

正常年輕人斜坡慢跑時下肢肌電活化之探討

郭藍遠

慈濟技術學院物理治療系

楊志鴻

慈濟技術學院物理治療系

王靜怡

慈濟技術學院物理治療系

摘 要

近年來很多人選擇在健身中心或是住家的跑步機上進行慢跑運動，其中跑步機上的可選擇模式主要是速度及斜坡。增加斜坡不只會造成心肺負擔增加，同時也可能影響下肢各關節肌肉活化型態。過去文獻中缺乏完整且系統地應用肌電圖分析來探討不同斜坡坡度的效應，因此本研究將探討四種不同斜坡坡度(0%, 5%, 10%, 15%)，對下肢各重要肌肉活化型態和程度及膝關節運動學的影響。

受測者平均年齡 21.3 歲，男、女性數目皆為 20 人，合計共 40 人；使用的設備主要為：肌電訊號系統(EMG system) 和電子量角器。表面電極擺放在下列四個肌肉群：股直肌(rectus femoris)、股二頭肌(biceps femoris)、內側腓腸肌(medial gastrocnemius)和脛前肌(tibialis anterior)；電子量角器則擺放在膝關節外側，量測膝關節在運動時的彎曲角度；取樣頻率皆設定為 2000Hz。

結果顯示，慢跑時斜坡坡度增加會使股直肌、脛前肌和內側腓腸肌活化也隨之增加，但股二頭肌活化程度卻隨之減少。股直肌和內側腓腸肌活化增加，與坡度增加所需下肢前進動力增加相關；而脛前肌在擺盪期的活化增加，則和坡度增加時足部離地角度需求增加有關。股二頭肌肌活化程度減少，可以因此增加膝關節伸直淨力矩，幫助坡度增加時下肢前進動力來源。

經由系統化地肌電圖分析探討斜坡對下肢各主要肌群活化型態的影響，可以幫助臨床復健醫療人員或運動教練，針對慢跑者特定肌群訓練的決定。

關鍵字: 慢跑、斜坡、肌電圖、生物力學

前言

慢跑不僅是各類運動競賽項目中常會包含的動作，而且隨著運動養身風氣的盛行，慢跑也因其方便性，而令為數眾多的國人投入此好。估計在美國就有超過 3000 萬人，以慢跑為競技或休閒運動項目。但慢跑常會造成下肢各關節的運動傷害，估計每年約有 1/2~1/4 的跑者會有下肢的運動傷害[1]。主要是因為慢跑時下肢各關節負荷力增加[2]，在長距離、長時間跑步後，因過度使用(overuse) 所造成。距估計跑者每完成一公里距離、足部必須重複地踩地約 500~600 次。

慢跑是走路的延伸[3]，其間區別在於走路時下肢有雙腳支撐期(double support phase)，當前進速度增加到下肢出現有雙腳離地(double float) 時，即稱之為慢跑。一般動作分析常會使用步態週期(gait cycle)，來描述走路時同一側下肢在腳著地到下一次腳著地之間的變化。走路時腳離地瞬間約為步態週期的 60%的時期，慢跑時的時間會提早到約步態週期的 40%的時期[4]。

過去文獻對慢跑時下肢的生物力學探討主要集中在平地情況，包含運動學(kinematics)和動力學(kinetics)[2, 4-7]。相對於走路表現，跑步時下肢各關節都會有較大的彎曲動作[4]；膝關節彎曲動作，在站立期(stance phase)最大可以到達約 45 度，擺盪期(swing phase)更可以高達 90 度[6, 7]。另外肌電圖(electromyography, EMG)的探討可以幫助了解特定肌肉在慢跑週期中的貢獻[4, 8-10]。相對於走路表現，跑步時股四頭肌(quadriceps)和大腿後肌(hamstring)肌群都有增加的活化表現；小腿肌(calf)肌群活化時間提早至擺盪末期，並且在站立期的前 80%時間都有活化現象[4]。

