

## 神經肌肉電刺激對羽毛球蹬跨步靈敏性的影響

陳朝福<sup>1\*</sup> 沈成東<sup>2</sup> 王舒凡<sup>2</sup> 廖強<sup>2</sup> 尹杰<sup>2</sup> 譚文鋒<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> 淮北師範大學體育學院 教師

<sup>2</sup> 淮北師範大學體育學院 學生

### 摘 要

**目的：**本研究主要探究神經肌肉電刺激對羽毛球蹬跨步靈敏性的影響並比較各個瞬間的運動學差異。**方法：**8名師範大學體育學院羽毛球專項男性大學生作為研究對象(皆沒接觸過神經肌肉電刺激)，其平均身高 $174.75 \pm 4.17$ 公分，體重 $69.75 \pm 5.75$ 公斤，年齡 $23.63 \pm 1.41$ 歲。第一次實驗(T1)受試者根據實驗要求，進行右前場主動蹬跨步擊球，將羽毛球放置於啟動點右斜45度單打綫上進行光學捕捉拍攝，三天後進行第二次實驗(T2)，先進行20分鐘調頻脈衝治療儀電療後立即進行主動蹬跨步擊球。以描述性統計計算出平均數和標準差，再以Wilcoxon signed-rank test分別考驗T1與T2運動學參數差異，顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。**結果：**在整個蹬伸階段中，蹬伸的總時間T2較T1的時間較短( $z = -2.100, p = 0.036$ )，在蹬伸階段-左腳著地瞬間，髖關節角度(右)T2較T1小( $z = -2.380, p = 0.017$ )，膝關節角度(右)T2較T1小( $z = -2.521, p = 0.012$ )，小腿速度(右)T2較T1快( $z = -2.521, p = 0.012$ )，在蹬伸階段-右腳著地瞬間，小腿速度(右)T2較T1快( $z = -2.240, p = 0.025$ )。**結論：**羽毛球蹬跨步技術特徵在比賽中具有極高的使用頻率，使用NMES介入訓練可以在運動前啟動其肌肉神經，使得更多的肌肉參與運動，使運動員的肌肉更快的進入良好運動狀態，從而提高了運動表現能力。

**關鍵詞：**運動學、運動表現、肌肉活化、電療、羽球

DIO：10.6425/JNHUST.202403\_38(1).0001

\*聯繫作者：淮北師範大學體育學院，中國安徽省淮北市相山區東山路100號。

Tel: 0921-315-578

E-mail: chenchaofo@chnu.edu.cn



# Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation on Badminton Pedal Stride Sensitivity

Chao-Fu Chen<sup>1\*</sup> Cheng-Dong Shen<sup>2</sup> Shu-Fan Wang<sup>2</sup>  
Qiang Liao<sup>2</sup> Jie Yin<sup>2</sup> Wen- Feng Tan<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Physical Education College, Huaibei Normal University/Teacher

<sup>2</sup>Physical Education College, Huaibei Normal University/Student

## Abstract

**Introduction:** This study mainly explores the effect of neuromuscular electrical stimulation on the sensitivity of badminton pedaling and compares the kinematic differences at each moment. **Methods:** 8 male college students specializing in badminton from the Physical Education College of Normal University were used as the research participants (none of them had been exposed to neuromuscular electrical stimulation). Their average height was  $174.75 \pm 4.17$  cm, weight  $69.75 \pm 5.75$  kg, and age  $23.63 \pm 1.41$  years old. In the first experiment (T1), the participants took the initiative to stride and hit the ball in the right front court, and placed the badminton on the 45-degree right oblique singles line at the starting point for optical capture. Three days later, the second experiment (T2) was carried out. After 20 minutes of electrotherapy with frequency modulation pulse therapeutic apparatus, active kicking and stepping were performed immediately. The mean and standard deviation were calculated by descriptive statistics, and then the difference between T1 and T2 kinematic parameters was tested by Wilcoxon signed-rank test, and the significance level was set at  $\alpha = .05$ . **Results:** In the whole stretching phase, the total time T2 of stretching was shorter than that of T1. In the stretching phase - the moment when the left foot touches the ground, the hip joint angle (right) of T2 was shorter than that of T1. Small, knee joint angle (right) T2 was smaller than T1, calf speed (right) T2 was faster than T1, in the push-extension stage - the moment the right foot hits the ground, the calf speed (right) T2 was faster than T1. **Conclusion:** The technical feature of badminton kicking and stepping has a very high frequency of use in the competition. The use of NMES intervention training can activate its muscle nerves before exercise, so that more muscles can participate in the exercise, so that the athletes' muscles can enter a good exercise state faster, thus Improved athletic performance.

