

不完全脊髓損傷患者之步態表現

林佳貞¹ 蔡美文² 李淑貞² 曾明基³ 嚴璐璐⁴

背景與目的：藉由探討不完全脊髓損傷患者之步態表現特徵，可協助臨床治療師瞭解患者之步態問題。本研究目的為探討具有獨立行走短距離能力之不完全脊髓損傷患者的時間—距離參數與運動學步態表現。**方法：**本研究共有 17 位具 5 公尺以上獨立行走能力之不完全脊髓損傷患者參與，利用 VICON 370 動作分析系統評估受測者於自選最適速度行走時之步態參數，讓受測者沿 5-9 公尺的直線步道來回行走 10 趟。**結果：**受測者於自選最適速度下之兩下肢平均時間—距離參數表現，在步頻為 71 ± 31 步／分鐘、速度為 52.04 ± 41.75 公分／秒、跨步長為 73.22 ± 38.16 公分、標準化跨步長為 0.86 ± 0.45 、和單腳站立期為 $25.70 \pm 11.57\%$ 步態週期。兩下肢平均運動學表現部分，髖關節於站立末期之最大伸直不足；膝關節於著地初期之屈曲過多，承重反應期之屈曲不足，站立中期之伸直過度，和擺盪期之屈曲不足；以及踝關節於著地初期之屈曲過多，承重反應期與擺盪初期之蹠屈不足，和擺盪中期之背屈過多為不完全脊髓損傷患者之步態表現特徵。**結論：**不完全脊髓損傷患者有異常之步態特徵。(物理治療 2006;31(3):206-212)

關鍵詞：不完全脊髓損傷、步態、時間—距離參數、運動學

脊髓損傷 (spinal cord injury) 可以分為完全 (complete) 及不完全 (incomplete) 脊髓損傷兩種。近年由於脊髓損傷急性期醫療照護的進步和新治療方法的發展，增進脊髓損傷的預後結果，使得不完全脊髓損傷患者的比例有愈來愈高的現象，且多於完全脊髓損傷患者。^{1,2}

恢復正常行走功能一向是脊髓損傷患者最大的功能性目標之一。在所有脊髓損傷患者中，約有 15-45% 的患者可以恢復行走功能，其餘的患者仍須依賴輪椅活動。^{3,4} 一般發現以不完全脊髓損傷患者能恢復行走功能的比例較高，因為不完全脊髓損傷患者的下行動作控制路徑 (descending motor control pathways) 可能會有一些沒有受到損傷，因此能夠保留一些行走的能力，⁵ 如 Burns 等人 (1997) 的研究⁶ 發現不完全頸髓損傷患者約有 80% 可以恢復部分行走能力。過去研究顯示有步行功能的不完全脊髓損傷患者，其步態

仍有許多問題，如行走速度降低、步頻 (cadence) 及跨步長 (stride length) 減少、站立期 (stance phase) 及雙腳站立期 (double limb support) 時間增長，以及單腳站立期 (single limb support) 的比例減少等。^{4,7-14} 但是過去的研究對象，多是探討不完全脊髓損傷患者使用輔具或懸吊系統時的步態表現，並沒有針對可以完全獨立行走的不完全脊髓損傷患者進行其步態表現的探討，而目前在國內亦無相關研究結果的發表。

本研究目的為探討具有獨立行走短距離能力之不完全脊髓損傷患者的時間—距離參數 (temporal-distance parameters) 與運動學 (kinematic) 步態表現。本研究藉由探討不完全脊髓損傷患者之步態表現特徵，研究結果可以協助臨床治療師瞭解患者之步態問題，作為發展介入策略之基礎。

