

대한고유수용성신경근촉진법학회 : 제11권 제2호, 2013년 12월
J. of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
Vol.11, No.2, December 2013, pp.103~110

체중지지 트레드밀 후방 보행 훈련이 불완전 척수 손상 환자의 보행과 호흡에 미치는 효과: 단일사례연구

김성훈¹ · 최종덕^{2*}

¹대전대학교 보건스포츠대학원 물리치료학과, ²대전대학교 자연과학대학 물리치료학과

The Effects of Gait Performance and Respiratory of Backward Walking in Body Weight Supported Treadmill on Incomplete Spinal Cord Injury: A Case Study

Sung-Hoon Kim¹; Jong-Duk Choi^{2*}

¹Dept. Physical Therapy, Graduate School of Health and Sports, Daejeon University

²Dept. Physical Therapy, College of Natural Science, Daejeon University

ABSTRACT

Purpose : The aim of study was to assess the effect of backward walking combined with body weight supported treadmill training for patients with spinal cord injury.

Methods : Forced vital capacity(FVC), forced expiratory volume at one second(FEV1), peak expiratory flow(PEF) and FEV1/FVC ratio(FER) were measured with a spirometer for on subject of T12 spinal cord injury. 10 meter walking test(10MWT), timed up & go test(TUG) and 6-Minute walking test(6MWT) were the measured. Intervention consisted of backward walking combined with body weight supported treadmill training five times a week for 12 weeks.

Results : The date of 10MWT, TUG, 6MWT were improved. Furthermore, the date of PEF, FEV1, FVC, FER showed a improvement.

Conclusion : Backward walking combined with body weight supported treadmill training may be a better and more effective method for gait performance and respiratory on incomplete spinal cord injury.

Key Words : Gait, Respiratory, Body weight supported treadmill, Backward walking

I. 서론

척수 손상은 삶에 있어 신체적, 심리적 그리고 사회경제적으로 심각한 영향을 줄 수 있다(Wyndaele과 Wyndaele, 2006). 불완전 손상과 완전 손상의 분포는 최근에 약 50/50 정도이고, 불완전 손상이 더 증가되는 경향이 있으므로 회복에 대한 많은 가능성을 가지고 있다(Dobkin과 Havton, 2004; Mehrholz 등, 2008).

척수 손상 후, 가장 두드러진 결손 중 하나는 보행 장애이다(Fouad과 Pearson, 2004). 척수 손상 환자는 일반인(79.8m/s)과 비교해서, 느린 속도로 보행(41.1m/s)을 한다(Waters 등, 1989). 그들은 비대칭 보행을 하고(Pillar 등, 1991) 분속수, 보행길이(Krawetz과 Nance, 1996), 보폭길이(Van Der Salm 등, 2005)와 같은 보행요소에서 감소를 보인다. 척수 손상은 근 약화, 마비, 경련으로 인해 손상 수준 이하의 신경지배를 받는 호흡근의 조절을 변하게 하고(Laffont 등, 2003), 호흡 부전이나 삶의 질을 감소시키게 된다(Zimmer 등, 2008). 사실, 호흡 부전과 폐렴은 만성 척수 손상 환자를 사망으로 이르게 하는 이차적인 문제이다(Garshick 등, 2005). Lucke(1998)에 따르면, 호흡 합병증은 불완전 척수 손상의 15~27%와 비교하여 완전 척수 손상에서는 80~90%에서 발병한다고 보고하였다.

체중지지 트레드밀 보행훈련은 신경학적 손상 환자에게 보행에 대한 재활 방법으로 고려된다(Wernig 등, 1995). 체중지지 트레드밀 보행훈련은 정상 보행 요소를 활성화시키는 감각입력이 제공되고 체중이 부분적으로 감소되는 제어된 환경에서 보행의 반복적인 연습이라고 할 수 있다(Hicks 등, 2005). 많은 연구에서 척수 손상 환자에게 부분 체중지지 상태의 트레드밀 보행훈련이 효과적임을 제시했고(Harkema 등, 1997; Wernig 등, 1995), 이러한 결과는 척수 손상 후, 기능적 보행 능력을 향상시키기 위해 체중지지 트레드밀 보행 훈련의 적용에 대한 관심을 증가시켰다(Protas 등, 2001).

