

Original Article

Open Access

## PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련이 척수손상환자의 보행에 미치는 효과

항상수 · 맹관철<sup>1†</sup> · 김진인<sup>2</sup> · 정창욱

예은병원, <sup>1</sup>미추홀재활전문병원, <sup>2</sup>안산조은재활요양병원

### The Effects of Coordinative Locomotion Training Using the PNF Pattern on Walking in Patients with Spinal Cord Injury

Sang-Su Hwang · Gwan-Cheol Maeng<sup>1†</sup> · Jin-In Kim<sup>2</sup> · Chang-Wook Jung

*Department of Physical Therapy, Yeeun Hospital*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Michuhall Hospital*

*<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Ansan joun Hospital*

Received: May 19, 2016 / Revised: August 23, 2016 / Accepted: August 23, 2016

© 2016 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** The purpose of this study was to prove the effects of coordinative locomotion training (CLT) on walking speed, walking endurance, and balance for incomplete spinal cord injury patients.

**Methods:** Ten subjects were randomly assigned to the CLT group (n = 5) and the treadmill (TM) group (n = 5). The CLT group performed PNF pattern exercise using the motions of the sprinter and skater for 30 minutes, while the TM group performed using a treadmill for 30 minutes. Both groups performed these therapeutic interventions for five days per week, for a period of four weeks. A 10 meter walking test, Berg Balance Scale (BBS), and 6 meter walking test were used for the assessment of gait speed, balance, and gait endurance. The SPSS Ver. 18.0 statistical program was used for data processing. A Wilcoxon signed rank test was used for the comparison of pre- and post-intervention performance and a Mann-Whitney test was used for comparison between the groups. The significance level for the statistical inspection was set at 0.05.

**Results:** Both groups showed significant improvements in the 10 meter walking test, Berg Balance Scale, and 6 meter walking test ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** CLT had an effect on the improvement of walking speed, walking endurance, and the balance of incomplete spinal cord injury patients. Thus, we suggest that CLT is a therapeutic intervention for incomplete spinal cord injury patients.

**Key Words:** Coordinative locomotion training, Spinal cord injury, Splint skate pattern, Treadmill, Walking

<sup>†</sup>Corresponding Author : Gwan-Cheol Maeng (34maeng@hanmail.net)

## I. 서론

척수 손상은 주로 외상에 의해 발생하며 손상 부위 이하의 운동, 감각, 반사 마비가 발생할 뿐 아니라 영구적이라서 손상을 입은 시에 평생을 장애인으로 살아야 한다(Kennedy et al, 2009). 척수 손상은 영구적 장애를 남기게 되며 삶의 전반적인 부분에 많은 손실을 동반하여 개인의 삶은 물론 사회 전반에 영향을 준다. 척수는 손상 후 완치가 어렵고, 운동 및 감각기능, 방광기능, 배변기능, 호흡기능 및 성기능 장애 등 여러 장애 뿐 아니라 계속되는 여러 가지 합병증으로 의존적인 삶을 살아가게 된다(Song, 2009).

최근 경향에 따르면 척수 손상 중 불완전 척수손상 환자의 수가 급증하고 있으며 이들 중 대부분은 다시 걷고자 하는 바람이 크다. 기립 및 보행 상태를 유지하는 것은 여러 합병증의 예방뿐만 아니라 심리적으로 큰 영향을 끼치므로 적절한 보조 도구를 이용한 기립 및 보행훈련이 재활과정에 이루어지는 것은 중요한 의의를 가진다. 하지근육 마비 후 보행의 회복은 척수 손상환자의 첫 번째 목적이 되기도 하며, 대·소변 기능이나 성기능보다 상위를 차지한다고 보고되었다(Gulati et al, 2011). 불완전 척수손상환자의 대부분이 약간의 보행능력을 회복한다고 하였으나 척수 손상환자에게 보행 목적으로 치료가 적용되어지는 것은 최근에서야 이루어지고 있다(Burns, 1997). 보행은 불완전 척수손상환자의 손상 후 주요한 목표이지만 불완전 척수손상환자는 손상 이하 주요한 기능들이 제한되며 균형, 신체 활동 감소 및 보행 능력의 제한이 발생한다. 특히 동적 균형 능력은 보행에 필수적인 요소이며(Barbeau et al, 2006) 균형 능력은 보행능력과 밀접한 관련이 있다(Stevens et al, 2013).

