

# 本文章已註冊DOI數位物件識別碼

## ▶ 不同伸展運動所引起的生理效果之探討

The Effects of Different Stretches on the Physiological Response

doi:10.6127/JEPF.2007.05.06

運動生理暨體能學報, (5), 2006

Journal of Exercise Physiology and Fitness, (5), 2006

作者/Author： 陳哲修(Che-Hsiu Chen);陳忠慶(Trevor C. Chen)

頁數/Page： 47-59

出版日期/Publication Date：2006/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6127/JEPF.2007.05.06>



*DOI Enhanced*

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



## 不同伸展運動所引起的生理效果之探討

陳哲修<sup>\*1</sup> 陳忠慶<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>嘉義大學體育健康休閒研究所 <sup>2</sup>嘉義大學體育系

### 摘要

伸展運動可以提升人體肌肉與組織的延展性及關節柔軟度的效果，其約可分為：靜態、彈震式、本體感覺神經肌肉促進術（proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF）等三種。其中，靜態伸展和 PNF 均比彈震式伸展來得安全，且靜態伸展的操作較簡易又不須他人的協助即可獨自實施，所以它是目前最常被一般大眾及選手用為增進柔軟度的方式（Wallin, Ekblom, Grahn, & Nordenborg, 1985）。雖然進行不同伸展運動均可提升柔軟度的效果，到底使用靜態或 PNF 伸展對柔軟度進步效果何者為最佳呢？目前的文獻結果，仍還未有一致的定論。例如，有一些文獻指出靜態伸展與 PNF 對提升柔軟度具有相同的效果（Hardy & Jones, 1986），另一些研究則認為 PNF 對提升柔軟度的效果會比靜態和彈震式伸展來得好（Magnusson, 1998），但是最近有一些研究卻顯示靜態伸展對增進柔軟度的效果反而比 PNF 來得好（Davis 等, 2005）。此外，有一些文獻（Cross & Worrell, 1999; Hartig & Henderson, 1999; O'connor, Crowe, Spinks, 2006）發現，伸展運動除可增進柔軟度之外，它亦可能具有增進肌力、提升運動成績表現以及防治運動傷害等之效果。基此，本文擬從不同伸展運動的可能作用機轉做介紹，進而針對不同伸展運動對提升柔軟度（短期及長期效果：提升柔軟度、肌力...）以及其在實際應用上的優缺點等方面，進行相關文獻的綜合分析與探討。希望透過本文的介紹，可以讓體育教師、運動健身指導者、運動愛好者或醫療相關人員對不同伸展運動所引起的生理反應有進一步的認識和瞭解。

**關鍵詞：伸展運動、柔軟度、關節活動範圍、運動表現、肌力。**

---

連絡作者：陳哲修

聯絡電話：05-206-3111 轉 3026

投稿日期：95 年 07 月

通訊地址：621 嘉義縣民雄鄉文隆村 85 號

E-mail：jakic1114@yahoo.com.tw

接受日期：95 年 08 月

## 前言

柔軟度通常是指身體肢體和關節週遭可動的範圍，或者是指能移動單一或一連串關節的能力，並與肌肉-肌腱單位的延展性 (extensibility) 有關，該延展性能使跨過關節的肌肉放鬆、延長並順應牽張時的力量 (徐中盈等，2000)。Bandy, Irion, and Briggler (1997) 和 Halbertsma, van Bolhuis, and Goeken (1996) 顯示，具備良好的有氧適能、肌力與柔軟度均是維持個體正常身心機能的重要因素。基此，可以看出柔軟度的好壞，與促進身體活動表現以及維持個體良好生活型態有緊密的關係 (Mazzeo 等，1998)。

一般大眾最常使用伸展運動做為增進柔軟度的方法，它更是運動選手用來做為提升柔軟度或運動表現的手段之一 (Cornelius & Hands, 1992; Henricson 等，1984)。Alter (2004) 指出，藉由不同的伸展運動型態、伸展持續時間、頻率...等因素，均可能與提升人體肌肉與組織的延展能力及增進柔軟度的效果有關。然而，一般伸展運動處方建議，訓練時間約須五週、每週進行兩次以上、每次伸展持續時間需使用 6~60 秒、每次總訓練時間約 30 分鐘，即可顯著增進柔軟度的效果 (林正常，1990)。一般伸展運動約可分為：靜態伸展 (static stretching, SS)、彈震式伸展 (ballistic stretching, BS) 與本體感覺神經肌肉促進術 (proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF) 等方式 (Pollock 等，1998)。其中，SS 對於提升柔軟度的效果與使用 PNF 方式是類似的 (Hardy & Jones, 1986; Steinberg, 1985;

