

急性阻力運動後不同型態滾筒介入對肌肉與血管硬度變化之初探研究

黃袖舒¹、林信甫^{12*}

摘要

目的：探討高強度阻力運動過後，使用一般滾筒與震動滾筒對於血管與肌肉硬度之影響。
方法：10名大學生參與此重複量數設計之實驗，在90% one repetition maximum (1RM) × 5次反覆 × 3組下肢斜上推舉後，立即使用一般滾筒或震動滾筒放鬆「右腿」前側三分鐘，於運動前、放鬆後立即測量雙腿肌肉與血管硬度。**結果：**不論是一般滾筒組或震動滾筒組，在肌肉硬度指標上無顯著差異。在血管功能變化方面，兩組的肱踝指數和肘動脈收縮壓前後皆達顯著差異，在肱踝脈波傳導速度、踝動脈血壓則無顯著差異。**結論：**本次研究發現兩種類型滾筒皆無放鬆肌肉和血管硬度之效果。

關鍵詞：血管功能、關節活動度、放鬆

Effects of Different Types of Foam Roller Intervention on Muscular and Vascular Stiffness After an Acute Bout of Resistance Exercise: A Pilot Study

Shiou-Shu Huang¹, Hsin-Fu Lin^{12*}

Abstract

Purpose: The aim of this study was to investigate the effects of vibration and non-vibration foam roller on vascular and muscular stiffness after an acute bout of high-intensity resistance training.
Methods: Ten college students volunteered to participate in this repeated-measures designed study. All participants performed 3 sets × 5 reps at 90% one repetition maximum (1RM) with leg press machine. After exercise, participants used vibration or non-vibration foam roller to massage right quadriceps immediately with a randomized order. Muscle (elastography) and vascular (brachial-ankle pulse wave velocity, ankle-brachial index) stiffness were measured in both legs before and after exercise. **Results:** Regardless of the types of foam roller, there was no significant difference in muscular stiffness index. For vascular function, ankle-brachial index and brachial systolic blood pressure significantly increased after exercise in both groups; however, there was no group and time difference on vascular parameter changes. **Conclusion:** We concluded that immediate intervention of foam roller after exercise did not appear to affect muscular and vascular stiffness.

Keywords: vascular function, joint mobility, relaxing

Submitted for publication: May 3, 2018; Accepted for publication: November 27, 2018

1 國立臺灣大學運動設施與健康管理碩士學位學程；Masters in Sport Facility Management and Health Promotion, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

2 國立臺灣大學體育室；The Athletic Department, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

* Corresponding author: 林信甫 E-mail: hsinfu@ntu.edu.tw

壹、問題背景

進行高強度阻力訓練可以增加肌肉量、提升肌肉力量等生理適應效益 (Fiatarone et al., 1990)，但同時也導致血壓、血管硬度上升等負面效應 (DeVan et al., 2005; Miyachi, 2013; Miyachi et al., 2004; Okamoto, Masuhara, & Ikuta, 2006, 2014)。血管硬度為目前預測心血管疾病的臨床指標之一，當血管硬度越高，罹患心血管相關疾病的風險便越高 (McEniery et al., 2006)；除此之外，阻力訓練過程中肌肉反覆收縮，肌肉硬度增加，使得關節活動度受限、易產生運動傷害 (Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have, & Cambier, 2003)，進一步可能增加循環周邊阻力，使得血壓上升。因此如何在阻力訓練後，減少這些負面效應成為重要的研究方向，而運動後使用震動介入為可能的策略之一。

而在阻力訓練過程中加入全身性震動，能顯著降低受試者的血壓與血管硬度，減少阻力訓練對血管的影響 (Figuerola, Kalfon, & Wong, 2015; Zeigler & Swan, 2016)。同時，震動對於肌肉骨骼組織來說是強烈的刺激，身體需要快速調節肌肉硬度、放鬆肌肉，以適應震動波 (Cardinale & Bosco, 2003)。震動還可以刺激較多運動神經元的活性，進而增加神經和肌肉的連結 (Bosco et al., 1999)，除了可以增進肌肉力量、爆發力以外，也能有效改善肌肉柔軟度和關節活動度 (Enrique, 2015)，然而過往較少研究提及局部震動對血管、肌肉的影響。

