

穿著負重鞋以提升高齡者下肢肌力之可能性

陳育延 國立成功大學體育健康與休閒研究所

邱宏達 國立成功大學體育健康與休閒研究所

摘要

臺灣正面臨高齡社會的衝擊，使得「預防跌倒」之健康議題日益受到重視，強化高齡族群下肢肌力已證實可有效降低跌倒之風險。現今已有許多維持肌力的訓練方法，然而對於高齡者介入的運動訓練，需特別考量到安全性及便利性之問題，其中「步行運動」是最受高齡者所喜愛的日常運動，若能在步行運動中，讓高齡者在安全使用的範疇下，穿戴可調整附加重量之健走鞋或慢跑鞋，以數個承載重量的負重套筒附加於足跟支撐架 (heel counter)，並可更換不同數量之圓柱體金屬法碼，依照自行能力進行不同負重的調整，以作為增強運動強度的運動輔具，並落實將訓練融入生活的理念。此必能增加高齡者日常步行之訓練效果，亦能維持及提升下肢骨骼肌系統能力，並預防跌倒的發生，使高齡族群能達到成功「活躍老化」的效應。

關鍵字：高齡者、跌倒風險、步行運動、負重鞋

通訊作者：國立成功大學體育健康與休閒研究所 邱宏達

通訊地址：台南市東區大學路 1 號

EMAIL：9202010@gs.ncku.edu.tw

壹、前言

臺灣從 2018 年 3 月老年人口比例已正式超越 14%，也宣告了臺灣邁入高齡社會 (Aged society)，高齡的醫療議題也隨之而來。其中跌倒，正是造成高齡者受傷、失能及死亡的常見原因，因此跌倒現象也被作為評估高齡者生理機能及認知能力轉變的指標 (蔡佳良、吳昇光，2003)。過去研究顯示，每年有將近 30% 的高齡者 (65 歲以上) 會經歷一次以上的跌倒事件 (Kulinski, DiCocco, Skowronski, & Sprowls, 2017; Robinovitch et al., 2013)，每次跌倒有高達 90% 機率造成腕關節及腕骨骨折，更有 60% 因頭部撞擊產生腦部病變，重者造成失能及死亡 (Grisso et al., 1990; Palvanen et al., 2000)；有鑒於此，傷後所需投入的醫療資源及資金是不容小覷的。因此，如何預防高齡者跌倒？便成為現今社會值得正視的一項健康議題。

下肢肌力不足是造成跌倒風險增加的主要原因之一 (林銀秋，2003)，年邁造成身體感官及骨骼肌系統的退化，使高齡者在步態及日常功能性動作的穩定度受到影響，而容易出現跌倒之情形 (Chen, Ashton-Miller, Alexander, & Schultz, 1991; Horlings, Van Engelen, Allum, & Bloem, 2008)。研究也證實跨越障礙的動作過程，對高齡者而言是具有極高度跌倒風險的情境 (Pan, Hsu, Chang, Renn, & Wu, 2016)，藉由下肢肌力的改善，步態穩定度及跨越障礙的安全性得以受到提升 (Lamoureux, Sparrow, Murphy, & Newton, 2003; Persch, Ugrinowitsch, Pereira, & Rodacki, 2009)，而過去研究多以重量訓練來改善高齡者的下肢肌力，然而其高運動風險及訓練限制，很可能造成高齡者無法持續自主訓練 (Jones & Rose, 2005)。高齡者較喜愛便利性及安全性高的運動，步行運動即是此類型的日常運動，假若高齡者在進行步行運動時，穿著可以調節重量的健走或慢跑鞋，作為步行運動中增加運動強度及負荷的方式，又能保有原本運動鞋的安全性及舒適度，此對於高齡者在強化下肢肌力的運動上能大大提升其接受度及推廣性。先前有關於負重鞋的研究中，發現無論在步態的下肢表面肌電 (surface EMG) 或長期介入使用後，對於下肢肌肉徵招及組成，皆有著正向的影響力 (呂軒瑜，2015; Ikenaga et al., 2012)。

