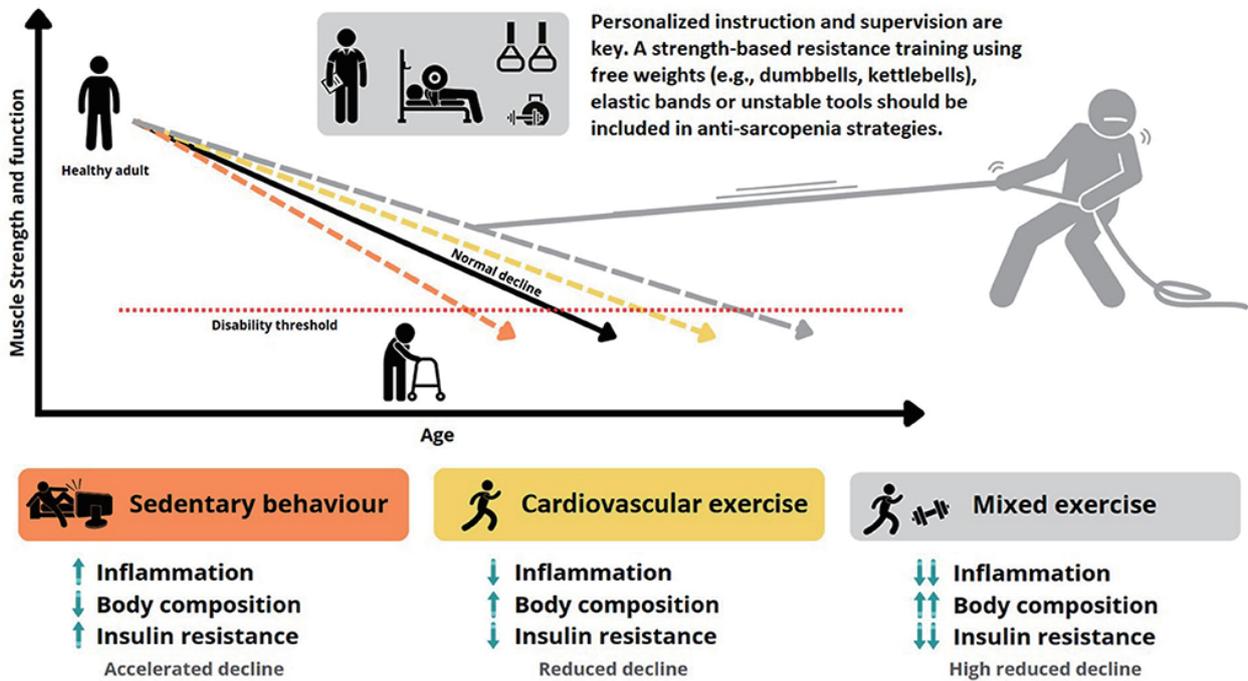


運用等速運動科技術 促進健康老化

台灣健身運動醫學推廣協會 陳俊忠理事長

根據聯合國世界衛生組織定義，65歲以上屬於老年人口，老年人口的比例成為劃分人口結構高齡化程度的標準。老年人口占總人口比例達到7%、稱為「高齡化社會」；達到14%、成為「高齡社會」；若高達20%、則屬於「超高齡社會」。根據國家發展委員會的「中華民國人口推估(2018至2065年)」報告，台灣老年人口比例在1993年超過7%，進入高齡化社會；但至2018年這個比例就超過14%，成為高齡社會。而台灣將在2025年進入超高齡社會，65歲以上人口將會超過20%，也就是每5個人之中就有一位老人，老人的健康問題不僅是台灣的重要課題，也是全球人口老化海嘯來臨時，世界各國必須面對的關鍵議題。

如由高齡社會轉變至超高齡社會的時間來看，台灣大約僅耗時8年，較日本的11年、美國的15年、法國的29年及英國的51年都更為快速，人口老化對台灣影響的時間壓力更大，而肌少症正是其中會隨著年齡增長而提高發生風險的重點難關，超過50歲就會有10%肌少症風險，65歲以上風險立即提高至25%，超過80歲的老人，則會有高達60%以上的風險，罹患肌少症會顯著降低預期壽命和生活品質，是老年人功能衰退和喪失獨立性的最重要原因之一。