近年來很多人選擇在健身中心或是住家的跑步機上從事慢跑運動，其中跑步機上的可選擇模式主要是速度與斜坡。增加斜坡坡度不只會造成心肺負擔增加[11, 12]，同時也可能影響下肢各關節肌肉活化型態[13]。經由系統化地肌電圖分析探討斜坡對下肢各主要肌群活化型態的影響，可以幫助臨床復健醫療人員或運動教練，針對慢跑者特定肌群訓練的決定。

但過去文獻中，對於斜坡慢跑時的生物力學探討則甚是缺乏[12, 13]。Swanson(2000)研究顯示相較於平地跑步，在高速(4.5m/s)和高斜坡(30%)跑步時腓腸肌(gastrocnemius)、比目魚肌(soleus)、股直肌(rectus femoris)、股外側廣肌(vastus lateralis)、臀大肌(gluteus maximus)的活性程度在站立期會增加，但腿後肌(hamstring)反而減少[13]。其中完整且系統地應用肌電圖來探討不同斜坡坡度的效應則是完全找不到。本研究將系統化地探討四種不同斜坡

坡度(0, 5%, 10%, 15%)，對下肢各重要肌肉活化型態及程度及膝關節運動學的影響。

方法

受測者平均年齡 21.3 歲，男、女性數目皆為 20 人，合計共 40 人，無下肢神經肌肉(如小兒麻痺)病史，或嚴重的骨骼肌肉(如骨折)病史，受測當時，沒有下肢疼痛問題。使用的設備主要為：1.肌電訊號系統(EMG system), 2. 電子量角器 3.軟體: Matlab(version 6)。

實驗步驟如下

- 1.在貼電極前先用酒精棉擦拭電極與皮膚表面以去除電極表面的氧化層和皮膚的油垢，再將電極精確地貼上所選肌肉的特定位置。選擇肌肉群主要的考量是下肢表淺的肌肉群。包括：膝關節的伸/屈肌(extensor/flexor)、踝關節的背屈/蹠屈肌(dorsi-flexor/plantarflexor)。即下列四個肌肉群：(a) 股直肌(rectus femoris)、(b) 股二頭肌(biceps femoris)、(c) 內側腓腸肌(medial gastrocnemius)、(d) 脛骨前肌(tibialis anterior)。
- 2.固定電子量角器在膝關節外側。
- 3.受測者在正式接受測試前，在跑步肌上慢走(速度為1 m/s)，進行至少三分鐘的暖身。
- 4.收集在四種斜坡(15%, 10%, 5% 0%；速度為3 m/s) 情況，同時也收集在走路(速度為1 m/s)時的表現。每種情況的測試時間，設定在十秒鐘。

資料處理

本研究中，將擷取的 2000 Hz 取樣頻率的原始肌電訊號用簡單的電腦程式加以處理成線性封波，來表示肌電訊號之結果。線性封波的產生過程如下：(a)以帶通濾波器(bandpass filter)來濾除動作干擾(motion artifacts)和高頻雜訊；其組成爲一 4 階 Butterworth bandpass filter，截止頻率爲 40Hz~400Hz。並以切跡濾波器(notch filter)過濾 60Hz 的雜訊。(b)全波整流。(c)以低通濾波器，相對截止頻率 7Hz，求取適當的平滑線性封波。(d)做時間的正規化。時間正規化以插值法多項式的方法，將不同點數的跑步週期的肌電訊號統一化成 100 個跑步週期(GC%)來表示。(e)個人總體平均(ensemble average)，以至少 5 次測試結果做總體平均。

使用單維變異數分析(one-way ANOVA)來檢定不同跑步情況的肌肉活化情形是否有明顯差異，同時利用 Tukey 事後檢定(Post hoc)來看上述發現的不同是存在哪些情況之間。