후방 보행 훈련은 정형외과적 신경외과적 질병의 치료에 사용되는 일반적인 재활 치료 방법이다. 후방 보

행 훈련은 편마비 환자의 운동조절을 평가하거나 향상시키기 위한 방법으로 제시되어졌다(Bobath, 1970). 후방 보행 훈련은 하지 관절에 스트레스를 감소시키면서 근력 증진과 균형 능력을 향상시킬 수 있다(Threlkeld 등, 1989). 전방 보행과 비교하여 후방 보행은 관절의 움직임과 지면반발력 등의 차이로 인해 에너지 소비와 근 활성도가 더 높게 나타난다(Vilensky 등, 1987). 조성현과 김신균(2012)은 트레드밀 후방 보행 훈련 후, 대퇴사두근의 근전도와 근력 향상에 대해 전방보행과 비교하여 더 좋은 효과가 있는 것으로 제시했다.

이전의 연구는 척수 손상 환자를 대상으로 체중지지 트레드밀 보행훈련이 보행 능력의 향상을 가져왔다고 제시했지만, 후방 보행 훈련에 대한 연구는 뇌졸중이나 정형외과적 환자를 대상으로 한 연구들이 대부분이었다. 척수 손상 환자를 대상으로 후방 보행 훈련에 대한 다양한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 체중지지 트레드밀을 이용한 후방 보행 훈련이 척수 손상 환자의 보행 수행 능력과 호흡에 미치는 효과를 알아보고, 효율적인 보행훈련 방법을 제안하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

환자는 38세 남자로 2011년 6월 25일에 낙상사고로 인한 제 12 흉추, 제 1 요추의 압박골절과 탈구로 인해 제 12 흉추 불완전 척수손상으로 S병원에서 치료를 받다가 D병원에 2011년 10월 19일부터 2013년 11월 현재까지 물리치료를 받고 있다. 본 환자의 초기 근력 평가 결과, 상지는 N/N, 하지는 고관절 굴곡근이 F-/F-, 신전근 F/F-, 외전근 P+/P+, 내전근 P/P, 슬관절 굴곡근은 P+/P+, 신전근 P+/F-, 족관절 배측굴곡근은 Z/Z, 저측굴곡근은 T/Z의 근력 등급이었다. 관절가동범위는 배측굴곡 0°/0°를 제외한 나머지 관절은 전 관절 가동범위를 나타냈다. 기능적 수준은 돌아눕기, 일어나 앉기, 혼자 앉아 있기는 보조도구 없이 독립적으

로 수행이 가능하였으며, 보행기와 단하지 보조기를 이용해 서있기와 10m 이상 보행이 가능하였다. 그리고 환자의 신장은 178cm이며 체중은 71kg이었다. SCIM III 평가 결과, 자조 기술은 18점, 호흡근과 팔약근 조절은 25점, 이동(방과 화장실)은 28점이었다.

2. 실험도구 및 측정도구

1) 실험도구

(1) 하네스 시스템

하네스 시스템은 SHUMA DA-2000(수동식)을 사용하였다. 이 시스템은 성인용 구조틀과 높이 조절이 가능한 손잡이로 구성되었으며, 현수의 끈은 하복부와 골반을 지지해 준다.

(2) 트레드밀

트레드밀(AP2010-2, apsuninc, Seoul, 대한민국)은 속도를 최저 0.1km/h에서 최고 6.0km/h까지 조절할 수 있고, 속도조절은 0.1km/h씩 증·감이 가능하다. 트레드밀에서의 낙상 사고를 방지할 수 있도록 안전키가 분리되면 트레드밀이 중지되도록 설계되어 있다. 안전키는 환자의 몸과 계기판에 부착한다.

2) 측정도구

(1) 10m 보행 검사(10MWT)

보행속도를 측정하기 위해 10m 보행 검사를 실시하였다. 총 12m의 직선거리 중, 가속과 감속구간을 고려하여 양끝 2m를 제외한 10m길이에서만 보행속도를 측정하였다. 3회 실시하여 평균 시간을 측정하였다. 10m 보행 검사의 측정자 간, 측정자 내 신뢰도는 $r=0.89\sim 1.00$ 으로 높은 것으로 보고되었다(Steffen 등, 2002).

