

편마비환자의 과제지향 접근법

대구대 대학원 재활과학과 물리치료전공

김 성 학

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

박 래 준

Task Oriented Approach of Hemiparetic Patients

Kim, Seong-hak, P.T., M.S.

Major in Physical Therapy, Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Taegu University

Park, Rae-joon, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

<Abstract>

The propose of this study was to evaluate the effect of body weight support treadmill training on the patients with chronic stroke. Body weight support(BWS) treadmill training has recently been shown to be effective for gait training following stroke, and few researchers have measured the usefulness of this intervention in enhancing function, and there are reports in which BWS overground ambulation was studied. This study were 1) to report the feasibility and patient tolerance for using a BWS system for treadmill ambulation, 2) to measure the function of patients with chronic stroke prior to and following BWS treadmill and overground ambulation training, and 3) to describe a protocol used for patient treatment progression using BWS treadmill training.

I. 서론

뇌졸중은 성인 장애의 주 요인이다. 발생 비율이 수십 년 동안의 감소에도 불구하고 뇌졸중은 미국에서 성인의 장애를 유발하는 것으로 존재한다(Gresham & Dawber, 1975). 매년 약 731,000명의 미국인이 모든 형태의 최초 뇌졸중으로 어려움을 겪는다(Broderick et al., 1998). 이들 뇌졸중의 2/3은 영구적인 신경 장애를 초래하며, 일상생활동작에서의 기능을 손상시킨다(Wade & Hower, 1987). 지속적인 기능적 장애를 일으키는 신경 휴유증인 편부전마비는 뇌졸중이후 6개월 이상 손상을

받은 전체 환자의 반이 차지하는 가장 흔한 증상이다(Williams et al., 1999). 편마비 보행은 약화와 경직과 보행의 체성운동 효율을 확연히 감소시키는 근육움직임과 중추신경의 비정상성과 관련되어 장애를 가져다준다. 만성 편마비성 보행 결핍환자는 정상 보행하는 사람과 비교하여 지상에서 보행에 드는 에너지가 1.5에서 2배로 힘이 든다(Gerston & Orr, 1971). 신체적 손상상태는 연령과 관련하여 함께 증가하고 근육량은 편협한 활동, 편마비성 보행의 고에너지를 요구 할 수 있는 환자의 능력의 감소에 더욱 기인한다(Hagberg, 1987 ; Lexell & Dutta, 1997).

최근의 연구는 국소빈혈 뇌졸중이후의 보행 회복은 몇 개월 안에 고원기를 보인다는 것을 보여준다(Jorgensen et al., 1995). 이것은 뇌졸중후 초기 기간이 일상생활 활동의 회복을 최적화 하는 치료를 강조하는 기존의 뇌졸중재활 시간구조가 계속되는 것이다. 이런 물리적으로 비정상적이고 심맥관 질병 위험 요소 가능성을 가진 사람들이 운동 치료로 개선된다는 증거에도 불구하고 유산소 운동은 고령 뇌졸중환자에게나 편부전마비의 초기나 만성 국면에서 일반적으로 처방되지 않는다(Mol & Baker, 1991).

몇 년 동안 트래드밀 훈련의 사용은 편마비와 손상된 보행을 가진 환자의 재활에 있어서 연구중인 치료법이였다(Dobkin, 1999 ; Hesse et al., 1995 ; Visintin et al., 1998). 보편적인 치료를 보충하였기 때문에 트래드밀 훈련은 보행훈련의 결과에 현저한 개선을 가지고 왔다(Dobkin, 1999 ; Hesse, 1999). 트래드밀 훈련은 실제로 다른 보행 치료보다 상위에 있다는 것은 논쟁되어진다(Davies, 1999 ; Hesse, 1999). 자신의 힘으로 걸을 수 없는 심각한 고통을 받는 환자는 체중현수지지와 함께 트래드밀 훈련이 추천된다(Dobkin, 1999 ; Visintin et al., 1998). 그러나 대부분의 효과적인 훈련 매개변수(parameter)의 조합은 여전히 알려지지 않고 있다(Davies, 1999 ; Hesse, 1999). 뇌졸중 후 보행의 편마비 장애를 가진 뇌졸중환자에서 최근의 훈련 기법은 에어로빅 운동, 회로 훈련과 같은 스포츠 물리학적 접근을 포함한다(Dean et al., 2000).

