

부분 체중지지를 이용한 앞, 뒤로 걷기 운동이 불완전 척수손상환자의 보행에 미치는 효과

김석환^{1*} · 정재훈²

¹서영대학교 물리치료과, ²국립의료원

Effect of Forward, Backward Walking using Partial Weight Bearing on Walking of the Patient with Incomplete Spinal Cord Injury

Seok-Hwan Kim, P.T., M.S.^{1*}, Jae-Hoon Chung, P.T., M.S.²

¹Department of Physical Therapy, Seoyeong University

²National Medical Center

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to find out of an effect of forward, backward walking using partial weight bearing on walking of the patient with incomplete spinal cord injury.

Methods : The average age, and the term of being sick of 6 patients who were selected as the subjects with incomplete spinal cord injury and who received medical attention in the National Rehabilitation Hospital, was 50.3 years old, and 10.7 months, and those were also the patients that were classified as ASIA-C or D by ASIA. The forward, backward walking using a partial weight bearing system as the research method, took total 6 weeks, 3 days per week, 3 times per day, total 45 minutes for each time(15 minutes for a time, 5 minutes for a breathing time), and the 15 minutes was used for forward walking 7.30 minutes, backward walking for 7.30 minutes, to find out before and after the test of WISCI, PCI, Walking Speed, Motor Score of Lower Limbs for the selected patients with incomplete spinal cord injury.

Results : The result was showed WISCI from 17 points to 17 points that is, no change occurred at all, and PCI from 161.01±103.06 to 74.97±58.19, some amount of reduction that is not statistically significant(p<.05). Regarding walking speed, it increased from 24±.07 m/sec to.61±.35m/sec, that is statistically significant(p<.05), and motor score of lower limbs showed statistically significant increase like from 33.17±7.08 to 37±5.14(p<.05).

Conclusion : The 4 evaluation categories seem to have shown differences due to an insufficient number of subjects, and short test term, and it seems the more diverse task-oriented walking exercises should be studied in the coming days.

Key Words : Incomplete spinal cord injury, Partial weight bearing, Treadmill.

교신저자 : 김석환, E-mail: kshwan@seoyeong.ac.kr

논문접수일 : 2011년 3월 06일 / 수정접수일 : 2011년 3월 10일 / 게재승인일 : 2011년 3월 20일

I. 서 론

우리나라 장애 인구는 정부공식 통계로 2000년도에 약 1,449,500명으로 추정하고 있으며, 이 중 교통사고, 산업재해 등으로 인한 척수손상 장애인도 지속적으로 증가하고 있는 추세에 있다(변용찬 등, 2001). 척수 손상의 원인으로 외상이 70%이며, 30%는 질병에 의한 것이다. 외상으로 인한 척수손상 중 교통사고가 50%로 가장 많고, 산업 재해 등으로 인한 추락사고가 15%를 차지하고, 그 외 스포츠 손상, 총기, 흉기 사고 등이 있다. 교통사고는 날로 증가하는 자동차와 오토바이 사고가 가장 많고, 스포츠 손상에는 다이빙, 수상스키, 체조 등의 사고가 많이 나타나고 있다. 호발 연령으로는 40세 미만(80%)의 청장년층이 대다수를 차지한다(김병식, 2003).

경수 손상에 의한 상지의 마비는 옷 입기, 세수하기 등의 일상생활동작을 더욱 어렵게 한다(Dunkerley 등, 2000). 외상성 척수 손상의 임상적인 결과는 손상부위의 심한 정도, 회복과정, 신경학적 재활치료 등에 달려 있다. 척수손상 환자 중 보행을 이용하여 이동을 할 수 있는 환자는 15~45%이고, 나머지의 환자는 휠체어를 이용하여 생활을 하게 된다(Ducker 등, 1983). Burns 등(1997)은 불완전 척수손상환자의 86%가 약간의 보행능력을 회복한다고 하였으며, 대다수의 불완전 척수손상 환자들은 걸을 수 있는 잠재력을 갖고 있고, 트레드밀을 이용한 반복적인 보행훈련은 근력, 협응력, 지구력을 증가시킨다고 하였다(Wernig 등, 1999).