Walter, Figoni, Andres, & Brown, 1996)，並且這兩種伸展運動均比使用 BS 較來得安全 (Wallin, Ekblom, Grahn, & Nordenborg, 1985)。然而，有一些研究卻認為 PNF 伸展運動對於提升柔軟度的效果較 SS 和 BS 方式來得好 (Etnyre & Abraham, 1986; Etnyre & Lee, 1988; Magnusson, 1998; Osternig, Robertson, Troxel, & Hansen, 1990)；不過，最近有一些研究卻發現 SS 對增進柔軟度的效果會比採用 PNF 方式來得好 (Davis, Ashby, McCale, McQuain, & Wine, 2005)。基此來看，到底使用 SS 或者是 PNF 對增進柔軟度的效果何者較好呢？目前仍還未有確鑿的定論。最近的文獻發現，伸展訓練可能具有提升肌力表現以及運動傷害的防治等之效果 (Cross & Worrell, 1999; Handel, Horstmann, Dickhuth, & Gülch, 1997; Hartig & Henderson, 1999)。基此，本文的目的在於針對靜態、彈震式、PNF 等三種不同伸展運動的可能作用機轉、它們對提升柔軟度的效果 (立即及長期) 以及它們在應用上的優缺點 (包括運動表現、運動傷害的防治...) 等三方面，進行相關文獻的綜合探討與分析，並希望藉由本文的介紹，進而可以讓體育教師、運動健身指導者、運動愛好者或醫療相關人員進一步瞭解不同伸展運動的生理意義以及其對增進柔軟度的效果。

## 不同伸展運動的可能作用機轉

徐中盈等 (2000) 指出，影響柔軟度的主要因素，計有：身體組織結構與神經生理等兩方面。在身體組織結構上：包括骨骼、

肌肉、韌帶，以及其他與關節囊有關之構造、肌腱和其它結締組織及皮膚...等方面（林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君，2002）。肌肉和韌帶...等組織皆具有黏彈（viscoelasticity）的特性，而伸展會改變其黏彈性、降低組織的僵直性（stiffness）、增加順應性（compliant），進而提升其延展的能力（Alter, 2004）。

在神經生理方面：包括肌梭（muscle spindle）與高爾肌腱器（Golgi tendon organ, GTO）。肌梭是肌肉內主要的感覺器官，可以監測牽張的速度及時間，並且可以感覺肌肉長度的變化，肌梭的纖維可以感覺出肌肉被牽張的速度。從肌梭發出的主要（第一型，type Ia）及次要（第二型，type II）傳入神經纖維，分別與  $\alpha$  及  $\gamma$  運動神經元相連接。所以當開始伸展時，因主要運動終板（primary endings）的 Ia 軸突的伸展閾值比次要運動終板的 II 軸突低，因此 Ia 軸突會啟動一個高頻的興奮性電位，可以誘發肌梭外及肌梭內的肌肉纖維收縮，而當肌梭維持一個新的長度時，II 軸突會使興奮性電位下降，使肌肉逐漸的放鬆（徐中盈等，2000）。而高爾肌腱器是位於肌肉-肌腱連接處的附近，它可以感覺出肌肉被動牽張或主動收縮時的張力；當肌肉的張力過大時，高爾肌腱器會被激發，抑制  $\alpha$  運動神經元的活動，以降低肌肉的張力，故它是一種肌肉的保護作用機轉（林正常等，2002；徐中盈等，2000）。

從上述伸展運動的基本作用機轉之觀點，以下部分將針對靜態、彈震式、PNF 等三種不同伸展運動對提升柔軟度的主要作

用機轉做進一步的介紹：

#### 靜態伸展

它是一般大眾以及運動員最常用來增進柔軟度的方法，它是一種低強度、具持續性、緩慢的伸展方法，此方法的主要作用原理為：當進行此伸展方式過程中，能降低神經肌肉傳入訊息的靈敏性、產生 H-反射作用（Weerapong, Hume, & Kolt, 2004）、較不易刺激到牽張反射（stretch reflex）時所增加肌肉的張力、能使肌肉張力降到最低，進而避免因伸展所造成肌肉及肌肉-肌腱間的拉傷（Beaulieu, 1981）。它可能也具有抑制肌肉對痛的感受，提高肌肉對伸張及疼痛的耐受性（Halbertsma 等，1996）。基此來看，它是一種改善柔軟度最安全的方法（林正常，1990；Weerapong 等，2004）。

#### 彈震式伸展

它是一種高強度、短時間、快速反彈（bouncing）的伸展動作，此伸展可以增加關節活動範圍（range of motion, ROM）（徐中盈等，2000）。雖然在反覆進行此種伸展運動最終的目的，可以抑制 GTO、降低動作電位與 H-反射作用（Weerapong 等，2004），但是在進行此伸展方式初期，容易刺激肌梭中的  $\gamma$  運動神經纖維、牽張反射、增加肌肉張力、黏滯性、僵硬性，並且對於伸展時所產生的應力-放鬆（stress-relaxation）與潛變（creep）無法獲得足夠的時間適應，進而可能容易引起肌肉或結締組織拉傷以及產生酸痛的情況（Alter, 2004）。因此，該伸展方式被認為是一種較不安全的方法（林正常，1990；徐中盈等，2000）。

## PNF 伸展

Pollock 等 (1998) 指出，PNF 伸展技巧是一種在開始先進行約 6 秒等長收縮之後，緊接著進行靜態伸展 10~30 秒的操作方式；它是一種同時針對作用肌與拮抗肌交互收縮（誘發）與放鬆（抑制）的方式。它主要的可能作用機轉：在於一開始以作用肌群進行收縮（誘發），以增加該肌肉與肌肉-肌腱單元的張力，進而激發 GTO 達到抑制  $\alpha$  運動神經元的活動；之後，再讓該肌肉放鬆降低張力，接下來讓作用肌群施以被動靜態伸展，此過程也同樣能激發 GTO 抑制肌肉的張力，亦能促使該作用肌易於伸展至較大的 ROM (Alter, 2004)。因此，該伸展方式能