본 연구는 트래드밀을 이용한 과제지향 접근법에 관해서 논의 하고자 한다.

II. 본론

완전 흉수절단 후에 고양이는 운동과 연관된 위상(phasic) 감각정보를 제공하는 훈련을 한 뒤 몇 주 후에 뒷다리를 이용하여 독립적으로 걸을 수 있게 되었다(Lovely et al., 1986 ; Barbeau & Rossignol, 1987). 걸음을 회복하게 된 이러한 능력은 위상 감각 유입과 상호작용을 하는 요 천수에서 신경 회로를 진동(oscillation)하게 되는데 기여한다(Pearson & Rossignol, 1991). 처음으로 훈련을 하는 동안 척수를 절단한 고양이는 트래드밀 위에서 사지동물의 자세로 있게 된다. 고양이는 부분적으로 가슴주위로 두른 삼각건에 의해 지지를 받기도 하며, 수동적 보조가 뒷다

리에 주워져 다리의 리듬적인 부하가 걸리도록 하고, 다리의 적당한 운동학(kinematic)을 가지게 한다(Andersson et al., 1978 ; Conway et al., 1987 ; Grillner & Rossignol, 1978). 훈련 몇 주 후에 고양이는 가슴 지탱이나 후지의 이동 보조가 필요 없이 독립적으로 걸을 수 있게 된다. 요천수의 뒤쪽에서 병변 부위까지에서 신경 회로는 이것의 주변부로 중재되는 정보에 반응하며, 상부척수의 영향이 없는 곳에서 조화로운, 적응된 운동 패턴을 산생하게 된다(Barbeau & Rossignol, 1987 ; Lovely et al., 1986).

독립적인 보행의 회복은 편마비의 뇌졸중환자에서나 물리치료사들에게 가장 중요한 목표이다. 체중지지와 함께하는 트래드밀에서의 보행훈련은 뇌졸중과 척추손상후의 기능적 운동회복 증진과 기초과학에서 최근의 발견을 통합한 신경재활적 접근이다. 체중지지 현수 트래드밀 훈련은 흉수아래 절단을 가진 성체 고양이의 연구에서 비롯되었다. 이 고양이는 체중 지지와 신전근 긴장 자극, 다리 배치를 지원 받은 후 트래드밀 벨트에서 보행 능력이 회복되었다(Barbeau & Rossignol, 1987 ; Lovely et al., 1986). 연구자는 자동적, 교대굴곡, 다리 신전근의 활동을 위한 중추 유형발생기(central pattern generator)인 척추운동풀(pool)을 찾아냈다. 그것은 위상 구역감각기입구에 매우 반응성이 있고 보행 훈련중 학습의 증거를 보여준다(김중희와 김중선, 2002 ; Edgerton et al., 1997). 뇌졸중환자나 척추손상환자를 머리 위의 지지대와 다리 지지에서부터 보행까지 현수하는 발상은 Finch등(1991)과 Barbeau와 Blunt(1991)에게서 제시되었다. 시술의 타당성은 사지 위 기능 장애의 감소, 보행의 증가, 피질감각운동표현(cortical sensorimotor representations)을 변성시키는 과제지향적(task-oriented)운동 형태의 반복적 실행에서 이점에 맞춰진 동물과 인간의 연구에서 또한 기인한다(Nudo et al., 1996 ; Liepert et al., 2000).