이러한 보고들을 바탕으로 최근에는 고전적인 치료 방법뿐만 아니라 치료사의 보조를 통한 보행훈련을 비롯해 트레드밀 보행훈련, 체중지지 보행훈련 등의 다양한 치료가 행해지고 있다. 이러한 다양한 보행 훈련 중 Dietz (2009)는 보행주기 중 일어나는 운동 패턴과 동작을 PNF 개별 패턴과 통합하여 보행을 분

석하고 치료하는 것을 소개하였는데, 이것을 달리는 사람과 스케이트 타는 사람의 동작으로 분석하고 치료하였다. 이러한 스피린트와 스케이트 패턴은 효율적이고 기능적인 동작을 가장 잘 표현한 것이며, 패턴의 결합을 이용하는 것은 체간의 안정성을 향상시키고 사지의 고유수용성 감각을 증진시킨다고 하였다. Lim (2014)은 뇌졸중 환자를 대상으로 스피린트와 스케이터를 이용한 PNF 패턴 운동을 적용한 후 기능적 뻗기 검사, 버그 균형 검사, 보행능력 검사 등을 통해 자세적 안정성 및 균형, 보행능력에 효과가 있었다고 보고하였다. Kim 등(2015)은 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 패턴을 결합한 협응적 움직임으로 6주간 수중 훈련을 통해 균형과 보행속도 등에 효과가 나타났다고 보고하였다.

최근 들어 PNF 패턴을 결합하여 균형 및 보행능력에 대한 효과를 알아보려고 하는 연구들이 보고되고 있으나 불완전 척수손상환자를 대상으로 한 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 불완전 척수손상환자를 대상으로 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련이 균형 및 보행능력에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하여 불완전 척수손상환자의 재활에 효과적인 치료 방법인지를 확인하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 경기도 B시 소재의 Y 병원에 입원 하고 있는 환자를 대상으로 연구윤리에 위배되지 않으며 척수손상 진단을 받고, ASIA scale에 의해 ASIA-D 판정을 받아 보행이 가능한 환자 10명을 대상으로 하였다. 대상자는 무작위로 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동훈련 그룹 5명과 트레드밀 그룹 5명으로 나누어 중재를 실시하였다. 연구대상자의 선정기준은 다음과 같으며 신체적 특징은 Table 1과 같다.

- ASIA-D 척수 손상 진단을 받은 자
- 보행이 가능한 자
- 보행과 관련된 보조기구를 사용하지 않는 자
- 30분 이상 훈련이 가능한 자
- 다른 의학적 견해에 이상이 없는 자
- 본 연구에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하지 않는 자
- 연구내용을 이해하고 연구에 동의한 자

## 2. 측정 방법 및 도구

### 1) 10 미터 걷기 검사(10 meters walking test)

바닥에 줄자로 10미터를 측정한 후 시작과 끝 지점을 표시한다. 이 후 환자가 충분히 가속 및 감속한 거리를 주기 위하여 추가적으로 시작과 끝 지점에 2미터를 더 표시한다. 연구 대상자에게 “평소처럼 편안한 속도로 걸어가세요”라고 지시한 후 측정자는 스톱 위치를 이용하여 연구 대상자의 발이 시작 지점에서 끝나는 지점을 측정한다. 모두 3번을 측정하여 평균값을 결과 값으로 사용하였다(Alkandari, 2011).

### 2) 버그 균형 척도(berg balance scale)

버그 균형 척도는 노인 및 장애가 있는 사람의 낙상 위험지수를 평가하기 위한 척도로 14가지 항목으로 되어 있으며 각 항목은 0점에서 4점으로 구성되어 있다. 최대 점수는 56점으로 44점 이하면 낙상에 대한 위험도가 높다고 할 수 있다(Berg et al, 1995).

