

This pronouncement was written for the American College of Sports Medicine by Nicholas A. Ratamess, Ph.D.; Brent A. Alvar, Ph.D.; Tammy K. Evetoch, Ph.D., FACSM; Terry J. Housh, Ph.D., FACSM (Chair); W. Ben Kibler, M.D., FACSM; William J. Kraemer, Ph.D., FACSM; and N. Travis Triplett, Ph.D.

健康成人阻力訓練的漸進模式

總編譯: 王香生 (香港中文大學 體育運動科學系)

Editor-in-Chief: Stephen H. S. WONG, Ph.D., FACSM.

(Department of Sports Science and Physical Education, The Chinese University of Hong Kong)

翻譯: 謝仲裕、林泰元、羅生階 (台灣師範大學 運動科學研究所)

卓俊伶、王宏豪、陳奐傑 (台灣師範大學 體育學系)

Translators:

Sandy S. HSIEH, Ph.D., FACSM; Tai-Yuan LIU; Seng-Jei RO

(The Graduate Institute of Exercise and Sport Science, National Taiwan Normal University)

Hank J. JWO, Ph.D.; Hung-Hao WANG; Huan-Chieh CHEN

(Department of Physical Education, National Taiwan Normal University)

概要

為了刺激對特殊訓練目標的更進一步適應，漸進式的阻力訓練(RT)程式有其必要。特殊肌力訓練的最佳特質包括向心(CON)，離心(ECC)和等長(ISOM)的肌肉收縮動作，以及包括單側或雙側，及單關節或多關節的動作。此外，建議保持運動強度最佳化的肌力訓練內容次序為大肌群先小肌群後，多關節先單關節後，以及高強度先低強度後。對初學者(沒有運動經驗也沒RT訓練者，或已經多年沒運動者)訓練的建議是8-12次的最大反覆(RM)負荷。對中階者(約持續RT達6個月者)到高階者(多年RT訓練經驗者)建議使用較廣的負荷範圍，以週期性模式從1-12RM的負荷漸進到較重的負荷(1-6RM)，組間休息3-5分鐘，且以中等速率做肌肉收縮(向心1-2秒，離心1-2秒)。以特殊的RM負荷做訓練時，當連續兩次訓練可以超過當時應有的反覆次數1-2次，建議負荷必須增加2-10%。有關訓練頻率的建議是初學者每週2-3次，中階者每週3-4次，而高階者每週4-5次。注重肌肉肥大(hypertrophy)的訓練課程，其訓練的動作和頻率與上述相似。建議的重量負荷是採週期性且相當於1-12RM，但較注重6-12RM之間，以中等速率，組間休息1-2分鐘。高量、多組的課程是肌肉肥大最大化所必需。爆發力訓練的漸進訓練有兩個負荷策略：1)肌力訓練，2)採低負荷(下半身運動以0-60%1RM，上半身運動以30-60%1RM)，動作必須是快速收縮，每個動作須有3-5組，組間休息為3-5分鐘。另外強調全身性的動作必須是多關節的動作，針對局部性肌耐力訓練，建議以輕到中等的負荷(40-60%1RM)，高反覆次數(大於15次)，短休息時間(小於90秒)來進行。對本立場聲明的詮釋和前一版相同，即提出的建議必須依個人目標、身體能力、和訓練情況的整體關係來做衡量與調整。

關鍵詞: 肌力，爆發力，局部肌耐力，體適能，功能性能力，肌肉肥大，健康，運動表現

引言

本文件取代2002年美國運動醫學會(ACSM)的立場聲明(8)，ACSM在2002年的立場聲明是阻力訓練(resistance training, RT)指引的延伸，原來的抬頭(1998)是“發展和維持健康成年人心肺系統、肌肉適能和柔軟度運動之質與量的建議”(7)，其中建議最低的標準是8-10種運動，每種

8-12 次反覆，且要所有主要的肌群最少要有一種運動，且老年人或體弱者要有 10-15 次的反覆。2002 年的立場聲明提供一個更好的漸進架構，以適合健康的(沒有疾病或骨骼上的限制)初學、中階或高階訓練者，較特別的是這指引有效的區隔並修飾原有的指引，以便適合想在最低健康體適能要求之外發展肌肉的人。但在 2002 年之後，有更多的研究探討一個或多個 RT 變項來支持肌力和運動表現的漸進性適應。這些研究發現生理上的其他適應機制，成為阻力訓練整體知識的科學基礎。和其他的立場聲明一樣，對此修正版立場聲明的解讀必須注意背景條件，也必須考慮個人目標、身體能力和訓練狀況。漸進(progression)在阻力訓練中的定義是“往特殊目標前進，直到目標達成這段時間的行動過程”，而維持性(maintenance)的阻力訓練是指為維持目前的肌肉適能所設計的訓練課程(8)。雖然要維持長時間(如 6 個月)相同的進步幅度是不可能，但訓練變項的適當調整(如阻力運動的項目和次序、反覆次數和組數、頻率和休息時間的選擇等)將可避開訓練高原期，且進一步提升肌肉適能。可訓練的特質包含肌力、爆發力、肌肉肥大及局部肌耐力(local muscular endurance, LME)，RT 可以用來提升速度和敏捷度、平衡、協調、跳躍能力、柔軟度和其他可測量的動作表現。RT 若能併入全盤性的體適能訓練課程，將可改善心血管功能(72)，減少心臟冠狀血管危險因數(89, 130)及非胰島素依賴的糖尿病(184)，預防骨質疏鬆症(163)，也可減少直腸癌的危險(146)，促進減重及維持體重(61)，改善動態穩定及維持功能性能力(61)，以及提升心理福祉(62)。本立場聲明採用美國國家心肺血液研究中心(194)所提供的實證類型(如表 1)，提供具有實證依據(evidence-based)的指南(guidelines)。本立場聲明的每一個建議均依證據的質和量，以 A、B、C 或 D 加以分類。

表 1、美國國家心肺血液研究中心(NHLBI;194)的證據類型

類型	資料來源	定義
A	隨機控制試驗 (RCT, 資料豐富)	依據設計良好的 RCT 試驗，針對特殊族群的試驗結果一致。具有足夠數量的試驗，且每個試驗有足夠的受試者。
B	隨機控制試驗 (RCT, 但資料有限)	依據有限數目的介入性研究、事後比較、分組分析或 RCT 的整合性分析。重點是 RCT 的數量有限，結果不太一致或不是針對某一特殊族群。
C	非隨機試驗或觀察研究	依據非隨機的試驗或觀察的結果。
D	小組的共識評判	依專家的評判，或由小組根據實際證據、討論共識、臨床經驗或不符合前面效標的知識所組合而成。

漸進原則(Progression Principles)

漸進阻力訓練中的主要原則包括漸進超負荷、特殊性和變化性(157)。無數種不同的 RT，只要能融入這些原則且課程在設計中加以操弄，都會有好效果，但進步的幅度就得看個人當時的訓練程度及先天的基因條件而定(8)。漸進超負荷(progressive overload)就是運動訓練時加到身體上的壓力逐漸增加，對沒有訓練過或初學者，RT 的生理適應可能在短時間就能發生。透過調整下列一個或多個變項，有系統地增加對身體的要求是繼續進步所必須：1) 提高運動強度(如某一動作絕對或相對的阻力或負荷)；2) 增加目前強度的全部反覆次數；3) 依訓練目標提高非最大負荷動作的速率或頻率；4) 調整休息時間：強化耐力時縮短休息時間，強化肌力或爆發力時加長休息時間；5) 逐漸增加 2.5-5%的訓練量(阻力 X 反覆次數的總合)(75)(表 2)。

特殊性(Specificity)：所有運動訓練係針對不同的刺激而產生“特殊”的適應。阻力訓練的特殊生理適應由下列因素所影響：1) 肌肉收縮的動作(56)，2) 動作的速度(39, 44)，3) 動作範圍

(145), 4) 訓練的肌肉群(156), 5) 使用的能量系統(259), 6) 訓練強度和訓練量(225)。雖然訓練都會有一些一般體適能或運動表現的轉移, 最有效的 RT 是為特定的目標而設計的訓練課程。

變化(Variation): 變化或週期(periodization)即依訓練的時程有系統的改變一個或多個課程變項, 以維持有挑戰性及有效率的訓練刺激。因為人體對 RT 適應的產生相當快, 為了能繼續進步, 課程必須隨時做調整。資料證明有系統的調整訓練量和強度是維持長期進步最有效的方法(254)。課程變化的方式有許多種, 可藉由一個或多個課程變項來調整, 但其中一個最常被拿來討論的是訓練的量(volume)與強度(intensity)。週期性訓練的概念起源於 Hans Selye(239)針對運動表現和恢復最佳化的一般適應研究(74, 100)。此外, 有運動特殊性訓練和週期性的 RT 對休閒(54)和復健(67)目標有效。經過整合分析(meta-analysis)研究, 也證明有週期性 RT 的訓練結果遠優於沒有週期性的 RT(223)。