트래드밀 훈련은 신경장애를 가진 많은 환자의 보행 훈련을 위한 이로운 도구로 보고 되었다(Barbeau & Blunt, 1991 ; Hesse et al., 1994 ; Schidl et al., 2000 ; Visintin & Barbeau, 1989 ; Wernig et al., 1995). 지지가 되는 멜빵 장치(harness system)를 이용함으로써, 개인의 체중은 부분적으로 정상적인 보행패턴을 촉진하는데 도움이 된다. 연구들은 척추손상을 가진 환자의 보행 개선에서 트래드밀의 지속적인 훈련의 효능에 대해서 보여준다. Finch와 Barbeau(1986)는 뇌졸중 환자의 보행을 위해 요구되는 후위 안정성과 균형이 단계적 기전의 회복을 목표로 한 트래드밀 훈련의 조합에서 부분적-전체의 체중을 지지하는 전략을 이용함으로써 다시 획득될 수 있을 것이라 제안하였다.

몇몇 연구는 신경 손상을 가진 환자의 정상적인 보행 패턴에 접근하는 데 필요로 하는 체중 부하 단계(unweighting level)를 결정하는 데 초점이 맞춰져 있다. Visintin과 Barbeau(1989)는 더욱 대칭적인 보행 양상을 획득한 사지마비를 가진 개인에게 전 범위의 무게 지지를 하는 트래드밀 보행에 비해 40% 체중 현수 시스템을 하는 트래드밀 보행일 때 발목 간대성 경련(clonus)이 감소를 나타내는 보고를 하였다. 최근에 Hesse 등(1997)은 편부전마비(hemiparesis)를 가진 11명의 대상자에

서 보행의 입각기(stance phase) 동안 넙치근 활성의 감소를 관찰하였는데 결국 보행 재훈련을 위해서는 30% 체중지지 시스템의 사용이 추천되어졌다.

Badh-y-Rita(1981)의 몇 연구는 신경학적 상태에서 첫 치료의 기능적 회복의 연기와 더불어 감소한 것의 동물과 인간을 대상으로 하는 실험 사이의 연관성을 확립하였다. 이것은 나아가 이런 집단과 함께 보행 훈련의 시작이 빠르면 빠를수록 필요하다는 것을 보여준다.

보행을 재훈련하는 것을 도와주는 현수장치(overhead harness)를 하는 트레드밀 훈련의 이용을 위한 절차에는 3가지 주요한 성분이 있는데 멜빵 맞춤, 체중지지 양의 결정, 트레드밀 속도의 선택이다

첫 번째, 멜빵은 환자에 맞춰질 필요가 있다. 만약 이것은 앉은 자세에서 실시하고, 시스템이 자동적으로 들어올리는 능력이 있다면 한 명의 치료사는 환자가 걸도록 준비할 필요가 있다. 그러나, 만약 멜빵이 선 자세에 맞춰져 있거나, 시스템이 자동적으로 들어올리는 능력이 없다면 이 과정의 일부를 위해서 3명의 치료사가 필요하다. 다음 단계는 적당한 체중지지현수의 양을 결정하는 것이다. 이러한 임상적 결과는 다리에 부하가 주어질 때 엉덩이와 무릎의 신전을 유지하는 환자의 능력을 관찰한 것을 근거로 한다.