除此之外，滾筒亦是有效放鬆肌肉與減緩血管硬度的工具。除了能放鬆肌肉 (陳美足, 2017) 外，也能增加關節活動度 (de Souza et al., 2017; Monteiro, Vigotsky, Novaes, & Skarabot, 2018)、肌力、關節本體感覺 (Lee, Chu, Lyu, Chang, & Chang, 2018)，不過亦有研究顯示滾筒的使用效果並不明顯 (周峻永, 2016)。基於震動和滾筒各有其生理效益，因此結合震動功能的滾筒設計也開始被廣為使用，如最新研究 (Lee et al., 2018) 發現，運動前利用震動滾筒進行熱身，較單純靜

態伸展處理或一般滾筒介入，對於關節本體感覺的影響較小，並顯著可以有效放鬆肌肉，增加膝蓋關節活動度，因此震動滾筒對於放鬆肌肉、進而增加關節活動度有幫助，然而目前較缺少運動後使用震動滾筒介入對肌肉放鬆的研究，同時亦較少研究探討震動滾筒是否能減緩阻力訓練對血管與肌肉的負面影響。因此本研究欲探討一般滾筒與加入震動功能，相較於單純滾筒介入，是否能在高強度阻力運動後，透過局部震動的介入，顯著降低肌肉與血管硬度反應。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究共招募10名沒有規律運動習慣且自願參加之成年人參與本實驗 (如表一)。實驗之前，受試者皆接受健康情況與運動習慣的調查，並確認受試者皆無心血管相關疾病。實驗者同時詳細告知受試者實驗目的、流程、權利與可能風險，在經過受試者同意後才開始進行本實驗。

二、研究方法與程序

(一) 實驗設計

正式實驗開始前一週為準備時間，受試者先至實驗室填寫基本資料，並以下肢斜上推舉 (inclined leg press) 測驗下肢最大肌力 (one repetition maximum, 1RM)。正式實驗分成兩次，受試者以隨機分派的方式決定當次所使用的滾筒類型。在運動前，會先測量受試者的血管硬度指標，並測量雙腿股直肌硬度，接著使用雙腿斜上推舉機器進行運動 (90% 1RM × 5次反覆 × 3組)，組間休息2

表一 受試者基本資料

	平均數 ± 標準誤差
男/女 (n)	5/5
年齡 (歲)	26 ± 1
身高 (cm)	169 ± 2
體重 (kg)	65 ± 1

分鐘，並在運動過程中，提醒受試者雙腿平均負重與出力。運動結束後，立即使用一般滾筒或震動滾筒（震動頻率：20 Hz，直徑：10cm，長度：30cm，Long Sporter Co, Ltd., Taiwan）進行右腿股直肌三分鐘的放鬆介入，左腿則不做任何處理，兩種滾筒使用的方式相同，差別僅在於是否開啟震動開關，於運動後立即使用滾筒放鬆右腿股四頭肌，按摩範圍需包含完整大腿前側，即近端股骨至遠端股骨段，並指導受試者在滾筒向上和向下按摩時，各需時三秒鐘，使用滾筒放鬆三分鐘後進行後測；兩次測試間隔至少十天以上，以排除前次運動後的影響（Clarkson & Tremblay, 1988; Cleak & Eston, 1992）。

（二）最大肌力測驗

本研究使用下肢斜上推舉器材（Cybex International Inc., USA）進行實驗。受試者在進行完空槓熱身後，以受試者50%體重為起始重量，依照受試者回饋的疲勞程度增加重量，如果該重量受試者能操作超過五下，則做至五下停止，再持續加重，直到該重量受試者做到第五下時幾乎力竭才停止，並根據Reynolds, Gordon, and Robergs（2006）提出的算式，使用5 RM的重量評估個人1RM。

（三）肌肉硬度

參考先前研究方式（Gao et al., 2017），本研究使用超音波儀器（180 Plus, Sonosite ultrasound system, USA）評估肌肉硬度指標。測量時受試者放鬆平躺在治療床上，雙腿放鬆打直。實驗者會將綁著2 kg沙包的超音波線性探頭，放置探頭夾具上，同時垂直於股直肌的中間點（如圖一）；在放開探頭夾具後，探頭會擠壓肌肉組織，產生形變，每次實驗皆先測量右腿。整個過程中會記錄其下陷至回彈的影像進行分析（如圖二）。過程中除了沙包本身重量產生的重力外，會避免其他外力影響探頭下陷（Gao, Du, He, Li, & Cheng, 2016）。