對於高齡者而言，維持生理機能及成功活躍老化，乃是現今社會需重視的議題。如何讓

多數的高齡者能在日常生活中得以受到身體的訓練，並維持生理機能，是本文所要探討的主要議題。在推廣負重鞋的使用上，雖然已有研究證實訓練的成效，然而不同重量的訓練，所帶來的訓練效果乃不明確，且使用上的安全性考量，這些議題都尚待相關研究來釐清。故本文想透過針對高齡者在跌倒風險的因子、跨越障礙物的動作與肌力改善之間的關聯性，及負重鞋應用成效來進行探討，以利於未來推廣負重鞋給高齡者使用之可能性。

貳、 高齡者跌倒風險與跨越障礙之動作關係

至今「預防跌倒」仍是受到重視的醫療議題之一，發生「跌倒」的原因主要可分為內在因子 (Intrinsic risk factors) 及外在因子 (Extrinsic factors)，且常是彼此相互作用所引起。「內在因子」與身體機能有關，如骨骼肌力系統、視覺、認知與反應能力；「外在因子」則與環境因素有關，如生活中階梯、門欄、障礙物或高低不平的平面 (Galna, Peters, Murphy, & Morris, 2009)。研究中發現，高齡族群跌倒的情況有高達 77% 發生於自家中，其中 44% 是外在環境(階梯、障礙物)所致，且往往是為了跨越環境中障礙物而引發的意外 (Tinetti, Speechley, & Ginter, 1988)，在深入了解高齡者跌倒的生理機轉後，發現曾跌倒過的高齡者其下肢肌力與功能性表現明顯不及於未跌倒的族群，下肢肌力不足可能是造成高齡者跌倒風險提升的主要原因。

日常生活中，所遇到跨越障礙物的情境，大多需要在短時間內做出正確的判斷，並安全執行跨越的動作。過去研究指出，高齡者因為不佳的認知能力（如反應能力、視覺控制）與肌肉控制，使得在跨越動作上出現特殊的跨越策略，在 Lowrey, Watson, & Vallis (2007) 的研究中，探討健康高齡者（年齡： 76.1 ± 4.3 歲）與年輕人（年齡： 23 ± 2.0 歲），在單一或連續跨越 5 公分障礙之跨越運動學的差異，發現高齡者會有較謹慎的步態策略，如刻意放慢跨步速度 (Step velocity) 及縮短步幅 (Step length)，爭取更充裕的判斷時間做出安全的跨越動作。跨越動作上（圖 1），高齡者會出現前跨腳足跟距離 (distance of leading foot after obstacle) 較短的情形，顯示高齡者在跨越過程中，足部是處在較危險位置，以致於容易絆倒。而跨越速度 (Crossing speed) 也是另一項風險指標，越慢的跨越速度所需跨越時間越長，由於跨越過程中，身體需

依賴單腳支撐並承受身體位移的質心 (Center of mass; COM) 轉換，對於高齡者而言，控制身體穩定是一大挑戰。在 Hahn & Chou (2004) 的研究中，探討高齡者與年輕人在跨越不同高度障礙時 (參與者身高的 0、2.5、5、10、15%)，身體質心 (COM) 活動度的差異性，以及與支撐腳壓力中心 (COP) 的關聯性，發現高齡者在矢狀面 (sagittal plane)，身體質心及壓力中心的位移活動度及距離明顯低於年輕人，並出現較慢的跨越速度，此差異隨障礙高度增高而明顯增加。在單腳支撐控制重心轉移的過程，是屬於「動態平衡」的能力，下肢肌群需要足夠肌力與控制能力，才能安全穩定質心的轉移，高齡者因為肌力不足，會透過將動作速度放慢，減緩控制重心轉移的困難度及對於支撐腳的力量負荷，以抑制身體過度前傾的現象，進而避免出現重心控制不良的情形發生 (Fiatarone & Evans, 1993)。



圖 1. 跨越障礙物之平面從右至左依序為，(1)後跨腳足尖距離 (distance of trail foot before obstacle)；(2)前跨腳足尖跨越高度 (leading toe clearance)；(3)前跨腳足跟距離 (distance of leading foot after obstacle)；(4)後跨腳足尖跨越高度 (trailing toe clearance)。