經典的週期性(Classical periodization): 經典的(線性的)週期性訓練特點是由低強度高訓練量開始, 接著漸進的變成高強度低訓練量。這種傳統的週期性模式主要是依漸進的設計來提升基本體適能變項, 並在精準的時間點達到某特殊體適能變項的高峰表現(例如肌力、肌力發展速率(RFD)和最大爆發力)(74)。絕大部分但非全部的研究(14)發現典型的週期性 RT 訓練比非週期性的 RT 還優越, 尤其是最大肌力(如 1RM 的深蹲)、自由車的爆發力、動作表現和跳躍能力(252, 254, 272)。一般來說, 較長的週期性訓練期(6 個月以上)訓練效果才會明顯(273), 因為短期週期性或無週期性的訓練二者的效果差異不明顯。但週期性訓練的重點是中間有休息日, 以便恢復並降低過度訓練(overtraining)的可能及嚴重性(79)。

逆週期法(Reverse periodization): 逆週期性的訓練方法也有人研究(227), 此方法是前述典型方法的顛倒, 即開始是強度最高量最少, 但經過一段時間後強度開始降低, 而量提高。這種模式常用在加強局部肌耐力(LME)的個體上(59), 同時發現當訓練量與強度相同的條件下, 此法優於其他週期性方法(227)。然而此法肌力的進步會比線性及非線性(上下起伏)的模式來的小(227)。

起伏式(非線性)的週期性訓練(Undulating periodization): 起伏式(非線性)的週期模式允許在某一循環內使用不同的程式來改變強度和量, 來訓練多種不同的神經肌肉表現(如肌力、爆發力、LME)。舉例來說, 有特殊目標的核心運動負荷, 可以用重、中、輕等阻力依有系統或隨機方式來輪替, 如 3-5RM 負荷, 8-10RM 負荷和 12-15RM 負荷。此模式比多組結合的線性週期或非週期模式較好(14), 同時在 12 週的 RT 在肌力提昇上也比傳統的模式較好(226)。還有, 在女性的研究此模式也比非週期性、低運動量的效果較好(155, 169)。但目前研究非線性 RT 對多種體適能指標的影響仍不多(199)。最近研究證明, 非線性的週期模式訓練在消防訓練生的體適能和表現結果都比線性的 RT 好(209)。

可訓練的特質(Trainable Characteristics)

肌力(Muscular Strength)

有能力產生力量是所有動作所必須, 最大肌力的產生與肌纖維的橫斷面積(cross-sectional area, CSA)成正比(71)。肌纖維的排列依其羽狀角度、長度、關節角度、收縮速度都有可能改變肌力(95, 145), 肌力的產生也受到運動單位(motor unit)活化的影響。運動單位招募順序係依其招募閾值的高低, 一般先招募較細、肌力較小者, 再招募較粗、肌力較大的, 這就是所謂的大小原則(size principle)(114)。對 RT 產生的適應可使肌肉透過無數的神經肌肉機制來產生較大的肌力, 肌力可能在訓練第一週就有顯著的增加(39), 而長時間的訓練肌力能增加的是因神經功能的提升(如擴大

招募和加快神經衝動頻率)(234)、增加肌肉橫斷面積(5, 176, 250)、改變肌肉結構(138)、及可能增加肌力的代謝物質(如 H⁺)的清除(242)。肌力增加的幅度依訓練課程、謹慎設計的肌肉收縮模式、強度、運動量、動作項目和次序、休息時間及訓練頻率而有所不同(157)。

肌肉收縮模式(Muscle Action)

絕大部分的 RT 課程主要包括動態的反覆動作，利用肌肉縮短的向心收縮(concentric, CON)和肌肉被拉長的離心收縮(eccentric, ECC)；而肌肉收縮時長度不變的等長收縮(isometric, ISOM)方式為次，尤其是非收縮性的穩定動作、軀幹核心肌力、握力、離心和向心中間的收縮及特殊的收縮性等長收縮運動。在 ECC 動作時，同一大小單元肌肉產生的肌力比 CON 或 ISOM 都來的大(147)。還有，在同一負荷時，ECC 收縮所招募的運動單元較少(147)，能量代謝要求也較低(26)，也較容易對導致肌纖維肥大的適應(112)，但比 CON 收縮模式較容易產生明顯的延遲性肌肉酸痛(delayed onset muscle soreness, DOMS)(58)。動態的 CON 肌力訓練如果加上 ECC 的動作可以讓肌力達到最大的增進(56)，而 ECC 等速(isokinetic)訓練比 CON 訓練更能獲得最大的動作特殊性肌力(64)。肌肉收縮模式的操弄在整個 RT 訓練課程中並不是那麼重要，因為幾乎所有的課程在動作反覆中都會有 CON 和 ECC 的動作；但是，額外加上 ISOM 的動作效果會較好。在某些課程中，使用不同模式的 ISOM，如功能性的 ISOM(131)和超最大 ECC 負荷的動作(143)，也會有額外的效果，特別是，有些 ISOM 的動作已經用在下背的健康處理上，對體姿和脊椎穩定性肌肉選擇性招募也有效果(181)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 不論是初學、中階或高階者，在進行漸進 RT 訓練時，建議 CON、ECC 和 ISOM 的肌肉收縮模式都要包含在內(56, 64, 112, 131, 143)。

負荷(Loading)

改變阻力運動的訓練負荷，會即時的影響代謝(221)、激素(151-154, 158, 159, 165, 219)、神經(96, 235)和心血管(72)的反應。依個人訓練經驗和目前體能狀況之不同，適當的負荷可依下列的綱要來調整：1)以 1RM 的百分比來增加負荷；2)以反覆次數為主來調整絕對的負荷；3)在處方的反覆次數範圍中增加負荷(如 8-12RM)。對沒有訓練過的個體，需要增加最大肌力所需的負荷相當低。研究顯示，沒訓練過的人以 40-50% 的 1RM(甚至更低)的負荷訓練即可增加動態肌力(9, 33, 255, 268)，對於有點訓練人最多可舉 15-25 次的輕負荷也可以增加肌力(227)。在漸進的訓練過程中，負荷必須逐漸增加。對有經驗的阻力訓練者，要有進一步在神經上產生適應和增加肌力，最低負荷不能小於 80%1RM(96)。早期的一些先驅研究發現，以 1-6RM(大都是 5-6RM)的阻力最能提升最大動態肌力(20, 201)。有些文獻指出，用 3-5RM 較重的重量比 9-11 或 20-28RM 較輕的重量較能增加肌力(33)。雖然研究報告稱 8-12RM 或更輕的重量(33, 149, 250)能顯著的提升肌力，但這對有經驗者最大肌力的提升效果不佳(96)。針對週期性 RT 的研究發現，計畫中強度變化的必要性(74, 223)。跟前面提到的 6RM 的負荷相反，使用有變化的不同負荷是增加最大肌力最有效的方法(74)。整合分析(meta-analysis)的結果顯示 60%的 1RM 阻力對初學者的肌力可產生最大的效果影響(effect size)，對於有訓練者則是 80%的 1RM 阻力(225)，而對絕大多數的運動員則是 85%的 1RM 阻力最有效(206)。對於阻力訓練的初學者，一般建議開始以不太重的重量(50-60%1RM 或更低)來學習正確動作姿勢和技巧是非常重要的。在劑量反應(dose-response)的資料中所提到的平均訓練量，是指所有的動作的平均負荷。還有，使用多變化的負荷是長期漸進訓練增加肌力最有效的方法(157)。最近的研究顯示，自我選擇的 RT 強度比一般建議的強度還低，在 35-58%1RM 之間(76, 87, 222)。因此，對於有經驗者之漸進負荷強度必須維持在個人的閾值(以目標反覆次數為主)

之上。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 增加最大肌力的建議負荷針對初學和中階者是 60-70%1RM 反覆 8-12 次, 而有經驗者是 80-100%1RM (9, 33, 96, 206, 225, 227, 255, 268)。

證據類型 B: 以特殊的 RM 負荷做漸進訓練的人, 當連續二次的訓練能超過當時應有的反覆次數 1-2 次時, 負荷重量必須增加 2-10%(小的肌肉增加百分比比較小, 而大的肌肉增加百分比得較大) (68)。

訓練量 (Volume)

訓練量是指在一個訓練課程中重複動作操作的全部次數乘上所使用之阻力的總和, 此乃反映肌肉在承受壓力時間的長短(262)。訓練量已被證實會影響到神經(102)、肌肉肥大(258)、能量代謝(221)和荷爾蒙(92, 151, 152, 191, 220)的反應以及阻力訓練後的適應。藉由改變每次課程操作運動項目數, 每組運動操作重複動作的次數, 或每項運動之組數, 就能達到改變訓練量的目的。舉例來說, 高負荷、低反覆次數、中至高的組數即是典型的阻力訓練。用已訓練及未訓練的人來做個案研究, 在每個運動中使用二(55, 170)、三(149, 250)、四到五(56, 122)和六個或更多(123, 236)的組數都能產生肌力顯著的增強。在直接對照比較中, 研究也已指出初學者, 在 2~3 組(35)及 2~4 組(202)中有類似的肌力增加, 而三組被認為優於一組和二組(23)。雖然關於每次訓練課程中各個肌肉群所需多少組數才會是最理想的所知不多, 在一個針對 37 個研究的整合分析, 結果顯示運動員每個肌肉群大約需八組即可產生最大的效果影響(206, 207)。

