

年長族群之阻力訓練器材選擇依據 The recommendation of choosing optimal resistance training equipments for older adults

¹戴一涵 I-Han Tai ²謝振芳 Chen-Fang Hsieh ²相子元 Tzyy-Yuang Shiang*

¹國立臺灣師範大學體育學系研究所 Department of Physical education National Taiwan Normal University

²國立臺灣師範大學運動競技學系 Graduate Institute of Exercise and Sport Science, Department of Athletic Performance, National Taiwan Normal University*

投稿日期：2015 年 03 月；通過日期：2015 年 06 月

摘 要

前言：阻力訓練器材的阻力來源有很多種，各種阻力的運用方式、動作性質與訓練效果也各不相同，至於何種阻力來源較適合年長族群使用仍未有統一的結論，因此，本研究希望藉由實驗測試來了解四種不同阻力訓練器材在使用時的肌電訊號、發力率等動作特性，藉以評斷較適合年長族群使用之阻力訓練器材。**方法：**受試者為 15 名一般健康之年輕人，且六個月內無上下肢運動傷害者，實際執行不同形式器材包括肘關節彎曲、肩關節內收、膝關節曲屈及伸直等動作，擷取肌電及力量參數後，進行分析比較，此外，以問卷方式訪查 30 名年長者對於不同阻力源的訓練器材的使用經驗及感受，用以提供適合年長族群使用之決策依據。**結果：**鉛塊、慣性輪、油壓式與彈力繩式阻力訓練器材發力率表現皆與預期負重程度呈正相關；0-200 ms 間的發力率與該區間內肌肉活化程度多呈正相關，而油壓式阻力訓練器材無相關性存在。問卷調查以油壓式阻力訓練器材獲得最高評分，有較佳的舒適度也較容易為年長族群使用。**結論與建議：**綜觀年長族群所需之阻力訓練器材，著重的是在於安全性以及對於爆發力的訓練成果，針對年長族群的阻力訓練，油壓式阻力訓練器材為較安全且有效率的訓練器材。

關鍵字：油壓、慣性輪、彈力繩、肌電訊號、發力率

壹、緒論

不同種類阻力源所使用的訓練方式與動作性質均不相同，即便了解各種阻力源的訓練效果後，仍然無法確認究竟何種形式的訓練阻力源較適合年長族群使用，因此，為求得較客觀之比較數據，必須先蒐集、了解各種阻力訓練器材之特性並以實驗加以證實及分析後，希望能藉此決定出適合年長族群所使用之阻力訓練器材。

人體肌肉型態隨著年齡增長而改變，其肌肉功能也隨之減弱，而老化過程中肌肉力量流失的情形比肌肉型態改變來的更為顯著，因此力量流失大幅地降低了年長族群其肌肉的表現(Vandervoort & McComas, 1986)。針對肌肉表現的部分，有研究指出年長族群老化的現象顯著與最大等長收縮肌力表現有關(Janssen et al., 2002)。肌力是年長族群日常生活活動表現的重要因子之一，在最大肌肉力量退化會使年長族群的行動衰退(彭千華、劉宇，2005)，其中肌肉爆發力在肌

肉表現上也扮演著重要的角色，爆發力的優劣會顯著影響老人行動力和快速反應完成動作的能力，且比最大肌力更能有效預測日常生活活動表現的困難度(Suetta et al., 2007)，如跌倒前的反應動作即為一個快速反應動作的例子，反應動作需在有效時間內產生力量，動作時間約 50-200 ms，故爆發力在肌肉功能的評估，為一重要指標(Suetta et al., 2007)。另外也有文獻指出年長族群的肌肉爆發力下降程度比最大等長收縮肌力下降程度更大(Metter, Conwit, Tobin, & Fozard, 1997)，所以對年長族群而言，應多著重在與爆發力相關的檢測或相關的阻力訓練。

傳統鉛塊機械式阻力訓練器材具有普遍性高以及學術研究豐富等便利性，過去文獻(Latham et al., 2004)指出針對年長族群進行高強度(80% 1RM)或長時間(大於 12 週)的傳統鉛塊式阻力訓練，能有效增進腿部肌群爆發力；另外，也有其他文獻(Granacher et

