

## 靜態伸展對韻律體操選手下肢勁度和跳躍表現之立即影響

郭育瑄<sup>1</sup>、徐煒杰<sup>2</sup>、鄭景峰<sup>3\*</sup>

### 摘要

**目的：**探討靜態伸展（static stretch, SS）對韻律體操選手技術跳躍和垂直跳的影響。**方法：**11名韻律體操選手，採隨機交叉實驗設計，均須實施SS處理和控制（control, CON）處理，SS包括股二頭肌、股四頭肌、臀大肌和腓腸肌，每動作伸展15秒，共6組。於處理後，立即檢測技術跳躍（跨跳、分腿跳、結環跳）、下蹲跳與連續雙足跳等測驗。**結果：**SS和CON在三種技術跳躍的騰空時間，均無顯著差異（SS vs. CON，跨跳， $658 \pm 29$  vs.  $659 \pm 34$  ms；分腿跳， $588 \pm 30$  vs.  $587 \pm 30$  ms；結環跳， $680 \pm 34$  vs.  $675 \pm 29$  ms， $p > .05$ ），下蹲跳和連續雙足跳也無明顯差異。**結論：**15秒的SS不會降低韻律體操選手隨後技術跳躍和爆發力表現。

**關鍵詞：**熱身活動、活動範圍、運動表現

## Acute Effect of Static Stretching on Leg Stiffness and Leaping Performance in Rhythmic Gymnasts

Yu-Hsuan Kuo<sup>1</sup>, Wei-Chieh Hsu<sup>2</sup>, Ching-Feng Cheng<sup>3\*</sup>

### Abstract

**Purpose:** This study examined the effects of static stretching (SS) on the technical leaps and vertical jump performance in rhythmic gymnasts. **Methods:** Eleven rhythmic gymnasts were recruited in this random-order and crossover designed study. All participants were requested to perform two different treatments: SS and control (CON). The SS treatment consisted of 6 repetitions of 15-s static stretching exercise for each muscle group (hamstrings, quadriceps, gluteus, and gastrocnemius). After each treatment, participants immediately performed technical leap tests (split leap forward with legs stretched [SLS], side straddle [SSD], split leap forward with ring [SLR]), counter-movement jump (CMJ), and hopping test. **Results:** No significant differences were found between SS and CON on the flight time in the technical leap tests (SS vs. CON: SLS,  $658 \pm 29$  vs.  $659 \pm 34$  ms; SSD,  $588 \pm 30$  vs.  $587 \pm 30$  ms; SLR,  $680 \pm 34$  vs.  $675 \pm 29$  ms,  $p > .05$ ). There were no significant differences in CMJ and hopping test performance between treatments ( $p > .05$ ). **Conclusion:** The 15-s SS might not impair subsequent technical leaps and explosive performance in rhythmic gymnasts.

**Keywords:** warm-up, range of motion, exercise performance

---

Submitted for publication: April 19, 2017; Accepted for publication: November 16, 2017

1 國立臺灣師範大學體育學系；Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

2 臺北市立大學競技運動訓練研究所；Graduate Institute of Sports Training, University of Taipei

3 國立臺灣師範大學運動競技學系；Department of Athletic Performance, National Taiwan Normal University

\* Corresponding author: 鄭景峰 E-mail: andescheng@ntnu.edu.tw

## 壹、問題背景

在運動前的熱身活動主要由非最大運動強度的有氧活動，例如騎腳踏車或慢跑，並且搭配伸展運動（Simenz, Dugan, & Ebben, 2005）和專項熱身活動（Young, 2007）所組成。Paradisis et al. (2014) 指出靜態伸展（static stretch, SS）是被認可做為增加關節活動範圍（range of motion）、促進運動表現（Young & Behm, 2003）及降低發生運動傷害（Hadala & Barrios, 2009; McHugh & Cosgrave, 2010），有效的方式之一。也被使用於一般大眾及運動員提升柔軟度（flexibility）表現（Ebben, Carroll, & Simenz, 2004; Simenz et al., 2005），並普遍應用在日常訓練和競賽前的熱身活動，因SS被認為是較安全的伸展方式，且不受場地設備限制即可完成（陳哲修、陳忠慶，2006）。