### 3) 6분 걷기 검사(6 minutes walking test)

6분 걷기 검사는 개인이 6분 동안 최대로 걸을 수 있는 거리를 측정하도록 한다. 이 검사는 일반적으로 심혈관계 및 폐질환 환자의 기능 평가 및 사망률 예측에 사용된다(Douwes et al, 2016).

## 3. 실험 절차

걷기 및 균형에 제한이 있는 척수 손상 환자 10명을 선정하고 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련 그룹 5명, 트레드밀 운동 그룹 5명을 무작위로 배치한 후 하루 30분 일주일에 5회 4주간 각각 운동을 실시하였다.

### 1) PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련(coordi-native locomotion training, CLT)

PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련은 앉은 자세

Table 1. General characteristics of subjects (n=10)

		CLT group (n=5)	TM group (n=5)
Sex	Male	2	4
	Female	3	1
	Age (yrs)	45.00±9.19	52.80±9.52
	Height (Cm)	162.60±7.93	167.80±4.21
	Weight (Kg)	60.80±9.93	61.20±2.95
	Onset duration (Month)	10.60±5.08	10.20±3.35
Injury level	C5	2	1
	C6		1
	C7		2
	C8	1	
	T5	1	1
	L2	1	

Values = Means±SD

CLT : coordinative locomotion training

TM : treadmill

와 반 선 자세에서 각각 15분씩 실시하였고 자세 변경 시 각 5분간 휴식 시간을 갖도록 하였다. 첫 번째 결합 패턴인 스플린트 훈련에서 디딤기 쪽의 어깨뼈는 전방거상, 반대측 어깨뼈는 후방하강의 움직임으로 수행하였으며, 다리어음관절은 디딤기 쪽의 후방하강, 반대측의 전방거상의 움직임으로 양쪽 모두 교대적으로 수행하였다(Fig. 1). 두 번째 결합 패턴인 스케이트 훈련에서 디딤기 쪽의 어깨뼈는 후방거상, 반대측 어깨뼈는 전방하강의 움직임으로 수행하였으며 다리어음관절은 디딤기 쪽의 전방하강, 반대측의 후방거상의 움직임으로 양쪽 모두 교대적으로 수행하였다(Fig. 2). 대상자는 상지와 하지의 운동을 동시에 수행하였으며 잘되는 부분을 먼저 수행한 후 약한 부분을 수행하였다. 대상자가 움직임 수행 시 불안정한 부분에서 치료사가 보조를 실시하였고, 대상자가 할 수 있는 최대 운동능력까지만 적용하였다. 운동 중 대상자가



Fig. 1. Splint pattern in sitting & half standing position.



Fig. 2. Skate pattern in sitting & half standing position.

통증이나 호흡에 이상이 나타나는 경우에는 중재를 중지하였으며 결합된 패턴의 중재는 PNF 국제교육과정을 이수한 물리치료사 5명이 수행하였다.

## 2) 트레드밀 운동군

본 연구에서는 일반적으로 재활치료에 많이 사용되는 트레드밀을 통해 중재하였다 (ROG 9090, Hansin, Korea)(Fig. 3). 트레드밀 보행훈련은 체중부하 상태에서 자가-선택 속도를 측정 후 보행 훈련 단계가 진행되는 동안 점차적으로 속도가 증가되도록 하였다. 트레드밀 보행훈련 중에 체간 정렬과 하지를 통한 체중 이동과 체중부하가 되도록 하였고, 보폭이 규칙적인 리듬과 일정한 활동패턴을 유지되도록 구두명령과 보조하는 물리치료사 1명을 위치시켰다(Kim et al, 2003).



Fig. 3. Treadmill (ROK 9090).