對於不同跌倒風險的高齡者，在跨越障礙物的運動學上也能看出其差異性，過去研究中 (Pan et al., 2016) 透過緹氏平衡與步態評估量表 (Tinetti Balance and Gait scale)，將高齡者分為兩族群：高風險組 (Score<36) 與低風險組 (Score>36)，發現高風險組呈現較慢的跨越速度，及不佳的前後跨越腳對稱性 (Crossing Symmetry)，例如雙腳跨越障礙物的高度、跨越速度以及軌跡皆有很大不同 (Di Fabio, Kurszewski, Jorgenson, & Kunz, 2004)。不僅如此，也出現前跨腳足尖跨越高度 (Leading toe clearance) 明顯較高，但後跨腳足尖跨越高度 (Trailing toe clearance) 卻出現較小的情形，高的前腳尖跨越高度是一種較謹慎且避免跌倒的跨越策略，而

較低的腳尖跨越高度，即可能增加絆倒的機率 (Barrett, Mills, & Begg, 2010)。

總結以上研究，人體「內在因子」與環境中「外在因子」的交互作用下，造成了高齡者容易跌倒或絆倒。然而從過去研究會發現，肌肉退化及動作控制不良，往往是跌倒風險提升的開端，為了降低老化所帶來的生理機能減退，藉由運動或功能性訓練，或許可以降低跌倒風險，進而改善生活機能。

參、 不同介入對改善高齡者跌倒風險之影響

因著高齡健康意識的抬頭，「減緩老化」早已是過去的觀念，「如何活躍老化」才是高齡族群現今較被關注的議題。研究證實，藉由適當的運動訓練及良好的運動習慣，不僅能維持生理機能，如良好的心臟循環系統、身體關節活動度及平衡能力等，更能提升骨骼肌肉系統的能力，如肌肉纖維增大與肌力提升 (陳偉瑀，2007)；且「跌倒風險」也能受到良好的控制，並改善高齡者步態及跨越障礙之穩定性 (洪鈴雅、張家豪、蔡虔祿，2013)。

Persch et al. (2009) 的研究中，高齡女性 (平均年齡：61.1±4.3 歲) 在介入 12 周 (三次/周) 的 10-12RM 漸進式下肢重量訓練後，顯著的提升下肢肌群的 1RM，其中主要執行膝伸直動作之股四頭肌提升最為明顯。不僅如此，步態運動 (Gait kinematic) 也有所改善，如步態速度 (gait speed)、步幅 (stride length)、跨步足尖與足跟 (toe & heel clearance) 垂直高度皆達到提升的效果。步態速度也已證實可藉由改善股四頭肌來提升，並與降低跌倒風險有極大相關性 (Cao, Maeda, Shima, Kurata, & Nishizono, 2007)。在 Lamoureux et al. (2003) 的研究中，介入長達 24 周下肢重量訓練後，對下肢肌力也有很好的提升效果 (197-285%)，並發現在跨越障礙物時，前跨腳足跟距離、跨越高度、跨越步幅與速度皆有顯著提升；除此之外，在後跨腳跨越障礙物離地瞬間的地面反作用力，也觀察到增強的現象，此現象表示肌力改變對於足部推蹬力有正向影響力，並促使跨越高度的增加。由以上研究結果可知，下肢重量訓練確實可以讓高齡者在跨越障礙物時，身體動作及足部位置皆達到較安全的狀態，並利於降低跌倒的風險。然而，如何培養高齡者保有自主訓練及規律運動，是訓練介入時須考量的重要環節，對高齡者運動介入的選擇，必須配合到身體特質，包含生活型態、身體素質及

運動的安全性，而阻力訓練無論是運動複雜度、便利性及安全性，皆可能是造成高齡者無法接受及維持自主訓練的原因 (Jones & Rose, 2005)。

步行運動是受高齡者歡迎的運動之一 (King et al., 2000)，因為其便利性高、複雜性低，並且能自由掌握運動時間。過去曾有研究 (Okubo et al., 2016) 比較三個月長期介入「步行運動」與「平衡+下肢阻力訓練」，對跌倒風險及運動習慣的影響，結果顯示在步態及跨越障礙的能力上，兩種訓練後皆有顯著改善效應，而步行運動組在下肢肌耐力 (6-min walk)、日常步數 (Daily step counts) 以及跌倒風險自評指數 (Fall efficacy scale) 上，則有較優異的訓練成效；此外，在追蹤運動介入後一年內的後續影響，發現步行運動組仍有較少的日常跌倒次數和較多的日常出遊與每日步數。由此篇研究結果發現，低強度的步行運動，不僅易於培養高齡者自主運動的習慣，更能有效提升下肢肌耐力的表現，以達到減緩步行時肌肉疲勞的現象。