國際近期的相關研究顯示(如上圖)：靜態坐式生活(不運動-橘色虛線)會比一般正常老人(黑色實線)，加速肌力衰退的速度，提早進入肌少症與失能的狀態；相反的，有規律運動老人，包含：單純心血管/有氧運動習慣(黃色虛線)與混合/肌力訓練(灰色虛線)，都能延緩老人隨著年齡增長的肌力衰退現象，其中特別強調肌力訓練對延緩失能的效益，比單純有氧運動更好。但是，目前高齡者運動推廣，偏向以溫和、不激烈為原則。例如散步、體操、騎固定式腳踏車，以及太極拳、外丹功、香功等，大多從事低、中強度的有氧運動為主，肌力訓練相對缺乏。

肌力訓練才是對抗肌少症最有效的方法，因為肌力訓練可以刺激肌肉生長和提升力量。肌力訓練的歷史始於古希臘時代。希波克拉底倡議“用進廢退”，解釋了重量訓練背後的基本原理。而漸進式阻力訓練，則可追溯到公元前6世紀的傳說：克羅頓的摔跤手米洛，每天都背著一頭新生的小牛進行訓練，直到小牛完全長大。公元2世紀，另一位希臘人蓋倫醫生描述了如何使用halteres（啞鈴的一種早期形式）進行力量訓練，手握住halteres擺動，提供跳遠的助力。之後早期的啞鈴則是由沙袋和鉛製成的。在1900年代初期，槓鈴被開發出來。槓鈴使運動員更容易提高舉量的能力。而且由於槓鈴的重量可以調節，方便讓更多力量不同的人使用。在1940年代，臥推被設計融入健身方案。1950年代，美國健身大師傑克·拉蘭 (Jack LaLanne) 開發了第一台繩

索滑輪機、史密斯機和第一台腿伸展機。之後，Universal 和 Nautilus 則開發了多功能舉重機，允許用戶用一台機器完成許多不同的練習。1960 年之後，健身器材逐漸被引入當時仍然很少見的力量訓練健身房。在2000年以前，肌力訓練的主要目的，是為了鍛鍊更強壯的肌肉，以及提高運動的成績表現，肌力訓練的對象，以運動員及重視身材的年輕人為主。近年來有關肌力、肌耐力對健康益處的實證研究資料快速增加，例如阻力運動對骨骼組織所產生的負重，會刺激年輕人的骨質形成、減緩中年人的骨質流失，因而可能會降低骨質疏鬆和骨折的危險性。

最近的觀察性研究也發現所有原因導致的死亡和肌力、耐力訓練程度成反比關係，可能是因為肌力訓練會促進並維持代謝活性強的淨體重（lean body mass），這對於增強葡萄糖代謝非常重要，因此在2007年版之後的運動建議中特別加入肌力訓練的部份。隨著運動健身產業的蓬勃發展，帶動更多健康、體能與技巧差異極大的參與者，積極加入肌力訓練的行列，更多元、更富變化的訓練設備與方法，也持續地被創造發明出來，以因應不同對象的需求差異。

我們人體肌肉收縮的形式組合，理論應包括：向心等張、向心不等張、離心等張、離心不等張、向心等速、向心不等速、離心等速、離心不等速、與等長收縮運動，但在

運動科學與教練實務，我們只分為：等長、等張與等速三大類。

1. 等長阻力訓練(isometric resistance training)

是肌肉對抗阻力時，肌肉長度不變，對應的關節也沒有可見的活動，等長阻力訓練時，通常是對抗無法移動的阻力，運動訓練時，肌肉通常是非最大的收縮用力情形。常見的等長收縮，包括：用力推牆、拔河對抗、提重物、握球拍等。

2. 等張阻力訓練(isotonic resistance training)

是最傳統、最常見的肌力訓練模式，使用啞鈴、槓鈴等重量為阻力，肌肉收縮、關節活動過程中，因為外在負荷的重量不變，故稱之為等張阻力訓練，但是實際肌肉內的張力會改變，也稱為動態收縮(dynamic contraction)，對肌肉產生的較大負擔只會存在於某個角度(通常是力臂最長之處)。

3. 等速阻力訓練(isokinetic resistance training)