## 4. 자료 분석

본 연구의 통계학적 분석은 SPSS 18.0 ver.을 이용하여 평균(M)과 표준편차(SD)로 나타내었다. 운동 전과 후의 비교를 위해 비모수 통계인 Wilcoxon signed rank test를 실시하였고 집단간의 비교를 위해 Mann-Whitney test를 실시하였다. 모든 통계적 유의 수준은  $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 10M 걷기 검사(10M walking test)

10미터 걷기 검사에서 CLT 그룹은 중재 전 25.71±7.96(초)에서 중재 후 20.58±6.50(sec)로 유의한 감소를 보였으며( $P<0.05$ ), TM 그룹에서도 중재 전 23.61±8.13(sec)에서 중재 후 20.44±7.36(sec)로 유의한 감소를 보였다( $P<0.05$ )(Table 2).

Table 2. Groups comparison before and after the intervention in 10 meters walking test

	10 MWT (sec)		
	Pre-test	Post-test	p
CLT group(n=5)	25.71±7.96	20.58±6.50	0.04*
TM group(n=5)	23.61±8.13	20.44±7.36	0.04*

\* $p<0.05$

Values=Means±SD

10 MWT : 10 meters walking test

#### 2. 버그 균형 척도(Berg Balance Scale)

버그 균형 척도에서 CLT 그룹은 중재 전 36.40±9.42(score)에서 중재 후 47.00±6.96(score)로 유의한 증가를 보였으며( $P<0.05$ ), TM 그룹에서도 중재 전 40.20±8.47(score)에서 중재 후 45.60±7.16(score)로 유의한 증가를 보였다( $P<0.05$ )(Table 3).

Table 3. Groups comparison before and after the intervention in berg balance scale

	BBS (score)		
	Pre-test	Post-test	p
CLT group (n=5)	36.40±9.42	47.00±6.96	0.04*
TM group (n=5)	40.20±8.47	45.60±7.16	0.04*

\* $p<0.05$

Values=Means±SD

BBS : berg balance scale

#### 3. 6분 걷기 검사(6minute walking test)

6분 걷기 검사에서 CLT 그룹은 중재 전 259.40±183.58(m)에서 중재 후 344.80±211.13(m)로 유의한 증

가를 보였으며( $P<0.05$ ), TM 그룹에서도 중재 전 295.20±181.18(m)에서 중재 후 316.80±172.40(m)로 유의한 증가를 보였다( $P<0.05$ )(Table 4).

Table 4. Groups comparison pre and post the intervention in 6 minutes walking test

	6 MWT (m)		
	Pre-test	Post-test	p
CLT group (n=5)	259.40±183.58	344.80±211.13	0.04*
TM group (n=5)	295.20±181.18	316.80±172.40	0.04*

\* $p<0.05$

Values=Means±SD

6 MWT : 6 minutes walking test

### IV. 고찰

보행은 협응, 균형, 운동감각, 고유수용성감각, 신경계, 관절, 근육 등의 통합작용으로 복합적인 운동기능의 결과이다(Norkin & Levangie, 1992). 신경계에서 적절한 전기적 신호 패턴의 형태로 신경망을 통해 전달되어 근육활동을 유발시켜 인체의 생체역학적인 요구를 만족시킬 때 적절한 보행이 이루어진다(Jacques et al, 1998). 결국 보행은 신경의 복잡한 통합 과정과 특정 활동의 지속적인 반복을 통해 특성화되어져 단순한 형태를 이루게 된다. 이러한 주기적인 패턴의 움직임을 설명할 때 중추 유형 발생기(central pattern generator, CPG)라는 용어를 사용하며(Smith, 1980), 이것들은 율동적 운동패턴을 만드는 데 관여하는 신경원 집단으로 보고되고 있다(Grillner & Wallen, 1985). 완전 척수손상 환자에서 하지의 교대적인 굴곡과 신전이 자극을 통해 일어난다는 것은 어렵지만 불완전 척수손상환자에서는 훨씬 보편적으로 확인될 수 있다(Calanciw et al, 1994).

정상 보행을 위해서는 진행, 안정성, 하지의 전방이동, 체중지지, 적응, 에너지 소모의 최소화, 충격 흡수, 균형이라는 필수 조건이 충족 되어야 한다(Lee, 2012).