在取得肌肉形變的影像後，本研究使用muscle tracer分析軟體（S-Sharp Corporation, Taiwan），透過像素追蹤的方法，分析測驗

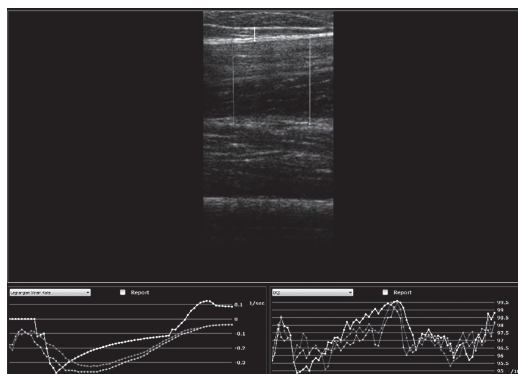
過程中，皮下脂肪和肌肉的形變，並將肌肉形變程度除以皮下脂肪形變程度作為形變比例（strain ratio, SR），同時將運動前後形變化量除以前測值做為相對變化量（ ΔSR ），此分析方式變異係數（coefficient of variation, CV）值為14%。除了分析肌肉與脂肪形變的程度以外，同時也計算肌肉形變曲線的底面積（area under curve, AUC）與相對底面積（ ΔAUC ）（Gao et al., 2017）。

（四）血壓與血管硬度

本研究透過非侵入式血管監控儀器（Omron, VP 1000 plus, Japan）量測肱脈波傳導速度（brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV）與左右兩側肱動脈（brachial）與踝關節（ankle）的收縮壓（systolic blood



圖一 測量肌肉硬度示意圖



圖二 軟體分析示意圖

pressure, SBP)、舒張壓 (diastolic blood pressure, DBP) 與平均動脈壓 (mean arterial pressure, MAP)。本研究中, 取baPWV與血壓值兩側最高值進行分析。baPWV為全身血管硬度指標; 傳導速度越快, 代表全身血管硬度越高。另外將踝動脈SBP除以brachial SBP, 即可獲得上下肢血壓比 (ankle brachial index, ABI), 也為臨床上評估肢體動脈硬化的指標之一 (Khan, Farooqui, & Niazi, 2008)。

三、資料處理與統計分析

實驗中取得之各項資料, 使用SPSS 1.0.0.8 for Mac軟體進行資料處理與分析。實驗主要依變項以相依樣本 t 檢定與重複量數二因子變異數分析, 比較「雙腿」和不同滾筒型態介入, 運動前後相關生理指標是否有差異。本研究中取得之數據以平均數 \pm 標準誤表示。

參、結果

一、不同滾筒類型對肌肉硬度之影響

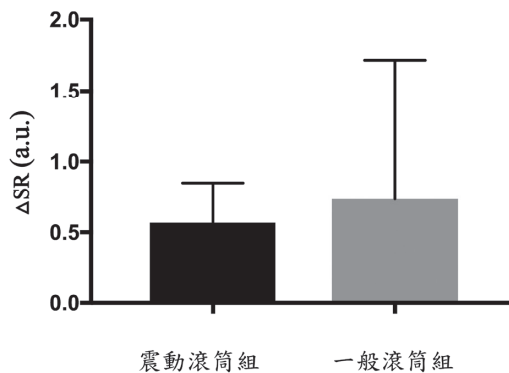
本研究使用重複量數二因子變異數檢驗兩種滾筒對於運動介入前後, 對肌肉硬度指標之影響。在SR和AUC指標上, 如表二、三, 雙腿在兩次運動與不同滾筒介入後, 無顯著差異 ($p > .05$), 而比較滾筒類型對右腿前後之影響, 未達顯著差異 ($p > .05$), 且

表二 雙腿前後SR值

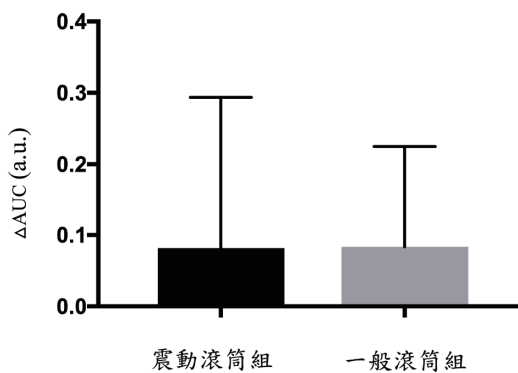
	震動滾筒組		一般滾筒組	
	Pre	Post	Pre	Post
左腿 (a.u.)	3.3 \pm 0.8	7.4 \pm 2.8	4.1 \pm 1.7	3.5 \pm 1.9
右腿 (a.u.)	4.1 \pm 1.1	5.8 \pm 2.2	4.4 \pm 2.0	4.0 \pm 1.3