Shumway-Cook과 Wollacott(1995)는 보행은 환경과 밀접한 연관성을 가지고 있어, 보행의 과정에서 직면하는 여러 장애물을 통해 보행 능력은 계속해서 적응되며 더욱더 부드러운 움직임을 진행시켜 갈 수 있다고 하였다. 이는 중추신경계가 말초신경계로부터 들어오는 다양한 구심성 정보들 중에서 가장 적합한 정보를 선택하고 선별하여 움직임을 수정하고 조절하여 실행시킬 수 있는 능력이 있다는 것을 의미한다(Van Tuijl 등, 2002). Forssberg(1982)는 척수손상환자의 성공적인 보행을 위한 주요 요건을 언급하였는데, 양 하지로 몸통을 유지할 수 있어야 하며, 의도한 방향으로의 몸에 대

한 추진력과 움직이고 있는 몸을 조절할 수 있는 동적인 균형, 환경의 요구와 목적에 따라 변화하여 움직일 수 있는 유연성 등의 능력이 필요하다고 하였다. 이러한 보행능력을 향상시키기 위해서 불완전 척수 손상환자를 대상으로 여러 가지 보행 훈련을 실시한 연구들이 보고되고 있다. Pinter와 Dimitrijevic(1999)은 중심패턴 발생기(CPG)가 척수반사활동보다 척수상위운동조절에 의존적이며, 현수 장치를 이용한 트레드밀 보행훈련이 아닌 지면위에서의 보행훈련을 통하여 16명의 환자에 대한 보행능력을 향상 시켰다고 보고하였다. Teixeira 등(2001)은 예비실험으로 3명의 불완전 척수손상(흉수, ASIA C, D) 환자에게 체중지지 트레드밀을 이용하여, 한 시간의 물리치료와 함께 하루에 20분 씩, 주 당 5회, 3개월 동안 트레드밀 보행훈련(경사도 0%)을 실시한 결과를 보고하였다. 보행속도는 0.118m/s에서 0.318m/s로 향상되었고, 보행 지구력은 20.3m/5min에서 63.5m/5min으로 증가되었고, 산소소모율(oxygen cost)은 1.96 ml·kg⁻¹·m⁻¹에서 1.33 ml·kg⁻¹·m⁻¹로 감소하여 트레드밀 보행훈련이 보행속도와 보행 지구력을 증가시키고, 산소 소모량의 감소에 효과적이라고 보고하였다. Field-Fote(2001)는 9명의 만성 불완전 척수손상 환자를 대상으로 보행능력을 향상시키기 위해 하지 근육에 기능적 전기 자극을 적용하고, 30%의 체중지지와 함께 트레드밀을 이용하여 하루 1.5시간씩 주당 3회, 3개월 동안 보행훈련(경사도 0%)을 실시한 결과 지상보행능력(over ground walking)이 향상되고 속도도 빨라졌으며, 보행거리도 증가하였고, 하지근력(lower extremity motor score)이 15점에서 18점으로 향상되었다고 보고하였다. 정재훈(2003)은 불완전 척수손상 후의 자동보행 훈련을 통하여 보행 속도, 하지의 도수 근력검사 점수, 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI)가 증가하고, 생리학적 소모지수가 감소한다고 보고하였다. 트레드밀을 이용한 보행훈련은 환자의 보행 중 규칙적이고 리듬 있는 보행을 통하여 하지의 협응 운동 조절을 촉진하고 자세 조절을 제공한다.