Hesse 등(1997)은 체중 지지의 30% 이하가 가장 정상적인 보행 패턴을 나타낸다고 보고하였다. 그러나 매우 약한 환자는 더욱 많은 체중 지지를 필요로 하므로 범위는 전형적으로 0-50%사이이다. 50% 이상의 체중 지지는 환자가 그들의 발가락으로 걷는 결과를 나타낼 것이다. 하지 근육의 근력이 증가함에 따라 멜빵으로부터의 지지의 양은 감소한다. 다른 임상적인 결과는 트레드밀의 속도를 선택하는 것이다. 목표는 적당한 보폭을 유지하면서 가능한 빠른 속도로 트레드밀을 걷는 것이다. 예를 들자면 만약 속도의 증가가 보행율(cardence)에서의 증가를 유발하고 보폭의 감소를 유발한다면 속도는 감소될 것이다. 속도의 선택에 영향을 미치는 다른 요인은 다리를 움직이는 환자의 능력이다. 예를 들자면 매우 약한 부전마비의 뇌졸중을 나타내는 환자는 유각기(swing phase) 동안 손상 받은 다리를 들어올리는데 치료사의 보조를 필요로 할 것이며, 반면에 척수손상을 받은 환자는 2명의 치료사의 보조가 필요할 것이다. 뇌의 가소성 메카니즘은 신경화학적, 신경수용적, 신경학적 구조 변화에 대한 변화 능력이 포함된다. 게다가 뇌 조직의 평행하게 분포된 성질은 유연성과 적합성에 대한 뇌의 기능에서 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 상당한 내측피질 축삭의 측부들(intracortical axonal collaterals)은 주어진 신체 부분에 대해 많이 다른 움직임의 나타내는 정보를 제공하고 그들의 동원 패턴은 복잡한 움직임의 실행을 결정한다. 신체 다른 부분을 목적으로 하는 피질 신경 조직망(cortical neuronal networks)에서 많이 겹쳐지고, 이들 결합망은 부분적으로 동일한 신경 요소를 공유한다(Schieber 1992).

수많은 기간동안, 학자들은 뇌졸중 이후에 주요 예(major example)로 사용하는 뇌병변을 가진 개인들의 운동 활동(motor actions)이 훈련을 위해 시스템적인 접근

을 발전시켜오고 있다. 강조점은 적절한 운동 학습(motor learning)을 증진시키는 것과 동시에 운동 조절(motor control)을 훈련하는 것과 근골격계의 완전성을 보존하는 것이다. 만약 훈련이 효과적이라는 가정을 한다면 세포에서의 변화들과 관련되어질 것이다. 강조점은 뇌의 재조직화(reorganization)는 운동과 훈련 그리고 강제적 사용에 의해, 환자의 역동적인 참여를 부여하는 것에 의한 근골격계의 유연성을 확보하는 것이다. 일반적으로 보바스(Bobath) 접근법에서 사용되어진 것처럼 치료사가 일으킨(therapist-induced) 반응들은 근육이 약화될 때, 근력의 발생을 강화시키고 마비시 근 활동을 유발하는 운동과 환자가 일으키는(patient-induced) 환경내 대상과의 상호작용에 의해 새로운 모델에서 바뀌어 진다. 학습되어지는 동작들을 의미하는 과제-관련(task-related) 그리고 상황-관련(context-related)인 대부분의 운동을 포함하는 모든 훈련들은 근육에서의 특징하게 유도되어진 운동은 반드시 힘을 발생시키는 범위에서의 일과 동작의 실행이 요구되어지는 것과 함께 적절한 환경 내에서 실행되어진다. 환자들은 보행과 같은 어려운 과제들을 연습하게 되며, 코치로써 치료사는 아주 정밀한 생역학적인 형태의 행동을 복돋아 주게 되고, 보행을 또는 균형의 방해를 통한 효과의 감소를 가져오는 억제된 행동에 적응을 하게 된다. 환자들은 또한 환자들의 주의를 집중시키는데 필요한 요소들의 점검사항을 가지고 그들 스스로 그리고 감시아래에서 실시한다. 반복과 광범위한 연습은 아마도 정밀한 뇌의 재조직화와 더불어 운동 학습과정이 될 것이다(Carr & Shepherd, 1998).

트래드밀에서 과제지향접근법의 부분 체중지지로 완벽한 보행 동작 실행의 접근은 편마비 보행불능 환자가 더 빠르게 보행을 회복하고 치료사들은 수고가 덜하다. 그런 트래드밀에서 9명의 보행불능 편마비성 환자가 1달에서 7달 이후에 짧은 거리를 걸을 수 있었고(Wernig et al., 1995), 어떤 연구는 임상적으로 완전 하반신 마비인 환자가 트래드밀에서 보조 보행을 하는 동안 거의 정상적인 근전도 경향을 유도한다는 것을 증명하기도 했다(Dictz et al., 1994). 그러나 이것은 기능적으로 효과는 없었다.