註: 前測 (Pre); 後測 (Post); 任意單位 (a.u.)。

不因使用滾筒而有顯著效果 ($p > .05$) (如表四)。而使用相依樣本 t 檢定考驗SR變化量 ($p > .05, t = 0.2$)、AUC變化量 ($p > .05, t = 0.2$), 結果亦顯示無顯著差異, 如圖三、四所示。



圖三 SR值變化量比較



圖四 AUC值變化量比較

表三 雙腿前後AUC值

	震動滾筒組		一般滾筒組	
	Pre	Post	Pre	Post
左腿 (cm ²)	281 \pm 38	275 \pm 27	250 \pm 24	302 \pm 53
右腿 (cm ²)	344 \pm 34	347 \pm 67	293 \pm 35	263 \pm 49

註: 前測 (Pre); 後測 (Post); 平方公分 (cm²)。

表四 不同類型滾筒對肌肉硬度指標之影響

	震動滾筒組		一般滾筒組	
	Pre	Post	Pre	Post
形變比例 (a.u.)	6.9 \pm 2.3	8.4 \pm 2.6	4.4 \pm 1.9	4.0 \pm 1.3
底面積 (a.u.)	354.8 \pm 40.1	289.9 \pm 43.1	293.3 \pm 35.2	263.2 \pm 49.1

註: 前測 (Pre); 後測 (Post); 任意單位 (a.u.)。

二、不同滾筒類型對血管硬度指標之影響

經統計分析後，兩個組別的baPWV與大部分的血壓反應值，於滾筒類型因子與時間因子皆無顯著差異（ $p > .05$ ）。而ABI和brachial SBP指標，不論是在震動滾筒組或是一般滾筒組，在時間因子達顯著水準（ $p < .05$ ），對於滾筒類型因子則無顯著差異（ $p > .05$ ）。而震動滾筒組的bMAP前後達顯著差異，一般滾筒組則無，顯示受試者在運動後使用震動滾筒，相較一般滾筒而言，bMAP會明顯提升，見表五。

肆、討論

本研究經實驗後主要有下列發現：一、滾筒介入對於運動後肌肉硬度並無產生顯著的影響，且震動介入亦無額外的生理效益；二、滾筒介入對於運動後血壓與血管硬度指標，也無立即的影響，同時震動產生的生理效果亦不明顯。

本次研究中，使用超音波探頭測量肌肉與組織在超音波影像中形變量，得到肌肉硬度的指標（SR）。Chino, Akagi, Dohi, Fukashiro, and Takahashi（2012）的實驗使用不同彈性係數的材料模擬皮下與肌肉組織，再使用超音波探頭測量硬度，同時在人體腓腸肌部位，實際使用超音波探頭反覆下壓與放鬆，以測量人體腓腸肌硬度，兩者測量得出的彈性係數具

有高度正相關（ $r = .996$ ），因此超音波測量肌肉形變得出的肌肉硬度指標，能實際反映真實肌肉僵硬程度，得出的彈性係數具信效度。最近Gao et al.（2017）使用相似方式，在超音波探頭綁上沙包，利用沙包本身的重力對健康成人的肱二頭肌產生形變，能有效呈現肌肉的解剖性質，除了能使用在測量健康成人的肌肉硬度，也能測量神經肌肉失調的病人（帕金森氏症）（Gao et al., 2016）。此方法為非侵入性、同時透過客觀的影像分析，能降低實驗者的操作誤差與受測者主觀回饋影響，因此，此方法能有效率與客觀瞭解肌肉特性方式。