另一個受到相當注目的課題是一組和多組之訓練計畫的比較, 在許多這方面的研究中, 每個訓練中的一組動作, 以相對地慢速做 8 到 12 次反覆, 拿來和週期化和非週期化多組訓練作比較。這些研究受到的共同批評就是每個運動的組數多寡, 沒有從強度、頻率和重複速率這些變項中加以控制。儘管有以上的批評, 大多數為肌肉適應而做一組和多組數訓練的研究, 比較單一組訓練和依比例變化強度可能組數之多組數訓練的效果。這樣的設計要找出一個明確的建議是很困難的, 因為這些研究的結果不一致。數個研究指出在單一組和多組數之訓練中, 得到的肌力增加相類似(40, 132, 248)。然而, 其他研究卻指出先前未受訓練之個人透過多組數訓練效果較佳(23, 27, 237, 251, 256)。自從 2002 年以來, 有六個研究顯示在 33~100%的動態肌力評估中, 多組數的訓練佔優勢, 而其他的動態肌力評估也顯示類似的增加(81, 126, 175, 192, 203, 231)。這些資料顯示未經訓練的個人能在單一組及多組數訓練中都有良好的反應, 並成為一般體適能熱衷者所喜好的單一組數訓練的主要依據(68)。除了其中之一(110), 所有的研究中, 採取阻力訓練的個人透過多組的訓練已證實在肌力提升上得到較好的效果(142, 149, 155, 160, 228, 238)。在停經後接受阻力訓練的女性中, 採多組數訓練肌力增加達到 3.5~5.5%, 而採單一組訓練則造成肌力減少-0.1~2%(142), 目前並未有研究探討受過訓練和未受過訓練的個人採用單一組訓練是否會優於多組訓練。

整合分析的結果顯示, 在未受過訓練(224, 225)和受過訓練者中(224, 225, 278), 多組阻力訓練在肌力提升上優於單一組訓練, 且顯示為期 17~40 週(278)之多組阻力訓練在肌力增加上較優。這些研究也顯示出每個運動操作 3~4 組能產生最大的影響效果(224, 225)。因此, 在相對短期的訓練過程中, 對未受過訓練的個人來說兩種訓練方式對肌力的增加都是有效。長期的研究支持的是適度增加訓練量, 對進一步的增強是需要的論點(27, 224, 225, 278)。然而, 也有認為進一步增加訓練量會產生不良的影響。就舉重選手而言, 適度的訓練量被證實對於增加肌力勝過以同樣強度之低量或高量的訓練(90)。其關鍵因素應在於訓練量的變化(及與強度之間的交互關係)而不是訓練的組數。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 建議初學者開始時每種運動 1~3 組 (23, 35, 40, 55, 132, 170, 202, 206, 207)。

證據類型 B: 長期研究得到的資料指出過去為了進階至中階或高階的狀態會使用在訓練量和強度上做有系統之變化的多組式訓練 (142, 149, 155, 160, 228, 238)。為了降低過度訓練的風險，不建議在訓練量上做劇烈的增加。在此必須提醒不是所有的運動都要作相同次數的組數。高量或低量訓練的重點，取決於個人訓練課程的優先順序及在訓練過程中所要訓練的肌肉。

運動的選擇 (Exercise Selection)

單關節及多關節運動，使用多樣的形式如：自由重量、器械式重量、繩索等，對於增加特定肌肉群的肌力是有效 (47, 157)。多關節運動如：仰臥推舉、蹲舉需要複雜的神經反應 (37)，且因為能舉出更大的重量而逐漸被視為能更有效提升總肌力的運動 (253)。單關節運動，如：伸膝、屈膝被使用於特定目標的肌肉群，是一種低階的技能及技術的動作。注意在身體姿勢、握法、手的寬度、腳的位置及姿勢等的改變，都會改變肌肉的活化及動作本身。因此很多單關節和多關節運動的變化和進階是可被操作的。另一個變化運動選項的方式就是將單側和雙側運動包含進去。單側操作或雙側操作運動會產生不同等級之肌肉活化，單側訓練除能增加單側的肌力也能增加雙側的肌力，而雙側訓練也能增加單側的肌力 (179)。單側訓練已證實能增進某些方面的運動表現，並更勝雙側訓練，例如單腿跳躍能力 (179)。在不穩定的環境下，例如訓練穩定的球、搖晃的板子，BOSU 球等 (144)，操作單關節或多關節運動是有其利益的，這些運動已被證實對於較低軀幹肌肉組織和其固定肌 (對應於穩定的環境) 的活動力能有所增進。然而，拮抗肌力量產生的強度相當的低，導致舉起的重量也較輕 (10, 21)。在各種情況下有許多的運動可供操作為阻力訓練變化的選擇。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 單側和雙側、單關節和多關節運動都應該被含蓋在阻力訓練中，並強調多關節運動對初學者、中階和高階者可使全面性的肌力達到最大 (33, 96-107, 113, 118, 120, 149-157, 169, 172, 176)。

自由重量與器械 (Free Weights and Machines)

器械式重量已被視為使用上較為安全，容易學習且能作出一些自由重量訓練難作出的運動，如膝伸展。器材協助穩定身體，限制住為協助力量產生之特定關節的動作，且器械式重量在相對的強度和自由重量相比其神經的活化較少 (178)。不像器械式重量，自由重量訓練可形成一種為特定任務所需的動作。由內在和肌肉內協調學習模仿的模式。自由重量和器械式重量兩者對肌力增強皆有效，研究顯示，自由重量訓練在自由重量測試，產生較佳的進步，而器械式訓練在器械式測驗，則產生較佳的表現 (30)。當使用神經測試裝置時，自由重量和器械式重量得到相似的肌力增加 (274)。在選擇要包含自由重量和器械式重量時，應該依據訓練的層級，對特定運動動作的熟悉度及最初訓練的目標。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 對初學和中階者建議，自由重量和器械式重量都應包含其中 (30, 169, 172, 178, 248, 250, 274)。

證據類型 C: 對高階阻力訓練建議重點放在自由重量，以器械式重量來符合訓練需求 (100, 103, 251)。

運動的順序(Exercise Order)

運動順序的安排會顯著地影響到肌力的立即表現(240)。這同樣適用於當運動是依據主動肌和拮抗肌之肌群關係來安排順序時，肌力和爆發力是可透過反向運動(拮抗肌動作)加以訓練(16)；然而，若這樣的運動連續操作，肌耐力和爆發力會下降(171)。研究顯示多關節運動(如仰臥推舉、蹲舉、坐姿蹬腿、肩上推舉)如果是放在訓練之後段，表現會顯著地下降，且比不上在訓練之前段施作(或在壓迫相同肌肉群的數個運動之後亦同)(244, 245)。考量到這些多關節運動已被證實對增加肌力及使運動表現最大化有所效益，所以為獲得最理想的肌力這些運動必須在練習之前段先施作(247)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 C: 對初學者，中階、高階者之全身(在運動中訓練到全部肌肉群)之肌力訓練，上半身和下半身分開(上半身肌肉組織訓練一天，下半身肌肉組織在另一天訓練)，肌肉群分開(各別肌肉群在一個訓練中練習)。練習時，大肌肉群運動先施作，小肌肉群運動後；多關節運動先施作，單關節運動後；高強度運動先施作，低強度運動後；或者上、下半身交替施作。主動肌和拮抗肌的輪替運動，也就是先施作一個肌肉群操作的訓練後，接著施作反向肌肉群訓練(244, 245)。

組間休息(Rest Periods)

在阻力訓練中，每組訓練和每項訓練之間的休息時間長短，會明顯地影響新陳代謝(150, 221)、荷爾蒙(158)及心血管(72)的立即性反應，同時也影響下一組的訓練表現(149, 279)和訓練的適應(212, 230)。即時的RT可用1到3分鐘時間來休息緩和(149)，即便在3分鐘內，肌力可能無法完全回復(20)。數個研究顯示，施作重複動作的次數可靠短暫休息之間隔來解決。3到5分鐘的組間休息勝過30秒到2分鐘，而產生較少的表現下降(221, 229, 269-271)。對未訓練者，循環式阻力訓練(在訓練中用最少量的休息)證實能產生適度的肌力增加(108)。然而大部分縱貫性訓練研究顯示，長的休息時間(2到5分鐘)比短的休息時間(30到40秒)(3, 213, 230)有較大的肌力增加。而一個研究顯示，40秒的休息時間沒有明顯肌力增加(213)。值得注意的是，休息時間的長度將依照指定的運動項目之複雜性(奧運舉重和類似的項目需要較長之休息時間)和將該項運動置入訓練計劃的原始目標而變化(意即不是每項運動都使用相同的休息間隔)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 B: 對於初學者、中階、高階者建議，用較重的軀幹核心運動，使用最少2到3分鐘的組間休息(包括明確為增進最大肌力而做的這些運動，如蹲舉、仰臥推舉)(3, 149, 213, 214, 221, 229, 230, 269-271)。

證據類型 C: 關於輔助運動(那些協助核心運動的動作)1到2分較短的組間休息就足夠了(149, 213, 229, 230, 269)。

肌肉動作的速率(Velocity of Muscle Action)