降低神經興奮性電位的傳導與降低神經性牽張反射 (Etnyre & Abraham, 1986; Etnyre & Lee, 1987)，進而幫助肌肉達到放鬆的效果，故它可能是一種增進柔軟度的有效方法之一 (Brook, Fahey, White, & Baldwin, 2000; Wilmore & Costill, 1993)。目前一般較常被使用的 PNF 伸展方式，計有：收縮-放鬆法 (contract-relax, CR)、固定-放鬆法 (hold-relax, HR) 與收縮-放鬆合併拮抗肌收縮法 (contract-relax antagonist-contrast, CRAC) 以及緩慢反轉-固定-放鬆法 (slow reversal-hold-relax, SRHR)。這些不同 PNF 伸展運動的特點、動作描述以及生理功能，表一之內容和說明。

表一 不同 PNF 伸展運動介紹與比較

|      | CR   | CRAC  | HR  | SRHR  |
|------|--|---|---|---|
| 特點   | 給予僵硬的肌肉最大等長收縮的阻力，再讓肌肉放鬆，以增加肌肉 ROM。   | 與 CR 方法類似   | 給予肌肉等長收縮的阻力，再讓肌肉放鬆。   | 1.由一方向轉換成相反方向的主動動作，轉換方向時不停頓或休息；<br>2.使肌肉做交替等長或等張收縮並同時給予阻力。  |
| 動作描述 | 1.患者先將關節擺在最大被動 ROM；<br>2.要求患者將該僵硬的肌肉進行最大等長收縮（至少 5 秒）協助者給予阻力，收縮之後兩者皆放鬆；<br>3.接著患者再度將關節主動（或被動）移動至最大 ROM 並重複進行上述流程。 | 與 CR 方式差別在，當患者進行最大等長收縮之後，患者在放鬆後需先進行作用肌群向心收縮，接著進行主動或被動伸展至最大 ROM。 | 1.患者先將關節擺在最大被動活動度下；<br>2.使患者以其受限的肌肉或有問題的動作模式做等長收縮（至少 5 秒）協助者緩慢給予阻力，沒有任何動作發生之後兩者皆放鬆；<br>3.接著患者再度將關節主動（或被動）移動至最大活動度並重複進行上述流程。 | 1.先進行拮抗肌的等張收縮後，當動作達最大主動活動範圍時；<br>2.協助者給予更改方向的口令，期間不要休息；<br>3.當患者開始朝相反方向活動時，協助者同時也給予一個與活動方向相反的等張阻力（作用肌進行等張收縮），當達到最大主動活動範圍時則結束。 |
| 功能   | 1.增加被動肌肉 ROM。  | 1.增加被動肌肉 ROM。   | 1.增加被動肌肉 ROM；<br>2.降低疼痛。  | 1.增加主動 ROM；<br>2.增加肌肉力量；<br>3.改善動作協調度；<br>4.避免或減緩疲勞。  |

(資料來源：徐中盈、陳昭慧、陳韻茹、蔡佩真與洪素梅，2002)。

## 不同伸展運動對提升柔軟度的效果

### 短期伸展運動對柔軟度的立即效果

目前文獻顯示，伸展運動可立即提升柔軟度 (Ferber, Osternig, & Gravelle, 2002; Zakas, 2005; Zakas, Balaska, Grammatikopoulou, Zakas, & Vergou, 2005)，但僅能維持短暫的效果而已 (DePino, Webright, & Arnold, 2000; de Weijer, Gorniak, & Shamus, 2003)。例如，Zakas (2005) 針對 15 名青少年（約 16 歲）足球員下肢（包括，髖關節、膝關節、腳踝），分別進行三種不同伸展持續時間（30 秒、15 秒、5 秒）訓練，並探討其對 ROM 立即效果的影響。以隨機方式讓受試者各分別進行一次 30 秒 x 1 次、15 秒 x 2 次或 5 秒 x 6 次的伸展（次與次之間休息至少 10 秒）之後，發現髖關節屈曲（9.4 度、8.4 度、10.1 度）、髖關節伸展（6.3 度、5.9 度、6.5 度）、髖關節外展（4.9 度、5.0 度、4.9 度）、膝關節屈曲（4.2 度、4.0 度、4.0 度）、踝關節內屈（2.8 度、2.9 度、3.6 度）皆可顯著提升下肢的 ROM，但是這三種伸展之間對增進 ROM 效果方面則無差異；該研究認為一次 30 秒的伸展，同樣能達到 2 次 15 秒，6 次 5 秒所增進青少年下肢 ROM 的效果。

Zakas 等 (2005) 以隨機方式讓 20 名女性老年人（65~85 歲）使用下肢（包括，髖關節、膝關節、腳踝）與軀幹，進行三種不同持續時間（15 秒 x 4 次、30 秒 x 2 次、60 秒 x 1 次，次與次之間休息至少 10 秒）的靜態伸展運動，以探討其對 ROM 立即效果的影響。其結果發現使用三種不同伸展的持續時間，皆能立即顯著提升下肢與軀幹的 ROM（髖關節屈曲進步 7.1~7.5 度、髖關

節伸展進步 6.9~7.8 度、髖關節外展進步 5.7~6.2 度、膝關節屈曲進步 6.1~6.6 度、踝關節背屈進步 4.3~4.7 度、軀幹屈曲進步 9.6~10.3 度）且三組之間對於增進 ROM 的效果方面則無差異，該研究顯示進行一次 60 秒的伸展對增進老年人下肢與軀幹 ROM 的效果，與進行 2 次 30 秒或 4 次 15 秒伸展的效果是一樣的。