本次研究發現滾筒介入並無對肌肉硬度產生立即的影響，儘管滾筒介入使運動後右腿肌肉的形變增加（肌肉硬度降低），但與控制組比較並無顯著差異，顯示在高強度阻力訓練後，使用滾筒並無明顯放鬆效果。另外我們同時也假設滾筒配合震動的介入方式，能較單純滾筒介入引發更明顯的生理效益，相反地，本研究的結果並不支持此研究假設，不同滾筒類型和使用滾筒放鬆亦無顯著效果。以SR指標為例，兩組在運動前後與變化量上並無顯著差異，同時相較於單純滾筒介入（ $\Delta SR = 0.74$ ），震動加滾筒的介入，SR變化量更不明顯（ $\Delta SR = 0.57$ ）。這樣的結果也與陳美足（2017）的研究結果不同，在陳美足的研究中，雖然使用SWV測量大腿肌群肌肉硬度，但根據該篇論文的原始圖表，實際上無論是滾筒組、震動滾筒組或控制組，在不同天測量的波速並無顯著差

表五 不同類型滾筒對血管硬度指標之影響

	震動滾筒組		一般滾筒組	
	Pre	Post	Pre	Post
肱踝脈波傳導速度（cm/s）	1074.00 ± 25.00	1108.00 ± 39.00	1102.00 ± 32.00	1087.00 ± 45.00
上下肢血壓比（a.u.）	1.16 ± 0.04	1.09 ± 0.03*	1.17 ± 0.03	1.01 ± 0.04*
肱動脈收縮壓（mmHg）	108.00 ± 2.00	115.00 ± 3.00*	109.00 ± 3.00	116.00 ± 3.00*
肱動脈平均壓（mmHg）	77.00 ± 2.00	82.00 ± 2.00*	82.00 ± 3.00	84.00 ± 3.00
肱動脈舒張壓（mmHg）	58.00 ± 2.00	62.00 ± 2.00	60.00 ± 4.00	64.00 ± 2.00
踝關節收縮壓（mmHg）	123.00 ± 5.00	122.00 ± 4.00	123.00 ± 5.00	127.00 ± 7.00
踝關節平均壓（mmHg）	83.00 ± 5.00	85.00 ± 4.00	82.00 ± 4.00	86.00 ± 4.00
踝關節舒張壓（mmHg）	60.00 ± 4.00	64.00 ± 3.00	61.00 ± 3.00	64.00 ± 3.00

註：*表示組內前、後有顯著差異。

異，且圖表呈現並不完整，故研究結果無法比較，為可惜之處，因此震動加上滾筒的效益有待後續更多研究探討。

Monteiro et al. (2018) 發現使用滾筒放鬆大腿前側，能立即改善髕關節屈曲與伸展的活動度，有效放鬆肌肉，並且維持30分鐘；MacDonald et al. (2013) 的研究亦顯示使用滾筒放鬆股四頭肌後，能立即改善膝關節伸展的活動度。然而亦有研究顯示，滾筒自我放鬆並無法改善激烈運動後的關節活動度，如周峻永 (2016) 的研究發現，在30分鐘下坡跑後，在跑後立即、24小時後、48小時後分別使用滾筒放鬆下肢肌群，於24、48、72小時後測量肌肉損傷指標，結果發現使用滾筒放鬆的組別與控制組在關節活動度上皆顯著低於基準值，使用滾筒並無改善關節活動度的顯著效果，兩個研究結果存在差異，顯示高強度運動的介入可能對肌肉造成較嚴重損傷，進而降低滾筒放鬆肌筋膜的效果，與本次研究結果相符。同時在周峻永的實驗中，使用滾筒放鬆的時間為45秒與30秒，本次實驗的放鬆時間則為3分鐘，顯示高強度阻力訓練後造成的肌肉硬度上升，可能不因放鬆時間拉長而能更有效改變，但仍須後續研究證明比較介入時間與效果之關係。

另一方面，我們發現單次高強度阻力運動過後立即使用不同滾筒介入方式，對於血壓與血管硬度指標並無立即的影響。我們僅發現運動後給予兩種不同類型的滾筒介入，受試者brachial SBP皆顯著上升，同時ABI顯著下降，而這樣的結果是可以預期的。確實，O'Connor, Bryant, Veltri, and Gebhardt (1993) 的研究中即發現，女性受試者在經過不同強度運動後，僅80% 1RM的組別在運動後1分鐘與15分鐘後皆顯著提高；同時，ABI顯著下降的原因可能是brachial SBP上升所導致。確實，本研究進行急性下肢阻力運動，徵召下肢大肌肉群，使得運動心輸出量增加，同時流向四肢（主要為下肢）。儘管下肢血流上升，但因為運動引發血管擴張，使得血管壓力並未增加；相反地，上肢在自主神經驅策增加，同時未進行運動的情況