在阻力訓練中為表現出動態的肌肉動作而做出肌肉收縮的速度，影響到神經的(97)、肌肉肥大(123, 241)及能量代謝的(17, 173)反應且和處於肌肉最大收縮時相對應之負荷呈現反相關(48, 234)。等速(isokinetic)訓練已被證實在有負荷運作於接近訓練速度之速率(39, 44, 63, 123, 137, 145)，在這特定的訓練速率下能增加肌力。然而所有測試的速率中，中速進行訓練可產生最大的肌力增加(137)。

動態的、固定的外來的阻力(亦稱等張的)或類慣性的訓練可造成不同的壓力。當有意的以非最大慢慢地重複動作，能觀察到力量產生上明顯地下降，為瞭解刻意操作慢速重複動作的影響，要

注意到在動態的阻力訓練中所存在的兩種慢速的收縮，即無意識(非刻意的)和刻意的收縮。無意識慢速是在高強度重複動作時使用，不是因為重量就是因為疲勞造成動作的節奏和持續力(動作速率)(187)放慢。相反地，刻意的慢速收縮，使用於非最大情況下的時間，相較於一個對應於非最大之神經活性化的傳統(中等)速率，反向力量在一個刻意慢速中是明顯較低。舉例來說，透過肌電圖(143)來測定，故意的使用慢速，能量消耗率較低(173)。一般而言，觀察超級慢速反覆速率(10:10)和自己選擇快速率且配合強度相比時會出現較少的力量峰值，爆發力和反覆次數的表現(111)。以一個“非常慢速”(10:5)和一個慢速(2:4)相比較時，必須在訓練重量上減低30%(141)。另一個研究將非常慢(10:5)和慢速(1:1)做比較，要完成相同次數的重複動作必須在訓練量上降低37~40%(129)。這些資料建議，當較輕負荷刻意慢速，被包含肌肉電位活動力會被限制，最終使其無法提供在阻力訓練中的個人達成肌力增進所需之最理想的刺激。

和慢速相比較，中速(1-2:1-2)和快速(<1:1)已被證實在增大肌肉的表現能力(重複動作的次數、功的產出和訓練量)(161, 189)和增加肌力獲取率上是更加有效益的(113)。重複動作的次數依據一個取決於上升速率的連續。其中一個快速做最大數量的重複動作，當速率變較慢時，依照比例地減少次數(234)。用輕至中等重的重量，增加速率操作重複動作會展現出最大的效果(234)。大部分檢測適度高強度下快速之高階阻力訓練。研究已證實這些速率會比習慣上較慢的速率，在肌力增加上更有效果(133, 190)。雖然負荷可能由適中到重，但盡可能快速的提高重量的意圖已被證實在訓練過程中使肌力增進最大化時顯得格外重要(19)。Keeler 等人(141)證實超過十週一般速率(2:4)的阻力訓練，相較於超級慢訓練，在八種運動中的五項顯著地產生較大的肌力增加(一般的和超級慢，分別有39%對15%的總增加量)對未訓練過之個人超過六週的阻力訓練。證實以一個較快的速率(1:1)進行訓練較一個較慢速率(3:3)訓練導致較大的肌力增加。然而，Neils 等人(195)的研究，顯示在超級慢和慢速訓練之間，在肌力增加有統計上的相類似的結果。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 對未訓練的個人，建議使用慢速和中速(113, 141, 161, 189, 192, 195)。

證據類型 B: 對中階者的訓練建議，阻力訓練使用中速(113, 141, 161, 189, 192, 195)。

證據類型 C: 對高階者被建議包括從無意識慢速到快速之速率連續。被選擇的速率應符合強度，目的應該是在向心肌肉活動之速率的最大化。

頻率(Frequency)

最理想的阻力訓練頻率(每週訓練的次數)，取決於一些要素，諸如訓練量、強度、運動之選擇、訓練的等級、恢復能力和每個運動課程所訓練到肌肉群的數目。諸多研究已使用在初期未經訓練的個人每週二到三間隔日的頻率，這樣的頻率已被證實是一個有效的初始頻率(34, 44, 56, 116)。而每週一到二天對致力於阻力訓練的那些人來說似乎是一個有效的維持頻率(93)。在數個比較肌力獲取的研究中，每週訓練三天勝過每週一天(183)和每週兩天(94)。若訓練量相等時每週兩天和三天所產生肌力增加近似相同(34)。每週四天優於三天(127)，每週二天勝過一天(217)。一週三到五天優於一和二天(85)，分析後的資料已顯示對未經訓練的個人，以一週三天的頻率能得到最高的肌力獲得與增進(225)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 建議初學者每週訓練全身2-3天(34, 44, 56, 94, 116, 183, 225)。

由初學漸進到中階程度的訓練時，沒有必要改變每個肌群的訓練頻率，而應該著重於改變其他即時的變化如：運動形式的選擇、量及強度。增加頻率有助於更大的特殊化(例如：依照更多的特殊目的而給予肌群更多的運動型態選擇及運動量)。為了達到全身的訓練，一般都會分為上半身、

下半身或不同肌群(157)。在上半身、下半身及全身訓練都顯示肌力有相同的增進(32)。

證據類型 B: 建議漸進到中階訓練時, 可以改為每週訓練 3~4 天(全身訓練者每週三天或分部位訓練以訓練每個主要肌群兩次者每週四天)(34, 85, 94, 183, 225)。

在高階訓練時, 最佳的訓練頻率有許多的考量。在美式足球員的訓練中, 其每週四至五天的訓練所達到的結果比每週三天或六天的訓練更好(118)。高階的及優秀的運動選手和健美選手使用高頻率的訓練方式, 例如: 每週訓練 4~6 天, 甚至更多, 每天分兩次訓練(每天訓練兩次, 分別注重於不同肌群)是很常見的(102), 如此每週將達到 8~12 次的訓練。優秀的奧運舉重選手每週的訓練頻率是 18 次(280)。高頻率的訓練經常會縮短訓練時間, 而且為了高強度的訓練及運動表現需要注意恢復時間、營養補充及食物攝取(減少疲勞)。Hakkinen 及 Kallinen 指出每天兩次的訓練量比每天一次對於肌肉橫斷面積(CSA)及肌力有更大的增加。優秀的健力選手每週訓練 4~6 次(75), 重要的是在高頻率的訓練模式中並非所有肌群在每次訓練中都有訓練到。整合分析的數據顯示高階訓練的個體在每週訓練一個肌群兩次時會增加最多的肌肉大小(225), 而每週訓練 2~3 次的運動員也有相似的增加效果(206)。

證據類型 C: 建議高階訓練者每週訓練 4~6 次。優秀的舉重及健美選手則偏向非常高頻率的訓練, 例如: 每天訓練 2 次, 每週訓練 4~5 天(102, 118, 206, 225)。

肌肉肥大(Muscular Hypertrophy)

阻力訓練會透過機械、代謝及荷爾蒙的途徑, 導致肌肉肥大(156, 176, 249, 250)。肌肉肥大的過程牽涉到收縮性蛋白質“肌動蛋白”及“肌凝蛋白”在其他結構性蛋白中總量的比例性增加。機械性負荷影響一連串細胞內調控基因的表現及蛋白質的合成。阻力訓練影響近 70 個基因的活性(266), 正調節因數牽涉到肌肉細胞合成(例如: myogenin, MyoD), 負調節生長抑制因數(例如 myostatin)(148, 235)。人類骨骼肌蛋白質的合成增加從一回合的激烈阻力訓練到高峰期大約是運動後 24 小時, 這種同化的狀態會由運動後 2~3 小時一直提升到運動後 36~48 小時。其他的因素如: 運動種類、肌肉動作、代謝形成, 胺基酸攝取及內分泌反應(睪固酮, 生長激素[GH], 醛固酮, 胰島素及類胰島素生長因數 I)都對肌肉肥大有所助益(158), 結合機械的刺激(大重量、離心收縮、及低到中等訓練量)及代謝的(代謝產物的累積)刺激將導致最佳的肌肉肥大。

以先前未受訓的個體, 測試導致肌肉肥大的時機, 發現在訓練的初期神經適應占了很大的優勢(188)。肌肉肥大的現象在最先的六週就已經發生(211), 然而蛋白質的量(250)及合成速率的改變發生的更早, 由此可見神經適應及肌肉肥大交互影響了肌力的發展。當神經適應產生後給予一個可負荷的重量將減少肌纖維的招募(215), 這個發現指出為了招募最大量的肌纖維逐漸超負荷訓練是必須, 也因此產生肌肉肥大, 由此可知改變訓練模式以設計達到神經及肌肉肥大的因素, 可能對於增加肌力及肌肉肥大有最大的助益。

增加肌肉肥大訓練設計之建議(Program Design Recommendations for Increasing Muscle Hypertrophy)

肌肉動作(Muscle Action)

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 以近似於肌力訓練(55, 112, 131), 對於初學、中階及高階阻力訓練建議向心收縮、離心收縮、等速收縮的肌肉動作。

負荷與訓練量>Loading and Volume)