調整步行運動的強度上，不單可透過改變步行速度、坡度或場域，也可藉由增加肢體末梢負重，如踝部負重，以提高運動強度。過去的研究中，招募 28 名高齡女性（負重組與控制組各 14 名），負重組進行長達三個月（3 次/周）的足踝負重 1kg 的步行訓練，結果顯示介入後能提升下肢肌力、有氧運動適能以及骨骼代謝能力，並且對於跌倒恐慌指數也明顯改善，此代表負重步行訓練能給予高齡者正向的運動自覺與回饋 (Yoo, Jun, & Hawkins, 2010)。對於高齡者而言，足踝負重的訓練方式雖然具有一定訓練成效，但在日常訓練上其穿戴的舒適度及便利性都必須被考量，若能透過鞋子加重後做為步行訓練的輔具，將可提升高齡者訓練上的接受度。

肆、 探討負重鞋之應用與安全性

國內全民運動風氣漸提升，98 年到 107 年運動人口比例由 24.4% 增至 33.5%，運動年齡層也逐漸擴大，65 歲以上高齡者將近 50% 以上有規律運動的習慣（教育部體育署，2018）。在運動過程中，穿戴適當的運動設備是非常重要的環，其中鞋子就是不可或缺的，隨運動科學的進步，多數民眾對於運動鞋的選擇，早已不再只是品牌崇尚，更重視鞋子的功能性與

安全性。「負重鞋」可算是訓練功能鞋的一種，過往以步態矯正及復健之用，近期則發現選手可用來增強訓練負荷。在過去負重鞋的相關研究中，鄧蓓蓓 (2013) 曾探討不同負重分布之帆船鞋 (平均負重：鞋前/後端 100g；前負重：鞋前端 200g；後負重：鞋後端 200g)，跑步著地撞擊力的影響，發現後負重鞋無論在著地撞擊峰值 (Impact force peaks) 或最大負荷率 (Maximum loading rate) 皆明顯低於前負重及平均負重，在步行運動上也較為安全。研究發現當鞋重心越向前足偏移時 (如前負重)，著地的足底角 (Sole angle) 開始有增加的現象，並在擺盪期脛前肌的表面肌電訊號也有顯著增加 (呂軒瑜，2015)，此現象是為了避免步態擺盪過程 (Swing phase) 足部過度蹠屈 (Plantar flexion) 產生絆倒的保護機制，然而後負重的結果中並無類似現象，也說明了後負重並不會增加脛前肌在擺盪末期 (Terminal swing) 的負荷。

鞋子的重心位置會影響穿鞋舒適度的偏好，此可能是由於重心位置會改變體感重量的辨識能力 (Amazeen, 1997)。在負重鞋偏好測試的研究中 (Chiu & Lin, 2019)，分別讓 50 名男性及 50 名女性穿著五款不同重量分佈之帆布鞋 (圖 2)，透過舒適度感受的成對比較方式 (pairwise comparisons)，發現大部分參與者偏好後負重鞋款 (圖 2 中的鞋 D 或鞋 E)，而且穿著後負重鞋相較於平均負重及前負重會有較輕的體感重量回饋。有趣的是，在重量辨識的測試中，也發現前負重之鞋款較容易被辨識，卻較難分辨平均負重及後負重鞋款在穿戴感知上的差異性 (正確判斷率降低 20~40%)，此可能是由於鞋重心位置對於脛前肌在擺盪期所要承受重力的力矩較小，而產生較輕的體感回饋 (Huang, Deng, & Chiu, 2014)。由以上研究推論，後負重鞋似乎有較佳的穿戴舒適度及使用安全性。