(2) 일어나 걸어가기 검사(TUG)

기능적인 운동성과 균형을 측정하기 위해 일어나 걸

어가기 검사를 실시하였다. 평편한 바닥에 팔걸이가 있는 46cm의 의자에 앉아, '시작' 신호에 따라 의자에서 일어나 전방 3m거리를 보행한 후 돌아와 다시 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법으로 3회 실시하여 평균 시간을 측정하였다. 일어나 걸어가기 검사의 측정자 간 신뢰도는 $r=0.98$, 측정자 내 신뢰도는 $r=0.99$ 로 신뢰할 만한 도구이다(Podsiadlo과 Richardson, 1991).

(3) 6분 보행 검사(6MWT)

보행 지구력을 측정하기 위해 6분 보행 검사를 실시하였다. 바닥에 20m의 직선거리와 20m지점의 반환점을 표시하였고, 검사 동안 가능한 빠르게 많은 거리를 걷도록 하였다. 6분 보행 검사는 측정자 내 신뢰도가 $r=0.90$ 로 높은 것으로 보고되었다(Butland 등, 1982).

(4) 호흡 기능 검사

폐활량 측정기는 Microplus Spirometer(Carefusion, 미국)를 이용하였으며, FEV1(1초간 노력성 호기), FVC(노력성 폐활량), FER(1초간 노력성 호기량의 노력성 폐활량에 대한 비)를 측정하였다. 정확도는 $\pm 3\%$ (ATS), 호기량 범위는 0.1~9.99L, 호기속도 범위는 0.2~15.00L/sec이다. 최대호흡율을 측정하기 위해 MicroPeak(MPE 7200 MicroPeak-Peak Flow Meter, Carefusion 232 UK LTD, 영국)를 사용하였다. 측정 과정에서 위생을 위해 입이 닿는 부위(mouse piece)는 측정이 끝나는 즉시 분리하여 알코올 소독을 실시하였다.

3. 실험방법

본 연구는 체중지지 트레드밀 후방보행 훈련을 주5회, 1회 20분씩, 총 12주간 60회를 실시하였다. 트레드밀에 부착되어 있는 손잡이를 잡게 하여 안정성을 부여하였다. 초기 체중지지 비율은 체중의 10%를 감소시켰다. 최초 트레드밀 속도는 후방보행시 다리끌림이 없는 속도에서 보행훈련을 시작하였다. 또한 트레드밀 속도는 5분이상 다리끌림이 없거나 피로하지 않으면, 점진

적으로 속도를 0.1km/h씩 증가시켰다(김좌준 등, 2005). 최종 체중지지 비율은 0%로 완전 체중부하 목표에 도달하고자 하였다. 대상자가 피로감 또는 다리 끌림을 보이면 보행훈련을 중지하였다.

III. 결 과

1. 보행 수행 능력 변화

보행속도 검사를 알아보기 위한 10MWT에서는 중재전 15.41s에서 4주후 14.37s, 8주후 12.70s, 12주후 11.03s로 보행속도의 향상을 나타냈다. 기능적 이동 및 보행 검사인 TUG에서는 중재전 18.94s에서 4주후 17.43s, 8주후 14.80s, 12주후 12.30s로 감소하였다. 보행 지구력 검사인 6MWT에서는 중재전 200.42m, 4주후 247.10m, 8주후 261.00m, 12주후 288.00m로 보행거리의 향상을 나타냈다. 자세한 사항은 다음과 같다(Table 1; Fig. 1).

2. 호흡 기능 변화

호흡 기능 변화에서 PEF는 중재전 506.67L/min, 4주후 516.67L/min, 8주후 563.33L/min, 12주후 590.00L/min로 향상되었고, FEV1은 중재전 2.07L, 4

주후 2.37L, 8주후 2.47L, 12주후 2.49L로 향상되었다. FVC는 중재전 2.18L, 4주후 2.38L, 8주후 2.48L, 12주후 2.49L로 향상되었고, FER은 중재전 441.33, 4주후 460.00, 8주후 530.00, 12주후 566.00으로 향상되었다. 자세한 사항은 다음과 같다(Table 2, Fig 2).