만성편마비 환자의 경우, 어떤 단독 증례보고는 체중지지 없이 트래드밀 훈련을 한 편마비 환자에서 보통 물리치료와 비교하여 향상된 보행 길이를 증명했었다(Waagfjord et al., 1990). 다른 연구는 급성 뇌졸중 환자가 좋은 치료 순응도를 가지고 44.8분의 지속 시간의 평균 치료를 견딜 수 있었다는 것을 보여준다(Malouin et al., 1992). 기초 연구에서, 지속적인 강한 지지가 필요한 9명의 편마비 환자가 체중지지와 함께 한 25회의 트래드밀 훈련 후에 독립적인 보행에 도달할 수 있었다(Hesse et al., 1994).

우리는 의미 있는 동작의 과제-관련 연습(task-related practice)이 가장 효과적인 재조직화를 획득하기 위한 조건에서 최상의 자극을 제공할 것이라는 가설을 세울 수 있을 것이다(박래준 등, 2003 ; Jenkins & Merzenich, 1987).

과제-관련 훈련(task-related training)은 잔존하는 운동신경회로의 경로가 변경

되어질 수 있고 변경된 운동경로의 활성화는 움직임(movement)을 위한 새로운 신경전략의 발달을 반영할 것이다. 세포 및 분자생물학의 발달은 생물학과 심리학적 현상사이의 상호작용과 관습적 패턴들의 이해가 확대되었다. 뇌영상 기법들에서 미래의 발달은 사용, 경험, 환경적 자극 그리고 훈련의 효과들이 뇌의 재조직화에 대한 보다 쉬운 평가를 하도록 할 것이다. 아직 우리는 손상된 뇌가 최적상태에서의 무엇을 얻을 수 있는지 알 수 없다. 실제적 독립 또는 보다 더 많은 보조가 필요한 가능한 집중적인 훈련에 따라 환자를 어떻게 분류할지에 대해서는 아직 알지 못한다. 그러나 우리는 현재 어떻게 기능회복을 확립하고 가속화시키도록 최선의 변화가 되어짐이 분명한 재조직화와 학습에 관련된 역동적인 생리적 과정들의 통찰력이 증가되어지고 있다(Carr & Shephered, 1998).

III. 결론

최근에 보행 재할에 대한 과제 지향 접근과 체중 현수 체계를 통합한 것이 언급되었다. 비록 걷는 동안 체중의 지탱이 감소되나, 체중 현수 체계는 후위 지지를 제공하며, 하부 말단의 조합을 촉진하려고 한다. 체중 현수의 감소는 근육의 요구를 감소하고자 하는데 있으므로 이론상으로는 환자가 더욱 효과적이고 유효한 운동 전략을 발전시킬 수 있도록 한다. 또한 통제된 환경은 걷는 연습에 대한 안전한 방법을 제공함으로써 환자의 자신감을 증가시키기도 한다. 또한 이 체계의 이용은 걷는 훈련을 하는 동안 물리적으로 지지하는 환자로부터 치료사들을 자유롭게 만들며, 치료사들에게 치료단계를 당길 수 있는 기회를 제공하며, 환자의 걸음을 평가하는데 도움을 준다. 체중 현수가 점차 늦어짐에 따라서 후위 통제와 균형에 대한 환자의 요구도는 증가한다. 그러므로 체중현수 보행은 자세와 균형 조화를 말하며, 훈련이 안전하고 효과적이며 과제 지향 방식을 가능하도록 한다. 연구자들은 척수손상과 뇌졸중이 있는 환자들에게 체중 현수 체계를 사용해왔다. 일시적 기간 동안 보행의 다양성, 뇌졸중 후 체중 현수 보행 훈련을 받은 환자의 근전도의 양상 등의 개선에 대해서는 문헌에 언급되어 있다. 그 결과 뇌졸중 후 환자가 걸을 수 있는 능력의 증가에 대한 약속을 제공한다(Finch & Barbeau, 1986 ; Hesse et al., 1997).