許多的運動項目，皆要求選手須具備良好的柔軟度能力，亦需有較大的關節活動範圍能力，來達到該項目在動作體態的要求，例如韻律體操，此類運動項目的選手在熱身活動中，會執行一連串長時間且大幅度的伸展（extreme stretch）做為熱身活動（Di Cagno et al., 2010），而先前相關研究已有許多學者提出，運動前實施SS，雖然可提升柔軟度能力，但對爆發力（power）的運動表現卻有負面的影響（Brandenburg, 2006; James, Schneiker, Wallman, Dawson, & Guelfi, 2009; Young & Behm, 2003）。然而，Knudson, Bennett, Corn, Leick, and Smith (2001) 指出其原因可能是在SS後，會改變肌腱單位（musculotendinous unit）的粘黏性質（viscoelastic properties），使抑制神經肌肉活性，並導致肌肉勁度（stiffness）下降，進而降低爆發力表現。此外，Avela, Kyröläinen, and Komi (1999) 提出SS會藉由中樞神經抑制來降低肌肉的活性，當肌肉的順應性增加時，會造成肌梭的敏感度下降，導致傳入運動神經元的活性降低，不利於運動表現。近期有綜評性研究也提出，長時間且持續性的SS，較容易造成局部力量、短距離衝刺、

敏捷性和垂直跳等運動表現下降（Behm & Chaouachi, 2011）。相反的，仍有部分研究顯示，不論在測驗前實施SS，或較長時間的執行SS訓練，皆不會降低垂直跳高度等的爆發力表現（洪金昌、吳柏翰、王順正，2013；Cronin, Nash, & Whatman, 2008; Samuel, Holcomb, Guadagnoli, Rubley, & Wallmann, 2008），因此故有後續討論的空間。

就體操項目而言，翁士航與俞智贏（2012）曾指出在體操專項技術中，下肢爆發力表現是跳躍及騰空等動作的重要關鍵。因此，在此種類型的運動項目中，讓下肢能夠產生及維持在較高程度的肌肉勁度，被視為在最大運動表現時的重要特性（Walshe, Wilson, & Murphy, 1996）。國際體操總會（Federation of International Gymnastic [FIG], 2018）在2017-2020年的韻律體操技術規程（rhythmic gymnastics technical committee）指出整套（exercise routines）編排中必須包括技術性跳躍（technical leaps）、平衡（balance）和旋轉（rotation）等身體難度，而其中優異的柔軟度是執行身體難度的共通特性，先前有研究指出，韻律體操選手在執行技術性跳躍時，被要求須迅速的在空中固定大幅度的動作型態，使達到與難度分值相應的技術性跳躍動作（Di Cagno et al., 2010），所以，選手也必須有高要求的双肢爆發力表現。而在比賽中，技術性跳躍動作的「幅度」和「高度」皆為裁判評量與评分的標準，因此，技術性跳躍是同時展現韻律體操選手在「柔軟度」和「爆發力」的能力表現，並且在整套編排中扮演重要的一環。

先前學者Di Cagno et al. (2008) 讓優秀與次優秀韻律體操選手，分別執行連續性雙足跳測驗，以及三種不同技術性跳躍測驗，作者們指出連續性雙足跳和技術性跳躍在與地面接觸時間，有明顯相關（ $r = .54-.63$ ）。而Di Cagno et al. (2010) 指出讓韻律體操選手在運動前實施一般熱身和SS（四個伸展姿勢，每個姿勢  $\geq 30$ 秒  $\times$  3組）兩種熱身方式，隨後測量連續性雙足跳（hopping）、下蹲跳和技術性跳躍等項目，然而，結果顯示