**Keywords:** kinesiology, sports performance, muscle activation, electrotherapy, badminton



DIO : 10.6425/JNHUST.202403\_38(1).0001

---

\*Corresponding Author : Physical Education College, Huaibei Normal University. No.

100 Dongshan Road, Xiangshan District, Huaibei City, Anhui Province

Tel: 0921-315-578

E-mail: chenchaoфу@chnu.edu.cn



## 壹、緒論

羽毛球是一個複雜的運動，主要可以分為步法和手法兩類，步法是羽毛球的基礎，羽毛球場上所有的移動都有專屬的步法，有前場步法，中場步法，後場步法 (鄂妍，2020；楊驛、王衛寧，2021)。蹬跨步是利用支撐腿向前、向後、向左、向右等方向充分蹬地借力而產生的腳步位移；跨步是由運動員向前、向後、向左、向右方向跨步，該步法通常伴隨著擊球動作，這兩個動作銜接即為蹬跨步 (陳鬱、劉雲琴，2022；Yu 與 Mohamad，2022)。據研究統計，前場步法中運用較多的就是蹬跨步，不管是網前主動的擊球還是被動的擊球，或者接殺球，蹬跨步是不二之選，他的速度快，回動容易，因此羽毛球比賽中運用較多是前場法中的蹬跨步技術 (魏勇等，2008；Hung 等，2020)。

神經肌肉電刺激 (Neuromuscular electrical stimulation, NMES)，是指採用調頻脈衝電流，刺激肌肉，使肌肉產生收縮記憶從而提高肌肉功能，以及治療神經肌肉疾病的一種手段 (周瑛等，2021)。然而，傳統的運動訓練方法只強調加強肌肉力量，在現代運動訓練中採用 NMES 介入的方法進行訓練，會有更顯著的運動訓練效果 (何嬋等，2022)。NMES 可以作為運動員參賽前和訓練前的熱身運動，可以確保運動員在練習和比賽過程中肌肉收縮達到最佳狀態，從而取得優異的運動成績 (Lima 等，2022)。隨著科學技術的發展，肌肉電刺激訓練已經成為運動訓練領域重要的訓練手段之一 (周瑛等，2021；何嬋等，2022)。在電刺激對運動影響方面，大部分都是研究對力量素質和康復運動後恢復的影響，對羽球靈敏性的研究較少。因此，本研究主要探究神經肌肉電刺激對羽毛球蹬跨步靈敏性的影響並比較各個瞬間的運動學差異。