圖 2. 帆布鞋不同負重分布示意圖 (Chiu & Lin, 2019)。

呂軒瑜 (2015) 的研究，透過穿著不同負重分佈之帆布鞋，探討步行過程中對下肢重要肌群（腓腸肌內側頭、脛前肌、股四頭肌、股二頭長頭肌）在表面肌電活化效益之差異性，雖然不同負重分佈在步態過程肌肉活化並無明顯差異性及獨特性，但可發現穿著負重鞋（加重 200g）後，步態擺盪期的下肢肌群在表面肌電訊號皆有明顯的提升，這也表示下肢肌群在步態過程中，為了適應增重負荷，徵招更多運動單元 (Motor unit) 來執行走路動作。當越多動作單元執行特定動作時，可以提升動作電位的傳遞數量與速度，進而達到提升下肢肌力的效果（蔡宗旻、王進華，2007）。日本學者 (Ikenaga et al., 2012) 則是將客製加重 200g 之健走鞋（456.4±87.5 克）介入健康高齡者（年齡:70.6±5.7）的日常生活，探討在長達 12 周的使用後對於步態狀況及下肢肌群組成之影響，結果指出負重鞋的介入改變了高齡者的肌肉組成，顯著增加了大腿肌肉厚度與質量，尤其在股四頭肌提升效果最為明顯；不僅如此，日常步態習慣也有所變化，在步態擺盪期 (Swing phase) 的膝關節角度 (Knee angle) 及身體質心震盪幅度 (COM fluctuation) 皆有顯著的下降。由於鞋重的增加，對於下肢肌群在步行過程中需抵抗較大的慣性矩 ($I = ML^2$)，尤其在步態擺盪期，然而擺盪期最重要的作用肌群就是股四頭肌 (Gottschall & Kram, 2005; Nene, Byrne, & Hermens, 2004)，也因此經過 12 週肌肉活化刺激後，股四頭肌組成結構改變最為明顯。而下肢肌群肌力的提升，連帶改變了步行質心震盪的幅度，此代表步行過程需消耗的能量愈少，且身體愈穩定 (Massaad, Lejeune, & Detrembleur, 2007)。對於高齡者而言，不僅可減緩長距離步行的疲勞問題，並且可降低走路身體不穩定而造成跌倒意外的發生。

從過去負重鞋的研究及應用結果，可以發現負重鞋無論是介入運動訓練或生活日常使用，似乎皆可帶來良好的影響力，但 Ikenaga et al. (2012) 的研究是將重量直接加工在鞋底上，恐影響原本鞋底的特性。而後負重之鞋款，不僅保留了鞋子最原始之性能及舒適度，又能帶來訓練之效果，並且不限制於使用的對象，從一般民眾、運動員、甚至高齡年長者皆能依自己的訓練需求來選擇使用。透過運動鞋作為訓練工具，融入日常生活中使用，就能達到減緩肌肉退化且維持身體機能的效果，尤其對於高齡年長族群，勢必是一項值得推廣且容易

接受的運動方式。

負重鞋在應用性及使用訓練成效上，已由過去許多研究結果一一呈現，然而使用的安全性上，鞋重的增加是否會造成使用者在訓練動作的運動學差異，而產生不可預期的意外發生，則是另一項必須了解的重要議題。尤其是高齡族群的使用，必須特別注意跌倒風險的問題，然而在過去鮮少有研究探討鞋重對跌倒風險之影響。Chiou, Turner, Zwiener, Weaver, & Haskell (2012) 的研究中，招募 27 名消防員（男：14 名；女：13 名），模擬火災實際現場狀況，在身上背上 20 公斤的消防設備，並穿著不同重量的防火靴（男：2.48-3.82 公斤；女：2.05-3.36 公斤），重複在長 12 公尺的走道步行，跨越四個高度分別為 15, 30, 15, 30 公分的障礙物持續 5 分鐘，以了解鞋重對於實際救災跌倒與絆倒發生的風險性，結果發現隨防火靴愈重，在跨越兩種高度 15,30 公分障礙物時，後跨腳足尖跨越高度 (Trail toe clearance) 明顯下降，且由結果推估每增加一公斤將分別降低 4.4 及 2.9 公分，此研究結果認為當消防員在進行消防救災過程，若穿著過重之防火靴，即可能在跨越火場的障礙物時，因後跨腳足尖跨越高度降低造成容易絆倒於火場的意外發生。雖然，先前負重鞋的研究，鞋重量多約 500g，與此篇消防員的防火靴相比之下重量輕許多，不過隨年齡的增長，肌力的退化與消逝也會隨之增加，對於肌力普遍不如年輕人的高齡者而言，或許在下肢末端些微的增重，即有可能影響高齡者在日常動作上的安全性。由於生活中無論是戶外或家中，皆有許多高低不均的障礙物需跨越，如階梯、門欄、障礙物等，此時若過重的足部負荷，可能造成高齡者在跨越動作下出現絆倒的意外發生。高齡者穿著負重鞋訓練是否有此安全性疑慮，乃需未來研究深入探討。