DePino 等 (2000) 以隨機方式將 30 名男性受試者分成控制組（共 15 名），不進行伸展）與實驗組（共 15 名，針對右腿腿後腓肌進行每次靜態伸展 30 秒及休息 15 秒方式，共伸展 4 次），以探討不同兩組在伸展前以及伸展後的六個不同時間點（第 1、3、6、9、15、30 分鐘），對腿後腓肌柔軟度的變化情形。結果發現，實驗組的柔軟度在伸展後第 1（ $142.4 \pm 13.2$  度）與第 3 分鐘（ $141.2 \pm 14.3$  度）均比控制組（ $127.1 \pm 13.7$ ~ $134.6 \pm 13.8$  度）顯著進步。基此，靜態伸展可顯著提升柔軟度（5.6~6.8 度），但是僅能維持約 3 分鐘之久的效果而已。此外，de Weijer 等 (2003) 以隨機方式將 56 名受試者分成：熱身活動（以 70% 最大心跳率強度，進行 10 分鐘登階運動）合併靜態伸展、靜態伸展（每伸展 30 秒就休息 10 秒方式，反覆進行三次=一回合）、熱身活動與控制組（每組的男、女生各 7 名）。結果發現，與處理前的前測值相比，僅熱身合併伸展組（進步 10.2~14 度）與靜態伸展組（進步 7.7~13.1 度）在伸展後不同時間點（伸展後第 0、15 和 60 分鐘、4 及 24 小時）有顯著提升柔軟度的效果而已；但是，伸展組與熱身合併伸展組在不同測量時間點所測得

柔軟度值則無差異；另外，控制組與熱身活動組之間，在不同測量時間的前後之柔軟度亦無差異。基此，實施靜態伸展雖然會顯著提升柔軟度，但其效果最多僅能維持約 24 小時之久而已，在伸展運動前給予額外的熱身活動，似乎對提升柔軟度無額外的效益。長期伸展訓練對改善柔軟度的效果

長期進行伸展訓練可以顯著提升柔軟度，但是其進步的效果會因使用不同伸展方式做訓練而有所差異 (Bandy & Irion, 1994; Chan, Hong, & Robinson, 2001; Davis 等, 2005; Etnyre & Lee, 1988; Feland, Myrer, Schulthies, Fellingham, & Measom, 2001; Ford, Mazzone, & Taylor, 2005; Wallin 等, 1985)。例如，靜態伸展訓練約可進步 23.7 度、彈震式伸展訓練可進步 1.4~3.5 度、PNF (ACR 方式) 進步 13.1 度。

Davis 等 (2005) 以隨機方式，將一群男、女性受試者分派至自主伸展、靜態伸展組、PNF (ACR) 伸展組及控制組 (每組男 3 名、女 2 名) 之中，讓受試者使用腿後腓肌群進行連續四週的伸展訓練 (伸展訓練組皆統一每週僅進行 3 次 30 秒的伸展)；其結果發現，自主伸展 (進步 11.5 度)、靜態伸展 (進步 23.7 度)、PNF 組 (進步 13.1 度) 在經過 4 週訓練之後的柔軟度均顯著進步，但是僅靜態伸展組的 ROM 顯著大於控制組 (進步 2.3 度) 而已。

Ford 等 (2005) 將 35 名受試者 (使用腿後腓肌) 分派至 30 秒伸展組 (男 6 名、女 1 名)、60 秒伸展組 (男 3 名、女 4 名)、90 秒伸展組 (男 6 名、女 1 名)、120 秒伸展組 (男 5 名、女 2 名) 以及控制組 (男 4

名、女 3 名)。其中，這四個不同伸展組進行連續 5 週的伸展訓練、每週訓練 7 天、每天訓練一次。該研究發現，30 秒組進步 3.6 度、60 秒組進步 1.9 度、90 秒組進步 2.6 度、120 秒組進步 2.2 度、控制組減少 3.2 度；四個不同伸展組的 ROM 皆比控制組顯著進步，但是四個不同訓練組之間則無顯著差異。基此，每次靜態伸展訓練的持續時間使用 30 秒，即可顯著提升 ROM。Bandy and Irion (1994) 顯示，連續 6 週 (每週訓練 5 天、每天進行一次 15、30、60 秒) 的腿後腓肌群靜態伸展訓練之後，30 秒伸展組的柔軟度 (膝關節伸展角度) 進步 13 度、60 秒伸展組進步 11 度、15 秒伸展組則進步 4 度。其中，30 秒與 60 秒伸展組的柔軟度進步程度顯著的比 15 秒伸展組來得好，但是 30 秒與 60 秒伸展組之間則無顯著差異。

類似的研究結果亦在 Feland 等 (2001) 得到印證。該研究以隨機方式將 62 名老年人 ( $\geq 65$  歲) 分派至控制組 (男 3 名、女 10 名，不進行伸展)、伸展 15 秒組 (男 3 名、女 14 名)、伸展 30 秒組 (男 4 名、女 11 名) 及伸展 60 秒組 (男 5 名、女 12 名)；這三個不同伸展組，皆針對下肢腿後腓肌進行被動靜態伸展訓練，每週則需訓練五天、每天進行重複四次的伸展動作、次與次之間休息 10 秒、共訓練六週，並且除了進行前測 (訓練前) 之外，分別在六週伸展訓練期間、以及六週後的四週恢復期期間 (不進行伸展訓練)，每週需接受一次柔軟度的測量。並探討三個不同伸展訓練時間組增進與維持柔軟度的效果。該研究顯示，在六週的訓練期間，15 秒組每週可進步 0.6 度、30