## 貳、方法

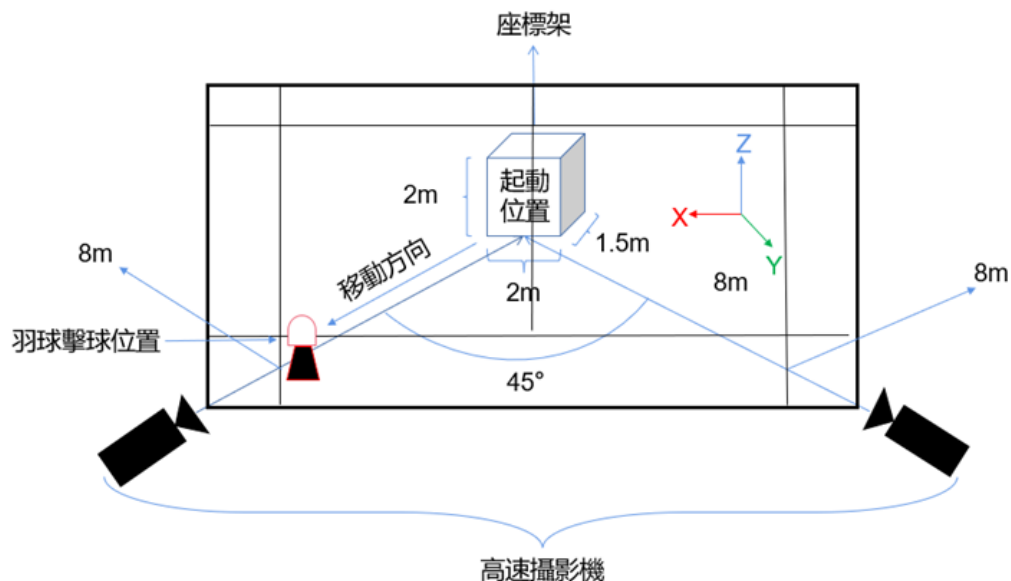
### 一、研究對象

以師範大學體育學院8名沒有進行過神經肌肉電刺激的羽毛球專項男學生 (慣用手為右手) 作為研究對象。研究對象的平均身高 $174.75\text{cm} \pm 4.17\text{cm}$ ，平均體重 $69.75\text{kg} \pm 5.75\text{kg}$  平均年齡 $23.63 \pm 1.41$ 歲。此外，本研究所有執行程式，符合赫爾辛基宣言的標準及規範。

### 二、實驗設計

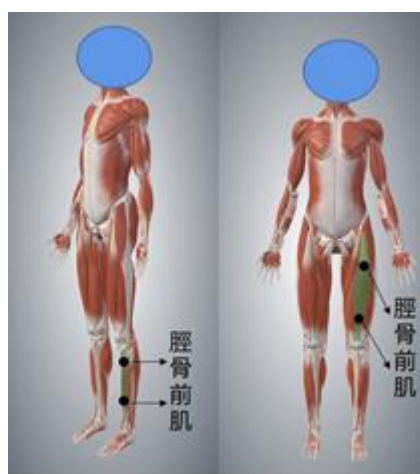
本次實驗是在室內實驗室進行，實驗測試場地如圖一所示，在進行實驗時，必須保證實驗的安全，實驗人員指導受試者進行充分熱身的活動，防止受傷，保證在實驗進行時沒有其他人進入場地。根據實驗的要求放置座標架 (2公尺\*1.5公尺\*2公尺)，X軸是運動的左右方向，Y 軸為運動的前後方向，Z軸為運動的上下方向。兩台攝高速攝影機 (Sony, PXW-FS7H, TOKYO, Japan) 拍攝頻率為120Hz，快門速度為1/1000，擺放位置距離起動點8公尺處，攝影機高度為1公尺，將三維坐標架放置啟動點，鏡頭光軸對準三維坐標架中心處進行拍攝，然後移除座標架。





圖一 實驗場地示意圖

將人體進行21個關節點標記，再增設球拍拍頭一個標記點，一共22個點，貼點完成後，第一次實驗 (T1) 受試者根據實驗要求，進行右前場主動蹬跨步擊球（羽毛球放置於啟動點右斜45度單打綫上），進行光學捕捉拍攝，待三天後，進行第二次實驗 (T2)，首先通過調頻脈衝治療儀（ZN-566，廣州市，中國）進行20分鐘的電療後，立即進行主動蹬跨步擊球。過去研究發現，運動員整個右前場蹬跨步過程，右側主要用力肌肉為雙腿股直肌與脛骨前肌 (魏勇等，2008)。因此，將用調頻電療儀電療刺激雙腿股直肌與脛骨前肌四塊主要肌肉，來引起神經肌肉的興奮，如圖二所示。此外，頻率範圍1000 Hz開始進行刺激，強度設置為研究參與者最大忍受度範圍，其平均股直肌功率 $29.17 \pm 3.84 \text{VA}$ 、脛骨前肌功率 $28.33 \pm 2.85 \text{VA}$ 。