在SS後，連續性雙足跳的與地面接觸時間明顯較長，並且技術性跳躍的騰空時間（flight time）也明顯短於一般熱身處理，由此可見，連續性雙足跳與技術性跳躍可能有相互關係存在，且SS不利於隨後跳躍測驗表現。但另一方面，也有研究顯示執行單一部位、單回合的SS，即使伸展時間長達180秒，檢測伸展前、後連續性雙足跳的騰空時間、地面接觸時間及下肢肌肉勁度等測驗，並不會使運動表現下降（Hobara, Inoue, Kato, & Kanosue, 2011）。並且，郭育瑄、黃馨葦、鄭國輝與鄭景峰（2012）指出執行3組SS，每肌群單次伸展時間為15秒，不會影響隨後腳踏車衝刺測驗的最大功率和平均功率輸出。所以，SS是否會影響下肢勁度和爆發力表現，受到伸展的持續時間和反覆次數等因素影響，且目前研究結果皆不一致，故此議題仍有探討的空間。而本研究假設，下肢勁度與韻律體操的技術性跳躍，可能有相互關係。

透過本研究試圖釐清在立即SS後，對於韻律體操選手在執行技術性跳躍、下肢爆發力與下肢肌肉勁度，是否會造成負面之影響。本研究目的主要探討急性的SS刺激，對優秀韻律體操選手技術性跳躍、下蹲跳和連續性雙足跳表現之立即影響。

## 貳、研究方法

### 一、研究對象

本研究以11名韻律體操選手（年齡， $16.8 \pm 2.0$  歲；身高， $162.1 \pm 5.9$  cm；體重， $48.5 \pm 5.4$  kg）為受試對象，訓練年齡至少5年，受試者招募條件為現役國家代表隊選手或曾參與國際賽會活動。在實驗開始前發予受試者須知，每位受試者均瞭解本研究目的、實驗流程以及可能發生的突發情形，填寫健康狀況調查表，並在自願同意書上簽名，如受試者未滿18歲，監護人需同時在自願同意書上簽名；於資料顯示身體健康狀況良好且願意參加本研究，才正式成為本研究的受試者。

### 二、研究步驟

#### （一）實驗設計

本研究採重複量數且隨機交叉之實驗設計。讓受試者在實驗處理前先於跑步機（Mercury<sup>®</sup>, h/p/cosmos, Germany）上進行熱身8分鐘（ $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , grade = 1%），再接受兩種不同的實驗處理，分別為控制（control, CON）處理和SS處理，並根據郭育瑄等人（2012）指出在執行SS時，每個伸展動作皆持續保持15秒後，給予5秒變換下一個伸展動作，組間休息60秒，共執行6組，讓每一肌群伸展時間總共為90秒（Di Cagno et al., 2010），並要求受試者在執行每個伸展動作時，需維持在自覺可忍受的最大伸展狀態（point of discomfort, POD）。CON處理則採坐姿休息，處理時間與SS總時間相同，每次實驗處理之後，立即依序進行技術跳躍測驗，隨後進行下蹲跳和連續性雙足跳測驗，每項測驗間隔時間為1分鐘，實驗處理間至少間隔48小時。

如圖一所示，本實驗伸展肌群為股二頭肌、股四頭肌、臀大肌和腓腸肌（Di Cagno et al., 2010），伸展姿勢順序為股二頭肌的右腳到左腳，接著股四頭肌的右腳到左腳，和臀大肌的右側到左側以及同時伸展雙腳的腓腸肌，四個伸展姿勢左、右相互對稱，共有七個伸展動作，動作描述如下：

1. 股二頭肌伸展採站姿且雙腳前後為一直線，雙膝伸直下顎內縮，軀幹與大腿平行緊貼，並將雙手輕放於地面上（圖一a）。
2. 股四頭肌伸展動作採單腳跪姿，前膝與後膝呈一斜線，手抓於伸展腳的腳背處，並將伸展腳之腳跟盡量碰至臀部（圖一b）。
3. 臀大肌伸展動作採坐姿，非伸展腳彎曲平貼於地面，伸展腳跨過非伸展腳並垂直的踩在地面上，同時反方向扭轉頭部及軀幹（圖一c）。
4. 最後，腓腸肌伸展動作為雙腳站立在高於地面的平台，腳板前1/3處放置於平台上，身體重心後移，腳跟承受身體重量會略低於平台（圖一d）。