*通訊作者：相子元 Email：tyshiang@gmail.com

地址：(116)台北市文山區汀洲四路 88 號

al., 2012)表示低強度、高速度的動作更能增進下肢肌力及爆發力的表現;至於功能性表現方面,有文獻 (De Vos et al., 2005) 則是建議以低強度(20% 1RM)的訓練影響較中、高強度(50%、80% 1RM)佳。過去文獻 (Hruda et al., 2003) 指出年長族群功能性表現不佳,可能與肌肉的向心、離心收縮產生力量的協調性有關,而慣性輪式阻力訓練由於其動作的特殊性,在動作開始時須先克服靜止的慣性輪以完成向心期動作,而在離心期時,又因為需要克服先前產生之轉動慣量而需徵召更大量的肌肉 (Berg et al., 1998),而達到離心收縮的訓練,並且可以增進日常生活功能性表現 (Pearson et al., 2006)。油壓式阻力訓練器材特性主要為向心-向心收縮,動作過程中可以讓使用者達到最大的努力。Katch 等人(1985)指出,油壓式阻力訓練的過程中,使用者心跳可以達到最大運動心跳的 84%,且運動完的一分鐘的攝氧量甚至比運動進行中還高,也有文獻 (Wicks et al., 1983) 表示將油壓式阻力訓練器材提供給受傷後的優秀運動員使用,效果不單最大攝氧量可以明顯增加,上肢力量值也顯著增強。此外,彈力繩式的阻力訓練器材是一種常見的阻力訓練的工具 (Mikesky et al., 1994),其優點有價格便宜、使用及攜帶方便、活動性大及不須依賴重力為阻力等,該文獻更指出經訓練後可有效增強膝關節伸直、曲屈之等速離心收縮肌力,另外有文獻 (Cyarto et al., 2008) 指出下半身柔軟度、動態平衡以及下肢肌力等經由彈力繩訓練亦也可以有所增強。

整體而言,不同種類阻力運用於訓練的方式與動作性質甚異,在各種運動領域均有不同訓練方式與訓練後表現不同的效果(王宇涵、彭賢德, 2014; 陳宗榮等人, 2012; 邱敏舜、鴻宗穎、龔榮堂、湯文慈, 2012; 戴一涵、張恩崇、謝振芳、陳玫伶、相子元, 2013)。然而,即便了解各種阻力源的訓練效果後,仍無法確認究竟何種形式之阻力源較適合年長族群使用,而且也未能在過去文獻中獲得結論,因此,為求得較客觀之比較數據,本研究以最大自主完成負荷為強度基準,遞減算出中、低強度加以比較,希望以不同強度的比較能夠辨識出何種阻力源的阻力訓練器材較適合年長族群來使用,而基於安全的考量,本研究第一部份先招募年輕族群進行不同運動強度測試實驗,第二部分以問卷調查的方式,調查 30 位年長族群對於不同阻力源的使用經驗與使用感受。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究第一部分共招募 15 位一般健康男性為實驗受試者,六個月內無上下肢肌肉骨骼系統疾病,受試者基本資料如表一所示,所有實驗受試者均在實驗進行前了解實驗目的、流程以及施測方法。本研究目的希望透過不同強度的比較能夠辨識何種阻力源的阻力訓練器材較適合年長族群來使用,但年長族群並不適合在本次預先實驗中當實驗受試對象,本研究在預先實驗中確立不同阻力訓練對於人體肌肉表現的影響,及確立施作力量的範圍後,再請年長族群的實驗受試對象來進行後續驗證的動作較為適宜。

第二部分進行問卷訪查,本研究以 30 位年長族群為問卷訪查對象,訪查對象的納入條件為:(一)有使用不同阻力訓練器材的相關經驗者,且使用過程中無不適現象;(二)平常有從事運動而無身體不適者。

表一、受試者基本資料

| 第一部分 | 年齡(歲) | 身高(公分) | 體重(公斤) |
|------|-------|--------|--------|
| 平均 | 25.29 | 177.29 | 73.86 |
| 標準差 | 0.76 | 7.83 | 8.59 |
| 第二部分 | 年齡(歲) | 身高(公分) | 體重(公斤) |
| 平均 | 68.92 | 153.44 | 60.71 |
| 標準差 | 2.93 | 4.61 | 8.65 |