圖二 神經肌肉電刺激示意圖



### 三、資料處理

根據羽毛球正手蹬跨步的動作技術特徵，以及查閱的相關資料和文獻，羽毛球運動中的蹬跨步包括動作階段可分為啟動階段、移動取位階段、引拍階段、揮拍擊球階段與隨揮回位階段 (陳小雷，2022；Yu與Mohamad，2022)。本次實驗將蹬跨步動作分為左腳著地瞬間與右腳著地瞬間，如圖三a與圖三b。



a. 左腳著地瞬間

b. 右腳著地瞬間

圖三 實驗分析階段示意圖

本研究將兩部攝影機所拍攝之影像經由Kwon3D 3.1動作影像分析系統 (Visol, Korea) 進行影像數位元化處理。此外，本研究分析各瞬間點角度分別為：腕關節角度〔肩關節、腕關節與膝關節三點所形成之夾角〕；膝關節角度〔腕關節、膝關節與踝關節三點所形成之夾角〕；踝關節角度〔膝關節、踝關節與腳尖三點所形成之夾角〕，如圖四 (陳朝福等，2018；陳朝福等，2019；吳蕙汝、陳朝福，2021；吳蕙汝、陳朝福，2022；訾志偉等，2022；Chen等，2021；Chen與Wu，2022)。



圖四 關節角度示意圖

本研究之三維空間原始資料以4階 Butterworth 低通濾波 (4th order Butterworth low pass filter) 進行資料平滑化 (smooth) 來過濾雜訊，截斷頻率為6Hz，最後再計算所需之各項運動學參數。

#### 四、統計方法

使用SPSS 26 for windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) 統計軟體進行統計處理，以描述性統計方法計算出平均數和標準差，再以Wilcoxon signed-rank test 分別考驗T1與T2運動學參數差異，顯著水準定為 $\alpha = .05$ 。

#### 參、結果

在整個蹬伸階段中，蹬伸的總時間T2較T1的時間較短 ( $z = -2.100, p = 0.036$ )，在蹬伸階段-左腳著地瞬間，髖關節角度(右) T2較T1小 ( $z = -2.380, p = 0.017$ )，膝關節角度(右)T2較T1小 ( $z = -2.521, p = 0.012$ )，小腿速度(右) T2較T1快 ( $z = -2.521, p = 0.012$ )，在蹬伸階段-右腳著地瞬間，小腿速度(右) T2較T1快 ( $z = -2.240, p = 0.025$ )。

表 1 T1 與 T2 蹬伸階段運動學參數 (N = 8)

	T1	T2	z 值
<u>蹬伸階段-總時間</u>			
總時間	0.27 ± 0.04	0.23 ± 0.04	-2.100 *
<u>蹬伸階段-左腳著地瞬間</u>			
髖關節角度(右)	131.99 ± 15.25	121.22 ± 14.90	-2.380 *
膝關節角度(右)	115.34 ± 11.37	102.69 ± 8.61	-2.521 *
踝關節角度(右)	105.46 ± 9.54	104.65 ± 10.20	-0.140
髖關節角度(左)	149.70 ± 9.83	147.75 ± 10.18	-0.700
膝關節角度(左)	123.00 ± 10.94	123.10 ± 14.67	0.000
踝關節角度(左)	102.19 ± 11.79	88.11 ± 10.96	-1.820
大腿速度(右)	2.38 ± 0.19	2.70 ± 0.39	-1.960
小腿速度(右)	3.27 ± 0.33	4.02 ± 0.91	-2.521 *
腳掌速度(右)	3.14 ± 1.07	4.22 ± 1.96	-1.680
大腿速度(左)	2.05 ± 0.24	2.10 ± 0.32	0.000
小腿速度(左)	2.10 ± 0.31	2.20 ± 0.51	-0.140
腳掌速度(左)	1.68 ± 0.60	1.86 ± 0.62	-0.700
<u>蹬伸階段-右腳著地瞬間</u>			
髖關節角度(右)	89.23 ± 10.81	85.17 ± 6.28	-0.840
膝關節角度(右)	163.03 ± 4.40	158.85 ± 5.93	-1.540
踝關節角度(右)	112.97 ± 7.52	113.60 ± 9.29	-0.280
髖關節角度(左)	170.11 ± 8.51	162.70 ± 10.94	-1.540
膝關節角度(左)	143.22 ± 11.34	150.13 ± 10.00	-1.120