是三種阻力訓練之中，最新的肌力訓練模式，經由特殊設計的訓練設備，能夠讓肌肉在整個收縮過程中，都維持同樣的速度，肌肉也都能全力收縮用力，關節活動範圍內的每一個點上肌肉都產生最大輸出力量。

下表為三種肌力訓練模式的比較，各有其優缺點，其中需要運動科技的等速肌力運動，對於體能與健康情況較差的老年人，應該是相對較安全、有效的肌力訓練模式。

肌肉收縮形式	速度	阻力	調整
等長	無	變異	固定
等張	變異	恆定	無
等速	恆定	變異	絕對

等速肌力運動訓練的主要好處是：(1) 提供整個運動範圍內的最佳阻力。等速運動可以讓肌肉在每個角度和方向的運動中感受到最適阻力，從而有效提高力量和關節靈活性。(2) 降低受傷風險。等速運動控制運動的速度和阻力，這可以防止可能導致肌肉或關節損傷的突然受力或拉傷。(3) 易於監控和跟踪。等速運動機可以測量肌肉收縮的力量和功率，這可以幫助專業人士評估個案的進步和表現。使用等速機進行鍛煉是一種力量訓練，無論施加的力量有多大，都使用專門的設備來保持恆定的運動速度。等速運動機是可用於力量訓練、康復和測試的專用設備。等速運動訓練的強度可以通過調節運動速度來控制。較慢的運動會增加強度，而較快的運動會降低強度。它們不是很常見或容易獲得，因為它們非常昂貴並且需要專業指導。臨床上有以下四種最常用的等速測力計：Cybex、Biodex、Kin-Com 和 Lido。

SOME COMMON EXAMPLES OF ISOKINETIC DYNAMOMETERS FOR TESTING



<https://www.biodex.com>



<https://humacnorm.com>



<https://historycollection.jsc.nasa.gov/>

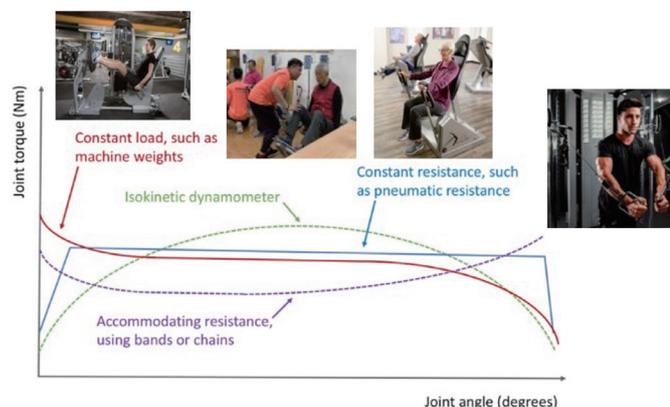


<https://kincom.com/>

然而，使用以上等速運動設備進行訓練，也有一些缺點，包括：(1) 它需要專門的設備，這些設備可能非常昂貴，並且不能廣泛被一般老人訓練使用。(2) 對於日常活動或運動表現來說，它可能不是很實用或功能性很強，因為大多數等速機器，只針對單一關節設計運動模式，並且不模仿自然運動動作。(3) 它對於增

加全身肌肉質量或力量可能不是很有效，因為它不易讓全身肌肉負荷足夠的阻力或強度。(4) 由於運動過程中的高度緊張和壓力，也可能會導致局部的肌肉酸痛。

ISOKINETIC MAKE THE MUSCLES BEAR THE MAXIMUM RESISTANCE THROUGHOUT THE ENTIRE RANGE OF MOTION



為了減少上述等速力量訓練既有的不利限制，一些替代性肌肉力量訓練應運而生，例如液壓和氣壓阻力訓練，如上圖中的藍線呈現類等速肌力的曲線，能夠提供各個關節角度較符合個案的阻力，而且因為它們比昂貴的等速運動器械，更便宜且更容易獲得，已經成為越來越受歡迎的肌力訓練系統。液壓系統和氣動系統之間的主要區別在於，液壓系統使用水和油等液體來傳輸動力，而氣動系統使用空氣來傳輸動力。液壓系統阻力較大、速度較慢，但提供較高的精度和更大的功率，而氣動系統則適合需要更快、更緊湊的系統、更小的力和精度的應用。以下將以Curves與HUR兩家最具代表性的類等速肌力訓練系統，分別代表液壓與氣壓系統，來說明目前運動科技肌力訓練的發展。