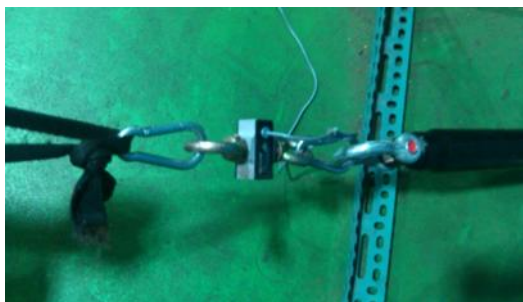
二、研究器材

(一) 自製複合式阻力源供應機台

本機台主要是提供一個不同阻力源的自製機台,該裝置將傳統鉛塊、慣性輪、油壓以及彈力繩固定於同一水平位置,使用時僅需將操作把手安裝於阻力源上,即可開始動作。



圖一、複合式阻力源供應機台(以慣性輪為例)



圖二、力量感應器設置方式

(二) 肌電訊號擷取系統 (Biopac MP150)

實驗中以 Biopac MP150 針對個別機台所訓練的肌群收取肌電訊號，分析在運動過程中肌肉的活化狀況，並進行徒手測試實驗參與者最大自主等長收縮 (Maximal Voluntary Isometric Contraction, MVIC)，以標準化肌電訊號。

(三) 力量感應器 (Loadcell Sensor)

實驗過程中使用力量感應器，裝置在握把纜線處，收取受試者動作過程中的力量值。

參、實驗方法

本研究依其訓練特性區別訓練強度，傳統鉛塊機械式阻力訓練器材之高、中、低強度分別定為 1RM、66% 1RM 以及 33% 1RM；慣性輪式阻力訓練器材之高、中、低強度分別定為最大自主完成速度(慣性轉盤上裝有轉速表)、66% 最大自主完成速度以及 33% 最大自主完成速度；油壓式阻力訓練器材之高、中、低強度分別定為同一油壓泵之 1.2.3 不同刻度下之最大自主完成速度，刻度越大，移動速度將越慢；彈力繩式阻力訓練器材之高、中、低強度分別定為最大自主負荷之彈力、66% 最大自主負荷彈力以及 33% 最大自主負荷彈力。在測試動作方面，將傳統鉛塊、慣性輪、油壓及彈力繩四種阻力源之實驗機台分為上肢和下肢兩類動作，分別收集上肢(肱二頭肌、胸大肌)、下肢(股直肌、股二頭肌)動作中的肌電訊號及發力率等資料進行分析。年長族群的訓練目的，首重“爆發力”的表現，故以發力率做為本實驗的主要比較項目。

一、上肢

於手肘及肩部關節活動處安裝電子量角器，以辨別受試者手肘彎曲、肩關節內收等動作之分期，並於機台纜繩處安裝力量傳感器，用以測量受試者對訓練機台所施予的力量，並且收取肱二頭肌及胸大肌共 2 塊肌群的肌電訊號。在進行前先收取各肌群的最大肌

力，作為分析資料時標準化的依據，接著以強度低、中、高三種不同負荷分別進行機台之上肢動作，收取單次完整動作的資料進行分析，並依照平衡次序法進行實驗，過程中每次動作間皆有 1 分鐘之休息，以避免疲勞發生。

二、下肢

在膝關節活動處安裝電子量角器，以辨別受試者膝關節曲屈、伸直之分期，並於機台纜繩處安裝力量傳感器，用以測量受試者對訓練機台所施予的力量，並且收取股直肌及股二頭肌共 2 塊肌群的肌電訊號。在進行前先收取各肌群的最大肌力，作為分析資料時標準化的依據，接著以強度低、中、高三種不同負荷分別進行機台之下肢動作，收取單次完整動作的資料進行分析，並依照平衡次序法進行實驗，過程中每次動作間皆有 1 分鐘之休息，以避免疲勞的發生。

另外，第二部分進行問卷訪查，問卷的進行是在藉由 30 位環狀油壓健身運動的學員，訪查對象均有各種阻力器材使用的經驗。問卷評分表內容分四大項，分別為整體感覺、舒適度、出力情形及效果，每個項目以四個評分等級進行勾選，詳細內容如表二，依照學員使用經驗評比不同器材間的使用狀況，過去使用經驗的整體感覺，不同阻力源間使用上的舒適度、施力情況是否順手，以及操作的本體使用效果，讓受測者勾選評比。評分方式，一個等級為 25 分，最高 100 分，最低 0 分，四個大項的總分再進行平均，為最後之平均分數。