¹ 財團法人新光吳火獅紀念醫院復健科

² 國立陽明大學物理治療學系暨研究所

³ 台北榮民總醫院身障重建中心

⁴ 財團法人振興復健醫學中心復健醫學部

通訊作者：李淑貞 國立陽明大學物理治療學系暨研究所 台北市北投區立農街 2 段 155 號

電話：(02)2826-7041 電子郵件：sjlee@ym.edu.tw

收件日期：95 年 1 月 25 日 接受日期：95 年 3 月 15 日



方 法

受測者

本研究共有 17 位不完全脊髓損傷患者自願參與，包括 15 位男性，2 位女性，平均年齡 37.4 ± 10.5 歲，其中 8 位為美國脊髓損傷協會機能損傷分級 (American Spinal Injury Association Impairment Scale)¹⁵ C 級，另外 9 位為美國脊髓損傷協會機能損傷分級 D。受測者之選取條件為 (1) 脊髓損傷半年以上，收案時除長期固定服用的抗痙攣藥物外，無其他醫療處置者；(2) 無穿戴頸圈或背架者；(3) 不需任何行走輔具及下肢裝具可以獨立行走 5 公尺以上之距離者；(4) 下肢無被動關節活動度受限者。若受測者有下列情形則不納入此研究 (1) 有進行性脊髓疾病者；(2) 有馬尾損傷 (cauda equina lesion) 或合併有周邊神經損傷者；(3) 合併有任何肌肉骨骼神經系統方面的問題，如骨折、關節炎、周邊神經系統病變或疼痛等，足以影響肌力、肌張力及步態表現評估之者。所有受測者在經研究者解釋研究目的及研究步驟後，皆同意參加本研究計畫，並也簽署同意書。

測量工具

本研究利用 VICON 370 動作分析系統 (Oxford Metrics Ltd., 14, Minus Business Park, West Way, Oxford, OX20JB, UK)，評估受測者於自選最適速度行走時之步態參數。此動作分析系統除主機與顯示器外，有六架攝影機，系統攝影機的取樣頻率 (sampling rate) 為每秒鐘擷取 60 個畫面 (frames)。

進行步驟與資料擷取

本研究首先以 13 顆黏貼式的反光球，黏貼於受測者之下列解剖位置，包括有薦椎第一節及兩側之前上腸骨脊 (anterior superior iliac spine)、大腿外側、股骨外髁 (lateral femoral condyle)、小腿外側、外踝 (lateral malleolus) 及第二 / 三趾骨頭 (metatarsal head) 間；再用攝影系統被動記錄反光球的移動軌跡，經由系統軟體進行三度空間的座標重建。本研究讓每一位受測者沿 5-9 公尺的直線步道，以自選最適

速度來回行走 10 趟，在步態測試過程中，均不拿行走輔具，亦不穿戴任何下肢裝具，完全獨立行走。本研究以受測者每走 5 至 9 公尺的一趟中，取最中間的一步 (mid-gait) 代表受測者於該趟行走中之步態表現，並將 10 趟步態參數值加以平均，以代表該受測者於自選最適速度行走時之步態表現。本研究使用 Vicon Clinical Manager (VCM) 電腦軟體分析受測者之時間-距離與運動學步態表現，包括有步頻、速度、跨步長、以腿長標準化之跨步長 (以下簡稱標準化跨步長)、單腳站立期、及下肢髁、膝和踝關節在步態週期關節活動度的變化。本研究運動學步態參數的表示方式，均首先以 100% 的步態週期進行標準化，再以 60% 的站立期和 40% 的擺動期來進一步標準化。

資料分析

本研究利用 SPSS 10.0 程式軟體進行資料分析，採描述性統計分析，包括受測者之人口學特徵、脊髓損傷特徵、及步態參數表現。

結 果

本研究受測者之人口學特徵詳列於表 1，脊髓損傷特徵描述詳列於表 2。在自選最適速度的時間-距離參數方面，

表 2. 受測者之脊髓損傷特徵描述 (n=17)