Curves 是一家非常受歡迎的健身專營店，使用液壓阻力機為女性提供 30 分鐘的循環鍛煉。Curves循環訓練是一種按順序進行一系列阻力訓練練習的方法，練習之間的休息時間最少。Curves液壓阻力機易於使用，因為它們不需要任何重量調整或複雜的設置。它們還適應用戶的力量和速度，因為當用戶用力推動時它們提供更大的阻力，而當用戶降低用力時，它們提供相對較少的阻力。液壓阻力是由流體通過氣缸或活塞的運動產生的。阻力與用戶施加的力成正比。用戶移動得越快，阻力就越大。抗液壓運動可以顯著提高老年人的力量和爆發力。因此，液壓阻力訓

練是一種有效的阻力訓練形式，通過低強度和中等強度的訓練為老年人帶來益處。另一方面，HUR (Helsinki University Research) 為芬蘭赫爾辛基大學長期研發成功的肌力訓練系統，則是使用氣動技術提供平穩、安全的阻力，適應個案本身的力量，產生類等速肌力的訓練效益。HUR他們還使用智能觸摸技術，來監控和跟踪用戶的進度和表現，為高級鍛煉、康復、健康和運動表現，提供智能計算機化訓練設備和循證鍛煉概念。

然而，Curves 和 HUR 都不是真正的等速機器，因為它們不能保持恆定的運動速度。全球最新專為高齡者開發的等速肌力訓練系統，不僅結合了Curves和HUR既有的優點，還提供了真正的等速肌力訓練。它提供等速

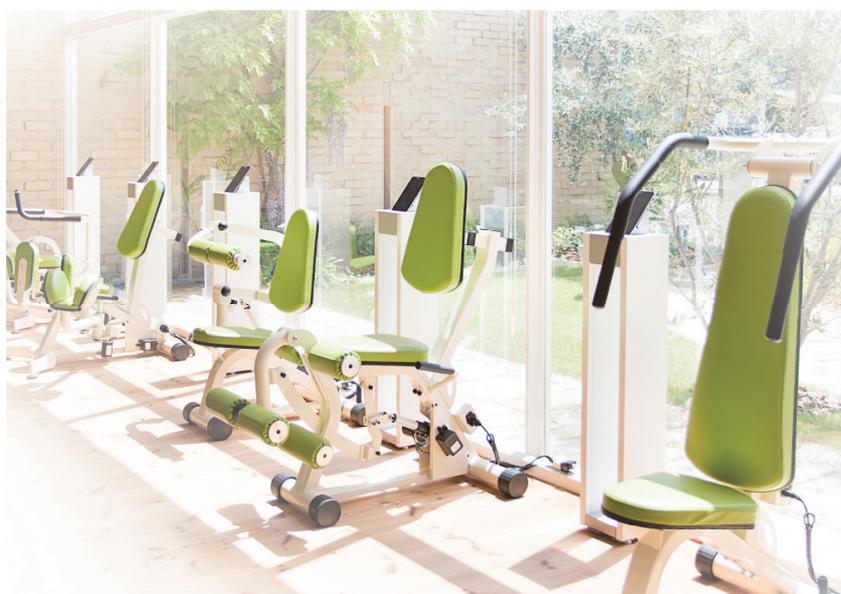
運動器械，該器械使用電腦控制系統來保持運動速度恆定，無論用戶施加多大的力。這樣可以更準確地測量和分析肌肉力量和表現。

下表呈現四種肌力訓練的比較：包括傳統重量訓練、液壓阻力、氣壓阻力與等速肌力，相較於傳統重量訓練，液壓、氣壓與等速三種肌力訓練科技，受傷風險較低、舒適度較高、空間需求較小，較容易被體能與健康較差的高齡者接受，HUR的液壓肌力訓練系統與最新的電力控制等速肌力訓練系統，進一步融入智慧科技，提供立即肌力訓練回饋，與AI教練運動指導，更能正確指導與激勵參與者進行肌力訓練，同時在不增加管