三、數據處理：

(一) 動作分期：

依照測試動作會使肌肉產生向心、離心收縮，對照到不同的動作形式可分為曲屈和伸展、外展和內收。本實驗電子量角器放置在手肘、肩部以及膝蓋等關節活動位置上，依角度變化的訊號來分辨動作的週期。

(二) 肌電訊號：

肌電訊號擷取頻率設定為 1000 Hz，並由 AcqKnowledge 3.8.1 分析軟體將原始資料做 20~500 Hz 的帶通濾波 (Band Pass Filter) 處理，進行全波整流 (Full Wave Rectification)，最後以截止頻率為 10 Hz 的低通率波 (Low Pass Filter) 作平滑處理，求得肌電訊號的線性封包 (Linear Envelope)，之後進行均方根運算程序，得到均方根肌電 (RMS-EMG)，除以時間後再與最大自主等長收縮 (Maximal Voluntary Isometric Contractions, MVIC) 的均方根肌電進行標準化，可得肌肉活化均方根肌電值(%)。結果將以目標四

條肌肉表現之平均值總和呈現，用以代表在不同阻力源間的肌肉整體活化表現。

(三) 力量參數：

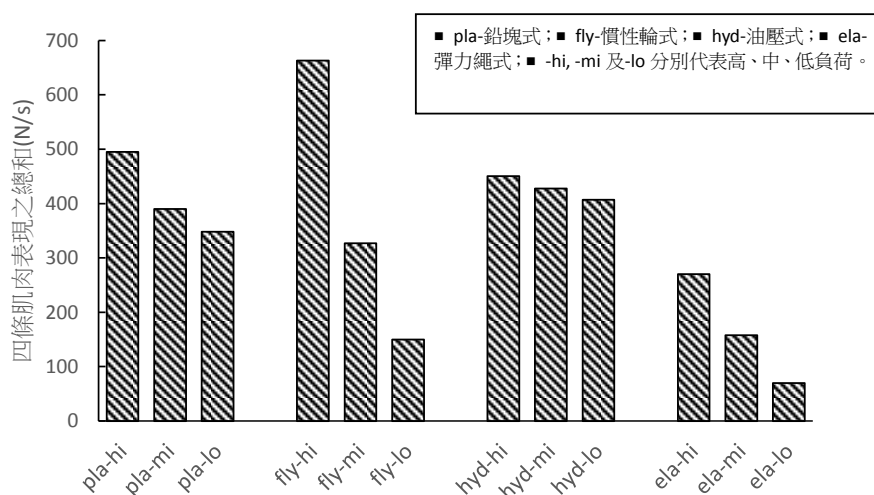
力量訊號擷取頻率 1000 Hz，並由 AcqKnowledge 3.8.1 分析軟體處理原始資料，分析動作開始的 0-200 ms 發力率值(牛頓/秒)。

肆、結果與討論

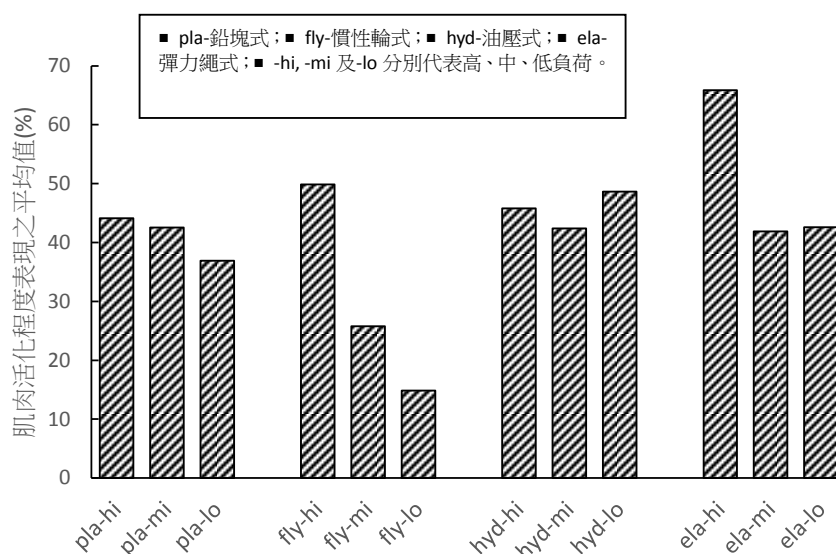
圖一顯示四種不同阻力源在高、中、低負荷情況下發力率的整體肌肉表現結果。圖二則顯示四種不同阻力源在高、中、低負荷情況下整體肌肉活化表現結果。表三為 30 名老年人針對使用過不同阻力源之阻力