損傷特徵	人數	佔受測者 人數百分比
損傷原因		
車禍	10	58.8
墜樓	3	17.6
被高處掉落物砸傷	1	5.9
刀傷	1	5.9
手術傷害	1	5.9
腫瘤	1	5.9
損傷部位		
頸髓損傷	12	70.6
胸髓損傷	2	11.8
胸髓-腰髓連結處損傷	3	17.6

表 1. 受測者之人口學特徵 (n=17)

性別	年齡 (歲)	損傷時間 (年)	體重 (公斤)	身高 (公分)
	平均 ± 標準差 (範圍)	平均 ± 標準差 (範圍)	平均 ± 標準差 (範圍)	平均 ± 標準差 (範圍)
15 男 2 女	37.4 ± 10.5 (21.0~59.0)	4.2 ± 4.0 (0.6~11.9)	63.3 ± 11.5 (42.0~84.0)	169.2 ± 7.0 (157.0~181.5)

包括步頻、速度、跨步長、標準化後之跨步長(即跨步長/腿長)、跨步時間及單腳站立期的平均值、標準差、及範圍詳列於表3。本研究受測者之自選最適速度行走的兩下肢平均步頻為71±31步/分鐘、速度為52.04±41.75公分/秒、跨步長為73.22±38.16公分、標準化跨步長為0.86±0.45、和單腳站立期為25.70±11.57%步態週期。

本研究受測者在自選最適速度下之下肢運動學參數表現,包括髖關節、膝關節及踝關節在步態週期關節活動度的變化分別呈現於圖1、圖2及圖3。研究結果顯示受測者的髖關節於著地初期(initial contact)為屈曲32.96±7.44度,然後逐漸伸直,於步態週期49%時(站立末期,terminal stance)達到最大伸直角度為1.70±10.70度,接續逐漸屈曲,於步態週期91%時(擺動末期,terminal swing)達到最大屈曲角度為35.00±7.02度,最後9%的步態週期為伸直2度左右。本研究受測者的膝關節於著地初期時為屈曲12.26±7.70度,然後逐漸伸直,於步態週期34%時(站立中期,mid

表3. 受測者之時間—距離步態表現結果(n=17)

	平均值 ± 標準差	(範圍)
步頻(步/分鐘)	71 ± 31	(13~132)
行走速度(公分/秒)	52.04 ± 41.75	(0.81~153.90)
跨步長(公分)	73.22 ± 38.16	(7.51~140.03)
標準化跨步長 ^a (比例)	0.86 ± 0.45	(0.09~1.71)
跨步時間(秒)	2.57 ± 2.54	(0.91~9.42)
單腳站立期(%步態週期)	25.70 ± 11.57	(3.22~40.25)

^a以腿長標準化之跨步長

stance)達到最大伸直角度為-2.34±8.05度,接續逐漸屈曲,於步態週期71%時(擺動初期,initial swing)達到最大屈曲角度為37.75±11.68度,接續逐漸伸直,直到完成整個步態週期。本研究受測者的踝關節於著地初期時為蹠屈(planar flexion)0.72±6.50度,於步態週期4%時(承重反應期,