多種方式的訓練都會導致男性及女性增加肌肉肥大(3, 49, 157, 249), 在未受過訓練的個體其瘦

體組織也有相似的增加，不論是在單組或多組的訓練中(175, 228)，然而證據支持多組訓練較有利於肌肉肥大(231)，許多先前的研究呈現出一般的、非特殊設計的訓練對於初學者及中階者增加肌肉肥大是有效的。

在高階訓練中，操作的變化以最佳化機械的及代謝的因素(實施許多負荷/量的策略)呈現出最有效的方法以最佳化肌肉肥大。阻力訓練以達到肌肉肥大，使用中等到極高的負荷，相對高的量，及短的組間休息時間(75, 157)，這種訓練將比高負荷、低量模式，長(3分鐘)組間休息時產生較高的睪固酮及生長激素的提升(91, 151, 152)。結合了機械負荷的訓練牽涉到肌力的增加和肌肉肥大(190)。由此可知和低量、單組的模式相較之下，高量、多組的阻力訓練模式對於肌肉肥大有較高相關(149, 155, 169)，傳統的阻力訓練(高負荷、低次數，及長的組間休息時間)可以產生顯著的肌肉肥大(96, 258)，然而傳統的阻力訓練可能並不能使肌肉肥大最大化，Goto 等人(91)提出在每種運動(傳統的阻力訓練)增加一組低負荷 25~35 次的動作會增加肌肉橫斷面積，而傳統的阻力訓練(3~5RM, 多組數)並不能增加肌肉橫斷面積。增加高量的組則急劇的提升生長激素(91)。然而只用低負荷訓練的結果可能並不明顯，Campos 等人(33)指出 8 週 25~28RM 的訓練並沒有導致 Type I 或 Type II 肌纖維的肌肉肥大。結合肌力訓練(強調機械負荷)及肌肉肥大訓練，中等負荷，高次數，短組間休息，更強調總訓練量(且依靠於醣解作用代謝因數)，能更有效用於高階的肌肉肥大訓練。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 建議初學者和中階者使用中等負荷(70~85%1RM)進行每組 8-12 次反覆，每個運動進行 1~3 組(3, 49, 157, 175, 228, 249)。

證據類型 C: 對於高階訓練，建議每個運動以 70~100% 1RM 的負荷，反覆 1~12 次，重覆 3~6 組，在如此的訓練週期之中，多用 6~12RM 的負荷，而較少用 1~6RM 的負荷(149, 155, 169)。

運動的選擇與順序(Exercise Selection and Order)

單關節及多關節運動都能增加肌肉肥大，動作的複雜性會影響導致肌肉肥大的時間，多關節動作會比單關節動作需要更久的神經適應時間(37)。動作順序影響肌肉肥大的效果並不清楚，然而有例外存在(用相反的訓練順序來導致更高程度的疲勞)，其指出肌力訓練的動作順序建議指南可以用來增加肌肉肥大。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 建議單關節及多關節的自由重量及器械都可以包括在初學、中階、及高階的阻力訓練模式(30, 157, 169, 172, 178, 248-250, 274)。

證據類型 C: 建議相似於肌力訓練的動作順序(244, 245, 256)。

組間休息(Rest Periods)

在激烈的阻力運動中，組間休息時間顯著的影響代謝(221)及荷爾蒙的反應(158)。休息時間的長短明顯的影響肌力，但對於肌肉肥大則不清楚。有實驗指出，對於再度訓練的人給予 30 秒、90 秒、180 秒的不同組間休息時間持續 5 週的訓練，其肌肉圍度、表皮厚度及身體質量並沒有顯著差異(230)。Ahtiainen 等人(3)提出經過三個月的訓練，五分鐘組間休息時間組與兩分鐘組間休息時間組其肌肉橫斷面積增加是相近的。相對於經常高負荷及長組間休息時間而言，中等到高強度及量的訓練配合短組間休息時間(1~2 分鐘)更能快速提高同化性荷爾蒙反應(151, 152)。快速的荷爾蒙反應相對於長期的荷爾蒙反應對於肌肉肥大是更重要的(177)。配合訓練強度、組間休息的長短可能更能達到肌肉肥大的目的。肌肉肥大的訓練可能不同於肌力及爆發力訓練，因為肌肉肥大訓練明

確的目標是在產生無氧的環境。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 C: 建議在初學及中階訓練模式可用 1~2 分鐘的組間休息時間，對於高階訓練而言，組間休息時間長短要對應於動作或訓練階段的目標，高負荷的主要動作可以 2~3 分鐘的組間休息，而中等到中高強度的其他動作可能用 1~2 分鐘的組間休息 (3, 151, 152)。

反覆速率 (Repetition Velocity)

關於反覆速率對於肌肉肥大的效果較少瞭解，沒受過訓練的個體以快速 (1:1) 及中到慢速 (3:3) 的速率訓練六週，在曲肘肌肉圍度的變化是相似的 (192)。然而，快速 ($210^{\circ}/S$) 等速離心收縮訓練八週產生 Type II 肌纖維橫斷面積的增加大於慢速 ($20^{\circ}/S$) 訓練 (214)，快速 ($180^{\circ}/S$) 的等速離心收縮訓練八週產生的肌肉肥大較慢速 ($30^{\circ}/S$) 離心收縮及快速與慢速的向心收縮訓練都多 (64)。對於動態恆定外在阻力訓練而言，有人提出較高的動作速率對於肌肉肥大的刺激少於中等的速率。然而，在總訓練時間相同時 (129)，刻意放慢的動作因為必須明顯減少負荷，因此導致較少的血乳酸反應及較少的代謝反應，這表示在高階訓練要使肌肉肥大達到長期的進步運用不同的反覆動作，時間是個關鍵。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 C: 建議使用慢到中等速率於初學及中階訓練的個體。對於高階訓練而言，建議依照負荷、反覆次數及運動目標來決定慢、中及快的反覆速率 (64, 192)。

頻率 (Frequency)

訓練頻率依照每次訓練時的肌群的訓練量及強度調整。對於初學及中階的男性及女性，每週 2~3 天的頻率是有效的 (34, 49, 116)。對於高階的肌肉肥大訓練則建議較高的訓練頻率。然而，只有某些肌群在每次訓練時可以用高頻率。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 建議對於初學者的訓練 (每次都訓練全身) 可以每週 2~3 天的頻率 (34, 49, 119)。

證據類型 B: 對於中階訓練，建議和全身訓練相似或是每週四天，每天兩次分開上半身與下半身訓練 (各主要訓練肌群每週訓練兩次)。

證據類型 C: 對於高階訓練，建議頻率是每週訓練 4~6 天。把各肌群分開訓練 (每次訓練 1~3 個肌群) 可以在每次訓練達到較高訓練量。

增加肌肉爆發力的訓練設計之建議 (Program Design Recommendations for Increasing Muscular Power)

在運動、工作及日常生活的活動中，最大力量的產生是必須。就定義而言，產生更多力量即花較少的時間完成同樣的工作量或是花同樣的時間完成更多的工作量。肌肉爆發力是產生的力量與動作速度的乘積，其呈現為給予一個動作/反覆次數而達到其最大力量輸出，這也被視為一個極重要的測試及訓練。

神經肌肉對於最大肌肉爆發力包括 1) 最大肌力發展速率 (RFD)，2) 在慢或快收縮速率時力量的產生，3) 牽張-收縮循環表現，及 4) 動作方式及技巧的協同。許多實驗表示傳統阻力訓練可以增進爆發力表現 (1, 88, 156, 277) 這呈現出爆發力的產生依賴肌肉力量的發展。然而，高爆發力輸出的動

作用於相對高負荷所增加的垂直跳能力比傳統肌力訓練高(98, 99)。關於爆發力的產生是力量乘上速度，其表示重阻力訓練配合慢動作速度會增進最大力量的產生，而爆發力訓練(輕到中重量、快速)會增加力量輸出在較高的速率及肌力發展速率時(98, 99)。

做爆發性動作時，重阻力訓練會隨著時間而減少爆發力的輸出(25)，在固有的傳統重量訓練模式中，向心收縮動作的負荷會比例性(24~40%)的減少(60, 197)。當負荷 1RM 的低百分比時(81%) (60)或試圖快速的移動槓鈴來訓練較多的、特殊性的動作速度以達到目標的能力時(197)，負荷比例性減少的現象會增加其百分比到 52%。彈振式阻力運動(爆發性動作，在動作全程可以加速，導致更高的力量峰頂及平均負荷速度)已經表示可以控制這個問題(98, 121, 198, 276)。負荷 30%1RM 的蹲跳已經顯示比傳統的背部深蹲及漸增性訓練更能增進垂直跳的表現(276)。

運動的選擇與順序(Exercise Selection and Order)

雖然單關節動作已經被研究，多關節動作已經被廣泛用於爆發力訓練(139)，全身動作(如：上擡及推出)是建議的，這些動作需要快速的產生力量(82)且對於增進爆發力是非常有效(263)。建議在每次訓練之初先做這些動作且其順序由其複雜度而定(如：抓舉在上擡前，而之後再做變化如高推)。在多關節動作如深蹲之前，先做高速率的爆發力動作有助於促進深蹲的表現(247)，原因可能是活化後潛能(postactivation potentiation)的改變。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 B: 建議初學、中階及高階的爆發力訓練中運用優勢的多關節動作配合相似於肌力訓練的順序方針(82, 139, 247, 263)。