圖一 靜態伸展之伸展動作圖

註：a：股二頭肌；b：股四頭肌；c：臀大肌；d：腓腸肌。

## （二）技術性跳躍測驗

本實驗檢測3個不同分值的技術性跳躍，包括跨跳（split leap forward with legs stretched, SLS）、結環跳（split leap forward with ring, SLR）和分腿跳（side straddle, SSD），三種技術性跳躍動作姿勢如圖二所示，其中SLS和SLR為單腳起跳，SSD為雙腳同時起跳。技術性跳躍表現透過3位國家A級韻律體操裁判依據國際體操總會的韻律體操評分規則，同時評估技術性跳躍動作的正確性。所有受試者在起跳前不限定預備步數，且皆以慣用腳起跳，起跳腳踩於第一塊測力墊（Fusion Sport System, Smartjump, Australia）上，落地腳踏在第二塊測力墊，兩塊測力墊的中心位置相距為2公尺，每種技術性跳躍需進行3次，每跳間隔時間為30秒，同時以測力墊記錄騰空時間，最終，取2位（含）以上裁判皆認定為成功的技術性跳躍，計算其騰空時間之平均值（Di Cagno et al., 2010）。於不同處理後，分別計算裁判認

定為成功的技術性跳躍次數，在SS處理後，SLS（成功3次， $n = 11$ ）、SLR（成功3次， $n = 11$ ）和SSD（成功3次， $n = 8$ ；成功2次， $n = 3$ ）。另外，在CON處理後，SLS（成功3次， $n = 11$ ）、SLR（成功3次， $n = 11$ ）及SSD（成功3次， $n = 9$ ；成功2次， $n = 2$ ）。

## （三）爆發力測驗

本研究參考Di Cagno et al. (2010) 以下蹲跳測驗檢定爆發力表現，讓受試者預備時站立於測力墊上，雙手放置於髖部兩側，隨後依「開始」口令，身體迅速向下預蹲到半蹲位置，膝關節大約屈曲成90度角，軀幹自然前傾，隨即盡最大努力往上做垂直跳躍動作，此測驗需進行3次，每次間隔時間為30秒，同時以測力墊記錄跳躍高度和騰空時間，以跳躍高度為標準取3次跳躍之最高值。

## （四）下肢韌度測驗

本研究參考Dalleau, Belli, Viale, Lacour, and Bourdin (2004) 之研究以連續雙足跳測



圖二 三種技術性跳躍動作姿勢

註：SLS，跨跳；SSD，分腿跳；SLR，結環跳。



驗，檢測下肢勁度表現。首先，讓受試者採站立姿勢預備於測力墊上，雙手放置於髖部兩側，隨後播放電子節拍器（MA-30, KORG Inc., Japan）要求受試者依節奏（頻率2.0 Hz）進行20次連續雙足跳，同時以測力墊紀錄每一次跳的騰空時間和地面接觸時間，時間單位為秒，體重單位為公斤，下肢勁度計算公式如下：

$$\text{下肢勁度 (kN} \cdot \text{m}^{-1}) = \frac{\text{體重} \times \pi \times (\text{騰空時間} + \text{地面接觸時間})}{\text{地面接觸時間}^2 \left( \frac{\text{騰空時間} + \text{地面接觸時間}}{\pi} - \frac{\text{地面接觸時間}}{4} \right)}$$

### （五）資料統計與分析

實驗測量所得之各項資料，本研究以SPSS for windows 22.0版套裝軟體進行下列之統計分析：以相依樣本 $t$ 檢定，考驗二種不同實驗處理後，在三種技術跳躍的騰空時間、下蹲跳高度和騰空時間以及連續性雙足跳之下肢勁度、騰空時間和地面接觸時間等之差異。以皮爾森積差相關（Pearson product moment correlation）考驗二種不同實驗處理後，分別三種技術跳躍的騰空時間和下肢勁度的相關性。所有數據以平均數  $\pm$  標準差表示。使用標準化平均數差異效果量（effect size）方法（Cohen's  $d$ ,  $d$ ），當 $d$ 值為0.2、0.5和0.8，分別對應於實驗處理之小、中、大的效果量（Cohen, 1977）。本研究顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