結果

膝關節角度在走路和慢跑時有明顯差別，慢跑時膝關節角度不管是在站立期或擺盪期的最大彎曲角度都比走路時增加了 30 度以上，站立期最大可以到達約 40 度，擺盪期更可以高達約 80 度。斜坡坡度改變，在坡度為 0 和 5% 不會有明顯膝關節角度差別；但 10% 和 15% 坡度則在站立期或擺盪期都有較大的膝關節彎曲角度和站立期伸直角度(圖一)。

慢跑時股直肌在站立初期和擺盪末期都有較大的活化，且較走路時有明顯的活化增加表現，同時在擺盪初期也有活化增加的現象，這是與走路時不同的情形；慢跑時斜坡坡度增加會使股直肌活化也隨之增加(圖二，表一)。慢跑時股二頭肌在站立初期和擺盪中期有較大活化呈現波峰型態，其活化情形也較走路時為大；慢跑時斜坡坡度增加會使股二頭肌肌活化也隨之減少(圖三，表一)。

慢跑時脛前肌在站立中期和整個擺盪期都有較大的活化(圖四，表一)，內側腓腸肌則在站立中期有較大活化(圖五，表一)。慢跑時脛前肌和內側腓腸肌活化情形較走路時有明顯增加，斜坡坡度增加會使脛前肌和內側腓腸肌活化也隨之增加。

討論

相對於走路表現，本研究發現跑步時膝關節都有較大的彎曲動作；在站立期最大可以到達約 40 度，擺盪期更可以高達 80 度，這是與過去文獻發現大致相符[6, 7]。Novacheck(1998)過去發現的角度略高於我們的結果(分別為 45 度和 90 度)，可能和他們選用的速度為 3.2 m/s 較快有關(本研究中為 3.0 m/s)。本研究中也發現坡度增加會使膝關節有較大的彎曲動作，尤其是在坡度為 10 度以上時，會較平地時有明顯地改變。

本研究結果中慢跑時肌電訊號表現，與過去相關文獻的結果相符[4]。股直肌在著地期出現最大活化，此有吸震、限定膝屈範圍和避免因重力和慣性所造成的重心前移，以提供下肢穩定等功效。在站立末期會有活化現象，為一加速作用。股二頭肌在擺盪末期的活化可藉越過髖關節的伸展動作和膝關節的屈曲動作而使擺動腳緩慢下來，持續至站立初期，可在腳著地時支撐重量。脛前肌在站立初期的活化主要在吸收撞擊和防止腳板的過度蹠側彎曲，在擺盪初期主要為防止垂足現象。腓腸肌在著地中期活化，限制脛骨過度往前移動及提供最後的後推力量。

斜坡坡度增加會增加慢跑時下肢的負荷，尤其是下肢各關節的伸直肌，因為這些肌肉

是負責身體往前推動的重要來源。本研究也確實發現股直肌(膝關節伸直肌)和內側腓腸肌(踝關節伸直肌)，都會隨著坡度增加而增加活化。而脛前肌在擺盪期的活化增加，則和坡度增加時足部離地角度需求增加有關。股二頭肌肌活化程度減少，可以因此增加膝關節伸直淨力矩，幫助坡度增加時下肢前進動力來源[13]。

經由系統化地肌電圖分析和頻譜分析探討斜坡對下肢各主要肌群活化型態的影響，可以幫助臨床復健醫療人員或運動教練，針對慢跑者特定肌群訓練的決定。例如：臨床人員在給膝關節十字韌帶損傷患者治療處方時，如果要強調訓練股二頭肌肌力，應注意過度的斜坡慢跑訓練並不是合適的方法。