訓練器材後感受及反應結果。

根據圖一結果可以看出，四種訓練器材發力率表現均與預期負重程度呈正相關，再對照於圖二，可以發現在 0-200 ms 間的發力率與該區間內肌肉活化程度多呈正相關，僅有油壓式訓練器材的活化程度結果與其他三項器材不同，造成不同現象的原因可能為油壓泵產生之瞬間阻力大，導致發力率極值發生時間點前移，操作者無法持續用力造成的現象，動作的加速期已過，導致該階段已完成大量的肌肉單元徵召所致，若要達到同樣的發力率訓練表現，必須增加其負荷方能達到目的。



圖三、各阻力源在不同程度負荷下之發力率表現，此結果為目標四條肌肉表現之總和，用以代表在不同阻力源間的肌肉整體發力率表現



圖四、各阻力源在不同程度負荷下 0-200 ms 內之肌肉活化程度表現，此結果為目標四條肌肉表現之平均值，用以代表在不同阻力源間的整體肌肉活化程度率表現。

第二部份利用年長族群問卷調查的結果進行評分，針對整體感覺、舒適度、出力情形以及效果進行評比，綜合結果以油壓式阻力訓練器材為最高分數組別，之後依序為彈力繩式、傳統鉛塊式、慣性輪式，其中，油壓式阻力訓練器材在使用感覺、舒適度與出力情況均為該項目的最高分數組別，尤其在舒適度項目所獲得的分數(91.75 分)明顯高於其他三組，表示油壓式阻力訓練器材不僅適合年長族群來操作、使用，也不會有其他訓練器材在使用後的不舒適感，以評分結果來評定四項不同阻力訓練器材，油壓式為最合適年長者使用的訓練組別。

表二、問卷評分結果

| | 鉛塊式 | 慣性輪式 | 油壓式 | 彈力繩式 |
|---------|------|------|-------|-------|
| 整體感覺(分) | 75 | 65 | 87.25 | 83.25 |
| 舒適度(分) | 75 | 65 | 91.75 | 62.5 |
| 出力情形(分) | 75 | 70 | 77.5 | 66.75 |
| 效果(分) | 62.5 | 70 | 77.5 | 83.5 |
| 平均(分) | 71.9 | 67.5 | 83.5 | 74 |

隨著高齡化社會來臨以及預防勝於治療的觀念確證，關於年長族群危險預防因子備受矚目，經文獻證明，阻力訓練不單僅適用於運動選手及年輕族群，更應該推廣至年長族群，因此，設計出安全且合適的阻力訓練器材將是最重要的根本。本研究分析市面常見的四種阻力來源動作特性，並配合年長族群問卷調查結果，比較出最恰當之訓練器材，期能對將來年長族群阻力訓練器材之設計，提供更完善的選擇建議。

綜觀年長者所需之阻力訓練器材，著重的是在於安全性以及對於爆發力的訓練成果，慣性輪式阻力訓練器材雖然在發力率以及肌肉活化訊號表現皆不錯，然而其在高速向心收縮後緊接而來的離心收縮，往往產生更高強度的拉扯力量，縱使過去文獻表示該結果對於許多表現是有助益，然而未經過完整學習後並無法準確掌握動作要領前，相較其他器材是較容易導致運動傷害；彈力繩式阻力訓練器材在高中低強度下，發力率表現均不盡理想，故相較之下也不適合運用於老年人訓練爆發力方面；最終，鉛塊式阻力訓練器材與油壓式訓練器材，此兩者均有普及性高的優點，在發力率表現亦相差不大，然而，在運動過程中可發現，為了追求更大程度的訓練，鉛塊式阻力器材必須不斷堆疊重量，此一舉動可能造成不必要受傷之風險，相

較於油壓式訓練器材，僅需調整油壓阻力環增加運動速度，即可安全達到目的。

伍、結論與建議

根據本研究結果及討論，針對年長族群的阻力訓練，油壓式阻力訓練器材為較安全且有效率的訓練器材，油壓式的綜合評分也為最高分數的組別，較為年長族群所接受，年長族群利用油壓式阻力訓練器材能夠以慢速度達到高強度的運動效果，且以舒適的狀態達到確實訓練的效果，同時兼顧安全與使用的舒適，也不失年長族群必須的爆發力訓練，所以整體來說，油壓式阻力式訓練器材為四項器材中最適合年長族群使用之阻力訓練器材。