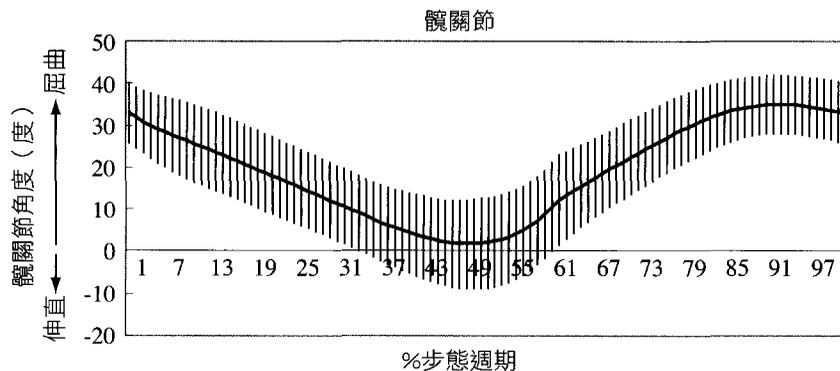


圖1. 受測者髖關節於自選最適速度下在步態週期的關節活動度變化表現。圖中粗實線表示平均值,短線表標準差。

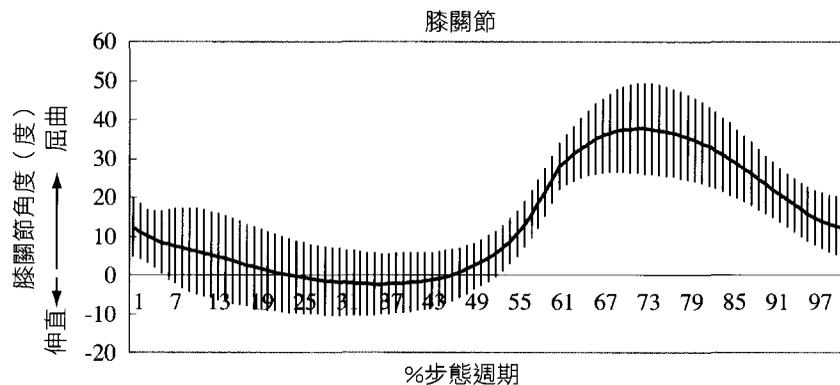


圖2. 受測者膝關節於自選最適速度下在步態週期的關節活動度變化表現。圖中粗實線表示平均值,短線表標準差。



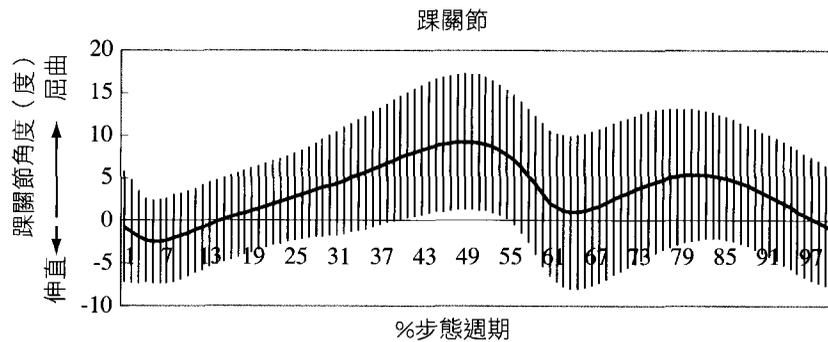


圖3. 受測者踝關節於自選最適速度下在步態週期的關節活動度變化表現。圖中粗實線表示平均值，短線表標準差。

loading response) 達到站立期的最大蹠曲角度為 2.45 ± 4.86 度，接續逐漸背屈 (dorsiflexion)，在步態週期 48% 時 (站立末期) 達到站立期的最大背屈角度為 9.29 ± 8.01 度，再逐漸蹠曲，在步態週期 63% 時 (擺動初期) 達到擺動期最大蹠曲角度，但實際仍為背屈，角度為 1.00 ± 9.02 度，然後即逐漸背屈，在步態週期 81% 時 (擺動中期) 達到擺動期最大背曲角度為 5.38 ± 7.64 度，再逐漸蹠曲，直到完成整個步態週期。