## 參、結果

### 一、不同伸展方式與技術性跳躍表現

相依樣本 $t$ 檢定分析結果顯示SS處理和CON處理，在三種技術性跳躍測驗的騰空時間方面，SLS（ $p = .837$ ,  $d = 0.10$ ）、SLR（ $p = .955$ ,  $d = 0.03$ ）和SSD（ $p = .363$ ,  $d = 0.19$ ），皆未達顯著差異（如表一）。

### 二、不同伸展方式與下肢跳躍表現

表二資料顯示，在下蹲跳高度（ $p = .861$ ,

表一 不同伸展方式對技術跳躍動作的騰空時間之影響

變項	靜態伸展處理	控制處理
跨跳（毫秒）	658 $\pm$ 29	659 $\pm$ 34
分腿跳（毫秒）	588 $\pm$ 30	587 $\pm$ 30
結環跳（毫秒）	680 $\pm$ 34	675 $\pm$ 29

表二 不同伸展方式對下蹲跳和連續性雙足跳之影響

變項	靜態伸展處理	控制處理
下蹲跳		
高度（公分）	28.5 $\pm$ 2.6	28.4 $\pm$ 3.2
騰空時間（毫秒）	481.7 $\pm$ 24.0	480.6 $\pm$ 28.3
連續性雙足跳		
騰空時間（毫秒）	320.7 $\pm$ 21.4	314.1 $\pm$ 24.4
地面接觸時間（毫秒）	173.7 $\pm$ 21.4	181.4 $\pm$ 26.8
下肢勁度（kN $\cdot$ m <sup>-1</sup> ）	22.5 $\pm$ 4.6	21.2 $\pm$ 4.8

$d = 0.10$ ）和下蹲跳的騰空時間（ $p = .826$ ,  $d = 0.10$ ），SS處理和CON處理間未達顯著差異。而在連續性雙足跳的下肢勁度（ $p = .101$ ,  $d = 0.29$ ）、騰空時間（ $p = .175$ ,  $d = 0.32$ ）和地面接觸時間（ $p = .084$ ,  $d = -0.34$ ），在各處理間，也均未達顯著差異。

### 三、不同伸展方式對跳躍表現的相關係數

表三的資料顯示分別SS處理和CON處理後，三種不同技術性跳躍的騰空時間與下肢勁度的相關係數分析。在執行SS後，所評估的下肢勁度與檢測的SLS（ $p = .031$ ）、SSD（ $p = .041$ ）和SLR（ $p = .038$ ）之騰空時間，皆達顯著相關。然而，在CON處理方面，下肢勁度與SLS、SSD和SLR之騰空時間，皆未達顯著相關（ $p > .05$ ）（如表三）。

## 肆、討論

本研究結果發現，韻律體操選手以每肌群總伸展時間90秒的SS，作為運動前熱身活動的一部分，並沒有降低在技術性跳躍、下

表三 不同伸展方式對下肢勁度與技術性跳躍之騰空時間的相關係數

變項／下肢勁度	靜態伸展處理	控制處理
	22.5 ± 4.6 kN · m <sup>-1</sup>	21.2 ± 4.8 kN · m <sup>-1</sup>
跨跳	.647*	.593
分腿跳	.622*	.536
結環跳	.630*	.490

註：\* $p < .05$ ，與靜態伸展處理之騰空時間達顯著相關。

肢勁度和爆發力等表現，並且，下肢勁度與三種技術性跳躍表現於SS後，分別達顯著相關。因此，適當的SS作為選手在熱身階段，或於執行整套前準備階段的一環，並不會影響選手運動時的跳躍表現，然而，適度的SS可能會提升，下肢勁度與韻律體操技術性跳躍之間的關聯性。