하지만 마비된 다리를 가지고 보행을 하는 환자들은 체중을 지지하기 어렵고 단하지지지기가 짧아지게 되며 반대측 보장이 짧아지게 된다(Dickstein et al, 2004). 협응적 이동 훈련은 스프린터와 스케이터에 내려치기를 더하여 6단계로 구성된 보행 훈련 프로그램이다. 보행의 8단계를 사지 간 협응 체계로 정형화하였으며, 보행의 체중수용, 단하지지지, 다리전진이 상호 교대적 대칭성 상하지 협응 패턴 속에서 연속적으로 실행이 된다. 이러한 이유로 스프린터 및 스케이트 훈련은 훈련 전·후 분속수, 건측 보장, 건측 활보장, 건측 보장에서의 유의한 증가를 보인다. 또한 보행 주기에서 스프린트 동작은 중간 흔들기, 말기 흔들기, 중간 디딤기, 말기 디딤기에서 나타나고 족저압은 발뒤꿈치와 족부 앞 내측에 존재하며, 스케이트 동작은 초기 접촉기, 흔들기, 초기 흔들기, 부하 반응기시에 나타나고 족저압은 발뒤꿈치와 족부 중간 외측에 존재하게 된다. 따라서 스프린트, 스케이트 훈련이 족저압의 발뒤꿈치와 족부 앞 내측, 중간 외측으로 이동 훈련을 통해 보행의 질을 향상 시킨다(Kim, 2012).

Jung 등(2011)은 편마비 환자 20명을 대상으로 PNF 결합 패턴으로 중재하여 하지의 근 활성화도 및 보행능력 개선에 유용한 전략으로 사용될 수 있다고 보고하였고, Lim (2014)의 연구에서도 편마비 환자 22명을 대상으로 스프린터와 스케이트 패턴을 이용한 중재를 통해 환자의 균형 및 보행기능에 효과가 있었다고 보고하였다. PNF 패턴을 이용한 협응적 움직임은 각각의 신체 분절의 움직임과 관계된 패턴을 분석함으로써 디자인 되어졌으며 자세 조절과 균형에 효과적이다(Aller et al, 2002). 또한 척수손상환자를 대상으로 진행하지는 않았지만 대부분의 연구에서 PNF 패턴을 결합한 중재법이 노인 및 편마비 환자의 보행 및 균형 등에 효과적임을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 보행이 가능한 척수손상 환자를 대상으로 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련과 트레드밀 훈련을 적용한 후 각각 10미터 걷기 검사, 버그 균형 척도, 6분 걷기 검사를 통해 효과가 있는지 알아보았다. 10미터 걷기 검사, 버그 균형 척도, 6분 걷기 검사에서

PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련과 트레드밀 훈련을 중재한 그룹 모두 보행의 속도, 균형 및 보행 지구력에 증가를 보여 이는 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련이 효과가 있는 것으로 확인되었다.

본 연구의 제한점으로는 대상자의 수가 많지 않아 결과에 대한 해석을 일반화하기 어렵고, 성별과 척수 손상 분류를 다양하게 포함시켰기 때문에 어느 한 집단의 효과라고 단정하기 어렵다. 척수 손상환자의 보행 검사는 본인들의 동기나 몸 상태에 의해 그 값이 크게 좌우 될 수도 있으며 반복 측정에 대한 효과나 환자의 피로도등을 완전히 배제할 수는 없었다. 추후 이러한 제한점들을 보완하여 연구한다면 척수손상 환자의 보행에 대한 중재를 위한 체계적인 자료가 될 것이라 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 척수손상 환자를 대상으로 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동운동그룹과 트레드밀 운동그룹으로 나누어 4주후 대상자의 보행 속도와 지구력, 균형의 차이를 비교하여 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 운동방법이 척수손상환자의 보행 및 균형에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다.