負荷 / 訓練量 / 反覆速率>Loading / Volume / Repetition Velocity)

許多因素影響達到爆發力峰值的強度，並且顯示出取決於運動型態(彈振的或傳統的)和個體的肌力程度(139)。彈振運動的最大爆發力，其範圍為 15~50%(上半身運動)，0%(體重)到 60%(下半身運動，主要為蹲跳)，而傳統運動的範圍則介於 30~70%1RM (41-43, 139, 260)。奧運選手舉起的最大爆發力大約是 70-80% 1RM (42, 140)。雖然任何的強度都可以提高肌肉爆發力，並且使力量速度曲線向右移，但特殊性仍是必須的，像訓練所包含的強度範圍應該強調強度需配合運動或活動進行的需求(139)。快速的舉起速度需要最理想的爆發力發展訓練，此訓練搭配非最大的負荷，當習慣較高強度時，刻意以最快速度舉起重量乃是必須(19)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 一致被建議的典型肌力訓練計畫是每個運動做 1 到 3 組，使用輕到中度的負荷(上半身運動 30-60%1RM，下半身 0-60%1RM)，3 到 6 次反覆(19, 41-43, 139, 260)。

證據類型 B: 力量提昇的過程需使用不同的週期負荷計畫。重的負荷(85-100%1RM)對於增加力量是必需的，而為了增加快速的力量產生，則以輕到中度的負荷(上半身 30-60%1RM，下半身 0-60%1RM)做爆發性速度是必要的。多組數(3 到 6 組)的計畫結合 1 到 6 次的反覆並配合週期的肌力訓練是被建議的(74, 199, 206)。

休息期(Rest Periods)

爆發力訓練的休息期與肌力訓練是兩者相似。為確保在組數中每個反覆進行的品質(完成最高速率和最大動力輸出的高比例)，休息是極其重要的。除此之外，在爆發力訓練計畫的每個反覆的技術品質，強調組間休息是必須的，適當的訓練強度將誘導出需要的神經反應。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 D: 建議的組間休息為每個核心訓練的組數間至少 2 至 3 分鐘。對幫助運動而言, 短的休息間隔(1-2 分鐘)是被建議的。

頻率(Frequency)

爆發力訓練典型的結合週期肌力訓練計畫, 乃是由於在這兩個變量之間有重要的內在關係(97, 198, 199)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 初學者的爆發力訓練, 建議的頻率與肌力訓練是相似的(每週 2-3 天, 著重於全身性運動)。

證據類型 B: 中階者的爆發力訓練, 建議全身性的或上半身/下半身分開的訓練, 頻率為每週 3-4 天。

證據類型 C: 高階者的爆發力訓練, 建議針對全身性或上半身/下半身分開的訓練, 頻率為每週 4-5 天。

增加肌耐力的計畫設計之建議 (Program Design Recommendations for Increasing Muscular Endurance)

局部肌耐力, 非最大的局部肌肉和高強度(或肌力)的耐力, 已被證實在阻力訓練期間會增進(9, 59, 125, 169, 255)。阻力訓練已經被證實會增加局部肌耐力(特定的訓練前負荷的反覆次數之最大數目)(9, 33, 125, 149), 但是相關的局部肌耐力其效果是受限制的(耐力評估在一個特定強度或 1RM 的百分比)(172)。許多的研究中已證實, 中度到輕度、高反覆次數的阻力訓練對增加局部肌耐力有最大的效果(9, 33, 91, 125, 227)。儘管有一個研究發現高度訓練的耐力運動員, 以高強度、低反覆次數的訓練較有效果(59)。增加肌力和局部肌耐力是有相互關係存在, 單獨的肌力訓練可能增加肌耐力到某些程度。然而, 訓練的特殊性會產生最大的效果(9, 255)。增加局部肌耐力的訓練, 意味著個體 1) 執行高反覆次數(高張力、長持續時間組數)和/或者 2) 組數間最小的恢復。

運動的選擇與順序(Exercise Selection and Order)

運動強調在阻力運動時以複合的大肌肉群誘發最大的急性代謝反應(17)。代謝需求對骨骼肌的內部適應是一個重要的刺激並能改善局部肌耐力(增加粒線體與毛細血管數目、肌纖維型態轉變與緩衝能力)。疲勞(能量物質的耗盡與代謝產物堆積降低能量的產生)是耐力訓練中必然的元素, 與疲勞相較, 肌力訓練的運動順序可能不是這麼重要。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 初學者、中階與高階者的肌耐力的訓練, 建議在計畫中使用包含單側與兩側的多關節、單一關節的運動來增進局部肌耐力, 並使用不同的順序結合(9, 59, 125, 169, 255)。

負荷與訓練量>Loading and Volume)

負荷是多型態的。輕的負荷結合較多的反覆次數(15-25 次反覆或更多)已經被證明對增加局部肌耐力更加有效(9, 33, 227, 255)。然而, 中到重的負荷(結合短的休息時間), 對增加高強度肌耐力也同樣有效果(9, 33)。多量(包含多組數)的計畫被證實對局部肌耐力有較多的提升(33, 149, 169, 255)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 初學者與中階者的訓練, 建議使用較輕的負荷 (10-15 次的反覆) (9, 33, 227, 255)。

證據類型 C: 對高階者的訓練而言, 建議每個運動使用不同的負荷與多組數 (10-25 次反覆或更多), 以週期的訓練方式可使整體上是較輕的強度並有較多的總訓練量 (227)。

組間休息 (Rest Periods)

阻力運動中的休息間隔的持續時間對局部肌耐力是有影響的。已經證明與舉重運動員相較 (以低到中的量和較長的組間休息訓練), 健美的運動員 (以多量與短的組間休息訓練) 顯示出顯著較低的疲勞率 (150)。這些數據證明對增進局部肌耐力而言, 多量、組間休息時間短是有益的訓練方式。值得注意的是, 另一個耐力訓練的流行方法為循環式阻力訓練。循環式阻力訓練已被證實可以有效的增加局部肌耐力 (167, 275), 由於它有高度連續性的關係。因此, 運動間隔中最少的休息被採用。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 G: 建議在局部肌耐力訓練中使用短的組間休息。舉例來說, 高反覆次數的組數 (15-20 次反覆或更多) 中休息 1-2 分鐘, 中度的組數 (10-15 次反覆) 則小於 1 分鐘。循環式重量訓練建議的休息時間相當於從一個運動站結束到下一運動站的時間 (167, 275)。

頻率 (Frequency)

局部肌耐力的頻率與肌肉肥大訓練相似。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 訓練全身時, 低頻率 (每週 2-3 天) 對初學者有效 (9, 59, 125, 169, 255)。

證據類型 B: 中階者的訓練, 建議每週 3 天的全身訓練和每週 4 天的上半身/下半身的固定訓練。

證據類型 C: 高階者的訓練, 可能使用較高的頻率 (每週 4-6 天) 訓練獨立的肌群。

反覆速率 (Repetition Velocity)

等速運動的研究中證實快速 (每秒 180°) 的訓練方式可以提升局部肌耐力 (2, 186)。因此, 建議以快速收縮進行等速運動。然而, 在動力學固定外在的阻力訓練期, 快、慢速率對增進局部肌耐力均有效。兩個有效的策略延長組數的持續時間, 1) 中度反覆次數刻意使用慢速率, 2) 高反覆次數使用中到快速率。Ballor 等人 (17) 證實與中、高速率相較, 刻意使用慢速率、輕負荷的訓練 (5:5 和更短) 更有助於代謝需求。然而, Mazzetti 等人 (173) 證實極快速的反覆收縮比慢速收縮會造成更多的能量消耗。當強度與訓練量合適時, 較慢的速率會增加血乳酸 (173)。

增加張力的時間與充足的負荷會使肌肉的疲勞增加 (262), 而疲勞對誘導局部肌耐力的提升是重要的。Tran 等人 (262) 的研究結果顯示, 3 組 10 次反覆 (5:5)、3 組 10 次反覆 (2:2)、3 組 5 次反覆 (10:4), 最高量的負荷與張力時間, 舉例來說, 第 1 個方式導致最大量的周邊疲勞。ISOM 的峰值 (19%) 和力量發展率 (46%) 比其他兩個方式顯著減少 (13-15% 和 9-13%)。因此, 傳統的速率可能比適當負荷的慢速率有較少的疲勞。然而, 這與刻意慢速去進行大量的反覆次數是不同的。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 B: 建議中度反覆次數時 (10-15) 刻意使用慢速。增加反覆次數, 中速到快速比慢速的訓練更有效 (161)。如果執行大量的反覆次數 (15-25 或更多), 則建議中速到快速。

應用在運動上的關聯 (Relevance to Sports Applications)

動作表現 (Motor Performance)

阻力訓練可以增進動作表現。特殊性原則對增進動作表現而言是相當重要，當阻力訓練計畫的訂定包含特殊性時，將可以被觀察到最大的改善。增進動作表現的建議與肌力和爆發力訓練相似。

垂直跳 (Vertical Jump)