過去研究，Bradley, Olsen, and Portas (2007) 指出執行股四頭肌、腿後肌和足底屈肌等下肢肌群的SS，每一個伸展肌群維持30秒、反覆4組（單一肌群總伸展時間為120秒），明顯降低4.0%的垂直跳躍高度表現，然而，Behm and Chaouachi (2011) 也提出伸展後，力量和爆發力表現下降之幅度，取決於伸展持續時間，當單一肌群總伸展時間超過90秒時，運動表現會大幅下降。而本研究採每肌群伸展15秒、反覆6組（單一肌群總伸展時間為90秒），結果顯示並不會對韻律體操選手，下肢爆發力表現造成立即性的負面影響，與先前研究結果相同（柯莉蓁、郭怡瑩、何立安，2016；Cronin et al., 2008）。另外，大多數研究參考美國運動醫學會（American College of Sports Medicine）所提出之建議，將POD做為伸展強度的判定方式（Pollock et al., 1998），並定義為SS主觀可忍受的最大強度。Behm and Kibele (2007) 讓運動員在跳躍測驗前，執行三種不同強度的下肢SS，分別在100%、75%與50% POD，每肌群伸展30秒、反覆4組（包含股四頭肌、腿後肌和足底屈肌），並隨後檢測落地跳（drop jump）、下蹲跳及蹲跳等跳躍表現，結果顯示三種強度皆明顯地降低平均跳躍高度-4.1%、-4.4%、-5.1%。由此，可判斷即便

伸展強度不同，但總伸展時間 > 90秒（30秒 × 4組）時，仍會對隨後的跳躍表現有不利的影响。所以相較於伸展強度，下肢爆發力表現可能受「總伸展持續時間」，所影響的比例較大。

本研究結果顯示，每一肌群總伸展時間90秒的SS後，對於韻律體操選手的技術性跳躍表現，皆沒有造成負面的影響。在身體素質方面，優秀韻律體操選手被要求需要極佳的柔軟度能力（Di Cagno et al., 2008），因此，是否因韻律體操選手的極佳柔軟度能力，而產生了「天花板效應」呢？然而，Di Cagno et al. (2010) 的研究則發現，實施單一肌群總伸展時間90秒的下肢SS，結果顯示韻律體操選手在三種不同技術性跳躍的騰空時間顯著地減少了6.4-7.2%。因此，本研究所實施的SS處理，應對於韻律體操選手具有一定程度的影響。儘管如此，本研究結果於Di Cagno等的結果不同之原因，可能是伸展「秒數」與「組數」的不同而導致的差異，先前研究採四個下肢肌群各伸展30秒、組數為3組，雖然不會造成下蹲跳及蹲跳等跳躍型態的爆發力下降，但卻可能影響需較大關節活動範圍的技術性跳躍動作（Di Cagno et al., 2010），另外，在Winchester, Nelson, and Kokkonen (2009) 研究中指出，執行1至6組的腿後肌的SS，每次伸展30秒，結果在第1組的30秒伸展後，即明顯降低（-5.4%）一次反覆最大重量（one repetition maximum, 1RM），由此可知，單次的30秒SS足夠明顯造成腿後肌最大施力減少，而本研究參考郭育瑄等（2012）使用的SS方式，讓每個伸展肌群維持15秒，並搭配同一肌群總伸展時間以90秒為上限之原則（Behm & Chaouachi, 2011），結果的部分顯示，對技術性跳躍不論在單或雙腳起跳的動作型態，皆沒有造成負面的影響，所以，單一一次的SS持續時間（例如15秒 vs. 30秒），或許是影響隨後韻律體操選手技術性跳躍表現的重要因素。