이상으로 본 연구는 과제지향 접근법에 의한 편마비 환자의 관계를 살펴보았다.

본 연구의 고찰이 신경계 질환자의 물리치료 방식에 새로운 접근법으로 자리를 잡을 수 있을 것으로 기대해보며 최근의 연구 결과에 주목하여 본다.

참고문헌

김중휘, 김중선 : 중추유형 발생기의 개념에 근거한 뇌졸중 환자의 치료적 접근. *대한물리치료학회지*, 14(4), 87-100, 2002.

- 박래준, 김재욱, 김수민 : 과제 지향적 기능 훈련이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*, 15(4), 923-936, 2003.
- Andersson, O., Grillner, S., Lindquist, M., Zomlefer, M. : Peripheral control of the spinal pattern generators for locomotion in cat. *Brain Res*, 150, 625-630, 1978.
- Bach-y-Rita, P. : Brain plasticity as a basis of the development of rehabilitation procedures for hemiplegia. *Scand J Rehabil Med*, 13, 73-83, 1981.
- Barbeau, H., & Blunt, R. : A novel interactive locomotor approach using body weight support to retrain gait in spastic paretic subjects. In: Wernig A, ed. *Plasticity of Motoneuronal Connections*. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier, 461-474, 1991.
- Barbeau, H., & Rossignol, S. : Recovery of locomotion after chronic spinalpztion in the adult cat. *Brain Res*, 412, 84-95, 1987.
- Broderick, J., Brott, T., Kothari, R. : The Greater Cincinnati/Northern Kentucky Stroke Study: Preliminary firstever and total incidence rates of stroke among blacks. *Stroke*, 29, 415-421, 1998.
- Carr, J., & Shepherd, R. *Neurological rehabilitation: Optimizing motor performance*. Oxford: Butterworth Heinemann, 1998.
- Conway, B. A., Hultborn, H., Kichn, O. : Proprioceptive input resets central locomotor rhythm in the spinal cat. *Exp Brain Res*, 68, 643-656, 1987.
- Davies, P.M. : Weight-supported treadmill training. *Neurorehabil Neural Repair*, 13, 167-169, 1999.
- Dean, C. M., Richards, C. L., Malouin, F. : Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 81, 409-417, 2000.
- Dictz, V., Colombo, G., Jensen, L. : Locomotor activity in spinal man. *Lancel*, 344, 1260-1263, 1994.
- Dobkin, G. H. : An overview of treadmill locomotor training with partial body weight support: a neurophysiologically sound approach whose time has come for randomized trials. *Neurorehabil Neural Repair*, 13, 157-165, 1999.
- Edgerton, V. R., Roy, R. R., de Leon R.D., Tillakaratne, N., Hodgson, J.A. : Dose motor learning occur in the spinal cord? *Neuroscientist*, 3, 287-294, 1997.
- Finch, L., & Barbeau, H. : Hemiplegic gait: new treatment strategies. *Physiotherapy Canada*, 38, 36-41, 1986.
- Finch, L., Barbeau, H., Arsenault, B. : Influence of body weight support on normal human gait: development of a gait retraining strategy. *Phys Ther*, 71, 842-855, 1991.