TYPE	ELECTRIC ISOKINETIC	PNEUMATIC RESISTANCE	HYDRUALIC RESISTANCE	TRADITIONAL WEIGHT TRAINING
RESISTANCE DIRECTION	Two-way	Two-way	One-way	One-way
SPEED CONTROL	Constant speed	Non constant speed	Non constant speed	Non constant speed
VISUAL FEEDBACK	Yes, AI coach	Yes	No	No
RESISTANCE SOURCE CONTROLLER	Exercisers	Pneumatic dynamometer	Hydraulic dynamometer	weight steel sheet
INJURY RISK	Very low	low	low	Relatively high
PERMISSIBLE LOAD	>85Kgs	<85Kgs	<85Kgs	Depending on the device
DURABILITY	Low wear, high durability	High wear, low durability	High wear, low durability	Low wear, high durability
SUBJECTIVE EXPERIENCE	Comfortable	Comfortable	Comfortable	Tired
SPACE REQUIRED	Smaller	Smaller	Smaller	Larger

理人力需求下，減少不當受傷機率與提升訓練效益。使用液壓與氣壓阻力系統，則因受限於液壓與氣壓阻力唧筒的高磨損與壓力洩漏的困擾，相較於傳統重量訓練與最新的電力控制等速肌力訓練系統，液壓與氣壓系統的穩定性較差、需要更多的維修。

電力控制等速肌力訓練系統擁有不同型號的等速運動器械，如上肢上推/下拉、上肢胸推/划船、上肢擴胸/開合、腰部前彎/後仰、腰部扭轉、腿部推蹬、腿部前踢/後勾、腿部內收/外展等，每種型號都針對不同的肌肉群和關節設計訓練，有助於改善日常生活活動和平衡，參照循環訓練模式，將各部位肌力訓練串聯起來，方便使用者能在30分鐘完成全身大肌肉群的完整訓練。



雖然等速肌力訓練科技，已經提供了大多數老年人安全的肌力訓練方案，只要他們能夠主動用力完成動作到一定的次數，就能夠有效提升肌力與肌耐力，但是對於很疲憊、很衰弱、關節疼痛等，沒有辦法主動用力進行運動訓練的老年人，尤其是治療中、病癒初期、手術後的患者，要求這些個案立即使用等速肌力進行訓練，可能很難持續完成足夠的訓練次數與訓練量。

針對這些情況，我建議將垂直律動、手部律動與水平律動納入訓練課程，因為他們屬於外在提供可調控的等速(定頻)振動刺激，誘發身體產生被動的運動，個體不需要進行主動的關節活動與肌肉用力收縮，對身體骨頭、肌肉、韌帶與關節的負荷相對較低，絕大多數高齡者都能夠完成15-30分鐘以上的律動訓練，非常適合肢體疼痛、身心疲憊與體弱的個案使用，也很適合作為主要運動之前的熱身或訓練後的緩和運動。

下圖是全身垂直律動的發展歷史，它由早期蘇聯運用於太空人對抗微重力的骨質流失與肌肉萎縮影響，到選手的訓練、醫院病患的復健治療，再逐漸融入日常生活，發展成為居家運動的人性化運動科技產品。優質的垂直律動可以穩定提供定向(垂直上下)、定頻、定幅的振動，除了有效誘發肌內縮反射產生肌肉收縮，達到肌力訓練的效果，全身同時也在落下時，接受來自地面的反作用力

What is whole body vertical vibration (WBVV) ?

History | from Space to Gym



衝擊，刺激骨骼與骨髓，誘發骨髓內の間葉幹細胞增生與分化，減少分化為脂肪細胞、增加分化為肌肉細胞、骨細胞與關節軟骨細胞的比例，不僅有助於肌少症的改善，也是預防骨質疏鬆症、改善關節功能的有效運動方式。