踝關節角度(左)	91.88 ± 13.15	85.14 ± 8.85	-0.980
大腿速度(右)	2.48 ± 0.20	2.62 ± 0.15	-1.260
小腿速度(右)	2.34 ± 0.28	2.64 ± 0.23	-2.240 *
腳掌速度(右)	2.15 ± 0.32	2.63 ± 0.57	-1.820
大腿速度(左)	2.50 ± 0.30	2.63 ± 0.26	-0.700
小腿速度(左)	1.89 ± 0.46	2.05 ± 0.54	-0.840
腳掌速度(左)	1.28 ± 0.51	1.59 ± 0.65	-1.120

\*p < .05

## 肆、討論

本研究主要探討神經肌肉電刺激對男大學生羽毛球蹬跨步步法靈敏性的影響，實驗對象是一般的羽毛球初學者。在這項研究的結果顯示，經過神經肌肉電刺激後，在蹬伸階段的總時間方面，蹬伸階段-左腳著地瞬間的右髖關節角度，右膝關節角度，右小腿速度以及蹬伸階段-右腳著地瞬間的右小腿速度均有顯著影響，小腿速度會變快，髖關節和膝關節的角度會變小，整個蹬伸的時間會縮短。

根據先前的研究分析，發現優秀的羽毛球運動員在比賽中所使用步法的頻率，運動員們使用左前場蹬跨步、左後場蹬轉起跳、右前場蹬跨步和右前場墊步這四個步法占絕大多數 (魏勇等，2008；Yu與Mohamad，2022)。然而，羽毛球在接球時，步法越快，越能找到合適的擊球位置，才能將球高質量的擊出 (陳小雷，2022)。由此看來，蹬跨步有著極高的使用頻率。利用NMES方法來刺激運動員，可以在運動前啟動其肌肉神經，使得更多的肌肉參與運動，使運動員的肌肉更快的進入良好運動狀態，從而提高了運動員的運動能力(何嬋等，2022；陳朝福等，2023a；陳朝福等，2023b；陳新宇等，2023)。在蹬伸階段之右腳與左腳著地瞬間，T2右小腿的速度較快，在運動前對身體進行NMES，可以增強受試者的運動能力，提高肌肉功能，延長運動壽命，減少在運動中的損傷。NMES可使肌肉在運動時減小肌肉之間的粘滯性，從而降低肌肉的損傷 (Şimşek等，2022)。在進行NMES後，大腿和小腿參與的肌肉越多，發力的單位越多，力量越大，小腿的速度較快，然而蹬伸階段之左腳著地瞬間的髖與膝關節角度過大不利於下肢肌肉收縮和彈性勢能的儲備，因此小腿的速度與膝關節角度有關，右膝關節角度減小，會增加小腿彈性勢能的儲備，在進行右蹬跨步時，小腿有更充足的時間發力，小腿的移動速度便會加快 (鄂妍，2020；郭癸賓等，2021；志全、張硯琛，2022；Hung等，2020)。本研究針對男性大學生，右前場蹬跨步以及電療20分鐘後立即測試進行參考，未來可以探討長效性NMES以及增加女大學生為研究對象。





## 伍、結論

羽毛球蹬跨步技術特徵在比賽中具有極高的使用頻率，使用NMES介入訓練可以在運動前啟動其肌肉神經，使得更多的肌肉參與運動，使運動員的肌肉更快的進入良好運動狀態，從而提高了靈敏性與移動速度表現能力。

## 致謝

感謝所有自願參與這項研究的參與者，以及淮北師範大學博士科研啟動費經費部分資助（編號：03106066），以及淮北師範大學校級實驗室開放項目經費部分資助（編號：2022sykf013）。