본 연구를 통해 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 운동이 척수손상 환자의 보행 및 균형 기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 트레드밀 운동과의 보행 및 균형 기능 향상에 관한 우위성에 대해서는 좀 더 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이와 같은 결과를 통해 척수손상 환자에게 PNF 패턴을 결합한 협응적 이동 훈련의 활용을 제안하고자 한다.

## References

- Adler SS, Becker D, Buck M. PNF in practice: An illustratedguide, 2nd ed. Berlin. Springer, 2002.

- Alkandari S. Evaluation of walking speed in patients with chronic hemiparesis after at least 3 consecutive botulinum neurotoxin injections while patients follow a guided self-rehabilitation contact. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2011;54(1):243.
- Barbeau H, Nadeau S, Garneau C. Physical determinants, emerging concepts, and training approaches in gait of individuals with spinal cord injury. *Journal of Neurotrauma*. 2006;23(3-4):571-585.
- Berg K, Wood-Dauphin S, Williams JI. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1995;27(1):27-36.
- Burns SP. Recovery of ambulation in motor-incomplete tetraplegia. *The American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1997;78(11):1169-1172.
- Calancie B, Needham-Shropshire B, Jacobs P, et al. Involuntary stepping after chronic spinal cord injury, Evidence for a central rhythm generator for locomotion in man. *Brain*. 1994;117(10):1143-1159.
- Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al. Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in post stroke hemiparetic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(2):261-267.
- Dietz B. Let's sprint, Let's skate: Innovation Tm PNF-konzept. Berlin. Springer. 2009.
- Douwes JM, Hegeman AK, Van der krieke MB, et al. Six-minute walking distance and decrease in oxygen saturation during the six-minute walk test in pediatric pulmonary arterial hypertension. *International Journal of Cadiology*. 2016;202(1):34-39.
- Grillner S, Wallen P. Central pattern generators for locomotion, with special reference to vertebrates. *Annual Review Neuroscience*. 1985;8(3):233-261.
- Gulati A, Yeo CJ, Cooney AD, et al. Functional outcome and discharge destination elderly patients with spinal cord injuries. *Spinal Cord*. 2011;49(2):215-8.
- Jacques D, Henery WA, Van DC. Neutral control of locomotion; The central pattern generator from cats to humans. *Gait and Posture*. 1998;7(2):131-141.
- Jeong WS, Park SK, Park JH, et al. Effect of PNF combination patterns on muscle activity of the lower extremities and gait ability in stroke patients. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2012;12(1):318-328.
- Kennedy P, Evans M, Sandhu N. Psychological adjustment to spinal cord injury: The contribution of coping, hope and cognitive appraisals. *Psychology, Health & Medicine*. 2009;14(1):17-33.
- Kim K, Lee DK, Jung SI. Effect of coordination movement using the PNF pattern underwater on the balance and gait of stroke. *The Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2015;27(12):699-3701.
- Kim SJ. The effect of sprinter and skater pattern training of PNF on balance and gait ability in patient with stroke. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2012.
- Kim TY, Shin YI, Lee HS. Preliminary study of ambulation training on treadmill in patient with incomplete spinal cord injury. *The Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2003;15(4):869-880.
- Lee YS. Gait training of hemiplegia patients. Seoul. Young Doctor. 2012.
- Lim CGI. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation pattern exercise using the sprinter and the skater on balance and gait function in the stroke patients. *The Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2014;26(4):249-256.
- Norkin CC, Levangie PK. Joint structure and function, 2nd ed. Philadelphia. F.A. Davis Co. 1992.
- Smith JL. Programming of stereotyped limb movement by spinal generators. In: Stelmach GE, Requin J, eds, *Tutorials in motor behavior*. Amsterdam. North-Holland. 1980.
- Song CS. A grounded theory approach to the adaptation process

of the spinal cord injured persons. Ajou University.  
Dissertation of Doctorate Degree. 2009.  
Stevens SL, Fuller DK, Morgan DW. Leg strength, preferred

walking speed, and daily step activity in adults with  
incomplete spinal cord injuries. *Topics in Spinal Cord  
Injury Rehabilitation*. 2013;19(1):47-53.