IV. 논 의

보행 회복은 척수 손상 이후에, 환자들에게 가장 중요한 치료 목표 중 하나이다. 보행은 불완전 척수 손상 환자들에게 중요하게 평가되고 있다(Ditunno 등, 2005). 보행 회복은 보조도구의 사용유무에 관계없이 지역사회에서 독립적으로 보행하기 위해 회복되는 능력을 의미한다. Scivoletto과 Di Donna(2009)는 척수 손상 환자에게 지역사회 보행이 다른 사람의 도움없이 집안밖에서 적당한 거리를 걸을 수 있어야 한다고 제시하였다. 많은 연구에서 체중지지 트레드밀 보행 훈련이 불완전 척수 손상 환자의 기능적인 상태를 향상시킬 수 있다고 제시하였다(Benito-Penalva 등, 2012).

일반적으로 전방보행의 주된 추진력은 족관절의 저측 굴곡근(외측 비복근)에 의해 제공되고, 후방보행의 추진력은 고관절과 슬관절의 신전근(대둔근, 대퇴직근)에 의해 제공된다(Grasso 등, 2004). 후방보행에서의 근 활동성 패턴은 발의 해부학적 구조 및 기능적

Table 1. The change of gait performance capacity by time

	pre	4week	8week	12week
10MWT(s)	15.41	14.37	12.70	11.03
TUG(s)	18.94	17.43	14.80	12.30
6MWT(m)	200.42	247.10	261.00	288.00

Table 2. The change of respiratory function by time

	pre	4week	8week	12week
PEF(L/min)	506.67	516.67	563.33	590.00
FEV1(L)	2.07	2.37	2.47	2.49
FVC(L)	2.18	2.38	2.48	2.49
FER	441.33	460.00	530.00	566.00