下，即可能使得brachial SBP增加，這樣的結果與Okamoto, Masuhara, and Ikuta (2009) 的實驗結果類似。該研究將受試者分成單純訓練上肢或下肢組，進行為期10週、每週2次、強度為80% 1RM的阻力訓練，發現下肢組的血壓並無顯著改變，該作者認為可能原因是因為高強度的下肢阻力訓練雖然可能會增加心血管系統的負擔，但下肢動脈因為血管擴張與血流速度加快，而使下肢血壓變化並不大。

而本次研究結果與過去許多發現滾筒或震動能有效降低血管硬度 (Figueroa et al., 2015; Okamoto et al., 2014; Zeigler & Swan, 2016) 的研究不同，我們發現無論是單純滾筒介入或滾筒加震動介入，皆無法立即改善血管硬度。Okamoto et al. (2014) 的研究發現，相對於控制組，一般滾筒放鬆全身肌群能顯著造成baPWV下降，與該研究結果不同的原因，可能與介入肌群大小有關。確實，與Okamoto et al.全身介入的研究設計不同，本研究僅採用局部滾筒介入，使得效果並不顯著，然而目前對於滾筒介入與血管功能的研究並不多，此推論需要進一步的研究驗證。儘管如此，本研究發現在高強度阻力訓練結束過後，如僅進行局部的滾筒放鬆，不論震動與否，對於周邊血管硬度並無立即性的影響。

本研究為初探性研究，經討論後有下列幾點限制，可作為未來進一步實驗時參考。一、為避免受試者間差異，本研究採用重複量數設計進行實驗，但本研究受試人數較少，使得標準誤差較大，推論時仍須謹慎；二、本研究缺少完全未介入的控制組，僅使用左腿做為比較，後續研究應加入控制組，同時進行較長時間（30分鐘以上）的觀察，並可以使用隨機分配的方式選擇受測邊。儘管如此，本研究首次應用此方法客觀評估運動後肌肉硬度的變化，如能有效建立肌肉硬度與運動強度的關係，未來或許可以發展使用於競技運動，透過監控運動員的肌肉硬度，以提升運動訓練效果。

伍、結論

本次研究發現滾筒放鬆方式，對於高強度阻力運動後立即的肌肉硬度、血壓與周邊血管硬度，皆無產生顯著的影響，同時震動介入與否並無差異。

致謝

本研究感謝所有的實驗參與者，以及臺灣大學深耕型研究計畫的支持（NTU-CDP-106R7863）。

參考文獻

- 周峻永（2016）。滾筒式自我肌筋膜放鬆技術對下坡跑後肌肉損傷之影響。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學運動競技學系，台北市。
- 陳美足（2017）。離心運動後以滾筒或震動滾筒進行肌筋膜放鬆對肌肉恢復之影響。未出版之碩士論文，臺北市立大學運動健康科學系，台北市。
- Bosco, C., Colli, R., Intorini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A., et al. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19(2), 183-187. doi:10.1046/j.1365-2281.1999.00155.x
- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(1), 3-7. doi:10.1097/00003677-200301000-00002
- Chino, K., Akagi, R., Dohi, M., Fukushima, S., & Takahashi, H. (2012). Reliability and validity of quantifying absolute muscle hardness using ultrasound elastography. *Plos One*, 7(9), e45764. doi:10.1371/journal.pone.0045764
- Clarkson, P. M., & Tremblay, I. (1988). Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 1-6. doi:10.1152/jappl.1988.65.1.1
- Cleak, M. J., & Eston, R. G. (1992). Delayed onset muscle soreness: Mechanisms and management. *Journal of Sports Sciences*, 10(4), 325-341. doi:10.1080/02640419208729932
- de Souza, A., Sanchotene, C. G., Lopes, C. M. D. S., Beck, J. A., da Silva, A. C. K., Pereira, S. M., et al. (2017). Acute effect of two self-myofascial release protocols on hip and ankle range of motion. *Journal of Sport Rehabilitation*. Advance online publication. doi:10.1123/jsr.2017-0114
- DeVan, A. E., Anton, M. M., Cook, J. N., Neidre, D. B., Cortez-Cooper, M. Y., & Tanaka, H. (2005). Acute effects of resistance exercise on arterial compliance. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 2287-2291. doi:10.1152/japplphysiol.00002.2005
- Enrique, D. N. (2015). *The influence of local muscle vibration during foam rolling on range of motion, muscle activation, pain, and lower extremity kinematics*. Unpublished doctoral dissertation. University of North Carolina, NC.
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *Journal of the American Medical Association*, 263(22), 3029-3034. doi:10.1001/jama.263.22.3029
- Figueroa, A., Kalfon, R., & Wong, A. (2015). Whole-body vibration training decreases ankle systolic blood pressure and leg arterial stiffness in obese postmenopausal women with high blood pressure. *Menopause*, 22(4), 423-427. doi:10.1097/gme.0000000000000332
- Gao, J., Du, L. J., He, W., Li, S., & Cheng, L. G. (2016). Ultrasound strain elastography in assessment of muscle stiffness in acute levodopa challenge test: A feasibility study. *Ultrasound*