在等速和爆發力的阻力運動中測驗，力量的產生與垂直跳有高度的相關性 (28, 208, 216)，阻力訓練可能可以增加垂直跳高度 (1, 252)。已有研究報導，閉鎖鍊運動 (運動時末端是固定的，譬如蹲舉) 和垂直跳 ($r=0.72$)、立定跳遠 ($r=0.65$) 呈現高度相關 (24)。閉鎖鍊運動的訓練比開放鍊更有效的增加垂直跳高度 (12)。全身性多關節運動，例如奧運舉重 (抓舉、挺舉和其變化) 已經證明所增加的跳躍能力和肌力訓練 (82, 120, 263) 相當 (120)。這些運動的高速率和關節的關連與其能力，結合肌力、爆發力和神經肌肉協調證明直接的增進跳躍表現。垂直跳的進步顯示出與訓練強度的效果及收縮速率呈相關。幾個研究證實輕度負荷改善跳躍高度 (小於 60%1RM)。其他研究 (98, 99, 276) 則指出以高強度訓練可以使垂直跳高度增加 (大於 80%1RM) (1)。垂直跳的增進，多組數的阻力訓練已被證實比單一組數更有效果 (149)。並且，在足球選手上觀察到，每週 5-6 天的訓練所誘發出的進步比每週 3-4 天多 (118)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 B: 建議多關節運動配合重和輕到中度負荷的結合 (使用快速反覆速率)，中度到高度的訓練量，每週 4-6 天的週期方式，對垂直跳有最佳的效果 (1, 82, 98, 99, 120, 149, 263)。增強式訓練 (與垂直跳有關的一種極快速運動) 結合阻力訓練是被建議的。

衝刺速度 (Sprint Speed)

衝刺的表現與力量的產生有關 (4, 11)，並且，等速大於 $180^\circ \cdot s^{-1}$ 時的測驗是一個很好的速度指標 (205)。和蹲跳的高度與爆發力一樣 (46)，衝刺與加速度和相對的肌力有高相關性 ($r=0.88$) (208)。然而，最大肌力的增加與衝刺時間的減少並沒有顯示高相關 (15)。傳統式肌力訓練和彈振式訓練只會減少一小部分的衝刺時間 (118, 120, 174)，而特殊的髖部屈肌的訓練會導致衝刺時間改善 (50)。肌力與衝刺訓練的結合可以使衝刺速度有最大的進步 (52)。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 B: 建議在衝刺的訓練中應包含阻力和彈振式阻力運動 (搭配衝刺與增強式訓練) 的結合 (51, 118, 120, 174)。

敏捷性 (Agility)

個體快速的停止和改變方向的能力，肌力是一個重要的因數 (11, 119, 208)。在下半身的多關節運動上，肌力和爆發力已經證實在不同的敏捷性測驗上有相關性 (168)。在每秒 $90^\circ \cdot s^{-1}$ ECC 肌腱力量峰值和敏捷性跑步時間的顯著相關性已經被報導，並且可能是成功的重要指標 (11)。阻力訓練對敏捷性的測驗時間沒有改變 (48, 119, 120)、減少 (45) 或增加 (78)。敏捷性的特殊性訓練則對敏捷表現有許多幫助。

運動特殊性的活動 (Sport-Specific Activities)

對其他運動特殊性活動而言，阻力訓練的重要性已經被證實。下肢踢腿的肌力與足球選手的踢球速度有高度相關 (218)。腕和肘關節的伸肌與屈肌、肩的內縮與外展肌、肩的內旋肌力和投擲速

度被證實有顯著相關(73, 204)。幾個研究顯示出在棒球(162, 180, 196)和歐洲手球(117)選手的投擲速度增加(2.0–4.1%)，來自於傳統式(162, 196)和彈振式阻力訓練(180)。鉛球表現(38)、高爾夫(261)、長距離賽跑(134)和游泳的表現(86)、網球發球速率(155)等運動，已經被證實其改善均來自於阻力訓練。

健康老年人阻力運動的漸進模式(Progression Models for Resistance Exercise in Healthy, Older Adults)

健康老年人阻力運動的漸進與維持原則(在這一族群中，身體功能的維持可視為漸進)，是透過單次多樣性運動計畫系統性的操作來達成。然而，年長者運動的漸進程度必須小心謹慎，特別是患有高血壓、關節炎、心血管疾病或其他任何降低身體功能的狀況者。有一些其他的阻力運動方式，例如水中阻力運動，已被證實對年長者特別有利且可降低阻力運動的風險。這些研究顯示水中阻力運動除了增加肌肉力量、爆發力和骨質密度外，同時可以改善心血管疾病和心理功能(13, 257, 264, 266, 267)。此外，每個人基於現有訓練情況、過去經驗、關節健康狀況和個人對訓練張力的反應而產生不同的表現。一個好的訓練計畫需藉由提升肌肉適能的一些元素，例如肌肉力量、平衡等，來提高生活品質(61)。這樣的計畫必須包括多樣性、逐步漸進的超負荷、運動恢復和張力的謹慎注意以及特殊性等原則。最近發現年長女性在相同運動強度下，其扭力峰值(peak torque)和平均爆發力高原期(average power plateaued)的量皆顯著增加(243)。

肌肉力量和肌肉肥大的訓練不僅可以提高生活品質，並且降低肌肉萎縮症(sarcopenia)的發生。擁有完美的力量以達到或超越表現目標對越來越多的老年人來說是重要的。許多研究顯示以阻力訓練增加老年人肌肉的大小和力量，只要達到基本要求的強度和量即可(31, 36, 61, 69, 77, 105, 106)。ACSM 對健康成年人基本阻力訓練計畫的建議，也是老年族群一個有效的起點。

當老年人的長期目標是讓力量漸進提昇到更高的水準和肌肉肥大，證據支援可以使用多樣性的設計計畫(105, 106, 154)。而研究也證實可以顯著增進老年族群的肌力(61, 69, 77)。重要的是，漸進原則是採逐步推進。每週無論是1至3天的訓練頻率同樣對肌力都有增加的效果，但是對老年婦女而言，每週3天的訓練效果，無論是在局部肌耐力、協調性、平衡感和心肺適能都優於每週1天的訓練效果(193)。一些研究證實，中度(50–60%1RM)和高度(80–85%1RM)的訓練強度，或是超過18–24週6–15RM(109, 265)的訓練，有類似的肌力增加效果。每週訓練3天，3天分別使用50%、65%和80%的1RM訓練強度，和每週3天，每天80%的1RM訓練強度相較，肌力的增加效果類似(128)。然而，許多研究證實，高強度(80–83%1RM)訓練比中等強度(50–63%1RM)和低強度(20–48%1RM)的訓練產生更多的肌力增加(53, 65, 66, 135, 136)。因此，不同的強度，可能影響老年族群的訓練，特別是在訓練的早期。

證據說明與建議 (Evidence statement and recommendation):

證據類型 A: 為了增加老年人的肌力和肌肉肥大的建議如下：使用自由重量訓練和器械式多關節和單關節訓練，以緩慢到中等速率操作，實施每週2–3次、每次1–3組強度60–80%1RM動作、反覆次數8–12次、同時組間有1–3分鐘休息的運動訓練(31, 53, 61, 65, 66, 69, 77, 105, 106, 109, 128, 135, 136, 265)。

產生肌肉高爆發力的能力隨著年齡增加而減弱(107)。肌力和爆發力的增加，可以提高老年人需要快速力量發展率(RFD)的困難動作表現，包括降低跌倒的風險(212)。健康老年人爆發力訓練的內容是有文獻支持的(107, 154)。肌肉萎縮是由於部分肌纖維損失和其他肌纖維的萎縮伴隨的神經纖維損失，特別容易發生在老化和缺乏活動者的快縮肌上(164)。老化引起的肌肉萎縮和肌力及爆發力的降低有關(77, 104)，且爆發力下降的幅度比最大肌力的喪失來得大(246)。雖然大多數研究

著重於老年人重度阻力運動計畫的界定，但是爆發力的訓練不僅提升功能性的能力，對於其他生理系統，例如結締組織，同時也具有附屬的效果(18)。

自 2001 年以來，一些研究已界定了一些老年人爆發力訓練的研究，例如，自由重量訓練和器械式重量訓練在向心收縮期動作速率較離心收縮期的控制(2-3 秒)來得快。中低強度(20-80%1RM)和高速的訓練在老年族群是可以被接受的，且持續顯示可以有效提升爆發力的產生、肌力和日常生活的活動表現，例如，從椅子站起來和保持平衡(29, 53, 57, 107, 115, 124, 199, 200, 243)。相較於傳統阻力訓練，爆發力訓練證實對於最大肌力具有類似(29, 70)且稍微小(185)的增加效果，但有更多的爆發力的提升(29, 70)和功能性表現的增強(29, 185)。de Vos 等人(53)證實受試者 50%1RM 爆發力訓練可以得到最多的肌肉爆發力，而受試者 80%1RM 阻力訓練則可以獲得最多的肌力和肌耐力。基於這些數據的基礎，老年人高速、低強度運動的漸進模式宜審慎的處理。