討 論

將本研究所得之不完全脊髓損傷受測者於自選最適速度下之時間一距離步態參數與國內健康年輕人於自選最適速度下之步態表現¹⁶比較，可發現不完全脊髓損傷患者之時間-距離表現相異於國內健康年輕人。其中，本研究的不完全脊髓損傷受測者之平均步頻 71 ± 31 步/分鐘，比正常青年人於自選最適速度下之平均步頻 (113 ± 9 步/分鐘)¹⁶ 低了許多，約為正常青年人之 63%；平均行走速度為 52.04 ± 41.75 公分/秒，比正常青年人之平均行走速度 (135.5 ± 18.8 公分/秒)¹⁶ 慢了許多，約為正常青年人之 38%；平均跨步長為 73.22 ± 38.16 公分，比正常青年人之平均跨步長 (136 ± 14 公分)¹⁶ 為短，約為正常青年人之 54%；平均標準化跨步長為 0.86 ± 0.45 ，比正常青年人之平均標準化跨步長 (1.59 ± 0.15)¹⁶ 少了許多，約為正常青年人之 54%。本研究之不完全脊髓損傷受測者之平均單腳站立期為 $25.70 \pm 11.57\%$ 步態週期，比一般正常人的單腳站立期約為 40% 步態週期¹⁷ 來得短；約為正常人之 64%。將本研究受測者所得的時間一距離參數的標準差和國內健康年輕人的時間一距離參數表現的標準差¹⁶ 相比較，顯然不完全脊髓損傷患者間的時間一距離參數之變異性大了許多。

國外相關研究，如 Waters 等人 (1989) 所做的研究¹² 結果顯示，其脊髓損傷受測者的自選最適行走速度為 68.5 ± 31 公分/秒，較本研究之不完全脊髓損傷受測者之行走速度稍快。Krawetz 及 Nance (1996) 所做的研究⁵ 結果顯示，其不完全脊髓損傷患者的步頻為 65 至 97 步/分鐘、自選最適行走速度為 27 至 42 公分/秒、跨步長為 45 至 51 公分，此研究之不完全脊髓損傷患者之步態表現與本研究結果相當，均較正常青年人的步態表現差。但由於上述兩篇研究之脊髓損傷受測者於行走時，均可以使用步行輔具及穿戴支架，與本研究的脊髓損傷受測者的獨立行走不同，以致於限制與本研究之對等比較。

下肢運動學參數方面，本研究之不完全脊髓損傷受測者之髁關節於著地初期為屈曲 32.96 ± 7.44 度，與正常人的屈曲約為 30 度相當；但於站立末期的最大伸直角度為 1.70 ± 10.70 度，部分受試者比正常人的最大伸直角度 (約為 10 度) 明顯不足。¹⁸ 一般而言，站立末期的最大伸直角度不足將限制擺動前期 (pre-swing) 的離地動能的累積，進而造成較小的跨步長度。¹⁸ 本研究也發現不完全脊髓損傷患者的跨步長僅約為正常青年人¹⁶ 之 54%。

本研究之不完全脊髓損傷受測者之膝關節於著地初期時為屈曲 12.26 ± 7.70 度，比正常人於著地初期時屈曲角度為介於 -2 度和 5 度之間不同；於承重反應期缺少正常人應該有約 15 度；於站立中期約為 -2.34 ± 8.05 度，與正常人平均為 3 度相較之下有過度伸直的現象；而於擺動初期達到最大屈曲角度為 37.75 ± 11.68 度，比正常人的最大屈曲角度 (約為 60 度) 明顯不足。¹⁹ 本研究發現不完全脊髓損傷患者在步態週期顯示特殊的膝關節活動表現。其中，這類患者於承重反應期缺乏正常步態以膝關節屈曲 15 度的動作來達到吸震 (shock absorption) 的功能。而不完全脊髓損傷患者於站立中期過度伸直，顯示無法有效控制膝關節的穩定。而不完全脊髓損傷

患者於擺動初期缺乏正常步態所需膝關節屈曲約60度的角度，以致於需要以髖或踝關節來代償，方能使下肢於擺動期不至於絆到地面。

本研究之不完全脊髓損傷受測者之踝關節於承重反應期約為蹠屈 2.45 ± 4.86 度，比正常人約為7度來得少；站立末期達到最大背屈角度為 9.29 ± 8.01 度，與正常人的最大背屈約為10度相當；於擺動初期的角度為背屈 1.00 ± 9.02 度，缺乏正常人應該出現20度蹠屈；於擺動中期之背屈約為 5.38 ± 7.64 度，比正常人維持0度的位置大了許多。²⁰ 本研究發現不完全脊髓損傷患者的踝關節活動表現相異於正常人。不完全脊髓損傷患者於承重反應期缺乏正常步態以踝關節蹠屈約7度的動作來達到吸震的功能，而於擺動初期缺乏正常步態踝關節蹠屈約20度以及擺動中期之背屈角度比正常人為大，均可能是為因應膝關節的最大屈曲角度不足的代償表現。