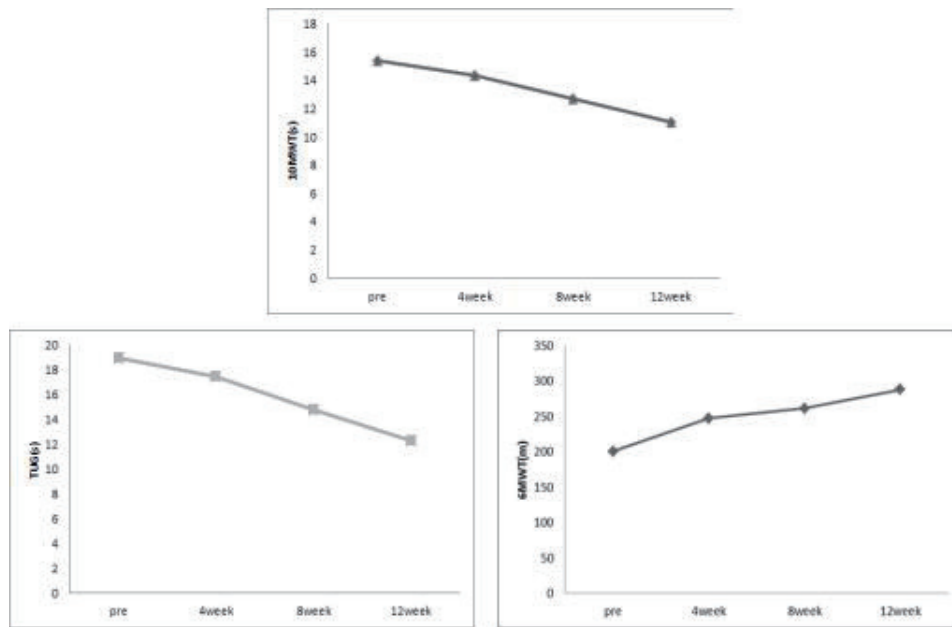


Fig. 1. The change of gait performance capacity by time

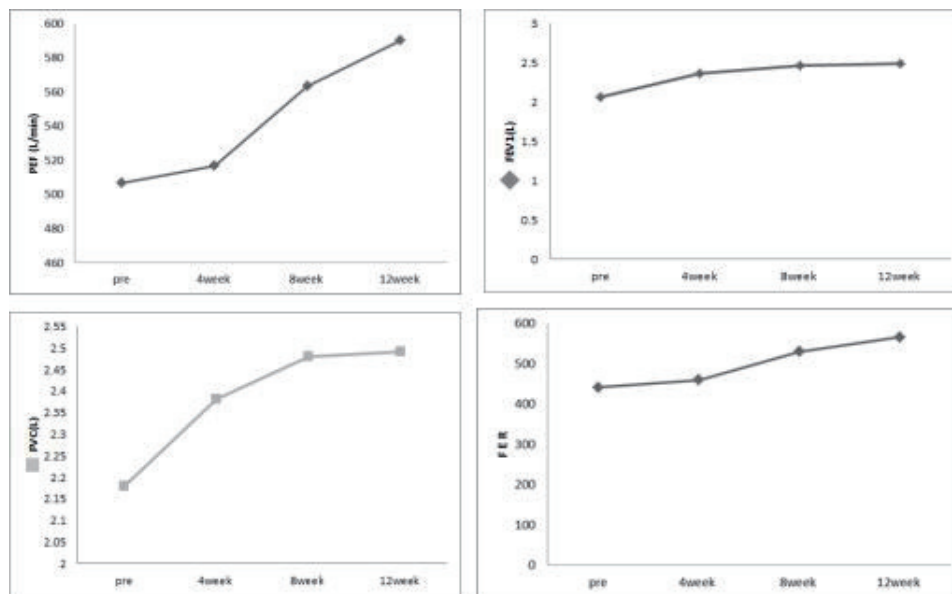


Fig. 2. The change of respiratory function by time

비대칭성과 하지 움직임 때문에 다르다고 제시하였다 (Grasso 등, 1998).

본 연구는 체중지지 트레드밀을 이용한 후방 보행 훈련이 불완전 척수 손상 환자의 보행 수행 능력과 호흡 기능에 미치는 효과를 알아보고, 효율적인 보행 훈련 방법을 제안하고자 하였다. 보행 수행 능력에서 10MWT

는 중재전 15.41s에서 12주 후 11.03s로 28.42%의 감소를 나타냈고, TUG는 중재전 18.94s에서 12주 후 12.30s로 53.98% 감소하였다. Gupta과 Mehta(2009)는 30명의 불완전 척수 손상 환자(ASIA-C, D)를 대상으로 지면보행군과 체중지지 트레드밀 보행군으로 각각 나누어 보행 훈련후, 보행 수행 능력의 향상이 지면

보행군에 비해 트레드밀 보행군에서 효과가 더 높았다고 보고하였다. 체중지지 트레드밀 보행 훈련 후, 중재전과 비교하여 중재 후에 보행 속도, 분속수, 보행길이, 보폭길이에서 유의한 차이를 보고한 결과와 일치한다.

보행 지구력 검사에서는 중재전 200.42m에서 4주후 247.10m, 8주후 261.00m, 12주후 288.00m로 중재전에 비해 12주후 보행 지구력이 43.70% 향상되었다. Protas 등(2001)은 T8, T10, T12의 불완전 척수 손상 환자를 대상으로 12주 동안 하네스를 사용한 트레드밀 보행 훈련후, 보행속도는 0.118m/s에서 0.318m/s으로 169.49%, 보행거리는 20.3m/5min에서 63.5m/5min으로 212.81% 향상되었고 훈련전에 비해 통계학적으로 유의한 차이가 있었다는 결과와 일치한다.

건강한 성인 14명을 대상으로 속도변화에 따른 전방보행과 후방보행의 근전도를 비교한 연구에서는, 2.5km/h, 5.0km/h, 7.5km/h의 모든 속도에서 전방보행에 비해 후방보행이 대퇴직근의 높은 근활성도를 나타냈다. 전경골근과 내비복근에서도 전방보행에 비해 후방보행에서 높은 근활성도를 나타냈다고 보고하였다. 이는 후방보행 훈련이 대퇴부위와 하퇴부위의 근력강화에 도움을 줄 수 있고, 마비측 하지의 근력향상에 효과적이라고 제시하였다(조규권 등, 2007). 건강한 30명의 성인을 대상으로 전방보행군과 후방보행군으로 각각 나누어 실험한 연구에서, 대퇴사두근의 근력이 전방보행군은 실험전 55.42에서 실험후 58.50으로 향상되었지만 통계학적으로 유의하지 않았고, 후방보행군은 55.04에서 실험후 75.81로 향상되었으며 통계학적으로 유의하게 증가되었다. 결과적으로 트레드밀 후방보행이 전방보행에 비해 효과가 더 좋았고, 근력을 향상시킬 수 있다고 제시하였다(조성현과 김신균, 2012). 선행연구의 결과를 바탕으로 본 연구에서의 보행속도, 기능적 이동 및 보행 그리고 보행 지구력 향상을 대퇴부위와 하퇴부위의 근력향상에 따른 결과로 추론할 수 있다.