秒組每週可進步 1.3 度、60 秒組每週進步 2.4 度，並且在四週的恢復期間，其中 15 秒組每週平均維持 0.7 度的效果、30 秒組 0.8 度、60 秒組 5.4 度。因此，在四組之間以使用 60 秒做伸展訓練對增進柔軟度的效果最好，並能使其進步的柔軟度效果維持最久。

Chan 等 (2001) 將 40 名受試者隨機分派至八週靜態伸展組、四週靜態伸展組以及兩組不做伸展訓練的控制組（每組男 6 名、女 4 名）。其中，八週靜態伸展組：每靜態伸展 30 秒就休息 30 秒，並以此方式讓受試者之慣用腳每天總共重複進行五次、每週訓練三天、持續訓練八週；四週靜態伸展組：每靜態伸展 30 秒就休息 30 秒，並以此方式讓受試者每天總共重複進行 10 次、每週訓練三天、持續訓練四週。該研究發現八週伸展訓練之後，膝關節 ROM 顯著進步了 11.2 度，四週靜態伸展之後，膝關節 ROM 則顯著進步了 8.9 度。但是，進行 4 和 8 週伸展訓練之後，對提升 ROM 的效果卻無統計差異。

Etnyre and Lee (1988) 以探討長期伸展訓練對提升肩部與髖關節柔軟度的影響是否會有性別差異。該研究發現，在進行 12 週伸展訓練之後，SS、CR 和 CRAC 不同伸展組的柔軟度（例如：男生 SS 和 CR 組的 ROM 約進步 5~8 度、CRAC 組的 ROM 約進步 9~20 度、控制組的 ROM 約退步 2~7 度；女生 SS 組的 ROM 約進步 0~12 度、CR 組的 ROM 進步 6~26 度、CRAC 組的 ROM 進步 7~22 度、控制組的 ROM 退步 0~4 度）進步程度均顯著比控制組大，且男女生進行 CR 與 CRAC 之後，則髖、肩關

節 ROM 進步的程度顯著優於靜態伸展組，但是男女性之間則無性別差異。

## 不同伸展運動的優缺點

Bandy 等 (1997)、Hartig and Henderson (1999) 與 Knapik, Jones, Bauman, and Harris (1992) 指出，伸展運動對人體的肌肉關節與其他組織部份均具有提升柔軟度的效果，進而可能可以達到預防及降低運動傷害的發生，並且也可以增進諸如體操、跳水、舞蹈...等運動項目的成績表現。不過，進行伸展運動也可能會產生一些負面的效果。例如：暫時性肌力下降、血壓上升、跳躍能力與跑步經濟性下降等現象 (Thacker, Gilchrist, Stroup, & Kimsey, 2004)。基於此，表二將針對不同伸展運動的優缺點進行相關文獻的探討與比較。

### 不同伸展運動的優點

#### (一) SS

誠如之前所言，SS 可提升柔軟度、降低肌肉的僵直效果、降低運動中肌肉損傷、加速康復、操作簡單、不受場地設備限制等優點 (Cross & Worrell, 1999; Malliaropoulos, Papalexandris, Papalada, & Papacostas, 2004)。例如，Cross and Worrell 在運動訓練前讓運動選手先進行伸展訓練的話，可顯著降低選手在隨後進行運動訓練期間的下肢損傷之發生率 (14~28%)。Malliaropoulos 等 (2004) 發現，利用較多反覆次數的靜態伸展似乎能增進患有二級腿後腱肌損傷的恢復速度。

#### (二) BS

BS 具有增進與運動成績表現的動態柔軟度、降低肌肉的僵直效果、不受場地設備限制等優點。例如，在許多動態活動中，利用該彈震式伸展運動能有效增進動態活動中的活動範圍，可能能利於運動表現 (Alter, 2004)。

### (三) PNF

PNF 具有增進柔軟度、增加肌力、降低肌肉的僵直效果等作用。例如，Handel 等 (1997) 發現，八週 CR 訓練之後，其股四頭肌主、被動柔軟度分別增進  $2.6 \pm 4.9$  度與  $6.3 \pm 7.5$  度，腿後腓肌被動柔軟度增加  $5.6 \pm 6.6$  度，但控制組（未訓練腳）則無顯著變化且與 CR 組有顯著差異。而股四頭肌等速離心肌力（120 度/秒與 60 度/秒）分別增進 23.0% 與 18.9%，腿後腓肌則分別增進 16.5% 與 18.2%，在最大等長肌力僅腿後腓肌增進 11.3%，在等速向心肌力僅腿後腓肌於（60 度/秒、180 度/秒與 240 度/秒）分別增進 9.4%、8.0% 與 10.4%。此外，在相對離心肌力變化百分比方面，兩肌群之最大力矩（提升 21.6%）與作功（提升 12.9%）皆顯著優於控制組。