Malouin 등(1992)은 트레드밀을 이용한 보행훈련이 환자들에게 동기부여와 트레드밀 위에서 보행속도를 유지하도록 하여 환자의 노력을 증가시킨다고 제안하였

고, 또한 환자 스스로 가능한 빠른 보행과 같은 패턴으로 많은 반복을 가능하게 하기 때문에 운동학습이론을 뒷받침한다고 하였다(Hesse 등, 1995; Kottke 1990; Shumway-Cook과 Wollacott, 1995). 또한 트레드밀 보행훈련은 특정 과제 연습(task-oriented practice)은 아니지만 실제의 보행환경과 유사한 과제 지향적 접근법(task-oriented approach)이라고 하였다(Malouin 등, 1992; Miller 등, 2002). 한편 Knutsson과 Richards (1979)는 원위근육들에서 이른 신장 활동(early stretch activation) 및 마비, 그리고 하지에서 주동근, 길항근간에 비정상적인 협응이 척수손상환자들의 보행을 방해한다고 하였으며, 지속적인 근전도 활동과 근육의 지연된 이완, 그리고 근전도상 최고값의 감소나 결손을 특징으로 하고 있다고 보고하였다.

따라서 이 연구의 목적은 부분 체중지지를 이용한 앞뒤로 걷기 운동이 불완전 척수손상 환자의 보행능력 중 척수손상환자를 위한 보행지수(Walking Index for Spinal Cord Injury; WISCI), 생리학적 소모지수(Physiological Costs Index; PCI), 보행속도(Walk Speed), 하지의 근력점수(Muscle Strength Score of the Lower Limbs)에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

이 연구에 참가한 대상자는 척수손상으로 인해 사지 또는 하지에 불완전 마비가 있는 척수손상환자로서 국립재활 병원에 2004년 12월부터 2005년 12월까지 입원 치료를 받은 환자 6명을 대상으로 하였다.

연구 대상자들의 선정조건은 1) 외상 및 질병에 의한 척수손상 환자, 2) 유병기간이 2년 이내인 환자, 3) 척수손상 이외의 정형외과적 질환이 없는 환자, 4) 미국 척수손상협회(American Spinal Injury Association, ASIA)의 분류로 C 또는 D인 환자, 5) 보조기 및 기타 보조 장치의 사용 유무와 관계없이 서기 자세 유지와 보행이 가능한 환자로 한다.

이 연구에 참가한 모든 대상자들은 부분적 체중지

를 적용한 상태에서 앞뒤로 걷기 훈련을 실시하였으며, 평균 연령은 50.3세, 유병기간이 평균 10.7개월 이었다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

| | 대상자 | 나이(세) | 유병기간(월) |
|-------------|---------|-----------|----------|
| | 1 | 49 | 6 |
| | 2 | 51 | 12 |
| 앞, 뒤로 걷기 | 3 | 68 | 9 |
| | 4 | 41 | 15 |
| | 5 | 53 | 16 |
| | 6 | 40 | 6 |
| | 평균±표준편차 | 50.3±10.2 | 10.7±4.4 |

2. 측정도구

1) 척수손상 환자를 위한 보행지수(Walking Index for Spinal Cord Injury; WISCI)

척수손상 환자를 위한 보행지수는 척수손상환자를 위한 보행 평가 도구로서 물리적 도움(physical assistance), 보조기(brace), 보조 장구(device)등의 사용 유무와 정도에 따라 순위를 낸 것으로, 물리적 도움은 중등도에서 최대의 도움 정도(moderate~maximum)를 두 사람의 도움으로 간주하였고, 최소의 도움(minimal assist)을 한 사람의 도움으로 간주하였다.

이 평가에서 보조기는 장하지 보조기(long leg brace) 또는 단하지 보조기(short leg brace) 어느 것을 착용하든지 무관하며, 한 쪽에 착용하였는지, 양쪽에 착용하였는지 역시 무관하였다.

이 평가에서 사용한 보조 장구(device)는 평행봉(parallel bar), 보행기(walker), 목발(crutches), 지팡이(cane)등 이었으며, 목발과 지팡이는 같은 정도로 간주하였고, 한 쪽에 사용하였는지, 양쪽에 사용하였는지 만을 구분하였다.

이 연구에서 사용한 척수손상 환자를 위한 보행지수(WISCI) 항목은 20개의 개념을 Ditunno 등(2000)의 연구에서 보행능력에 따라 재배열한 항목을 이용하여 평가하였다(부록 1).