致謝

感謝慈濟技術學院(計劃編號：TCCT-91A22)和國科會(計劃編號：NSC92-2320-B-277-003)的研究經費補助。

參考文獻

- [1] Clement DB, Taunton JE. A guide to the prevention of running injuries. *Australian Family Physician* 1981;10:156-61, 163-4.
- [2] Winter DA. Moments of force and mechanical power in jogging. *Journal of Biomechanics* 1983;16:91-7.
- [3] Ounpuu S. The biomechanics of walking and running. *Clinics in Sports Medicine* 1994;13:843-63.
- [4] Mann RA, Hagy J. Biomechanics of walking, running, and sprinting. *American Journal of Sports Medicine* 1980;8:345-50.
- [5] Chapman AE, Caldwell GE. Factors determining changes in lower limb energy during swing in treadmill running. *Journal of Biomechanics* 1983;16:69-77.
- [6] Novacheck TF. Walking, running, and sprinting: a three-dimensional analysis of kinematics and kinetics. *Instr Course Lect* 1995;44:497-506.
- [7] Novacheck TF. The biomechanics of running. *Gait Posture* 1998;7:77-95.
- [8] Jacobs R, van Ingen Schenau GJ. Intermuscular coordination in a sprint push-off. *Journal of Biomechanics* 1992;25:953-65.
- [9] Mero A, Komi PV. Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 1986;55:553-61.
- [10] Nummela A, Rusko H, Mero A. EMG activities and ground reaction forces during fatigued and nonfatigued sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1994;26:605-9.
- [11] Doherty M, Smith PM, Hughes MG, Collins D. Rating of perceived exertion during high-intensity treadmill running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001;33:1953-8.
- [12] Klein RM, Potteiger JA, Zebas CJ. Metabolic and biomechanical variables of two incline conditions during distance running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29:1625-30.
- [13] Swanson SC, Caldwell GE. An integrated biomechanical analysis of high speed incline and level treadmill running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2000;32:1146-55.

表一、不同跑步情況的肌電訊號的平均值

| | Level | Level | 5% slope | 10% slope | 15% slope | Statistic |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| | walking | jogging | jogging | jogging | jogging | significance |
| | (GroupA) | (GroupB) | (GroupC) | (Group D) | (GroupE) | |
| RF | 0.79(0.21) | 2.11(0.60) | 1.98(0.45) | 2.30(0.52) | 2.81(0.69) | E>D>B>C>A |
| BF | 2.13(1.74) | 3.85(1.92) | 3.58(2.14) | 3.78(2.51) | 3.72(2.17) | B,D,E,C>A |
| TA | 2.95(1.09) | 5.48(1.33) | 5.20(1.35) | 5.55(1.41) | 6.17(1.65) | E>D,B,C>A |
| MG | 3.29(1.20) | 5.85(1.43) | 5.66(1.29) | 6.25(1.52) | 6.92(1.76) | E>D>B,C>A |

ANOVA 檢定發現上述四塊肌肉在不同跑步情況皆存有明顯不同(p<0.05)