不同伸展運動的缺點

#### (一) SS

SS 可能具有降低肌力、肌耐力、降低反應與移動時間、造成損傷等缺點。例如，Behm, Button, and Butt (2001) 發現，在進行 20 分鐘 SS 之後，會使其 MVC 值顯著下降 20% (SS 組 MVC 顯著低於控制組)。Behm, Bambury, Cahill, and Power (2004) 發現，先前的伸展運動不會影響隨後進行 MVC 測驗的結果，但會降低平衡能力與增

加反應時間和移動時間（指變慢）。Smith 等 (1993) 發現，雖然在進行 SS 和 BS 之後的心跳率與局部自覺量表方面無顯著差異，但是 SS 和 BS 組在伸展運動後的第 24 小時 (SS 組 =  $3.2 \pm 2.5$ 、BS 組 =  $2.5 \pm 2.7$ ) 及 48 小時 (SS 組 =  $3.1 \pm 3.2$ 、BS 組 =  $1.8 \pm 2.0$ ) 的延遲肌肉酸痛 (DOMS) 值較伸展前 (SS 組 =  $1.0 \pm 0.0$ 、BS 組 =  $1.0 \pm 0.0$ ) 顯著上升，且 SS 組的 DOMS 值顯著比 BS 組高 ( $p < .05$ )，而在 CK 值方面：與伸展前相比較起來 (SS 組 =  $85 \pm 22$  U/L、BS 組 =  $80 \pm 29$  U/L)，在 SS 和 BS 之後第 24 小時，CK 顯著的升高 (SS 組 =  $127 \pm 76$  U/L、BS 組 =  $139 \pm 56$  U/L) ( $p < .05$ )。因此，從事長時間且持續性的 SS 或 BS 運動，會引起肌肉損傷的現象。

#### (二) BS

BS 可能會降低肌力、降低 SSC 能力、容易引起肌肉傷害、酸痛等缺點。例如，如先前所提，此伸展運動易引起肌肉損傷與降低肌力 (Smith 等, 1993)。

#### (三) PNF

PNF 可能具有降低垂直跳高度、伸展過程肌肉不易放鬆與增加肌張力、血壓升高、操作複雜且需足夠經驗及練習、須要他人的協助或儀器才可進行等限制。例如，Cornelius, Jensen, and Odell (1995) 顯示，PNF 伸展之後可有效提升髖關節活動度約 18 度，但是在進行 PNF 過程中的收縮壓會顯著的上升（舒張壓則沒有進行不同測量時期間的比較），特別是在 PNF 進行至第三次時皆會使收縮壓顯著的上升。基此，進行 1~2 次的 PNF 伸展能有效提升髖關節活動

度且避免血液收縮壓的上升，所以如果針對高血壓或心臟疾病患者進行 PNF 伸展運動時，建議應使用少於三次的 PNF 做伸展訓練。

**表二 不同伸展運動優、缺點比較**

|    | 靜態伸展   | 彈震式伸展                                | PNF  |
|----|--|--------------------------------------|--|
| 優點 | 增進柔軟度、降低肌肉的僵直效果、降低運動中肌肉損傷、加速康復、操作簡單、不受場地設備之限制。 | 增進與運動表現有關的動態柔軟度、降低肌肉的僵直效果、不受場地設備之限制。 | 增進柔軟度、增加肌力、降低肌肉的僵直效果。  |
| 缺點 | 降低肌力、降低平衡、肌耐力、降低反應與移動時間、可能造成損傷。                | 降低肌力、降低 SSC 能力、容易引起肌肉傷害、酸痛。          | 降低垂直跳高度、伸展過程肌肉不易放鬆且會增加肌張力、血壓升高、操作複雜且需足夠經驗及練習、須要藉由他人的協助或儀器才可進行。 |

(資料來源：綜合自 Behm 等, 2001, 2004; Chan 等, 2001; Cross & Worrell, 1999; Ferber 等, 2002; Malliaropoulos 等, 2004; Nelson, Kokkonen, & Arnall, 2005)。

## 結語及未來研究方向

伸展可以增加柔性度，其分為靜態、彈震式和 PNF 等三種方式。其中，(一)靜態伸展的主要機制，在於它能降低神經肌肉傳入訊息的靈敏性與產生 H-反射作用且較不易刺激到牽張反射時所增加肌肉的張力，能使肌肉張力降低，進而避免因伸展所造成肌肉及肌肉-肌腱間的拉傷。它可能也具有抑制肌肉的痛覺、提高肌肉對伸張及疼痛的耐受性，故為一種改善柔軟度最安全的方法(林正常, 1990; Weerapong 等, 2004)。(二)彈震式伸展的主要作用，在於抑制 GTO、降低動作電位與 H-反射作用(Weerapong 等, 2004)，但在進行此伸展的初期，容易刺激肌梭中的  $\gamma$  運動神經纖維、牽張反射、增加肌肉張力、黏滯性、僵硬度，並且對於伸展時所產生的應力-放鬆與潛變無法獲得足夠的時間適應，而且可能容易引起肌肉或結締組織拉傷以及產生酸痛的情況(Alter, 2004)。所以該伸展方式被認為是一種較不安全的方法(徐中盈等, 2000)。(三)然

而，PNF 伸展的主要作用，在於降低神經興奮性電位的傳導與降低神經性牽張反射，並幫助肌肉達到放鬆，故它也可能是一項增進柔軟度的有效方法之一(Brook 等, 2000)。