2) 생리학적 소모지수(Physiological Costs Index: PCI)

생리학적 소모지수(PCI)는 보행 시의 심박동수에서 안정기의 심박동수를 뺀 차이를 보행속도로 나눈 값으로 구하였다(Nene과 Jennings, 1992). 심박동수는 휴대용심박측정기(US/POLAR S801, USA)를 이용하여 측정하였고, 안정기의 심박동수는 100 m 보행속도 측정 전에 3분간을 측정하였으며, 보행 시의 심박동수는 100m를 보행했을 때의 심박동수를 측정하였다.

생리학적 소모지수 = [보행중 심박수 - 안정기 심박수]/보행속도

3) 보행속도(Walk Speed)

보행속도는 최대한 빠르게 100m를 보행할 때의 속도를 구하여 m/s단위로 나타내었다.

4) 하지의 근력점수(Muscle Strength Score of the Lower Limbs)

하지의 근력은 검사자의 도수 저항과 중력에 대항하는 근력을 측정하여 진단, 운동계의 예후 판정, 치료효과의 평가를 목적으로 개발되어진 검사도구로(Danielsson과 Sunnerhagen, 2000; Loewen과 Anderson, 1988), 실험 전, 후에 동일한 평가자가 대둔근, 중둔근, 장요근, 대퇴사두근, 슬괵근, 전경골근의 근력을 5점 척도로 측정한 후 합산한 값을 사용하였다.

3. 연구절차

모든 대상자에게 실험 전 측정으로 하지근력, 평지에서 100m를 걷는 동안의 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI), 생리학적 소모지수(PCI), 보행속도를 측정하였고, 총 6주간의 부분적 체중 지지를 적용한 앞, 뒤로 걷기 운동을 실시한 후 실험 전과 동일한 항목을 측정하였다.

4. 부분적 체중지지를 이용한 운동방법

부분적 체중지지를 적용한 앞, 뒤로 걷기 운동은 부

분적 체중지지 시스템(BIODEX-rehab treadmill 4, USA)을 이용하여 대상자가 자신의 체중의 60~80%만을 하지로 지지한 상태로 트레드밀 위에서 각 대상자가 유지할 수 있는 속도로 앞, 뒤로 걷게 하였으며, 보행 훈련 단계가 진행되는 동안 점진적으로 속도가 증가되도록 하였다. 트레드밀의 경사도는 0%에 고정시키고, 위의 운동을 6주간 주당 3회 각 45분씩(15분간 3회, 휴식시간 5분)을 실시하였다. 15분 중 앞으로 걷기 7분 30초와 뒤로 걷기 7분 30초를 실시하였다(그림 1).

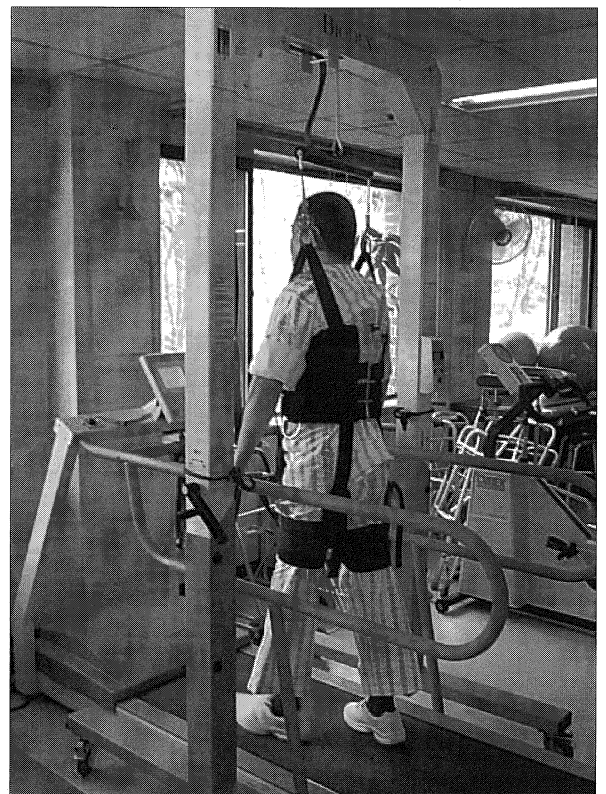


그림 1. 부분적 체중지지를 이용한 운동방법.

