on the retention of cardiovascular fitness. *Medicine and Science in Sports*, **5**, 29-33.
- Carpenter, S., & Karpati, G. (1982). Necrosis of capillaries in denervation atrophy of human skeletal muscle. *Muscle Nerve*, **5**, 250.
- Cavanagh, P.R., Davis, B.L., & Miller, T.A.(1992). A biomechanical perspective on exercise countermeasures for long term spaceflight. *Aviat Space Environ Med*, **63**, 482.
- Chekirda, I.F., Bogdashevskiy, R.B., Yeregin, A.V. & Kolosov, I.A.(1971). Coordination structure of walking of Soyuz-9 crew members before and after flight. *Kosm. Biol Med*, **5**, 48-52.
- Convertino, V.A., Doerr, D.F., Mathes, K.L., Stein, S.L., & Buchanan, P.(1989)Changes in volume, muscle compartment, and compliance of the lower extremities in man following30 days of exposure to simulated microgravity. *Aviat Space Environ. Med*, **60**, 653-658.
- Coyle, E.F.,Hemmert, M.K., & Coggan, A.R.(1986). Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: Role of blood volume. *Journal of Applied physiology*, **60**, 95-99.
- Coyle, E.F., Martin, W.H.III, Sinacore, D.R., Joyner, M.J., Hagberg, J.M., & Holloszy, J.O.(1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *Journal of Applied Physiology*, **57**, 1857-1864.
- Deitrick, J.E., Whedon, G.D., & Shorr, E(1948). Effects of immobilization upon various metabolic and physiologic functions of normal men. *Am. J. Med*, **4**, 3-36.
- Duchateau, J. (1995). Bed rest induces neural and contractile adaptations in triceps surae. *Med Sci Sports Exerc*, **27**, 1581.
- Dudley, G.A., Duvoisin, M.R., & Convertino, V.A. (1989). Alterations of the in vivo torque-velocity relationship of human skeletal muscle following 30 days exposure to simulated microgravity. *Aviat Space Environ Med*, **60**, 659.
- Dudley, G.A., Duvoisin, M.R., & Adams, G.R.(1992). Adaptations to unilateral lower limb suspension in humans. *Aviat Space Environ Med*, **63**, 678.
- Edgerton, V.R., Zhou, M.Y., & Ohir, Y(1995). Human fiber size and enzymatic properties after 5

- and 11 days of spaceflight. *J Appl Physiol*, **78**, 1773.
- Fournier, M., Roy, R.R., Perham, H., Simard, C.P., & Edgerton, V.R.(1983). Is limb immobilization a model of muscle disuse? *Exp Neurol*, **80**, 147-156.
- Fuglevand, A.J., Bilodeau, M., & Enoka, R.M.(1995). Short-term immobilization has a minimal effect on the strength and fatigability of a human hand muscle. *J Appl Physiol*, **78**, 847.
- Fuglsang-Frederiksen, A., & Scheel, U.(1978). Transient decrease in number of motor units after immobilization in man. *J. Neurol Neurosurg. Psychiatry*, **41**, 924-929.
- Gogia, P.P., Schneider, V.S., LeBlanc, A.D., & Krebs, C. (1988). Bed rest effect on extremity muscle torque in healthy men. *Arch Phys Med Rehabil*, **69**, 1030-1032
- Goldspink, D.F., Morton, A.J., & Loughna, P. (1986). The effect of hypokinesia and hypodynamia on protein turnover and the growth of four skeletal muscles of the rat. *Pflugers Arch*, **407**, 333.
- Hather, B.M., Adams, G.R., Tesch, P.A., & Dudley, G.A.(1992). Skeletal muscle responses to lower limb suspension in humans. *J. Appl. Physiol*. **72**, 1493-1498.
- Hather, B.M., Bruce, M., & Tesh, P.A. (1991).Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiol Scand*, **143**,177.
- Hather, B.M., Adams, G.R., & Tesch, P.A.(1992). Skeletal muscle responses to lower limb suspension in humans. *J Appl Physiol*, **72**, 1943.
- Herbert, M.E., Roy, R.R., & Edgerton, V.R.(1988). Influence of one-week hindlimb suspension and intermittent high load exercise on rat muscles. *Exptl Neurol*, **102**, 190.
- Hickson, R.C., Foster, C., Pollock, M.L., Galassi, T.M., & Rich, S.(1985). Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of Applied Physiology*, **58**, 492-499.
- Hikida, R.S., Gollnick, P.D., & Dudley, G.A.(1989). Structural and metabolic characteristics of human skeletal muscle following 30 days of simulated microgravity. *Aviat Space Environ Med*, **60**, 664-670
- Houston, M.E., Froese, E.A., & Valeriote, P (1983). Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: a one leg model. *Eur JAppl Physiol*, **51**, 25.
- Kandarin, S.C.& Boushel, R.C., & Schulte, L.M.(1991). Elevated interstitial fluid volume in rat soleus muscles by hindlimb unweighting. *J Appl Physiol*, **71**, 910.
- Koryak, Y. (1995). Contractile of properties of the human triceps surae muscle during simulate