陸、參考文獻

- 王宇涵、彭賢德 (2014)。不同阻力與加壓負荷對神經肌肉功能的影響。《運動表現期刊》，1(1)，15-19。
- 邱敏舜、鴻宗穎、龔榮堂、湯文慈 (2012)。四週上肢肌力訓練對大專甲組棒球員等速肌力與揮棒速度之影響。《華人運動生物力學期刊》，7，172-175。
- 陳宗榮、王宇涵、翁明嘉、李鴻棋、李清祺、王敏憲、余清芳、彭賢德 (2012)。比較增強式訓練與阻力訓練對垂直跳表現之立即性影響。《華人運動生物力學期刊》，7，206-201。
- 彭千華、劉宇 (2005)。老年人肌力流失與肌肉疲勞的肌電圖與肌動圖研究 (未出版碩士論文)。中國文化大學運動教練研究所，台北市。
- 戴一涵、張恩崇、謝振芳、陳玫伶、相子元 (2013)。慣性式與槓片式肌力訓練器材動力學表現比較。《華人運動生物力學期刊》，9，18-23。
- Berg, H.E., Tesch, P.A., (1998). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta Astronautica*, 42(1-8), 219-230.
- Cyarto, E. V., Brown, W. J., Marshall, A. L., & Trost, S. G. (2008). Comparison of the effects of a homebased and group-based resistance training program on functional ability in older adults. *American Journal of Health Promotion*, 23(1), 13-17
- De Vos N. J., N. A. Singh, D. A. Ross, T. M. Stavrinou, R. Orr, and M. A. F. Singh (2005). Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *The Journals of*

- Gerontology Series A*, vol. 60, no. 5, 638-647.
- Granacher, M., Gruber, and A. Gollhofer (2010). Force production capacity and functional reflex activity in young and elderly men. *Aging Clinical and Experimental Research*, vol. 22, no. 5-6, 374-382.
- Hruda, K.V., Hicks, A.L., McCartney, N., 2003. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 178-189.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., & Ross, R. (2002). Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of The American Geriatrics Society*, 50(5), 889-896.
- Jette, A. M., Harris, B. A., Sleeper, L., Lachman, M. E., Heislein, D., Giorgetti, M., et al. (1996). A homebased exercise program for nondisabled older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(6), 644-649
- Katch, F., Freedson, p., & Jones, C. (1985). Evaluation of acute cardiorespiratory responses to hydraulic resistance exercise. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 17 (1), 168-173
- Latham, N. K., Bennett, D. A., Stretton, C. M., & C.S. Anderson (2004). Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *The Journals of Gerontology Series A*, 59(1), 48-61.
- Metter, E. J., Conwit, R., Tobin, J., & Fozard, J. L. (1997). Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 52(5), 267-276.
- Mikesky, A. E., Topp, R., Wigglesworth, J. K., Harsha, D. M., & Edwards, J. E. (1994). Efficacy of a homebased training program for older adults using elastic tubing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 69(4), 316-320.
- Muehlbauer, T., Granacher, U., & Gruber, M. (2012). A Qualitative Review of Balance and Strength Performance in Healthy Older Adults: Impact for Testing and Training. *Journal of Aging Research Volume 2012*, Article ID 708905, 16 pages doi:10.1155/2012/708905.
- Pearson, S.J., Onambele, G.N., (2006). Influence of time of day on tendon compliance and estimations of voluntary activation levels. *Muscle Nerve*, 33(6), 792-800.
- Suetta, C., Aagaard, P., Magnusson, S., Andersen, L., Sipila, S., Rosted, A., Kjaer, M. (2007). Muscle size, neuromuscular activation, and rapid force characteristics in elderly men and women: Effects of unilateral long-term disuse due to hip-osteoarthritis. *Journal of Applied Physiology*, 102(3), 942-948.
- Vandervoort, A. A., & McComas, A. J. (1986). Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *Journal of Applied Physiology*, 61(1), 361-367.
- Wicks, J., Oldridge, N., Cameron, B., & Jones, N. (1983). Arm cranking and wheelchair ergometry in elite spinal cord-injured athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 15(3), 224-231.