5. 자료처리

이 연구의 자료는 SPSS 10.0을 이용하여 자료의 평균과 표준편차를 산출하였으며, 부분적 체중지지를 이용한 앞 뒤 걷기운동의 효과를 비교하기위하여 훈련 전과 후의 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI), 생리학적 소모지수(PCI), 보행속도, 하지의 근력 등의 차이를 짝비교 t-검정(paired t-Test)을 이용하여 검증하였

다. 유의수준 α 는 .05로 하였다.

III. 연구 결과

이 연구는 부분 체중지지를 이용한 앞, 뒤로 걷기 운동이 불완전척수손상환자의 보행에 미치는 효과를 알아보고자 보행능력 중 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI), 생리학적 소모지수(PCI), 보행속도(Walk Speed), 하지의 근력점수(Muscle Strength Score of the Lower Limbs) 등에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 것으로 연구 결과는 아래와 같다.

1. 척수손상 환자를 위한 보행지수(WISCI)의 연구 결과

앞, 뒤로 걷기 운동 전과 후, 모든 대상자에서 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI)는 각각 17로 변화가 없었다($p < .05$)(표 2).

2. 생리학적 소모지수(PCI)의 연구 결과

생리학적 소모지수는 운동 전 161.01 ± 103.06 에서 운동 후 74.97 ± 58.19 로 감소했지만, 통계학적으로 유의하지 않았다($p < .05$)(표 2).

3. 보행속도(Walk Speed)의 연구 결과

보행속도는 운동 전 0.24 ± 0.07 m/sec에서 운동 후 0.61 ± 0.35 m/sec로 증가하였으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(표 2).

4. 하지 근력점수(Muscle Strength Score)의 연구 결과

하지 근력은 운동 전 33.17 ± 7.08 에서 운동 후 37 ± 5.14 로 증가하였으며, 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(표 2).

IV. 고 찰

Patrick 등(2003)은 척수손상환자들에게 있어 삶의 질에 미치는 영향 중, 운동기능의 소실이 대, 소변의 기능이나 성 기능의 장애보다 상위를 차지한다고 보고하였다. Ducker 등(1983)은 외상성 척수 손상의 임상적인 결과는 손상부위의 심한 정도, 회복과정, 신경학적 재활치료들에 달려 있으며, 보행을 이용하여 이동을 할 수 있는 척수 손상 환자는 15~45%이고 나머지는 휠체어를 이용하여 생활을 하게 된다고 하였다.

척수손상환자의 성공적인 보행을 위한 주요 요인들은, 양 하지로 몸통을 유지할 수 있어야 하며, 의도한 방향으로의 몸에 대한 추진력과 움직이고 있는 몸을 조절할 수 있는 동적인 균형, 환경의 요구와 목적에 따라 변화하여 움직일 수 있는 유연성 등의 능력이 필요하다고 하였다(Forssberg, 1982).

Wernig 등(1999)은 트레드밀을 이용한 반복적인 보행훈련은 근력, 협응력, 지구력을 증가시킨다고 보고하였으며, Abel 등(2002)은 10명의 척수 손상 환자를 대상으로 하네스(harness)로 체간을 지지하여 체중을 탈부하 시키는 동시에 트레드밀에서 편안한 속도로 걷도록 하는 실험에서 체중 부하는 9.3(0~20)kg 감소시켰을 경우 보행이 가장 편안하였으며, 최대 보행 속도는 0.67(0.23~1.1)m/s 증가하였으며, 보행시간은 11(8~15)분 증가하였다고 보고하였다.