- in *Medicine and Biology*, 42(5), 1084-1089. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2015.12.014
- Gao, J., Li, P. C., Chen, J., He, W., Du, L. J., Min, R., et al. (2017). Ultrasound strain imaging in assessment of biceps muscle stiffness and dynamic motion in healthy adults. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 43(8), 1729-1736. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2017.04.011
- Khan, T. H., Farooqui, F. A., & Niazi, K. (2008). Critical review of the ankle brachial index. *Current Cardiology Reviews*, 4(2), 101-106. doi:10.2174/157340308784245810
- Lee, C. L., Chu, I. H., Lyu, B. J., Chang, W. D., & Chang, N. J. (2018). Comparison of vibration rolling, nonvibration rolling, and static stretching as a warm-up exercise on flexibility, joint proprioception, muscle strength, and balance in young adults. *Journal of Sports Sciences*, 36(22), 2575-2582. doi:10.1080/02640414.2018.1469848
- MacDonald, G. Z., Penney, M. D. H., Mullaley, M. E., Cuconato, A. L., Drake, C. D. J., Behm, D. G., et al. (2013). An acute bout of self-myofascial release increases range of motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 812-821. doi:10.1519/JSC.0b013e31825c2bc1
- McEniery, C. M., Wallace, S., Mackenzie, I. S., McDonnell, B., Yasmin, Newby, D. E., et al. (2006). Endothelial function is associated with pulse pressure, pulse wave velocity, and augmentation index in healthy humans. *Hypertension*, 48(4), 602-608. doi:10.1161/01.HYP.0000239206.64270.5f
- Miyachi, M. (2013). Effects of resistance training on arterial stiffness: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 393-396. doi:10.1136/bjsports-2012-090488
- Miyachi, M., Kawano, H., Sugawara, J., Takahashi, K., Hayashi, K., Yamazaki, K., et al. (2004). Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: A randomized intervention study. *Circulation*, 110(18), 2858-2863. doi:10.1161/01.CIR.000.0146380.08401.99
- Monteiro, E. R., Vigotsky, A. D., Novaes, J. D. S., & Skarabot, J. (2018). Acute effects of different anterior thigh self-massage on hip range-of-motion in trained men. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(1), 104-113. doi:10.26603/ijsp20180104
- O'Connor, P. J., Bryant, C. X., Veltri, J. P., & Gebhardt, S. M. (1993). State anxiety and ambulatory blood pressure following resistance exercise in females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(4), 516-521. doi:10.1249/00005768-199304000-00015
- Okamoto, T., Masuhara, M., & Ikuta, K. (2006). Effects of eccentric and concentric resistance training on arterial stiffness. *Journal of Human Hypertension*, 20(5), 348-354. doi:10.1038/sj.jhh.1001979
- Okamoto, T., Masuhara, M., & Ikuta, K. (2009). Upper but not lower limb resistance training increases arterial stiffness in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 127-134. doi:10.1007/s00421-009-1110-x
- Okamoto, T., Masuhara, M., & Ikuta, K. (2014). Acute effects of self-myofascial release using a foam roller on arterial function. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 69-73. doi:10.1519/JSC.0b013e31829480f5
- Reynolds, J. M., Gordon, T. J., & Robergs, R. A. (2006). Prediction of one repetition maximum strength from multiple repetition maximum testing and anthropometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 584-592. doi:10.1519/R-15304.1
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer

players: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41-46. doi:10.1177/03635465030310011801

Zeigler, Z. S., & Swan, P. D. (2016). Acute effects of whole-body vibration with resistance exercise on post exercise blood pressure and oxygen consumption in prehypertensive adults. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 14(1), 14-23. doi:10.1016/j.jesf.2015.12.001