- Gresham, G. E., & Dawber, T. R. : Residual disability in survivors of stroke: The Framingham study. *N Engl J Med*, 293, 954-956, 1975.
- Gerston, J., & Orr, W. : External work of walking in hemiparetic patients. *Scand J Rehabil Med*, 3, 85-88, 1971.
- Grillner, S., & Rossignol, S. : On the initiation of the swing phase of locomotion in chronic spinal cats. *Brain Res*, 146, 269-277, 1978.
- Hagberg, J. M. : Effect of training on the decline of $\dot{V}O_2$ max with aging. *Fed Proc*, 46, 1830-1833, 1987.
- Hesse, S. : Treadmill training with body weight support in hemiparetic patients: further research needed. *Neurorehabil Neural Repair*, 13, 179-181, 1999.
- Hesse, S., Bertelt, C., Schaffrin, A. : Restoration of gait in nonambulatory hemiparetic patients by treadmill training with partial body weight support. *Arch Phys Med Rehabil*, 75, 1087-1093, 1994.
- Hesse, S., Bertelt, C., Jahnke, M. T., Schaffrin, A., Baake, P., Malezic, M., Mauritz, K. H. : Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke*, 26, 976-981, 1995.
- Hesse, S., Helm, B., Krajnik, J. : Treadmill training with partial body weight support: influence of body weight release on the gait of hemiparetic patients. *J Neurol Rehabil*, 11, 15-20, 1997.
- Jenkins, W. M., & Merzenich, M. M. : Reorganization of neocortical representations after brain injury: a neurophysiological model of the bases of recovery from stroke. In *Progress in Brain Research*, No 71, Elsevier Science, New York, 1987.
- Jorgensen, H. S., Nakayama, H., Raaschou, H. O., Olsen, T. S. : Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*, 76, 27-32, 1995.
- Lexell, J. & Dutta, C. : Sarcopenia and physical performance in old age: National Institute on Aging Workshop. *Muscle Nerve Suppl*, 5, S5, 1997.
- Liepert, J., Bauder, H., Wolfgang, H. R., Miltner, W. H., Taub, E., Weiller, C. : Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31, 1210-1216, 2000.
- Lovely, R. G., Gregor, R. J., Roy, R. R., Edgerton, V. R. : Effects of training on the recovery of full-weight-bearing stepping in the adult spinal cat. *Exp Neurol*, 92, 421-435, 1986.
- Malouin, F., potvin, M., Prevost, J., Richards, C. L., Wood-Dauphinee, S. : Use of an intensive task oriented gait training program in a series of patients

- with acute cerebrovascular accidents. *Phys Ther*, 72, 781-793, 1992.
- Mol, V., & Baker, C. : Activity intolerance in the geriatric stroke patient. *Rehabil Nurs*, 16, 337-343, 1991.
- Nudo, R. J., Milliken, G. W., Jenkins, W. M., Merzenich, M. M. : Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci*, 16, 785-807, 1996.
- Pearson, K. G., & Rossignol, S. : Fictive motor patterns in chronic spinal cats. *J Neurophysiol*, 66, 1874-1887, 1991.
- Schieber, M. H. : Widely distributed neuron activity in primary motor cortex area during individuated finger movement. *Society of Neuroscience Abstracts*, 18, 504, 1992.
- Schindl, M. R., Forstner, C., Kern, H., Hesse, S. : Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 81, 301-306, 2000.
- Visintin, M., & Barbeau, H. : The effects of body weight support on the locomotor pattern of spastic paretic patients. *Can J Neurol Sci*, 16, 315-325, 1989.
- Visintin, M., Barbeau, H., Korner-Bitensky, N., Mayo, N. E. : A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*, 29, 1122-1128, 1998.
- Waagfjord, J., Levangle, P. K., Certo, C. M. E. : Effects of treadmill training on gait in a hemiparetic patient. *Phys Ther*, 70, 549-560, 1990.
- Wade, D. T., & Hower, R. L. : Functional abilities after stroke: Measurement, natural history and prognosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 50, 177-182, 1987.
- Wernig, A., Muller, S., Nanassy, A., Cagol, E. : Laufband therapy based on "rules of spinal locomotion" is effective in spinal cord injured persons. *Eur J Neurosci*, 7, 823-829, 1995.
- Williams, G. R., Jiang, J. G., Matchar, D. B., Samsa, G. P. : Incidence and occurrence of total (first ever and recurrent) stroke. *Stroke*, 30, 2523-252, 1999.