本研究發現不完全脊髓損傷患者特殊的時間-距離和運動學參數表現，這些步態表現可能是受到不完全脊髓損傷患者下肢肌無力、肌張力過高、感覺異常、損傷程度、損傷部位、關節活動度及其他相關因素等影響，^{3,5,7-11,21,30} 但也可能是因為患者的行走速度較慢，其步態表現本來就會是步頻小、跨步長及標準化後之跨步長短、單腳站立期短、以及較小的下肢關節活動度。但正常人的自選最慢速度行走，³¹ 並不至於形成如本研究發現之不完全脊髓損傷患者特殊的步態週期下肢關節活動表現。顯然，不完全脊髓損傷患者特殊的步態表現，除了受到行走速度較慢所影響外，尚受到其他重要的因素影響。本研究結果建議臨床治療師，必須瞭解不完全脊髓損傷患者之步態表現，並且對於患者進行完整之身體功能與結構評估，再針對步態問題和可能影響因子來擬定適當的步行功能復健計畫，以期達到有效的治療介入，改善患者之步態表現。

根據美國脊髓損傷協會機能損傷分級，本研究受測者中有8位是C級，另9位為D級，均為可以具5公尺以上獨立行走能力之不完全脊髓損傷患者。過去研究也顯示以脊髓損傷節數以下之動作不完全喪失(motor-incomplete)的患者(C級以上)其步行功能的復原較好，有超過80%的患者可以恢復功能性行走(functional ambulation)；^{24,32} 而脊髓損傷節數以下僅有感覺不完全喪失(sensory-incomplete)，卻無運動功能保留的患者(B級)，其步行功能的復原一般較差，如部分研究^{33,34} 顯示這類型的患者約只有20%可以恢復功能性行走。就美國脊髓損傷協會機能損失分級，本研究受測者在獨立行走短距離功能之特性，與上述研究發現相當。

然而，本研究主要的限制為受測者人數不足和個案間部分參數標準差大。由於本研究的收案條件是必須具備不使用行動輔具可以短距離獨立行走5公尺以上功能、不完全脊髓

損傷半年以上的患者，且不穿戴背架或頸圈；此族群之不完全脊髓損傷患者仍在醫療院所接受治療的人數不多，患者多數在出院回到家庭社會後，就很少會再回醫院看診。另外在台北縣、市脊髓損傷者協會的會員中，此族群之不完全性脊髓損傷患者比例也不高，可能是因為此族群的患者的一般日常生活活動或職場工作皆能獨立，因此少再尋求病友協會幫助。本研究歷經一年，透過各種聯絡管道，仍發現要找到符合本研究收案條件之不完全性脊髓損傷患者參與研究的個案數不多。此外，本研究是屬於實驗室研究，受測者必須花兩個半天的時間，到實驗室進行各項參數的評估及測試，因此有些符合收案條件之不完全性脊髓損傷患者無法配合測試。由於本研究共只有17位不完全脊髓損傷患者參與，將限制本研究結果推論至不完全脊髓損傷患者母群體。

結 論

本研究發現不完全脊髓損傷患者有特殊的時間-距離和運動學步態參數表現，包括步頻、行走速度、跨步長、標準化跨步長、及單腳站立期均較正常人減少許多以及下肢關節於步態週期角度變化部分情形與正常人不同。