Note: RF: Rectus Femoris, BF: Biceps Femoris, TA: Tibialis Anterior, MG: Medial

Gastrocnemius

圖說明

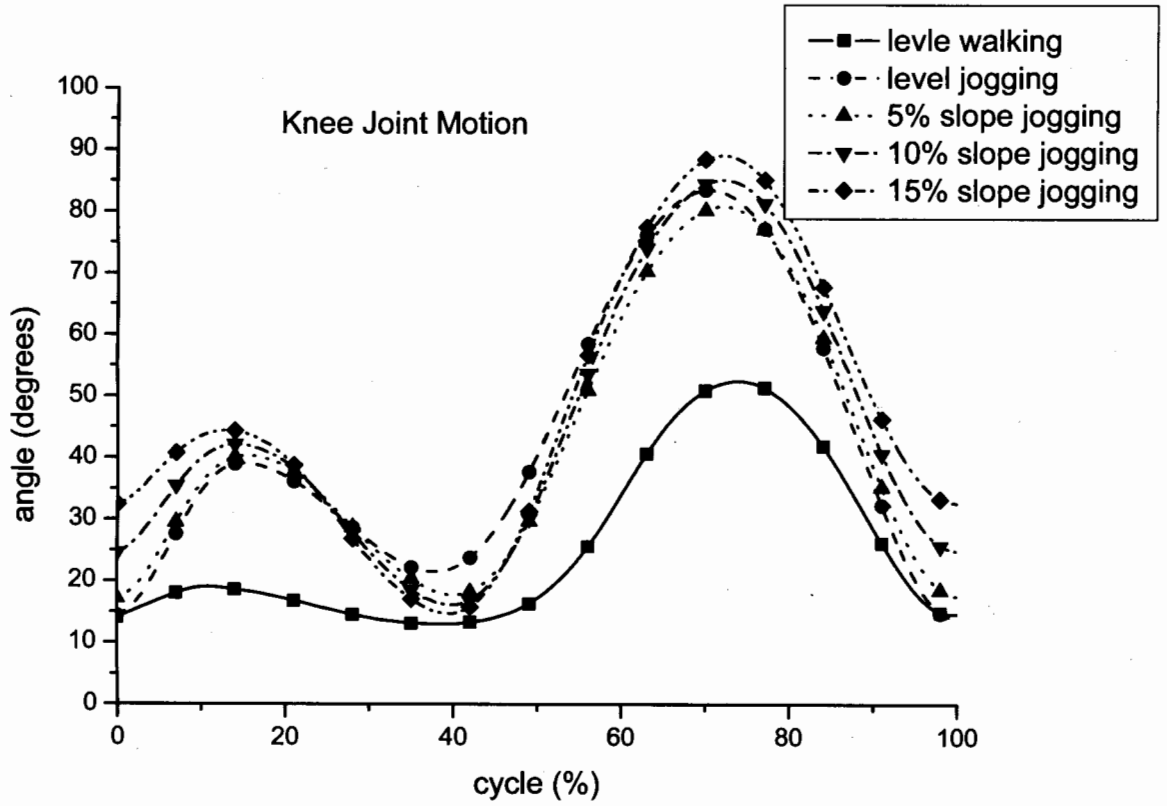
圖一 膝關節在慢跑週期的活動度

圖二 股直肌在慢跑週期的線性封波

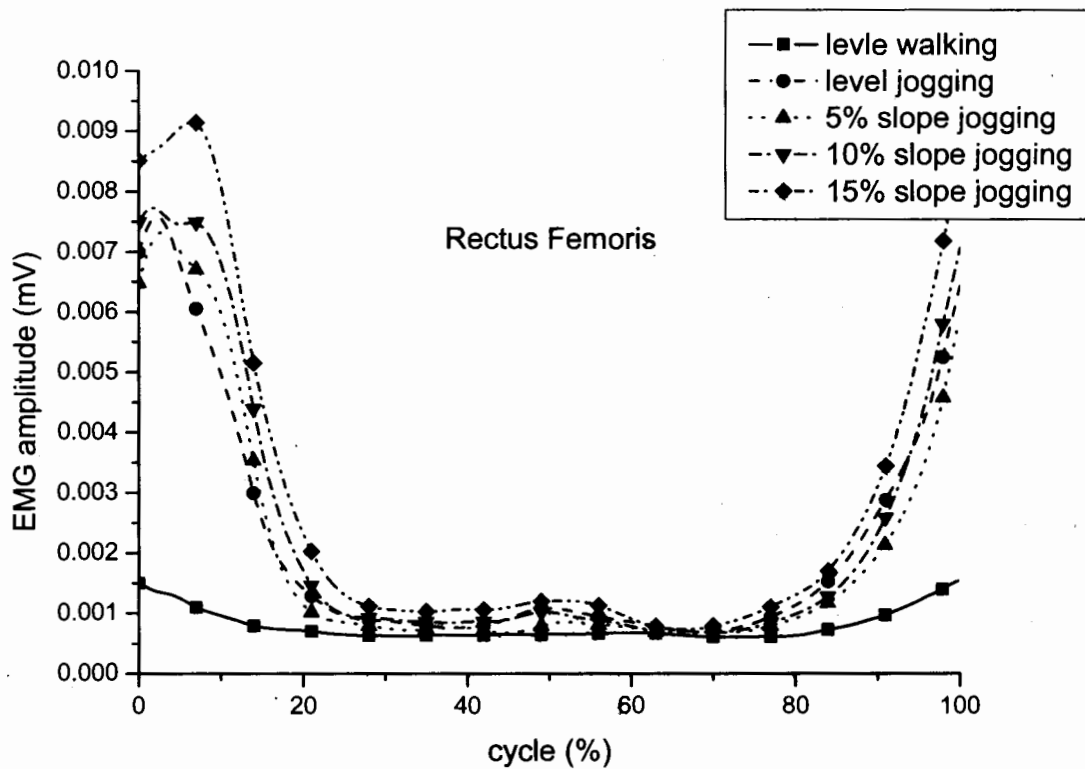
圖三 股二頭肌在慢跑週期的線性封波

圖四 脛前肌在慢跑週期的線性封波

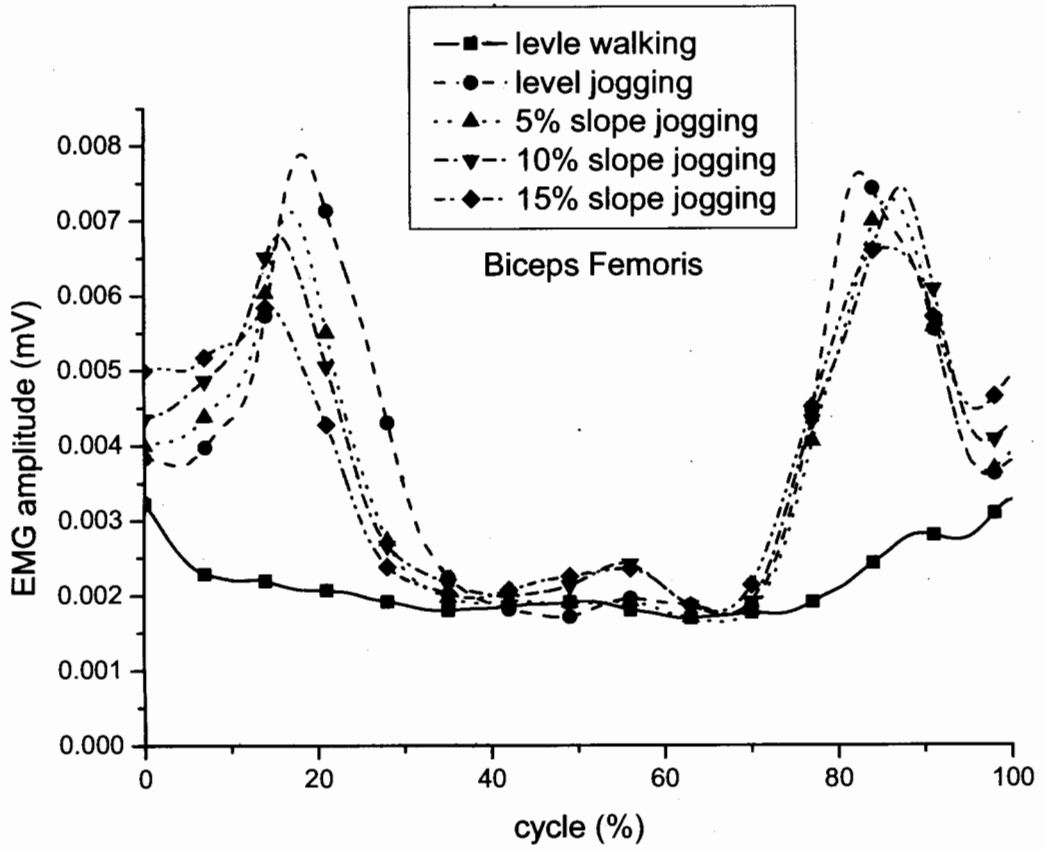
圖五 內側腓腸肌在慢跑週期的線性封波



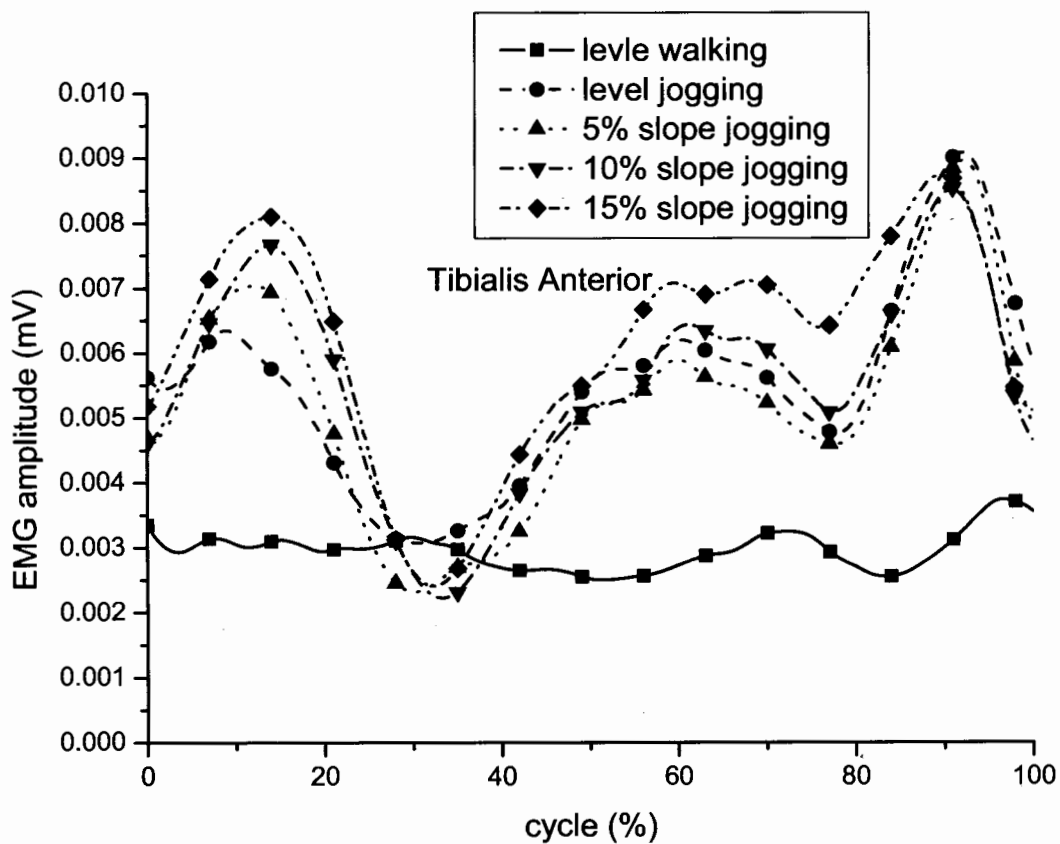
圖一 膝關節在慢跑週期的活動度



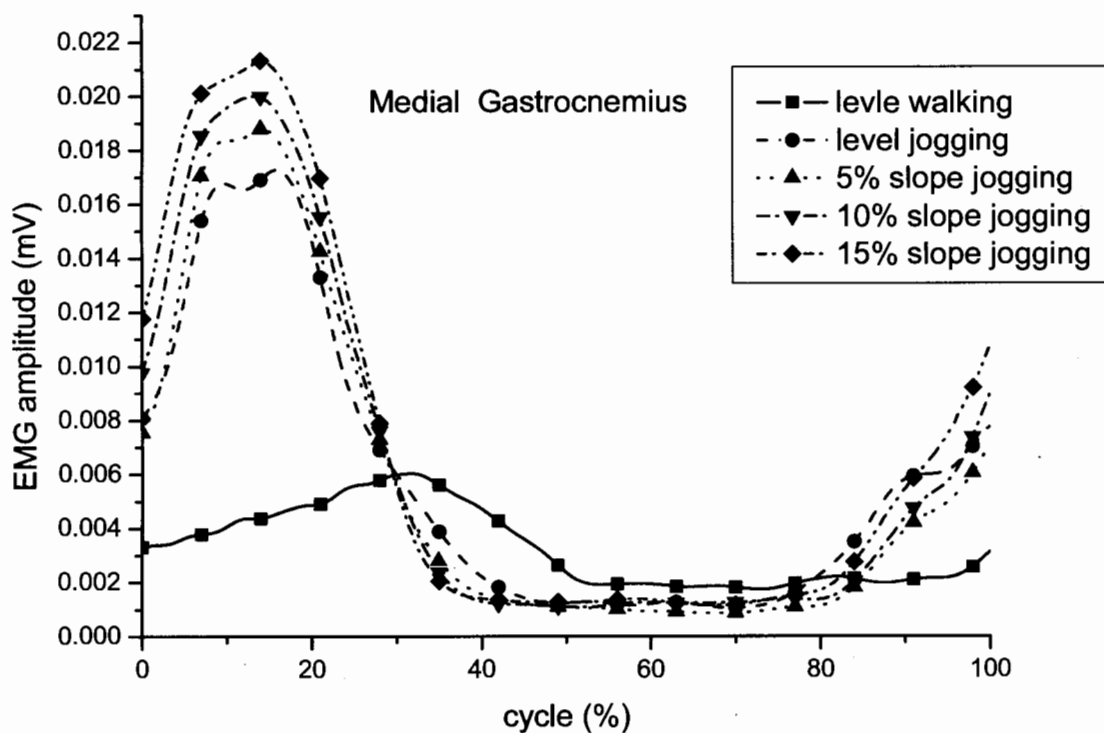
圖二 股直肌在慢跑週期的線性封波



圖三 股二頭肌在慢跑週期的線性封波



圖四 脛前肌在慢跑週期的線性封波



圖五 內側腓腸肌在慢跑週期的線性封波

Muscle Activation in Lower Limbs During Incline Jogging in Normal Young Subjects

Can-Yuen Guo

Department of Physical Therapy
Tzu Chi College of Technolong

Chich-Haung Yang

Department of Physical Therapy
Tzu Chi College of Technology

Ching-Yi Wang

Department of Physical Therapy