본 연구의 호흡 기능 검사에서는 PEF는 중재전 506.67L/min, 12주후 590.00 L/min로 16.45%, FEV1은 중재전 2.07L에서 12주후 2.49L로 20.29% 향상되었

다. FVC는 중재전 2.18L에서 12주후 2.49L로 14.22%, FER은 중재전 441.33에서 12주후 566.00으로 28.25% 향상된 결과를 보였다. 이는 만성 척수 손상 환자 C3, C4, C5, C7, T2, T5, T12(8명)을 대상으로 체중지지를 이용한 보행 훈련에서 FVC는 실험전 80L에서 실험후 88L로 유의한 향상을 보였고, FEV1에서도 실험전 75L에서 실험후 77L로 변화량은 크지 않았지만, 통계학적으로 유의한 향상을 나타낸 결과와 일치한다(Terson de Paleville 등, 2013). 척수 손상 환자, 뇌졸중, 건강한 노인을 대상으로 호흡 기능과 일상생활동작을 비교한 연구에서, 호흡 기능은 척수 손상 수준과 따라 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

FVC는 면도, 목욕, 식사, 침대에서 휠체어로의 이동, 침대에서 의자로의 이동 항목에서 양의 상관관계를 나타냈다. 이 결과로 척수 손상 환자에게 호흡 기능 향상과 일상생활 동작 수준 향상은 통계학적으로 유의한 관계를 가진다고 제시했다(Park과 Roh, 2011). 본 연구 결과, MEF, FEV1, FVC, FER의 향상으로 체중지지 트레드밀 후방보행 훈련이 척수 손상 환자의 일상생활 동작 수준 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 1명의 T12 불완전 척수 손상 환자를 대상으로 체중지지 트레드밀을 이용한 후방 보행 훈련이기 때문에, 그 결과를 척수 손상 환자에게 일반화 하기는 어렵다. 하지만 체중지지 트레드밀을 이용한 후방 보행 훈련이 보행속도, 기능적 이동 및 보행 그리고 보행 지구력을 향상시켰으며, 호흡 기능 향상에 효과가 있음을 알 수 있었다. 앞으로의 연구에서는 보다 많은 대상자로 후방 보행 속도와 체중지지 비율에 대한 추가적인 연구를 시행할 필요성이 있다고 생각한다.

V. 결 론

본 연구는 불완전 척수 손상 환자를 대상으로 체중지지 트레드밀을 이용한 후방 보행 훈련이 보행 수행 능력과 호흡 기능에 미치는 효과를 알아보고, 효율적인 보행 훈련 방법을 제안하고자 하는 것이었다. 보행 수행 능력은 10MWT에서 28.42% 감소, TUG에서