김태윤 등(2003)은 트레드밀 보행 훈련을 통하여 보행주기 중 첫 번째 단하지 지지기를 제외한 오른발 단하지 지지기, 양하지 지지기 II, 왼발 단하지 지지기의 변화를 가져와 보다 규칙적이고 대칭적인 보행패턴이 이루어졌다고 보고하였다. 이형수 등(2004)은 기능적 전기 자극을 이용한 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 보행속도와 보행지구력을 증가시키고 에너지 소모지

표 2. 측정 도구별 운동 전·후의 결과

| | 운동 전 | 운동 후 | p |
|-----------|---------------|-------------|-------|
| 보행지수 | 17.00±.00 | 17.00±.00 | .000* |
| 생리학적 소모지수 | 161.01±103.06 | 74.97±58.19 | .051 |
| 보행속도 | 0.24±.07 | 0.61±.35 | .043 |
| 하지의 근력 | 33.17±7.08 | 37±5.14 | .007 |

* $p < .05$

수를 줄이는데 효과적이라고 하였다. 정재훈(2003)은 자동 보행훈련을 실시한 불완전 척수손상 환자들에게서 생리학적 소모지수가 감소하여 보행 중에 사용되는 에너지가 감소하였음을 보고하였다. 기존의 선행연구들에서는, 트레드밀 보행훈련은 불완전 척수 손상환자를 위한 치료법으로의 사용을 지지해주고 있으며, 환자의 기능적 보행능력에 있어 보행속도, 보행 지구력, 에너지 효율 등에서 향상이 있음을 제시하고 있다. Flynn과 Soutas-little(1993)은 전방걸기보다는 후방걸기에서 심혈관계 반응과 대사량이 증가하게 되는데, 운동수행시의 역학적 차이에 따른 에너지 사용의 효율성과 관련이 있다고 하였다. 즉 후방걸기동안에 보폭이 짧아지면서 상대적으로 보폭 빈도수가 증가하기 때문에 증가된 보폭수를 보상하기 위한 생리적 대사 요구량이 증가한다고 하였다(Flynn과 Soutas-little, 1993).

이 연구에서는 보행속도와 하지의 근력에서는 유의한 차이가 있었지만 생리학적 소모지수(PCI) 및 척수손상 환자를 위한 보행지수(WISCI)에서는 유의하지 못했다. 보행속도의 증가는 Laufer 등(2001)의 지상 보행 훈련군(0.18 m/sec에서 0.33 m/sec로)과 트레드밀 보행 훈련군(0.20 m/sec에서 0.47 m/sec로)의 비교연구, Grompton 등(2001)의 뇌졸중 환자를 대상으로 실시한 트레드밀 보행 훈련 연구(30 m를 0.3 m/sec에서 100 m를 0.6 m/sec로), Teixeira 등(2001)의 체중 지지 보행 훈련 연구에서의 효과(0.118 m/sec에서 0.318 m/sec로)와 일치하였다. 하지의 근력점수에서도 Field-Fote(2001)의 트레드밀 보행훈련에 대한 연구(15점에서 18점으로)와, 신영일(2004)의 트레드밀을 이용한 보행훈련에 대한 연구(10.79점에서 22점으로)에서의 결과와 동일하게 기능 증진이 있었다. 하지만 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI)에서 통계적으로 유의하지 않은 결과는 대상자의 분포와 수가 다양하지 못했기 때문으로 생각되며, 생리학적 소모지수(PCI)가 통계적으로 유의하지 않고 이형수 등(2004)의 연구 결과(.98과 .93 beat/min에서 .71과 0.68 beat/min으로)와 다른 이유는, 한 대상자에서 안정 시 심박수가 높아 6주 후 생리학적 소모지수(PCI) 점수가 오히려 높아졌기 때문이라 생각된다.