雖然目前文獻顯示，伸展運動可以立即提升柔軟度(Ferber 等, 2002; Zakas, 2005)，但是僅能維持短暫的效果而已(DePino 等, 2000; de Weijer 等, 2003)。使用 6 次 5 秒或 2 次 15 秒的伸展方式，同樣能達到一次進行連續 30 秒伸展所產生的柔軟度之立即效果；同樣地，進行一次連續伸展 60 秒亦可達到 4 次 15 秒以及 2 次 30 秒伸展所引起增進柔軟度的立即效果。進行長期伸展訓練也可顯著提升柔軟度，例如使用靜態伸展做訓練約可進步 23.7 度、彈震式伸展訓練約進步 1.4~3.5 度、PNF (ACR 方式)約可進步 13.1 度(Bandy and Irion, 1994; Chan 等, 2001; Davis 等, 2005; Etnyre and Lee, 1988; Feland 等, 2001; Ford 等, 2005; Wallin 等, 1985)。此外，進行 4~8 週的靜態伸展訓練(每次伸展 30 秒或 60 秒)對增

進柔軟度的效果會最明顯。不過，單次進行超過 20 分鐘伸展運動，反而會引起肌肉損傷、產生肌肉酸痛、降低運動成績表現(MVC 顯著的下降)。Behm 等 (2004) 發現，下肢肌群進行一回合靜態伸展（每伸展 45 秒休息 15 秒的方式進行三次）之後，會立即降低平衡能力、反應能力、移動能力以及敏捷性的表現。所以未來的研究可能可以探討進行正式運動訓練或參加比賽之前，須進行低於多少次的伸展運動，才不致於造成肌力、反應時間、移動能力以及敏捷性的表現下降，同時又有助於運動成績表現。另外，PNF 伸展運動可同時增進柔軟度以及肌力的效果，但是進行 PNF 伸展方式時卻容易引起血壓升高。基此，不宜讓高血壓或是有心臟疾病患者連續反覆進行超過三次的 PNF 伸展運動 (Cornelius 等, 1995)，如此才能避免進行 PNF 引起血液突然升高所引起的危險性。因此，體育教師、運動健身指導者或醫療相關人員應對進行 PNF 可能引起的生理反應有所認識，進而在指導患有高血壓或心臟疾病患者進行運動健身的課程時，應儘量避免選用 PNF 做為其伸展運動的方式。

## 引用文獻

- 林正常 (1990) : **運動科學與訓練**。台北：銀禾文化出版社。
- 林正常、林貴福、徐台閣、吳慧君 (譯) (2002) : **運動生理學：體適能與運動表現的理論與應用**。台北市：麥格羅希爾。(Powers, S. K., & Howley, E. T., 1990)。
- 徐中盈、陳昭慧、陳韻茹、蔡佩真、洪素梅 (譯) (2002) : **本體感覺神經肌肉誘發術**。台北市：合記圖書出版社。(Adler, S. S., Beckers, D., & Buck, M., 1998)。
- 徐中盈、陳韻茹、洪素梅、蔡佩真、范姜玄怡、陳昭慧 (譯) (2000) : **運動治療學-基礎與技術**。台北市：合記圖書出版社。(Kisner, C., & Colby, L. A., 1996)。
- Alter, M. J. (2004). *The science of flexibility* (3<sup>rd</sup> ed). IL: Human Kinetics.
- Bandy, W. D., & Irion, J. M. (1994). The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy*, 74(9), 845-850.
- Bandy, W. D., Irion, J. M., & Briggler, M. (1997). The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy*, 77(10), 1090-1096.
- Beaulieu, J. E. (1981). Developing a stretching program. *The Physician and Sports Medicine*, 9, 59-69.
- Behm, D. G., Button, D. C., & Butt, J. C. (2001). Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(3), 262-272.
- Behm, D. G., Bambury, A. Cahill, F., & Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1397-1402.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., & Baldwin, K. M. (2000). *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications* (3<sup>rd</sup> ed). Mountain View, CA: Mayfield.
- Chan, S. P. Hong, Y., & Robinson, P. D. (2001). Flexibility and passive resistance of the hamstrings of young adults using two different static stretching protocols. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 11, 81-86.
- Cornelius, W. L., & Hands, M. R. (1992). The effect of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique. *Journal of Athletic Training*, 27 (2), 112-114.
- Cornelius, W. L., Jensen, R. L., & Odell, M. E. (1995). Effects of PNF stretching phases on acute arterial blood pressure. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(2), 222-229.
- Cross, K. M., & Worrell, T. W. (1999). Effects of a static stretching program on the incidence of lower extremity musculotendinous strains.