伍、結語

由過去研究可以得知，提升與維持下肢肌力對於高齡者降低跌倒風險是有著極大的相關性。肌力的訓練可以透過許多方式，然而對於高齡者而言是否能接受及維持訓練，便是訓練選擇上的關鍵。由負重鞋過去應用的成效來看，似乎是高齡者在日常步行運動中可以選擇的一項運動輔具，藉由健走或慢跑鞋作為負重訓練的設備，以數個承載重量的負重套筒附加於

足跟支撐架 (heel counter)，並依自行能力更換不同數量之圓柱體金屬法碼，執行不同負重的調整，作為日常外出時穿著，以落實將訓練貼近於生活的理念，想必能讓高齡者有更高的接受度。過去研究發現鞋負重似乎可有效改善大腿的肌肉厚度及質量，提升高齡者的肌肉適能，不過對於高齡族群在應用負重鞋作為日常訓練工具上，不論是訓練效果及使用上之安全性皆需要更嚴謹的研究證實。

未來研究上可探討高齡者在穿著不同加重之運動鞋，跨越生活常見之障礙物時，對跨越動作運動學之差異性，以利分析負重之重量對日常使用安全性及絆倒風險性的影響。並且針對不同負重狀態下，在步行過程中下肢表面肌電活化之效果，或著地的撞擊力峰值等，藉此找出對於高齡者最佳負重訓練初始重量，不僅能具有使用訓練成效，又可避免對使用時絆倒風險的增加，並在長時間使用後能依照自己能力，進行漸進式的重量調整，讓未來推廣負重鞋於高齡族群使用時，能提高其更佳的訓練效益及安全性。此外，也可針對不同足部負重方式，如負重於踝關節上方與鞋子後跟之比較等，檢視更適合高齡者的足部負重訓練方式。

引用文獻

- 呂軒瑜(2015)。不同重量及分布之負重鞋對走路步態週期下肢肌電的影響。碩士論文。國立成功大學。取自 <https://hdl.handle.net/11296/d9yhfg>。
- 林銀秋(2003)。健康老年人的跌倒危機—骨骼肌肉系統及步態分析之討論。中華體育季刊，17(3)，70-74。doi:10.6223/qcpe.1703.200309.2309。
- 洪鈴雅、張家豪、蔡虔祿(2013)。運動訓練對老年人跌倒風險之探討。健康生活與成功老化學刊，5(1)，28-36。doi:10.29775/JHLSA。
- 教育部體育署(2018)。運動現況調查報告書。臺北市。
- 陳偉瑀(2007)。運動的好處。學校體育，(98)，29-35，doi:10.29937/PES.200702.0006。
- 蔡佳良、吳昇光(2003)。認知對老人姿勢控制和跌倒的影響。大專體育，68，172-177。
- 蔡宗晏、王進華(2007)。淺談肌電圖在運動科學中的應用。大專體育，90，155-159。doi：10.6162/SRR.2007.90.25。
- 鄧蓓蓓(2013)。足部負重大小與分佈對跑步著地策略與地面撞擊力的影響。碩士論文。國立