致 謝

本研究承蒙受測者的熱心參與；桃園縣脊髓損傷潛能發展中心、台北縣／市脊髓損傷者協會、財團法人振興復健醫學中心熱情轉介受測者；陽明大學動作分析研究室的何季蓉、謝忻榆、戴似芳、郭俐縵、葉采青、林秀虹、和江長奇協助研究進行；國科會計畫補助經費NSC 91-2213-E-010-010，一併獻上最誠摯的謝意。

參考文獻

1. Barbeau H, Ladouceur M, Norman KE, Pépin A, Leroux A. Walking after spinal cord injury: evaluation, treatment, and functional recovery. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:225-35.
2. Kirshblum SC, O'Connor KC. Levels of spinal cord injury and predictors of neurological recovery. *Topics in Spinal Cord Medicine* 2000;11:1-27.
3. Pinter MM, Demitrijevic MR. Gait after spinal cord injury and the central pattern generator for locomotion. *Spinal Cord* 1999;37:531-7.
4. Lajoie Y, Barbeau H, Hamelin M. Attentional requirements of



- walking in spinal cord injured patients compared to normal subjects. *Spinal Cord* 1999;37:245-50.
5. Krawatz P, Nance P. Gait analysis of spinal cord injured subjects: effects of injury level and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:635-8.
 6. Burns SP, Golding DG, Rolle WA, Graziani V, Ditunno JF. Recovery of ambulation in motor-incomplete tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:1169-72.
 7. Waters RL, Yakura JS, Adkins RH. Gait performance after spinal cord injury. *Clin Ortho Related Res* 1993;288:87-96.
 8. Fung J, Stewart JE, Barbeau H. The combined effects of clonidine and cyproheptadine with interactive training on the modulation of locomotion in spinal cord injured subjects. *J Neurol Sci* 1990;100:85-93.
 9. Wainberg M, Barbeau H, Gauthier S. The effects of cyproheptadine on locomotion and on spasticity in patients with spinal cord injuries. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1990;53:754-63.
 10. Stewart JE, Barbeau H, Gauthier S. Modulation of locomotor patterns and spasticity with clonidine in spinal cord injured patients. *Can J Neurol Sci* 1991;18:321-32.
 11. Norman KE, Pepin A, Barbeau H. Effects of drugs on walking after spinal cord injury. *Spinal Cord* 1998;36:699-715.
 12. Water RL, Yakura JS, Adkins R, Barnes G. Determines of gait performance following spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1989;70:811-8.
 13. Protas EJ, Holmes SA, Qureshy H, Johnson A, Lee D, Sherwood AM. Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:825-31.
 14. Wernig A, Müller S. Laufband locomotion with body weight support improved walking in persons with severe spinal cord injuries. *Paraplegia* 1992;30:229-38.
 15. American Spinal Cord Injury Association. *International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury*. Chicago, 1996.
 16. 黃世旭、李淑貞、劉謹緣、李茂昌。中國青年人步態常模之建立。中華物療誌 1996；21：103-20。
 17. Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. New York: McGraw-Hill; 1992:19-47.
 18. Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. New York: McGraw-Hill; 1992:111-29.
 19. Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. New York: McGraw-Hill; 1992:89-108.
 20. Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. New York: McGraw-Hill; 1992:51-87.
 21. Hussey RW, Stauffer ES. Spinal cord injury: Requirements for ambulation. *Arch Phys Med Rehabil* 1973;54:544-7.
 22. Dietz V. Spastic movement disorder. *Spinal Cord* 2000;38:389-93.
 23. Tang SFT, Tuel SM, McKay WB, Dimitrijevic MR. Correlation of motor control in the supine position and assistive device used for ambulation in chronic incomplete spinal cord-injured persons. *Am J Phys Med Rehabil* 1994;73:268-74.
 24. Field-Fote EC. Spinal cord control of movement: implications for locomotor rehabilitation following spinal cord injury. *Phys Ther* 2000;80:477-84.
 25. Sköld C, Levi R, Deiger Å. Spasticity after traumatic spinal cord injury: nature, severity, and location. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1548-57.
 26. Somers MF. *Incomplete lesions. Spinal cord injury*. Norwalk(CT): Appleton & Lange; 1992:269-73.
 27. Perry J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. New York: McGraw-Hill; 1992:464-71.
 28. Waters RL, Adkins R, Yakura J, Vigil D. Prediction of ambulatory performance based on motor scores derived from standards of the American spinal injury association. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:756-60.
 29. Field-Fote EC. Combined used of body weight support, functional electric stimulation, and treadmill training to improve walking ability in individuals with chronic incomplete spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:818-24.
 30. Rémy-Néris O, Barbeau H, Boiteau, Bussel B. Effects of intrathecal clonidine injection on spinal reflexes and human locomotion in incomplete paraplegic subjects. *Exp Brain Res* 1999;129:433-40.
 31. 黃世旭。青年與老年人之三維步態分析。陽明大學醫學工程研究所。碩士論文；1995。
 32. Crozier KS, Cheng LL, Graziani V, Zorn G, Herbison G, Ditunno Jf. Spinal cord injury: prognosis for ambulation based on quadriceps recovery. *Paraplegia* 1992;30:762-7.
 33. Stover SL, Fine PR. The epidemiology and economics of spinal cord injury. *Paraplegia* 1987;25:225-8.
 34. Crozier KS, Graziani V, Ditunno JF, Herbison GJ. Spinal cord injury: prognosis for ambulation based on sensory examination in patients who are initially motor complete. *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72:119-21.