證據類型 B：提升健康老年人的爆發力包括：1)訓練以提高肌力，2)無論單關節或多關節的運動表現，每個運動以輕度到中度負荷(30-60%1RM)，實施一到三組，每組反覆次數 6-10 次的高速反覆(29, 53, 57, 70, 107, 115, 124, 185, 199, 200, 243)。

增加老年人的局部肌耐力可以提升執行非最大負荷的工作能力和休閒活動。雖然老年人局部肌耐力訓練的文獻不多，但是對於年輕人族裔而言，局部肌耐力可以透過循環式阻力訓練(275)、肌力訓練(125)，高反覆的中等負荷計畫(9)來提升。多組的訓練可以提升年齡 65-78 歲的受試者 44.3-60.5%局部肌耐力，而單組訓練卻只能提升大約 10%(81)。

老年人也適用年輕人類似的訓練建議，例如，中低的運動負荷(40-70%1RM)和中高的反覆次數(10-15 次或更多)(81)。

結 論

阻力訓練的漸進原則依據適當且特殊的訓練目標來發展，並且應該是個別化的過程，包括適當設備的使用、訓練計畫的設計、及為了安全而有效地完成計畫的運動技術。受過訓練且能勝任的肌力及體適能專家必須參與此過程，才能使訓練計畫的設計和安全性達到最佳化。雖然在此可提供一些例子及指導方針，但是健身運動人員的專業訓練、良好判斷和經驗，是支配這個訓練成功的關鍵。不過，在阻力訓練的漸進原則中，還有許多可供選擇的運動處方用來達到健康、體適能及身體表現的目標。

表 2 漸進式耐力訓練建議摘要表

證據說明	等級
肌力訓練	
· 在初學者、中階和高階的訓練中應包含向心收縮、離心收縮和等長收縮。	A
· 初學者和中階者其訓練負荷~60-70%1RM, 反覆次數 8-12 次; 高階者其週期訓練負荷為 80-100%1RM。	A
· 在一個特定的 RM 負荷時, 當個體在二個連續的訓練週期中, 其當下重量負荷可以做出超過預期反覆次數 1-2 次時, 建議以 2-10%來增加負荷。	B
· 建議初學者每次運動實施 1-3 組動作。	A
· 建議中階及高階者可以漸進實施多組的訓練計畫(以數量和強度做系統性的變化)。	A
· 初學者、中階及高階者增強肌力應涵蓋單側與雙側之單關節和多關節運動(特別是多關節運動)。	A
· 初學者及中階者訓練應涵蓋自由重量訓練和器械重量訓練。	A
· 對高階者肌力訓練而言, 建議依據訓練計畫所需把重點放在自由重量訓練和器械重量訓練上。	C
· 初學者、中階及高階者肌力訓練之運動順序原則為: 大肌群運動先小肌群運動後、多關節運動先單關節運動後、高強度運動先低強度運動後, 或是由軀幹上方至下方輪替運動, 也可以相反方向進行。	C
· 對初學者、中階及高階者皆建議在較高負荷之核心運動時之休息時間至少 2-3 分鐘。輔助運動時則休息時間可縮短為 1-2 分鐘即可。	B
· 對未受過訓練者, 建議使用緩慢及中等速率的向心收縮。	C
· 對中階者之訓練, 建議使用中等速率的向心收縮。	A
· 對高階者之訓練, 建議納入非刻意的從慢到快所有不同速率的向心收縮, 並配合不同運動強度實施。	A
· 建議初學者實施每週 2-3 天的全身訓練。	C
· 建議中階者實施每週 3-4 天的漸進訓練(依據每次訓練參與肌群的數量)。	A
· 建議高階者實施每週 4-6 天之舉重訓練。	B
肌肉肥大	
· 建議將向心、離心和等長收縮等動作包含在內。	C
· 對於初學者和中階者的訓練, 建議每次運動實施 1-3 組、每組 8-12 次反覆的中等強度負荷(70-85%1RM)。	A
· 對於高階者的訓練, 建議每次週期式運動實施 3-6 組、每組 1-12 次反覆、強度 70-100%1RM 負荷, 其中大部分訓練以 6-12 RM 為主, 少部分為 1-6 RM。	A
· 建議初學者、中階及高階者應包含單關節和多關節之自由重量訓練和器械重量訓練。	A
· 運動訓練順序的建議和肌力訓練相同。	C
· 對初學者及中階者之訓練建議休息時間 1 分鐘至 2 分鐘以上; 對高階者之訓練休息時間長度必須和每個運動目標配合, 例如核心運動是重度負荷時, 休息時間為 2 分鐘至 3 分鐘以上, 中等至中高強度負荷休息時間為 1-2 分鐘。	C
· 對初學者和中階者, 建議使用緩慢至中等的速率; 對高階者而言, 緩慢、中等和快速速率的使用, 是依據特定運動的負荷、反覆次數和目標而定。	C
· 建議初學者實施每週 2-3 天的訓練頻率。	A
· 對中階者的訓練, 當以上半身/下半身作為分段訓練時, 建議和全身訓練類似或是每週訓練 4 天。	B
· 對高階者的訓練, 建議訓練頻率為每週 4-6 天。	C
肌肉爆發力	
· 對初學者、中階者和高階者訓練而言, 大部分多關節運動的順序指導原則和肌力訓練類似。	B
· 和典型的肌力訓練計畫建議一樣, 爆發力訓練包含 1-3 組動作、每組 3-6 次反覆的輕到中度負荷動作(上半身動作 30-60%1RM, 下半身動作 0-60%1RM)。	A
· 高階者的訓練建議採多樣的負荷計畫。重度的負荷(85-100%1RM)對增加力量是必須的; 以爆發的速度進行輕度到中度的負荷(上半身動作 30-60%1RM, 下半身動作 0-60%1RM)對於快速力量的增加是需要的。	B
· 爆發力訓練計畫多樣的組數(3-6 組)建議可以合併到肌力訓練計畫(以週期式包含 1-6 次反覆次數)。	A

- 當在高運動強度下，建議核心運動組間休息期至少 2-3 分鐘，當在輔助運動和運動強度較低時，建議休息間隔較短(1-2 分鐘)。 D
- 初學者爆發力的訓練頻率和肌力訓練建議類似(每週 2-3 天)。 A
- 中階者爆發力的訓練，無論是全身或上半身/下半身分段訓練，建議訓練頻率為每週 3-4 天。 C
- 高階者爆發力的訓練，建議每週 4-5 天主要的全身訓練或上半身/下半身分段訓練。 C

局部肌耐力

- 初學者、中階及高階者增強局部肌耐力應以多樣化和具順序原則的整合計畫，並涵蓋單側與雙側之單關節和多關節運動。 A
- 對初學者和中階者的訓練，建議輕負荷(10-15 反覆次數)相對使用中度至高度運動量。 A
- 對於高階者的訓練，每次複合組數運動(10-25 反覆次數或更多)建議使用多樣性的負荷計畫，以週期式由較低強度訓練形成較高的總運動量。 C
- 肌耐力訓練建議縮短休息時間，例如高反覆次數(15-20 反覆次數或更多)組間休息 1-2 分鐘，中反覆次數(10-15 反覆次數)組間休息低於 1 分鐘。循環式重量訓練，建議以移動至下一運動站的時間為其休息時間。 C
- 以每週 2-3 天低頻率的全身式訓練對初學者有幫助。 A
- 對中階者的訓練而言，建議以每週 3 天的全身式訓練和每週 4 天的上半身/下半身分段訓練進行。 C
- 對高階者的訓練而言，如果是分段式肌群作訓練，建議使用每週 4-6 天的較高頻率。 C
- 建議以刻意的慢速來操作中反覆次數(10-15)的訓練。 B
- 建議以較快速進行高反覆次數(15-25 或更多)的訓練。 B

動作表現

- 建議每週 4-6 天週期式多關節運動，結合重度和輕中度負荷(以快速反覆)以及中度到高度的運動量，可以得到最大的垂直跳能力發展。建議增強式訓練(多種跳躍類別的爆發性運動)可以同時結合阻力訓練操作。 B
- 建議結合重度阻力訓練和彈振式阻力運動(與短跑和增強式訓練一樣)，有利短跑能力的提升。 B

老年人

- 為了增加老年人肌力和肌肉肥大，建議實施每週 2-3 天，每天 1-3 組，每組 60-80%1RM、8-12 反覆次數，組間休息 1-3 分鐘，多關節和單關節(自由重量訓練和器械重量訓練)由慢到中度舉重速率的訓練。 A
- 增加健康老年人爆發力應包括：1) 訓練以增加肌力；2) 每天 1-3 組以輕到中度負荷(30-60% 1RM)、6-10 次的高速反覆次數的單關節和多關節運動。 B
- 年輕人的類似建議可能適用於老年人，例如低到中強度負荷進行中至高反覆(10-15 次或以上)可以提升肌耐力。 B

This pronouncement was reviewed by the American College of Sports Medicine Pronouncements Committee and by Ira Jacobs, PhD, FACSM; Brian Schilling, PhD; Ann Swank, PhD, FACSM; Anthony Vandervoort, PhD, FACSM; and Joseph Weir, PhD, FACSM.

This Position Stand replaces the 2002 ACSM Position Stand, "Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults," Med. Sci. Sports Exerc. 2002;34(2):364-80.