在連續性雙足跳方面，本研究雖然未明顯改變下肢勁度表現，但在伸展後，下肢勁度有些微高於CON處理的趨勢，且效果量偏大

( $p = .101$ ,  $d = 0.77$ , 95% CI = -0.31-2.90)，在統計上雖然未達到顯著差異 ( $p > .05$ )，但仍可視為參考的指標 (Sullivan & Feinn, 2012)。本研究也顯示在90秒的SS後，下肢勁度與三種不同技術性跳躍的騰空時間皆呈中度相關 ( $R^2 = .39-.47$ )，在CON處理後，則無明顯相關 ( $R^2 = .24-.35$ ) 發現。雖然過去研究多數指出，SS對爆發力等力量表現多數有不利的影響，但韻律體操選手在日常練習的課表中，皆會包含一部分的柔軟度訓練，然而，過去研究指出在8週的SS訓練後，可明顯提升反彈臥推的爆發力表現 (Wilson, Elliott, & Wood, 1992)，原因由於SS後肌肉順應性增加，使肌肉—肌腱單位提升儲存彈性能力，可提供給需執行小幅度與較多反覆次數 (例如伸張—縮短循環) 的動作類型 (Behm & Chaouachi, 2011; Wilson, Elliott, & Wood, 1992)，像是本研究檢測的連續性雙足跳。因此，本研究發現韻律體操選手在適度的SS後，下肢勁度有提升的趨勢，且不會降低技術性跳躍的表現，而在兩者間有相關性存在。過去研究指出下肢勁度對執行技術性跳躍具有一定程度的貢獻 (Di Cagno et al., 2008)，與本研究有相似的發現。未來建議，可加入更多觀察指標 (例如肌電圖) 闡述長期伸展、下肢勁度和專項技術性跳躍等相互關係的影響機制。

根據本研究結果，建議韻律體操教練、選手和訓練人員，若需將SS融入訓練或比賽前的熱身活動中，幫助達到大幅度的身體難度動作 (例如技術性跳躍)，仍須適度的執行，並考量伸展秒數、組數與強度的搭配。然而，雖然本研究顯示SS，未降低垂直跳躍表現，但多數研究仍顯示立即的負面影響居多，或有時間延宕 (time delay) 影響的情形，因此，若主要活動不需執行大關節角度的動作，可考慮使用其他方式替代SS做為熱身活動。

本研究也有部分限制。本研究以SS會對柔軟度與爆發力表現造成影響為前提做假設。參與研究的韻律體操選手皆具有優異的柔軟度能力，若使用常見的柔軟度評估方

法，例如坐姿體前彎，可能無法辨識實驗處理後之差異。因此，建議未來的研究可使用專項化的柔軟度評估方式替代，例如Santos, Lemos, Lebre, and Carvalho (2015) 針對韻律體操選手提出的7項評估下肢柔軟度的檢測方式，以確實釐清SS對於韻律體操選手柔軟度的影響。

## 伍、結論

綜合上述討論，本研究可獲得以下結論：以單次伸展時間維持在15秒的SS，作為韻律體操選手熱身活動，或執行整套準備階段的一部分，並不會降低下肢勁度、下蹲跳和技術性跳躍等表現；再者，在SS後似乎有提高下肢勁度的趨勢，並增加下肢勁度與技術性跳躍的相關性。

## 參考文獻

- 洪金昌、吳柏翰、王順正 (2013)。全身性振動伸展訓練頻率對足球運動員柔軟度、爆發力及敏捷性之影響。體育學報，46 (1)，13-22。doi: 10.6222/pej.4601.201303.0802
- 柯莉蓁、郭怡瑩、何立安 (2016)。靜態伸展後接續動態準備運動對大學生跳躍能力及衝刺表現之影響。大專體育學刊，18 (2)，92-100。doi: 10.5297/ser.1802.002
- 翁士航、俞智贏 (2012)。透過增強式訓練改善體操基礎動作之探討。中華體育季刊，26 (2)，191-196。doi: 10.6223/qcpe.2602.201206.1203
- 郭育瑄、黃馨葦、鄭國輝、鄭景峰 (2012)。振動式伸展對間歇性高強度衝刺表現之立即影響。運動教練科學，27，1-15。doi: 10.6194/SCS.2012.27.01
- 陳哲修、陳忠慶 (2006)。不同伸展運動所引起的生理效果之探討。運動生理暨體能學報，5，47-59。doi: 10.6127/JEPF.2007.05.06
- Avela, J., Kyröläinen, H., & Komi, P. V. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and

- prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1283-1291. doi: 10.1152/jappl.1999.86.4.1283
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2633-2651. doi: 10.1007/s00421-011-1879-2
- Behm, D. G., & Kibele, A. (2007). Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, 101(5), 587-594. doi: 10.1007/s00421-007-0533-5
- Bradley, P. S., Olsen, P. D., & Portas, M. D. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 223-226. doi: 10.1519/00124278-200702000-00040
- Brandenburg, J. P. (2006). Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(4), 526-534.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for behavioral sciences*. New York: Academic.
- Cronin, J., Nash, M., & Whatman, C. (2008). The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Physical Therapy in Sport*, 9(2), 89-96. doi: 10.1016/j.ptsp.2008.01.003
- Dalleau, G., Belli, A., Viale, F., Lacour, J. R., & Bourdin, M. (2004). A simple method for field measurements of leg stiffness in hopping. *International Journal of Sports Medicine*, 25(3), 170-176. doi: 10.1055/s-2003-45252
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., et al. (2008). Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 341-346.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Gallotta, M. C., Videira, M., Piazza, M., et al. (2010). Preexercise static stretching effect on leaping performance in elite rhythmic gymnasts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 1995-2000. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e34811
- Ebben, W. P., Carroll, R. M., & Simenz, C. J. (2004). Strength and conditioning practices of National Hockey League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 889-897. doi: 10.1519/00124278-200411000-00036
- Federation of International Gymnastic. (2018). *2017-2020 RG code of points*. Retrieved January 10, 2018, from [http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/en\\_RG%20CoP%202017-2020%20updated%20with%20changes%20and%20errata%20Dec.%202017%20valid%2001.02.2018.pdf](http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/en_RG%20CoP%202017-2020%20updated%20with%20changes%20and%20errata%20Dec.%202017%20valid%2001.02.2018.pdf)
- Hadala, M., & Barrios, C. (2009). Different strategies for sports injury prevention in an America's Cup yachting crew. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(8), 1587-1596. doi: 10.1249/MSS.0b013e31819c0de7
- Hobara, H., Inoue, K., Kato, E., & Kanosue, K. (2011). Acute effects of static stretching on leg-spring behavior during hopping. *European Journal of Applied Physiology*, 111(9), 2115-2121. doi: 10.1007/s00421-011-1841-3
- James, J. R. B., Schneiker, K. T., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Guelfi, K. J. (2009). Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(2), 444-450. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181867b95
- Knudson, D., Bennett, K., Corn, R., Leick, D., & Smith, C. (2001). Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 98-101. doi:



- 10.1519/00124278-200102000-00017
- McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: The role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(2), 169-181. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01058.x
- Paradisis, G. P., Pappas, P. T., Theodorou, A. S., Zacharogiannis, E. G., Skordilis, E. K., & Smirniotou, A. S. (2014). Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 154-160. doi: 10.1519/JSC.0b013e318295d2fb
- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J., Dishman, R. K., Franklin, B. A., et al. (1998). ACSM position stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-991. doi: 10.1097/00005768-199806000-00032
- Samuel, M. N., Holcomb, W. R., Guadagnoli, M. A., Rubley, M. D., & Wallmann, H. (2008). Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1422-1428. doi: 10.1519/JSC.0b013e318181a314
- Santos, A. B., Lemos, M. E., Lebre, E., & Carvalho, L. A. (2015). Active and passive lower limb flexibility in high level rhythmic gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 7(2), 55-66.
- Simenz, C. J., Dugan, C. A., & Ebben, W. P. (2005). Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 495-504. doi: 10.1519/00124278-200508000-00003
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size—or why the *p* value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279-282. doi: 10.4300/JGME-D-12-00156.1
- Walshe, A. D., Wilson, G. J., & Murphy, A. J. (1996). The validity and reliability of a test of lower body musculotendinous stiffness. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(3-4), 332-339. doi: 10.1007/BF02425495
- Wilson, G. J., Elliott, B. C., & Wood, G. A. (1992). Stretch shorten cycle performance enhancement through flexibility training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 116-123. doi: 10.1249/00005768-199201000-00019
- Winchester, J. B., Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2009). A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 257-261. doi: 10.1080/02701367.2009.10599560
- Young, W. B. (2007). The use of static stretching in warm-up for training and competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(2), 212-216. doi: 10.1123/ijspp.2.2.212
- Young, W. B., & Behm, D. G. (2003). Effect of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(1), 21-27.