The Gait Performance in Individuals with Incomplete Spinal Cord Injury

Chia-Chen Lin¹ Mei-Wun Tsai² Shwn-Jen Lee² Ming-Ji Tzeng³ Lu-Lu Yen⁴

Purpose: This study was to investigate the temporal-distance and kinematic gait performance in individuals with incomplete spinal cord injury. **Methods:** Seventeen subjects who could walk independently for a minimal of 5 meters participated in this study. A VICON 370 motion analysis system was used to examine the gait performance at the self-selected preferred walking speeds. Subjects walked along a 9-meter walkway for 10 trials. **Results:** The average cadence was 71 ± 31 steps/min; the average walking speed was 52.04 ± 41.75 cm/sec; the average stride length was 73.22 ± 38.16 cm; the average stride length normalized to leg length was 0.86 ± 0.45 ; the average single limb support duration was $25.70 \pm 11.57\%$ of gait cycle. The maximal hip extension at terminal stance was limited. The knee joint showed exaggerated flexion at initial contact, insufficient flexion at loading response, hyperextension at mid stance, and limited flexion at swing phase. The ankle joint showed insufficient plantar flexion at loading response and initial swing, and exaggerated dorsiflexion in swing phase. **Conclusion:** Abnormal gait pattern was noted in individuals with incomplete spinal cord injury. (FJPT 2006;31(3):206-212)

Key Words: Spinal cord injury, Gait, Temporal-distance parameters, Kinematics

¹ Department of Rehabilitation Medicine, Shin Kong Wu Ho-Su Memorial Hospital, Taipei, Taiwan.

² Faculty and Institute of Physical Therapy, National Yang-Ming University, Taipei, Taiwan.

³ Rehabilitation Center, Taipei Veterans General Hospital, Taipei, Taiwan.

⁴ Department of Rehabilitation Medicine, Cheng Hsin Rehabilitation Medical Center, Taipei, Taiwan.

Correspondence to: Shwn-Jen Lee, Faculty and Institute of Physical Therapy, National Yang-Ming University, No. 155, Li-Nong St. Sec. 2, Pei-Tou District, Taipei 112, Taiwan.

Tel: 02-2826-7041 E-mail: sjlee@ym.edu.tw

Received: January 25, 2006 Accepted: March 15, 2006