成功大學。

- Amazeen, E. L. (1997). The effects of volume on perceived heaviness by dynamic touch: With and without vision. *Ecological Psychology*, 9(4), 245-263. doi:10.1207/s15326969eco0904_1
- Barrett, R., Mills, P., & Begg, R. (2010). A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. *Gait & Posture*, 32(4), 429-435. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.07.010
- Cao, Z.-B., Maeda, A., Shima, N., Kurata, H., & Nishizono, H. (2007). The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(3), 325-332. doi:10.2114/jpa2.26.325
- Chen, H.-C., Ashton-Miller, J. A., Alexander, N. B., & Schultz, A. B. (1991). Stepping over obstacles: gait patterns of healthy young and old adults. *Journal of Gerontology*, 46(6), M196-M203. doi:10.1093/geronj/46.6.M196
- Chiou, S. S., Turner, N., Zwiener, J., Weaver, D. L., & Haskell, W. E. (2012). Effect of boot weight and sole flexibility on gait and physiological responses of firefighters in stepping over obstacles. *Human Factors*, 54(3), 373-386. doi:10.1177/0018720811433464
- Chiu, H.-T., & Lin, H.-H. (2019). A preference test on shoes with varied distributions of masses. *Footwear Science*, 1-9. doi:10.1080/19424280.2019.1669077
- Di Fabio, R. P., Kurszewski, W. M., Jorgenson, E. E., & Kunz, R. C. (2004). Footlift Asymmetry During Obstacle Avoidance in High-Risk Elderly. *Journal of The American Geriatrics Society*, 52(12), 2088-2093. doi:10.1111/j.1532-5415.2004.52569.x
- Fiatarone, M. A., & Evans, W. J. (1993). The Etiology and Reversibility of Muscle Dysfunction in the Aged. *Journal of Gerontology*, 48(Special_Issue), 77-83. doi:10.1093/geronj/48.Special_Issue.77
- Galna, B., Peters, A., Murphy, A. T., & Morris, M. E. (2009). Obstacle crossing deficits in older

adults: a systematic review. *Gait & Posture*, 30(3), 270-275.

doi:10.1016/j.gaitpost.2009.05.022

Gottschall, J. S., & Kram, R. (2005). Energy cost and muscular activity required for leg swing during walking. *Journal of Applied Physiology*, 99(1), 23-30.

doi:10.1152/jappphysiol.01190.2004

Grisso, J. A., Schwarz, D. F., Wishner, A. R., Weene, B., Holmes, J. H., & Sutton, R. L. (1990).

Injuries in an elderly inner-city population. *Journal of the American Geriatrics Society*, 38(12), 1326-1331. doi:10.1111/j.1532-5415.1990.tb03456.x

Hahn, M. E., & Chou, L.-S. (2004). Age-related reduction in sagittal plane center of mass motion during obstacle crossing. *Journal of Biomechanics*, 37(6), 837-844.

doi:10.1016/j.jbiomech.2003.11.010

Horlings, C. G., Van Engelen, B. G., Allum, J. H., & Bloem, B. R. (2008). A weak balance: the contribution of muscle weakness to postural instability and falls. *Nature Reviews Neurology*, 4(9), 504. doi:10.1038/ncpneuro0886

Huang, Y.Z., Deng, P.P., & Chiu, H.T. (2014, July). Different preference of the weighted shoes between the female and male subjects. Poster presented in 7th World Congress of Biomechanics, Boston, USA. Retrieved from <http://wcb2014.com/SpecialTopic.pdf>

Ikenaga, M., Yamada, Y., Mihara, R., Yoshida, T., Fujii, K., Morimura, K., . . . Kiyonaga, A. (2012). Effects of slightly-weighted shoe intervention on lower limb muscle mass and gait patterns in the elderly. *Japanese Journal of Physical Fitness Sports Medicine*, 61(5), 469-477.

doi:10.7600/jspfsm.61.469

Jones CJ., & Rose DJ. (2005). Physical activity instruction of older adults. Champaign, IL: Human Kinetics.

King, A. C., Pruitt, L. A., Phillips, W., Oka, R., Rodenburg, A., & Haskell, W. L. (2000).