이 연구의 제한점은 연구대상자의 수가 적고, 실험기

간이 짧았던 점 그리고 대상자의 선정조건을 제한하였기 때문에 모든 불완전 척수손상환자에게 일반화하여 해석하기에는 어려움이 있을 것으로 생각되며, 앞으로의 연구에서는 다양한 대상자들의 분포 및 연구방법을 통한 실험이 진행되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 국립재활병원 척수손상병동에 입원한 6명의 불완전 척수손상환자를 대상으로 부분 체중지지를 이용한 앞, 뒤로 걷기운동을 적용하였을 때, 환자의 보행능력 중 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI), 생리학적 소모지수(PCI), 보행 속도, 하지 근력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

연구결과 실험 전과 실험 후에 척수손상환자를 위한 보행지수(WISCI)와 생리학적 소모지수(PCI)에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 보행속도 및 하지의 근력점수를 조사 한 결과 부분 체중지지를 이용한 앞, 뒤로 걷기 운동이 척수손상환자의 보행능력 향상에 유의한 차이가 있음을 알게 되었다.

앞으로의 연구에서는 보다 더 다양한 과제-지향적 보행훈련방법들이 이루어지길 기대한다.

참 고 문 헌

- 김병식. 장애의 이해와 재활. In: 국립재활원. 지역사회 중심재활교육 초급과정교재(III). 서울. 문영사, 2003.
- 김태윤, 신영일, 이형수. 트레드밀을 이용한 불완전 척수손상자 보행훈련의 사전 연구. 대한물리치료학회지. 15(4):869-880, 2003.
- 변용찬, 서동우, 이선우 등. 2000년도 장애인 실태조사. 서울. 한국보건사회연구원. 2001.
- 신영일. 트레드밀을 이용한 불완전 척수손상자 보행훈련이 보행에 미치는 영향. 서울특별시 물리치료사회 제4차 학술 세미나지. 93-110, .2004
- 이형수, 신영일, 김명훈. 기능적 전기자극을 적용한 트레드밀 보행 훈련이 편마비 환자의 보행 속도와 보행 지구력, 에너지 소모지수에 미치는 영향. 서

- 울특별시 물리치료사회 제4차 학술 세미나지. 58-71, 2004.
- 정재훈. 불완전 척수손상 후의 자동보행훈련. 한국전문물리치료학회지. 10(3):81-90, 2003.
- Abel R, Schablowski M, Rupp R et al. Gait analysis on the treadmill-monitoring exercise in the treatment of paraplegia. *Spinal Cord*. 40(1):17-22, 2002
- Burns SP, Golding DG, Rolle WA Jr, et al. Recovery of ambulation in motor-incomplete tetraplegia. *Arch Phys Med Rehabil*. 78(11):1169-1172, 1997.
- Crompton S, Khemlani M, Batty J et al. Practical issues in retraining walking in severely disabled patients using treadmill and harness support systems. *Aust J Physiother*. 47(3):211-213, 2001.
- Danielsson A, Sunnerhagen KS. Oxygen consumption during treadmill walking with and without body weight support in patients with hemiparesis after stroke and in healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 81(7):953-957, 2000.
- Ditunno JF Jr, Ditunno PL, Graziani V et al. Walking index for spinal cord injury(WISCI): An international multicenter validity and reliability study. *Spinal Cord*. 2000;38(4):234-243.
- Ducker TB, Lucas JT, Wallace CA. Recovery from spinal cord injury. *Clin Neurosurg*. 30:495-513, 1983.
- Dunkerley AL, Ashburn A, Stack EL. Deltoid triceps transfer and functional independence of people with tetraplegia. *Spinal Cord*. 38(7):435-441, 2000.
- Field-Fote EC. Combined use 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*. 82(6):818-824, 2001.
- Flynn. TW, Soutas-little RW. Mechanical power and muscle action during forward and backward running. *J Orthop Sports Phys Ther*. 17(2):108-112, 1993.
- Forssberg H. Spinal locomotion functions and descending control. In: Lunberg A, Sjolund B, Bkorklund A, eds. *Brain Stem Control of Spinal Mechanisms*. New York, Elsevier Biomedical Press. 1982.
- Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke*. 26(6):976-981, 1995.
- Knutsson E, Richards C. Different types of disturbed motor control in gait of hemiparetic patient. *Brain*. 102(2):405-430, 1979.
- Kottke FJ. Therapeutic exercise to develop neuromuscular coordination. In: Kottke FJ, Lehman JF, eds. *Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation*. 4th ed. Philadelphia, WB Saunders Co. 1990.
- Laufer Y, Dickstein R, Chefez Y et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: A randomized study. *J Rehabil Res Dev*. 38(1):69-78, 2001.
- Loewen SC, Anderson BA. Reliability of the Modified Motor Assessment Scale and the Barthel Index. *Phys Ther*. 68(7):1077-1081, 1988.
- Malouin F, Potvin M, Prevost J et al. Use of an intensive task-oriented gait training program in series of patients with acute cerebrovascular accidents. *Phys Ther*. 72(11):781-789, 1992.
- Miller EW, Quinn ME, Seddon PG. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability

- secondary to stroke. *Phys Ther.* 82(1):53-61, 2002.
- Nene AV, Jennings SJ. Physiological cost index of paraplegic locomotion using the ORLAU ParaWalker. *Paraplegia.* 30(4):246-252, 1992.
- Patrick M, Ditunno PL & Ditunno JF, Jr. A comparison of spinal cord injury(SCI) consumers /staff preference for walking: a pilot study. *J Spinal Cord Med.* 26, 2003.
- Pinter MM, Dimitrijevic MR. Gait after spinal cord injury and the central pattern generator for locomotion. *Spinal Cord.* 37(8):531-537, 1999.
- Shumway-Cook A, Wollacott MH. *Motor Control: Theory and practical applications.* Baltimore, MD. Williams & Wilkins. 1995.
- Teixeira da Cunda Filho I, Lim PA, Qureshy H et al. A comparison of regular rehabilitation and regular rehabilitation with supported treadmill ambulation training for acute stroke patients. *J Rehabil Res Dev.* 38(2):245-255, 2001.
- Van Tuijl JH, Janssen-Potten YJ, Seelen HA. Evaluation of upper extremity motor function tests in tetraplegics: *Spinal Cord.* 40(2):51-64, 2002.
- Wernig A, Nanassy A, Müller S. Laufband (treadmill) therapy in incomplete paraplegia and tetraplegia. *J Neurotrauma.* 16(8):719-726. 1999.
-

부록 1. 척수손상 환자를 위한 보행지수(Walking Index for Spinal Cord Injury, WISCI)

| Level | Devices | Braces | Assistance | Distance | |
|-------|------------|-----------|------------|-------------|--------|
| 0 | | | | Unable | |
| 1 | P-bar | Braces | 2 persons | > 10 meters | //B210 |
| 2 | P-bar | Braces | 2 persons | 10 meters | //B2 |
| 3 | P-bar | Braces | 1 person | 10 meters | //B1 |
| 4 | P-bar | No braces | 1 person | 10 meters | //NB1 |
| 5 | P-bar | Braces | No assist | 10 meters | //B0 |
| 6 | Walker | Braces | 1 person | 10 meters | WB1 |
| 7 | Two cr | Braces | 1 person | 10 meters | 2CB1 |
| 8 | Walker | No braces | 1 person | 10 meters | WNB1 |
| 9 | Walker | Braces | No assist | 10 meters | WB0 |
| 10 | One ca/cr | Braces | 1 person | 10 meters | 1CB1 |
| 11 | Two cr | No braces | 1 person | 10 meters | 2CNB1 |
| 12 | Two cr | Braces | No assist | 10 meters | 2CB0 |
| 13 | Walker | No braces | No assist | 10 meters | WNB0 |
| 14 | One ca/cr | No braces | 1 person | 10 meters | 1CNB1 |
| 15 | One ca/cr | Braces | No assist | 10 meters | 1CB0 |
| 16 | Two cr | No braces | No assist | 10 meters | 2CNB0 |
| 17 | No devices | No braces | 1 person | 10 meters | NDNB1 |
| 18 | No devices | Braces | No assist | 10 meters | NDB0 |
| 19 | One ca/cr | No braces | No assist | 10 meters | 1CNB0 |
| 20 | No devices | No braces | No assist | 10 meters | NDNB0 |