- Journal of Athletic Training*, 34(1), 11-14.
- Davis, D. S., Ashby, P. E., McCale, K. L., McQuain, J. A., & Wine, J. M. (2005). The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 27-32.
- DePino, G. M., Webright, W. G., & Arnold, B. L. (2000). Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *Journal of Athletic Training*, 35(1), 56-59.
- de Weijer, V. C., Gorniak, G. C., & Shamus, E. (2003). The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33(12), 727-733.
- Etnyre, B. R., & Abraham, L. D. (1986). H-reflex changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63, 174-179.
- Etnyre, B. R., & Lee, E. J. (1987). Dialogue, comments on proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58, 184-188.
- Etnyre, B. R., & Lee, E. J. (1988). Chronic and acute flexibility of men and woman using three different stretching techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(5), 222-228.
- Feland, J. B., Myrer, J. W., Schulthies, S. S., Fellingham, G. W., & Measom, G. W. (2001). The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Physical Therapy*, 81(5), 1100-1117.
- Ferber, R., Osternig, L. R., & Gravelle, D. C. (2002). Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12, 391-397.
- Ford, G. S., Mazzone, M. A., & Taylor, K. (2005). The effect of 4 different durations of static hamstring stretching on passive knee-extension range of motion. *Journal of Sport Rehabilitation*, 14, 95-107.
- Hardy, L., & Jones, D. (1986). Dynamic flexibility and proprioceptive neuromuscular facilitation. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 150-153.
- Halbertsma, J. P., van Bolhuis A. I., & Goeken, L. N. (1996). Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(7), 688-692.
- Handel, M., Horstmann, T., Dickhuth, H.-H., & Gülch, R. W. (1997). Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 76, 400-408.
- Hartig, D. E., & Henderson, J. M. (1999). Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *American Journal of Sports Medicine*, 27(2), 173-176.
- Henricson, A. S., Fredriksson, K., Persson, I., Pereira, R., Rostedt, Y., & Westlin, N. E. (1984). The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 6(2), 110-115.
- Knapik, J. J., Jones, B. H., Bauman, C. L., & Harris, J. M. (1992). Strength, flexibility and athletic injuries. *Sports Medicine*, 14(5), 277-288.
- Magnusson, S. P. (1998). Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers: A review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8, 65-77.
- Mazzeo, R. S., Cavanagh, P., Evans, W. J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E., et al. (1998). ACSM position stand on exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 991-1008.
- Malliaropoulos, N., Papalexandris, S., Papalada, A., & Papacostas, E. (2004). The role of stretching in rehabilitation of hamstring injuries: 80 athletes follow-up. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 756-759.
- Nelson, A. G., Kokkonen, J., & Arnall, D. A. (2005). Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 338-343.
- O'Connor, D. M., Crowe, M. J., & Spinks, W. L. (2006). Effects of static stretching on leg power during cycling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(1), 52-56.
- Osternig, L. R., Robertson, R. N., Troxel, R. K., & Hansen, P. (1990). Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretch techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(1), 106-111.

- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J.-P., Dishman, R. D., Franklin, B. A., et al. (1998). 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.
- Smith, L. L., Brunetz, M. H., Chenier, T. C., McCammon, M. R., Houmard, J. A., Franklin, M. E., et al. (1993). The effects of static and ballistic stretching on delayed onset muscle soreness and creatine kinase. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64(1), 103-107.
- Steinberg, F. (1985). Gait disorders of the aged. *Journal of the American Geriatrics Society*, 33, 537-540.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey, C. D. Jr. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: A systematic review of the literature. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 371-378.
- Wallin, D., Ekblom, B., Grahn, R., & Nordenborg, T. (1985). Improvements of muscle flexibility. A comparison between two techniques. *American Journal of Sports Medicine*, 13(4), 263-268.
- Walter, J., Figoni, S. F., Andres, F. F., & Brown, E. (1996). Training intensity and duration in flexibility. *Clinical Kinesiology*, 50, 40-45.
- Weerapong, P., Hume, P. A., & Kolt, G. S. (2004). Stretching: mechanisms and benefits for sport performance and injury prevention. *Physical Therapy Reviews*, 9(4), 189-206.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1993). *Training for Sport and Activity*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Zakas, A. (2005). The effect of stretching duration on the lower-extremity flexibility of adolescent soccer players. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9, 220-225.
- Zakas, A., Balaska, P., Grammatikopoulou, M.G., Zakas, N., & Vergou, A. (2005). Acute effects of stretching duration on the range of motion of elderly women. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9, 270-276.

## The Effects of Different Stretches on the Physiological Response

Che-Hsiu. Chen<sup>\*1</sup> & Trevor C. Chen<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Graduate Institute of Physical Education, Health, and Leisure Studies,

<sup>2</sup>Department of Physical Education, National Chiayi University

### ABSTRACT

Stretching exercise, which we can roughly classify it into ballistic, static, and PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) stretches, can raise the effectiveness related to the extensibility of muscle, soft tissues and the flexibility of joints. Among them above, both static and PNF are safer than ballistic. Nevertheless, the static way widely used most for public and athletes improves their flexibility for its simplicity and without additional assistance (Wallin, Ekblom, Grahn, & Nordenborg, 1985). Each sort of them, according to research we can find lately, benefits flexibility, yet we cannot reach a certain agreement that whether static is for the best result. Let's take a look; some research indicated that both static and PNF are much the same on raising flexibility (Hardy & Jones, 1986), others opined that PNF is better than static and ballistic (Magnusson, 1998). However, a little research showed that static benefits more than PNF (Davis et al., 2005). Besides, in the others, stretching exercise can improve strength of muscles, physical performances shown on grades, no more than flexibility (Cross & Worrell, 1999; Hartig & Henderson, 1999; O'connor, Crowe, Spinks, 2006). Based on what's above, I want to introduce the possible function from different stretching mechanisms first. Further we can comprehensively analyze and discuss their implication, advantages and flaws on concerning theories, which focuses on each way to improving flexibility (Covering instant and long-term results: flexibility, strength of muscles, etc.). Eventually, the purpose of this research is provided as a piece of reference relating to physical reaction induced by different stretches for PE teachers, sport fitness instructors, exercise enthusiasts or those who work concerning medical services.

**Keywords: stretching exercise, flexibility, range of motion, performance, muscle strength**