Comparative effects of two physical activity programs on measured and perceived physical

- functioning and other health-related quality of life outcomes in older adults. *The Journals of Gerontology: Series A: Biological Sciences Medical Sciences*. doi:10.1093/gerona/55.2.M74
- Kulinski, K., DiCocco, C., Skowronski, S., & Sprowls, P. (2017). Advancing community-based falls prevention programs for older adults—the work of the Administration for Community Living/Administration on Aging. *Frontiers in Public Health*, 5, 4.
doi:10.3389/fpubh.2017.00004
- Lamoureux, E., Sparrow, W. A., Murphy, A., & Newton, R. U. (2003). The effects of improved strength on obstacle negotiation in community-living older adults. *Gait & Posture*, 17(3), 273-283. doi:10.1016/S0966-6362(02)00101-7
- Lowrey, C. R., Watson, A., & Vallis, L. A. (2007). Age-related changes in avoidance strategies when negotiating single and multiple obstacles. *Experimental Brain Research*, 182(3), 289-299.
doi:10.1007/s00221-007-0986-0
- Massaad, F., Lejeune, T. M., & Detrembleur, C. (2007). The up and down bobbing of human walking: a compromise between muscle work and efficiency. *The Journal of Physiology*, 582(2), 789-799. doi:10.1113/jphysiol.2007.127969
- Nene, A., Byrne, C., & Hermens, H. (2004). Is rectus femoris really a part of quadriceps?: Assessment of rectus femoris function during gait in able-bodied adults. *Gait & Posture*, 20(1), 1-13. doi:10.1016/S0966-6362(03)00074-2
- Okubo, Y., Osuka, Y., Jung, S., Rafael, F., Tsujimoto, T., Aiba, T., . . . Tanaka, K. (2016). Walking can be more effective than balance training in fall prevention among community-dwelling older adults. *Geriatrics Gerontology International*, 16(1), 118-125. doi:10.1111/ggi.12444
- Palvanen, M., Kannus, P., Parkkari, J., Pitkälä, T., Pasanen, M., Vuori, I., & Järvinen, M. (2000). The injury mechanisms of osteoporotic upper extremity fractures among older adults: a controlled study of 287 consecutive patients and their 108 controls. *Osteoporosis International*, 11(10), 822-831. doi:10.1007/s0019800700

- Pan, H.-F., Hsu, H.-C., Chang, W.-N., Renn, J.-H., & Wu, H.-W. (2016). Strategies for obstacle crossing in older adults with high and low risk of falling. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(5), 1614-1620. doi:10.1589/jpts.28.1614
- Persch, L. N., Ugrinowitsch, C., Pereira, G., & Rodacki, A. L. (2009). Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. *Clinical Biomechanics*, 24(10), 819-825. doi:10.1016/j.clinbiomech.2009.07.012
- Robinovitch, S. N., Feldman, F., Yang, Y., Schonnop, R., Leung, P. M., Sarraf, T., . . . Loughin, M. (2013). Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: an observational study. *The Lancet*, 381(9860), 47-54. doi:10.1016/S0140-6736(12)61263-X
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *New England Journal of Medicine*, 319(26), 1701-1707. doi:10.1056/NEJM198812293192604
- Yoo, E. J., Jun, T. W., & Hawkins, S. A. (2010). The effects of a walking exercise program on fall-related fitness, bone metabolism, and fall-related psychological factors in elderly women. *Research in Sports Medicine*, 18(4), 236-250. doi:10.1080/15438627.2010.510098

Feasibility of wearing weighted-shoes to improve the lower extremity muscle strength of the elderly

Yu-Yen Chen,

Institute of Physical Education, Health and Leisure studies,
National Cheng Kung University

Hung-Ta Chiu,

Institute of Physical Education, Health and Leisure studies,
National Cheng Kung University

Abstract

The aging impact had been a major considerable issue in Taiwan, aging has extended many health-related problems, so prevention of falls is an important issue for everyone. The importance of improving lower limb strength had been indicated as an important factor for preventing the risk of falls in the elderly. Nowadays, there are many different kinds of exercise training to maintain muscle strength. However, there is still safety and convenience issue need to be considered during the customized training program in the elderly. Thus, walking became the most acceptable and popular daily exercise among elder adult. Under the premise of application safety, adjustable weighted-shoes as a training device to enhance their lower limb strength and implemented the concept of integrating training into daily basis. By this training concept, improved lower extremity muscle activation, which may maintain muscle strength or even became stronger for decreasing the incidence of falls. In summary, the adjustable weighted-shoe as a training device could be a new acceptable training method and achieved the goal of successful aging for the elderly.

Key words: The elderly 、 risk of fall 、 walking exercise 、 weighted-shoe