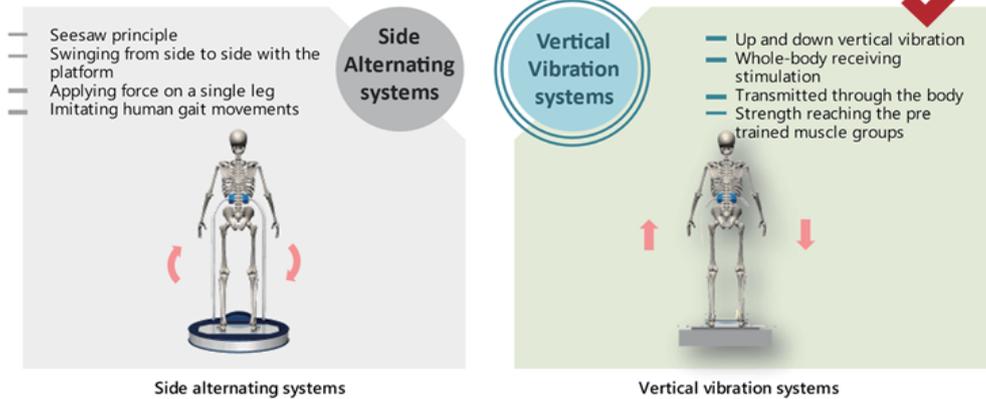
下圖為兩種常見的全身律動模式：左側為翹翹板左右晃動與垂直上下振動，因為翹翹板振動會產生單側下肢左右晃動的負荷，對髖、膝與踝關節產生較大的壓力，而且會對身體平衡能力有很大的挑戰，高齡者使用時極易造成下肢關節損傷惡化與發生跌倒的傷害。右側則為垂直全身律動，兩側下肢平均承受垂直上下的振動，不會增加各個關節的扭動負荷，藉由調整振頻、振幅與律動時間，可以精準控制振動的強度與訓練總量，讓受測者可以選擇能夠承受的振動衝擊與負荷。垂直律動已經有諸多研究證實，為有效的肌力訓練與負重訓練，可以提升功能性體能、肌力、骨質密度、關節軟

骨與平衡能力。

另一方面，手部與舌頭的肌力衰弱也一直是高齡者重大的困擾，嚴重影響高齡者的手部操作功能、吞嚥與言語溝通功能，甚至也會增加呼吸中止症的機率，不僅影響高齡者的健康與生活品質，也明顯提高失能與失智的風險。臨床上，復健醫學部門雖然有職能治療師的手部功能訓練方案，與語言治療師的舌頭功能訓練方案，但是都只侷限少數病人的復健治療，社區中缺乏適合一般高齡者的手部與舌頭肌力訓練方法。針對此一需求，台灣研發團隊已經完成全球首創的手部律動肌力訓練系統，提供手部、指部的張開、抓握的等速(定頻)的被動與主動運動訓練，在安全可控的情況下，有效提升手部握力與操控功能，非常受到高齡者歡迎，尤其是巴金氏症與腦中風等患者。近期也已開發完成舌頭肌肉的等速(定頻)律動的肌力訓

Whole body vertical vibration

■ Vibration equipment



(Cardinale *et al.*, 2005)

45

練，初步臨床試驗有很正向的使用回饋，預期將會提供創新的舌頭肌力訓練科技。

最新的銀髮運動科技趨勢為：採用專利等速運動控制設計，包括：主動的等速肌力訓練與被動的等速(定頻)律動訓練，為老年人提供最完整、舒適、安全、有效的力量訓練。因為所有的訓練器材都可設定速度(頻率)，所有的機器都允許用戶或教練，可以根據自己的力量和狀況調整速度、阻力和運動範圍，而且他們還有效利用智能技術來整合、控制、收集和分析用戶的健康狀況、生理反應和運動數據，持續機動調整訓練速度、頻率與訓練量。

未來串接整合中的智慧精準運動管理系統，將經由物聯網整合所有的等速(定頻)的訓練科技器材，專家可以配合個案的體能與健康狀況，提供個案客製化運動介入處方與即時AI教練互動指導，納入精準運動處方執行與管理。希望將等速肌力運動科技與人工智慧科技的整合，應用於銀髮族的精準運動訓練，持續優化精進成為世界最佳的健康老化訓練系統，從健康評估與管理、智慧化運動健身設備、精準運動計畫、運動數據分析到專業諮詢建議，協助建構完整的智慧健身房，提高智慧健身房的運作效率，並藉由數據分析與收集，更有效率地針對目標執行營運與服務計畫，為專業指導者與使用者之間建構嶄新的互動與服務模式。