- weightlessness. *Eur J Appl Physiol*, **70**, 344.
- Kozlovskaya, I.B., Grigoryeva, L.S., & Gevlich, G.I.(1984). Comparative analysis of effects of weightlessness and its models on velocity and strength properties and tone of human skeletal muscles. *Kosm. Biol. Aviakosm Med*, **18**, 22-26.
- LeBlanc, A., Rowe, R., & Schneider, V. (1995). Regional muscle loss after short duration spaceflight. *Aviat Space Environ Med*, **66**, 1151.
- LeBlanc, A., Gogia, P., & Schneider, V. (1988). Calf muscle area and strength changes after five weeks of horizontal bed rest. *Am J Sports Med*, **16**, 624.
- LeBlanc, A., Gogia, P., Schneider, V., Krebs, J., Schonfeld, E., & Evans, H.(1988). Calf muscle area and strength changes after five weeks of horizontal bed rest. *Am. J. Sports Med*, **16**, 624-629.
- LeBlanc, A.D., Schneider, V.S., Evans, H.J., Pientok, C., Rowe, R., & Spector, E. (1992).Regional changes in muscle mass following 17 weeks of bed rest. *J. Appl. Physiol*. **73**, 2172-2178.
- LeBlanc, A., Schneider, V., Krebs, J., Evans, H., Jhingran, S., & Johnson, P.(1987). Spinal bone mineral after 5weeks of bed rest. *Calcif. Tissue Int*. **41**, 259-261.
- Lieber, R.L.(1992). *Skeletal muscle structure and function: Implications for rehabilitation and sports medicine*. Baltimore:Williams & Wilkins, PP. 210-259.
- MacDougall, J.D., Elder, G.C.B., Sale, D.G., Moroz, J.R., & Sutton, J.R.(1980). Effects of strength training and immobilization on human muscle fibers. *Eur. J. Appl. Physiol*, **43**, 25-34.
- Mack, P.B., & Lachance, P.L.(1967).Effects of recumbency and space flight on bone density. *Am. J. Clin. Nutr*, **23**, 397-401.
- Manfredi, T.G., Fielding, R.A., & O'Reilly, K.P.(1991). Plasma creatine kinase activity and exercise-induced muscle damage in older men. *Med Sci Sports Exerc*, **23**, 1028.
- Martin, T.P., Stein, R.B., & Hoepfner, P.H.(1992). Influence of electrical stimulation on the morphological and metabolic properties of paralyzed muscle. *J Appl Physiol*, **72**, 1401.
- Michel, B.A., Lane, N.E., Bloch, D.A., Jones, H.H., & Fries, J.F.(1991). Effect of changes in weight-bearing exercise on lumbar bone mass after age fifty. *Ann. Med*, **23**, 397-401.
- Miles, M.P., Clarkson, P.M., Bean, M., Ambach, K., Mulroy, J., & Vincent, K(1994). Muscle function at the wrist following 9 d of immobilization and suspension. *Med. Sci. Sports Exerc*. **26**, 615-623.
- Morukov, B.V., Orlov, O.I., & Grigoriev, A.I. (1989). Calcium homeostasis in prolonged hypokinesia. *Physiologist* **32**, S37-S40.
- Narici, M.V., Roi, G.S., & Landoni, L. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural

- activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol*, **59**, 310.
- Ploutz-Snyder, L.L., Tesch, P.A., & Crittenden, D.J.(1995). Effect of unweighting on skeletal muscle use during exercise. *J Appl Physiol*, **79**, 168.
- Purakhin, Y.N., Kakurin, L.I., Georgiyevskiy, V.S., Petukhov, B.N.& Mikhaylov, V.M.(1972). Regulation of vertical posture after flight on the 'Soyuz-6' to 'Soyuz-8' ships and 120-day hypokinesia. *Kosm. Biol. Med.* **6**, 47-53.
- Roy, R.R., Baldwin, K.M., & Edgerton, V.R.(1991). The plasticity of skeletal muscle effects of neuromuscular activity. *Exerc Sports Sci Rev*, **19**, 269.
- Sale, D.G., McComas, A.J., MacDougall, J.D., & Upton, A.R.M.(1982). Neuromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J. Appl. Physiol*, **53**, 419-424.
- Saltin, B., Blomqvist, G., Mitchell, J.H., Johnson, Jr., R.L., Wildenthal, K.& Chapman, C.B.(1968). Response to submaximal and maximal exercise after bed rest and training . *Circulation*, **38** (Suppl. 7).
- Sargeant, A.J., Davies, C.T.M., Edwards, R.H.T., Maunder, C., & Young, A.(1977). Functional and structural changes after disuse of human muscle. *Clin. Sci. Mol. Med.*, **52**, 337-342.
- Staron, R.S., Leonardi, M.J., & Karapondo, D.L. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol*, **70**, 631.
- Stein, R.B., Gordon, T., & Jefferson, J(1992). Optimal stimulation of paralyzed muscle after human spinal cord injury. *J Appl Physiol*, **72**, 1393.
- Taylor, P.N., Edwins, B.J., & Fox, B.(1993).Limb blood flow, cardiac output and quadriceps muscle bulk following spinal cord injury and the effect of training for the Odstock functional electrical stimulation standing system. *Paraplegia*, **31**, 303.
- Tesch, P.A., Berg, H.E., Haggmark, T., Ohlsen, H., & Dudley, G.A.(1991). Muscle strength and endurance following lowerlimb suspension in man. *Physiologist*, **34**, S104-S106.
- Tinetti, M.E., Speechley, M., & Ginter, S.F., Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N. Engl. J. Med*, **319**, 1701-1707.
- Tseng, B.S., Marsh, D.R., & Hamilton, M.T.(1995). Strength and aerobic training attenuate muscle wasting and improve resistance to the development of disability with aging. *J Gerontol Series A*, **50A**(Spec issue),113.

The Physiological Effect after Detraining and Bed Rest

*Shuei-pi Lee**

ABSTRACT

Physical activity reduction due to detraining or the bed rest commonly occurred in people who got injured or was sick. Reduction in physical activity may have influence on musculoskeletal use, which affects body physiological adaptation. Therefore, to understand the physiological response after detraining and bed rest is a very important topic in the prevention from functional decrease and rehabilitation after injury or muscle disuse. Meanwhile, the physiological responses are quite different in the prior studies.

In order to educate people well in the area of detraining and the period of bed rest, many ways of detraining and bed rest, including casting, crutches, paralysis, space flight, and aging, etc. are discussed by reviewing related literature. Typically the response area of morphological, strength, neuromuscular, speed, agility, flexibility, and muscular endurance will be discussed in this study.

Keywords: detraining, bed rest

*Shuei-pi Lee: Lecturer, Department of physical Education