## 參考文獻

1. 何嬋、申星星、謝瀟瀟、陳新宇、陳朝福 (2022)。NMES的介入對武術騰空雙飛腳的影響。《*高科技體育*》，(5)，29-39。
2. 吳蕙汝、陳朝福 (2021)。大學生男子立定跳遠之運動學與表現相關。《*中原體育學報*》，(17)，51-60。
3. 吳蕙汝、陳朝福 (2022)。不同足部著地策略之運動學特徵研究。《*中原體育學報*》，(18)，71-79。
4. 志全、張硯琛 (2022)。從賽局資料分析羽球選手場上之移動軌跡。《*大專體育學刊*》，24(4)，546-562。
5. 周瑛、嚴洪立、黃林科、高躍明、杜民 (2021)。不同神經肌肉電刺激方法對肌肉疲勞影響的研究。《*生命科學儀器*》，19(02)，35-39。
6. 郭癸賓、張吉堯、黃立維、洪大程、林靜宜 (2021)。視覺反應動作訓練系統對國中男子羽球選手敏捷性與專項能力的效益。《*華人運動生物力學期刊*》，18(2)，29-36。
7. 陳小雷 (2022)。《*羽毛球反手網前蹬跨步挑球技術的生物力學特徵分析*〔未出版之博士論文〕。西安體育學院。
8. 陳朝福、王順正、彭賢德 (2018)。優秀鉛球運動員在投擲與釋放階段之運動學與能量變化。《*大專體育學刊*》，20(3)，238-249。
9. 陳朝福、王順正、彭賢德 (2019)。鉛球之滑步式與旋轉式投擲運動學分析。《*華人運動生物力學期刊*》，16(1)，1-9。
10. 陳朝福、申星星、吳蕙汝 (2023a)。電刺激對武術正踢腿的即時效應研究。《*中原體育學報*》，(21)，93-100。[https://doi.org/10.6646/CYPEJ.202312\\_\(21\).0008](https://doi.org/10.6646/CYPEJ.202312_(21).0008)
11. 陳朝福、謝瀟瀟、申星星、何嬋 (2023b)。探討立即性電刺激對立定跳遠離地瞬間的影響。《*淡江體育學刊*》，(26)，37-50。  
[https://doi.org/10.6976/TJPE.202311\\_\(26\).0003](https://doi.org/10.6976/TJPE.202311_(26).0003)
12. 陳新宇、王舒凡、謝瀟瀟、何嬋、申星星、陳朝福 (2023)。神經肌肉電刺激對鉛球站立式投擲之立即性運動學表現分析。《*體育學報*》，56(3)，341-352。  
[https://doi.org/10.6222/pej.202309\\_56\(3\).0007](https://doi.org/10.6222/pej.202309_56(3).0007)



13. 陳鬱、劉雲琴 (2022)。羽毛球運動中蹬跨步步法的損傷特徵研究述評。 *體育視野*, (02), 78-80。
14. 鄂妍 (2020)。提高青少年羽毛球步法靈敏性訓練的研究。 *體育風尚*, (06), 44-46。
15. 楊驛、王衛寧 (2021)。我國羽毛球現狀及未來發展趨勢研究。 *冰雪體育創新研究*, (06), 189-190。
16. 訾志偉、王舒凡、沈成東、陳朝福 (2022)。網球分腿式站位發球之運動學與表現相關分析。 *中原體育學報*, (19), 25-33。
17. 魏勇、劉宇、傅維傑 (2008)。羽毛球運動步法分類及使用頻率。 *上海體育學院學報*, 32(5), 54-56。
18. Chen, C. F., & Wu, H. J. (2022). The Effect of an 8-Week Rope Skipping Intervention on Standing Long Jump Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8472.
19. Chen, C. F., Wu, H. J., Yang, Z. S., Chen, H., & Peng, H. T. (2021). Motion analysis for jumping discus throwing correction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13414.
20. Hung, M., Chang, C., Lin, K., Hung, C. & Ho, C. (2020). The Applications of Landing Strategies in Badminton Footwork Training on a Backhand Side Lateral Jump Smash. *Journal of Human Kinetics*, 73(1) 19-31.
21. Lima, Y., Ozkaya, O., Balci, G. A., Aydinoglu, R., & Islegen, C. (2022). Electromyostimulation Application on Peroneus Longus Muscle Improves Balance and Strength in American Football Players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(5), 599–604. doi:10.1123/jsr.2021-0264
22. Şimşek, Ş., Soysal, A. N. O., Özdemir, A. K., Aslan, Ü. B., & Korkmaz, M. B. (2022). Effect of Superimposed Russian Current on Quadriceps Strength and Lower-Extremity Endurance in Healthy Males and Females. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1–7. Advance online publication. doi:10.1123/jsr.2021-0437
23. Yu, L., & Mohamad, N. I. (2022). Development of Badminton-specific Footwork Training from Traditional Physical Exercise to Novel Intervention Approaches. *Physical Activity and Health*, 6(1).