Tzu Chi College of Technology

Abstract

Recently there is an increasing trend that people get to jog with a treadmill conveniently at gym or home settings. One of the main available modes selected for treadmill jogging is the slope of incline. Increased incline slope will contribute to enlarge the cardiopulmonary loading and alter the activation type of muscles in lower extremity (LE). In previous literatures, the systematic investigation of EMG analysis on the effect of LE muscles is rare. This study aims to examine the activation patterns of the muscles in LE and the knee joint angle during jogging on four incline slopes (i.e. 0%, 5%, 10%, and 15%).

A total of 40 young healthy collegiate subjects (mean age 21.3 years), with 20 male and 20 female, were participated in this study. The equipments used in this study included EMG system and electrogoniometry (BIOPAC System, Inc.). The surface electrodes were placed on the four muscles: rectus femoris, biceps femoris, medial gastrocnemius and tibialis anterior. The electrogoniometry was placed on the lateral side of knee to measure the knee flexion angle during motion. All equipments were set to collect the data synchronously with sampling rate 2000Hz.

The results indicated that the activation level of rectus femoris, medial gastrocnemius and tibialis anterior muscles were increased with the increased incline slope during jogging. Interestingly, the firing of biceps femoris was decreased with the increased incline slope. The greater activation of rectus femoris and medial gastrocnemius is correlated to the increased required progression power as increased incline slope during stance phase. During swing phase, the increased activation of tibialis anterior is relevant to the increased required ankle dorsi-flexion angle for foot clearance as increased incline slope. As the incline slope increased, the diminished firing of biceps femoris helped to on increase the net knee extensor moment and then the progression power is increased.

Through the systematic EMG investigation of the lower limb during an incline jogging, it can help us to understand its effects on muscle firing pattern. This information might provide the clinicians in rehabilitation fields and coach a guideline for selective training a specific muscle group.

Keyword: Jogging, Incline, EMG, Biomechanics