53.98% 감소, 6MWT에서는 43.70% 향상을 나타냈다. 호흡 기능은 MEF에서 16.45% 향상, FEV1에서 20.29% 향상, FVC에서 14.22% 향상, FER에서는 28.25% 향상을 나타냈다. 이와 같은 결과를 통해 불완전 척수 손상 환자에게 체중지지 트레드밀을 이용한 후방 보행 훈련이 보행 수행 능력 향상과 호흡 기능 향상에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- 김좌준, 노민희, 구봉오 등. 속도-의존적 체중지지 트레드밀 보행이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 17(3):339-350, 2005;
- 조규권, 김유신, 조상현. 전방보행과 후방보행 시 속도 변화에 따른 근전도 비교 분석. 한국운동역학회지. 17(3):1-10, 2007;
- 조성현, 김신균. 속도변화에 따른 후방보행 훈련이 하지 근육에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지. 13(5):2199-2205, 2012;
- Benito-Penalva J, Edwards DJ, Opisso E et al. Gait training in human spinal cord injury using electromechanical systems: Effect of device type and patient characteristics. Arch phys med rehabil. 93(3):404-412, 2012.
- Bobath B. Adult hemiplegia: Evaluation and treatment. London: Heinemann, 1970.
- Butland R, Pang J, Gross E et al. Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. Br Med J (Clin Res Ed). 284(6329):1607, 1982.
- Ditunno P, Patrick M, Stineman M et al. Cross-cultural differences in preference for recovery of mobility among spinal cord injury rehabilitation professionals. Spinal Cord. 44(9):567-575, 2005.
- Dobkin BH, Havton LA. Basic advances and new avenues in therapy of spinal cord injury. Annu Rev Med. 55:255-282, 2004.
- Fouad K, Pearson K. Restoring walking after spinal cord injury. Prog Neurobiol. 73(2):107-126, 2004.
- Garshick E, Kelley A, Cohen S et al. A prospective assessment of mortality in chronic spinal cord injury. Spinal Cord. 43(7):408-416, 2005.
- Grasso R, Bianchi L, Lacquaniti F. Motor patterns for human gait: Backward versus forward locomotion. J Neurophysiol. 80(4):1868-1885, 1998.
- Grasso R, Ivanenko YP, Zago M et al. Recovery of forward stepping in spinal cord injured patients does not transfer to untrained backward stepping. Exp Brain Res. 157(3):377-382, 2004.
- Gupta N, Mehta R. Comparison of gait performance of spinal cord injury subjects: Body weight supported treadmill training versus over ground gait training. Apollo Medicine. 6(1):21-27, 2009.
- Harkema SJ, Hurley SL, Patel UK et al. Human lumbosacral spinal cord interprets loading during stepping. J Neurophysiol. 77(2):797-811, 1997.
- Hicks A, Adams M, Ginis KM et al. Long-term body-weight-supported treadmill training and subsequent follow-up in persons with chronic sci: Effects on functional walking ability and measures of subjective well-being. Spinal Cord. 43(5):291-298, 2005.
- Krawetz P, Nance P. Gait analysis of spinal cord injured subjects: Effects of injury level and spasticity. Arch phys med rehabil. 77(7):635-638, 1996.
- Laffont I, Durand M-C, Rech C et al. Breath-

- lessness associated with abdominal spastic contraction in a patient with c4 tetraplegia: A case report. *Arch phys med rehabil.* 84(6):906-908, 2003.
- Lucke KT. Pulmonary management following acute sci. *J Neurosci Nurs.* 30(2):91-104, 1998.
- Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor training for walking after spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2, 2008.
- Park JS, Roh H. Comparisons of respiratory function and activities of daily living between spinal cord injury and stroke patients and normal elderly people. *J Phys Ther Sci.* 24(6):465-469, 2011.
- Pillar T, Dickstein R, Smolinski Z. Walking re-education with partial relief of body weight in rehabilitation of patients with locomotor disabilities. *J Rehabil Res Dev.* 28(4):47, 1991.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "up & go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 39(2):142, 1991.
- Protas EJ, Holmes S, Qureshy H et al. Supported treadmill ambulation training after spinal cord injury: A pilot study. *Arch phys med rehabil.* 82(6):825-831, 2001.
- Scivoletto G, Di Donna V. Prediction of walking recovery after spinal cord injury. *Brain Res Bull.* 78(1):43-51, 2009.
- Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-minute walk test, berg balance scale, timed up & go test, and gait speeds. *Phys Ther.* 82(2):128-137, 2002.
- Terson de Paleville D, McKay W, Aslan S et al. Locomotor step training with body weight support improves respiratory motor function in individuals with chronic spinal cord injury. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013.
- Threlkeld A, Horn T, Wojtowicz G et al. Kinematics, ground reaction force, and muscle balance produced by backward running. *J Orthop Sports Phys Ther.* 11(2):56, 1989.
- Van Der Salm A, Nene AV, Maxwell DJ et al. Gait impairments in a group of patients with incomplete spinal cord injury and their relevance regarding therapeutic approaches using functional electrical stimulation. *Artif Organs.* 29(1):8-14, 2005.
- Vilensky JA, Gankiewicz E, Gehlsen G. A kinematic comparison of backward and forward walking in humans. *Journal of Human Movement Studies.* 13:29-50, 1987.
- Waters R, Yakura J, Adkins R et al. Determinants of gait performance following spinal cord injury. *Arch phys med rehabil.* 70(12):811-818, 1989.
- Wernig A, Müller S, Nanassy A et al. Laufband therapy based on 'rules of spinal locomotion' is effective in spinal cord injured persons. *Eur J Neurosci.* 7(4):823-829, 1995.
- Wyndaele M, Wyndaele J-J. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: What learns a worldwide literature survey? *Spinal Cord.* 44(9):523-529, 2006.
- Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of spinal cord injury on the neural regulation of respiratory function. *Exp Neurol.* 209(2):399-406, 2008.